Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۱۴۹-۱۳۵

انتخاب سیستم مناسب آبیاری تحت فشار با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره (مطالعهٔ موردی: شبکهٔ آبیاری جامیشان)

بهمن فرهادی بانسوله [۱]*، شادی احمدی [۲]، حسین میرزایی تختگاهی [۳]

۱. استادیار، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲. کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳. دکتری، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۱۶

چکیده

با توجه به تنوع سیستم‌های آبیاری تحت فشار، موضوع انتخاب مناسب‌ترین سیستم برای هر منطقه یکی از موضوعات مهم است. سیستم(های) مناسب را می‌توان با توجه به عوامل متعددی نظیر توپوگرافی، خصوصیات خاک، شرایط اقلیمی، نوع محصول، کمیت و کیفیت منبع آب، کارگر مورد نیاز، مهارت کشاورزان، شرایط اقتصادی و زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی در هر منطقه تعیین کرد. هدف از این تحقیق رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح ۶۰۰۰ هکتار از اراضی منطقهٔ دینور واقع در شهرستان صحنه، استان کرمانشاه است. برای رتبه‌بندی از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. فاکتورهای مؤثر بر انتخاب سیستم به دو دستهٔ فیزیکی و اقتصادی- اجتماعی تقسیم و برای هر دسته، شاخص‌های مرتبط تعریف شد. امتیاز هر کدام از شاخص‌ها بین ۳- تا ۳+ مشخص شد. با توجه به تغییرات مکانی برخی عوامل، امتیاز هر شاخص برای هر بخش از منطقه و در محیط GIS تعیین شد. وزن شاخص‌ها بر اساس اهمیت آن و مطالعات پیشین تعیین شد. در نهایت، امتیاز کلی هر سیستم با مجموع وزنی شاخص‌ها تعیین گردید. تنها سیستم قابل‌استفاده برای مناطق با شیب بالای ۲۰ درصد، سیستم آبیاری موضعی است. برای مناطق با شیب کمتر از ۲۰ درصد سیستم کلاسیک نیمه‌متحرک بهترین سیستم و سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در اولویت دوم است.

کلیدواژه‌ها: آبیاری بارانی، آبیاری موضعی، تحلیل سلسله‌مراتبی، رتبه‌بندی، صحنه.

* نویسنده مسئول

Email: bfarhadi2001@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب کشور است. متأسفانه، حجم وسیعی از آب مصرفی در این بخش در اثر شیوه‌های نادرست آبیاری هدر می‌رود (۱۱). با توجه به تنوع سیستم‌های آبیاری تحت فشار، انتخاب سیستم مناسب یکی از موضوعات مهم است. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب سیستم مناسب آبیاری تحت فشار شرایط اقلیمی، توپوگرافی، خصوصیات فیزیکی خاک، کمیت و کیفیت آب، نوع محصول، شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه و جزآن است. با توجه به تغییرات مکانی این پارامترها در سطح منطقه، ممکن است سیستم مناسب برای بخش‌های مختلف منطقه با هم متفاوت باشد. برای درنظرگرفتن این تغییرات می‌توان از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) کمک گرفت.

قره‌داغی و همکاران با استفاده از سامانهٔ GIS و روش تحلیل سلسله‌مراتبی[2] (AHP) سیستم مناسب آبیاری تحت فشار را در دشت باباخان استان کردستان، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک تعیین کردند (۱۵). سیدان و قدمی فیروزآبادی با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی بهترین سیستم آبیاری در شهرستان‌های بهار، نهاوند و همدان را کلاسیک ثابت و قطره‌ای، در شهرستان‌های رزن و کبودرآهنگ کلاسیک ثابت و آبفشان غلطان و در شهرستان‌های تویسرکان، اسدآباد و ملایر کلاسیک ثابت تعیین کردند (۹). نشاط و نیک‌پور (۱۳۹۰) طی پژوهشی در دشت کرمان، مناطق مستعد به‌منظور اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار را بررسی کردند. نتایج نشان داد که از کل زمین‌های متناسب و قابل‌آبیاری دشت کرمان تنها حدود ۵ درصد برای آبیاری بارانی و ۲۵ درصد برای آبیاری قطره‌ای مناسب است (۱۸).

باربریز و مینلی اقدام به پهنه‌بندی مناسب برای هر دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در منطقهٔ شویانگ چین کردند. نتایج نشان داد که سطح مناسب برای اجرای سامانهٔ آبیاری سطحی (۳۴ درصد) کمتر از سطح مورد استفاده برای سیستم قطره‌ای (۶۲ درصد) است (۲۱). حجازی جهرمی و همکاران با استفاده از مدل‌های زمین‌آمار در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، اقدام به پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی در دشت‌های جنوبی استان فارس کردند و روند تغییرات را با توجه به طبقه‌بندی آب برای مصارف کشاورزی و آبیاری مشخص کردند. نتایج نشان داد که دشت‌های لار، لامرد، خنج و مهر در شرایط بحرانی قراردارد و استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در این مناطق به اعمال تدابیر مدیریتی نیاز دارد (۵).

قائمی‌زاده و اخوان با استفاده از توابع تحلیلی سیستم اطلاعات جغرافیایی، امکان اجرای سامانه‌های تحت فشار (بارانی و قطره‌ای)، در دشت‌های استان همدان را، با توجه به کیفیت آب زیرزمینی، بررسی کردند و نتیجه گرفتند که از نظر کیفیت آب دشت‌های نهاوند و تویسرکان مناسب‌ترین شرایط را دارد و بیشترین محدودیت از نظر کیفیت آب در دشت‌های شمالی و مرکزی استان (دشت‌های کبودرآهنگ، رزن- قهاوند و همدان- بهار) است (۱۳).

صدیق‌کیا و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی انواع سیستم‌های آبیاری در منطقهٔ دورود را ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که در حالت کشت زراعی از بین سیستم‌های آبیاری فارو (شیاری)، بارانی و قطره‌ای استفاده از سیستم بارانی در اولویت قراردارد. همچنین، در بین روش‌های آبیاری بارانی مرسوم استفاده از سیستم لینیر و سنترپیوت به‌ترتیب در اولویت قراردارد (۱۰). بر اساس نتایج مطالعهٔ میرزایی تختگاهی، حدود ۷۵ درصد از مناطق مرکزی استان کرمانشاه برای اجرای

1.Geographic Information System
2. Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم‌های آبیاری تحت فشار بدون محدودیت، ۲۰ درصد با محدودیت متوسط و ۵ درصد غیرقابل‌استفاده است (۱۷). بر اساس نتایج این مطالعه بیشتر مناطق مرکزی منطقهٔ دینور، شیب کمتر از ۲ درصد دارد و از نظر اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار محدودیتی ندارد. البته بخش‌هایی از شمال و جنوب منطقه شیب بیش از ۳۰ درصد دارد و برای سیستم‌های آبیاری تحت فشار مناسب نیست.

رمزی و همکاران با استفاده از سامانهٔ GIS و روش تحلیل سلسله‌مراتبی، پتانسیل آبیاری قطره‌ای در استان خراسان جنوبی را بررسی کردند و دریافتند که حدود ۵۰ درصد از اراضی استان قابلیت اجرای آبیاری قطره‌ای را دارد (۷). در تحقیق دیگری، مأمن‌پوش و تفنگ‌ساز مکان‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار را به کمک سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در دشت برخوار اصفهان انجام دادند. بر اساس مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی انجام‌شده در این دشت، از وسعت ۳۶۲,۱۰۰ هکتار کل منطقه، وسعتی بالغ بر ۱۷۰,۰۰۰ هکتار قابل‌آبیاری تشخیص داده شده است (۱۶).

لی از روش AHP در تحلیل تجربی خصوصی‌سازی در توسعهٔ شهری بهره گرفت (۲۲). یانگ نیز با استفاده از روش AHP و سنجش از دور در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستمی را برای مدیریت کاربری زمین در شهر چانگشای چین ارائه کرد (۲۷). در تحقیق دیگری زیلونگ و همکاران برای انتخاب سیستم آبیاری بهینه در منطقهٔ اوردوز چین از روش ارزیابی چند معیاره استفاده کردند و برای منطقهٔ مورد مطالعه سیستم‌های آبیاری قرقره‌ای و آبیاری بارانی دوار مرکزی را سیستم‌های دارای اولویت اول و دوم تعیین کردند (۲۸).

منتظر و بهبهانی (۲۰۰۷) با استفاده از روش ارزیابی چند معیارهٔ AHP بهترین سیستم آبیاری را برای سه منطقهٔ تحت کشت گندم، چغندر قند و انگور به‌ترتیب آبیاری میکرو، نواری و فارو به‌دست آوردند (۲۴). دفتر بهبود و توسعهٔ روش‌های آبیاری در تحقیقی با عنوان «مطالعات امکان‌سنجی توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار» در استان کرمانشاه، از روش ارزیابی چند معیارهٔ AHP برای اولویت‌بندی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان کرمانشاه استفاده کردند. با توجه به نتایج این مطالعه، سیستم آبیاری موضعی اولویت اول و سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت، جابه‌جایی دستی و آبفشان قرقره‌ای اولویت دوم را در واحد هیدرولوژیکی دینور کسب کرد (۲).

عدم گزینش صحیح سیستم آبیاری مناسب در شبکه‌های آبیاری، به‌خصوص در سیستم‌های آبیاری تحت فشار که به تجهیزات خاصی نیاز دارد، موجب اتلاف وقت و هزینه و چه‌بسا غیراقتصادی‌شدن طرح و در نتیجه عدم بهره‌برداری بهینه و اتلاف منابع آب و خاک منطقه خواهد شد (۱۹).

یکی از سدهای استان کرمانشاه، سد جامیشان واقع در شهرستان صحنه است. قرار است در این منطقه از سیستم‌های آبیاری تحت فشار استفاده شود. هدف از مطالعهٔ کنونی اولویت‌بندی سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای این منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه در دهستان دینور استان کرمانشاه با مختصات ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۳ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۲ دقیقهٔ طول شرقی قراردارد (۴). در این مطالعه از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. برای این منظور شاخص‌های انتخاب سیستم مناسب تعیین، سپس با توجه به اطلاعات موجود مقدار این شاخص‌ها برای هر قسمت منطقه برآورد شد. با توجه به اینکه این شاخص‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

واحدهای مختلفی دارد، باید استاندارد (نرمالیزه) شود تا بتوان آن‌ها را با هم مقایسه کرد. مقادیر تمامی شاخص‌ها برای هر سیستم بعد از استانداردسازی عددی بین ۳- تا ۳+ پیدا کرد. قدم بعدی، تعیین اهمیت یا وزن هر کدام از شاخص‌ها برای انتخاب سیستم آبیاری بود که با بررسی منابع و نظرخواهی از کارشناسان انجام گرفت. امتیاز نهایی هر سیستم، با درنظرگرفتن مقادیر استانداردشدهٔ شاخص‌ها و وزن هر کدام از آن‌ها محاسبه شد. ترتیب اولویت سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای هر منطقه با توجه به امتیازات محاسبه‌شده برای هر سیستم در نظر گرفته شد.

انتخاب شاخص‌ها

انتخاب مناسب سیستم‌های آبیاری تحت فشار وابسته به عوامل و پارامترهای متعددی است که نخست باید شاخص‌های مربوط به این عوامل ارائه شود. با توجه به اینکه در این مطالعه از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است، باید درخت تصمیم ارائه می‌شد (۶). با توجه به مطالعات قبلی (۱، ۶، ۷، ۸، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۱ و ۲۶)، درخت سلسله‌مراتبی انتخاب بهترین سیستم آبیاری تحت فشار مطابق شکل ۱ ارائه شده است. پارامترهای تأثیرگذار در این فرایند در دو دستهٔ فیزیک مزرعه و اقتصادی- اجتماعی قرارمی‌گیرد.

برآورد مقادیر شاخص‌ها

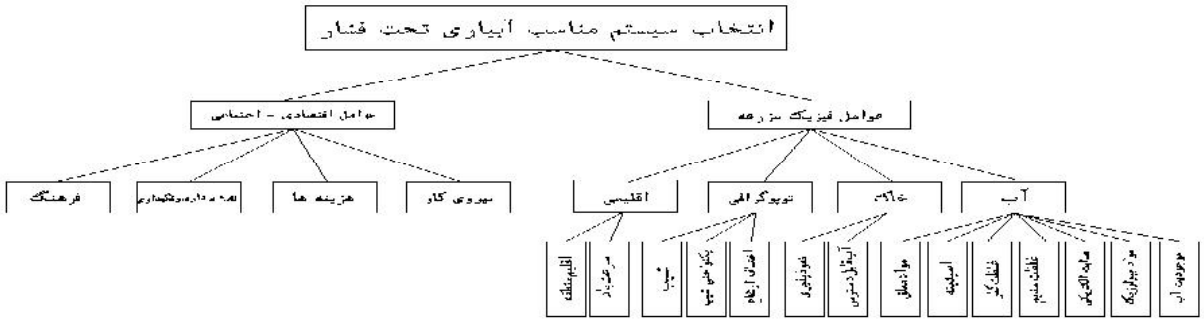
الف) عوامل فیزیکی مزرعه

۱. مشخصات اقلیمی

اقلیم منطقه و سرعت باد در ارتفاع دو متری شاخص‌های اقلیمی در نظر گرفته شد. بر اساس گزارش‌های موجود، منطقهٔ مورد مطالعه در طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیمی جزء مناطق نیمه‌مرطوب قرارمی‌گیرد. متوسط بارندگی سالانه ۶۹۶/۸ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۲/۷ درجهٔ سانتی‌گراد، متوسط تبخیر و تعرق سالانه ۱۷۲۴/۷ میلی‌متر و متوسط سرعت سالانهٔ باد غالب در ارتفاع دو متری ۷/۵ کیلومتر بر ساعت گزارش شده است (۲). با توجه به اینکه سطح منطقهٔ مورد مطالعه وسعت چندانی ندارد و ایستگاه هواشناسی در نقاط مختلف منطقه وجود نداشت، اقلیم کل منطقه یکسان در نظر گرفته شد.

۲. آب

کیفیت آب یکی از شاخص‌های مؤثر در انتخاب نوع سیستم به‌خصوص در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است. به‌منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب نمونه‌ای از پایاب سد جامیشان در تابستان ۱۳۹۲ برداشت و آنالیز شد. خصوصیات شیمیایی آب در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. ساختار درخت سلسله‌مراتبی انتخاب بهترین سیستم آبیاری تحت فشار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی آب سد جامیشان در سال ۱۳۹۲

طبقه‌بندی	نسبت جذب سدیم	غلظت(میلی اکی والان در لیتر) سدیم	کلسیم+منیزیم	کلر	بی‌کربنات	کربنات	اسیدیته	مواد معلق جامد (میلی‌گرم بر لیتر)	مجموع املاح محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
C2-S1	۰/۵۵	۰/۸۷	۵/۱	۰/۴۹	۳/۹	۰/۷	۷/۸	۱۶۰	۲۳۶	۰/۳۶۹

کیفیت آب از لحاظ مجموع املاح محلول، اسیدیته، سدیم و کلر فاقد محدودیت و از لحاظ مقدار بی‌کربنات دارای محدودیت کم تا متوسط است. با توجه به کیفیت آب خروجی از سد مخزنی، شوری در درازمدت از ۰/۵۹ تا ۱/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود که بر اساس جدول تعیین کیفیت آب آبیاری در محدوده بدون محدودیت تا محدودیت کم تا متوسط ارزیابی می‌شود. همچنین، با توجه به نسبت جذب سدیم و کیفیت آب خروجی سد در دورهٔ بهره‌برداری درازمدت (۰/۵۹ تا ۱/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر) به‌لحاظ نفوذپذیری فاقد محدودیت است (۴). با توجه به اینکه قرار است آب خروجی از سد تا ابتدای سیستم‌های آبیاری تحت فشار با کانال بتنی منتقل شود، کیفیت آب در کل منطقه یکسان و برابر با کیفیت آب خروجی از سد در نظر گرفته شد. همچنین، به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های بیولوژیکی، این پارامتر لحاظ نشد. در این مطالعه فرض شده است که از نظر کمیت آب، برای اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار با هیدرومدول تا ۱ لیتر در ثانیه در هکتار محدودیتی وجود ندارد. بنابراین، کمیت آب شاخص نبوده است.

۳. خاک

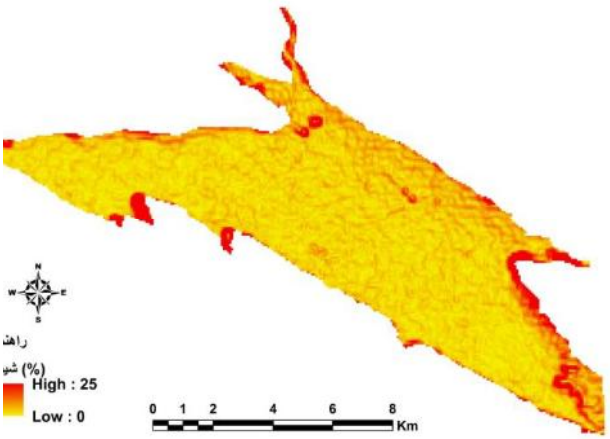
خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل نفوذپذیری و مقدار آب در دسترس از عوامل تأثیرگذار در انتخاب سیستم آبیاری تحت فشار است. به‌منظور تهیهٔ اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق، از نتایج آزمایش‌های خاک کشاورزان متقاضی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در چند سال گذشته استفاده شد. اطلاعات ۲۲ مزرعه در ۲۲ روستا به‌عنوان نماینده از نقاط مختلف دشت و محدودهٔ اطراف آن در دسترس محققان قرارگرفت و از آن استفاده شد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، میزان هدایت الکتریکی تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ میلی‌موس بر سانتی‌متر است. این خاک‌ها جزء خاک‌های غیرشور محسوب می‌شود. با توجه به این اطلاعات نقشه‌های نفوذپذیری خاک و مقدار آب دردسترس برای کل منطقه با استفاده از روش‌های میان‌یابی در محیط GIS تهیه و سپس مطابق با راهنمای ارائه‌شده در منابع (۳) و (۴) طبقه‌بندی شد.

۴. توپوگرافی

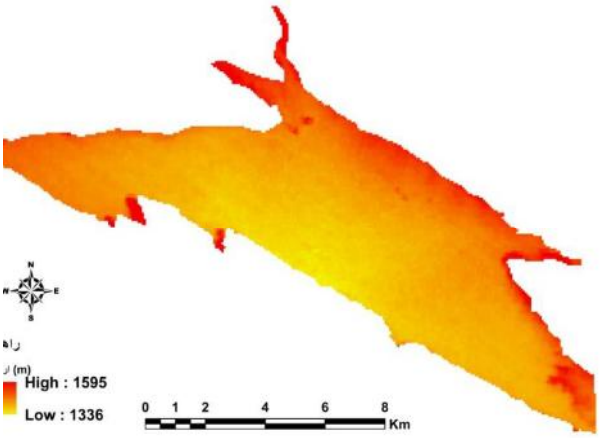
شیب، یکنواختی شیب و میزان اختلاف ارتفاع منبع آب تا سطح زمین شاخص‌های توپوگرافی تأثیرگذار در تعیین نوع سیستم در نظر گرفته شد. شیب منطقه با استفاده از نقشهٔ رقومی ارتفاعی بر مبنای درصد تهیه شد. اکثر اراضی منطقه شیب کم (صفر تا ۲ درصد) دارد (۳) که از لحاظ یکنواختی شیب جزء شیب‌های کاملاً یکنواخت محسوب می‌شود. در شکل ۲ و ۳ نقشهٔ شیب اراضی و نقشهٔ رقومی ارتفاعی منطقه آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. شیب اراضی (درصد)



شکل ۳. نقشهٔ رقومی ارتفاع (متر)

ب) عوامل اقتصادی– اجتماعی

به‌دلیل دردسترس نبودن اطلاعات مکانی برای شاخص‌های مربوط به عوامل اقتصادی– اجتماعی و کوچک‌بودن منطقهٔ مورد مطالعه، مقدار این شاخص‌ها برای کل منطقه یکسان در نظر گرفته شد.

۱) نیروی کار

براساس آمار مرکز آمار ایران، در سال ۱۳۹۰ از بین ۴۳,۹۴۵ نفر جمعیت بالای ۱۵ سال نقاط روستایی شهرستان صحنه، تعداد ۲۹,۸۴۰ نفر باسواد بودند. همچنین، از بین ۱۲۰,۰۰۰ نفر جمعیت بالای ۱۵ سال شهرستان صحنه، تعداد ۹۰,۳۰۲ نفر باسواد وجود دارد که ۳۶۰۱ نفر دانش‌آموختهٔ دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی بودند. از این تعداد ۱۵۷ نفر دانش‌آموخته در رشته‌های مهندسی، تولید و ساخت و ۱۴۵ نفر دانش‌آموخته در رشته‌های کشاورزی و دامپزشکی بودند که این نشان‌دهندهٔ وجود نیروی متخصص و ماهر در منطقه است.

۲) فرهنگ

فناوری‌های جدید نیازمند به فرهنگ‌سازی جهت استفاده از آن است. اگر فناوری سابقهٔ قبلی داشته باشد، موفقیت آن بیشتر است. بر اساس آمارهای سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، از سال ۱۳۷۰ لغایت ۱۳۹۰ مساحت ۲۵۸۲ هکتار از اراضی شهرستان صحنه تحت پوشش سیستم‌های آبیاری تحت فشار قرارگرفته است که نشان‌دهندهٔ وجود سابقهٔ قبلی و زمینه‌های فرهنگی مساعد در منطقه است.

۳) امکانات بهره‌برداری و نگهداری

بر اساس بازدید صورت‌گرفته از محل در سال ۱۳۹۲، منطقهٔ مورد مطالعه دردسترس و دارای امکانات لازم جهت بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌ها بود و جزء مناطق دورافتاده و محروم نیست.

۴) هزینه‌ها

هزینهٔ اولیه و هزینه‌های دوران بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌های آبیاری از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب سیستم آبیاری است. هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه در روش آبیاری قطره‌ای بیش از روش‌های آبیاری بارانی است. در بین روش‌های آبیاری بارانی نیز روش آبیاری کلاسیک ثابت دارای بیشترین هزینهٔ سرمایه‌گذاری است. در این

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه، به‌علت در دسترس‌نبودن اطلاعات محلی در مقایسهٔ سیستم‌های آبیاری از نظر هزینه‌ای از منبع (۱۲) استفاده شد.

استانداردکردن مقادیر شاخص‌ها

برای مقایسهٔ این شاخص‌ها نیاز به استانداردسازی است. برای این منظور از روش امتیازدهی استفاده شده است. نحوهٔ امتیازدهی به پارامترهای تأثیرگذار بر اساس جداول علیزاده است (۱۲). با توجه به این روش، محدوده‌های تأثیرگذار هر یک از عوامل بر سیستم‌های آبیاری مشخص و سپس تقسیم‌بندی‌هایی صورت گرفت. در نهایت، به هر دسته و هر کدام از سیستم‌های آبیاری امتیازی داده شد. میزان تأثیر عوامل مختلف با استفاده از ارقام صحیح ۳+ تا ۳- در هفت درجه امتیازگذاری شد. عدد صحیح ۳+ بیانگر اثر بسیار مطلوب و اعداد ۲+ و ۱+ به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اثر خوب و اثر مثبت است. عدد صفر بیانگر غیر ؤثر بودن آن عامل است. اعداد صحیح ۱- و ۲- و ۳- به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ آثار منفی آن پارامتر در انتخاب سیستم آبیاری در حد مختصر، در حد احتراز و در حد عدم توصیه است. سیستم‌های آبیاری در شرایط و محدودهٔ خاصی امکان اجرا دارد و در صورتی که شرایط طرح خارج از محدودهٔ برخی از پارامترهای تعیین‌کننده قرارگیرد، آن عامل به‌تنهایی ممکن است سیستم آبیاری مورد نظر را از گزینش خارج کند. در مرحلهٔ امتیازدهی، امتیاز ۱۰۰۰- برای این پارامترها در نظر گرفته شده است.

تعیین ضریب اهمیت معیار و زیرمعیارها

اهمیت تمام شاخص‌ها در انتخاب سیستم آبیاری به یک اندازه نیست. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی رویکردی مؤثر در تعیین وزن و اهمیت نسبی معیارهاست (۱۴). نوروزی به نقل از منتظر و بهبهانی (۲۰۰۷)، برای هر یک از پارامترهای مؤثر در انتخاب یک گزینه برای سیستم آبیاری، وزنی را در نظر گرفت. وی سپس از مجموع وزن‌های به‌دست‌آمده برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف برای سیستم آبیاری استفاده کرد (۲۴). در این مرحله برای تعیین اهمیت معیارها و زیرمعیارها مقایسه‌هایی را انجام داد تا امتیاز آن‌ها نسبت به یکدیگر تعیین شود. مبنای قضاوت در این امر مقایسه‌ای، جدول نه کمیتی ساعتی است (۲۵) که براساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری معیار i نسبت به معیار j، aij تعیین می‌شود. روش AHP را در سال ۱۹۸۰ ساعتی مطرح کرد و ساعتی و واگر در سال ۲۰۰۱ آن را توسعه دادند(۱). جدول ۲ نشان‌دهندهٔ مقیاس نه کمیتی ساعتی است.

جدول ۲. مقیاس نه کمیتی ساعتی برای مقایسهٔ زوجی معیارها (۱۴ و ۱۵)

ردیف	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	امتیاز
۱	اهمیت مساوی	۱
۲	اهمیت اندکی بیشتر	۳
۳	اهمیت بیشتر	۵
۴	اهمیت خیلی بیشتر	۷
۵	اهمیت مطلق	۹
۶	ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

www.SID.ir

Archive of SID

برای محاسبهٔ ضریب اهمیت معیارها چهار روش عمده مطرح است: ۱. حداقل مربعات، ۲. حداقل مربعات لگاریتمی، ۳. بردار ویژه، و ۴. روش‌های تقریبی (۲۵). روش بردار ویژه بیشتر استفاده می‌شود، اما اگر ماتریس مقایسه‌ها ابعاد بزرگ‌تری داشته باشد، محاسبهٔ مقادیر و بردارهای ویژه طولانی خواهد بود، مگر اینکه از نرم‌افزارهای رایانه‌ای برای حل آن کمک گرفته شود. به‌همین دلیل، مقیاس ساعتی چهار روش تقریبی ارائه کرده است: ۱. مجموع سطری، ۲. مجموع ستونی، ۳. میانگین حسابی، و ۴. میانگین هندسی.

در این تحقیق، با توجه به پیشنهاد اکزل و ساعتی، روش میانگین هندسی، به‌دلیل دقت بیشتر آن، استفاده شده است (۲۰). در این روش، برای محاسبهٔ ضریب اهمیت معیارها، نخست میانگین هندسی ردیف‌های ماتریس مقایسه‌ها به‌دست آید. سپس، نرمالیزه می‌شود. ضریب اهمیت معیارها از نرمالیزه‌کردن این اعداد، یعنی از تقسیم هر عدد به سرجمع آن، به‌دست می‌آید. در این مطالعه، اهمیت معیارها با توجه به مطالعه‌های قبلی و نظرخواهی از کارشناسان سیستم‌های آبیاری تعیین شده است. پس از تعیین وزن هر یک از معیارها، گزینه‌ها به‌صورت زوجی بر اساس هر معیار مقایسه می‌شود. بعد از اینکه مقایسه‌ها انجام شد، داده‌ها را به ماتریسی به‌نام ماتریس مقایسهٔ زوجی منتقل می‌کنند.

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده در تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. به‌عبارت دیگر، در تشکیل ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؟ وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (۲۳)؛ یعنی، اگر A_i از A_j و A_j از A_k مهم‌تر باشد، قاعدتاً باید A_i از A_k مهم‌تر باشد. سازوکار که ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته است، محاسبهٔ ضریبی به نام ضریب سازگاری است (۲۵) (معادلهٔ ۱).

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \qquad (۱)$$

در این معادله، C.R ضریب سازگاری، C.I شاخص سازگاری و R.I شاخص تصادفی‌بودن است. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (۲۵). به‌عبارت دیگر، ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها باید مجدداً تشکیل شود (معادلهٔ ۲).

$$C.I = \frac{\lambda max - n}{n-1} \qquad (۲)$$

در این معادله، λmax بزرگ‌ترین مقدار ویژه و n تعداد معیارهاست. شاخص تصادفی‌بودن با توجه به n از جدول ۳ قابل‌استخراج است.

جدول ۳. شاخص تصادفی‌بودن R.I

n	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤
R.I	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٤۹	۱/۵۱	۱/۵۳	۱/۵٦	۱/۵۷

www.SID.ir

Archive of SID

در روش میانگین هندسی که روشی تقریبی است، به‌جای محاسبهٔ λmax از L به‌شرح معادلهٔ (۳) استفاده می‌شود.

$$L = \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{AWi}{Wi}\right)\right] \qquad (۳)$$

در این معادله، AW_i برداری است که از ضرب ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها در بردار W_i (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به‌دست می‌آید. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در ماتریس زوجی معیارها حاکی از آن است که سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است (۸).

تعیین امتیاز نهایی

در این مرحله با تلفیق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانهٔ GIS، امتیاز نهایی برای هر یک از سیستم‌های آبیاری تحت فشار محاسبه می‌شود. برای این کار از اصل ترکیب سلسله‌مراتبی با درنظرگرفتن همهٔ قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود (معادلهٔ ۴).

$$\text{امتیاز نهایی (اولویت) شاخص } j = \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} Wk\, Wi\, (gij) \qquad (۴)$$

در این معادله w_k ضریب اهمیت معیار k، w_i ضریب اهمیت زیرمعیار i و g_{ij} امتیاز شاخص j در ارتباط با زیرمعیار i است (۸). وزن نهایی به‌دست‌آمده برای هر یک از پارامترها در لایه‌های اطلاعاتی واردشده به سامانهٔ GIS، با استفاده از دستور Map Algebra ضرب و امتیاز نهایی برای هر یک از سیستم‌های آبیاری محاسبه می‌شود. در نهایت، امتیازات نهایی سیستم‌ها در چهار کلاس تقسیم‌بندی می‌شود. طبقات امتیازی و شرایط منطقه برای هر طبقهٔ امتیازی در جدول ۴ آمده است. لازم به ذکر است که محققان در بررسی منابع، مرجعی برای کلاس‌بندی امتیازات نهایی پیدا نکردند و کلاس‌بندی ارائه‌شده در جدول ۴ بر اساس نظر محققان این مطالعه است.

جدول ۴. کلاس‌بندی امتیازات نهایی

امتیاز	شرایط
<-۳	حذف سیستم
-۳ تا -۱	نامناسب
-۱ تا +۱	متوسط
+۱ تا +۳	مناسب

نتایج و بحث

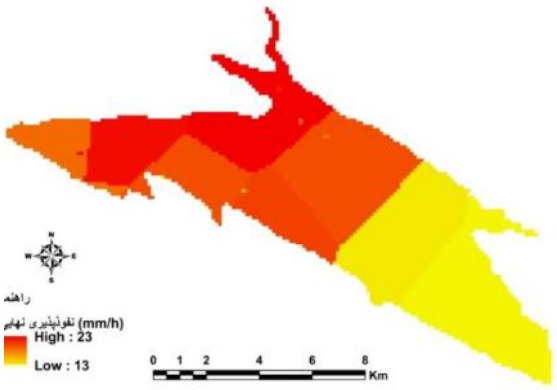
در این بخش، نخست نقشه‌های کلاس‌بندی‌شدهٔ نفوذپذیری خاک، آب دردسترس، شیب و اختلاف ارتفاع برای محدوده آورده شده است. سپس، این نقشه‌ها را برای هر کدام از سیستم‌ها امتیازبندی و در آخر با ضرب‌کردن وزن‌های هر سیستم در امتیازات کسب‌شدهٔ هر زیرمعیار، امتیاز نهایی زیرمعیار محاسبه شده است. با جمع جبری امتیازات نهایی زیرمعیارها، امتیاز کل برای محدوده در رابطه با هر یک از سیستم‌های آبیاری به‌صورت جداگانه به‌دست آمد. تمام این فرایند در سامانهٔ GIS انجام شده و نتایج خروجی به‌صورت نقشه نشان داده شده است. در نهایت، با مقایسهٔ امتیازات به‌دست‌آمده برای هر یک از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، بهترین سیستم تعیین شد.

الف) نتایج مربوط به مقادیر شاخص‌ها

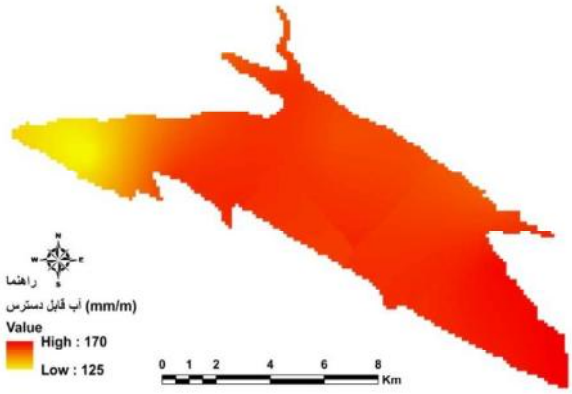
بر اساس شکل ۴، نفوذپذیری خاک‌های منطقه در کلاس ۴ تا ۵۰ میلی‌متر در ساعت قراردارد و از لحاظ نفوذپذیری نیز محدودیتی در منطقه برای سیستم‌های آبیاری تحت فشار وجود ندارد. همچنین، با توجه به شکل ۵، آب در دسترس خاک منطقهٔ مورد مطالعه در دو کلاس ۱۰۰ تا ۱۵۰ و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر بر متر قرار گرفته است که قسمت اعظم منطقه در کلاس ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر بر متر قراردارد. از نظر میزان آب در دسترس، خاک منطقه مشکلی برای اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار ندارد.

www.SID.ir

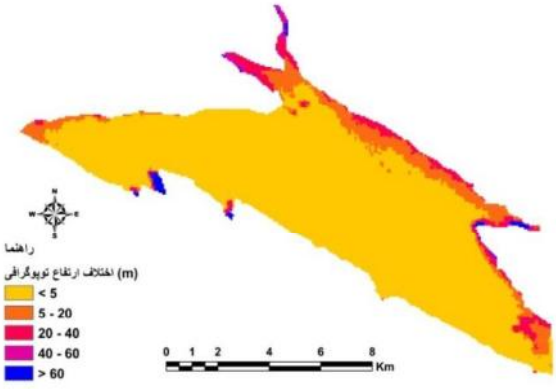
Archive of SID



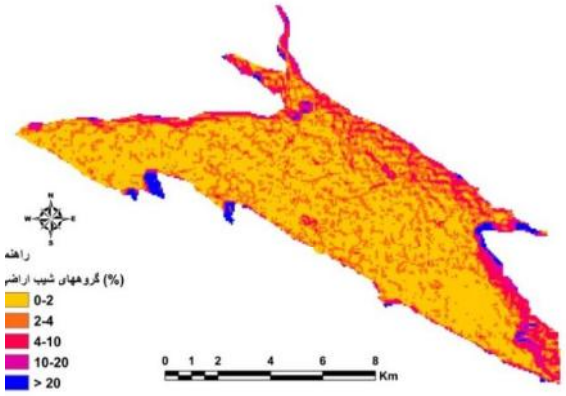
شکل ۴. نفوذپذیری خاک (میلی‌متر در ساعت)



شکل ۵. آب در دسترس خاک (میلی‌متر بر متر)



شکل ۶. اختلاف ارتفاع توپوگرافی (متر)



شکل ۷. گروه‌های شیب اراضی (درصد)

شکل ۶ و ۷ به‌ترتیب اختلاف ارتفاع و شیب اراضی را نشان می‌دهد. هر نقشه در پنج کلاس تقسیم‌بندی شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشتر اختلاف ارتفاع و شیب منطقه به‌ترتیب در کلاس کمتر از ۵ متر و ۲ درصد قراردارد.

ب) ماتریس مقایسه و وزن زیرمعیارها بر اساس نظر محققان این مطالعه

علی‌رغم اینکه وزن شاخص‌ها برای تمامی سیستم‌های مورد مطالعه تعیین شده است، به‌دلیل محدودیت در تعداد صفحه‌ها، فقط وزن‌های تعیین‌شده برای سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در جدول ۵ ارائه شده است.

ج) نتایج مربوط به امتیازات نهایی

نتایج امتیازات نهایی در سیستم‌های مختلف آبیاری در قالب نقشه‌های GIS در شکل ۸ آمده است. به‌دلیل محدودیت، فقط سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بررسی شد. برای این سیستم، نفوذپذیری خاک منطقه و آب در دسترس به‌ترتیب دارای امتیاز ۲+ و ۳+ برای تمام محدودهٔ مورد مطالعه است. همچنین، مناطق دارای شیب کمتر از ۲ درصد امتیاز ۳+، شیب بین ۲ تا ۴ درصد امتیاز ۲+، شیب بین ۴ تا ۱۰ درصد امتیاز ۱+، شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد امتیاز ۲- و شیب بالای ۲۰ درصد امتیاز ۱۰۰۰- دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. وزن معیارهای اصلی (سطح ۱)، زیرمعیارها (سطح ۲)، شاخص‌ها (سطح ۳) و وزن نهایی هر شاخص

وزن نهایی	سطح ۳		سطح ۲		سطح ۱	
	وزن	شاخص	وزن	زیر معیار	وزن	معیار اصلی
۰/۲۰۴۲	۰/۷۵	سرعت باد	۰/۵۴۴۷	اقلیمی	۰/۵	فیزیک مزرعه
۰/۰۶۸	۰/۲۵	اقلیم منطقه				
۰/۰۷۰۵	۰/۷۲۰۶	شیب	۰/۱۹۳۳	توپوگرافی		
۰/۰۱۸۱	۰/۱۸۸۴	یکنواختی شیب				
۰/۰۰۷۸	۰/۰۸۱	اختلاف ارتفاع				
۰/۰۴۸۳	۰/۵	نفوذپذیری	۰/۱۹۳۳	خاک		
۰/۰۴۸۳	۰/۵	آب در دسترس				
۴۹۰/۰۰	۲۱۰/۰۷	مواد معلق				
۱۴۷۰/۰	۲۱۴۴۰/	اسیدیته	۰/۰۶۸۶	آب		
۱۴۷۰/۰	۲۱۴۴۰/	هدایت الکتریکی				
۱۴۷۰/۰	۲۱۴۴۰/	غلظت سدیم				
۱۴۷۰/۰	۲۱۴۴۰/	غلظت کلر				
۴۹/۰۰	۲۱۰/۰۷	موجودیت آب				
۰/۱۲۵	.....	.....	۰/۲۵	نیروی کار	۰/۵	اقتصادی–اجتماعی
۰/۱۲۵	.....	.....	**۰/۲۵**	فرهنگی		
۰/۱۲۵	.....	.....	**۰/۲۵**	نگهداری و بهره‌برداری		
۰/۱۲۵	.....	.....	**۰/۲۵**	هزینه		

ج) نتایج مربوط به امتیازات نهایی

نتایج امتیازات نهایی در سیستم‌های مختلف آبیاری در قالب نقشه‌های GIS در شکل ۸ آمده است. به‌دلیل محدودیت، فقط سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بررسی شد. برای این سیستم، نفوذپذیری خاک منطقه و آب در دسترس به‌ترتیب دارای امتیاز ۲+ و ۳+ برای تمام محدودهٔ مورد مطالعه است. همچنین، مناطق دارای شیب کمتر از ۲ درصد امتیاز ۳+، شیب بین ۲ تا ۴ درصد امتیاز ۲+، شیب بین ۴ تا ۱۰ درصد امتیاز ۱+، شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد امتیاز ۲– و شیب بالای ۲۰ درصد امتیاز ۱۰۰۰– دارد. مناطق دارای اختلاف ارتفاع کمتر از ۵ متر دارای امتیاز صفر، اختلاف ارتفاع بین ۵ تا ۲۰ متر امتیاز ۱+، اختلاف ارتفاع بین ۲۰ تا ۴۰ متر امتیاز ۲+، اختلاف ارتفاع بین ۴۰ تا ۶۰ متر امتیاز ۳+ و اختلاف ارتفاع بیشتر از ۶۰ متر امتیاز ۱+ دارد. قسمت‌هایی از اراضی محدوده و دارای شیب بالای ۲۰ درصد مناسب سیستم آبیاری بارانی نیست و سیستم آبیاری موضعی تنها سیستم مناسب برای این مناطق است، اما بقیهٔ اراضی برای تمامی سیستم‌های آبیاری تحت فشار مناسب است. به کمک سامانهٔ GIS این سیستم‌ها اولویت‌بندی شد. سامانهٔ GIS بالاترین امتیاز در

www.SID.ir

Archive of SID

هر محدوده توسط هر یک از سیستم‌ها را تعیین و بهترین سیستم را معرفی کرده است.

سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و سیستم کلاسیک نیمه‌متحرک (دستی) از لحاظ امتیازی در وضعیت تقریباً مشابهی قراردارد. اما، با توجه به امتیاز بالاتر سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و کارایی مناسب در شرایط مختلف اقلیمی، توپوگرافی و سهولت در استفاده و نگهداری، این سیستم بهترین سیستم معرفی می‌شود. سیستم کلاسیک نیمه‌متحرک در اولویت دوم و سیستم لولهٔ چرخدار در اولویت سوم قرارمی‌گیرد. سیستم عقربه‌ای و خطی نیز از لحاظ امتیازی در وضعیت تقریباً مشابهی است، اما سیستم عقربه‌ای با توجه به داشتن امتیاز بالاتر و کارکرد در شرایط توپوگرافی ناهموار و سهولت در تأمین آب، در اولویت چهارم و سیستم آبیاری خطی در اولویت پنجم قرارمی‌گیرد. همچنین، سیستم کلاسیک ثابت و سیستم ارابه‌ای نیز از لحاظ امتیازی در وضعیت تقریباً مشابهی قراردارد، ولی به‌دلیل خصوصیات سیستم ارابه‌ای مبنی بر شدت پخش بالا و اندازهٔ درشت قطرات و بافت خاک که از نفوذپذیری بالایی ندارد، سیستم کلاسیک ثابت در اولویت ششم، سیستم ارابه‌ای در اولویت هفتم و سیستم آبیاری قطره‌ای در اولویت هشتم قرارمی‌گیرد.

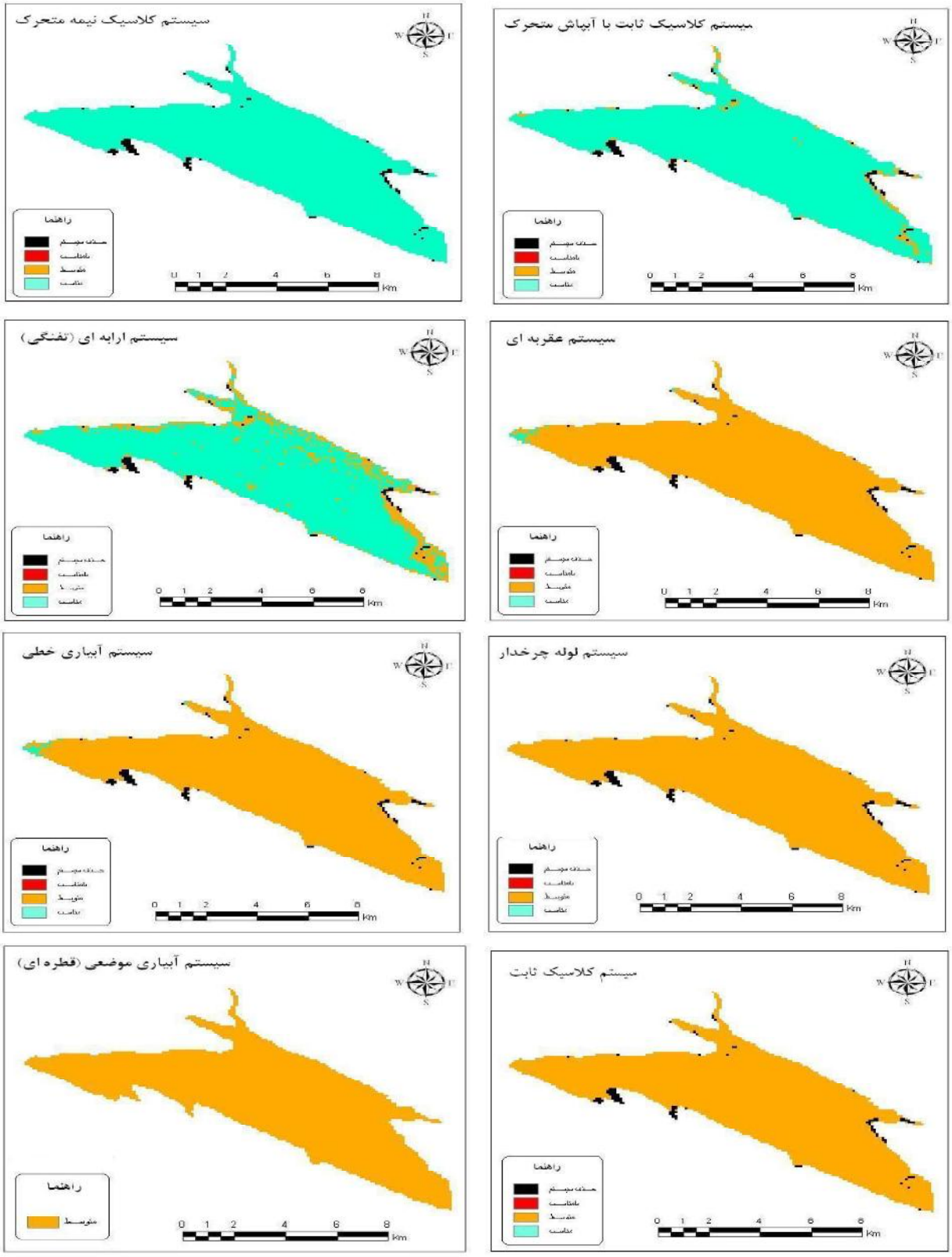
طبق نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، منطقه‌ای وجود ندارد که نتوان در آن هیچ‌گونه سیستم آبیاری تحت فشاری را اجرا کرد؛ هر چند میرزایی تختگاهی بیان کرده بود که در بخش‌هایی از مناطق شمالی و جنوبی منطقه و دارای شیب بالای ۳۰ درصد، امکان استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار وجود ندارد (۱۷). در مطالعات امکان‌سنجی توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار در استان کرمانشاه که توسط دفتر بهبود و توسعه در سال ۱۳۸۵ انجام گرفت، سیستم آبیاری موضعی اولویت اول و سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت، جابه‌جایی دستی و آبفشان قرقره‌ای اولویت دوم را در واحد هیدرولوژیکی دینور کسب کرد (۲)، اما طبق نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت آبپاش متحرک و سیستم کلاسیک نیمه‌متحرک در اولویت قراردارد. با توجه به اینکه در مطالعهٔ کنونی، این منطقه به چندین زیرواحد تقسیم شده و به‌طور جزیی‌تر نسبت به مطالعات قبلی (۲ و ۱۷) بررسی شده است، به‌نظر می‌رسد که نتایج مطالعه کنونی دقیق‌تر باشد. بازدیدهای میدانی منطقه نیز بیانگر این است که سیستم کلاسیک ثابت آبپاش متحرک سیستم مطلوب اهالی منطقه است که در بخش‌هایی از اراضی منطقه اجرا شده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این تحقیق، در تمامی اراضی محدودهٔ مورد مطالعه می‌توان سیستم‌های آبیاری تحت فشار را اجرا کرد. نتایج حاصل از وزن‌دهی اولیه نشان می‌دهد که سیستم آبیاری موضعی (قطره‌ای) در مناطق دارای شیب بالای ۲۰ درصد مناسب‌ترین سیستم و در سایر مناطق، سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بالاترین امتیاز را کسب کرد و مناسب‌ترین سیستم انتخاب شد. با توجه به اولویت‌بندی سیستم‌ها می‌توان گفت که در این منطقه سیستم کلاسیک نیمه‌متحرک، سیستم لولهٔ چرخدار، سیستم عقربه‌ای، سیستم خطی، سیستم کلاسیک ثابت، سیستم ارابه‌ای و سیستم آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرارگرفت. سیستم‌های عقربه‌ای و خطی در صورتی در اولویت‌بندی قرارمی‌گیرد که مساحت اراضی بالای ۵۰ هکتار باشد. در غیر این صورت باید از فهرست سیستم‌های مناسب برای منطقه حذف شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. درجهٔ تناسب اراضی در سیستم آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. اعمی ازغدی ع.، خراسانی ر.، مکرم م. و معزی ع. (۱۳۸۹) ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی AHP و GIS. آب وخاک. ۲۴(۵): ۹۷۳-۹۸۴.

۲. بی‌نام (۱۳۸۵) مطالعات امکان‌سنجی توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت فشار در استان کرمانشاه، جلد دوم، انتخاب سیستم‌های مناسب در پهنه‌های مستعد. دفتر بهبود و توسعهٔ آبیاری تحت فشار، وزارت جهاد کشاورزی.

۳. بی‌نام (۱۳۸۳a) مطالعات مرحلهٔ اول، طرح شبکهٔ آبیاری و زهکشی جامیشان، جلد چهارم، طرح توسعهٔ آبیاری و زهکشی. مهندسین مشاور آبدان فراز.

۴. بی‌نام (۱۳۸۳b) مطالعات مرحلهٔ دوم سد مخزنی جامیشان. سیمای طرح، مهندسین مشاور آبدان فراز.

۵. حجازی جهرمی ک.، پیرمرادیان ن.، شمس‌نیا ا. و آهنجان م. (۱۳۹۰) بررسی کیفی پتانسیل منابع آب زیرزمینی برای استفادهٔ سیستم‌های آبیاری تحت فشار به کمک مدل‌های زمین آمار (مطالعهٔ موردی: دشت‌های جنوبی استان فارس). پنجمین همایش مهندسی محیط زیست، تهران.

۶. دلبری س.ع. و داودی س.ع. (۱۳۹۱) کاربرد تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی جاذبه‌های توریستی. تحقیق در عملیات و کاربردهای آن. ۹(۲): ۵۷-۷۹.

۷. رمزی م.، خاشعی سیوکی ع. و شهیدی ع. (۱۳۹۳) تعیین مناطق مستعد آبیاری قطره‌ای با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در استان خراسان جنوبی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۸(۶۹): ۲۲۷-۲۳۵.

۸. زبردست ا. (۱۳۸۰) کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. هنرهای زیبا. ۱۰: ۱۳-۲۱.

۹. سیدان س.م. و قدمی‌فیروزآبادی ع. (۱۳۸۵) انتخاب مناسب‌ترین سیستم‌های آبیاری با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی، مطالعهٔ موردی در استان همدان. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۱۹(۴): ۱۷۷-۱۸۳.

۱۰. صدیق‌کیا م.، ناطقی م.ب.، کاویانی کوثرخیزی ش. و نقی‌پور ن. (۱۳۹۳) ارزیابی و جانمایی انواع روش‌های آبیاری با الگوی تحلیل سلسله‌مراتبی در اراضی سازمان اتکا در منطقهٔ دورود. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸(۴): ۷۴۹-۷۵۸.

۱۱. صدیقی ح. و فرزندوحی ج. (۱۳۸۳) بررسی نگرش کشاورزان نسبت به به‌کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان کرمانشاه. علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۳): ۶۷۹-۶۸۸.

۱۲. علیزاده ا. (۱۳۸۵) طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۶۷ صفحه.

۱۳. قائمی‌زاده ف. و اخوان س. (۱۳۹۳) امکان‌سنجی اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر اساس کیفیت آب (مطالعهٔ موردی: دشت‌های استان همدان). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۱(۱): ۶۵-۸۳.

۱۴. قدیری معصوم م.، کریم‌زاده س. و صحنه ب. (۱۳۸۷) مکان‌یابی محل دفن زباله‌های جامد شهری به‌روش تحلیل فضایی معیارهای چند متغیره. فصلنامهٔ سپهر. ۱۷(۶۷): ۳۵-۴۶.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵. قره‌داغی م.م.، معروف‌پور ع.، بابایی خ. و منصوری ف. (۱۳۹۲) پتانسیل‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار با استفاده از سامانهٔ GIS – منطقهٔ مورد مطالعه شبکهٔ آبیاری و زهکشی باباخان. آب و خاک (علوم وصنایع کشاورزی). ۲۷(۶): ۱۱۱۱–۱۱۲۲.

۱۶. مأمن‌پوش ع. و تفنگ‌ساز ر. (۱۳۸۶) مکان‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار به‌کمک سامانه GIS (مطالعهٔ موردی: دشت برخوار اصفهان). مجموعه مقالات اولین سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعهٔ پایدار. ۱: ۹–۱۸.

۱۷. میرزائی تختگاهی ح. (۱۳۸۴) پتانسیل‌یابی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در مناطق مرکزی استان کرمانشاه. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

۱۸. نشاط ع. و نیک‌پور ن. (۱۳۹۰) مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای آبیاری تحت فشار با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعهٔ موردی: دشت کرمان). مهندسی منابع آب. ۴(۸): ۷۷–۸۳.

۱۹. هادی‌زاده ع. (۱۳۸۵) ارائهٔ روشی در گزینش سیستم آبیاری مناسب. مجموعه مقالات همایش مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

20. Aczel J. and Saaty T.L. (1983) Procedures for synthesizing ratio judgments. Mathematical Psychology. 27.1: 93-102.

21. Barberis A. and Minelli S. (2005) Land evaluation in the Shouyang county, Shanxi province, China. 25th Course Professional Master. Nov. 8-Jun. 23, IAO, Florence, Italy.

22. Lee Y. (2006) An empirical analysis of privatization in urban developments. 42nd ISOCarp Congress, pp. 1-10.

23. Lu L., Zhi-Hua Sh., Wei Y., Dun Z., Sai Leung N.G., Chong-Fa C. and A-Lin L. (2009) A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the Danjiangkou reservoir area. China, Ecological Odelling. 220: 3439-3447.

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

25. Saaty T.L. (1980) The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, Inc. New York. USA.

26. Saaty T.L. (1990) Decision making for leaders. RWS Publications. USA.

27. Yang F. (2008) Spatial analyzing system for urban land use management based on GIS and multicriteria assessment modeling. Progress in Natural Sci.,18(10): 1279-1284.

Zi-long L., Yin-hui L., Yong-fu W. and Zhong-xiao G. (2013) The optimal selection of irrigation systems based on the evidence theory. Applied Mechanics and Materials. 405-408: 2194-2200.

www.SID.ir