

تعیین تناسب اراضی از نظر کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای با استفاده از روش AHP در دشت زنجان-سلطانیه

پیمان مرادزاده^۱، حسن اوجاقلو^{۲*}، محمد قبائی سوق^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲

چکیده

مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی منجر به کاهش منابع آب تجدید پذیر در ایران شده است. توسعه و مدیریت همزمان سامانه‌های نوین آبیاری یکی از راهکارهای مهم در جهت کاهش مصرف آب کشاورزی محسوب می‌گردد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP)، محدوده اراضی مستعد به منظور کاربرد آبیاری قطره‌ای در دشت زنجان تهیه شد. بدین منظور معیارهای انتخاب سامانه آبیاری قطره‌ای شامل خصوصیات کیفی آب، خصوصیات کمی و کیفی خاک، توپوگرافی، عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی با استفاده از فرآیند AHP مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نقشه‌های مکان‌یابی تهیه شده، حدود ۴۵ درصد از اراضی محدوده مورد مطالعه در کلاس‌های مناسب و کاملاً مناسب، ۲۵ درصد در کلاس متوسط و ۳۰ درصد در کلاس نامناسب از نظر قابلیت اجرای آبیاری قطره‌ای طبقه‌بندی شدند. بررسی موقعیت طرح‌های اجرا شده نشان داد، ۷۹ درصد از طرح‌ها در اراضی با کلاس مناسب و یا کاملاً مناسب و ۲۱ درصد در اراضی با کلاس متوسط و یا نامناسب اجرا شده اند. بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از روش AHP در انتخاب صحیح یک سامانه آبیاری با لحاظ نمودن معیارهای موثر می‌تواند مفید واقع گردد.

واژه‌های کلیدی: امکان‌سنجی، نقشه پهنه‌بندی، شاخص اشباع لانتزیر، طبقه‌بندی

مقدمه

محصول، شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی منطقه می‌باشد. مقادیر مربوط به هر کدام از این پارامترها در سطح یک منطقه متفاوت بوده و لذا بررسی تغییرات مکانی از طریق تهیه نقشه‌های پهنه بندی ضروری است. برای این منظور می‌توان از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) کمک گرفت (فرهادی بانسوله و همکاران، ۱۳۹۶). تعیین و شناسایی مکان‌های مناسب اراضی از نظر نوع روش آبیاری که سازگار با شرایط موجود منطقه باشد یکی از گام‌های اولیه و در عین حال اساسی در مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی به شمار می‌رود. البته به شرطی که انتخاب، طراحی و اجرای سامانه آبیاری با دقت کافی و به طور اصولی انجام گیرد (Sedghkia et al., 2015). روش‌های مختلفی در پژوهش‌های مرتبط با موضوع مکان‌یابی و اولویت بندی توسعه و مورد ارزیابی قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های پارامتریک، شبیه بولین، تحلیل شبکه‌ای، تاپسیس، تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل سلسله مراتبی فازی اشاره داشت. روش‌های اشاره شده با یکدیگر تفاوت‌های زیادی دارند و هر کدام از مدل‌ها دارای نقاط قوت و ضعف هستند. روش تحلیل سلسله مراتبی AHP^۴ اولین بار توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این

آب منبع مهمی برای جامعه بشری است و حفاظت از این منابع طبیعی به طور مؤثر تبدیل به یکی از چالش‌های اصلی این قرن شده است. با توجه به مصرف قابل توجه آب در بخش کشاورزی ضروری است اقدامات اساسی به منظور مصرف بهینه آب در این بخش صورت پذیرد. یکی از مهم‌ترین راهکارها افزایش راندمان آبیاری از طریق اصلاح و بهبود سامانه‌های آبیاری می‌باشد. در اولین گام انتخاب صحیح سامانه آبیاری متناسب با شرایط هر منطقه امری ضروری است. انتخاب سامانه آبیاری تحت تاثیر عوامل متعدد می‌باشد که ممکن است در مناطق مختلف متفاوت باشند. مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر انتخاب یک سامانه آبیاری، مشخصات اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، خصوصیات فیزیکی خاک، کمیت و کیفیت آب، نوع

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زنجان

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه زنجان

۳- دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی و کارشناس شرکت مدیریت منابع آب ایران

(Email: ojaghlou@znu.ac.ir)

(*- نویسنده مسئول)

روش یک نمایش گرافیکی ساده از مسأله پیچیده واقعی است که در رأس آن هدف کلی و در سطوح بعدی معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها قرار دارد به طوری که معیارهای کمی و کیفی را به طور هم زمان در نظر می‌گیرد. (قدوسی‌پور، ۱۳۹۲). در ادامه به مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با مکان‌یابی اراضی مستعد به منظور اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای با استفاده از فرآیند AHP در ایران و جهان پرداخته شده است. نشاط و نیک‌پور (۱۳۹۰) با استفاده از نرم افزار GIS و بکارگیری شبیه مکان یابی بولین مناطق مناسب اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار را در دشت کرمان شناسایی نمودند. حدود ۲۵ درصد از اراضی مستعد اجرای آبیاری قطره‌ای تعیین شد. شوری آب و توپوگرافی به عنوان مهم‌ترین عوامل محدود کننده اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در دشت مذکور شناخته شد. قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۲) با بکارگیری فرایند AHP بیان داشتند محدودیت جدی از نظر اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شبکه آبیاری و زهکشی باباخان واقع در شهرستان بیجار استان کردستان وجود ندارد. رمزی و همکاران (۱۳۹۳) تناسب اراضی به منظور اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای در استان خراسان جنوبی را با استفاده از فرایند AHP مورد مطالعه قرار داده و شاخص کیفی اسیدیته آب را مهم‌ترین عامل محدود کننده گزارش نمودند. چراغی‌زاده و شاه‌نظری (۱۳۹۵) اراضی مستعد اجرای سامانه آبیاری موضعی را با استفاده از ارزیابی خصوصیات آب و خاک برای شهرستان‌های بابل و بابلسر مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج بدست آمده، ملاحظات پیشگیری به منظور جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها با توجه به بالا بودن کربنات کلسیم باقی مانده از قبیل اسیدشویی ضروری خواهد بود. آزاد و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) اراضی مستعد اجرای آبیاری سطحی و تحت فشار را در دشت میاندوآب مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نقشه‌های پهنه بندی تهیه شده، ۵۱/۸۹ درصد از مساحت کل دشت به دلیل بالا بودن خطر رسوب‌گذاری آب در گسیلنده‌ها (نتایج بررسی شاخص اشباع لانژلیر^۱) مناسب اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نمی‌باشد. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) ضمن تعیین نواحی مستعد به منظور اجرای سامانه‌های آبیاری نوین (موضعی، کم فشار و بارانی) در شهرستان اسفرین خراسان شمالی گزارش نمودند، تهیه نقشه مکانی اراضی مستعد اجرای روش‌های آبیاری نوین متناسب با هر منطقه ضروری است. حسینی (۱۳۹۷) تناسب اراضی جهت کاربرد آبیاری قطره‌ای و بارانی را با استفاده از سامانه استنتاج فازی در شبکه آبیاری دشت فتحعلی مغان مورد ارزیابی قرار داد. در نظر گرفتن تغییرات تدریجی پارامترهای خاک در ارزیابی به روش فازی موجب افزایش دقت نسبت به روش پارامتریک

غیرفازی در تعیین قابلیت اراضی می‌گردد. همچنین مقایسه روش‌های ارزیابی پارامتریک و فازی نشان داد، نتایج روش فازی دارای دقت قابل بیشتری نسبت به روش ارزیابی پارامتریک بوده و به شرایط واقعی نزدیک‌تر است. دنگیز روش‌های مختلف آبیاری را با استفاده از روش ارزیابی پارامتریک در جنوب آنکارا مورد ارزیابی قرار داد. نتایج وی نشان داد، روش ارزیابی پارامتریک دارای عملکرد قابل قبول در طبقه‌بندی اراضی از نظر قابلیت کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری می‌باشد (Dengiz, 2006). در پژوهش دیگری قابلیت کاربرد روش‌های مختلف آبیاری با استفاده از سامانه ارزیابی پارامتریک در ۳۵۷۵ هکتار از اراضی دشت لالی واقع در استان خوزستان مطالعه شد. بیشتر اراضی مناسب اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای بوده و در برخی نقاط کربنات کلسیم و بافت خاک به عنوان عوامل محدود کننده تعیین شد (Naseri et al., 2009). تناسب اراضی برای دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی در شیرین‌آباد شوشتر واقع در خوزستان با استفاده از سامانه ارزیابی پارامتریک بررسی و مشخص گردید که ۹۰/۸ درصد از اراضی برای روش آبیاری قطره‌ای مناسب می‌باشد. علاوه بر این مهم‌ترین عامل محدود کننده برای استفاده از این روش آبیاری، شوری و قلیات خاک گزارش شد (Gholami and Delavari, 2012). الباجی و همکاران از روش ارزیابی پارامتریک به منظور بررسی تناسب سامانه‌های مختلف آبیاری در دشت جیزان استفاده نمودند. قابلیت زهکشی اراضی و میزان کربنات کلسیم خاک به عنوان مهم‌ترین عوامل محدوده کننده در اجرای آبیاری قطره‌ای شناخته شد. با این وجود روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌های آبیاری دارای کمترین محدودیت بود (Albaji et al., 2014). سیدمحمدی به ارزیابی تناسب زمین و مدیریت بهینه مصرف آب در کشاورزی دقیق بر اساس ارزیابی پارامتریک در ۴۱۲۰۰ هکتار از اراضی گیلان پرداخت. نتایج نشان داد، سامانه آبیاری قطره‌ای مؤثرتر و کارآمدتر از روش آبیاری سطحی و بارانی می‌باشد. عامل محدود کننده روش‌های آبیاری در این منطقه زهکشی و بافت خاک شناخته شد (Seyedmohammadi et al., 2016). در خصوص مقایسه روش‌های مکان‌یابی نیز پژوهش‌هایی انجام گرفته است. حمزه و همکاران روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی با الگوریتم فازی و همچنین روش استاندارد فائو را در تعیین اراضی مناسب به منظور کشت محصول جو در جنوب غربی ایران مورد ارزیابی و مقایسه قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل شده، روش AHP دارای دقت بیشتری نسبت به روش استاندارد فائو می‌باشد (Hamzeh et al., 2014). در تحقیقی عملکرد روش‌های منطق بولین، روش همپوشانی و منطق فازی در مکان‌یابی مناطق مستعد به منظور تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت روش منطق فازی به عنوان ابزاری ساده‌تر و سودمندتر در مقایسه با دو روش دیگر معرفی شد (مهدوی و اخوان، ۱۳۹۷). بررسی نتایج

بارش، دما و رطوبت سالیانه در محدوده مورد مطالعه به ترتیب ۲۵۹ میلی‌متر، ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد و ۵۴ درصد می‌باشد. نوع اقلیم دشت زنجان بر اساس طبقه‌بندی دوماتن نیمه خشک فرا سرد می‌باشد.

معیارهای مورد بررسی جهت تعیین قابلیت اراضی از نظر اجرای آبیاری قطره‌ای

در پژوهش حاضر تمامی معیارهای مهم و اثرگذار بر انتخاب سامانه آبیاری قطره‌ای شامل عوامل کیفی آب، خصوصیات کمی و کیفی خاک، توپوگرافی اراضی و معیارهای اقتصادی، اجتماعی و امکانات بهره‌برداری بر اساس رهنمودهای ارائه شده توسط علیزاده (۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی، ابتدا داده‌های مربوط به بیش از ۲۰۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه و قنات از شرکت آب منطقه‌ای و همچنین مدیریت آب و خاک جهاد کشاورزی زنجان اخذ گردید. سپس تغییرات مکانی پنج شاخص کیفی آب شامل: هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، مجموع کربنات کلسیم و بی‌کربنات (HCO_3)، نسبت جذب سدیم (SAR) و شاخص اشباع لانتیلر (LSI) به منظور بررسی خطر پتانسیل گرفتگی گسیلنده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شاخص اشباع لانتیلر بر اساس اختلاف اسیدیته آب (pH) و اسیدیته اصلاح شده (pH_c) بدست می‌آید. اگر LSI مثبت باشد خطر رسوبات کربنات کلسیم و کربنات منیزیم در گسیلنده‌ها وجود خواهد داشت. نمایه لانتیلر از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_c \quad (1)$$

در رابطه فوق، pH اسیدیته واقعی آب، pH_c اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب می‌باشد که از رابطه (۲) قابل محاسبه خواهد بود.

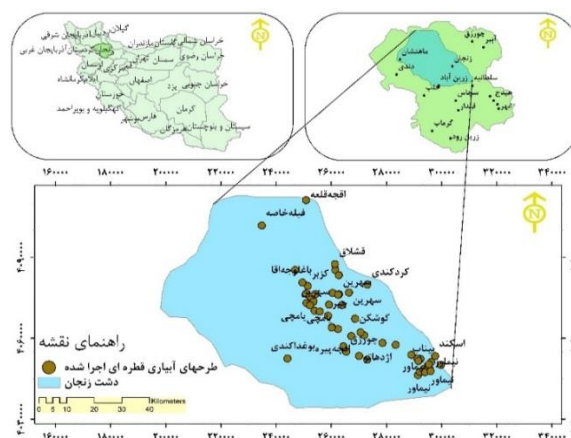
$$\text{pH}_c = \text{P} (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) + \text{P} (\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{P} (\text{Co}_3 + \text{Hco}_3) \quad (2)$$

مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد نتایج بدست آمده از روش AHP کاربردی‌تر بوده و دارای برتری نسبت به سایر روش‌های موجود نظیر فازی می‌باشد (Kardan Moghaddam et al., 2014). باقرزاده و پایمار تناسب اراضی از نظر نوع روش‌های آبیاری را با استفاده از روش فازی و پارامتریک در دشت مشهد مورد مطالعه قرار دادند. در ارزیابی اراضی با استفاده از منطق فازی، مساحت اراضی مناسب برای آبیاری قطره‌ای تقریباً شش برابر روش سطحی محاسبه شد. از نظر قابلیت اجرای روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، تمام اراضی در کلاس‌های بسیار مناسب و مناسب طبقه بندی شدند (Bagherzadeh and paymar., 2015). هدف اصلی این پژوهش شناسایی مکان‌های مناسب به منظور اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای با در نظر گرفتن تمامی معیارهای موثر شامل عوامل کیفی آب، خصوصیات کمی و کیفی خاک، توپوگرافی و عوامل اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی می‌باشد. اثر هر کدام از عوامل ذکر شده از طریق ایجاد و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد بررسی و در نهایت مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای استخراج شد. همچنین موقعیت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در دشت زنجان با توجه به نقشه نهایی تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت که در مقایسه با پژوهش‌های انجام شده برای اولین بار انجام می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه شامل محدوده‌ای به مساحت حدود ۴۷۰۵ کیلومتر مربع واقع در دشت زنجان - سلطانیه و در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. میانگین ارتفاع دشت در حدود ۱۶۵۹ متر می‌باشد (شکل ۱). میانگین



شکل ۱ - نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (دشت زنجان)

در رابطه بالا، $P(Ca+Mg+Na+K)$ نمایه کاتیون‌های آب است و بستگی به مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در آب دارد. مقدار $P(Ca+Mg)$ نیز نمایه کلسیم و منیزیم است و بستگی به مجموع غلظت کلسیم و منیزیم آب دارد. به همین طریق $P(Co3+Hco3)$ نمایه کربنات و بی‌کربنات یا همان مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات موجود در آب می‌باشد.

خصوصیات خاک: به منظور تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، اطلاعات نفوذپذیری خاک، شوری و اسیدیته مربوط به تعداد ۱۰۵ نمونه خاک از اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان اخذ گردید. به منظور تهیه نقشه شیب اراضی نیز از نقشه رقوم ارتفاعی (DEM) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در نرم افزار ArcGIS استفاده شد.

عوامل اقتصادی، اجتماعی و امکانات بهره‌برداری: مهم‌ترین

معیارهای اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شامل امکانات بهره‌برداری و نگهداری، نیروی کار، هزینه و فرهنگ بود. اطلاعات لازم در این خصوص از طریق مصاحبه با بیش از ۶۰ نفر از کشاورزان در نقاط مختلف دشت زنجان و تکمیل پرسش‌نامه‌های تنظیم شده جمع‌آوری شد. به هر کدام از معیارهای اشاره شده امتیاز ۱ تا ۹ با توجه به محدوده‌های تعیین شده مطابق جداول ۱ تا ۴ اختصاص داده شد. مطابق جداول، امتیاز یک نشان دهنده وضعیت نامناسب از نظر قابلیت اجرای آبیاری قطره‌ای می‌باشد و به همین ترتیب امتیاز ۲ نشان دهنده کلاس خیلی بد، امتیاز ۳ (کلاس بد)، امتیاز ۴ (کلاس نسبتاً بد)، امتیاز ۵ (کلاس متوسط)، امتیاز ۶ (کلاس نسبتاً خوب)، امتیاز ۷ (کلاس خوب)، امتیاز ۸ (کلاس مناسب) و امتیاز ۹ (کلاس کاملاً مناسب) می‌باشد. مبنای امتیازدهی به هر کدام از معیارها، استاندارد ارائه شده توسط فائو (FAO, 1994) و جداول توصیه شده توسط علیزاده (۱۳۸۵) می‌باشد.

جدول ۱- امتیازدهی به سامانه آبیاری قطره‌ای در ارتباط با عوامل کیفیت آب

ردیف	پارامتر جزئی (واحد)	محدوده تغییرات	امتیاز
۱	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	کمتر از ۵۰۰	۹
۲		۵۰۰-۱۰۰۰	۸
۳		۱۰۰۰-۱۵۰۰	۷
۴		۱۵۰۰-۲۰۰۰	۶
۵		۲۰۰۰-۳۰۰۰	۴
۶		۳۰۰۰-۴۰۰۰	۲
۷		بیشتر از ۴۰۰	۱
۸	بی‌کربنات (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کمتر از ۳	۵
۹		۳-۱۰	۴
۱۰		۱۰-۲۰	۳
۱۱		۲۰-۳۰	۲
۱۲		بیشتر از ۳۰	۱
۱۳	نسبت جذب سدیم (درصد)	کمتر از ۳	۹
۱۴		۳-۶	۸
۱۵		۶-۱۲	۷
۱۵		۱۲-۲۰	۵
۱۶		۲۰-۳۰	۳
۱۷		بیشتر از ۳۰	۱
۱۸	اسیدیته	۶/۰-۶/۵	۹
۱۹		۶/۵-۷/۰	۸
۲۰		۷/۰-۸	۷
۲۱		۸-۸/۵	۴
۲۲	شاخص لانتزلیر (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	کمتر از ۰/۵	۹
۲۳		۰ تا ۰/۵	۸
۲۴		۰ تا ۰/۵	۵
۲۵		بیشتر از ۰/۵	۱

جدول ۲- امتیازدهی به سامانه آبیاری قطره‌ای در ارتباط با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

ردیف	پارامتر جزئی (واحد)	محدوده تغییرات	امتیاز
۱		۱-۲/۵	۱
۲	نفوذپذیری (میلی‌متر بر ساعت)	۲/۵-۴	۴
۳		۴-۵۰	۶
۴		۵۰-۱۲۰	۸
۵		بیش از ۱۲۰	۹
۸	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۰-۲	۹
۹		۲-۴	۷
۱۰		بیشتر از ۴	۳
۱۲		۶/۰-۶/۵	۹
۱۳	اسیدیته	۶/۵-۷/۰	۸
۱۴		۷/۰-۸	۷
۱۵		۸-۸/۵	۴

جدول ۳- امتیازدهی به سامانه آبیاری قطره‌ای در ارتباط با توپوگرافی

ردیف	پارامتر جزئی شیب (درصد)	امتیاز
۱	۰-۲	۹
۲	۲-۵	۸
۳	۵-۱۰	۷
۴	۱۰-۲۰	۵
۵	۲۰-۳۰	۲
۶	بیشتر از ۳۰	۱

جدول ۴- امتیازدهی به سامانه آبیاری قطره‌ای در ارتباط با عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی

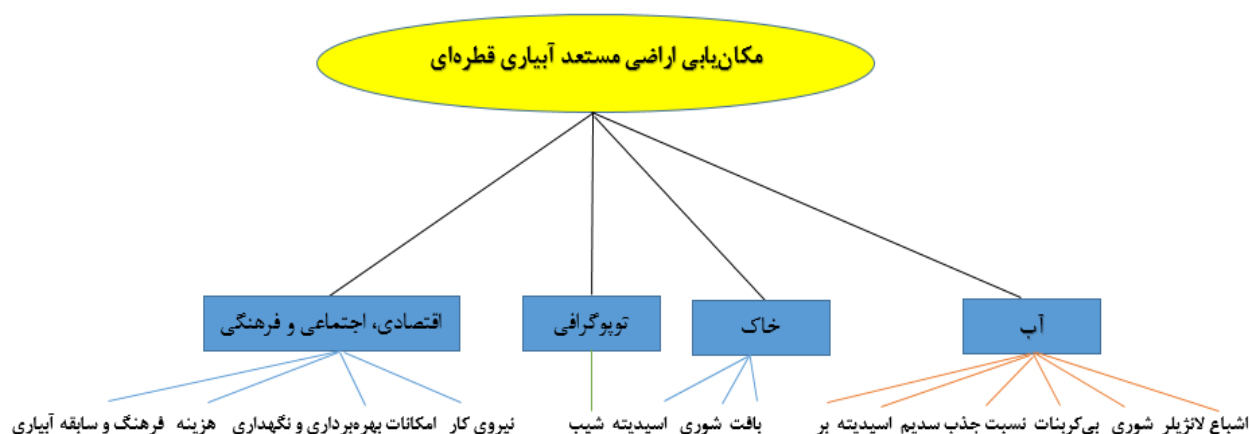
ردیف	پارامتر جزئی	پارامتر جزئی	امتیاز
۱	عوامل فرهنگی و اجتماعی	سابقه آبیاری تحت فشار و زمینه‌های فرهنگی مساعد وجود ندارد	۱
۲		سابقه آبیاری تحت فشار وجود ندارد ولی زمینه‌های فرهنگی مساعد است	۵
۳		سابقه آبیاری تحت فشار وجود دارد و زمینه‌های فرهنگی مساعد است	۹
۴		در حال حاضر در منطقه آبیاری تحت فشار وجود دارد	۹
۵	نیروی کار	نیروی ماهر و متخصص در منطقه وجود ندارد	۱
۶		نیروی ماهر و متخصص در منطقه وجود دارد یا تامین می‌شود	۹
۷		نیروی نیمه ماهر و کارگری در منطقه وجود ندارد	۳
۸		نیروی نیمه ماهر و کارگری در منطقه وجود دارد	۷
۹	امکانات بهره‌برداری و نگهداری	منطقه مورد نظر دور افتاده و محروم است	۱
۱۰		منطقه طرح قابل دسترسی و دارای امکانات است	۹
۱۱		خدمات تعمیرات و لوازم یدکی قابل تامین است	۹
۱۲		خدمات تعمیرات و لوازم یدکی محدودیت دارد	۳

بندی شده عوامل مؤثر در آبیاری قطره‌ای استفاده شده است. اساس این روش مقایسه زوجی متغیرها می‌باشد که در شکل ۲ نمودار تحلیل سلسه مراتبی شامل هدف اصلی در سطح اول، معیارها در سطح دوم و زیرمعیارها در سطح سوم به صورت گرافیکی نشان داده شده است.

البته لازم به ذکر است در این تحقیق تعداد کلاس‌های در نظر گرفته شده برای هر کدام از معیارها افزایش یافته است.

فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP)

در این پژوهش از فرایند AHP برای همپوشانی نقشه‌های طبقه



شکل ۲- نمودار درخت سلسله مراتبی در رابطه با مکان‌یابی اراضی مستعد آبیاری قطره‌ای

محدودیت ایجاد می‌کند که عمدتاً در قسمت شمال غربی دشت واقع شده است. با توجه به اینکه شاخص لانژیلر بیشترین وزن را در بین زیرمعیارهای کیفی آب به خود اختصاص داده بود، لذا مقدار این شاخص در تعیین کلاس اراضی از نظر کیفیت آب بیشترین اثرگذاری را داشت. با وجود اهمیت بالای این شاخص در انتخاب و عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، در مطالعات قبلی انجام گرفته در خصوص مکان‌یابی اراضی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به طور کلی می‌توان بیان داشت در بیش از ۸۵ درصد از اراضی محدوده مورد مطالعه محدودیت جدی از نظر کیفیت آب وجود ندارد. نقشه پهنه‌بندی تهیه شده از عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک نشان می‌دهد حدود ۴۴ درصد از اراضی دشت در کلاس کاملاً مناسب، ۲۲ درصد در کلاس مناسب، ۳۰ درصد در کلاس متوسط و ۴ درصد در کلاس نامناسب قرار دارند. نتایج مقایسات زوجی نشان داد، در بین عوامل مربوط به خاک پارامتر شوری بیشترین وزن و اهمیت را در تعیین کلاس خاک از نظر قابلیت اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای دارد. در رابطه با معیار توپوگرافی می‌توان بیان داشت، اراضی دشت زنجان از این نظر در شرایط نسبتاً مطلوبی قرار داشته به طوری که حدود ۴۲ و ۴۳ درصد از اراضی دشت در کلاس کاملاً مناسب و مناسب طبقه‌بندی شده‌اند. بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی در محدوده مورد مطالعه دارای شیب کم‌تر از ۱۰ درصد بوده که مناسب برای اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای می‌باشد.

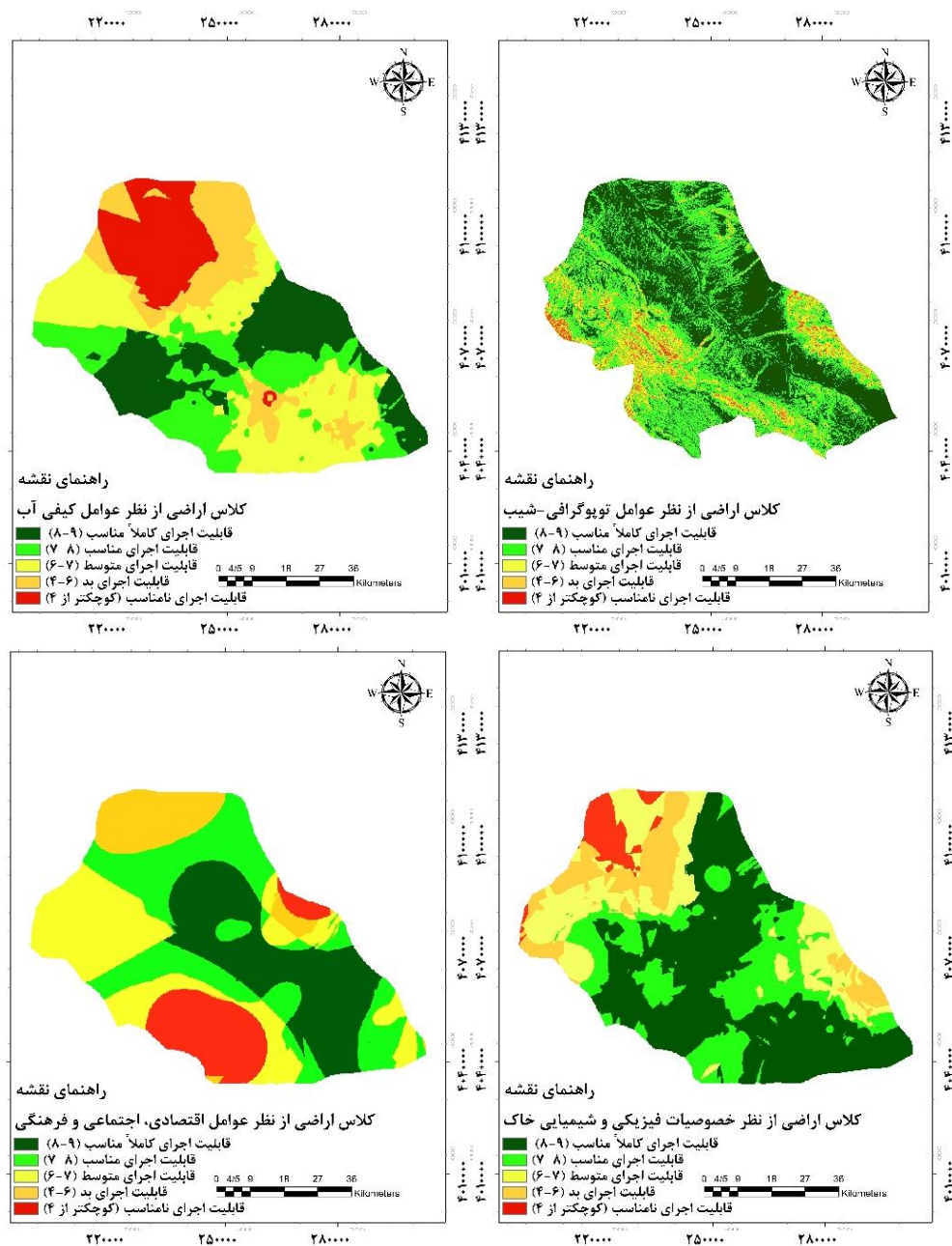
بر اساس معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر قابلیت اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای، پرسش‌نامه‌هایی تنظیم شد که در آن به بررسی و مقایسه زوجی تمام آن‌ها مطابق جدول ۵ پرداخته شد. این پرسش‌نامه‌ها در اختیار کارشناسان و صاحب‌نظران آبیاری تحت فشار قرار داده شد. نتایج مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت وزن هر کدام از معیارها و زیرمعیارها با توجه به امتیازات کسب شده در افزونه AHP و در محیط نرم‌افزار ArcGIS محاسبه گردید. مقایسات انجام گرفته زمانی مورد قبول است که نرخ سازگاری کم‌تر از ۰/۱ باشد.

نتایج و بحث

نقشه‌های پهنه‌بندی چهار معیار اصلی کیفیت آب، خصوصیات خاک، توپوگرافی و عوامل فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی در شکل ۳ نشان داده شده است. هر کدام از این نقشه‌ها از همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به زیر معیارهای مختص خود تهیه شده‌اند. مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر طبقه‌بندی اراضی از نظر کیفیت آب به ترتیب شامل پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها (شاخص لانژیلر)، شوری، اسیدیته و SAR بود. مطابق شکل ۳ ملاحظه می‌گردد، از نظر کیفیت منابع آب موجود در محدوده دشت زنجان، ۲۳ درصد از اراضی دشت در کلاس کاملاً مناسب و ۲۰ درصد در کلاس مناسب از نظر قابلیت اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای قرار گرفته است. تنها ۱۳ درصد در کلاس نامناسب بوده و برای اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

جدول ۵- مقیاس انجام مقایسه‌های زوجی

درجه اهمیت	۱	۳	۵	۷	۹	۲، ۴، ۶ و ۸
تعریف	اهمیت مساوی	اهمیت اندکی بیشتر	اهمیت بیشتر	اهمیت خیلی بیشتر	اهمیت مطلق	ترجیحات بین فواصل فوق



شکل ۳- نقشه‌های پهنه‌بندی معیارها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد، به عبارت دیگر معیار وزن‌دهی به هر واحد اطلاعاتی نیز بر اساس میزان نقشی است که در داخل آن لایه ایفا می‌کند (Saaty, 1996). در جدول ۶ مقادیر مربوط به وزن‌های محاسبه شده هر کدام از معیارهای اصلی آورده شده است. مطابق جدول ۶ ملاحظه می‌گردد، معیار کیفیت آب و به طور مشخص عامل شاخص لائزیر با وزن 0.325 بیشترین وزن و اهمیت را به خود اختصاص داده است و به عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار بر انتخاب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شناخته شد. معیارهای

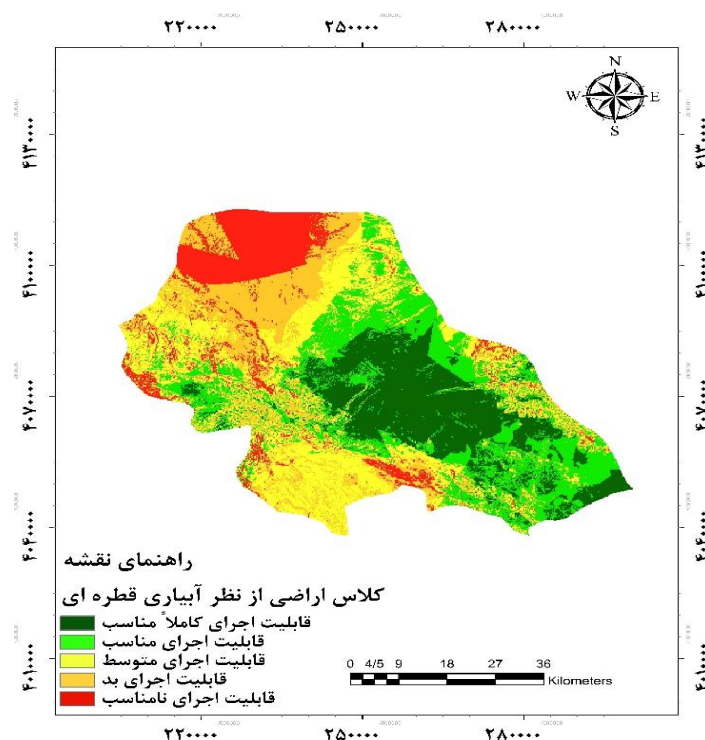
بررسی نقشه طبقه‌بندی عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در اراضی محدوده مورد مطالعه نشان داد، بیش از ۸۰ درصد محدوده از نظر این معیار در کلاس ۶-۷ قرار گرفته‌اند و به عبارتی برای پذیرش و اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای مناسب بوده و یا حداقل محدودیت خاصی از این نظر وجود ندارد. در حدود ۱۲ درصد از مناطق دشت، اجرای آبیاری قطره‌ای از نظر معیارهای اجتماعی و اقتصادی نامناسب ارزیابی شد که عمدتاً به دلیل عدم وجود سابقه آبیاری تحت فشار در این مناطق بود. در فرآیند AHP بیشترین وزن به معیاری

و سپس همپوشانی نقشه‌های وزن‌دهی شده تهیه شد (شکل ۴). در نقشه تهیه شده، اراضی دشت زنجان در پنج کلاس کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، بد و نامناسب طبقه‌بندی شد. درصد مساحت هر کدام از این کلاس‌ها در جدول ۷ آورده شده است. مطابق نقشه تهیه شده ملاحظه می‌گردد اراضی واقع در ناحیه شمالی دشت از امتیاز کم‌تری برخوردار می‌باشند و اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در این بخش از محدوده توصیه نمی‌گردد. در این بخش از محدوده مشکل جدی از نظر کیفیت آب و همچنین تا حدودی خاک وجود دارد. بالا بودن کربنات کلسیم و تا حدودی شوری آب به دلیل کیفیت پایین رودخانه قزل‌اوزن منجر به پایین آمدن امتیاز کیفیت آب شده است. در نهایت حدود ۴۵ درصد از اراضی دشت در وضعیت مناسب و یا کاملاً مناسب، حدود ۲۵ درصد در وضعیت متوسط و ۳۰ درصد نیز در وضعیت نامناسب از نظر کاربرد آبیاری قطره‌ای شناخته شد.

توپوگرافی و عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم از نظر ایجاد محدودیت برای اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای قرار گرفتند. در مطالعات پیشین نیز وزن و اهمیت بالای کیفیت آب در مکان‌یابی اراضی مستعد به منظور اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای گزارش شده است (رمزی و همکاران، ۱۳۹۳). اهمیت برخی از معیارها تحت تاثیر شرایط منطقه مورد مطالعه نیز می‌باشد. به عنوان مثال در تحقیق حاضر وزن و اهمیت مربوط به معیارهای اجتماعی و اقتصادی نسبت به سایر معیارها کم بود در حالی که این معیار می‌تواند در منطقه دیگر به دلیل شرایط خاص فرهنگی اهمیت بیشتری را به خود اختصاص دهد. میزان ضریب نرخ سازگاری سازگاری ۰/۰۷ به دست آمد که از ۰/۱ کوچک‌تر است و بیان‌کننده سازگار بودن ماتریس مقایسات زوجی می‌باشد. نقشه مربوط به اراضی مستعد به منظور اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای از حاصل ضرب وزن‌های بدست آمده در نقشه‌های طبقه‌بندی شده هر کدام از معیارها

جدول ۶- مقدار وزن معیار اصلی مؤثر در آبیاری بارانی

وزن	معیار
۰/۳۲۶	کیفیت آب
۰/۳۱۱	توپوگرافی
۰/۱۵۳	عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی
۰/۲۱۱	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

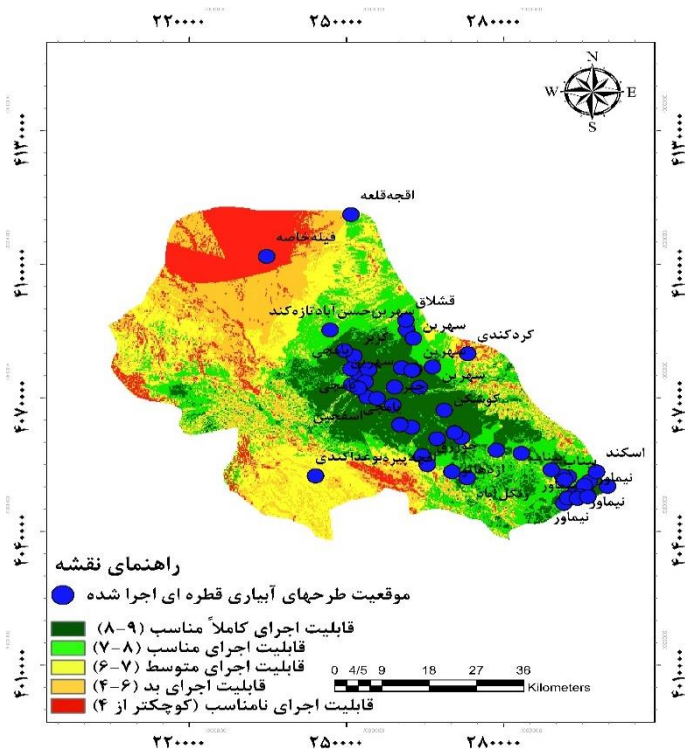


شکل ۴- نقشه نهایی مکان‌یابی آبیاری قطره‌ای با روش AHP در دشت زنجان

به منظور ارزیابی طرح‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده از نظر دارا بودن تناسب با اراضی دشت مورد مطالعه، موقعیت ۶۰ باغ مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای واقع در دشت زنجان از سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان اخذ و در نقشه نهایی جانمایی شد (شکل ۵). مطابق نقشه نشان داده شده ملاحظه می‌گردد ۵۸ درصد طرح‌های اجرا شده در اراضی با قابلیت اجرای کاملاً مناسب، ۲۱ درصد در محدوده اراضی با قابلیت اجرای مناسب، ۱۰ درصد در محدوده اراضی با قابلیت اجرای متوسط، ۹ درصد در محدوده اراضی با قابلیت اجرای بد و ۵ درصد در محدوده اراضی با قابلیت اجرای نامناسب واقع شده‌اند (جدول ۸). کیفیت آب و شیب به عنوان مهم‌ترین عوامل محدود

جدول ۷- مساحت‌های پیشنهادی در کلاس‌های مختلف به منظور اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای در دشت زنجان

درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	کلاس
۲۱	۸۴۸	مناطق قابلیت اجرای کاملاً مناسب
۲۴	۹۷۱	مناطق قابلیت اجرای مناسب
۲۵	۱۰۲۳	مناطق قابلیت اجرای متوسط
۲۰	۷۹۸	مناطق قابلیت اجرای بد
۱۰	۵۱۳	مناطق قابلیت اجرای نامناسب



شکل ۵- ارزیابی موقعیت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده با استفاده از AHP در دشت زنجان

جدول ۸- طرح‌های اجرا شده برای سامانه آبیاری قطره‌ای در دشت زنجان

کلاس	تعداد	درصد
مناطق قابلیت اجرای کاملاً مناسب	۳۵	۵۸
مناطق قابلیت اجرای مناسب	۱۳	۲۱
مناطق قابلیت اجرای متوسط	۵	۱۰
مناطق قابلیت اجرای بد	۴	۹
مناطق قابلیت اجرای نامناسب	۱	۲

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی روش تحلیل سلسله مراتبی در تعیین قابلیت اراضی دشت زنجان از نظر کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای انجام گردید. بیش از ۱۲ عامل مهم و اثر گذار بر عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای از قبیل عوامل کیفی آب، خصوصیات خاک، توپوگرافی و عوامل اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد، عامل کیفیت آب و به طور مشخص شاخص لائزیرلر بیشترین وزن و اهمیت را در انتخاب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای دارد و پس از آن به ترتیب عوامل توپوگرافی، اقتصادی و اجتماعی بیشترین اهمیت را در مکان‌یابی اراضی مستعد اجرای آبیاری قطره‌ای به خود اختصاص داد. بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی بدست آمده، اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در حدود ۷۰ درصد از اراضی دشت زنجان با محدودیت جدی مواجه نمی‌باشد و در بخش کمی از نواحی شمالی دشت به دلیل بالا بودن کربنات کلسیم و در نتیجه وجود خطر رسوبگذاری در گسیلنده‌ها، اجرای این نوع سامانه‌ها توصیه نمی‌گردد. ارزیابی موقعیت طرح‌های اجرا شده نیز نشان داد، ۷۹ درصد از طرح‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در اراضی با طبقه‌بندی کاملاً مناسب و یا مناسب و ۲۱ درصد نیز در کلاس متوسط و یا ضعیف اجرا شده‌اند. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود، استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی با در نظر گرفتن معیارهای اثرگذار می‌تواند منجر به افزایش دقت در انتخاب سامانه‌های آبیاری متناسب با وضعیت موجود اراضی کشاورزی و همچنین جلوگیری از مشکلات احتمالی در آینده نظیر بروز مشکلات بهره برداری و عدم رضایت بهره برداران گردد.

منابع

احمدی، ا.، هزار جریبی، ا. ط.، قربانی، خ. و حسام، م. ۱۳۹۷. مکان‌یابی نواحی مستعد اجرای سامانه‌های نوین آبیاری (موضعی، بارانی و کم فشار) با تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در GIS (مطالعه موردی: شهرستان اسفرین-خراسان شمالی). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۵: ۵-۸۷.

آزاد، ن.، رضایی آبالو، ل. و بهمنش، ج. ۱۳۹۷. مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار با استفاده از فرایند تحلیل سلسه مراتبی فازی در دشت میان‌دوآب. علوم و مهندسی آب. ۴۱: ۴-۱۱۹-۱۳۳.

چراغی‌زاده، م. و شاه‌نظری، ع. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی اراضی برای اجرای سامانه آبیاری موضعی با ارزیابی مشخصه‌های آب و خاک (مطالعه موردی: شهرستان‌های بابل و بابلسر). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳: ۲-۶۳-۸۰.

حسینی، ی. ۱۳۹۷. ارزیابی تناسب اراضی برای آبیاری قطره‌ای و بارانی با استفاده از سیستم استنتاج فازی. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۴۱: ۲-۱۳۵-۱۴۹.

رمزی، ر.، خاشعی‌سیوکی، ع. و شهیدی، ع. ۱۳۹۳. تعیین مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در استان خراسان جنوبی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۸: ۶۹-۲۲۷-۲۳۵.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد دوم: طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار). انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۳۶۸.

فرهادی‌بانسوله، ب.، احمدی، ش. و میرزایی‌تختگاهی، ج. ۱۳۹۶. انتخاب سیستم مناسب آبیاری تحت فشار با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره (مطالعه موردی: شبکه آبیاری جامیشان). مدیریت آب آبیاری. ۷: ۱-۱۳۵-۱۴۹.

قدوسی‌پور، ج. ۱۳۹۲. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۲۲۲.

قره‌داغی، م.م.، معروف‌پور، ع.، بابایی، خ. و منصوری، ف. ۱۳۹۲. پتانسیل‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی باباخان). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۷: ۶-۱۱۲۲-۱۱۱۱.

- Scientific Research. 2(6): 5988-5992.
- Hamzeh, Y., Mokarram, M. and Alavipanah, S.K. 2014. Combination of fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley: Case Study of semi-arid lands in the southwest of Iran. *Desert*. 19(2): 173-181.
- Kardan Moghaddam, H., Dehghani, M., Rahimzadeh Kivi, Z., Kardan Moghaddam, H. and Hashemi, S.R. 2017. Efficiency assessment of AHP and fuzzy logic methods in suitability mapping for artificial recharging (Case study: Sarbisheh basin, Southern Khorasan, Iran). *Water Harvesting Research*. 2(1): 57-67.
- Naseri, A., Rezaia, A.R. and Albaji, M. 2009. Investigation of soil quality for different irrigation systems in Lali Plain, Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7(2): 955-960.
- Saaty, T.L. 1996. *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw Hill: New York.
- Sedghkia, M., Nateghi, M.B., Kaviani Kocharkhizi, Sh. and Naghipoor, N. 2015. Evaluation and zoning of irrigation methods on etka organization lands in dorud, using analytical hierarchy process. *Water Research in Agriculture*. 28(4): 749-758.
- Seyedmohammadi, J., Esmaelnejad, L. and Ramezanzpour, H. 2016. Land suitability assessment for optimum management of water consumption in precise agriculture. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2(3): 162-172.
- مهدوی، ع. و اخوان، س. ۱۳۹۷. مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بر اساس، منطق بولین، روش هم پوشانی و منطق فازی. *مجله آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۲: ۱۲۵۳-۱۲۶۵.
- نشاط، ع. و نیک‌پور، ن. ۱۳۹۰. مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: دشت کرمان). *مجله مهندسی منابع آب*. ۴: ۷۷-۸۳.
- Albaji, M., Golabi, M., Piroozfar, V.R., Egdernejad, A. and Nazarizadeh, F. 2014. Evaluation of agricultural land resources for irrigation in the Ramhormoz plain by using GIS. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 79(2): 93-102.
- Bagherzadeh, A. and Paymar, P. 2015. Assessment of land capability for different irrigation systems by parametric and fuzzy approaches in the Mashhad plain, northeast Iran. *Soil Water Research*. 10(2): 90-98.
- Dengiz, O. 2006. Comparison of Different Irrigation Methods Based on The Parametric Evaluation Approach. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 30(1): 21-29.
- FAO. 1994. *Water quality for agriculture*. Irrigation and drainage paper, NO. 29.
- Gholami, A. and Delavari, A. 2012. Evaluation of the two methods of surface and drip irrigation based on the parametric system. *Journal of Basic and Applied*

Determination of Land Suitability for Drip Irrigation System Implementation Using AHP Method

P. Moradzadeh¹, H. Ojaghlou^{*2}, M. Ghabaei Sough³

Recived: Oct.05, 2019

Accepted: Jan.22, 2020

Abstract

Indiscriminate consumption of water in the agricultural sector has led to a decrease in renewable water resources in Iran. Simultaneous development and management of new irrigation systems is one of the important strategies to reduce agricultural water consumption. In the present study, land suitability classification map for drip irrigation was prepared using AHP method in the Zanjan plain. For this purpose, selection criteria for the installation of the drip irrigation systems including water quality factors, soil characteristics, topography, and economic, social and cultural indicators were considered using the AHP process. Based on land suitability classification map, about 45% of the studied area were classified as suitable and highly suitable, 25% as moderately suitable and 30% as not suitable class for drip irrigation systems. Investigation of the implemented projects showed that 79% of the projects were performed in land with suitable or highly suitable classes and 21% in moderately suitable or not suitable land. The results of this study indicated that using AHP method could be useful in selecting the proper irrigation method by considering the effective criteria.

Keywords: Feasibility, Zoning Map, LSI Index, Classification

1- Graduated in Master Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, University of Zanjan

2- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, University of Zanjan

3- Graduated in Ph.D. Irrigation and Drainage, Expert of Iran Water Resources Management Company

(*- Corresponding Author Email: ojaghlou@znu.ac.ir)