نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۲۳۰-۱۲۱۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1215-1230

مقاله علمی-پژوهشی

کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در شناسایی بهترین روش آبیاری (مطالعه موردی: اراضی حکم‌آباد، شهر تبریز)

جاوید نایبی[۱]، حسن شنطیا[۲]، ایمان حاجی‌راد[۳]، مسعود پورغلام آمیجی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

چکیده

سیستم آبیاری به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در تولید محصولات کشاورزی، نقش به‌سزایی در بهبود عملکرد محصول و بهره‌وری آب کشاورزی دارد. طبیعی است که انتخاب نوع سیستم آبیاری مناسب برای هر منطقه و محصول، اهمیت فراوانی دارد. در مطالعه حاضر، برای انتخاب بهترین سیستم آبیاری در اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در بین انواع سیستم‌های آبیاری بارانی شامل کلاسیک ثابت، جابه‌جایی دستی، آب‌فشان چرخ‌دار، قرقره‌ای، دوار مرکزی، خطی و سیستم‌های آبیاری موضعی شامل تیپ، قطره‌ای، مه‌پاش و بابلر کم‌فشار و همچنین سیستم‌های آبیاری سطحی شامل آبیاری غرقابی، کرتی، نواری، نشتی مکانیزه و نشتی استفاده شد. در این مطالعه از معیارهای فنی، اجتماعی، اقتصادی، اجرایی، بهره‌برداری، زیست‌محیطی و گردشگری کشاورزی برای انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که در بین معیارها و زیرمعیارهای انتخابی، معیار گردشگری کشاورزی و زیرمعیار جذابیت گردشگری بیشترین تأثیر و معیار فنی و زیرمعیار امکان خودکارسازی کمترین تأثیر را در انتخاب نوع سیستم آبیاری ایفا می‌نمایند. در این مطالعه، سیستم آبیاری کرتی با امتیاز ۶/۵۳ به‌عنوان بهترین گزینه برای منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. همچنین از بین روش‌های آبیاری بارانی، سیستم کلاسیک ثابت با امتیاز ۴/۳۴ و از بین روش‌های آبیاری موضعی، سیستم تیپ با امتیاز ۳/۸۲ به‌عنوان گزینه‌های دیگر برای اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های آبیاری، شهر تبریز، گردشگری کشاورزی، محیط‌زیست.

مقدمه

یکی از چالش‌های پیش‌رو برای جمعیت درحال رشد ایران و جهان، مسئله محدودیت منابع آب و مدیریت استفاده از آن است. اهمیت بخش کشاورزی در این مورد به‌دلیل مصرف بالای آن نسبت به سایر بخش کشاورزی باید به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. متأسفانه حجم وسیعی از آب مصرفی در این بخش در اثر شیوه‌های نادرست آبیاری هدر می‌رود (Madani, 2014; Khorsandi et al., 2023). یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده از روش‌های آبیاری مناسب با راندمان بالا است. از طرفی تنوع در عرضه انواع تکنولوژی‌های آبیاری[۱]، ممکن است، کشاورزان را در انتخاب نوع سیستم مناسب دچار مشکل سازد. انتخاب مناسب یک سیستم آبیاری، یک گام بسیار مهم در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک تلقی می‌شود. برای این کار باید به قابلیت‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مزرعه، و همچنین اهداف و پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی آبیاری توجه نمود (پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۴۰۳؛ نایبی و همکاران، ۱۴۰۳). در واقع، ترکیب این عوامل باعث می‌شود که انتخاب سیستم آبیاری به یک مسئله نسبتاً پیچیده تبدیل شود. انتخاب سیستم آبیاری مناسب، بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک را تضمین می‌کند. در این فرآیند، شناخت ویژگی‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری از یک سو و آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی محل، پیامدها و اهداف محیطی، اجتماعی و اقتصادی از سوی دیگر، فرآیندهای پیچیده‌ای است که نیازمند بررسی عمیق و جامع در

۱- کارشناس ارشد بخش امور آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
۲- رئیس هیئت‌مدیره، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Mpourgholam6@ut.ac.ir)

انتخاب سیستم آبیاری برای طرح‌های توسعه است (Veisi et al., 2022; García et al., 2020; Ansari Ghojghar et al., 2020). برای انتخاب نوع سیستم آبیاری مناسب، روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل مجموعه‌ای از روش‌های برنامه‌ریزی چند معیاره است؛ به‌طور مثال می‌توان به روش‌هایی همچون، روش برنامه‌ریزی توافقی (Ringuest, 2012)، روش تصمیم‌گیری چند معیاره (Caswell and Zilberman, 1985; Gavade, 2014)، روش ماتریس امتیاز معیاره (Keller and Bliesner, 1990) و روش امتیازدهی چارلز برت[۲] (Burt et al., 2000)، برنامه‌ریزی خطی، روش تحلیل سلسله‌مراتبی (Saaty, 1980) اشاره نمود. برای انجام این انتخاب، استفاده از روش‌های مناسب تصمیم‌گیری می‌تواند بسیار مفید باشد. یکی از روش‌های متداول و مؤثر در این زمینه، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولین بار توسط Saaty (1980) مطرح شد. این روش یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده در زمینه تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌سازد و همچنین، در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی مسئله را امکان‌پذیر می‌سازد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (رجا و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین بر مبنای مقایسه زوجی پایه‌گذاری‌شده که قضاوت و محاسبات را آسان می‌سازد و قادر به تعیین نرخ سازگاری و ناسازگاری تصمیم بوده که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره به‌حساب می‌آید. در اغلب مطالعات نیز نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در مقایسه با دیگر روش‌های موجود، به‌عنوان ابزاری مفید و کارآمد در انتخاب بهترین نوع سیستم آبیاری معرفی نموده‌اند (Karami, 2007; Montazar and Behbahani, 2007; Neissi et al., 2020; Khoshravesh et al., 2021; Taherdoost and Madanchian, 2023). لذا در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

نائینی و همکاران (۱۳۹۸) ارزیابی سامانه‌های آبیاری نخلستان های بوشهر و تعیین مناسب‌ترین سامانه با استفاده از روش AHP را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه معیارهای فنی-اجرایی مؤثر در انتخاب سامانه آبیاری ۳۹/۱، معیارهای اقتصادی ۸/۹، معیارهای اجتماعی ۲۱، معیارهای بهره‌برداری و نگهداری ۱۹/۹ و معیارهای زیست‌محیطی ۱۱ درصد در انتخاب مناسب‌ترین سامانه آبیاری نقش داشتند. نتایج مدل تصمیم‌گیری نشان داد که در استان بوشهر، سامانه آبیاری قطره‌ای بابلر و در مناطقی از استان بوشهر که امکان اجرای آبیاری قطره‌ای بابلر وجود ندارد، اصلاح سامانه آبیاری سنتی غرقابی به سامانه آبیاری جوی و پشته‌ای یکی در میان، به‌عنوان سامانه برتر انتخاب شد. مرادزاده و همکارن (۱۳۹۸) مطالعه‌ای را با استفاده از روش تحلیل سلسه‌مراتبی برای دشت زنجان در خصوص ارزیابی موقعیت سامانه‌های آبیاری بارانی اجراشده مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش برای انتخاب سامانه آبیاری بارانی، عوامل اثرگذاری همچون عوامل اقلیمی، خصوصیات کمی و کیفی خاک، خصوصیات کیفی آب، توپوگرافی، عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در مجموع شامل ۱۵ عامل با استفاده از روش سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، حدود ۱۹/۲۳ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه کاملاً مناسب اجرای سامانه‌های آبیاری بوده و ۲۶/۹۲ درصد در کلاس مناسب و مستعد و ۱۷/۳۱ درصد نیز در کلاس بدون محدودیت طبقه‌بندی شد. هم‌چنین نتیجه ارزیابی موقعیت طرح‌های اجراشده نشان داد که ۲۵ درصد از طرح‌های اجراشده در اراضی با محدودیت کم و ۱۱/۵۴ درصد نیز در اراضی نامناسب اجرا شده است.

نیسی و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی بهترین سیستم آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دشت ایذه پرداختند. در این پژوهش، دو معیار اقتصادی-اجتماعی و فیزیک مزرعه برای سیستم های آبیاری سطحی و تحت‌فشار در منطقه دشت ایذه در نظر گرفته شد. معیار اقتصادی-اجتماعی به چهار زیرمعیار تجهیزات موجود در منطقه، هزینه، مهارت کارگران و فرهنگ و معیار فیزیک مزرعه به پنج زیر معیار آب، اقلیم منطقه، خاک، توپوگرافی و محصول تقسیم بندی شدند. در ابتدا، معیارها و زیرمعیارها با توجه به جدول امتیازبندی سلسله مراتبی از ۱ تا ۹ امتیازدهی شدند و پس از محاسبهٔ میانگین هندسی وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها برای هر گزینه محاسبه و سپس، امتیازها وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شده و نقشه‌های خروجی برای هر سیستم به‌دست آمدند. در نهایت، سیستم آبیاری سطحی به‌عنوان سیستم مناسب دشت ایذه انتخاب شد. در مطالعه‌ی دیگر، قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۰) کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در دشت دهگلان کردستان مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق، با جمع‌آوری داده-های آب، خاک و پارامترهای اقلیمی ۲۰ مزرعه نمونه و مطالعه میدانی عوامل اقتصادی- اجتماعی کشاورزان، به مطالعه انتخاب مناسبترین سیستم آبیاری تحت‌فشار با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در منطقه دشت دهگلان پرداخته شد. عوامل مهم و تأثیرگذار به دو گروه فیزیک مزرعه و اقتصادی- اجتماعی تقسیم شدند. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک به‌عنوان بهترین سیستم برای شرایط موجود مزارع مورد نظر قابل انتخاب است. همچنین نتایج حاکی از آن بود که فرایند تحلیل سلسله مراتبی، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به انتخاب سیستم‌های آبیاری، کاربرد مطلوبی داشته باشد. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) به مکان‌یابی نواحی مستعد اجرای سامانه‌های نوین آبیاری (موضعی، بارانی، کم‌فشار) با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

(AHP) در شهرستان اسفراین خراسان شمالی پرداختند. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری کم‌فشار در اکثریت منطقه به‌جز نواحی شمالی به‌دلیل وضعیت توپوگرافی نامناسب، بالاترین امتیاز را کسب نمود. در نتیجه روش آبیاری کم‌فشار جهت بالا بردن راندمان آبیاری در اکثریت محدوده معرفی شد و در سایر مناطق (شمالی)، سیستم آبیاری موضعی به‌عنوان بهترین سامانه نوین آبیاری انتخاب شد. Montazar and Behbahani, (2007) با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، به انتخاب بهترین سیستم آبیاری در سه منطقهٔ تحت کشت گندم، چغندرقند و انگور به‌ترتیب تحت سیستم‌های آبیاری میکرو، نواری و فارو در دشت قزوین پرداختند. در این تحقیق از ۱۵ عامل مؤثر در انتخاب سامانه آبیاری از جمله شیب، وضعیت ناهمواری، مهارت کارگری، نوع کشت، هزینه‌های طرح، کیفیت و کمیت آب، سرعت باد و نفوذپذیری خاک استفاده شد. مقایسه نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با دیگر روش‌های موجود نشان داد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان ابزاری مفید و کارآمد در انتخاب بهترین سامانه آبیاری به‌شمار می‌آید. بنابراین به‌طور خلاصه می‌توان از مقایسه مطالعات انجام‌شده در این زمینه، به این نتیجه رسید که استفاده از روش AHP در انتخاب نوع سیستم آبیاری از اهمیت بالایی برخوردار است، به‌طوری که باعث می‌شود تا تصمیم‌گیرنده با دقت و صحت بالا، بهترین گزینه را انتخاب کند. همچنین، این روش باعث می‌شود تا فرآیند تصمیم‌گیری به‌صورت شفاف و سریع انجام شود.

هدف اصلی این مطالعه، بررسی انواع روش‌های آبیاری برای اراضی کشاورزی در منطقه حکم‌آباد شهر تبریز است. این بررسی بر اساس معیارهای مختلفی صورت می‌گیرد که شامل معیارهای فنی، اجتماعی، اقتصادی، اجرایی، بهره‌برداری، زیست‌محیطی و گردشگری کشاورزی می‌باشد. روش استفاده شده در این مطالعه، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که به کشاورزان کمک می‌کند تا سیستم آبیاری مناسب را برای مزارع خود انتخاب کنند. با استفاده از این روش، معیارهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند و وزن‌دهی صحیح به آن‌ها صورت می‌گیرد. نکته قابل توجه در این مطالعه، استفاده از داده‌های واقعی از منطقه حکم‌آباد شهر تبریز است. این داده‌ها شامل تعداد قطعات زراعی برای هر مالک است که به کشاورزان کمک می‌کند تا سیستم آبیاری مناسب را انتخاب کنند. با استفاده از نتایج این مطالعه، کشاورزان قادر خواهند بود تا از منابع آب بهینه استفاده کنند و با انتخاب سیستم آبیاری مناسب، صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری در کشاورزی داشته باشند. در نهایت، این مطالعه نتایج جذاب و جالبی را به کشاورزان ارائه می‌دهد و به آن‌ها در انتخاب سیستم آبیاری مناسب کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی طرح

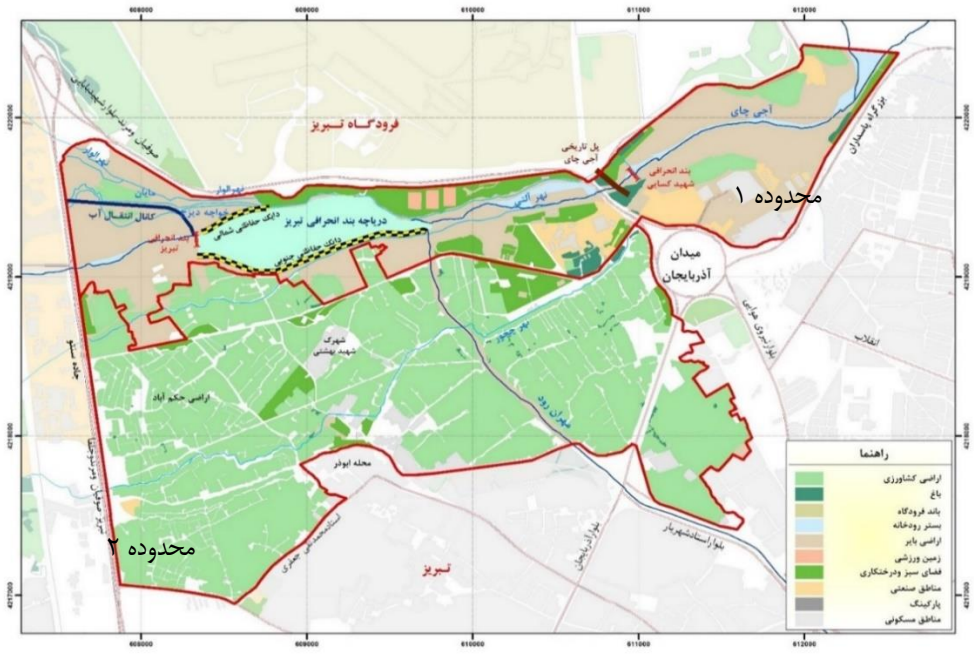
اراضی کشاورزی حکم‌آباد شهر تبریز (پارک بزرگ تبریز) در شمال غرب شهر تبریز و در محدودهٔ عرض جغرافیایی "۳۷ '۰۵ °۳۸ تا "۳۰ '۰۷ °۳۸ شمالی و طول جغرافیایی "۳۵ '۱۳ °۴۶ تا "۰۳ '۱۷ °۴۶ شرقی قرار دارد. این محدوده سطحی بالغبر ۸۶۴ هکتار را شامل می‌شود که محدوده ۱ و محدوده ۲ را در برمی‌گیرد (شکل ۱). اراضی حکم‌آباد شهر تبریز، منطقه‌ای است که بیش از ۲۰ درصد جمعیت شهر تبریز را در خود جای داده و بیشترین سهم از بافت فرسوده شهری (حدود ۴۴ درصد) را در بر دارد که از خدمات شهری محدودی برخوردارند. تفکیک این دو پهنه هم به‌لحاظ کارکردی و کاربری و هم از نظر اجتماعی و نوع تعلق‌خاطر جامعه تبریز به آن است. موقعیت محدوده‌های مطالعاتی اراضی حکم‌آباد شهر تبریز در شکل (۱) ارائه شده است.

روش بهره‌برداری از منابع آب

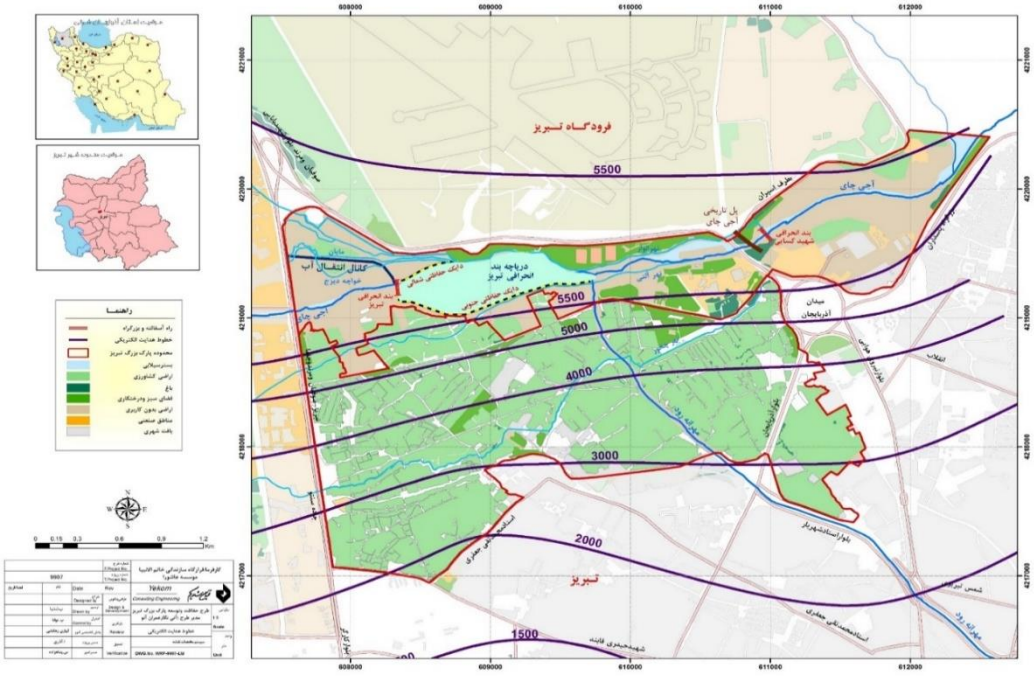
تنها منبع آب موجود در منطقه مورد مطالعه، چاه است (شکل ۲). چاه‌ها با مالکیت خصوصی و مشاع است. دور آبیاری رایج در منطقه ۸ و ۱۰ روزه است. بنابراین در حالت ۸ روزه، در طول ۶ ماه، به مدت ۲۲/۵ ساعت و در حالت ۱۰ روزه، به مدت ۱۸ ساعت آب در اختیار کشاورزان خریدار آب خواهد بود.

کیفیت آب زیرزمینی

تعداد منابع انتخابی کیفی آب زیرزمینی در محدوده پارک بزرگ تبریز که بخشی از دشت بزرگ تبریز است شامل ۷ حلقه چاه (۴ حلقه چاه عمیق و ۳ حلقه چاه نیمه عمیق) بوده که در داخل و یا پیرامون محدوده قرار دارند. روند تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این پهنه از ناحیه جنوبی بسمت محور آجی‌چای در تغییر است و از مقادیر حدود ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر تا کمتر از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر متغیر می‌باشد (شکل ۳). بر اساس نموگرام ویلکاکس، کیفیت آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی در کلاس‌های C3-S1 تا C4-S3 قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت محدوده‌های دوگانه مطالعاتی پارک بزرگ تبریز



شکل ۲- خطوط هم پتانسیل هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در محدوده پارک بزرگ تبریز با کاربری‌های مختلف

ویژگی‌های خاک

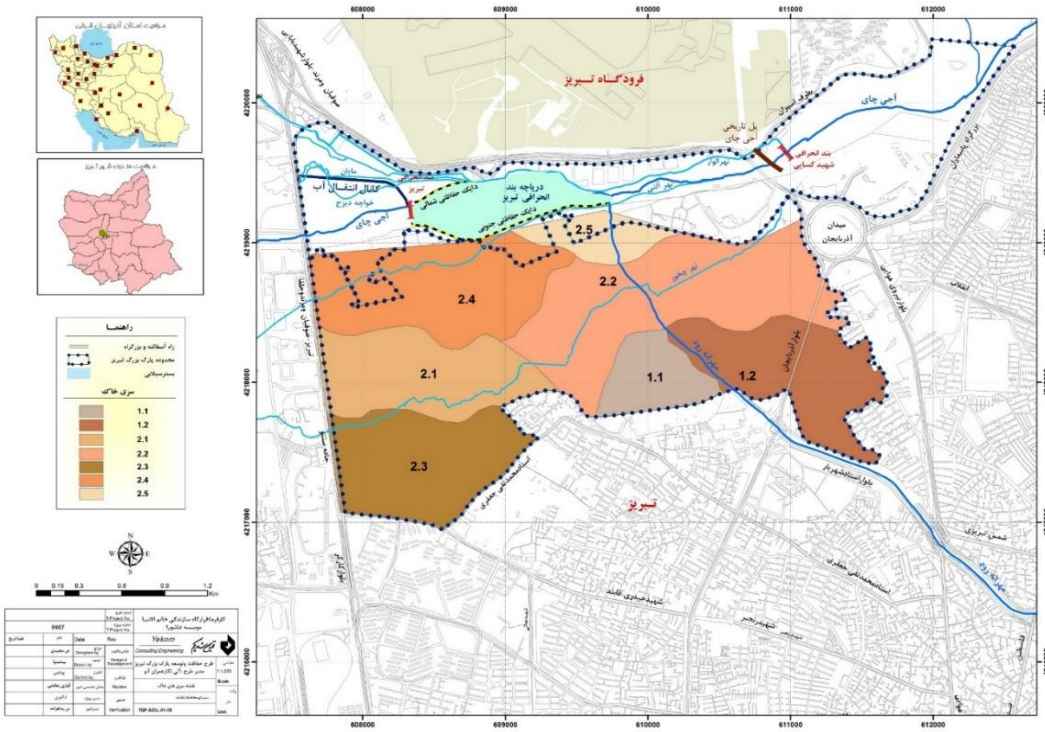
بافت خاک سطحی در منطقه مورد مطالعه از متوسط (لوم[۳]) تا سنگین (لوم رسی[۴]) متغیر بوده و قابلیت نفوذ لایه‌های زیرین تا آهسته است. اراضی مطالعاتی فاقد لایه محدودکننده ریشه‌ای پارالیتیک و یا لیتیک در محدوده عمق نفوذ ریشه است. ضخامت خاک در تمامی واحدهای خاک خیلی عمیق (بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر) است. اراضی مورد مطالعه فاقد محدودیت شوری و قلیاییت بوده ولی استعداد شوری در آن‌ها بالاست. بر اساس نتایج مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفضیلی دقیق، خاک‌های منطقه به دو سری طبقه‌بندی گردیده است. واحدهای مجزا شده سری خاک شماره یک بر روی نقشه خاک

با علائم ۱,۱ الی ۱,۲ مشخص گردیده است (شکل ۳).

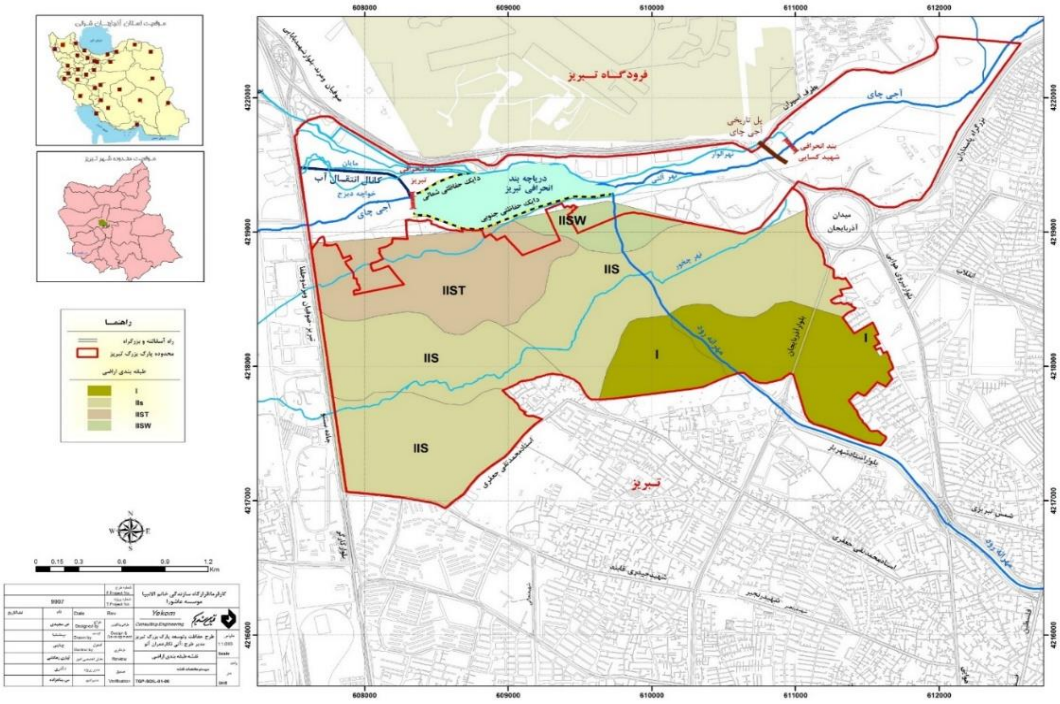
طبقه‌بندی اراضی

هدف از طبقه‌بندی اراضی در محدوده مطالعاتی، تعیین ارزش اراضی از نظر کشاورزی و آبیاری است. در این طبقه‌بندی اراضی به چند کلاس تقسیم می‌شوند. هر کلاس اراضی ممکن است نیازهای مختلف آبیاری را داشته باشد و از منابع آب مختلفی استفاده کند. برای مثال، برخی اراضی ممکن است از آب رودخانه یا دریاچه‌های مجاور استفاده کنند، در حالی که دیگران ممکن است از چاه آب یا سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده کنند. این اطلاعات به کشاورزان کمک می کند تا بهترین سیستم آبیاری را برای مزارع خود انتخاب کنند. برای مثال، یک مالک با تعداد قطعات زراعی بالا ممکن است نیاز به یک سیستم آبیاری بزرگتر و پیچیده‌تر داشته باشد تا بتواند تمام مزارع خود را به طور همزمان آبیاری کند. در نهایت، این نقشه به کشاورزان کمک می‌کند تا از منابع آب بهینه استفاده کنند و از طریق انتخاب سیستم آبیاری مناسب، صرفه جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری در کشاورزی داشته باشند. در این پژوهش، اراضی کشاورزی در پنج کلاس طبقه‌بندی شدند.

اراضی کلاس I مناسب برای زراعت آبی بدون اشکالات و محدودیت‌های زراعی است. مساحت این اراضی ۱۱۶ هکتار است که ۱۳ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. اراضی کلاس II با خطرات و محدودیت‌های جزئی برای زراعت آبی بوده و مساحت آن ۴۳۹ هکتار است که ۵۱ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل داده و دارای سه تحت کلاس به شرح زیر است: IIS، این اراضی به‌دلیل برخورداری از یک یا چند عامل محدودکننده خاک نظیر قابلیت نفوذ آهسته در این تحت کلاس قرار گرفته‌اند. مساحت اراضی مربوطه ۳۰۸ هکتار است که ۳۶ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. IIST، این اراضی به‌دلیل برخورداری از یک یا چند عامل محدودکننده خاک نظیر قابلیت نفوذ آهسته همراه با عامل توپوگرافی و پستی‌وبلندی کم در این تحت کلاس قرار گرفته‌اند. مساحت اراضی مربوطه ۱۰۵ هکتار است که ۱۲ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. IISW، این اراضی به‌دلیل برخورداری از یک یا چند عامل محدودکننده خاک نظیر قابلیت نفوذ آهسته همراه با خصوصیات هیدرومورفیکی کم در این تحت کلاس قرار گرفته‌اند. مساحت اراضی مربوطه ۲۶ هکتار است که ۳ درصد کل اراضی مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. در شکل (۴) طبقه‌بندی اراضی این محدوده ارائه گردیده است.



شکل ۳- موقعیت سری‌های خاک محدوده مطالعاتی



شکل ٤- طبقه‌بندی اراضی محدوده مورد نظر

نقشه کاربری آب کشاورزی

نقشه کاربری آب کشاورزی نشان می‌دهد که مناطق مختلف اراضی کشاورزی چگونه از آب استفاده می‌کنند. این نقشه نشان می دهد که کدام قسمت‌ها از اراضی برای کشاورزی استفاده می‌شود و چگونه آب در این مناطق تأمین می‌شود. همچنین در این نقشه، اطلاعاتی مانند استفاده از سیستم‌های آبیاری، منابع آب موجود و تعداد قطعات زراعی برای هر مالک نشان داده شده است. این نقشه به کشاورزان کمک می‌کند تا در انتخاب سیستم آبیاری مناسب و بهینه برای مزارع خود تصمیم بگیرند و از منابع آب بهینه استفاده کنند. انهار سنتی در حکم آباد برای آبیاری اراضی استفاده نمی‌شود و تنها منبع آب موجود برای این منطقه چاه‌ها است. نقشه کاربری آب تهیه شده براساس اطلاعات دریافتی از نقشه کاداستر قطعات زراعی است. در شکل (۵) مالکیت شخصی و شهرداری مشخص شده است. حدود ۳۵ درصد از اراضی تحت مالکیت شهرداری قرار دارد و بقیه تحت مالکیت کشاورزان است. تعداد قطعات زراعی برای هر مالک بین ۱ تا ۶ قطعه است و اندازه قطعات مالکیتی بین ۵۰۰ مترمربع تا ۱/۵ هکتار است. با توجه به اینکه مالکیت شخصی و شهرداری در نقشه کاربری آب نشان داده شده است، کشاورزان می‌توانند براساس این اطلاعات تصمیم بگیرند که در کدام قسمت از اراضی خود سیستم آبیاری را برقرار کنند. مثلاً اگر اراضی تحت مالکیت شهرداری مناسب‌تر برای استفاده از آب چاه‌ها باشند، کشاورزان می‌توانند در این مناطق سیستم آبیاری را برقرار کنند.

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

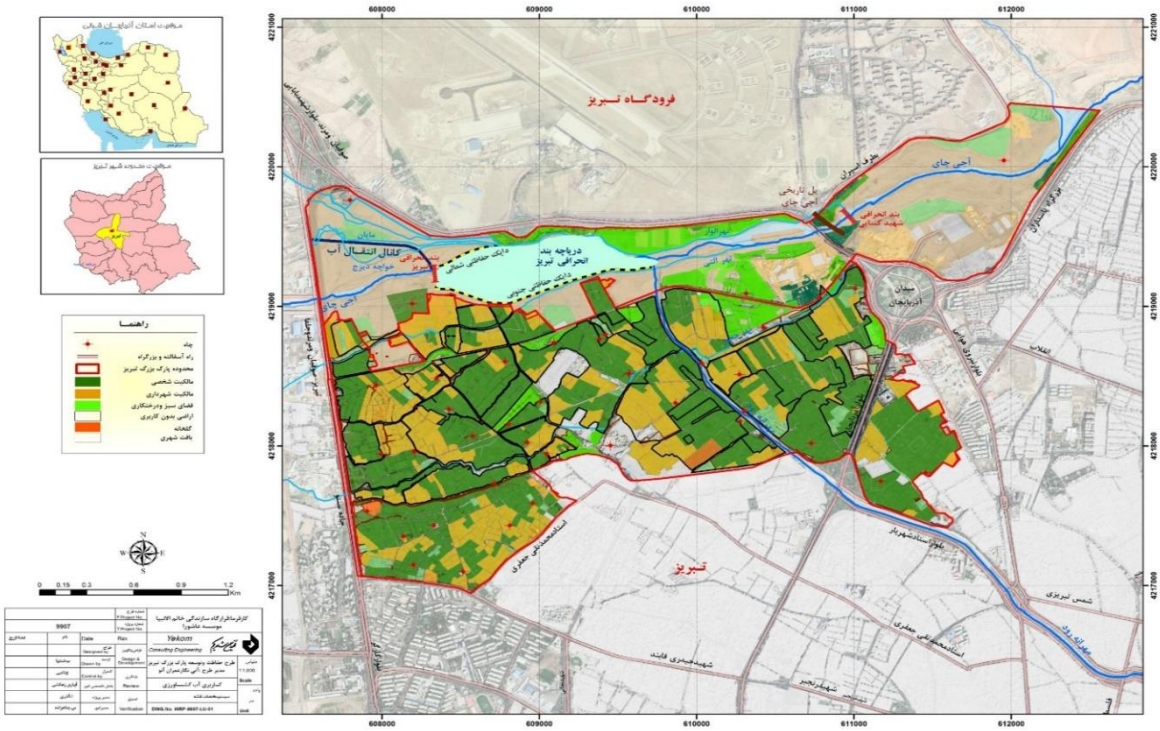
یکی از بخش‌های حائز اهمیت و حساس در مورد هر مسئله، تخمین صحیح مقادیر داده‌ها در معیارهای چندگانه است. اطلاعات کیفی درباره اهمیت معیارها را می‌توان تهیه کرد، اما تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی با مشکلاتی همراه است. رویکرد سلسله مراتبی، فرایندی مؤثر برای تعیین وزن و اهمیت نسبی معیارها است (Costa et al., 2023). روش تحلیل سلسله مراتبی که توسط Saaty (1980) معرفی شده، یک روش تصمیم‌گیری است که پذیرفته شده و در تعیین اهمیت نسبی معیارها در مسائل تصمیم‌گیری ویژه استفاده می‌شود. در این روش، با تهیه ماتریس مقایسه و استفاده از مقایسه کلامی، تصمیم‌گیران می‌توانند نظرات خود را به صورت کمی بیان کنند.

روش تحلیل سلسله مراتبی، یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاری است که در این مطالعه برای تحلیل و توازن دادن عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب نوع سیستم آبیاری استفاده می‌شود. این روش مزیت‌ها و ویژگی‌های همچون سادگی، انعطاف‌پذیری، سازماندهی سلسله مراتبی عناصر (اهداف، معیارها، گزینه‌های احتمالی) یک مجموعه، امکان استفاده از معیارهای کمی و کیفی، امکان کنترل سازگاری ماتریس مقایسه‌های دو به دو، تعیین اولویت ها، امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها و امکان به‌کارگیری نظرهای گروهی (قضاوت گروهی) را دارا است (Saaty, 1984; Munier & Hontoria, 2021). در پژوهش حاضر، گام‌های AHP به‌صورت زیر

است:

تعریف مسأله و مشخص کردن اهداف آن (میزان تأثیر پارامترهای مختلف در یافتن نوع سیستم آبیاری مناسب در منطقه مورد مطالعه).

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی (در اندازه n × n) برای مسأله و نحوه نمره‌دهی به آن در جدول (۱) ارائه شده است. برای پر کردن مقایسات زوجی، مقیاس ۱ تا ۹ استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عنصر دیگر، در رابطه با آن ویژگی، مشخص شود.



شکل ۵- کاربری آب کشاورزی در محدوده طرح

جدول ۱- امتیازدهی بر اساس روش AHP (Saaty, 1980)

شرح	تعریف	نمره
دو عنصر، اهمیت یکسانی داشته باشند.	اهمیت یکسان	۱
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری متوسطی داشته باشد.	برتری متوسط	۳
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری زیادی داشته باشد.	برتری زیاد	۵
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری بسیار زیادی داشته باشد.	برتری بسیار زیاد	۷
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری فوق‌العاده زیادی دارد.	برتری فوق‌العاده زیاد	۹
موارد بینابین در قضاوت‌ها	ارزش‌های بینابین	۲,۴,۶,۸

جهت بهبود مجموعه ماتریس‌های گام ۳، به n(1-n) قضاوت احتیاج است که متقابلاً به‌صورت خودکار در هر یک از مقایسات زوجی (مقایسه‌های دوتایی) حاصل می‌گردد.

در این گام، با استفاده از یکی از روش‌های موجود، وزن نسبی به هر کدام از پارامترها داده می‌شود (در این تحقیق از روش میانگین حسابی استفاده شد).

در این مرحله باید سازگاری ماتریس را تعیین نمود. اگر ماتریس سازگار نبود باید مقایسات زوجی را دوباره انجام داده تا زمانی که ماتریس سازگار شود. به منظور تعیین سازگاری، ابتدا مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی (λ_{max}) را طبق رابطه (۱) محاسبه می‌کنند.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{\bar{a}.W_{(i.j)}}{W_{(i.j)}} \qquad (۱)$$

که در آن: λ_{max} میانگین بردار سازگاری، $\bar{a}$ میانگین هندسی ماتریس ij (یک سطح افقی)، $W_{(i.j)}$ وزن یا اولویت جایگزین ij (یک سطح افقی) و N تعداد جایگزین‌های مورد مقایسه است. سپس به کمک مقدار ویژه λ_{max} ، شاخص ناسازگاری (II) از رابطه (۲)

محاسبه خواهد شد.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (۲)$$

که در آن: n اندازه ماتریس می‌باشد. برای محاسبه نرخ ناسازگاری (IR) از رابطه (۳) استفاده می‌شود:

$$IR = \frac{II}{IRI} \quad (۳)$$

که در آن: II شاخص ناسازگاری و IRI شاخص ناسازگاری تصادفی که با استفاده از جدول (۲) محاسبه می‌شود.

جدول ۲- شاخص ناسازگاری تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

اگر نرخ ناسازگاری (IR)، کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱۰ باشد؛ در مقایسات زوجی، سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه داد. اگر نه، تصمیم‌گیرنده باید در مقایسات زوجی بازنگری کند.

به طور خلاصه، روش AHP شامل چندین مرحله است. در ابتدا، معیارهای مختلفی که برای انتخاب نوع سیستم آبیاری در نظر گرفته می‌شود، شناسایی می‌شوند. سپس، اولویت‌بندی معیارها بر اساس اهمیت آن‌ها توسط تصمیم‌گیرنده صورت می‌گیرد. در این مرحله، معیارهای مهم‌تر با اختصاص امتیاز بیشتر مشخص می‌شوند. سپس، گزینه‌های مختلف برای سیستم آبیاری مورد بررسی قرار می‌گیرند و به هر گزینه امتیاز براساس هر معیار اختصاص داده می‌شود. در نهایت، با جمع‌آوری امتیازهای هر گزینه و استفاده از روش ترکیبی AHP، بهترین گزینه برای سیستم آبیاری مشخص می‌شود. همچنین پرسش‌نامه‌ای تهیه و تنظیم شد و در اختیار کارشناسان متخصص قرار داده شد تا توسط اعمال نظرهای نزدیک به واقعیت و با استفاده از یکی از روش‌های محاسبه وزن نسبی (میانگین حسابی)، وزن مناسب به هر کدام از پارامترها تعلق گیرد.

در این پژوهش، معیارهای اصلی به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری در محدوده طرح شامل موارد فنی (شامل زیرمعیارهای کیفیت آب، کیفیت خاک، بادخیزی، یخبندان، توپوگرافی، راندمان آبیاری، نوع محصول، میزان آب در دسترس و امکان خودکارسازی)، اجتماعی (شامل زیرمعیارهای مهارت کشاورزان، مقبولیت بین کشاورزان، قابلیت خرابکاری – سرقت و مشارکت جامعه محلی)، اقتصادی (شامل زیرمعیارهای هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه بهره برداری و نگهداری، اشتغال، عمر مفید سیستم، هزینه‌های تأمین انرژی و افزایش درآمد)، اجرایی (شامل زیرمعیارهای سرعت عملیات اجرایی، در دسترس بودن مصالح، سهولت حمل و نقل و سهولت عملیات اجرایی)، بهره‌برداری (شامل زیرمعیارهای سهولت بهره برداری، در دسترس بودن تجهیزات مورد نیاز، امکان بهره‌برداری تدریجی، پایداری حقابه و سهولت نگهداری یا تعمیرات)، زیست محیطی (شامل زیرمعیارهای میزان زهاب تولیدی، آلایندگی کود و سم و تخریب زیست‌محیطی) و گردشگری کشاورزی (شامل زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذابیت گردشگری) است. در جدول (۳) علایم اختصاری مربوط زیرمعیارها و فاکتورهای مؤثر برای هر معیار ارائه شده است. در وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها علاوه بر نظرات کارشناسان تخصصی مشاور و مدیر طرح، از نظر کشاورزان، محققان و کارشناسان بخش ترویج کشاورزی نیز استفاده شد.

نتایج و بحث

با بررسی معیارهای اصلی (فنی، اجتماعی، اقتصادی، اجرایی، بهره‌برداری، زیست‌محیطی و گردشگری کشاورزی) جهت انتخاب سیستم آبیاری با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نتایج نشان داد که معیارهای اصلی گردشگری (۰/۲۷)، اجتماعی (۰/۱۹) و زیست‌محیطی (۰/۱۸) بیش‌ترین وزن‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

جدول ۳- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای موثر در انتخاب سیستم آبیاری

معیارها	علامت	(زیرمعیارها)	(علامت)	تعریف
فنی	C_1	کیفیت آب	C_{11}	این زیرمعیار معیارهای مربوط به کیفیت آب و مضرات محتمل موجود در آب را در نظر می گیرد. از جمله عواملی که در این معیار بررسی می‌شود می‌توان به میزان املاح موجود در آب، آلودگی و رویش علف‌های‌هرز اشاره کرد.
		کیفیت خاک	C_{12}	این زیرمعیار مشخص می‌کند که آیا خاک منطقه مورد نظر برای استفاده از هر نوع سیستم آبیاری مناسب است یا خیر. خصوصیاتی مانند نفوذپذیری، بافت خاک، نیاز به دوره‌های خاک ورزی و سطح آب زیرزمینی ممکن است در این زیرمعیار مورد ملاحظه قرار گیرند.

		بادخیزی	$C_{۱۳}$	این زیرمعیار نیاز به ارزیابی شرایط بادخیزی منطقه را بررسی می‌کند. این عامل می‌تواند تأثیر زیادی بر عملکرد سیستم‌های آبیاری داشته باشد
		یخبندان	$C_{۱۴}$	این زیرمعیار به بررسی اثرات یخبندان و سرمازدگی بر عملکرد سیستم آبیاری و نحوه مدیریت آب در شرایط سرد اشاره می‌کند.
		توپوگرافی	$C_{۱۵}$	این زیرمعیار شرایط توپوگرافی منطقه را در نظر می‌گیرد و تأثیر آن بر طراحی و عملکرد سیستم آبیاری را ارزیابی می‌کند. این شامل عواملی مانند تغییرات ارتفاع، شیب زمین و دسترسی به منابع آب می‌شود.
		راندمان آبیاری	$C_{۱۶}$	این زیرمعیار به بررسی میزان راندمان و بازدهی سیستم آبیاری در استفاده از منابع آب اشاره دارد. میزان صرفه‌جویی در مصرف آب و بهره‌وری سیستم در عملکرد و عملکرد بهینه آبیاری در این زیرمعیار مدنظر است.
		نوع محصول	$C_{۱۷}$	این زیرمعیار بر اساس نوع محصولی که کشاورزی می‌شود، سیستم آبیاری مناسب را بررسی می‌کند. مثلاً برخی از محصولات به نظر می‌رسد در سیستم آبیاری قطره‌ای بهتر عمل کنند، در حالی که در برخی موارد سیستم آبیاری سطحی مناسب‌تر است.
		میزان آب در دسترس	$C_{۱۸}$	این زیرمعیار مقدار و قابلیت دسترسی به منابع آب مورد نیاز برای سیستم آبیاری را بررسی می کند.
		امکان خودکارسازی	$C_{۱۹}$	این زیرمعیار به امکان اجرای خودکار و استفاده از فناوری‌ها و سیستم‌های هوشمند در سیستم آبیاری اشاره دارد.
اجتماعی	$C_{۲}$	مهارت کشاورزان	$C_{۲۱}$	این زیرمعیار مربوط به میزان مهارت و تجربه کشاورزان در استفاده از نوع خاصی از سیستم آبیاری است. مهارت کشاورزان در تنظیم و کنترل سیستم آبیاری و بهره‌برداری بهینه از آن، بر انتخاب نوع سیستم آبیاری و تسهیل در فرآیند آبیاری تأثیر می‌گذارد.
		مقبولیت بین کشاورزان	$C_{۲۲}$	این زیرمعیار به میزان مقبولیت و پذیرش کشاورزان در استفاده از نوع خاصی از سیستم آبیاری اشاره دارد.
		قابلیت خرابکاری- سرقت	$C_{۲۳}$	این زیرمعیار مربوط به ارزیابی قابلیت خرابکاری و سرقت در نوع خاصی از سیستم آبیاری است. میزان آسیب‌پذیری سیستم در برابر خرابکاری و سرقت، ایمنی سیستم و تأثیر آن بر کارایی آبیاری را در نظر می‌گیرد.
		مشارکت جامعه محلی	$C_{۲۴}$	این زیرمعیار وابسته به میزان مشارکت جامعه محلی در فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری درباره سیستم آبیاری است. قدرت و اراده جامعه محلی در مشارکت فعال در برنامه‌ریزی، اجرا و حفظ سیستم آبیاری را ارزیابی می‌کند.
اقتصادی	$C_{۳}$	هزینه سرمایه گذاری اولیه	$C_{۳۱}$	این زیرمعیار مربوط به میزان هزینه‌های مورد نیاز برای نصب و راه‌اندازی سیستم آبیاری است.
		هزینه بهره‌برداری و نگهداری	$C_{۳۲}$	این زیرمعیار مربوط به هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری و نگهداری روزانه، هفتگی یا سالانه سیستم آبیاری است.
		اشتغال	$C_{۳۳}$	این زیرمعیار مربوط به تأثیر سیستم آبیاری بر اشتغال‌زایی می‌باشد.
		عمر مفید	$C_{۳۴}$	این زیرمعیار مربوط به مدت زمان قابل پیش‌بینی استفاده از سیستم آبیاری است.
		هزینه‌های تأمین انرژی	$C_{۳۵}$	این زیرمعیار مربوط به هزینه‌های مصرفی انرژی برای سیستم آبیاری است. هزینه‌های مربوط به سوخت مورد نیاز برای اجرای سیستم آبیاری، هزینه‌هایی مانند برق مصرفی، سوخت مصرفی در سیستم‌های پمپاژ و هزینه‌های کاربردی مشابه را در بر می‌گیرد.
		افزایش درآمد	$C_{۳۶}$	این زیرمعیار مربوط به تأثیر سیستم آبیاری بر افزایش درآمد کشاورزان است. افزایش تولید، بهبود کیفیت محصول، افزایش قیمت محصول و تأثیرات مثبت بر بازار می‌تواند ملاک‌های مربوط به این زیرمعیار باشد.
اجرایی	$C_{۴}$	سرعت عملیات اجرایی	$C_{۴۱}$	این زیرمعیار به میزان زمانی که برای اجرای عملیات آبیاری به کار می‌رود، اشاره دارد.
		در دسترس بودن مصالح	$C_{۴۲}$	این زیرمعیار به مواد و مصالح مورد نیاز برای اجرای سیستم آبیاری اشاره دارد.
		سهولت حمل و نقل	$C_{۴۳}$	این زیرمعیار به میزان سهولت حمل و نقل مصالح و تجهیزات مورد نیاز برای اجرای سیستم آبیاری اشاره دارد.
		سهولت عملیات اجرایی	$C_{۴۴}$	این زیرمعیار به سادگی و آسانی اجرای عملیات آبیاری اشاره دارد. سیستم‌های آبیاری که نیاز به تنظیمات پیچیده و دقیق ندارند و به راحتی توسط کشاورزان قابل مدیریت هستند، می‌توانند جذابیت بیشتری داشته باشند.

بهره‌برداری	C_5	سهولت بهره‌برداری	C_{51}	این زیرمعیار میزان سهولت و آسانی استفاده و بهره‌برداری از سیستم آبیاری را ارزیابی می‌کند.
		در دسترس بودن تجهیزات مورد نیاز	C_{52}	این زیرمعیار مربوط به موجود بودن و سهولت در تهیه و نصب تجهیزات مورد نیاز برای هر نوع سیستم آبیاری است.
		امکان بهره‌برداری تدریجی	C_{53}	این زیرمعیار مربوط به امکان تدریجی و قابل تنظیم بودن سیستم آبیاری است.
		پایداری حقابه	C_{54}	این زیرمعیار مربوط به پایداری و استحکام ساختار سیستم آبیاری است. به عنوان مثال، سیستم آبیاری قطره‌ای معمولاً از لوله‌ها و قطعات پلاستیکی ساخته شده است که در برابر خوردگی و تغییرات آب و هوایی مقاومت بالایی دارند.
		سهولت نگهداری (تعمیرات)	C_{55}	این زیرمعیار مربوط به سهولت نگهداری و تعمیرات سیستم آبیاری است.
زیست‌محیطی	C_6	میزان زهاب تولیدی	C_{61}	این زیرمعیار بررسی می‌کند که سیستم آبیاری چقدر زهاب تولید می‌کند.
		آلایندگی کود و سموم	C_{62}	این زیرمعیار بررسی می‌کند که سیستم آبیاری چقدر کود و سموم را به زمین و منابع آب منتقل می‌کند.
		تخریب زیست‌محیطی	C_{63}	این زیرمعیار بررسی می‌کند که سیستم آبیاری چقدر به تخریب زیست‌محیطی منجر می‌شود.
گردشگری کشاورزی	C_7	زیبایی منظر	C_{71}	این زیرمعیار به میزان جذابیت و زیبایی منظر مرتبط است. این معیار نشان می‌دهد که سیستم آبیاری چقدر قابلیت ایجاد چشم‌نوازی و زیبایی در منظر را دارد. به عنوان مثال، سیستم آبیاری قطره‌ای که از لوله‌های کوچک و دقیق برای آبیاری استفاده می‌کند، ممکن است مناظر زیبا و گل‌های رنگارنگ را ایجاد کند که جذابیت گردشگری را افزایش می‌دهد.
		جذابیت گردشگری	C_{72}	این زیرمعیار به میزان جذابیت و تأثیر سیستم آبیاری بر جذابیت گردشگران مرتبط است. این معیار نشان می‌دهد که سیستم آبیاری چقدر توانایی دارد جذابیت و جاذبه‌ای برای گردشگران ایجاد کند. به عنوان مثال، سیستم آبیاری محوری که در کنار رودخانه‌ها و دره‌ها قرار دارد و چشم‌انداز طبیعی و زیبایی را به گردشگران ارائه می‌دهد، می‌تواند جذابیت گردشگری را افزایش دهد.

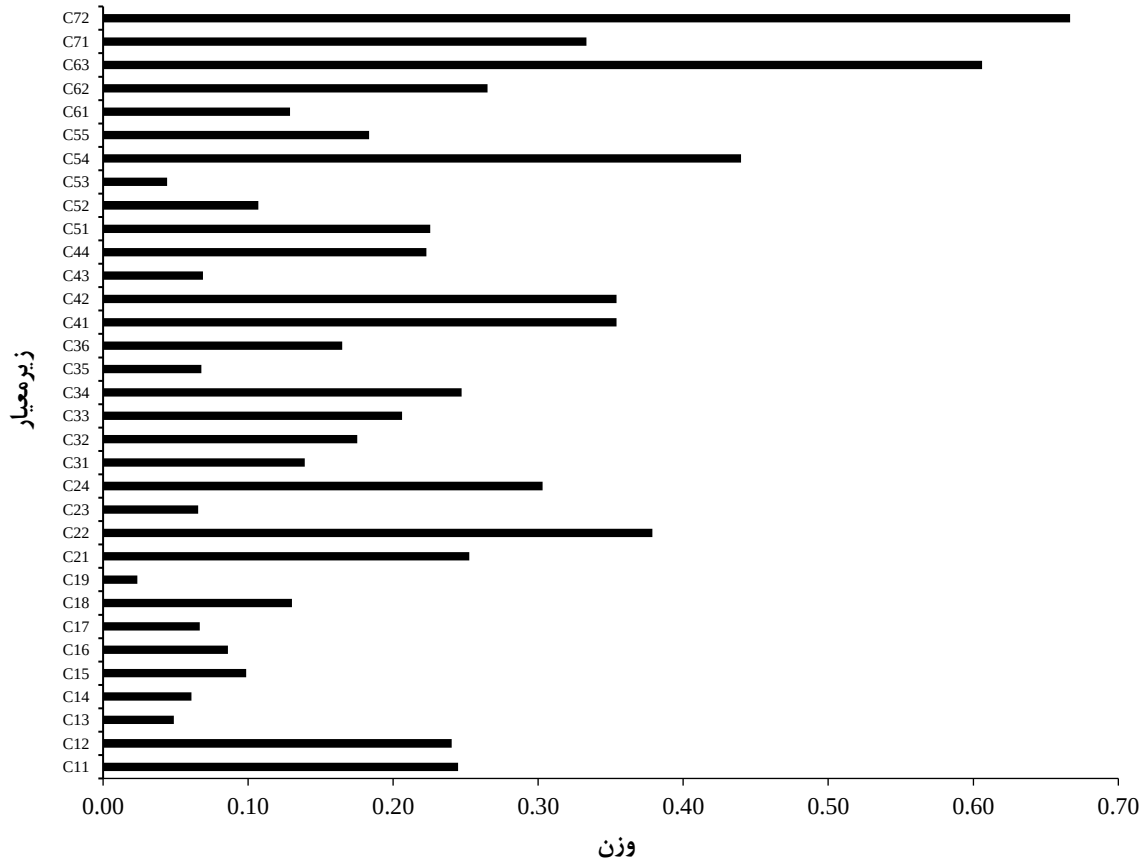
جدول ٤- نتایج وزن‌دهی به معیارهای اصلی جهت انتخاب سیستم آبیاری

معیارهای اصلی	فنی	اجتماعی	اقتصادی	اجرایی	بهره‌برداری	زیست‌محیطی	گردشگری	جمع	وزن
فنی	۱/۰۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۳/۰۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۳۳	۶/۸۳	۰/۰۹
اجتماعی	۲/۰۰	۱/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۴/۰۰	۰/۱۹
اقتصادی	۱/۰۰	۰/۲۵	۱/۰۰	۳/۰۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۲۰	۶/۴۵	۰/۰۹
اجرایی	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۱/۰۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۰	۲/۶۲	۰/۰۴
بهره‌برداری	۲/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۲۵	۱۰/۷۵	۰/۱۵
زیست‌محیطی	۲/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۳/۰۰	۰/۱۸
گردشگری	۳/۰۰	۱/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۲۷
مجموع								۷۳/۶۵	۱/۰۰

با بررسی معیار فنی، مشخص شد که در این بخش زیر معیارهای کیفیت آب (۰/۲۴)، کیفیت خاک (۰/۲۴) و میزان آب در دسترس (۰/۱۳) بیشترین وزن، در معیار اجتماعی، زیرمعیارهای مقبولیت بین کشاورزان (۰/۳۸) و مشارکت جامعه محلی (۰/۳۰) بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. در معیار اقتصادی، زیرمعیارهای اشتغال (۰/۲۴) و افزایش درآمد (۰/۲۱) دارای بیشترین وزن و در معیار اجرایی، بعد از بررسی زیرمعیارها، مشخص شد که زیرمعیارهای در دسترس بودن مصالح (۰/۳۵) و سرعت عملیات اجرایی (۰/۳۵) بیشترین وزن را کسب نمود. همچنین با بررسی معیارهای بهره برداری، زیست‌محیطی و گردشگری کشاورزی نتایج نشان داد که هر بخش به‌ترتیب زیر معیارهای پایداری حقابه (۰/۴۴) و سهولت بهره‌برداری (۰/۲۳)، زیرمعیار تخریب زیست‌محیطی (۰/۶۱) و جذابیت گردشگری (۰/۶۷)، بیشترین وزن را بدست آوردند. وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها در هر معیار از حاصلضرب وزن نسبی معیار و زیرمعیار مربوطه تعیین می‌شود. در شکل (۶) نمودار میله‌ای مقابل نام هر یک از زیرمعیارها، وزن نسبی نهایی زیرمعیار را در انتخاب نوع سیستم آبیاری نشان می‌دهد. براساس وزن نسبی نهایی زیرمعیارها، زیرمعیار امکان خودکارسازی (C_{19}) و زیرمعیار جذابیت گردشگری (C_{72}) به‌ترتیب با وزن ۰/۰۲ و ۰/۶۷ کمترین و بیشترین نقش را در انتخاب نوع سیستم آبیاری در منطقه مورد مطالعه دارا می‌باشند.

جدول (۵) وزن نسبی هر یک از معیارها و زیرمعیارها را نشان می‌دهد. بررسی نتایج این جدول بیانگر این است که معیار گردشگری

کشاورزی ($C_{۷}$) بیشترین اهمیت را در انتخاب نوع سیستم در منطقه مورد مطالعه دارد و ارزش وزن آن ۰/۲۷ می‌باشد. پس از این معیار، معیار اجتماعی ($C_{۲}$) با وزن ۰/۱۸، معیار زیست‌محیطی ($C_{٦}$) با وزن ۰/۱۹، معیار بهره‌برداری ($C_{٥}$) با وزن ۰/۱۵، در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند و معیار فنی ($C_{۱}$) با وزن ۰/۰۹، معیار اقتصادی ($C_{۳}$) با وزن ۰/۰۹ و معیار اجرایی ($C_{٤}$) با وزن ۰/۰۴ کمترین اثر را در مقایسه با سایر معیارها در انتخاب نوع سیستم آبیاری ایفا می‌نماید. پایین بودن ارزش وزنی معیارهای فنی، اقتصادی و اجرایی نشان می دهد که در انتخاب نوع سیستم آبیاری، تأثیر و اهمیت کمتری به این جنبه‌ها داده می‌شود. در بین زیرمعیارهای شاخص فنی ($C_{۱}$)، زیرمعیار کیفیت آب ($C_{۱۱}$) و کیفیت خاک ($C_{۱۲}$) با وزن ۰/۲۴ بیشترین اهمیت و زیرمعیار امکان خودکارسازی با وزن ۰/۰۲ کمترین اهمیت را در انتخاب نوع سیستم آبیاری در منطقه مورد مطالعه دارد. همچنین در بین زیرمعیارهای شاخص اقتصادی ($C_{۳}$)، زیر معیار هزینه‌های تأمین انرژی اولیه ($C_{۳٥}$) با وزن ۰/۰۷ کمترین اهمیت و زیرمعیار عمر مفید ($C_{۳٤۳}$) با وزن ۰/۲۵ بیشترین اهمیت را دارد. از طرفی در بین زیرمعیارهای اجرایی ($C_{٤}$)، زیرمعیار سرعت عملیات اجرایی ($C_{٤۱}$) و در دسترس بودن مصالح ($C_{٤۲}$) دارای بیشترین اهمیت و زیرمعیار سهولت حمل و نقل ($C_{٤۳}$) دارای کم‌ترین اهمیت در انتخاب سیستم آبیاری بود.



شکل ٦- رتبه‌بندی کلی زیرمعیارها

براساس پرسش‌نامه پرشده توسط کارشناسان متخصص و با تجربه، بهترین امتیاز به زیرمعیارهای مؤثر در اجرای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار (بارانی و موضعی) و آبیاری سطحی جهت رتبه‌بندی سیستم‌ها و انتخاب بهترین سیستم از بین سیستم‌های موجود با توجه به جدول (۱) داده شد (جدول ۵). نتایج رتبه‌بندی در بین زیرمعیارها نشان داد که در بین روش‌های آبیاری موضعی، سیستم آبیاری از نوع تیپ به‌عنوان بهترین سیستم آبیاری انتخاب شد. به‌طوری که در بخش معیار فنی، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیارهای توپوگرافی، راندمان آبیاری، میزان آب دسترس و خودکارسازی و کمترین امتیاز مربوط به زیرمعیار یخبندان است.

جدول ۵- ارزش وزنی معیارها، زیرمعیارها و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری

معیار	زیر معیار	وزن معیار	وزن زیرمعیار	ثقلی - کرتی		بارانی – کلاسیک ثابت		موضعی - تیپ	
				امتیاز زیرمعیار	امتیاز وزنی	امتیاز زیرمعیار	امتیاز وزنی	امتیاز زیرمعیار	امتیاز وزنی
فنی (C_1)	کیفیت آب (C_{11})	۰/۰۹	۰/۲۴	۷	۰/۱۶	۳	۰/۰۷	۴	۰/۰۹
	کیفیت خاک (C_{12})		۰/۲۴	۵	۰/۱۱	۴	۰/۰۹	۴	۰/۰۹
	بادخیزی (C_{13})		۰/۰۵	۶	۰/۰۳	۳	۰/۰۱	۶	۰/۰۳
	یخبندان (C_{14})		۰/۰۶	۴	۰/۰۲	۵	۰/۰۳	۳	۰/۰۲
	توپوگرافی (C_{15})		۰/۱۰	۳	۰/۰۳	۷	۰/۰۶	۸	۰/۰۷
	راندمان آبیاری (C_{16})		۰/۰۹	۴	۰/۰۳	۶	۰/۰۵	۸	۰/۰۶
	نوع محصول (C_{17})		۰/۰۷	۷	۰/۰۴	۲	۰/۰۱	۴	۰/۰۲
	میزان آب در دسترس (C_{18})		۰/۱۳	۳	۰/۰۴	۶	۰/۰۷	۸	۰/۱۰
	خودکارسازی (C_{19})		۰/۰۲	۲	۰/۰۰	۶	۰/۰۱	۸	۰/۰۲
اجتماعی (C_2)	مهارت کشاورزان (C_{21})	۰/۱۹	۰/۲۵	۸	۰/۳۸	۳	۰/۱۴	۲	۰/۱۰
	مقبولیت در بین کشاورزان (C_{22})		۰/۳۸	۸	۰/۵۸	۲	۰/۱۴	۳	۰/۲۲
	قابلیت خرابکاری (C_{23})		۰/۰۷	۵	۰/۰۶	۴	۰/۰۵	۴	۰/۰۵
	مشارکت جامعه محلی (C_{24})		۰/۳۰	۸	۰/۴۶	۲	۰/۰۰	۳	۰/۱۷
اقتصادی (C_3)	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (C_{31})	۰/۰۹	۰/۱۴	۸	۰/۱۰	۵	۰/۰۶	۴	۰/۰۵
	هزینه بهره‌برداری و نگهداری (C_{32})		۰/۱۸	۸	۰/۱۲	۴	۰/۰۶	۲	۰/۰۳
	اشتغال (C_{33})		۰/۲۱	۷	۰/۱۳	۵	۰/۰۹	۴	۰/۰۷
	عمر مفید (C_{34})		۰/۲۵	۵	۰/۱۱	۳	۰/۰۶	۳	۰/۰۶
	هزینه‌های تأمین انرژی (C_{35})		۰/۰۷	۷	۰/۰۴	۲	۰/۰۱	۲	۰/۰۱
	افزایش در آمد (C_{36})		۰/۱۶	۳	۰/۰۴	۵	۰/۰۷	۸	۰/۱۲
اجرا (C_4)	سرعت عملیات اجرایی (C_{41})	۰/۰۴	۰/۳۵	۵	۰/۰۶	۴	۰/۰۵	۳	۰/۰۴
	در دسترس بودن مصالح (C_{42})		۰/۳۵	۵	۰/۰۶	۴	۰/۰۵	۴	۰/۰۵
	سهولت حمل و نقل (C_{43})		۰/۰۷	۶	۰/۰۱	۵	۰/۰۱	۵	۰/۰۱
	سهولت عملیات اجرایی (C_{44})		۰/۲۲	۶	۰/۰۵	۴	۰/۰۳	۴	۰/۰۳
بهره برداری (C_5)	سهولت بهره‌برداری (C_{51})	۰/۱۵	۰/۲۳	۷	۰/۲۳	۴	۰/۱۳	۳	۰/۱۰
	در دسترس بودن تجهیزات (C_{52})		۰/۱۱	۷	۰/۱۱	۳	۰/۰۵	۳	۰/۰۵
	امکان بهره‌برداری تدریجی (C_{53})		۰/۰۴	۵	۰/۰۳	۳	۰/۰۲	۳	۰/۰۲
	پایداری حقابه (C_{54})		۰/۴۴	۳	۰/۱۹	۶	۰/۳۹	۸	۰/۵۱
	سهولت نگهداری (تعمیرات) (C_{55})		۰/۱۸	۷	۰/۱۹	۳	۰/۰۸	۳	۰/۰۸
زیست‌محیطی (C_6)	میزان زهاب تولیدی (C_{61})	۰/۱۸	۰/۱۳	۲	۰/۰۵	۶	۰/۱۴	۸	۰/۱۸
	آلایندگی کود و سموم (C_{62})		۰/۲۷	۳	۰/۱۴	۵	۰/۲۳	۵	۰/۲۳
	تخریب زیست‌محیطی (C_{63})		۰/۶۱	۷	۰/۷۵	۴	۰/۴۳	۳	۰/۳۲
گردشگری (C_7)	زیبایی منظر (C_{71})	۰/۰۰	۰/۳۳	۸	۰/۷۲	۶	۰/۵۴	۳	۰/۲۷
	جذابیت گردشگری (C_{72})		۰/۶۷	۸	۱/۴۵	۶	۱/۰۹	۳	۰/۵۴
کل					۶/۵۳		۴/۳۴		۳/۸۲

در معیار اجتماعی، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیار قابلیت خرابکاری و کمترین امتیاز مربوط به زیرمعیار مهارت کشاورزان، در معیار اقتصادی، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیار افزایش درآمد و کمترین امتیاز مربوط به زیرمعیار هزینه بهره‌برداری و نگهداری، در

معیار اجرا، بیشترین و کمترین امتیاز به‌ترتیب مربوط به زیرمعیارهای سهولت حمل و نقل و سرعت عملیات اجرایی، در معیار بهره‌برداری، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیار پایداری حقابه و کمترین امتیاز متعلق به زیرمعیارهای سهولت بهره‌برداری، در دسترس بودن تجهیزات مورد نیاز، امکان بهره‌برداری تدریجی و سهولت نگهداری یا تعمیرات، در معیار زیست‌محیطی، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیار میزان زهاب تولیدی و کمترین امتیاز به زیرمعیار تخریب زیست-محیطی و همچنین در معیار گردشگری، زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذابیت گردشگری امتیاز برابر را به خود اختصاص دادند.

در بین روش‌های آبیاری بارانی، سیستم بارانی کلاسیک ثابت به عنوان بهترین نوع سیستم آبیاری انتخاب شد. به‌طوری در معیار فنی، زیرمعیارهای توپوگرافی به‌عنوان بیشترین امتیاز و زیرمعیار نوع محصول به‌عنوان کمترین امتیاز، در معیار اجتماعی، زیرمعیار قابلیت خرابکاری به‌عنوان بیشترین امتیاز و زیرمعیارهای مقبولیت در بین کشاورزان و مشارکت جامعه محلی به‌عنوان کمترین امتیاز انتخاب شدند. همچنین در معیار اقتصادی، زیرمعیارهای هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، اشتغال و افزایش درآمد بیشترین امتیاز و زیرمعیار هزینه تأمین انرژی کمترین امتیاز، در معیار اجرا، زیرمعیار سهولت حمل و نقل بیشرین امتیاز و زیرمعیارهای سرعت عملیات اجرایی، در دسترس بودن مصالح و سهولت عملیات اجرایی کمترین امتیاز، در معیار بهره‌برداری، زیرمعیار پایداری حقابه بیشترین امتیاز و زیرمعیارهای در دسترس بودن تجهیزات، امکان بهره‌برداری تدریجی و سهولت نگهداری یا تعمیرات کمترین امتیاز، در معیار زیست‌محیطی، زیرمعیار میزان زهاب اولیدی بیشترین امتیاز و زیرمعیار تخریب زیست‌محیطی کمترین امتیاز را به خود اختصاص دادند.

از طرفی در معیار گردشگری، زیرمعیار زیبایی منظره و جذابیت گردشگری امتیاز مساوی را کسب نمودند. همچنین در بین سیستم های آبیاری سطحی، سیستم آبیاری کرتی به‌عنوان بهترین نوع سیستم آبیاری انتخاب شد. در انتخاب این سیستم در بخش معیار فنی، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیارهای کیفیت آب و نوع محصول و کمترین امتیاز مربوط به زیرمعیار خودکارسازی، در معیار اجتماعی، بیشترین امتیاز متعلق به زیرمعیارهای مهارت کشاورزان، مقبولیت در بین کشاورزان و مشارکت جامعه محلی و کمترین امتیاز مربوط به قابلیت خرابکاری، در معیار اقتصادی، بیشترین امتیاز متعلق به زیرمعیارهای هزینه اولیه سرمایه‌گذاری و هزینه بهره‌برداری و نگهداری و کمترین امتیاز مربوط به افزایش درآمد، در معیار اجرا، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیارهای سهولت حمل و نقل و سهولت عملیات اجرایی و کمترین امتیاز متعلق به زیرمعیارهای سرعت عملیات اجرایی و در دسترس بودن مصالح، در معیار بهره‌برداری، بیشترین امتیاز مربوط به زیرمعیارهای سهولت بهره‌برداری، در دسترس بودن تجهیزات مورد نیاز، و سهولت نگهداری یا تعمیرات و کمترین امتیاز متعلق به پایداری حقابه، در معیار زیست‌محیطی، کم-ترین و بیشترین امتیاز به‌ترتیب متعلق به زیرمعیار تخریب زیست-محیطی و میزان زهاب تولیدی و در معیار گردشگری، زیرمعیارهای زیبایی منظر و جذابیت گردشگری امتیاز مساوی را به‌دست آورند. درنتیجه با توجه به امتیاز وزنی در بین این سه نوع سیستم آبیاری، سیستم آبیاری کرتی با امتیاز وزنی ۶/۵۳ به عنوان بهترین نوع سیستم آبیاری در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. همچنین سیستم-های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک ثابت و آبیاری موضعی از نوع تیپ به‌ترتیب با امتیازهای وزنی ۴/۳۴ و ۳/۸۲ به عنوان سیستم‌های جایگزین در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد شدند. در این راستا، نتایج این تحقیق با یافته‌های پژوهش دارانی و همکارن (۱۳۸۶) در خصوص انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌آبیاری مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در شناسایی بهترین روش آبیاری در اراضی حکم‌آباد شهر تبریز انجام شد. نتایج حاصل در مورد تعیین سیستم مناسب آبیاری نشان داد که آبیاری کرتی به عنوان بهترین سیستم آبیاری شناخته شد و همچنین این سیستم را می‌توان در تمامی اراضی محدودهٔ مورد مطالعه اجرا نمود. نتایج حاصل نشان‌دهنده تفاوت اندک بین انتخاب کشاورزان دارای سیستم آبیاری تحت‌فشار (بارانی و موضعی) و سیستم مناسب منطقه است. همچنین، مقایسه نتایج سیستم منتخب برای منطقه مورد مطالعه با کشاورزان دارای سیستم آبیاری سنتی نشان می‌دهد که تفاوت نسبتاً زیادی بین سیستم استفاده شده توسط کشاورزان و سیستم بهینه وجود دارد که دلایل انتخاب این گروه از کشاورزان به پذیرش و سازه‌های مؤثر آن بستگی دارد. یافته‌های تحقیق نشان دهنده آن است که با لحاظ نمودن معیارهای مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری و مشخص نمودن وزن آن‌ها در مقایسات زوجی، می‌توان تأثیر هر یک از معیارها را در انتخاب نوع سیستم آبیاری مورد ارزیابی قرار داد و اولویت‌های انتخاب نوع سیستم آبیاری را در منطقه مورد مطالعه مشخص نمود.

پی‌نوشت‌ها

1. Irrigation Technologies
2. Charles Burt's Scoring Method
3. Loam
4. Clay Loam

منابع

احمدی، ا.، هزارجریبی، ا.، قربانی، خ. و حسام، م. ۱۳۹۷. مکان‌یابی

نواحی میتعد اجرای سامانه‌های نوین آبیاری (موضعی-بارانی-کم فشار) با تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در GIS (مطالعه موردی: شهرستان اسفراین-خراسان شمالی). پژوهش‌های حفاضت آب و خاک. ۲۵(۵): ۸۷-۶۹.

پورغلام آمیجی، م.، حاجی‌راد، ا.، نایبی، ج.، علوی، س. ر.، نوذری، ف. و اکبرپور، م. ۱۴۰۳. ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش اول: از دیدگاه سامانه آبیاری و مدیریت آب). مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک. ۴(۱): ۱۸۹-۱۶۷.

رجا، ا.، میرزایی، ف.، پورغلام آمیجی، م.، هوشمند، م.، صالح، م. و بالوی، ف. ۱۳۹۹. ارزیابی پتانسیل توسعه آبیاری تحت‌فشار در دشت قزوین با روش تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان. مدیریت آب در کشاورزی. ۷(۲): ۱۵-۳۰.

رفیعی دارانی، ه.، بخشوده، م. و زیبایی، م. ۱۳۸۶. انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در استان اصفهان: کاربرد ماتریس معیارها، کارایی کیفی گزینه‌ها و برنامه‌ریزی چندمعیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۰(۱۱): ۳۹۹- ۴۰۸.

قره‌داغی، م.، معروف‌پور، ع.، بابایی، خ. و پاشازاده، م. ۱۳۹۰. کاربرد «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی» در انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار (مطالعه موردی: دشت دهگلان کردستان). علوم و مهندسی آبیاری، ۳۴(۲): ۱۰۵-۹۵.

مرادزاده، پ.، اوجاقلو، ح. و قبایی سوق، م. ۱۳۹۸. ارزیابی موقعیت سامانه‌های آبیاری اجرا شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت زنجان). آب و خاک. ۳۳(۴): ۵۷۸-۵۶۵.

نایبی، ج.، پورغلام آمیجی، م.، حاجی‌راد، ا.، علوی، س. ر.، نوذری، ف. و اکبرپور، م. ۱۴۰۱. ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش دوم: از دیدگاه مکانیزاسیون و مدیریت مزرعه). مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک. ۴(۱): ۲۱۱-۱۹۰.

نائینی، م.، لیاقت، ع. و نظری، ب. ۱۳۹۷. ارزیابی سامانه‌های آبیاری نخلستان‌های بوشهر و تعیین مناسب‌ترین سامانه با استفاده از روش AHP. مدیریت آب و آبیاری. ۸(۲): ۲۲۴-۲۱۲.

نیسی، ل.، الباجی، م. و برومندنسب، س. ۱۳۹۸. ارزیابی سیستم آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت ایذه). پژوهش آب ایران، ۱۳(۴): ۲-۱۷.

Ansari Ghojghar, M., Pourgholam-Amiji, M., Bazrafshan, J., Araghinejad, S., Liaghat, A. and Hosseini-Moghari, S. M. 2020. Performance Evaluation of Genetic Algorithm and GA-SA Hybrid Method in Forecasting Dust Storms (Case Study: Khuzestan Province). Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(10): 2623-2639.

Burt, C. M., Clemmens, A. J., Bliesner, R., Merriam, J. L. and Hardy, L. 2000. Selection of irrigation methods for agriculture. American Society of Civil Engineers.

Caswell, M. and Zilberman, D .1985. The choices of irrigation technologies in California. American Journal of Agricultural Economics, 67(2): 224-234.

Costa, D. S., Mamede, H. S. and da Silva, M. M. 2023. A method for selecting processes for automation with AHP and TOPSIS. Heliyon.z, J. M., Lloret, J., and Lorenz, P. 2020. IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. Sensors, 20(4), 1042.

Gavade, R. K. 2014. Multi-Criteria Decision Making: An overview of different selection problems and methods. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 5(4): 5643-5646.

Karami, E. 2006. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. Agricultural Systems. 87(1): 101-119.

Keller, J., and Bliesner, R. D .1990. Sprinkle and trickle irrigation (Vol. 3, No. 5, pp. 86-96). New York: Van Nostrand Reinhold.

Khorsandi, M., Omidi, T. and van Oel, P. 2023. Water-related limits to growth for agriculture in Iran. Heliyon, 9(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16132

Khoshravesh, M., Erfanian, F. and Pourgholam-Amiji, M. (2021). The Effect of Irrigation with Treated Magnetic Effluent on Yield and Yield Components of Maize. Water Management in Agriculture. 8(1): 115-128.

Madani, K .2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of Environmental Studies and Sciences. 4: 315-328.

Montazar, A. and Behbahani, S. M .2007. Development of an optimised irrigation system selection model using analytical hierarchy process. Biosystems Engineering. 98(2): 155-165.

Munier, N., and Hontoria, E .2021. Uses and Limitations of the AHP Method. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Neissi, L., Albaji, M. and Nasab, S. B .2020. Combination of GIS and AHP for site selection of pressurized irrigation systems in the Izeh plain, Iran. Agricultural Water Management. 231: 106004.

Ringuest, J. L. 2012. Multiobjective optimization: behavioral and computational considerations. Springer Science & Business Media.

Saaty, T. L .1984. The analytic hierarchy process: Decision making in complex environments. In

Quantitative assessment in arms control: mathematical modeling and simulation in the analysis of arms control problems (pp. 285-308). Boston, MA: Springer US.

Saaty, T.1980. The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. In Kobe, Japan (Vol. 1, p. 69).

Taherdoost, H. and Madanchian, M .2023. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. Encyclopedia, 3(1), 77-87.

Veisi, H., Deihimfard, R., Shahmohammadi, A. and Hydarzadeh, Y .2022. Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems. Agricultural Water Management. 267: 107619.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1215-1230

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۲۳۰-۱۲۱۵

Application of The Hierarchical Analysis Process (AHP) in identifying the best irrigation method (case study: Hokmabad lands of Tabriz City)

J. Nayebi[1*], H. Shantia[2], I. Hajirad[3], M. Pourgholam-Amiji[4*]

Recived: Sep.06, 2023 Accepted: Nov.18, 2023

Abstract

The irrigation system, as one of the main factors in the production of agricultural products, plays a significant role in improving crop yield and agricultural water productivity. It is natural that choosing the right type of irrigation system for each region and product is important. In the present study, we selected the best irrigation system in the agricultural lands of Hakkamabad, Tabriz City, from the Hierarchical Analysis Process (AHP) among all types of rain irrigation systems, including fixed classic, manual displacement, wheeled, pulley, and central rotary, linear, and other systems. Local irrigation, including tip, drip, fogger, and low-pressure bubbler, and surface irrigation systems, including flood irrigation, spot irrigation, strip irrigation, mechanized leakage, and leakage, were used. In this study, technical, social, economic, operational, environmental, and agricultural tourism criteria were used to select the most appropriate irrigation system for the study area. The results of the hierarchical analysis process showed that among the selected criteria and sub-criteria, the agricultural tourism criterion and tourism attractiveness sub-criterion had the most influence, while the technical criterion and automation possibility sub-criterion had the least influence on choosing the type of irrigation system. In this study, the Kirti irrigation system, with a score of 6.53, was chosen as the best option for the study area. Among the rain irrigation methods, a fixed classical system with a score of 4.34 and, among local methods, a tip system with a score of 3.82 were considered as another option for agricultural lands in Hakkamabad, Tabriz City.

Keywords: Agricultural Tourism, Environment, Irrigation Systems, Tabriz City.

1- Senior Expert, Department of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
2- Chairman of the Board, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
3- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*Corresponding Author: Mpourgholam6@ut.ac.ir)