

مقدمه

در ایران زراعت‌های آبی رکن اساسی کشاورزی را تشکیل می‌دهند. براساس آمارهای موجود وسعت اراضی تحت آبیاری ایران $7/8$ میلیون هکتار می‌باشد که این رقم کشور را در ردیف پنجم کشورهای جهان از نظر وسعت اراضی آبی قرار می‌دهد. باتوجه به قرار گرفتن در اقلیم خشک کمبود آب مهمترین تگنای توسعه کشاورزی کشور به‌شمار می‌آید. میزان تلفات آب در بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگترین مصرف کننده آب حدود ۶۷ درصد است. باتوجه به اینکه دوران استحصال آب‌های ارزان قیمت به پایان رسیده و پتانسیل آبی کشور دیگر پاسخگوی نیازهای روبه رشد تقاضای آب بخصوص در بخش کشاورزی نیست، بهینه‌سازی مصرف آب امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا گسترش سیستم‌های آبیاری بارانی به لحاظ توانمندی بالا در توزیع آب با راندمان قابل توجه، راه- کاری مطمئن برای استفاده بهینه از منابع آب می‌باشد (بردبار و همکاران، ۱۳۸۸). در سال‌های اخیر در کشور با توجه به توسعه روش‌های آبیاری بارانی، تولید و ساخت وسایل و ابزار مختلف آن نیز رونق یافته است. یکی از وسایلی که با تنوع تولید روبه‌رو بوده و شرکت- های داخلی نیز انواع آن را تولید می‌کنند، آبپاش است. باتوجه به تنوع گسترده آبپاش‌های مورد استفاده در آبیاری بارانی لازم است با تغییرات ساده‌ای مانند تغییر فشار سیستم، تغییرات ارتفاع پایه‌های آبپاش، تنظیم فاصله آبپاش‌ها روی لوله‌های جانبی و همچنین فاصله لوله‌های جانبی از یکدیگر (آرایش شبکه)، یکنواختی توزیع آب و عملکرد سیستم آبیاری را بهبود بخشید. روابط مختلفی شامل ضریب یکنواختی کریستیانسن (Christiansen., 1942)، ضریب یکنواختی هارت و رینولدز (Hart and Reynolds., 1965) ضریب یکنواختی مریام و کلر (Merriam and keller.,) 1978 و ضریب یکنواختی کارملی (Karmeli.,) 1997 جهت اندازه‌گیری ضریب یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری بارانی ارائه شده است. ولی (Dabbous. (1962) به روش آماری نشان داد که

ضریب یکنواختی توزیع آب کریستیانسن^۱ (CU) در مقایسه با دیگر روابط، برای اندازه‌گیری مقدار CU از اعتبار بیشتری برخوردار می‌باشد. ضمن اینکه (Solomon. (1979) و Heerman. (1983) نیز بر عمومی بودن و معمول بودن کاربرد ضریب یکنواختی کریستیانسن تاکید نموده‌اند. بر این اساس ضریب یکنواختی کریستیانسن در بسیاری از مطالعات (همچنین در این پژوهش) مبنای ارزیابی یکنواختی توزیع آب قرار گرفته است. باوی و همکاران (۱۳۸۷) به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف فشارکارکرد، فواصل و آرایش آبپاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی نشان دادند که با افزایش فشار کارکرد، ضریب یکنواختی توزیع کریستیانسن به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد (افزایش فشار از ۳۵ متر به ۴۰ متر، ضریب یکنواختی توزیع آب را در مقایسه با افزایش فشار کارکرد از ۴۰ به ۴۵ متر بیشتر افزایش می‌دهد). همچنین با افزایش نسبت فواصل آبپاش‌ها به شعاع پاشش، ضریب یکنواختی کاهش یافته و آرایش مربعی و مستطیلی به ترتیب حداکثر و حداقل ضریب یکنواختی توزیع آب را به همراه داشته‌اند. Fukui et al. (1980) نشان دادند که حداکثر ضریب یکنواختی توزیع آب در آرایش مثلثی و در فواصل کمتر آبپاش‌ها از هم حاصل می‌گردد. Keller and Bliesner. (1990) دریافتند در فشار کم، به دلیل ریزش بیشتر آب در فواصل نزدیک به آبپاش و در فشار بالا، به دلیل تولید قطرات ریزتر و حساس‌تر به باد، ضریب یکنواختی کاهش می‌یابد. Montero et al. (2003) نتیجه گرفتند که فشار کارکرد، اصلی‌ترین عامل سیستمی موثر بر توزیع آب در آبیاری بارانی است. OSEI. (2009) میانگین ضریب یکنواختی توزیع آب را در فواصل ۱۲ در ۱۲ و ۱۸ در ۱۸ متر به ترتیب برابر ۹۱ درصد و ۸۷ درصد بدست آورد. Ahaneku. (2010) میانگین ضریب یکنواختی توزیع آب یک آبپاش جدید را ۸۶ درصد بدست آورد. اندازه‌گیری (CU) در آبیاری بارانی ثابت از روی نتایج یک آبپاش منفرد باتوجه به در نظر گرفتن همپوشانی آبپاش‌های

1- Christiansen's Uniformity

Bhattacharya (2003)، رابطه دبی- اشل رودخانه‌ها (and Solomatine., 2006)، مدلسازی تبخیر و تعرق پتانسیل (Pal and Deswal., 2009)، محاسبه ارتفاع موج در سواحل (Etemad Shahidi and Mahjubi., 2009) و بسیاری موارد دیگر استفاده شده است. یکی از روش‌های غیر پارامتریک که اخیراً در بسیاری از علوم از جمله هیدرولوژی (Yates., 2003؛ Clark., 2004)، علوم مرتبط به خاک (حق وردی و همکاران، ۱۳۸۹؛ ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۱؛ جلالی و همایی، ۱۳۹۲)، هواشناسی (Rajagopalan and Lall., 1999؛ کابلی و همکاران، ۱۳۹۱) و سایر علوم کاربرد چشمگیری یافته است روش K نزدیکترین همسایگی (K-NN) است. این روش مبتنی بر الگوشناسی و استفاده از اصل تشابه و نزدیکی داده‌ها است. چنین رویکردی در تخمین ویژگی مورد نظر، هنگامی که نوع رابطه بین داده‌های ورودی و خروجی روشن نباشد از سودمندی بیشتری برخوردار است (Lall and Sharma., 1993؛ Yakowitz., 1996). قزلباش و همکاران (۱۳۹۳) از دو روش برنامه‌ریزی بیان ژن^۴ و شبکه عصبی مصنوعی^۵ جهت برآورد ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی، درمقادیر مختلف فشار کارکرد، ارتفاع پایه آبپاش، فاصله آبپاش‌ها روی لوله جانبی و فاصله لوله‌های جانبی از یکدیگر استفاده کردند و کارایی بالای این روش‌ها را در مدلسازی تأیید نمودند.

با بررسی منابع و مطالعات انجام شده، مشخص گردید تاکنون پژوهشی در خصوص به‌کارگیری روش-های داده‌کاوی جهت تخمین ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی انجام نگرفته است. لذا این پژوهش باهدف بررسی عملکرد مدل درختی M5 در برآورد CU، انجام گردید و نتایج حاصل با عملکرد مدل K-NN مورد مقایسه قرار گرفت.

مجاور و در مقادیر مختلف فشار کارکرد آبپاش (P)، ارتفاع پایه آبپاش (Hr)، فاصله آبپاش‌ها روی لوله‌های جانبی (Si) و فاصله لوله‌های جانبی از یکدیگر (Sm) کاری وقتگیر می‌باشد و به دلیل تخصصی بودن از عهده زارعین و کاربران خارج است. ضمن اینکه مقدار CU حاصل از هر آبپاش، در مقادیر مختلف فشار کارکرد، ارتفاع پایه آبپاش و آرایش آبپاش‌ها تغییر می‌یابد. بنابراین ضروری است در وضعیت‌های مختلف از پارامترهای ذکر شده (که تعداد آزمایشات را نیز به تعداد بسیار زیاد افزایش می‌دهد)، مقدار CU اندازه‌گیری شود تا شرایط مناسب برای حصول حداکثر یکنواختی از هر آبپاش جهت توصیه به زارعین مهیا شود. به همین دلیل استفاده از روش‌هایی که قادر باشند مقادیر ضریب یکنواختی را با دقتی قابل قبول، محاسبات کمتر و در زمانی کوتاه‌تر در شرایط مختلف تخمین بزنند، ضروری به نظر می‌رسد.

داده‌کاوی^۱ فرآیندی است که ابزارهای مختلف تحلیل داده را به‌کار می‌گیرد تا الگوها و روابط فیزیکی بین متغیرها در مجموعه داده‌های مختلف کشف شود (Corporation., 2005). تفاوت اصولی که بین داده-کاوی و آمار وجود دارد این است که داده‌کاوی یک رهیافت بدون پیش‌فرض است، درحالی که بیشتر تکنیک‌های آماری معمول نیاز به پیش‌فرض دارند و آماردان‌ها در جستجوی معادلاتی برای تطبیق با پیش‌فرض‌ها هستند، اما الگوریتم‌های داده‌کاوی می‌توانند این معادلات را به طور خودکار از اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها توسعه دهند (Cabena al., 1998). با توجه به توسعه روزافزون روش‌های مبتنی بر داده‌کاوی (به‌ویژه مدل درخت تصمیم M5^۲ و روش غیر پارامتریک K - نزدیکترین همسایگی^۳) این روش‌ها تاکنون کاربرد گسترده‌ای در حل مسایل اساسی مهندسی آب و هیدرولیک داشته‌اند. از مدل M5 تاکنون در حل مسایل مختلف مهندسی نظیر مدلسازی فرآیند بارش- رواناب (Solomatin and Dulal.,

^۱ -Data Mining

^۲-Decision Tree Model M5

^۳- K- Nearest Neighbor Algorithm

4- Gene Expression Programming (GEP)

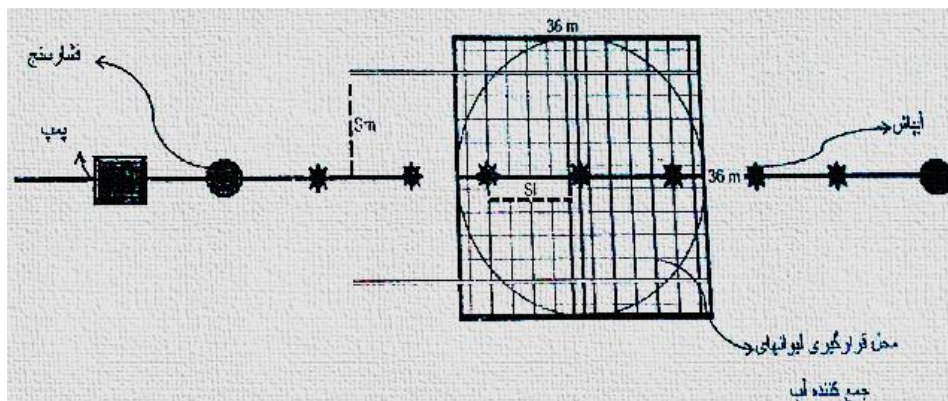
5- Artificial Neural Network (ANN)

مواد و روش‌ها

جمع آوری داده‌های طرح

این طرح در ایستگاه تحقیقات کشاورزی هاشم‌آباد شهر گرگان وابسته به موسسه تحقیقات پنبه کشور، واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی انجام شد. در این پژوهش از یک موتور پمپ لیستر گازوئیلی جهت تأمین فشار استفاده گردید. به لوله رانش پمپ یاده شده یک لوله فرعی به طول ۷۲ متر از جنس آلومینیوم به قطر ۳ اینچ متصل شد. بر روی این لوله که انتهای آن با یک درپوش انتهایی مسدود شده بود، آبپاش‌های مورد مطالعه (آبپاش AQUA مدل AQ-20 دونازله، دوطرفه و تمام‌دور ساخت کشور ایتالیا و همچنین آبپاش AKONA مدل KA-6 دونازله، یک‌طرفه و تمام‌دور ساخت کشور ترکیه) به فاصله ۱۸ متری انتها لوله بر روی پایه آبپاش نصب گردید. برای تنظیم و کنترل فشار کارکرد آبپاش از شیر فلکه‌ای که بر روی لوله رانش پمپ قرار داشت، استفاده گردید. در ضمن آب مازاد بر نیاز آبپاش و در حال جریان در لوله فرعی، از طریق آبپاش‌هایی که در انتهای لوله فرعی و در فاصله ۳۵ متری از آبپاش مورد مطالعه قرار داده شده بودند، خارج می‌شد. در نتیجه آب خروجی از آبپاش‌های انتهایی هیچ‌گونه هم‌پوشانی با محدوده پاشش آبپاش مورد مطالعه ایجاد نمی‌کرد. در این پژوهش برای تعیین شدت پاشش از لیوان‌های آلومینیومی لبه‌تیز به قطر ۱۰/۶۸ سانتیمتر و یک شبکه مربعی شکل به ابعاد ۳×۳ متر در اطراف آبپاش تحت مطالعه استفاده گردید. باتوجه به حداکثر شعاع پاشش آبپاش در تیمارهای فشار مورد نظر، تعداد ۱۴۴ قوطی در یک شبکه مربعی شکل تا فاصله ۱۸ متر در اطراف آبپاش چیده شد. بنابراین لیوان‌های جمع‌کننده آب در ۱۲ ردیف به موازات لوله فرعی قرار گرفتند به گونه‌ای که فاصله لیوان‌ها روی ردیف‌ها و همچنین فاصله ردیف‌ها از هم ۳ متر در نظر گرفته شد. به این ترتیب هر لیوان در مرکز یک شبکه ۳×۳ متری قرار گرفت. در شکل (۱) شمای کلی طرح نشان داده شده است. برای تعیین حجم آب داخل لیوان‌ها از یک استوانه مدرج

استفاده شد. دبی آبپاش نیز به طریق حجمی و زمانی تعیین شد. از زمان روشن شدن موتور تا ثابت شدن دبی و تنظیم فشار آبپاش از طریق شیر فلکه لوله رانش، سطلی بر روی آبپاش قرار داده شده و به محض ثابت شدن فشار، سطل از روی آبپاش برداشته و به مدت تقریبی ۱ تا ۱/۵ ساعت آزمایش ادامه یافت. Fukui et al. (1980) اعلام داشتند که اثر بادهای آرام (بادهایی با سرعت کمتر از ۲ متر بر ثانیه) بر ضریب یکنواختی، ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است. بر این اساس کلیه اندازه‌گیری‌ها در شرایط باد آرام انجام شده است. باتوجه به نزدیکی محل آزمایش به ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان (۲۰۰ متری) از آمار باد این ایستگاه استفاده گردید. در این پروژه فشار نازل در نقطه‌ای که جت آب در نازل اصلی (نازل بزرگتر) فشرده می‌شود از طریق یک فشارسنج همراه با یک لوله پیتو اندازه‌گیری شد. بعد از ۱ تا ۱/۵ ساعت پاشش آب در داخل لیوان‌ها، پمپ خاموش و حجم آب داخل هر لیوان قرائت گردید. سپس حجم آب داخل هر لیوان با توجه به قطر لبه بالایی لیوان به عمق معادل تبدیل شد و در نهایت با فرض یکسان بودن آبپاش‌ها و لوله‌های فرعی و مشابه-سازی عمق آب داخل لیوان‌ها در حالت‌های مختلف S_1 و S_m ، ضریب یکنواختی توزیع آب کریستیانسن برای تیمارهای مختلف ارتفاع پایه آبپاش و فشار کارکرد آبپاش اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که برای منظور نمودن اثر تبخیر بر عمق آب داخل لیوان‌ها تعداد ۴ لیوان حاوی ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر آب در هر نوبت آزمایش در مجاورت طرح قرار داده شد و در صورت تبخیر، مقدار آب تبخیر شده با توجه به عمق آب باقی مانده در این لیوان‌ها و لیوان‌های تحت آزمایش به لیوان‌های تحت آزمایش اضافه گردید (فرزاد منش، ۱۳۹۱). در این پژوهش مقدار CU در ۴ تیمار فشار کارکرد، ۱۶ تیمار فواصل آبپاش‌ها، ۴ تیمار ارتفاع پایه آبپاش و ۳ تیمار آرایش آبپاش‌ها (مربعی، مستطیلی و مثلثی) اندازه‌گیری گردید. تیمارهای مختلف فشار کارکرد، فواصل آبپاش‌ها، ارتفاع آبپاش‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): شمای کلی طرح

جدول (۱): تیمارهای مختلف فشار کارکرد، ارتفاع پایه آبیاش و فواصل آبیاشها

ارتفاع پایه آبیاشها (سانتیمتر)	آرایش شبکه آبیاشها (متر)	فشار کارکرد آبیاش (اتمسفر)
۶۰	۱۸×۹، ۱۸×۱۲، ۱۸×۱۵، ۱۸×۱۸	۲
۹۰	۱۵×۱۸، ۱۵×۱۵، ۱۵×۱۲، ۱۵×۹	۲/۵
۱۲۰	۱۲×۱۸، ۱۲×۱۵، ۱۲×۱۲، ۱۲×۹	۳
۱۵۰	۹×۱۸، ۹×۱۵، ۹×۱۲، ۹×۹	۳/۵

نشوند. در صورت امکان، شناسایی محدوده‌های همگن و ارائه روابط ساده خطی برای هریک از این محدوده‌ها می‌تواند باعث افزایش دقت مدل شود. بر این اساس معمولاً برای حل مسائل پیچیده، آن را به چند مساله کوچک‌تر و ساده‌تر تقسیم نموده و سپس جواب‌های به‌دست‌آمده را باهم ترکیب می‌کنند. همین ایده در مدل‌های درخت تصمیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این منظور فضا یا محدوده مقادیر داده‌های ورودی به چند زیر بازه یا ناحیه تقسیم شده و برای هر ناحیه یک معادله مناسب استخراج می‌شود (Bhattacharya and Solomatine., 2006). درخت‌های تصمیم روشی برای نمایش مجموعه‌ای از قوانین هستند که منتهی به یک رده یا مقدار می‌شوند. درختان تصمیم به‌کمک

جهت اندازه‌گیری ضریب یکنواختی کریستیانسن (Christiansen., 1942) از رابطه (۱) استفاده شد که در این رابطه X_i عمق آب معادل جمع شده در هر لیوان، X_{mean} میانگین عمق آب معادل جمع شده در لیوان‌ها و n تعداد کل لیوان‌ها است.

$$CU=1-\sum_{i=1}^n \frac{X_i-X_{mean}}{n \times X_{mean}} \quad (1)$$

مدل درخت تصمیم M5

در مدل‌سازی پدیده‌ها، وجود شرایط محلی ممکن است باعث شود تا استفاده از یک رابطه کلی نتایج خوبی به‌همراه نداشته باشد و تغییرات محلی به‌خوبی دیده

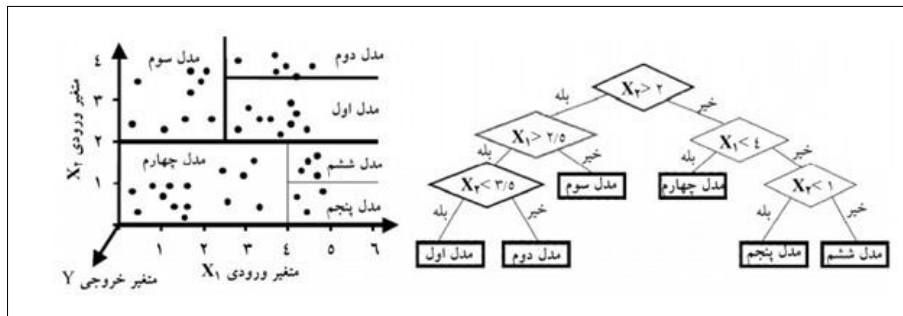
برگ انجام می‌شود. بنابراین، مرحله دوم در طراحی مدل درختی شامل هرس نمودن درخت رشد یافته و جایگزینی درختان فرعی با توابع رگرسیونی خطی است. این تکنیک تولید مدل درختی، فضای پارامترهای ورودی را به نواحی یا زیر فضاهای کوچک‌تر تقسیم نموده و در هر کدام از آنها، یک مدل رگرسیونی خطی برازش می‌دهد. بعد از اینکه مدل خطی بدست آمد برای کمینه کردن خطای تخمین با حذف کردن پارامترها، ساده‌سازی مدل انجام می‌شود. در مدل M5 از یک جستجوی حریصانه برای حذف متغیرهایی که مشارکت کمی در مدل دارند، استفاده می‌شود. البته گاهی اوقات همه متغیرها حذف شده و فقط یک مقدار ثابت باقی می‌ماند (ظهیری و قربانی، ۱۳۹۲). بعد از عملیات هرس کردن، ناپیوستگی زیادی بین مدل‌های خطی مجاور در برگهای درخت هرس شده ایجاد می‌شود. در فرآیند هموارسازی، مدل نهائی در یک برگ از ترکیب کردن مدل به دست آمده در آن برگ با مدل‌های موجود در مسیر ریشه تا برگ مربوطه، به دست می‌آید. مطالعات انجام شده توسط Wang. (1997) نشان داده است که هموارسازی به میزان زیادی دقت پیش‌بینی‌ها را بهبود می‌بخشد. شکل (۲) نحوه عملکرد مدل درخت تصمیم M5 برای یک مساله فرضی ارائه شده است. هر مدل نشان‌دهنده یک معادله رگرسیونی خطی می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر $X_1 > 2$ و $X_2 > 2$ باشند، آنگاه مدل سوم به فرم $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$ مورد استفاده قرار می‌گیرد (ظهیری و قربانی، ۱۳۹۲).

جداسازی متوالی داده‌ها به یک سری گروه مجزا تشکیل شده و سعی می‌شود در فرآیند جداسازی، فاصله بین گروه‌ها افزایش یابد. ساختار یک مدل درختی شامل ریشه، گره‌های داخلی و برگ می‌باشد. از مدل‌های درخت تصمیم در حل بسیاری از مسائل طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده شده است. برای اولین بار Quinlan. (1992) مدل درخت تصمیم موسوم به M5 را برای پیش‌بینی داده‌های پیوسته ارائه نمود. این مدل، برخلاف مدل‌های درخت تصمیم معمول که کلاس یا رده‌های گسسته را به عنوان خروجی ارائه می‌نمایند، یک مدل خطی چند متغیره را برای داده‌ها در هر گره از مدل درختی می‌سازد. تشکیل ساختار مدل درخت تصمیم‌گیری شامل مراحل ایجاد درخت و هرس کردن آن است (Quinlan., 1992؛ Witten and Frank., 2005). در مرحله ساختن درخت از یک الگوریتم استنتاجی یا معیار تقسیم (انشعاب) برای تولید یک درخت تصمیم استفاده می‌شود. معیار تقسیم برای الگوریتم مدل M5، ارزیابی انحراف معیار مقادیر کلاسی است که به‌عنوان کمیتی از خطا به یک‌گره می‌رسد و کاهش مورد انتظار در این خطا را به‌عنوان نتیجه‌ی آزمون هر صفت در آن گره محاسبه می‌نماید. کاهش انحراف معیار^۱ (SDR) از رابطه (۲) بدست می‌-

$$\text{آید: (۲)} \quad \text{SDR} = \text{sd}(T) - \sum \frac{|T_i|}{|T|} \text{sd}(T_i)$$

که در این رابطه T بیانگر یک سری نمونه‌هایی است که به‌گره می‌رسد، T_i بیانگر نمونه‌هایی است که i امین خروجی سری پتانسیلی را دارند و sd بیانگر انحراف معیار است. به‌دلیل فرآیند انشعاب، داده‌های قرارگرفته در گره‌های فرزند، انحراف معیار کمتری نسبت به گره مادر داشته در نتیجه خالص‌تر هستند. پس از حداکثرسازی تمامی انشعاب‌های ممکن، M5 صفتی را انتخاب می‌کند که کاهش مورد انتظار را بیشینه نماید. این تقسیم اغلب ساختار شبه‌درختی بزرگی را تشکیل می‌دهد که باعث بیش‌برازش می‌گردد. برای غلبه بر مسئله‌ی بیش‌برازش، درخت تشکیل شده بایستی هرس شود. این کار با جایگزینی یک درخت فرعی با یک

^۱ Standard Deviation Reduction



شکل (۲): عملکرد مدل درخت تصمیم M5. الف) تقسیم فضای پارامترهای ورودی ($X_1 \times X_2$) به ۶ ناحیه. ب) بیان معیار تقسیم فضای پارامترهای ورودی به صورت درختی

برای تخمین عناصر هدف استفاده نمی‌کند. الگوریتم K-NN به گروه موسوم به الگوریتم‌های یادگیرنده تنبلی^۴ تعلق دارد و داده‌ها را به گونه‌ای ذخیره می‌نماید که تازمانی که دسترسی برای برآورد جدید نباشد، فرایند آموزش روی این داده‌ها انجام نخواهد شد. در این تکنیک، تعداد بهینه‌ای از نمونه‌های موجود در یک مجموعه که دارای شبیه‌ترین ویژگی‌ها به نمونه هدف باشند (K) در نظر گرفته می‌شود و سپس جایابی و طبقه‌بندی عنصر هدف در این مجموعه از داده‌ها، با تعیین فاصله و سپس وزن‌دهی عناصر آموزش دهنده صورت می‌پذیرد. دو عامل مهم در به‌کارگیری روش K-NN، انتخاب بهترین تعداد همسایگی‌ها (K) و انتخاب تابع فاصله‌سنجی می‌باشد. در انجام پیش‌بینی‌ها توسط K-NN استفاده از تابع فاصله‌سنجی اقلیدسی وزن‌دار شده^۵ بسیار معمول است، که بیان ریاضی این تابع در رابطه (۳) ارائه شده است که در این رابطه d_{im} فاصله بردار D_i از بردار D_m ، v_j زمین مولفه بردار D_j و w_j وزن بردار مورد نظر می‌باشد (Nemes et al., 2008).

$$d_{im} = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (v_{ij} - v_{mj})^2} \quad (3)$$

جهت انتخاب داده‌های بخش آموزش و آزمون از همان تقسیم‌بندی مدل M5 به‌عنوان روش مبنا استفاده

پس از استخراج داده‌های ضریب‌یکنواختی و تشکیل بانک اطلاعاتی داده‌های هر یک از دو آبپاش به طور جداگانه به دو گروه آموزش (۷۰ درصد داده‌ها) و آزمون یا صحت‌سنجی (۳۰ درصد داده‌ها) تفکیک شدند، ضریب‌یکنواختی کریستیانسن (CU) به عنوان متغیر وابسته و پارامترهای فشار کارکرد آبپاش (P)، ارتفاع پایه آبپاش (Hr)، فاصله آبپاش‌ها روی لوله‌های جانبی (Si) و فاصله لوله‌های جانبی از یکدیگر (Sm) به‌عنوان متغیرهای مستقل، وارد مدل درختی M5 شدند. به این منظور ابتدا مدل M5 در نرم‌افزار WEKA 3.6 ساخته شد. برای انتخاب کلیه پارامترها موثر در ساخت مدل درختی از مقادیر پیش‌فرض نرم‌افزار استفاده شد و برخی از عوامل نظیر نرخ هرس^۱، گزینه هموارسازی^۲ و تعداد نمونه‌ها^۳ با فرآیند بهینه‌سازی جهت دستیابی به بالاترین نتیجه انتخاب شدند.

مدل K- نزدیکترین همسایگی

به‌طور کلی روش K نزدیکترین همسایگی (K-NN) روشی برای طبقه‌بندی یک‌عنصر در یک مجموعه است که این‌کار را براساس نزدیکترین خصوصیات سایر اعضای موجود در مجموعه (نمونه‌های آموزش‌دهنده) انجام می‌دهد. این روش دارای یکی از ساده‌ترین الگوریتم‌های آموزش برای پیش‌بینی داده‌ها است و از هیچ تابع ریاضی از پیش مشخص شده‌ای

^۱- Pruning Factor

^۲- Smoothing option

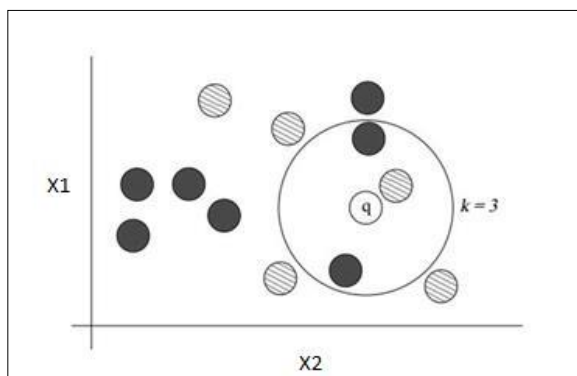
^۳- Number Instances

^۴-Lazy Learning Algorithms

^۵-Weighted Euclidean

افزار استفاده شد. از میان توابع مختلف فاصله‌سنجی، از تابع اقلیدسی وزن‌دار شده به دلیل عمومیت و توصیه محققین استفاده شد.

شد. تمامی محاسبات مربوط به روش K-NN در نرم-افزار WEKA 3.6 انجام شد. برای انتخاب کلیه پارامترها موثر در ساخت مدل از مقادیر پیش‌فرض نرم-



شکل (۳): نمونه‌ای از یک طبقه‌بندی انجام شده به روش K-NN با تعداد ۳ همسایگی

معیارهای ارزیابی مدل‌سازی

یکی از معمول‌ترین شاخص‌های آماری که برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد ضریب همبستگی پیرسون (R) می‌باشد که بیان ریاضی این شاخص در رابطه (۴) ارائه شده است. با این حال باید توجه داشت که ضریب همبستگی نمی‌تواند به تنهایی شاخص مناسبی برای ارزیابی مدل باشد. زیرا ممکن است در یک مدل فرضی مقادیر پیش‌بینی و مشاهده شده دارای اختلافی فاحش باشند ولی این اشتباهات به گونه‌ای باشد که از یک روند یکنواخت پیروی نماید. بنابراین اگرچه ضریب همبستگی به خوبی نشان‌دهنده میزان هماهنگی روند تغییرات مقادیر مشاهده شده نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد اما گویای تطابق آنها نیست (قربانی و همکاران، ۲۰۰۹). شاخص-های کمی دیگری که می‌توان در برآورد دقت مدل از آنها استفاده نمود عبارتند از آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا (رابطه ۵)، میانگین قدر مطلق خطا (رابطه ۶) و قابلیت اعتماد مدل (رابطه ۷) بیان ریاضی آماره-های نام برده به صورت زیر است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (6)$$

$$MC = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_{mean})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{mean})^2} \quad (7)$$

در روابط فوق، x_i داده‌های اندازه‌گیری شده، y_i داده-های شبیه‌سازی شده، x_{mean} و y_{mean} به ترتیب میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده، شبیه‌سازی شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

نتایج و بحث

مقدار ضریب یکنواختی کریستیانسن با استفاده از اطلاعات حاصل از آزمایشات صحرائی برای کلیه تیمارهای فشارکارکرد، ارتفاع پایه آبپاش و آرایش شبکه آبپاش به روش مذکور برداشت و محاسبه گردید. در نهایت برای هر دو نوع آبپاش به طور جداگانه تعداد ۵۲۰ داده یکنواختی بدست آمد. در جدول (۲) نمونه-ای از یکنواختی‌های اندازه‌گیری شده ارائه شده است.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{mean})(y_i - y_{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{mean})^2 (y_i - y_{mean})^2}} \quad (4)$$

جدول (۲): نمونه ای از یکنواختی‌های اندازه‌گیری شده (بر حسب

درصد) در تیمارهای مختلف فشار کارکرد، ارتفاع پایه آبیاش و فواصل آبیاش‌ها

فواصل آبیاش بر حسب متر (S _L × S _m)				ارتفاع پایه آبیاش (سانتیمتر)	فشار (اتمسفر)
۹×۱۸	۹×۱۵	۹×۱۲	۹×۹		
۸۰/۶	۹۳/۱	۹۲/۷	۸۸/۹	۶۰	۲
۸۶/۱	۹۳/۶	۹۲/۵	۹۴/۸	۱۵۰	
۸۱/۴	۸۸/۲	۹۰/۵	۹۴/۷	۶۰	۲/۵
۸۳/۹	۹۱/۶	۹۲/۸	۹۲/۷	۱۵۰	
۸۶	۹۲/۳	۹۳/۸	۹۵/۶	۶۰	۳
۸۰	۹۳/۳	۹۳/۵	۹۴	۱۵۰	
۸۱/۷	۸۹/۴	۹۱/۹	۹۶/۱	۶۰	۳/۵
۸۷/۳	۹۱/۸	۹۳/۶	۹۶	۱۵۰	

ذکر شده در جدول (۳) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری بین یکنواختی‌های بدست‌آمده توسط دو نوع آبیاش وجود ندارد و عملکرد آبیاش‌ها از این لحاظ همسان بوده است.

ارزیابی آماری داده‌ها

جهت ارزیابی عملکرد دو نوع آبیاش در محاسبه CU با استفاده از نرم‌افزار spss 16.0 ، آزمون t- student برای مقایسه میانگین‌ها و آزمون Levene جهت مقایسه واریانس‌ها انجام شد. با توجه به نتایج

جدول (۳): نتایج آزمون مقایسه میانگین و برابری واریانس‌ها

آزمون Levene		آزمون t-student		
آماره واریانس	سطح معنی‌داری	درجه آزادی	آماره آزمون	سطح معنی‌داری
برابر	۰/۱۳۹	۱۰۱۸	-۰/۱۰۵	۰/۹۱۶*
				خطای معیار
				اختلاف میانگین
				۰/۰۰۵۸
				-۰/۰۰۰۶

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

تعدد روابط از ارائه آنها به‌طور کامل خودداری شده و تنها بخشی از محاسبات روش M5 در مورد یک مدل از آبیاش‌های مورد مطالعه در شکل (۴) به عنوان نمونه ارائه گردیده است. که رابطه‌های اشاره شده در مدل درختی در شکل قبل به ترتیب در شکل (۵) نشان داده شده است.

نتایج مدل M5 و K-NN

برای استخراج معادلات خطی مدل M5 آبیاش‌های مورد مطالعه، داده‌های هر یک از دو آبیاش به‌طور جداگانه به دو گروه آموزش و آزمون یا صحت‌سنجی تفکیک شدند. برای هر کدام از آبیاش‌ها مورد بحث تعداد ۳۶ قانون بدست آمد که به‌دلیل طولانی بودن و

```

sl <= 16.5 :
| sm <= 16.5 :
| | sl <= 10.5 :
| | | sm <= 10.5 :
| | | | p <= 2.75 : LM1
| | | | p > 2.75 : LM2
| | | sm > 10.5 :
| | | | h <= 1.05 :
| | | | | p <= 2.25 : LM3
| | | | | p > 2.25 :
| | | | | | p <= 2.75 : LM4
| | | | | | p > 2.75 : LM5
| | | | h > 1.05 :
| | | | | p <= 2.75 : LM6
| | | | | p > 2.75 : LM7
| | sl > 10.5 :
| | | sm <= 10.5 :
| | | | sl <= 13.5 :
| | | | | h <= 1.05 : LM8
| | | | | h > 1.05 : LM9
| | | | sl > 13.5 :
| | | | | p <= 2.75 : LM10
| | | | | p > 2.75 : LM11
| | | sm > 10.5 :
| | | | sm <= 13.5 :
| | | | | h <= 1.05 :
| | | | | | h <= 0.75 : LM12
| | | | | | h > 0.75 : LM13
| | | | | h > 1.05 :
| | | | | | sl <= 13.5 : LM14
| | | | | | sl > 13.5 : LM15

```

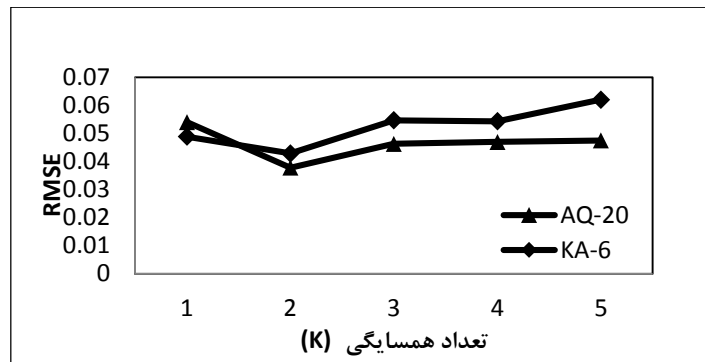
شکل (۴): بخشی از مدل درختی M5 برای محاسبه ضریب یکنواختی آبپاش AQ-20 به صورت تابعی از پارامترهای ورودی آن

LM num: 1	$cu = 0.0103 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.005 * sm + 0.962$
LM num: 2	$cu = 0.01 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.005 * sm + 0.9699$
LM num: 3	$cu = 0.0016 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.0043 * sm + 0.9585$
LM num: 4	$cu = 0.0016 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.0043 * sm + 0.9565$
LM num: 5	$cu = 0.0016 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.0043 * sm + 0.9578$
LM num: 6	$cu = 0.0016 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.0043 * sm + 0.962$
LM num: 7	$cu = 0.0016 * p + 0.0057 * h - 0.0032 * sl - 0.0043 * sm + 0.9637$
LM num: 8	$cu = -0.0005 * p + 0.0195 * h - 0.0039 * sl - 0.0042 * sm + 0.9446$
LM num: 9	$cu = -0.0005 * p + 0.0214 * h - 0.0039 * sl - 0.0042 * sm + 0.9474$
LM num: 10	$cu = -0.0005 * p + 0.0089 * h - 0.0039 * sl - 0.0042 * sm + 0.9526$
LM num: 11	$cu = -0.0005 * p + 0.0089 * h - 0.0039 * sl - 0.0042 * sm + 0.952$
LM num: 12	$cu = -0.0005 * p + 0.0069 * h - 0.0049 * sl - 0.0054 * sm + 0.9663$
LM num: 13	$cu = -0.0005 * p + 0.0069 * h - 0.0049 * sl - 0.0054 * sm + 0.9639$
LM num: 14	$cu = -0.0005 * p + 0.0069 * h - 0.0049 * sl - 0.0054 * sm + 0.9741$
LM num: 15	$cu = -0.0005 * p + 0.0069 * h - 0.0049 * sl - 0.0054 * sm + 0.9729$

شکل (۵): بخشی از روابط به دست آمده توسط مدل درختی M5 برای آبپاش AQ-20

شد. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل (۶) در K برابر ۲ خطای تخمین‌ها به حداقل میزان خود رسید و براین اساس تعداد ۲ همسایگی برای هر دو نوع آبپاش انتخاب شد.

در این پژوهش، مدل‌های گوناگون مدل K- نزدیکترین همسایگی برای آبپاش‌های AQ-20 و KA-6 با همان ترکیبات ورودی مدل M5 در نرم‌افزار WEKA 3.6 ایجاد شدند. جهت انتخاب بهترین تعداد همسایگی از معیار ریشه میانگین مربعات خطا استفاده



شکل (۶): انتخاب بهترین تعداد همسایگی در مدل K-NN به تفکیک نوع آبپاش

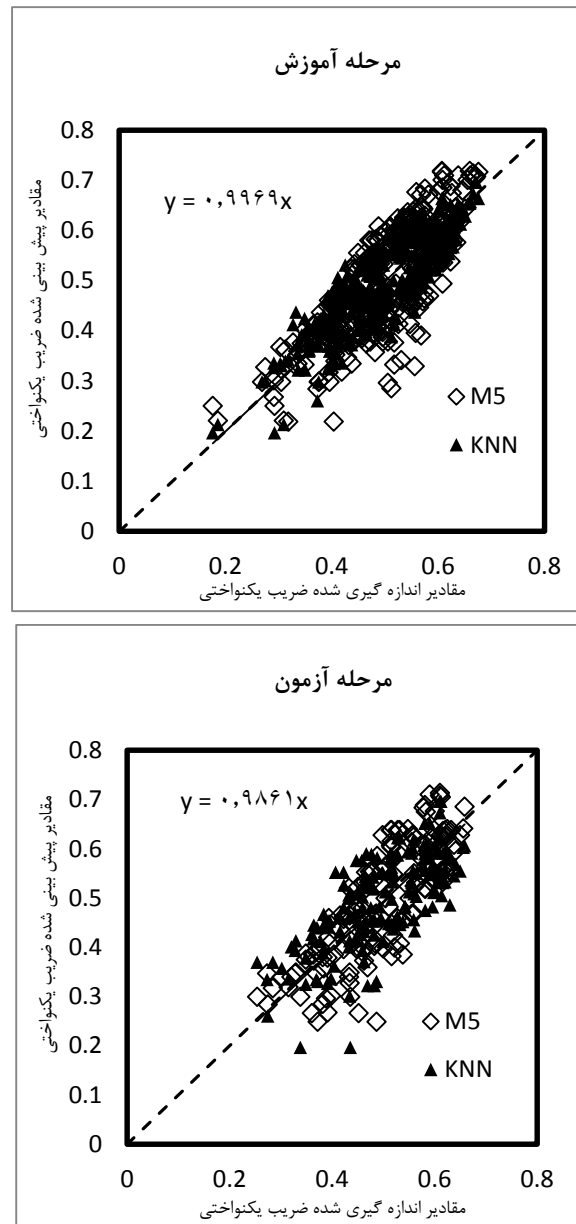
قابلیت مدل درختی M5 در ارائه روابط طبقه‌بندی شده برای تخمین ضریب یکنواختی در شرایط مختلف از پارامترهای ورودی جنبه کاربردی این مدل بیشتر است.

جهت مقایسه بهتر هر دو روش، در شکل‌های (۷) و (۸) ضریب یکنواختی اندازه‌گیری شده و ضریب یکنواختی تخمین زده شده توسط مدل‌ها در مراحل آموزش و آزمون، به تفکیک نوع آبپاش ارائه شده‌است. بررسی شکل‌ها نشان می‌دهد که خطا در این مراحل کم بوده و نتایج این مدل‌ها به طور قرینه پیرامون خط ۱:۱ توزیع شده‌اند.

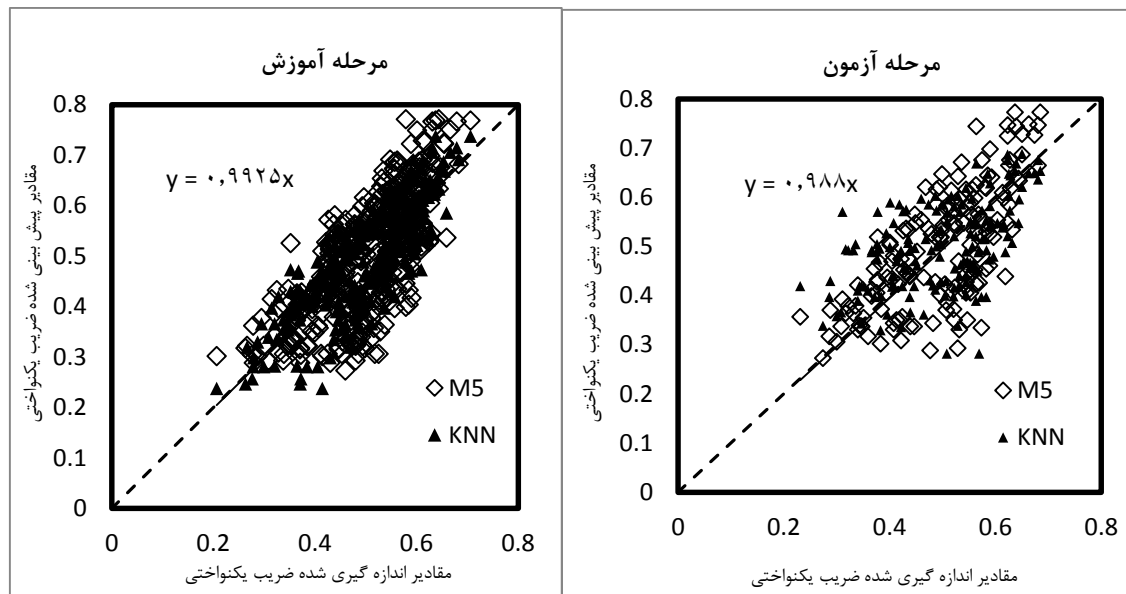
به منظور مقایسه دو روش درخت تصمیم M5 و مدل K-NN نزدیکترین همسایگی در برآورد ضریب یکنواختی شاخص‌های ارزیابی مختلفی محاسبه و در جدول (۴) ارائه شده‌است. نتایج حاکی از آن است که مدل K-NN در آبپاش AQ-20 با آماره‌های R، RMSE و MAE به ترتیب برابر ۰/۸۱۳، ۰/۰۵۶۲ و ۰/۰۴۷۶ و در آبپاش KA-6 با آماره‌های R، RMSE، MAE به ترتیب برابر ۰/۷۱۸، ۰/۰۷۱۶ و ۰/۰۵۷۷ به طور نسبی عملکرد بهتری در مقایسه با روش M5 دارد. علاوه بر این مقادیر قابل قبول قابلیت اعتماد مدل (مقادیر نزدیک به ۱ MC) بیانگر دقت مناسب هر دو روش در برآورد ضریب یکنواختی است. اما با توجه به

جدول (۴): نتایج کلی مدل‌سازی توسط مدل‌های K-NN و M5 به تفکیک نوع آبپاش

نوع آبپاش	مدل	R	RMSE	MAE	MC
AQ-20	K-NN	۰/۸۱۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۴۷۶	۰/۹۹
	M5	۰/۸	۰/۰۶۸۱	۰/۰۵۵۹	۱/۵۲
KA-6	K-NN	۰/۷۱۸	۰/۰۷۱۶	۰/۰۵۷۷	۱/۰۶۵
	M5	۰/۷۱۲	۰/۰۸۶	۰/۰۷۱۵	۱/۶۹



شکل (۷): نمودار پراکندگی داده‌های نرمال مشاهداتی و محاسباتی آبیاش AQ-20 در بهینه‌ترین حالت اجرای مدل‌های K-NN و



شکل (۸): نمودار پراکندگی داده‌های نرمال مشاهده‌ای و محاسباتی آبیاش KA-6 در بهینه‌ترین حالت اجرای مدل‌های K-NN و M5

پارامترهای ورودی، جنبه کاربردی این مدل بیشتر است. باتوجه به این که هر نوع آبیاش پروفیل پاششی خاص خود را دارد که به اندازه نازل و فشارکارکرد وابسته است، بنابراین لازم به ذکر است که نتایج حاصل از این پژوهش تنها درمورد آبیاش‌های موردبحث (آبیاش AQUA مدل AQ-20 ساخت کشور ایتالیا و همچنین آبیاش AKONA مدل KA-6 ساخت کشور ترکیه) قابل استفاد بوده و ضمن امتناع از تعمیم آن به دیگر آبیاش‌ها باید برای هر نوع آبیاش رابطه‌ای جداگانه استخراج شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از یک روش جدید به نام مدل درخت تصمیم M5 برای تخمین ضریب یکنواختی آبیاری بارانی استفاده شد و نتایج بایکی از پرکاربردترین روش‌های غیرپارامتریک با عنوان K-NN - نزدیکترین همسایگی مورد مقایسه قرار گرفت. اختلاف جزئی بین نتایج مدل‌سازی دو روش M5 و K-NN و نتایج آماره‌های ارزیابی مدل، نشان‌دهنده توفیق نسبی هر دو مدل در برآورد ضریب یکنواختی توزیع آب است. اما باتوجه به قابلیت مدل درختی M5 در ارائه روابط طبقه‌بندی شده برای تخمین ضریب یکنواختی در شرایط مختلف از

منابع

- باوی، ع.، ح. کشکولی و س. برومند نسب. ۱۳۸۷. تاثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی در منطقه امیدیه. مجله پژوهش آب ایران، ۲: ۵۳-۵۹.
- بردبار، م.، م. سلوکی و ب. بردبار. ۱۳۸۸. راهکارها و روش‌های کاربردی برای مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی. اولین همایش ملی مدیریت بحران آب. اسفندماه ۱۳۸۸. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- جلالی، و.، ر. خاشعی سیوکی و م. همایی. ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های آماری با روش غیر پارامتریک K نزدیکترین همسایگی برای برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۰: ۵، صفحات ۱۶۲-۱۴۷.

- حقوردی، ا.، ب. قهرمان، ع. خوشنود یزدی و ز. عربی. ۱۳۸۹. برآورد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی خاک‌های شمال و شمال شرق ایران با استفاده از روش‌های K نزدیکترین همسایگی و شبکه عصبی مصنوعی. نشریه آب و خاک، ۴: ۲۴، صفحات ۸۱۸-۸۰۴.
- ذوالفقاری، ع.، ا. تیرگر سلطانی، ت. افشاری بدرلو و ف. سرمدیان. ۱۳۹۱. مقایسه روش‌های K نزدیکترین همسایگی و شبکه عصبی مصنوعی در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱: ۳، صفحات ۹۲-۷۷.
- ظهیری، ع. و خ. قربانی. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی دبی جریان در مقاطع مرکب به کمک مدل درخت تصمیم M5. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳: ۲۰، صفحات ۱۳۲-۱۱۳.
- فرزاد منش، س. ۱۳۹۱. برآورد ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی به کمک الگوریتم ژنتیک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۷ صفحه.
- قرلباش، ز.، م. ذاکری نیا، ا. هزار جریبی و ا. دهقانی. ۱۳۹۳. مقایسه عملکرد دو روش برنامه‌ریزی بیان ژن و شبکه عصبی مصنوعی به منظور تخمین ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۶: ۲۱، صفحات ۱۱۴-۹۵.
- کابلی، ح.، ا. م. آخوند علی، ا. ر. مساح بوانی و ف. رادمنش. ۱۳۹۱. ارائه مدل ریز مقیاس‌نمایی بر اساس داده‌های اقلیمی بر اساس روش ناپارامتریک نزدیکترین همسایگی (K-NN). مجله آب و خاک، ۴: ۲۶، صفحات ۸۰۸-۷۷۹.
- Ahaneku, I.E. 2010. Performance evaluation of portable sprinkler irrigation system in Ilorin, Nigeria. *Indian Journal of Science and Technology*. 3:7.857-853.
- Bhattacharya, B. and D.P. Solomatine. 2005. Neural network and M5 model tree in modeling water level-discharge relationship. *Neuro Computing*, 63: 381-396.
- Bhattacharya, B. and Solomatine, D.P. 2006. Machine learning in sedimentation modeling. *Neural networks*. 19: 208-214.
- Cabena, P., R. Stadler, J. Verhees and A. Zanasi. 1998. *Discovering Data Mining From Concept to Implementation*. IBM, New Jersey. 195 pp.
- Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. *California Agric. Exp. Stn. Bull.* 670. University of California, Berkeley
- Clark, M.P. 2004. A resampling procedure for generating conditioned daily weather sequences. *Water Resource. Res.* 40. W 04304 doi. 10.1029/2003 WR002747.
- Corporation, T. C. 2005. *Introduction to data mining and knowledge discovery*. Third edition. 36 pp
- Dabbous, B. 1962. A study of sprinkler uniformity evaluation method. Thesis submitted to Utah State University at Logan, Utah, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Utah 84322.
- Etemad Shahidi, A. and J. Mahjubi. 2009. Comparison between M5 model tree and neural network for prediction of significant wave height in Lake Superior. *Ocean Engineering*, 36: 15. 1175-1181.
- Fukui, Y., K. Nakanishi and S. Okamura. 1980. Computer evaluation of sprinkler irrigation uniformity. *Irrigation Science*. 2:1. 23-32.
- Ghorbani Dashtaki, S., M. Homaei, M.H. Mahdian and M. Kouchakzadeh. 2009. Site-Dependence Performance of Infiltration Models. *Water Resource. Management*. DOI 10.1007/s11269-009-9408-3.
- Hart, W.E and W.N. Reynolds. 1965. Analytical design-sprinkler system. *Transactions, American Society of Agricultural Engineers*. 1:83-89.
- Heerman, D.F. 1983. Design and operation of farm irrigation system. *American Society of Agricultural Engineers*. PP: 591-598.

- Karmeli., D. 1997. Estimating sprinkler distribution pattern using ear regression. Transactions American Society of Agricultural Engineers. 21:4. 682-685.
- Keller, J. R.D. and Bliesner. 1990. Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA. 652 pp.
- Lall, U. and A. Sharma. 1996. A nearest-neighbor bootstrap for resampling hydrologic time series. Water Resour. Res. 32: 679-693.
- Merriam, J.I. and J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation.3. Logan, Utah: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah state University. 271 PP.
- Montero, J., J. M. Tarjuelo and p. Carrion. 2003. Sprinkler droplet size distribution measured with an optical spectropuviometer. Irrig. Sci. 22: 47-56.
- Nemes, A., R.T. Roberts, W. J. Rawls, Y. A. Pachepsky and M.Th Van Genuchten. 2008. Software to estimate -33 and -1500 kPa soil water retention using the non-parametric k-Nearest Neighbor technique. Environm Modell. Softw. 23: 254-255
- OSEI, F. K. B. 2009. Evaluation of sprinkler irrigation system for improved maize seed production for farmers in Ghana. A Thesis for M.sc. March: <http://dSPACE.knust.edu.gh/dSPACE/bitstream/123456789/1939/1/fulltxt.pdf>.
- Pal, M. and S. Deswal. 2009. M5 model tree based modeling of reference evapotranspiration. Hydr. Process. 23: 1437-1443.
- Quinlan, J.R. 1992. Learning with countinuous classes. P 343-348, In: Proceeding of Fifth Australian joint on artificial intelligence, Singapore.
- Rajagopalan , B. and U. Lall. 1999. A k-nearest neighbour simulator for daily precipitation and other variables. Water Resources Research. 35 :10, 3089–3101.
- Solomatn, D.P. and K. Dulal. 2003. Model tree as an alternative to neural network in rainfall-runoff modeling. Hydr. Sci. J. 48:3. 399-411.
- Solomon, K. 1979. Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. Transactions, ASAE, 22: 1078-1080.
- Wang, Y. 1997. Induction of model trees for predicting continuous lasses. In Proceedings of the Poster Papers of the European Conference on Machine Learning, University of Economics, Faculty of Informatics and Statistics, Prague.
- Witten, I. H. and E. Frank. 2005. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques with Lava implementation. Morgan Kaufmann: San Francisco.
- Yakowitz, S. 1993. Nearest-neighbor estimation for null-recurrent Markov time series. Stoch. Proc. Appl. 48: 311-318.
- Yates, D., S. Gangopadhyay, B. Rajagopalan and K. Strzepek. 2003. A technique for generating regional climate scenarios using a nearest-neighbor algorithm. Water Resour. Res. 39:1199 doi 10.1029/2002WR001769.

Estimating of Water Distribution Uniformity in Sprinkler Irrigation Using Data Mining techniques

Ziba Ghezelbash^۱, Mahdi zakerinia^۲ and Amir Ahmad Dehghani^۳, Abotaleb Hezarjaribi^۴

Abstract

Considering that water shortage is the major dilemma for Sustainable agriculture development and water potential of the country is no longer able to adequately meet the growing needs of water demand especially in agricultural section, it's essential to optimize water consumption. Uniformity of sprinkler irrigation is an important technical parameter for designing sprinkler irrigation systems. Due to high diversity of sprinklers used in sprinkler irrigation, it's necessary to improve irrigation system performance with simple changes such as changes in system operating pressures, riser head, setting sprinkler spacing on laterals and the distance between laterals. In this research, CU quantities of two types of sprinkler (AQ-20 and KA-6) were measured in slow wind velocity (0-2 m/s) , at Hashemabad cotton research station of Gorgan city under 4 different operating pressures (2, 2.5, 3 and 3.5 at), 16 distances of sprinklers (including 9×18, 12×18, 15×18, 18×18, 9×15, 12×15, 15×15, 18×15, 9×12, 12×2, 15×12, 18×12, 9×9, 9×12, 9×15 and 9×18) , 4 riser heads (60, 90, 120 and 150 cm) and 3 arrangements of sprinklers (square, rectangular and triangular). Decision tree model M5 was used to estimate uniformity of each sprinkler and the results were compared with K - nearest neighbor method. By statistical comparison of results, root mean squared error (RMSE) for AQ-20 sprinkler in M5 and K-NN methods were obtained as 0.0681 and 0.052 and for KA-6 sprinkler as 0.086 and 0.0716, respectively. The results indicate the high accuracy of both methods for modeling, since M5 is capable of estimating explicit equations for estimating CU; it incorporates more practical features.

Keywords: Sprinkler Irrigation; Water Distribution; Uniformity Coefficient; K- Nearest Neighbor; Decision Tree Model M5

^۱ M.Sc of Irrigation and Drainage engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, zghezelbash@yahoo.com

^۲ Associate Prof (main author) , Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, a_zakerinia@yahoo.com

^۳ Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, aboh10@yahoo.com

^۴ Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, amirahmad.dehghani@gmail.com