نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۱/ ۱۳۹۸
(DOI): 10.22092/JWRA.2019.119118
Archive of SID

الویت‌بندی کاربرد سامانه‌های آبیاری با روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در حوضه رودخانه آجی‌چای

ناصر آریا آذر و ابوالفضل مجنونی هریس[۱]*

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی دانشگاه تبریز.
naseraryaazar92@gmail.com
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز.
majnooni1979@yahoo.com

چکیده

برای استفاده مناسب از منابع آب در دسترس بخش کشاورزی لازم است تا مناسب‌ترین سامانه آبیاری برای تأمین نیاز آبی اراضی انتخاب گردد. انتخاب صحیح سامانه آبیاری گام مهمی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب‌وخاک است. دخالت عوامل تأثیرگذار متعدد انتخاب سامانه آبیاری را به مسئله نسبتاً پیچیده‌ای مبدل کرده است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های اقلیمی، آب، خاک، مزرعه، راندمان آبیاری، اطلاعات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی و با به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) اقدام به اولویت‌بندی کاربرد سامانه‌های آبیاری در حوضه رودخانه آجی‌چای گردید. بر اساس نتایج در بین معیارهای انتخابی معیار کمی و کیفی آب، راندمان آبیاری و خاک به‌ترتیب با وزن نسبی ۰/۲۲۲، ۰/۲۲۱ و ۰/۱۵۳۹ بیشترین تأثیر را در جهت انتخاب بهترین سامانه آبیاری داشتند. نتایج امتیازهای زیرمعیارها هم نشان داد که مجموع امتیاز زیرمعیارهای آب با امتیاز نهایی ۰/۲۶۸۱۵، در بین مجموع امتیازات سایر زیرمعیارها بالاترین بود. نتایج نشان داد که در بین سامانه‌های آبیاری سطحی، سامانه آبیاری‌کرتی با امتیاز ۰/۱۵۵۴۴، بین سامانه‌های آبیاری بارانی سامانه کلاسیک متحرک با امتیاز ۰/۱۰۴۳۲ و در بین سامانه‌های موضعی سامانه قطره‌ای با امتیاز ۰/۱۲۷۵۴ نسبت به سایر گزینه‌ها دارای اولویت بودند.

واژه‌های کلیدی: **سامانه آبیاری مناسب، آبیاری کرتی، سامانه آبیاری کلاسیک، سامانه قطره‌ای**

---

[۱] - آدرس نویسنده مسول: تبریز، دانشگاه تبریز، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی

*- دریافت: خرداد ۱۳۹۷ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

محدودیت منابع آب و وقوع خشکسالی‌های مداوم باعث شده است که اهمیت مدیریت آب و افزایش کارآیی مصرف آن بیشتر از گذشته مدنظر کارشناسان، ذینفعان و مسئولین امر قرار گیرد. پژوهش درزمینه‌ی مدیریت بهینه منابع آب نیازمند فنونی است که امکان دورنگری، پیش‌بینی و نیز درک و بیان فرآیندهای پیچیده و پویا را فراهم نماید. ناکارآمد بودن نگرش تک‌بعدی و لزوم جامع‌نگری در اتخاذ بهترین تصمیم‌ها و شیوه‌های مدیریتی، بهره‌گیری از تخصص‌های مختلف بر اساس معیارهای چندگانه کمی- کیفی و ارائه گزینه‌ها و سناریوهای مختلف مدیریتی را ضروری ساخته است؛ بنابراین، فنون تصمیم‌گیری گروهی و چندمعیاره اهمیت خاصی دارند (قاسم هلیلی و همکاران، ۱۳۸۸). ضروری است که برای استفاده بهینه از عوامل تولید به‌منظور رسیدن به یک توسعه پایدار در بخش کشاورزی تأکید بیشتری شود. منظور از توسعه پایدار دستیابی به توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی در مسیری است که منابع طبیعی یک کشور را تهدید نکند. برای این منظور در برنامه‌ریزی در بخش‌های کشاورزی باید به مسئله آب و خاک و استفاده بهینه از پتانسیل آن توجه ویژه‌ای گردد. با این‌حال می‌توان با برنامه‌ریزی درست و صرفه‌جویی در آب مقدار بازده کل را تا اندازه قابل‌توجهی افزایش داد و به تبعیت از آن مقدار تولیدات کشاورزی و بهره‌وری آب را ارتقاء داد. یکی از روش‌های افزایش بازده آبیاری، انتخاب مناسب‌ترین سامانه آبیاری برای منطقه مورد نظر است. با توجه به تنوع سامانه‌های آبیاری، کشاورزان در انتخاب بهترین و مناسب‌ترین سامانه دچار مشکل می‌شوند (مجنونی و همکاران، ۱۳۹۶ و قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۰). عدم گزینش سامانه آبیاری مناسب از سوی کشاورز با لحاظ شرایط منطقه مورد مطالعه نه‌تنها باعث اتلاف وقت و هزینه‌های اضافی می‌شود، بلکه موجب عدم بهره‌برداری بهینه و از دسترس خارج شدن منابع آبی و خاکی می‌شود (هادی زاده، ۱۳۸۵). با توجه به وجود تنوع و فراوانی بسیار سامانه‌های نوین آبیاری لازم خواهد بود عوامل و شرایط مؤثر بر کارایی هر یک از سامانه‌ها شناسایی و بهترین و کارآمدترین روش برای مناطق مختلف معرفی گردد. البته باید توجه کرد که انتخاب سامانه مناسب یک تصمیم چند معیاره که هرکدام در محدوده خاصی قابل‌اجرا است. لذا باید توجه داشت تا شرایط طرح، خارج از محدوده برخی معیارها نباشد که این باعث خارج شدن سامانه از فرآیند گزینش می‌شود. در تصمیم‌گیری برای انتخاب سامانه مناسب واقعیت‌های مزرعه‌ای به‌مانند ویژگی‌های آب (کمیت، کیفیت) خاک (توپوگرافی، شیب و بافت و جنس خاک) محصول و نیروی انسانی حائز اهمیت است.

تسله و یتالو (۱۹۹۰) با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی[1] اقدام به رتبه‌بندی ۱۰ گزینه آبیاری نمودند. در مطالعه آن‌ها ۲۳ معیار جهت ارزیابی استفاده شد. معیارهای در نظر گرفته‌شده شامل راندمان آبیاری، دبی جریان آب، کیفیت آب، وضعیت رسوب‌گذاری در سامانه‌ها، هزینه اولیه، هزینه نگهداری و تعمیرات، سطح مهارت مدیریتی، استفاده بیشتر از اراضی، سطح فنّاوری موردنیاز، سطح مصرف انرژی، ظرفیت نفوذپذیری خاک، عمق خاک، وضعیت زهکش منطقه، سطح ایستابی آب زیرزمینی منطقه، اندازه مزرعه، شکل هندسی مزرعه، وضعیت توپوگرافی منطقه، تنوع محصول، سرعت باد و درجه حرارت محیط می‌باشد. از این معیارها برای افزایش راندمان آبیاری، قابلیت سازگاری سامانه با منابع مختلف آب، نیاز به زهکش، سازگاری سامانه با اشکال مختلف مزرعه و الگوهای زراعی سازگاری با شرایط آب و هوایی و استفاده از کیفیت‌های نامطلوب آب می‌توان بهره برد، در این مطالعه آبیاری سطحی به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شد. جوندی (۱۹۹۸) با استفاده از برنامه‌ریزی چند معیاره و توافقی به این نتیجه رسید که سامانه آبیاری جویچه‌ای بهترین گزینه در بین سامانه‌های آبیاری ارزیابی‌شده است. صدق‌کیا و همکاران در سال ۱۳۹۳ به ارزیابی سیستم‌های

[1] Compromise Programming

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری در منطقه دورود پرداختند نتایج آن‌ها نشان داد که از بین سیستم‌های فارویی، بارانی و قطره‌ای استفاده از سیستم بارانی در اولویت قرار دارد. همچنین در بین روش‌های آبیاری بارانی مرسوم استفاده از سیستم لینیر و سنترپیوت در اولویت قرار گرفت. ضیایی و همکاران (۱۳۷۹) جهت انتخاب بهترین سامانه آبیاری با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی در استان فارس پرداخته و با در نظر گرفتن پارامترهای بازده آبیاری، شوری خاک، شیب مزرعه، هزینه اولیه، هزینه تعمیرات و نگهداری و افزایش عملکرد در هکتار کارآمدترین سامانه را معرفی کردند. آن‌ها با بررسی سه سامانه کلاسیک ثابت، کلاسیک نیمه‌متحرک و چرخ‌دار بر اساس معیارهای فوق سامانه آبیاری بارانی چرخ‌دار را به‌عنوان بهترین سامانه آبیاری معرفی کردند.

کهنسال و رفیعی دارانی (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی توافقی در استان خراسان جنوبی به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و جابجایی دستی بهترین روش و آبیاری بارانی دوار مرکزی و بارانی خطی بدترین روش برای منطقه است. مجنونی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش امتیازدهی چارلز برت[1] به انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری در بین انواع سامانه‌های بارانی، موضعی و سطحی در دشت‌های فامنین، نهاوند و رزن در استان همدان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در سیستم بارانی، کلاسیک ثابت، درروش موضعی تیپ و درروش سطحی، سیستم کرتی بیشترین تناسب را با شرایط منطقه مورد مطالعه دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشتر محققان از روش، تحلیل سلسله مراتبی[2](AHP) برای بررسی پذیرش کشاورزان در مورد انواع روش‌های آبیاری و بررسی عوامل مؤثر در انتخاب روش مناسب سیستم آبیاری استفاده نموده‌اند (خلیلی، ۱۳۷۵؛ دارابی، ۱۳۷۹؛ کرمی، ۲۰۰۶ و منتظر و بهبهانی، ۲۰۰۷). در اغلب مطالعات فوق نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با دیگر روش‌های موجود، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان ابزاری مفید و کارآمد در انتخاب بهترین سیستم آبیاری معرفی‌شده است. علیرغم کاربرد گسترده روش AHP، یکی از محدودیت‌های جدی این روش این است که وابستگی متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نگرفته و ارتباط بین عناصر تصمیم را یک‌طرفه فرض می‌کند. این محدودیت باعث شد تا ساعتی (۱۹۹۹) روش فرآیند تحلیل شبکه (ANP)[3] را ارائه دهد که در آن ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر گرفته می‌شود. روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای علیرغم نداشتن محدودیت‌های روش تحلیل سلسله مراتبی تاکنون در اولویت‌بندی سامانه‌های آبیاری مورداستفاده قرار نگرفته است. لذا در تحقیق حاضر از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای برای اولین بار در اولویت‌بندی سامانه‌های آبیاری اراضی فاریاب حوضه آجی‌چای استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

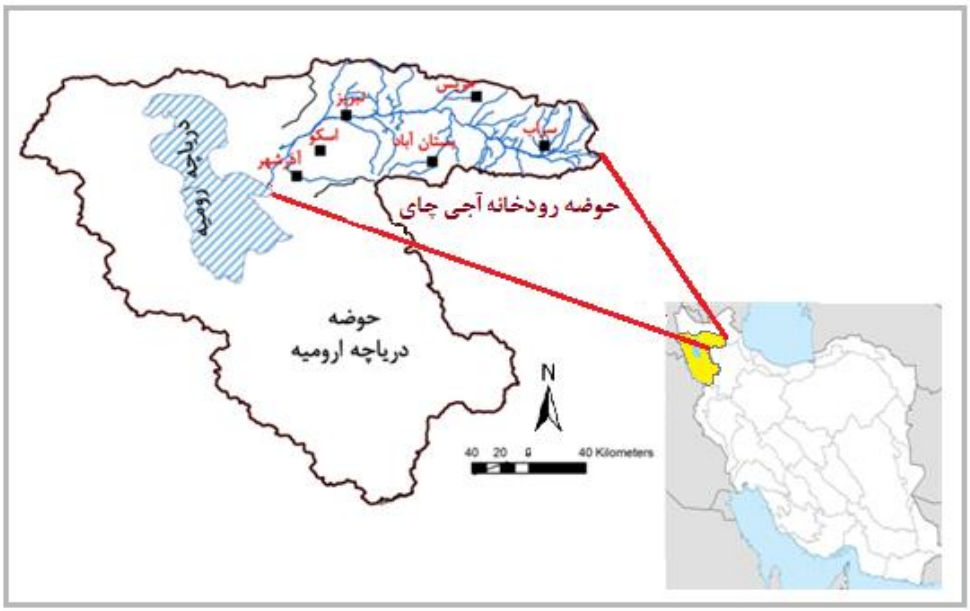
حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای، مهم‌ترین حوضه آبریز بخش شرقی دریاچه ارومیه بوده که بین عرض‌های جغرافیایی '۳۰-°۳۷ تا '۳۰-°۳۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی '۲٤-°٤٥ تا '۵۳-°٤۷ شرقی در استان آذربایجان‌شرقی واقع شده است. این حوضه، یکی از بزرگ‌ترین زیر حوضه‌های هفت‌گانه‌ی حوضه آبریز دریاچه ارومیه بعد از زیر حوضه سیمینه‌رود و زرینه‌رود با وسعتی معادل ۱۱۲۷۸/۸ کیلومترمربع است. رودخانه آجی‌چای از ارتفاع ۳٤۰۰ متری دامنه‌های جنوب و جنوب‌غربی کوه سبلان سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از زهکشی محیط طبیعی پیرامون خود و پیمودن مسافت زیاد از شمال و شمال‌غربی شهر تبریز گذشته و نهایتاً در غرب آذرشهر به دریاچه ارومیه می‌ریزد. آب

[1] Charles Burt
[2] Analytic Hierarchy Process
[3]-Analytic Network Process

www.SID.ir

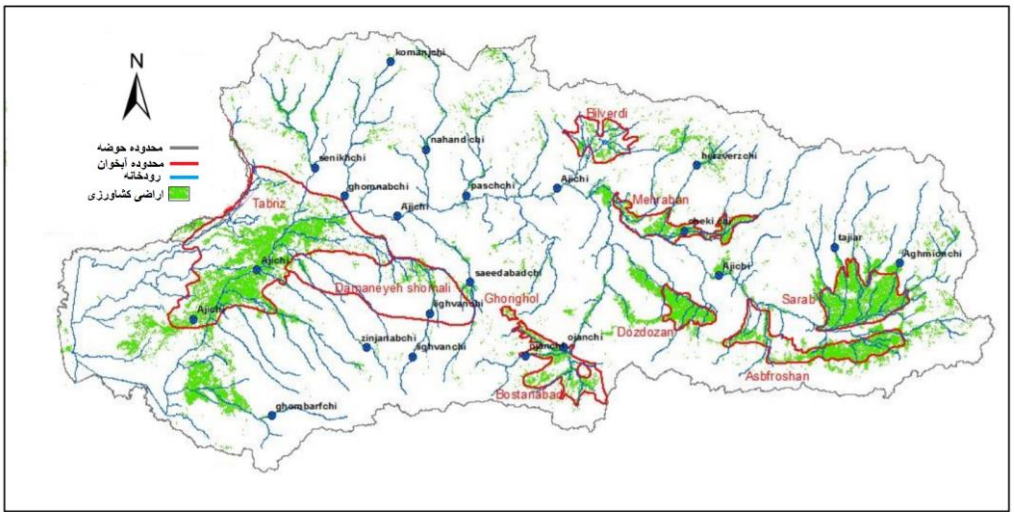
Archive of SID

رودخانه به علت گذر از رسوبات تبخیری میوسن مقادیر درخور ملاحظه‌ای نمک محلول را با خود به سوی این دریاچه می‌برد. موقعیت حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای در کشور و حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۱ نشان داده‌شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در کشور و حوضه دریاچه ارومیه

رودخانه آجی چای با داشتن سرشاخه‌های پرآب در سراب و پیوستن رودخانه‌های دیگری از دشت‌های هریس، بستان‌آباد و تبریز دارای شبکه گسترده‌ای می‌باشد. همچنین این محدوده با داشتن آبخوان‌های مختلف از نظر منابع آب زیرزمینی نیز دارای پتانسیل خوبی می‌باشد. لذا وجود پتانسیل آب زیرزمینی و سطحی حوضه آجی‌چای را به یکی از مراکز مهم کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه تبدیل کرده است. در شکل ۲ موقعیت آبخوان‌ها، مسیل‌ها و رودخانه‌ها و اراضی کشاورزی این حوضه نشان داده‌شده است.



شکل ۲- موقعیت آبخوان‌ها، مسیل‌ها، رودخانه‌ها و اراضی کشاورزی حوضه آجی‌چای

www.SID.ir

Archive of SID

روش کار

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاری است که ابتدا مسئله یا موضوع مورد نظر را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل‌دهنده این ساختار که اجزا تصمیم نیز تلقی می‌شوند مستقل از همدیگر فرض شده‌اند؛ بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی این روش این است که وابستگی متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را یک‌طرفه فرض می‌کند. ساعتی (۱۹۹۹) روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای را برای از بین بردن این محدودیت ارائه داد که در آن ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر گرفته می‌شود. درواقع فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت. آنچه در فرآیند تحلیل شبکه مهم است ارزش ضوابط و جایگزینی آن توسط کارشناسان و افراد باتجربه به‌منظور سازگاری بیشتر و نتایج قابل‌اعتمادتر است. تمام معیارها و خوشه‌ها با استفاده از روابط بالقوه با همدیگر متصل هستند. به‌عبارت‌دیگر، نوع ارتباط یک‌طرفه (خارجی)، دوطرفه (بازخورد) و حلقه‌ای (داخلی) است. به‌طورکلی فرآیند تحلیل شبکه‌ای شامل مراحل زیر است:

مرحله اول تعیین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها: اولین گام در مدل ANP تعیین معیارها و زیر معیارهای مؤثر در انتخاب بهترین گزینه آبیاری است که از منابع معتبر (ساعتی ۱۹۸۰، خلیلی ۱۳۷۵، ضیایی و همکاران ۱۳۷۹، برادران هزاوه و همکاران ۱۳۸۵، هادی زاده ۱۳۸۵، کرمی ۲۰۰۶، قاسم هلیلی و همکاران ۱۳۸۸، کهنسال و رفیعی ۲۰۰۹، قره داغی و همکاران ۱۳۹۰، صدق کیا و همکاران ۱۳۹۳، مجنونی هریس و همکاران ۱۳۹۶، کوین و همکاران ۲۰۱۸) استخراج می‌شوند. در این مرحله و در این تحقیق سامانه‌های آبیاری مختلف شامل آبیاری سطحی (کرتی، نواری، جوی پشته‌ای)، بارانی (سنترپیوت، خطی، کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، کلاسیک نیمه متحرک)، موضعی (تیپ و قطره‌ای) برای اولویت‌بندی انتخاب شدند. معیارهای انتخابی نیز شامل عواملی نظیر آب، خاک، محصول، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، مزرعه، سازگاری سامانه، اقلیم و راندمان کل آبیاری بودند. زیرمعیارهای هرکدام از معیارهای فوق نیز به‌صورت زیر انتخاب شدند:

- زیرمعیارهای آب: دبی، هدایت الکتریکی (EC)، SAR، سدیم (Na^+)، بی‌کربنات (HCO_3)، کلر(Cl^-).
- زیرمعیارهای محصول: باغات، غلات و علوفه، حبوبات و سبزیجات.
- زیرمعیارهای اقتصادی: هزینه اولیه، هزینه جاری، هزینه کارگری.
- زیرمعیارهای خاک: هدایت الکتریکی(EC)، SAR، نفوذپذیری و بافت خاک.
- زیرمعیارهای اقلیم: بارش، تبخیر، رطوبت، دما و سرعت باد.
- زیرمعیارهای مزرعه: شکل و شیب مزرعه.
- زیرمعیارهای اجتماعی- فرهنگی: عدم آسیب به محیط‌زیست، عوامل فرهنگی و مهارت کارگر در اجرا.
- زیرمعیارهای سازگاری سامانه: سازگاری سامانه با مساحت، دور آبیاری و راحتی بهره‌برداری.
- زیرمعیار راندمان.

مقادیر داده‌ها برای آب از سال ۸۳ تا ۹۲، برای داده‌های هواشناسی از اطلاعات سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ استفاده گردید. اطلاعات آب‌وخاک دشت‌های رودخانه آجی چای از شرکت آب منطقه‌ای و داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی استان تهیه شدند. **مرحله دوم** ساخت مدل و تعیین روابط بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها: درروش ANP بعدازآنکه معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با آن مشخص شدند حال باید این مسئله را به یک

www.SID.ir

Archive of SID

ساختار شبکه‌ای تبدیل کرد که در آن ارتباط معیارها با یکدیگر، ارتباط معیارها باهدف مسئله و ارتباط معیارها با زیر معیارها، ارتباط زیرمعیارها با یکدیگر و هم‌چنین ارتباط زیرمعیارها با گزینه‌های آبیاری مشخص گردد. این قسمت مهم‌ترین قسمت است که توسط کارشناسان و افراد خبره در موضوع موردنظر مشخص می‌شود. نتایج این ارتباطات با ماتریس‌هایی به صورت زیر مشخص می‌شود.

- ماتریس W21: اثرات هدف بر روی معیارها را مشخص می‌کند بدین معنی که معیارها برحسب تأثیرشان برای دست‌یابی به هدف موردنظر به‌صورت دوبه‌دو با یکدیگر طبق جدول ۱ مقایسه می‌شوند.
- ماتریس W22: ماتریس وابستگی درونی معیارهاست. در این ماتریس یک معیار را در نظر می‌گیرند و وابستگی دیگر معیارها را نسبت به آن بررسی می‌کنند. معیارهایی که به این معیار وابسته هستند به‌صورت دوبه‌دو باهم مقایسه می‌شوند. وابستگی معیارها توسط کارشناسان تعیین می‌شود.
- ماتریسW32: ماتریس مقایسه زیر معیارهای هر یک از معیارهای اصلی باهم به‌صورت دو به دو می‌باشد.
- ماتریسW33: ماتریس وابستگی درونی زیرمعیارهاست. همانند معیارها یک زیر معیار را در نظر می‌گیرند و زیرمعیارهای وابسته به آن را مشخص می‌کنند و مقایسات آن‌ها را انجام می‌دهند. در این ماتریس نیز وابستگی زیر معیارها توسط متخصصان امر مشخص می‌گردد.
- ماتریس Eij: این ماتریس برای ارجحیت گزینه‌ها در ارتباط با زیر معیارها به کار می‌رود. در این حالت ارجحیت گزینه‌ها مدنظر است نه اهمیت آن‌ها.

جدول ۱- مقادیر ارجحیت گزینه‌ها، معیارها و زیر معیارها (گونری و همکاران، ۲۰۰۹)

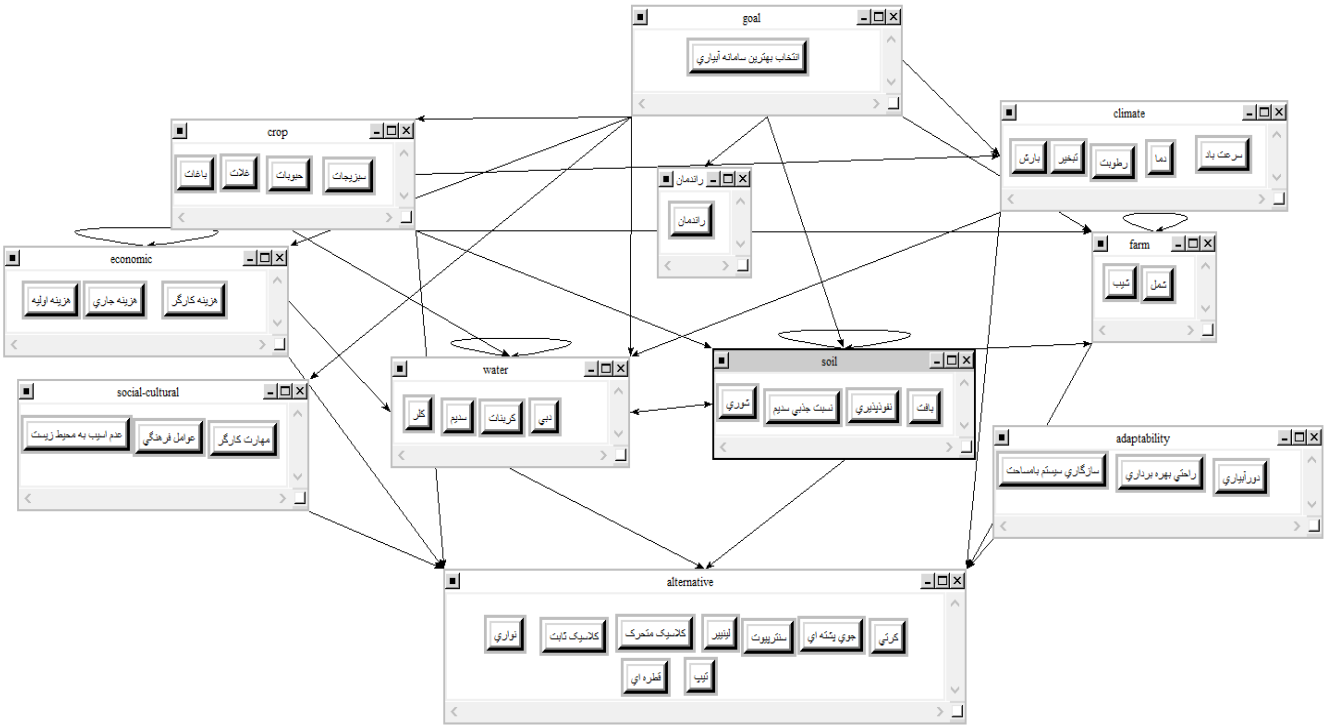
امتیازها	تعریف
۱	اهمیت مساوی
۳	اهمیت اندکی بیشتر
۵	اهمیت بیشتر
۷	اهمیت خیلی بیشتر
۹	اهمیت مطلق
۲،۴،۶،۸	حالت بینابین

- در این مطالعه برای تعیین ارتباط معیارها با یکدیگر، ارتباط معیارها باهدف مسئله و ارتباط معیارها با زیر معیارها، ارتباط زیرمعیارها با یکدیگر و هم‌چنین ارتباط زیرمعیارها با گزینه‌های آبیاری از نظرات اساتید، کارشناسان خبره سازمان جهاد کشاورزی استان، شرکت‌های مشاور، پیمانکاران و کارشناسان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی در قالب تکمیل پرسشنامه‌ها بر اساس ساختار ANP استفاده شده است.

ساختار روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های مورداستفاده در این مطالعه در شکل ۳ نشان داده‌شده است. در این شکل هدف، معیار و گزینه‌ها هرکدام دارای خوشه هستند و نوع هدف، زیرمعیار و گزینه‌هایی که در این خوشه‌ها قرار دارند، به عنوان گره در نظر گرفته شده‌اند. پیکان‌ها در این شکل وابستگی را نشان می‌دهند، به این معنی که هر خوشه‌ای که پیکان از آن خارج می‌شود تأثیرات خود را بروی خوشه‌ای نشان می‌دهد که پیکان به آن وصل شده است. هر خوشه‌ای که پیکان خروجی از آن به خود آن وصل می‌شود، یعنی تشکیل یک حلقه می‌دهد، به این معنی است که گره‌ها دارای وابستگی درونی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- ساختار شبکه‌ای مدل ANP برای سامانه‌های آبیاری

- **مرحله سوم** تشکیل سوپر ماتریس ناموزون تبدیل سوپر ماتریس ناموزون به سوپر ماتریس موزون: بعدازاینکه ماتریس‌های W21، W22، W32،W33 و Eij محاسبه شدند این ماتریس‌ها در قالب یک سوپر ماتریس ناموزون (جمع ستون‌های آن بیشتر از یک است) قرار می‌گیرند. برای تبدیل این سوپر ماتریس به سوپر ماتریس موزون باید جمع درایه‌های هر ستون ۱ باشد که این کار با نرمالیزه کرده ستون امکان‌پذیر است.
- **مرحله چهارم**: تشکیل سوپر ماتریس حد: بعدازاینکه سوپر ماتریس موزون محاسبه شد، به توان رسانده می‌شود تا تأثیر نسبی درازمدت هر یک از عناصر آن در یکدیگر حاصل گردد. در این حالت ضریب اهمیت هر یک از عناصر همگرا می‌شوند؛ بنابراین به توان عدد خیلی بزرگی رسانده می‌شود تا اینکه همه عناصر سوپر ماتریس باهم برابر باشند. در این صورت امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها به دست می‌آید که بهترین سامانه را مشخص می‌کند. محاسبات اولویت‌بندی و محاسبات سوپرماتریس‌ها در نرم‌افزار Super Decision انجام‌شده است.

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر نتایج کلی امتیاز نهایی بعد از امتیازدهی ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها در راستای تحقق انتخاب بهترین سامانه آبیاری به شرح زیر تعیین شدند. در بررسی‌های مختلف وزن پارامترها نسبت به هدف سنجیده شده و مجموع آن‌ها ۱ هست.

معیارها

امتیاز نهایی هر یک از معیارهای منتخب در جهت تحقق هدف مطالعه در جدول ۲ ارائه‌شده است. بر اساس نتایج جدول فوق معیار آب و راندمان کل، به‌ترتیب با وزن نسبی ۰/۲۲۲ و ۰/۲۲۱ بیشترین تأثیر را در جهت

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب بهترین سامانه آبیاری دارند. بیشتر طراحی‌هایی که انجام می‌گیرد بر اساس راندمان کل آبیاری صورت می‌گیرد که مقدار این معیار در آبیاری موضعی و بارانی بالاست ولی در آبیاری سطحی پایین می‌باشد. ازآنجایی‌که ارزش خاک منطقه موردمطالعه در اجرای یک سامانه بسیار اثرگذار است، در جدول ۲ نیز درستی این مطلب قابل استنتاج است، چراکه معیار خاک با داشتن امتیاز نهایی ۰/۱۵۳۹۲ دیگر پارامتر تأثیرگذار در اجرای سامانه‌های آبیاری است. نکته قابل‌توجه این است که معیار اقلیم دارای امتیاز کمتری نسبت به محصول، خاک و آب است، این به دلیل همخوانی مقادیر پارامترهای اقلیمی با مقادیر تعریف‌شده این پارامترها برای سامانه‌های مختلف آبیاری می‌باشد.

زیرمعیارها

جدول ۳ امتیاز نهایی زیر معیارها، برای انتخاب بهترین سامانه آبیاری در حوضه مطالعاتی آجی‌چای را نشان می‌دهد. بعد از محاسبات، هزینه اولیه دارای بیشترین تأثیر در انتخاب بهترین سامانه می‌باشد. دلایل عمده آن می‌توان به نیاز به هزینه زیاد برای خرید لوازم سامانه‌های تحت‌فشار، هزینه تأمین انرژی و در سامانه آبیاری سطحی هزینه‌های تسطیح و غیره می‌باشد. بعد از هزینه اولیه مهم‌ترین پارامتر، پارامترهای کیفی آب می‌باشد که بالا بودن مقادیر آن اجرای یک سامانه را می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد. با مقایسه جدول ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که معیار آب با داشتن زیرمعیارهای بیشتر، بیشترین امتیاز را در بین معیارها در راستای تحقق هدف داشته است. هرچند زیرمعیار هزینه اولیه بیشترین امتیاز را در بین زیرمعیارها در راستای تحقق هدف داشته است، بااین‌حال چون تعداد زیرمعیارهای، معیار اقتصادی کمتر است، تأثیر آن روی معیار اقتصادی کمتر بوده است.

جدول ۲- امتیازات نهایی برای هریک از معیارها

معیار	امتیاز نهایی	معیار	امتیاز نهایی
سازگاری سامانه	۰/۰۴۵۲	آب	۰/۲۲۲
اقلیم	۰/۰۶۷۹	اجتماعی-فرهنگی	۰/۰۴۲۱۱
محصول	۰/۰۹۹۴۷	اقتصادی	۰/۰۶۷۶۷
خاک	۰/۱۵۳۹۲	راندمان کل آبیاری	۰/۲۲۱
مزرعه	۰/۰۸۱۸۳		

جدول ۳- امتیازات نهایی برای هریک از زیرمعیارها

زیرمعیار	امتیاز نهایی	زیرمعیار	امتیاز نهایی	زیرمعیار	امتیاز نهایی
کلر	۰/۰۱۴۲۱	رطوبت	۰/۰۳۱۱۱	شکل مزرعه	۰/۰۴۹۵۲
EC آب	۰/۰۸۶۹۲	مهارت کارگر	۰/۰۰۸۷۸	شیب مزرعه	۰/۰۵۷۴
EC خاک	۰/۰۲۹۷۸	سدیم	۰/۰۴۱۳۹	دمای هوا	۰/۰۳۴۶
دور آبیاری	۰/۰۰۳۹۶	نفوذپذیری خاک	۰/۰۴۱۲۱	بافت خاک	۰/۰۱۹۸۸
تبخیر	۰/۰۵۰۵۸	pH	۰/۰۰۵۸۷	سرعت باد	۰/۰۲۹۰
غلات	۰/۰۰۴۷۲	دبی	۰/۰۶۹۵	عدم آسیب به محیط	۰/۰۰۵۹
هزینه جاری	۰/۰۵۸۶۰	راحتی بهره‌برداری	۰/۰۰۷۹۱	عوامل فرهنگی	۰/۰۰۵۷۱
هزینه اولیه	۰/۱۱۲۵۸	سبزیجات	۰/۰۱۰۹۷	باغات	۰/۰۱۹۵۲
هزینه کارگر	۰/۰۴۰۸	SAR آب	۰/۰۴۲۲۰	بارش	۰/۰۵۷۶
HCO_3	۰/۰۱۳۹۳	SAR خاک	۰/۰۳۰۸۳		
حبوبات	۰/۰۰۸۳۲	سازگاری سامانه	۰/۰۰۷۹۱		

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- امتیازات نهایی برای هریک از گزینه‌ها

سامانه آبیاری	امتیاز نهایی	سامانه آبیاری	امتیاز نهایی
کرتی	۰/۱۵۵۴۴	تیپ	۰/۱۰۳۳۱
نواری	۰/۱۳۸	کلاسیک ثابت	۰/۰۹۲۰۷
جوی پشته‌ای	۰/۱۳۵۲۴	سنترپیوت	۰/۰۷۲۶۸
قطره‌ای	۰/۱۲۷۵۴	لینییر	۰/۰۷۱۳۵
کلاسیک نیمه متحرک	۰/۱۰۴۳۲		

گزینه‌ها

با مشخص شدن روابط معیارها باهم، روابط آن‌ها با زیرمعیارهایشان، روابط درونی زیرمعیارها که دارای وابستگی بودند و همچنین روابط گزینه‌ها با تک‌تک زیرمعیارها، بهترین گزینه برای آبیاری مشخص گردید. در نهایت در جدول ٤ امتیاز نهایی هر یک سامانه‌های آبیاری هدف مشخص‌شده است.

نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه برای انتخاب نوع سامانه آبیاری، آبیاری‌های سطحی دارای اولویت بالاتر بودند، به‌طوری‌که آبیاری کرتی با امتیاز ۰/۱۵۵٤٤ در اولویت اول قرارگرفته است و بعد از کرتی سیستم آبیاری نواری و جوی پشته‌ای با امتیازات نزدیک به هم در اولویت دوم و سوم قرار دارند. کوین و همکاران (۲۰۱۸) سیستم سطحی کرتی را در اراضی شمال چین که اغلب دارای کشت گندم هستند، مناسب‌ترین گزارش نموده است. در بین آبیاری موضعی، سیستم قطره‌ای با داشتن امتیاز بیشتر نسبت به سیستم تیپ در اولویت بالاتر قرار دارد. در بین سامانه‌های آبیاری بارانی، کلاسیک متحرک با داشتن حداکثر امتیاز برابر ۰/۱۰٤۳۲ بهتر از سایر سامانه‌ها بود. کلاسیک ثابت، سنترپیوت و لینیر به ترتیب پس از کلاسیک متحرک در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در شکل ٤ اولویت نهایی سامانه‌های آبیاری در نرم‌افزار Super Decision نشان داده‌شده است.

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: anp.sdmod

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Border		0.888087	0.138045	0.053847
Basin		1.000000	0.155441	0.060633
Furrow		0.870041	0.135240	0.052753
Linear		0.459009	0.071349	0.027831
Centerpivot		0.467603	0.072685	0.028352
Fixed Classic		0.592284	0.092065	0.035912
Moving Classic		0.671143	0.104323	0.040693
Tape Irrigation		0.664639	0.103312	0.040299
Trickle Irrigation		0.820489	0.127538	0.049749

شکل ۴-اولویت نهایی هر یک از سامانه‌های آبیاری

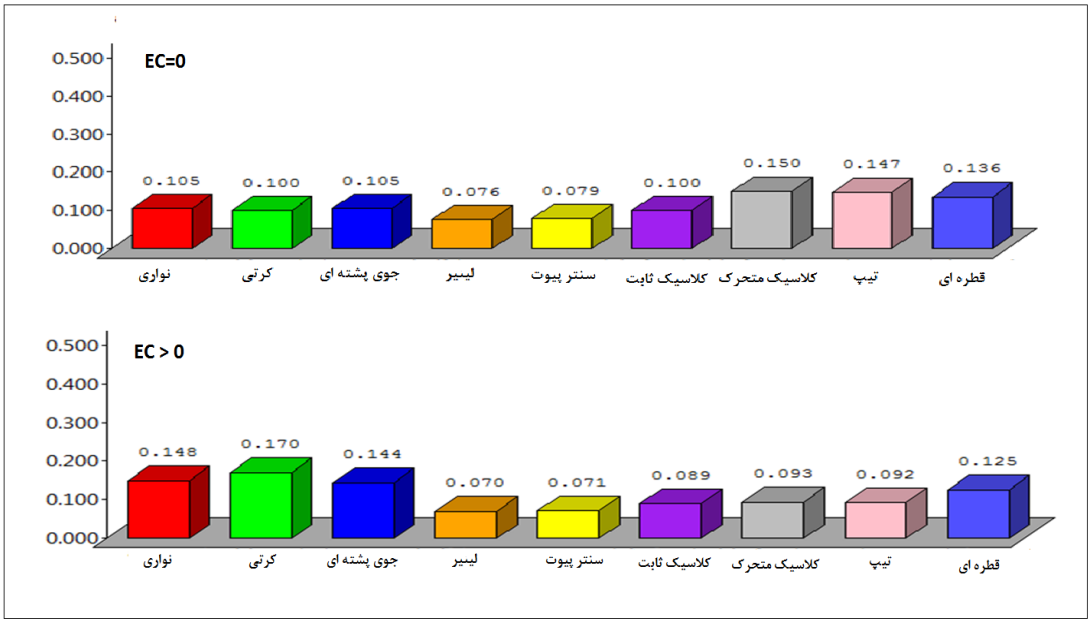
در شکل ٤ ستون Raw وزن‌های خام را نشان می‌دهد که هنوز نرمال نشده‌اند، برای نرمال کردن آن‌ها ابتدا مجموع داده‌های ستون را به دست آورده و تک‌تک اعداد آن ستون بر آن تقسیم می‌شود. در این صورت، ستون دوم (Normal) به دست می‌آید. برای به دست آوردن وزن ایده‌آل(Ideals)، بین اعداد ستون نرمال و خام هرکدام که بزرگ‌تر بود بر اعداد بزرگ، تمامی اعداد ستون نرمال تقسیم می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل حساسیت مدل

تحلیل حساسیت مدل به این معنی است که با جابجا کردن وزن یکی از معیارها، زیرمعیارها و حتی گزینه‌ها، اولویت‌بندی چه اندازه دست‌خوش تغییرات می‌گردد. برای نمونه درصورتی‌که مقادیر EC آب آبیاری از صفر به عدد مشخصی تغییر داده شود تأثیر آن در وزن نهایی سامانه در شکل ۵ ارائه شده است. اگر مقدار EC صفر بالاتر برود از وزن سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار کاسته می‌شود و به وزن آبیاری سطحی اضافه می‌گردد. برای لینیر و سنترپیوت حساسیت زیادی نشان نمی‌دهد ولی این حساسیت برای دیگر روش‌های تحت‌فشار محسوس است. این حساسیت در خصوص افزایش دبی نتیجه متفاوتی می‌دهد. برخلاف حالت قبل، سامانه‌های سنترپیوت و لینیر تغییرات زیادی می‌یابند. چرا که در امتیازدهی برای زیرمعیار دبی صرفه‌جویی آب در نظرگرفته شده است، به این دلیل که سامانه آبیاری تحت‌فشار بیشترین صرفه‌جویی رادارند وزن آن‌ها نیز افزایش نشان می‌دهد. بررسی نتایج آنالیز حساسیت روی تغییر دو عامل هدایت الکتریکی و دبی نشان داد که مدل واکنش منطقی و مناسب به تغییر مقادیر زیرمعیارها می‌دهد.



شکل ۵- تحلیل حساسیت مدل ANP برای زیر معیار EC آب آبیاری

نتیجه‌گیری

در این مطالعه روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که کامل شده روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP می‌باشد برای اولین بار در اولویت‌بندی سامانه‌های آبیاری اراضی فاریاب حوضه آجی‌چای استفاده گردید. اگرچه محققان بسیاری روش تحلیل سلسله مراتبی را در اولویت‌بندی سامانه‌های آبیاری بکار برده‌اند اما روش فرایند تحلیل شبکه‌ای ضمن داشتن تمام امتیازات روش AHP محدودیت وابستگی متقابل بین عناصر تصمیم‌ساز را نیز ندارد. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن روابط معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها، در بین سامانه آبیاری سطحی، سامانه‌کرتی با امتیاز بالاتر نسبت به سایر گزینه‌های آبیاری سطحی دارای اولویت برتر بود. البته با توجه به سنگین بودن بافت خاک اغلب مناطق حوضه آجی چای، نفوذپذیری پایین، وضعیت نسبت جذب سدیمی و شوری بالای خاک (گزارشات نیمه تفصیلی دقیق دشت‌های تبریز، سراب و بستان‌آباد) می‌توان استفاده از سیستم آبیاری کرتی را در این منطقه توصیه نمود. در

www.SID.ir

Archive of SID

بین سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، سیستم قطره‌ای اولویت اول و تیپ اولویت دوم را به خود اختصاص دادند. در بین روش‌های آبیاری بارانی، آبیاری کلاسیک نیمه متحرک بهترین گزینه با بالاترین امتیاز انتخاب شد. در بین نه معیار انتخابی معیار آب، راندمان و خاک دارای بالاترین امتیاز نهایی در منطقه بودند و در بین زیرمعیارها هم مجموع زیرمعیارهای آب، بیشترین امتیاز را در بین زیرمعیارهای سایر معیارها داشت. به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر و آنالیز حساسیت مدل مورداستفاده نشان داد که کاربرد روش ANP در اولویت‌بندی انواع سامانه‌های آبیاری رضایت‌بخش بوده و قابل توصیه می‌باشد.

فهرست منابع

۱. برادران هزاوه ف، بهزاد م، برومندنسب س و محسنی موحد ا. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در اراک. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۲-۱٤، اردیبهشت ۱۳۸۵، اهواز.

۲. خلیلی خ. ۱۳۷۵ . مقایسه دو روش تصمیم‌گیری در ارزیابی تکنولوژی‌های آبیاری. مجموعه مقالات نخستین گردهمایی علمی کاربردی اقتصاد آب معاونت امور آب وزرارت نیرو.

۳. دارابی ه. ۱۳۷۹. تصمیم گیری به کمک AHP . مجله صنایع. ۳: ۱۵-۲٤.

٤. قره داغی م.م.، معروف‌پور ع، بابایی خ و پاشازاده م، ۱۳۹۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب سامانه‌های آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: دشت دهگلان کردستان). مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران. ۳٤ (۲): ۱۰۵-۹۵.

۵. قاسم هلیلی م، سعدالدین ا، مساعدی ا، سلمان ماهینی ع، ۱۳۸۸ . تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به منظور مدیریت منابع آب سطحی در سد مخزنی بوستان استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱٦: ۲٤-۱.

٦. گزارش مطالعاتی خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت تبریز، ۱۳۷۲. شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی-اردبیل.

۷. گزارش مطالعاتی خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق اراضی پایاب سد کردکندی بستان آباد، ۱۳۸۱. شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی-اردبیل.

۸. گزارش مطالعاتی خاکشناسی نیمه تفصیلی دقیق دشت سراب، ۱۳۷۲. شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی-اردبیل.

۹. هادی زاده ع. ۱۳۸۵. ارائه روشی در گزینشی سامانه آبیاری مناسب. همایش ملی مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

۱۰. صدق کیا، م. ناطقی م ب. کاویانی کوثرخیزی ش. نقی‌پور ن. ۱۳۹۳. ارزیابی و جانمایی آبیاری با الگوی تحلیل سلسله مراتبی در اراضی سازمان اتکا در منطقه دورود. پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۸، شماره ٤. ۷۵۸-۷٤۹.

۱۱. ضیایی س.،سلطانی غ و خلیلی د. ۱۳۷۹. کاربرد برنامه‌ریزی توافقی در انتخاب روش مناسب آبیاری. مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۲: ۵۱ – ۳٤.

۱۲. مجنونی هریس الف.، نایبی م و صدرالدینی ع ا. ۱۳۹٦. انتخاب مناسبترین سیستم آبیاری در دشت‌های فامنین، قهاوند و رزن، علوم و مهندسی آبیاری. ٤۰(٤): ۱۵۵-,۱٦۷

www.SID.ir

Archive of SID

13. 11. Junedi, H. 1998. Selection algorithm for irrigation technologies: Sustainable land and water resources development and management in the wetlands, Young Professional Forum Seminar at the Tenth ICID Afro-Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage, Denpasar, Bali, Indonesia.
14. 12. Karami, E. 2006. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. Agricultural Systems. 87(1): 101-119.
15. 13. Kohansal, M.R. and H. Rafiei Darani. 2009. Choosing and ranking irrigation methods and the study of effective factors of adoption in Khorasanrazavi province in Iran. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 15 (1): 67 – 76.
16. 14. Montazar, A. and S.M. Behbahani. 2007. Development of an optimized irrigation system selection model using analytical hierarchy process. Biosystems Engineering. 98: 155-165.
17. 15. Guneri. A.F. Cengiz M.S. 2009. A Fuzzy ANP approach to shipyard location selection, Department of industrial Engineering yildiz Technical University, 34349, Yildiz, Turkey, pp. 7992-7999.
18. 16. Saaty T.L. 1980. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
19. 17. Tecle, A., and M. Yitayew. 1990. Preference ranking of alternative irrigation technologies via a multicriterion decision-making procedure. Transaction of ASAE. 33: 1509 –1517.
20. 18. Qin, F., X. Zhang, L. Shao, S. Chen, and H. Sun. 2018. Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. Agricultural Water Management. 196:133-143.

www.SID.ir

Archive of SID

Prioritizing Application of Irrigation Systems Using Analytical Network Process Method (ANP) in Ajichay River Basin

N. Arya Azar and A. Majnooni Heris [1] *

Former MSc Student, University of Tabriz.
naseraryaazar92@gmail.com
Associate Professor, Water Engineering Department, University of Tabriz.
majnooni1979@yahoo.com

Abstract

For proper use of available water resources in agricultural sector, selection of suitable irrigation system is necessary to provide the crop water requirements. Correct choosing of irrigation system is an important step in optimal application of water and soil resources. Involvement of several influential factors in selection of appropriate irrigation system has made this a relatively complex issue. In this study, application of different irrigation systems were prioritized by climate, water, soil, field, irrigation efficiency, cultural, social and economic information using analytical network process method (ANP) in the Ajichay river basin. Based on the results of the selected criteria, water quantitative and qualitative, irrigation efficiency, and soil had the most effect on the best irrigation system selection with relative weights of 0.222, 0.221, and 0.1539, respectively. Also, the results of the sub-criteria scores showed that the sum of water sub-criteria was the highest, with final score of 0.26815, among the other sub-criteria scores. Finally, the results showed that, among surface irrigation systems, the basin system with a score of 0.15544, among sprinkler systems, the classic system with score of 0.10432, and among localized systems, trickle system with a score of 0.12754 had priority over other systems.

Keywords: Suitable irrigation system, Basin irrigation, Classic sprinkler system, Trickle irrigation system

[1] - Corresponding author: Associate Professor, Water Engineering Department, University of Tabriz.

*- Received: June 2018, and Accepted: May 2019

www.SID.ir