Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 6, Spring 2012, p. 31-45

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۶، بهار ۱۳۹۱، ص. ۴۵-۳۱

توسعه و کاربرد مدل رگرسیون درختی پیش‌بینی جریان برگشتی روزانه شبکه‌های آبیاری (مطالعه موردی: منطقه سلیمه شبکه آبیاری دز)

هادی وروانی[۱]، علی اصغر منتظر[۲*] و علی رحیمی خوب[۳]

چکیده

جریان برگشتی به‌عنوان یکی از عوامل کاهش راندمان آبیاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی مطرح بوده و از این‌رو برآورد دقیق، شناخت تأثیرپذیری آن نسبت به پارامترهای مختلف و ارائه راهکارهای مدیریتی در کاهش مقدار کمّی و یا استفاده بهینه از آن می‌تواند نقش بسزایی در ارتقای عملکرد و بهره‌وری این سامانه‌ها داشته باشد. این تحقیق با هدف توسعه یک مدل رگرسیون درختی به‌منظور پیش‌بینی شدت جریان برگشتی روزانه شبکه‌های آبیاری (حوزه آبشخور زهکش سلیمه شبکه آبیاری دز) انجام گرفت. بدین منظور چهار ترکیب مختلف برای مدل رگرسیون درختی با استفاده از پنج متغیّر شدت جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی، نفوذ عمقی و تبخیر از سطح کانال توسعه یافتند. مراحل آموزش، صحّت‌سنجی و آزمون هر یک از ترکیب‌ها بر اساس داده‌های واقعی اندازه‌گیری شده طی دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. ارزیابی مدل نشان داد که کلیه ترکیب‌های مدل رگرسیونی از دقّت مطلوبی در تعیین شدت جریان برگشتی محدوده مورد مطالعه برخوردار بوده و از این‌رو کاربرد هر یک از آن‌ها در پیش‌بینی جریان برگشتی شبکه قابل توصیه می‌باشد. درجه حساسیت مدل رگرسیون درختی نسبت به تأثیرپذیری از متغیّرهای پنج‌گانه به‌صورت زیر ارزیابی گردید: شدت جریان ورودی روزانه> نیاز آبی> نفوذ عمقی> بارش مؤثر> تبخیر از سطح کانال‌ها. نتایج بیانگر آن است که با حذف یک یا دو متغیّر ورودی در ترکیب مدل رگرسیونی، در میزان دقّت مدل تغییرات قابل ملاحظه‌ای به‌وجود نمی‌آید. در این رابطه کاهش متغیّر بارش مؤثر و تبخیر از سطح کانال‌ها از ترکیب مدل رگرسیونی درختی مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: جریان برگشتی، راندمان آبیاری، زهکش سلیمه، شبکه آبیاری، مدل رگرسیون درختی

مقدمه

مدیریت کارآمد شبکه‌های آبیاری نیازمند برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات صحیح بر پایه پیش‌بینی‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش دقیق می‌باشد. جریان برگشتی به‌عنوان یکی از عوامل کاهش راندمان آبیاری در این سامانه‌ها مطرح بوده و از این‌رو برآورد دقیق، شناخت تأثیرپذیری آن نسبت به پارامترهای مختلف و ارائه راهکارهای مدیریتی در کاهش مقدار کمّی و یا استفاده بهینه از آن می‌تواند نقش بسزایی در ارتقای عملکرد و بهره‌وری شبکه‌های آبیاری داشته باشد.

روش‌های مختلفی برای برآورد جریان برگشتی از شبکه‌های آبیاری وجود دارد که پایه و اساس همگی آن‌ها بر پایه بیلان آب استوار است. Hurley, (1968) یک روش تحلیلی را برای تخمین جریان برگشتی ماهیانه توسعه داد که در این روش جریان برگشتی ماهانه تابعی از نفوذ عمقی و ذخیره آبی ماهانه خاک می‌باشد. در این روش اگر تعداد ماه‌ها زیاد باشد، محاسبه جریان برگشتی مشکل خواهد بود. Osterveld et al., (1978) با استفاده از یک مدل خطی به مطالعه تأثیر جریان برگشتی بر روی کیفیت آب اراضی پایین دست پرداخته و به این نتیجه رسیدند که ۳ تا ۵ درصد جریان برگشتی حاصل زهکش‌های زیر زمینی است. Tanji, (1981) گزارش کرد که مقدار جریان برگشتی تابعی است از قیمت آب، قابلیت دسترسی به آب، شیوه کاربرد آب، تجهیزات استفاده مجدد آب در مزرعه، فرهنگ مردم منطقه و محدودیت‌هایی که بعضی از عناصر مانند بر، سدیم و کلر روی کیفیت آب دارند. Piper et al., (1989) با استفاده از یک مدل تقاضای آب جریان برگشتی سطحی را محاسبه نمودند.

Gosain et al., (2005) با استفاده از مدل SWAT، آب مورد استفاده واقعی در مزارع را پیش‌بینی نموده، تفاوت بین مقدار واقعی

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران؛
۲-دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: Email: almontaz@ut.ac.ir)
۳-دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران؛

Archive of SID
www.SID.ir

آب کاربردی و پیش‌بینی را به‌عنوان جریان برگشتی گزارش نمودند. Kim et al., (2009) مقدار جریان برگشتی از مزارع برنج را با استفاده از مدلی که بر اساس سنجش رطوبت خاک توسعه یافته بود ۲۵/۷ درصد آب مورد نیاز سالیانه پیش‌بینی کردند که از این مقدار ۱۴/۱ درصد به‌صورت جریان سریع و ۱۱/۶ درصد به‌صورت جریان کند وارد زهکش‌ها می‌گردید.

درزی و همکاران (۱۳۸۵) جریان برگشتی از شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان به آبخوان دشت نجف آباد را توسط مدل GV4 شبیه‌سازی کرده و به این نتیجه رسیدند که شرایط آب زیرزمینی در دشت به شدت تحت تأثیر تغذیه از محل رودخانه زاینده‌رود و جریان برگشتی حاصل از آبیاری بستگی دارد. باقری (۱۳۸۵) طرحی را برای ذخیره و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های برگشتی را در اراضی شالیزارهای دشت‌های شمال مازندران ارائه کرد و میزان جریان برگشتی حاصل از اراضی دشت‌های مازندران را بالغ بر ۶۰۰ میلیون مترمکعب در سال پیش‌بینی نمود. Mohan et al., (2008) از مدل رگرسیون درختی برای پیش‌بینی جریان برگشتی منطقه پریار وایگا در تامیل نادای هند استفاده نموده و کاربرد این مدل‌ها را در پیش‌بینی جریان برگشتی از سیستم‌های آبیاری توصیه کردند.

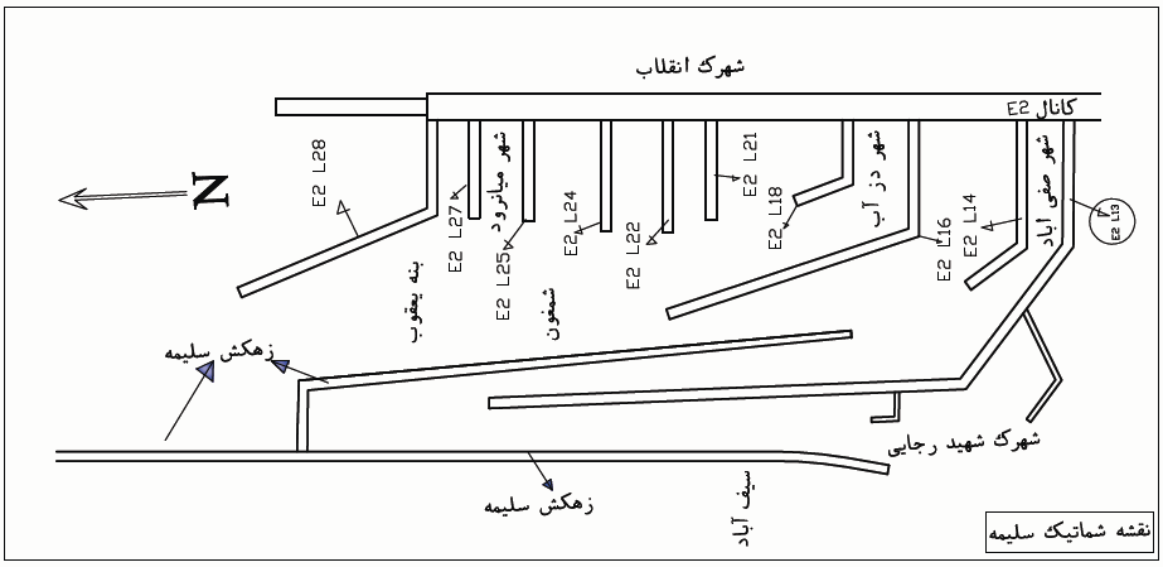
مدل رگرسیون درختی از جمله مدل‌های سلسله مراتبی است که بر اساس مطالعات Beriman et al., (1984) به‌عنوان ابزار مفیدی در به‌دست آوردن روابط بین متغیرهای هدف و تصمیم معرفی شدند. در این زمینه، Min et al., (2005) با استفاده از درخت تصمیم‌گیری به طبقه‌بندی نرم داده‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور پرداخته و به نتایج قابل قبولی دست یافتند. همچنین محجوبی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از درخت‌های تصمیم رگرسیونی پارامترهای امواج ناشی از باد را در بندر امیرآباد پیش‌بینی کردند.

با توجه به تعدد پارامترهای گسسته مؤثر بر جریان آب برگشتی شبکه‌های آبیاری و البته ماهیت سلسله مراتبی و سادگی کاربرد مدل‌های رگرسیونی؛ به نظر می‌رسد که این مدل‌ها بتوانند به‌عنوان ابزار مناسبی در پیش‌بینی آب برگشتی از شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گیرند. این تحقیق با هدف پیش‌بینی مقدار جریان برگشتی روزانه از حوزه آبشخور زهکش سلیمه (طرح آزمایشی) شبکه آبیاری و زهکشی دز با استفاده از مدل رگرسیون درختی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه بر روی حوزه آبشخور زهکش سلیمیه واقع در شبکه آبیاری و زهکشی دز انجام گرفت. شبکه آبیاری دز، با آبیاری اراضی ۱۲۵ هزار هکتاری شهرهای دزفول و اندیمشک بیش از ۴۰ سال است که نقشی بی‌بدیل و اساسی در کشاورزی منطقه شمال خوزستان ایفا می‌کند. حوزه زهکش سلیمه درشرق شبکه آبیاری دز واقع شده و اراضی آبشخور آن از کانال‌های E2L13 الی E2L28 تغذیه می‌گردد (شکل ۱). در واقع این منطقه که به طرح آزمایشی نیز معروف است از کانال E2 تغذیه می‌شود و کانال‌های E2L13، E2L14، E2L16، E2L18، E2L21، E2L22، E2L24، E2L25، E2L27 و E2L28 منطقه را تغذیه می‌کنند.



شکل ۱- نقشه شماتیکی حوزه آبشخور زهکش سلیمه

Archive of SID

www.SID.ir

آب برگشتی این اراضی توسط این زهکش (سلیمه) که طول آن حدود ۳ کیلومتر می‌باشد، زهکشی می‌شود. عرض و عمق متوسط کانال زهکش در طول مسیر، ۲ متر می‌باشد. بر اساس بازدیدها و جلسات کارشناسی با متولیان شبکه آبیاری دز، جریان برگشتی زیاد در این منطقه، یکی از عوامل کاهش راندمان آبیاری به شمار می‌آید.

توسعه مدل رگرسیون درختی

به‌منظور برآورد جریان آب برگشتی در محدوده مورد مطالعه، یک مدل رگرسیون درختی توسعه داده شد. درخت تصمیم‌گیری از ریشه (root)، شاخه (beach)، گره‌ها (nods) و برگ‌ها (leaf) تشکیل می‌شود. شاخه‌ها نشان دهنده اتصال بین گره‌ها می‌باشند. درخت تصمیم به‌منظور سادگی در رسم معمولاً از چپ به راست و یا از بالا به پایین کشیده می‌شود به‌طوری که ریشه (گره اول را ریشه می‌گویند) در بالا قرار گیرد. انتهای یک زنجیره ریشه- شاخه- گره را یک برگ می‌نامند. از هر یک از گره‌های داخلی (یعنی گره‌ای که برگ نباشد) دو یا چند شاخه دیگر می‌توانند منشعب شوند. هر گره مربوط به یک خصوصیت معین است و شاخه‌ها به معنای بازه‌ای از مقادیر هستند که باید بخش‌های مختلف مجموعه مقادیر معلوم را برای خصوصیت‌ها به دست دهند. عمل انشعاب توسط یکی از متغیرهای پیش‌بینی کننده انجام می پذیرد. بازه‌های انشعاب طوری انتخاب می‌شوند که مجموع مجذور انحراف از میانگین داده‌های هر گره را حداقل کنند. فرآیند انشعاب در هر گره بارها تکرار می‌شود تا به گره پایانی یا همان برگ برسد که در برگ مجموع مجذور انحراف از میانگین داده‌ها حدوداً به صفر می‌رسد، با این کار درخت بزرگی توسعه پیدا خواهد کرد. تشکیل رگرسیون درختی طی مراحل زیر صورت گرفت:

۱- مرحله مقداردهی اولیه (Initialization): در این مرحله متغیرهای پیش‌بینی کننده انتخاب شده و فرایند پیش‌پردازی داده‌ها انجام گرفت. در این مطالعه متغیرهایی که در پیش‌بینی جریان آب برگشتی در نظر گرفته شدند عبارتند از: جریان ورودی روزانه (INF)، بارش مؤثر (ERF)، نیاز آبی (CWD)، نفوذ عمقی (PER) و تبخیر از سطح کانال‌ها (ETC) (شکل ۲). از بین پنج متغیر فوق، بارش مؤثر و نیاز آبی محاسبه شدند. بارش مؤثر (زمانی و مکانی) با توجه به میزان بارندگی روزانه با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد:

(۱)

$$ERF_{i,j} = \frac{P_{i,j}(4.17 - 0.2P_{i,j})}{4.17} \quad for \quad P_{i,j} < 8.3mm/day$$

$$ERF_{i,j} = 0.1P_{i,j} + 4.17 \quad for P_{i,j} \geq 8.3mm/day$$

که در آن $P_{i,j}$ بارش در روز i ام و مکان j ام می‌باشد. نیاز آبی (زمانی و مکانی) براساس الگوی کشت و تبخیر و تعرق روزانه هر یک از محصولات و راندمان آبیاری منطقه (۲۷ درصد) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CWD_{i,j} = AET_{i,j} - ERF_{i,j} \quad (۲)$$

که در آن AET_{ij} تبخیر و تعرق واقعی در روز i ام و مکان j ام بوده و از رابطه زیر تعیین گردید:

$$AET_{i,j} = Kc_{i,j} ETo_{i,j} \quad (۳)$$

که در آن ETo_{ij} تبخیر و تعرق گیاه مرجع در روز i ام و مکان j ام بوده که به روش پنمن مانتیث فائو محاسبه شد، و Kc_{ij} ضریب گیاهی در روز i ام و مکان j ام که برای محصولات مختلف و بر اساس دوره رشد آن‌ها (نشریه فائو ۵۶) در نظر گرفته شد.

نفوذ عمقی نیز بر اساس نقشه بافت خاک محدوده مورد مطالعه برآورد گردید. همچنین مقدار تبخیر از سطح کانال‌ها با استفاده از نتایج تشت تبخیر ایستگاه هواشناسی صفی آباد دزفول که در محدوده مرکزی منطقه مورد مطالعه واقع شده است و سطح واقعی کانال‌های شبکه منطقه تعیین گردید.

۲- ساختن درخت (Tree building): این مرحله با تقسیم شدن گره والد (بر اساس متغیر پیش‌بینی) به دو گره فرزند شروع می‌شود، در هر گره والد تمام موضوعات و انشعابات ممکن ارزیابی می‌شود و سرانجام بهترین انشعاب انتخاب می‌گردد. بدین منظور از روابط زیر استفاده شد:

$$\Delta(s,t) = DN(s,t) - \left[f_L DN(s_1,t_L) + f_R DN(s_2,t_R)\right] \quad (۴)$$

$$DN(s,t) = \sum_{x_i, y_i \in t} \left[y_i(t) - \bar{y}(t)\right]^2 \quad (۵)$$

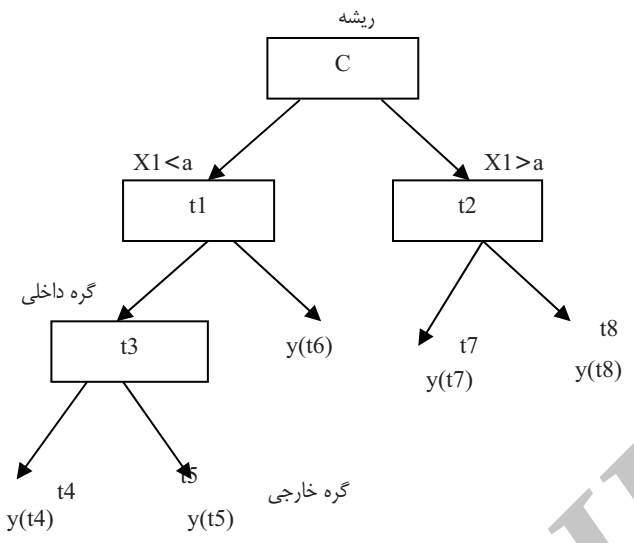
$$\bar{y}(t) = \frac{1}{n(t)} \sum_{x_i, y_i \in t} y_i(t) \quad (۶)$$

در آن‌ها s نشان دهنده انشعاب یک متغیر، t گره والد، DN(s,t) انحراف گره والد t، $DN(s_1,t_L)$ و $DN(s_2,t_R)$ به ترتیب انحراف گره فرزند سمت چپ و راست می‌باشند، f_L و f_R نیز به ترتیب کسری از گره والد هستند که به ترتیب در گره‌های t_L و t_R شرکت کرده اند، y_i مقدار جوابی است که به متغیر پیش‌بینی کننده x_i نسبت داده می‌شود و $\hat{y}$ میانگین حسابی جواب متغیرها در گره والد می‌باشد. شکل (۲) شمایی از ساختار یک رگرسیون درختی براساس پارامترهای فوق را نشان می‌دهد.

بهترین انشعاب، انشعابی است که بیشترین مقدار $\Delta(s,t)$ را داشته باشد. با تکرار پروسه بالا برای هر انشعاب درخت بزرگی شکل می گیرد که به درخت حداکثر، معروف است که شاخه‌ها و گره‌های زیادی دارد و کار با آن سخت می‌باشد بنابراین برای رسیدن به یک درخت بهینه و کار آمد باید شاخه‌های اضافی را هرس کرد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- شمایی از ساختار یک رگرسیون درختی

۳- هرس کردن درخت (Tree pruning): به‌منظور هرس می‌توان از دو روش (۱) هرس قبل از شکل گیری درخت حداکثر (Pre-pruning) و (۲) هرس بعد از شکل‌گیری درخت حداکثر (Past-pruning) استفاده نمود. در روش اول فرآیند هرس اجازه نمی‌دهد شاخه‌های اضافی تولید شوند ولی در روش دوم ابتدا درخت حداکثر تشکیل می‌شود و سپس فرآیند هرس انجام می‌گیرد. در این مطالعه از روش دوم استفاده شد.

۴- انتخاب درخت بهینه (Optimal tree selection): درخت بهینه بر اساس حداقل کردن خطای پیش‌بینی انتخاب می‌شود که دو روش برای محاسبه خطای پیش‌بینی وجود دارد: (۱) روش آزمون دستگاه مستقل و (۲) روش آزمون صحت سنجی. روش اول هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تعداد داده‌های زیادی داشته باشیم در غیر این صورت از روش دوم استفاده می‌شود. در این تحقیق از شیوه دوم استفاده گردید.

فرآیند ارزیابی مدل رگرسیونی

در این مطالعه با در نظر گرفتن ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای ورودی، چهار مدل رگرسیون درختی توسعه یافته و مورد مقایسه قرار گرفت. جدول (۱) متغیرهای ورودی مورد استفاده در هر یک از مدل‌های چهارگانه را به‌دست می‌دهد. به‌عنوان مثال در مدل شماره یک، متغیرهای ورودی عبارتند از: جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی، نفوذ عمقی و تبخیر از سطح کانال‌ها.

در هر یک از مدل‌های چهارگانه، متغیرهای ورودی واقعی روزانه به‌عنوان داده آموزشی مدل در نظر گرفته شد. داده‌های هر متغیر، ابتدا با استفاده از نرم افزار XLMiner و به روش پارتیشن‌بندی استاندارد، پارتیشن‌بندی گردید. طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس اختصاص ۵۰ درصد به داده‌های آموزشی، ۳۰ درصد به داده‌های صحّت‌سنجی و ۲۰ درصد به داده‌های آزمون صورت گرفت. تعبیر دیگر، از تعداد ۳۶۵ داده در هر یک از سال‌های مطالعاتی ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸، تعداد ۱۸۲ داده برای آموزش مدل، ۱۱۰ داده برای صحّت‌سنجی و ۷۳ داده برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت.

جدول۱- متغیرهای ورودی مدل‌های رگرسیون درختی

شماره مدل	متغیرهای ورودی مدل
۱	جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی، نفوذ عمقی و تبخیر از سطح کانال‌ها
۲	جریان ورودی روزانه، نیاز آبی، نفوذ عمقی و تبخیر از سطح کانال‌ها
۳	جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی و نفوذ عمقی
۴	جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی و تبخیر از سطح کانال‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

بـه در مقایـسه نتـایج شـبیه‌سـازی مـدل رگرسـیون درختـی، پارامترهای ضریب نکویی برازش (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، شـاخص پراکنـدگی (SI) و پـارامتر انحـراف (Bias) استفاده گردید. در زیر روابط محاسـبه شـاخص پراکنـدگی و پـارامتر انحراف آمده است.

$$SI = \frac{\sqrt{\sum \frac{((x_i - \bar{x}) - (y_i - \bar{y}))^2}{n}}}{\bar{x}} \quad (۷)$$

$$Bias = \bar{y} - \bar{x} \quad (۸)$$

که در آن x_i مقدار واقعی جریان برگـشتی، $\bar{x}$ میـانگین مقـادیر واقعی، y_i مقدار تخمینی به‌دست آمده از مدل رگرسیون درختـی، $\bar{y}$ میانگین مقادیر تخمینی مدل و n تعداد داده مورد استفاده در ارزیابی مدل می‌باشد.

نتایج و بحث

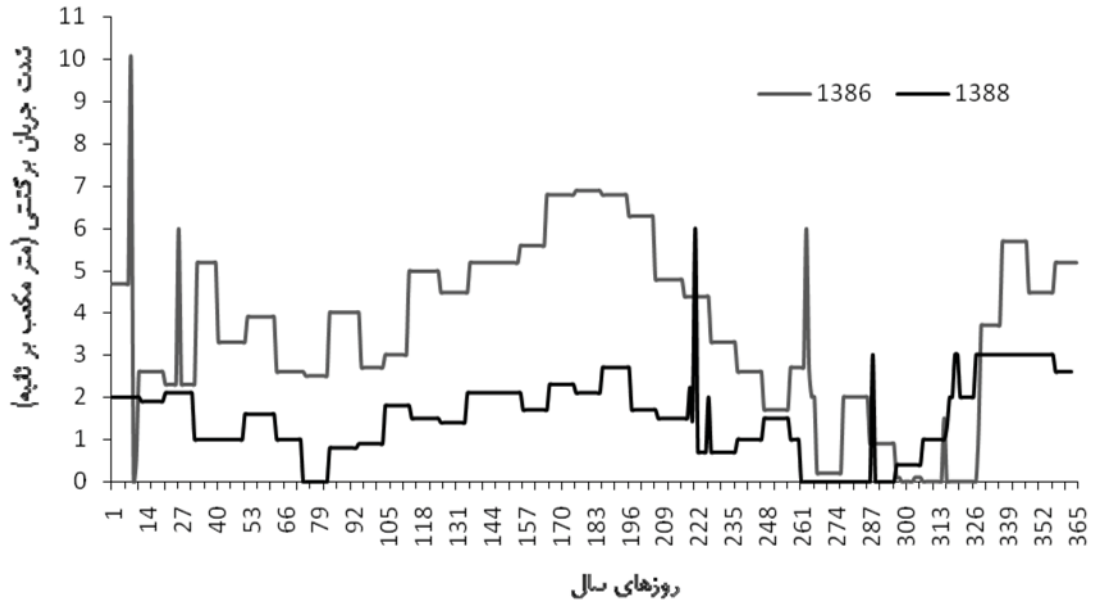
وضعیت جریان برگشتی در سال‌های مورد مطالعه

شکل (۳) شدت جریان برگشتی واقعی شبکه مورد مطالعـه را در دهه‌های مختلف سـال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ (روز یکـم، روز اول فـروردین می‌باشد) نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که میزان شـدت جریـان برگشتی در غالب روزها و ماه‌های سال ۱۳۸۶ نـسبت بـه دهـه‌هـای مشابه در سال ۱۳۸۸ تفاوت نسبتاً زیادی داشته که عمدتاً این جریان در سال ۸۶ از مقادیر بیشتری برخوردار بوده اسـت. در سـال ۸۶ کـه سالی پر بارش تر از سال ۸۸ می‌باشد، میزان شدت جریـان برگـشتی طی دهه اول فروردین ماه تا حدود ۱۰ مترمکعـب بـر ثانیـه افـزایش نشان می‌دهد و میانگین سالانه آن ۳/۶ مترمکعـب بـر ثانیـه تعیـین می‌شود. این در حالی است که حداکثر میزان شدت جریـان برگـشتی منطقه مورد مطالعه در سال ۸۸ در دهه اول آبان ماه به وقوع پیوسته که مقدار آن ۶ مترمکعب بر ثانیه بوده اسـت. میـانگین سـالانه ایـن شاخص در سال مذکور نیز ۱/۵ مترمکعب بر ثانیـه تعیـین مـی‌شـود. بررسی نتایج بیانگر آن است که به‌طور کلی شدت جریان برگشتی از محدوده مورد مطالعه طی ماه‌های شهریور الی آبان نـسبت بـه سـایر ماه‌های سال بیشتر می‌باشد.

ارزیابی ترکیب‌های مختلف مدل رگرسیون درختی

مدل شماره یک

نتایج ارزیابی ترکیب شماره یک مدل رگرسـیون درختـی در هـر یک از مراحـل آمـوزش، صـحت سـنجی و آزمـون بـرای داده‌هـای سال‌های مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. نتـایج حـاکی از آن است که بیشترین ضریب نکویی برازش (۰/۹۹۵) در تعیین شدت جریان برگشتی شبکه آبیاری مربوط به داده‌های مرحله صحت‌سنجی سال ۱۳۸۶ می‌باشد. پارامتر انحراف در مورد داده‌های آموزشی برابـر صفر بوده و مقادیر منفی این پارامتر در مورد سایر داده‌ها نشان‌دهنده آن است که مدل رگرسیون درختی، شدت جریان برگشتی را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌نماید.



شکل ۳- وضعیت توزیع شدت جریان برگشتی واقعی دهه‌های مختلف سال طی سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸

Archive of SID

www.SID.ir

بیشترین شاخص پراکندگی معادل ۱/۰۵ و مربوط به داده‌های آزمون سال ۱۳۸۸ می‌باشد. این شاخص آماری برای داده‌های سال ۱۳۸۶ که سال پر آبی است برابر ۰/۳۹ تعیین شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که دقّت مدل رگرسیون درختی توسعه یافته با ترکیب پنج متغیر ورودی مورد نظر، در کلیه مراحل آموزش، صحّت‌سنجی و آزمون برای سال آبی ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۸۸ مطلوب‌تر می‌باشد.

شکل (۴) نمودار درختی درخت بهینه برای مدل شماره یک در سال مطالعاتی ۱۳۸۶ را نشان می‌دهد. نمودار درختی درخت بهینه این مدل برای سال ۱۳۸۸ در شکل (۵) ارائه شده است. نتایج به‌خوبی حاکی است که مقدار جریان برگشتی در سال ۱۳۸۶ به مراتب بیشتر از سال ۱۳۸۸ می‌باشد که یکی از دلایل این امر، می‌تواند پر آبی سال ۱۳۸۶ باشد. در سال ۸۶ مقدار شدت جریان ورودی می‌تواند به بیش از ۷/۲۶ مترمکعب بر ثانیه نیز افزایش یابد حال آنکه این افزایش در سال ۸۸ می‌تواند تا ۳/۵۰۲ مترمکعب بر ثانیه صورت پذیرد.

درخت بهینه براساس حداقل کردن خطای پیش‌بینی و با استفاده از آزمون صحّت‌سنجی شکل می‌گیرد. قوانین حاکم بر درخت بهینه سال ۱۳۸۶ این مدل به‌صورت زیر می‌باشد:

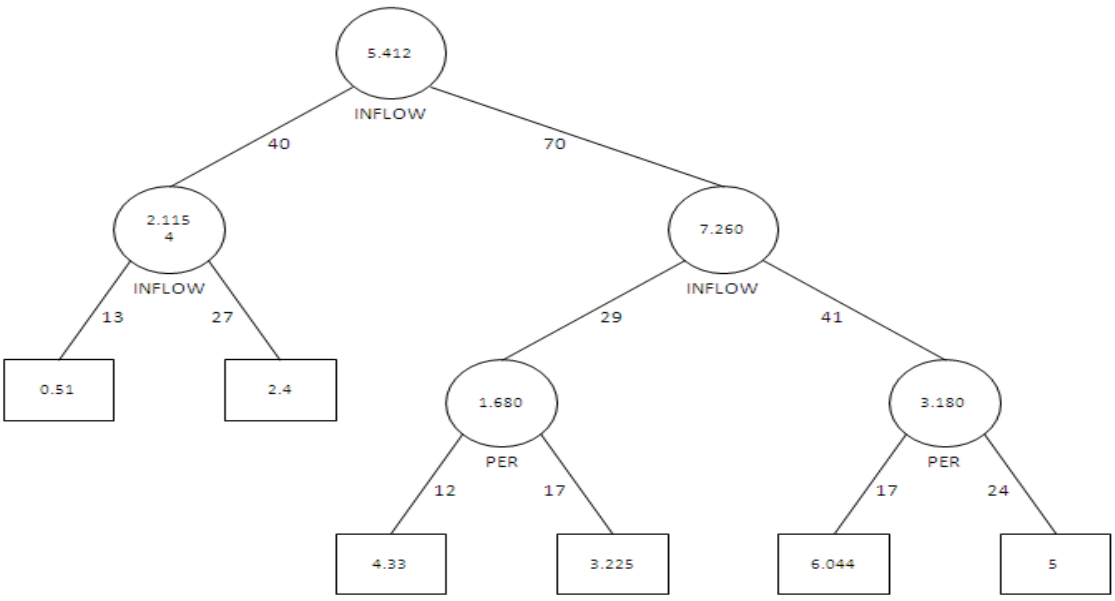
– اگر شدت جریان ورودی کمتر از ۲/۱۱۵۴ مترمکعب بر ثانیه باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۰/۵۱۷۴مترمکعب بر ثانیه.

– اگر شدت جریان ورودی بین ۵/۴۱۲ و ۲/۱۱۵۴ مترمکعب بر ثانیه باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۲/۴۴۳۲ مترمکعب بر ثانیه.

– اگر شدت جریان ورودی بین ۵/۴۱۲ و ۷/۲۶ مترمکعب بر ثانیه و میزان نفوذ عمقی کمتر از ۱/۶۸ باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۴/۳۳ مترمکعب بر ثانیه.

جدول ۲- نتایج ارزیابی مدل رگرسیون درختی شماره یک

سال	مرحله	RMSE	R^2	Bias	SI
۱۳۸۶	آموزش	۰/۸۵۱	۰/۸۳۶	۰/۰	۰/۲۴۰
	صحّت‌سنجی	۰/۷۰۵	۰/۹۹۵	-۰/۰۲۲	۰/۱۹۱
	آزمون	۱/۴۸۱	۰/۵۰۷	-۰/۰۵۷	۰/۳۹۰
۱۳۸۸	آموزش	۰/۳۶۲	۰/۸۳۲	۰/۰	۰/۲۵۷
	صحّت‌سنجی	۰/۶۳۴	۰/۵۶۱	-۰/۱۰۱	۰/۴۱۸
	آزمون	۰/۴۶۴	۰/۷۲۵	-۰/۰۶۲	۱/۰۵۰



شکل ٤- نمودار درختی درخت بهینه سال۱۳۸٦ (مدل شماره یک)

Archive of SID

www.SID.ir

– اگر شدت جریان ورودی بین ۵/۴۱۲ و ۷/۲۶ مترمکعب بر ثانیه و میزان نفوذ عمقی بیشتر ۱/۶۸ باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۳/۲۲۵ مترمکعب بر ثانیه.

– اگر شدت جریان ورودی بزرگ‌تر از ۷/۲۶ مترمکعب بر ثانیه و میزان نفوذ عمقی نیز کمتر از ۳/۱۸ باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۶/۰۴۴ مترمکعب بر ثانیه.

– اگر شدت جریان ورودی بزرگتر از ۷/۲۶ مترمکعب بر ثانیه و میزان نفوذ عمقی نیز بزرگتر از ۳/۱۸ باشد، شدت جریان برگشتی برابر است با ۵/۰ مترمکعب بر ثانیه.

مدل رگرسیون درختی در سال ۱۳۸۸ با توجه به مقدار کم شدت جریان ورودی، در ترسیم نمودارهای درختی علاوه بر عوامل شدت جریان ورودی و میزان نفوذ عمقی، دو عامل نیاز آبی و میزان تبخیر از سطح کانال‌ها را نیز دخیل نموده است. به تعبیر دیگر با توجه به پایین بودن بازه تغییرات میزان کمّی دو عامل شدت جریان ورودی و میزان نفوذ عمقی، مدل از عوامل مؤثر بیشتری به‌منظور پیش‌بینی شدت جریان برگشتی استفاده کرده است.

قوانین حاکم بر درخت بهینه در سال ۱۳۸۸را که براساس حداقل کردن خطای پیش‌بینی به‌وجود می‌آید به‌صورت زیر می‌باشد:

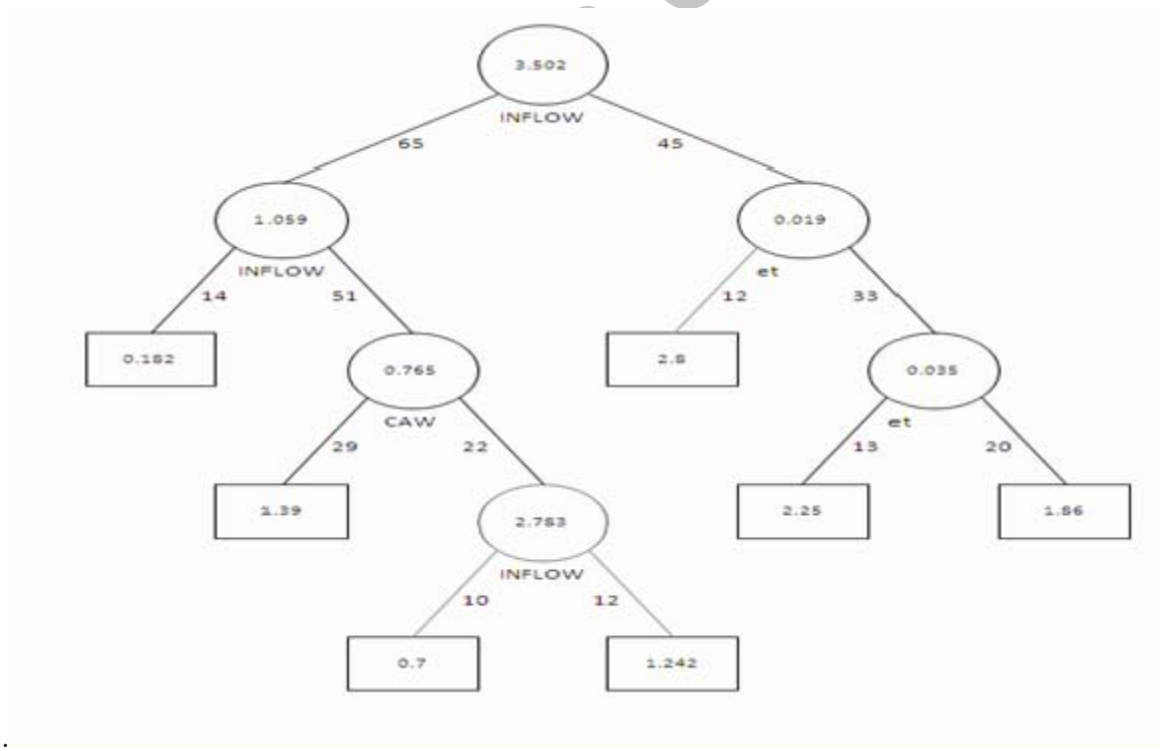
۱–اگر مقدار جریان ورودی کمتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت راست برو، حال اگر مقدار جریان ورودی کمتر از ۱/۰۵۹ بود مقدار جریان برگشتی برابر است با ۰/۱۸۲ مترمکعب در ثانیه.

۲– اگر مقدار جریان ورودی کمتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت راست برو، حال اگر مقدار جریان ورودی بیشتر از ۱/۰۵۹ بود و مقدار نیاز آب مصرفی کمتر از ۰/۷۶۵ مقدار جریان برگشتی برابر است با ۱/۳۹ مترمکعب در ثانیه.

۳– اگر مقدار جریان ورودی کمتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت راست برو، حال اگر مقدار جریان ورودی بیشتر از ۱/۰۵۹ بود و مقدار نیاز آب مصرفی بیشتر از ۰/۷۶۵ و مقدار جریان ورودی کمتر از ۲/۸۷۳، مقدار جریان برگشتی برابر است با ۰/۷ مترمکعب در ثانیه.

۴– اگر مقدار جریان ورودی کمتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت راست برو، حال اگر مقدار جریان ورودی بیشتر از ۱/۰۵۹ بود و مقدار نیاز آب مصرفی بیشتر از ۰/۷۶۵ و مقدار جریان ورودی بیشتر از ۲/۸۷۳، مقدار جریان برگشتی برابر است با ۱/۲۴۲ مترمکعب در ثانیه.

۵–اگر مقدار جریان برگشتی بیشتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت چپ برو ، حال اگر مقدار تبخیر از سطح کانال کمتر از ۰/۰۱۹۳ بود ، مقدار جریان برگشتی برابر خواهد بود ۲/۸ مترمکعب در ثانیه.



شکل ۵- نمودار درختی درخت بهینه سال ۱۳۸۸ (مدل شماره یک)

www.SID.ir

۶- اگر مقدار جریان برگشتی بیشتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت چپ برو، حال اگر مقدار تبخیر از سطح کانال مابین ۰/۰۱۹۳ و ۰/۰۳۵ بود مقدار جریان برگشتی برابر خواهد بود با ۲/۲۵ مترمکعب در ثانیه.

۷- اگر مقدار جریان برگشتی بیشتر از ۳/۵۰۲ بود به نود سمت چپ برو ، حال اگر مقدار تبخیر از سطح کانال بیشتر از ۰/۰۳۵ بود مقدار جریان برگشتی برابر خواهد بود با ۱/۸۶ مترمکعب در ثانیه.

در شکل (۶) داده‌های شدت جریان برگشتی پیش‌بینی شده مدل با مقادیر واقعی برای سال‌های مطالعاتی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در این شکل نیز مشاهده می‌شود، مدل شماره یک برای سال ۸۶، شدت جریان برگشتی را کمتر از مقدار واقعی و برای سال ۸۸، بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقدار ضریب نکویی برازش داده‌های واقعی و پیش‌بینی نیز برای هر دو سال مورد نظر بیش از ۰/۸۳ تعیین گردید که بیانگر دقت مطلوب مدل رگرسیون درختی در پیش‌بینی شدت جریان آب برگشتی شبکه آبیاری مورد مطالعه می‌باشد.

مدل شماره دو

در آموزش این مدل، از داده‌های مربوط به بارندگی مؤثر صرف نظر گردیده و از داده‌های چهار پارامتر دیگر به‌منظور پیش‌بینی شدت جریان برگشتی استفاده گردید. نتایج ارزیابی آماری مدل در مراحل مختلف آموزش، صحّت‌سنجی و آزمون در جدول (۳) آمده است. بیشترین ضریب همبستگی برای این مدل ۰/۸۴۷بوده که مربوط به داده‌های صحّت‌سنجی سال ۸۶ می‌باشد. همچنین پارامتر انحراف در مورد داده‌های آموزشی برابر صفر و در سایر مراحل مقدار منفی دارد.

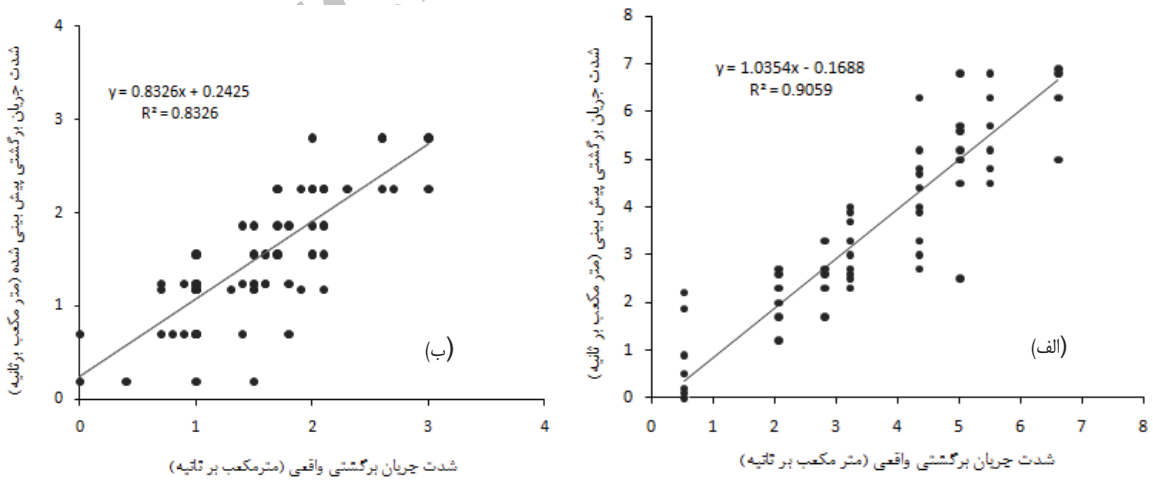
به بیان دیگر این مدل نیز مقدار شدت جریان برگشتی را کمتر از مقادیر واقعی برآورد می‌نماید. شاخص پراکندگی این مدل در بعضی مراحل نسبت به مدل یک مقادیر کمتری را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار RSME در ارزیابی مدل مربوط به مرحله آزمون مدل در سال ۱۳۸۶ می‌باشد (۱/۴۸). دقّت مدل رگرسیون درختی توسعه یافته بر اساس چهار پارامتر مورد نظر نیز برای سال آبی ۸۶ نسبت به سال ۸۸ مطلوب‌تر می‌باشد.

جدول ۳- نتایج ارزیابی مدل رگرسیون درختی شماره دو

سال	مرحله	RMSE	R^2	Bias	SI
۱۳۸۶	آموزش	۰/۸۵۱	۰/۸۳۶	۰/۰	۰/۲۴۷
	صحّت‌سنجی	۰/۷۰۵	۰/۸۴۷	-۰/۰۲۳	۰/۱۹۱
	آزمون	۱/۴۸۰	۰/۵۰۷	-۰/۰۵۷	۰/۳۹۲
۱۳۸۸	آموزش	۰/۳۶۲	۰/۸۳۲	۰/۰	۰/۲۵۷
	صحّت‌سنجی	۰/۶۳۴	۰/۵۶۱	-۰/۱۰۱	۰/۳۹۱
	آزمون	۰/۴۶۴	۰/۷۲۵	-۰/۰۶۳	۰/۳۰۶

شکل (۷) نمودار درختی درخت بهینه این مدل را برای سال‌های مطالعاتی نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودارها پیداست کاربر با داشتن شدت جریان ورودی، تبخیر از کانال، نفوذ عمقی و نیاز آبی گیاهان می‌تواند مقدار شدت جریان برگشتی را پیش‌بینی نماید. قوانین حاکم بر درخت بهینه نیز با توجه به شکل (۷) همانند مدل شماره یک قابل استخراج می‌باشد.

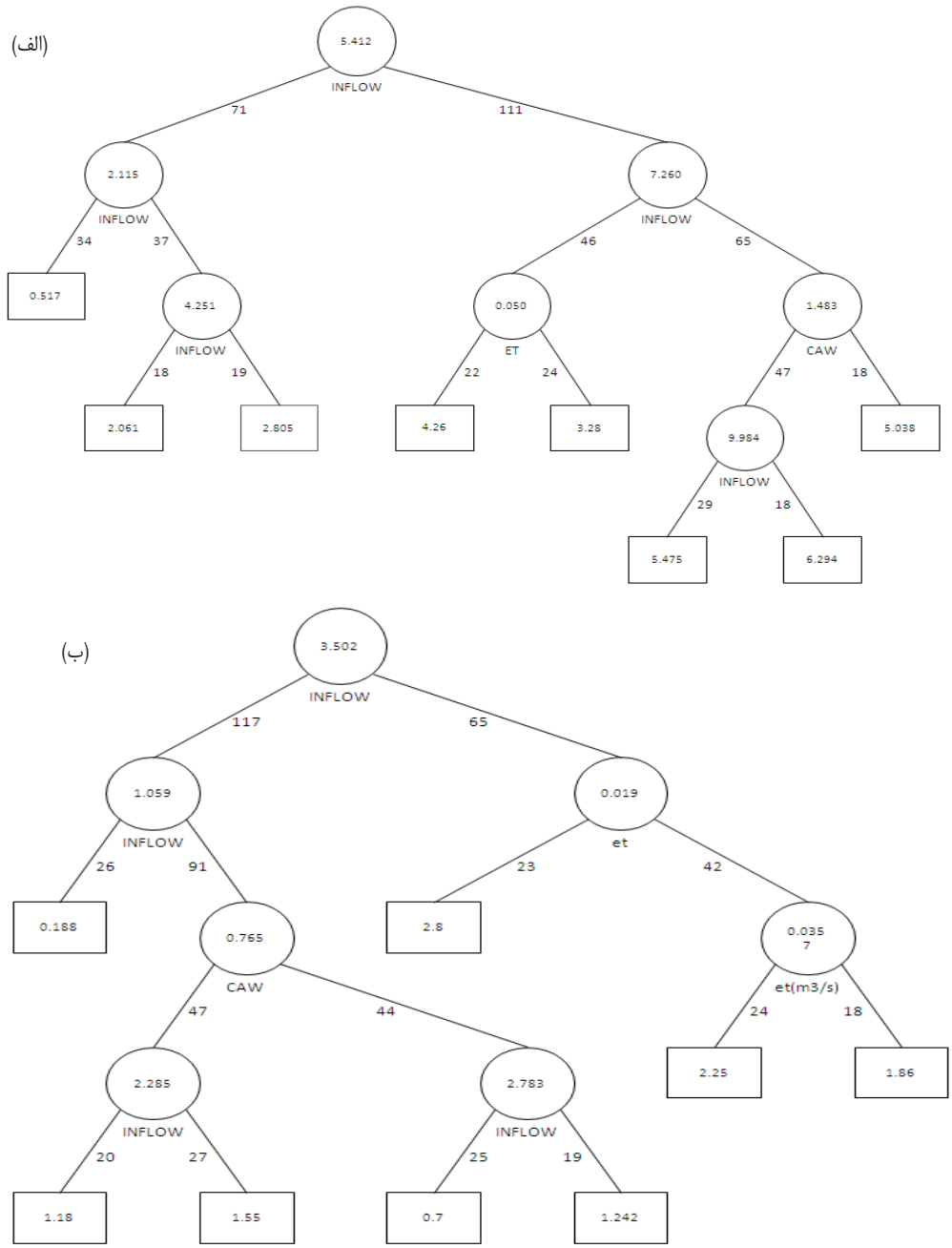
در شکل (۸) داده‌های شدت جریان برگشتی پیش‌بینی شده مدل با مقادیر واقعی برای سال‌های مطالعاتی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.



شکل ٦- مقایسه داده‌های پیش‌بینی و واقعی جریان برگشتی در مدل شماره یک [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

Archive of SID

www.SID.ir



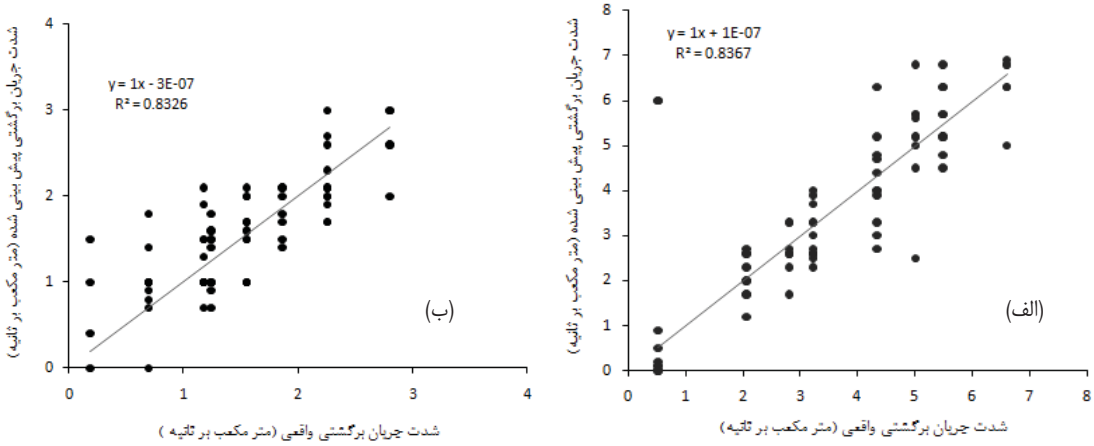
شکل ۷- نمودار درختی درخت بهینه مدل شماره دو [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

همان‌طور که در این شکل نیز مشاهده می‌شود، مدل شماره دو برای هر دو سال مطالعاتی، شدت جریان برگشتی را بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقدار ضریب نکویی برازش داده‌های واقعی و پیش‌بینی نیز برای هر دو سال مورد نظر حدود ۰/۸۳ بوده و تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

مدل شماره سه

شدت جریان ورودی روزانه، نیاز آبی، بارش مؤثر و نفوذ عمقی داده‌های آموزشی این مدل را تشکیل می‌دهند. همان‌طور که در جدول (۴) نیز مشاهده می‌گردد بیشترین ضریب همبستگی این مدل برابر ۰/۸۷ و مربوط به داده‌های صحّت‌سنجی سال ۱۳۸۶ می‌باشد. وضعیت پارامتر انحراف این مدل نیز مشابه مدل‌های یک و دو می‌باشد. بیشترین مقدار RSME در ارزیابی مدل مربوط به مرحله آزمون مدل در سال ۸۶ می‌باشد (۱/۴۳۵). نمودارهای درختی درخت بهینه این مدل در سال‌های ۸۶ و ۸۸ در شکل (۹) ارائه شده است.

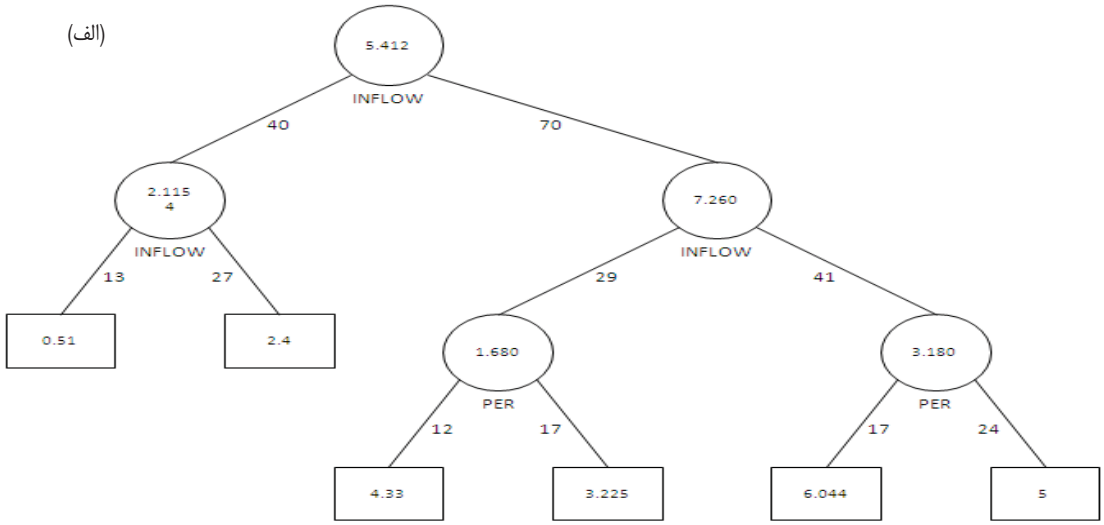
www.SID.ir



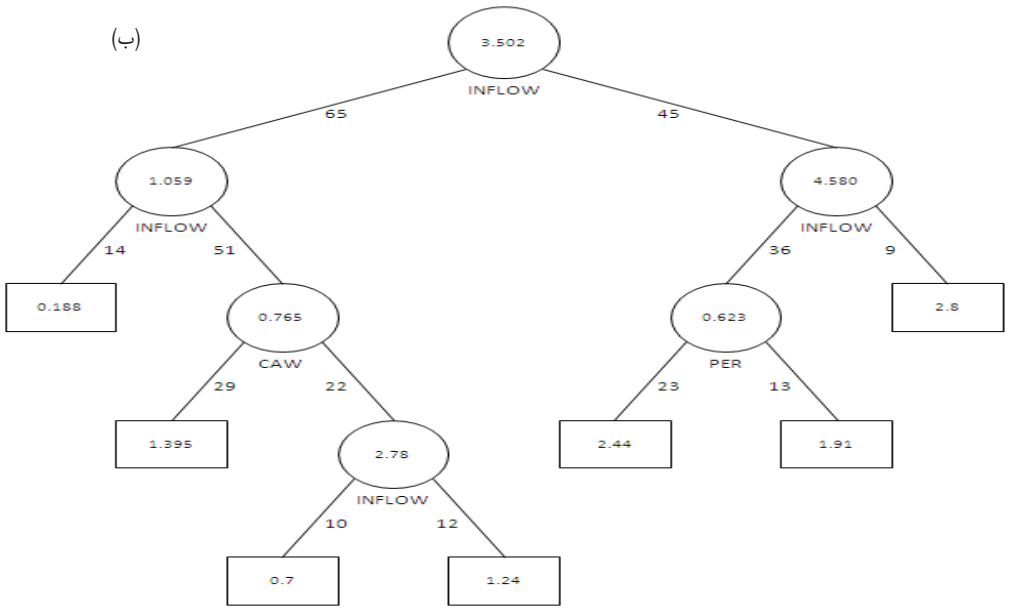
شکل ۸- مقایسه داده‌های پیش‌بینی و واقعی جریان برگشتی در مدل شماره دو [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

جدول ٤- نتایج ارزیابی مدل رگرسیون درختی شماره سه

سال	مرحله	RMSE	R^2	Bias	SI
۱۳۸۶	آموزش	۰/۸۶۹	۰/۸۲۹	۰/۰	۰/۲۵۳
	صحت سنجی	۰/۶۴۳	۰/۸۷۰	-۰/۰۲۴	۰/۱۷۵
	آزمون	۱/۴۳۵	۰/۵۲۹	-۰/۰۶۸	۰/۳۸۱
۱۳۸۸	آموزش	۰/۳۵۶	۰/۸۳۷	۰/۰	۰/۲۵۳
	صحت سنجی	۰/۶۷۰	۰/۵۱۴	-۰/۰۴۰	۰/۴۱۹
	آزمون	۰/۴۳۶	۰/۷۶۱	-۰/۰۹۷	۰/۲۸۱



www.SID.ir

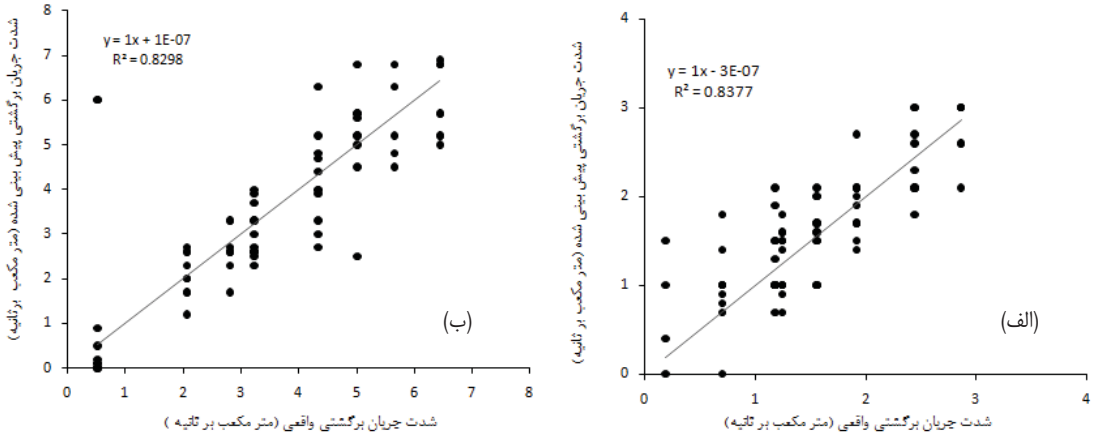


شکل ۹- نمودار درختی درخت بهینه مدل شماره سه [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

در شکل (۱۰) داده‌های شدت جریان برگشتی پیش‌بینی شده مدل با مقادیر واقعی برای سال‌های مطالعاتی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در این شکل نیز مشاهده می‌شود، مدل شماره سه برای هر دو سال مطالعاتی، شدت جریان برگشتی را بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقدار ضریب نکویی برازش داده‌های واقعی و پیش‌بینی نیز برای هر دو سال مورد نظر بیش از ۰/۸۳ می‌باشد.

مدل شماره چهار

در مدل شماره چهار شدت جریان برگشتی منطقه مورد مطالعه با کنار گذاشتن پارامتر نفوذ عمقی پیش‌بینی می‌گردد. بیشترین ضریب همبستگی مدل معادل ۰/۸۳۲و مربوط به مرحله آموزش سال ۸۸ گزارش گردید. مقدار پارامتر انحراف در مرحله صحّت‌سنجی مدل بر اساس داده‌های سال ۸۶ مثبت و در سایر مراحل از روندی مشابه مدل‌های قبل تبعیت می‌کند. نمودارهای درختی درخت بهینه مدل برای سال‌های ۸۶ و ۸۸ به ترتیب در شکل‌های (۱۱-الف) و (۱۱-ب) ارائه شده است.



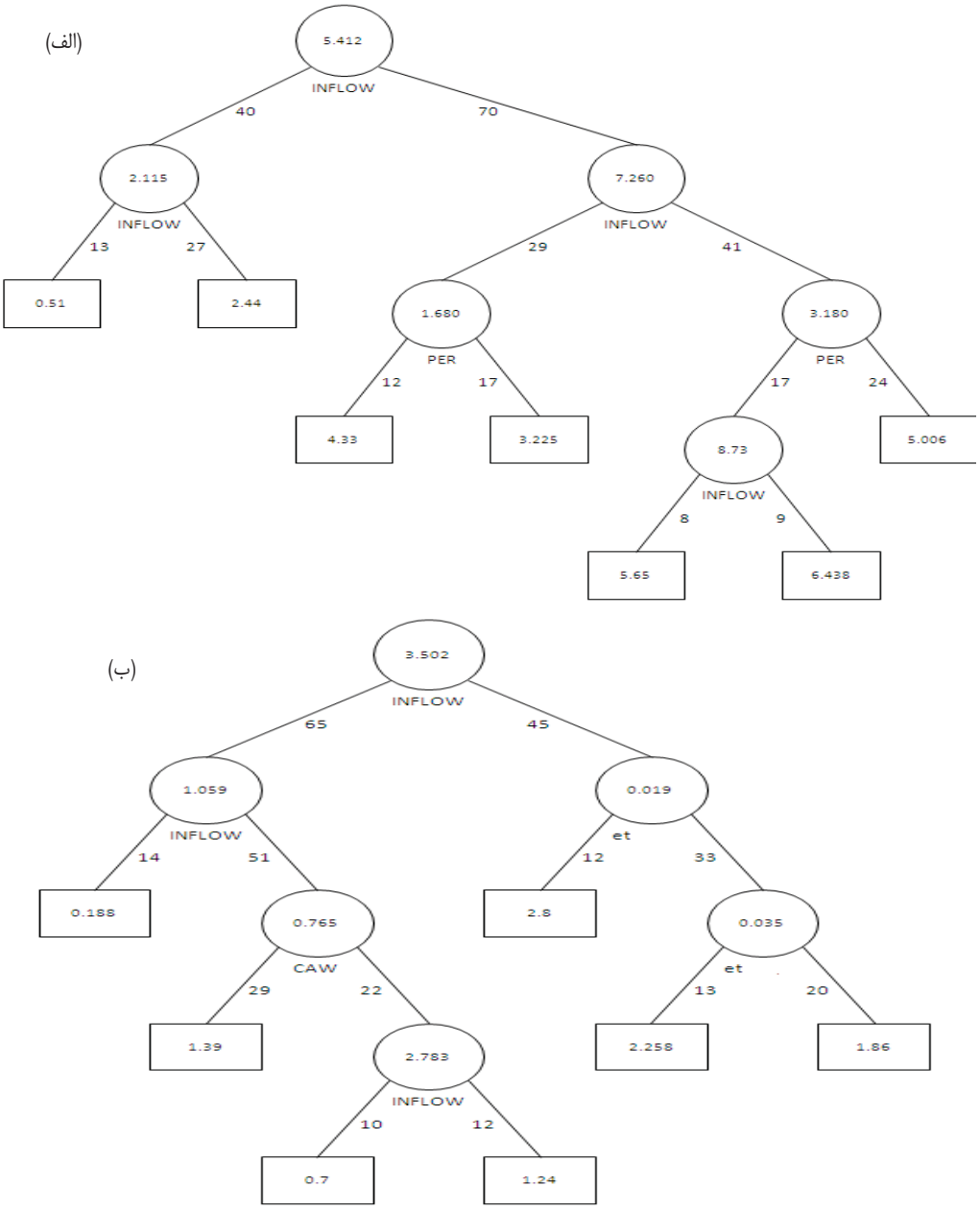
شکل ۱۰- مقایسه داده‌های پیش‌بینی و واقعی جریان برگشتی در مدل شماره سه [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- نتایج ارزیابی مدل رگرسیون درختی شماره چهار

سال	مرحله	RMSE	R^2	Bias	SI
۱۳۸۶	آموزش	۰/۹۰۴	۰/۸۱۵	۰/۰	۰/۲۱۲
	صحت سنجی	۰/۷۵۴	۰/۸۲۶	۰/۰۴۳	۰/۲۰۴
	تست	۱/۴۹۱	۰/۴۹۱	-۰/۰۶۴	۰/۳۵۹
۱۳۸۸	آموزش	۰/۳۶۲	۰/۸۳۲	۰/۰	۰/۳۲۱
	صحت سنجی	۰/۶۳۷	۰/۵۶۱	-۰/۰۶۳	۰/۳۹۲
	تست	۰/۴۶۴	۰/۷۲۵	-۰/۱۰۱	۰/۳۰۶



شکل ۱۱- نمودار درختی درخت بهینه مدل شماره چهار [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

www.SID.ir

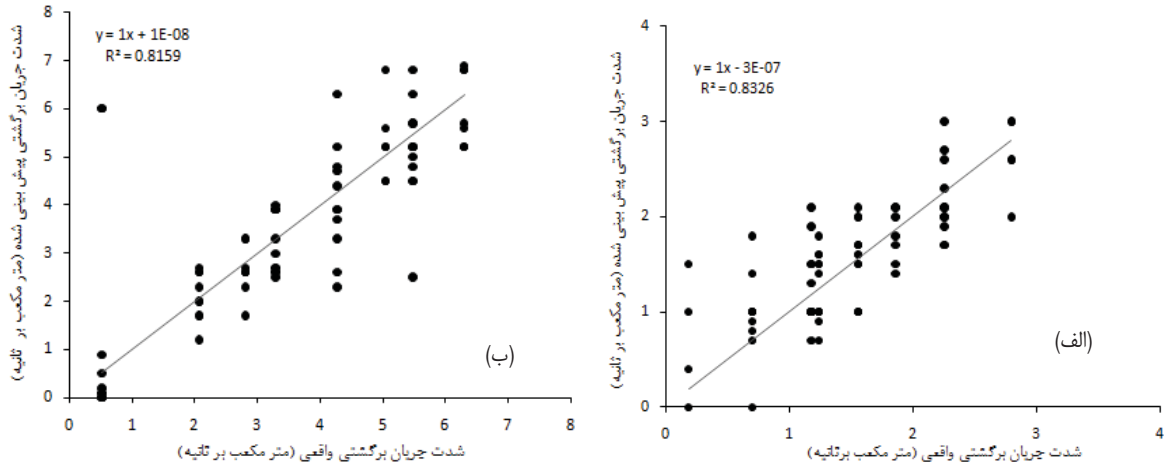
در شکل (۱۲) داده‌های شدت جریان برگشتی پیش‌بینی شده مدل با مقادیر واقعی برای سال‌های مطالعاتی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همان‌طور که در این شکل نیز مشاهده می‌شود، مدل شماره چهار برای سال ۸۶ و ۸۸، شدت جریان برگشتی را بیش از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقدار ضریب نکویی برازش داده‌های واقعی و پیش‌بینی نیز برای هر دو سال مورد نظر بیش از ۰/۸۱ تعیین گردید که بیانگر دقّت مطلوب مدل رگرسیون درختی در پیش‌بینی شدت جریان آب برگشتی شبکه آبیاری مورد مطالعه می‌باشد.

مقایسه شاخص‌های آماری ترکیب‌های چهار گانه مدل رگرسیونی مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد که با حذف برخی متغیرهای ورودی از ترکیب مدل رگرسیون درختی، تغییرات چندانی در دقّت مدل به‌وجود نمی‌آید. ارزیابی حساسیت مدل رگرسیون درختی بیانگر آن است که این مدل بیشترین حساسیت را به مقدار شدت جریان ورودی دارد، به‌طوری که با اعمال تغییرات در مقدار این پارامتر، تغییرات زیادی در مقدار شدت جریان برگشتی به‌وجود می‌آید. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که رتبه بندی حساسیت میزان جریان برگشتی به متغیرهای ورودی به‌صورت جدول شماره (۶) می‌باشد. درجه حساسیت مدل رگرسیون درختی نسبت به تأثیرپذیری از متغیّرهای پنج‌گانه به‌صورت زیر ارزیابی می‌گردد: شدت جریان ورودی روزانه> نیاز آبی> نفوذ عمقی> بارش مؤثر> تبخیر از سطح کانال‌ها.

به‌طور کلی هر چهار ترکیب مدل رگرسیونی، نتایجی تقریبا یکسانی را به‌دست می‌دهند. این نشان دهنده این موضوع است که مدل رگرسیون درختی با تعداد متغیرهای کم نیز قادر به پیش‌بینی جریان آب برگشتی با دقت قابل قبولی می‌باشد. به بیان دیگر، با کنار گذاشتن بعضی از متغیرهای کم اهمیت نظیر تبخیر از کانال‌های شبکه که مقدار کمّی آن نیز نسبت به مقدار کمّی سایر متغیرها پایین تر است، تأثیر چندانی در دقت مدل به‌وجود نخواهد آمد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از مدل هوشمند رگرسیون درختی برای پیش‌بینی مقدار جریان برگشتی از حوزه آبشخور زهکش سلیمه شبکه آبیاری و زهکشی دز استفاده شد. بدین منظور چهار ترکیب مختلف برای مدل رگرسیون درختی با استفاده از پنج متغیّر شدت جریان ورودی روزانه، بارش مؤثر، نیاز آبی، نفوذ عمقی و تبخیر از سطح کانال توسعه یافتند. توسعه مدل بر اساس داده‌های واقعی اندازه‌گیری شده طی دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. ارزیابی ترکیب‌های مختلف مدل رگرسیونی نشان داد که کلیه ترکیب‌ها از دقّت مطلوبی در تعیین شدت جریان برگشتی محدوده مورد مطالعه برخوردار بوده و از این‌رو کاربرد هر یک از آن‌ها در پیش‌بینی جریان برگشتی شبکه قابل توصیه می‌باشد.



شکل ۱۲- مقایسه داده‌های پیش‌بینی و واقعی جریان برگشتی در مدل شماره چهار [الف) سال۱۳۸٦، ب) سال ۱۳۸۸]

جدول ٦- رتبه بندی حساسیت مدل رگرسیون درختی به متغیّرهای ورودی

متغیّر ورودی	شدت جریان ورودی روزانه	نیاز آبی	نفوذ عمقی	بارش مؤثر	تبخیر از سطح کانال‌های شبکه
رتبه حساسیت	۱	۲	۳	۴	۵

www.SID.ir

هر چند مطلوب‌ترین ترکیب مدل رگرسیونی، ترکیبی است که هر پنج متغیّر ورودی در توسعه مدل لحاظ گردد لکن با توجه به نتایج حساسیت‌سنجی مدل به متغیرهای مختلف، پارامترهای بارش مؤثر و تبخیر از سطح کانال‌ها بدون تأثیر قابل توجه در دقت مدل، می‌توانند از ورودی‌های مدل رگرسیون درختی حذف شوند. با توجه به حساسیت بالای مدل به مقدار شدت جریان ورودی، به‌منظور برآورد دقیق شدت جریان برگشتی روزانه می‌بایست ابزار دقیق اندازه‌گیری جریان در مقطع ورودی آب به شبکه آبیاری نصب و مورد پایش مستمر قرار گیرد. به‌طور کلی با توجه به کاربری ساده مدل رگرسیونی توسعه یافته و البته دقت مناسب آن در تخمین شدت جریان برگشتی آب شبکه؛ پیشنهاد می‌شود:

– مطالعات تکمیلی به‌منظور بررسی دامنه میزان تاثیر سایر پارامترهای هیدرودینامکی و هیدرولوژیکی بر میزان جریان برگشتی شبکه‌های آبیاری صورت پذیرد.

– کابرد مدل رگرسیون درختی در پیش‌بینی کیفیت جریان آب و عوامل مؤثر برآن مورد ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های سازمان آب و برق خوزستان و معاونت علمی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تشکّر و قدردانی می‌گردد.

منابع

باقری، م. (۱۳۷۸). ذخیره و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های برگشتی در اراضی شالیزارهای شمال مازندران. هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

درزی، ف.، صفوی، ح.ر. (۱۳۸۵). مدل‌سازی جریان برگشتی از شبکه آبیاری نکوآباد به آبخوان دشت نجف آباد. دومین کنفرانس ملی منابع آب ایران.

محجوبی، ج.، شهیدی، ا.ع. (۱۳۸۷). پیش‌بینی پارامترهای ناشی از باد در بندر امیر اباد به کمک درخت‌های تصمیم رگرسیونی. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران ایران.

Beriman, L., Friedman, J., Olshen, R., and Stone, C.H. (1984). Classification and regeession trees. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.

Cristina, O., and Louis,W.A. (2003). Complete Fuzzy Decision tree Technique. Fuzzy Sets and Systems, 138 (2): 221-254.

Gosain, A.K., Rao, S., Srinivasan, R., and Reddy, G.N. (2005). Return flow assessment for irrigation command in the Palleru river basin using SWAT model. Hydrological Process, 19: 673-682.

Hand, D., Heikki, M., and Padhraic, S. (2005). Principles of Data Mining. The MIT Press.

Hurley, A.P. (1968). Predicting return flows from irrigation. J. Irrig. Drain. Div. ASCE.

Kim, H.k., Jang,T.I., Im, S.J., and Park, S.W. (2009). Estimation of irrigation return flow from paddy fields considering the soil moisture. Agricultural Water Management, 96 (5): 875-882.

Min, X., Pakorn,W., Pramod, K., and Manoj, K. (2005). Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. Remote Sensing of Environment, 97(3): 322-336.

Mohan, S., and Vijayalakshmi, D.P. (2008). Prediction of irrigation return flows through a hierarchical modeling approach. Science Direct.

Osterveld, M., Mcmullin, R.W., and Toogood, J.A. (1978). Return flow and soil salts in tow drainage basins. J. Irrig. Drain. Div. ASCE.

Piper, B.S., Chawalit, C., and Pantheep, V. (1989). Chi River Basin irrigation demand model. Water Resour. 1989.

Tanji, K.K. (1981). California irrigation return flow case study. J. Irrig. Drain. Div. ASCE.

Santiago, A., and Carlos, A. (2005). Matrix Inference in Fuzzy Decision Trees. Eusflat-Lfa: 979-984.

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۰

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 6, Spring 2012, p. 31-45

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۶، نیمسال اول ۱۳۹۱، ص. ۴۵-۳۱

A regression tree model to predict daily return flow of irrigation networks (Case study: Salimeh irrigation area of Dez irrigation network)

Hadi Varvani[1], Aliasghar Montazar[2*], and Ali Rahimikob[3]

Abstract

Return flow is one of the main factors in reduction of water efficiency within the irrigation networks. Hence, an accurate prediction of return flow and providing the managerial strategies to reduce it's quantity or reuse it in an optimal way could improve the efficiency of irrigation systems. In the present study, a regression tree model is developed to predict daily return flow discharge for Salimeh Irrigation Area, SIA, in Dez Irrigation Network. The daily inflow to the irrigation area, effective rainfall, consumptive water demand, percolation loss and evaporation from the surface canals are taken as predictor variables and return flow is treated as the target variable. Four sub-models of regression tree are evaluated. Model training, validation and testing carried out based on the observed data of 1386 and 1388. The model performance shows a good match between the simulated and the field measured return flow values. Results of statistical analysis indicated that the correlation coefficients are high for all sub-models and it can be concluded that the model performs satisfactorily in simulating the return flow. Accordingly, all tree regression sub-models may be recommended in the monitoring process of the SIA. The sensitivity of the model to the predictor variables is evaluated as; daily inflow> consumptive water demand> percolation loss> effective rainfall> evaporation from the surface canals. The findings demonstrate that the model has also a desirable accuracy in spite of deleting effective rainfall and evaporation from the surface canals as predictor variables.

Key words: Irrigation network, Regression tree model, Return flow, Salimeh drain, Water efficiency.

Archive of SID

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Campus of Abouraihan, University of Tehran, Iran
2- Associate Prof., Irrigation and Drainage Engineering Dept., Campus of Abouraihan, University of Tehran, Iran
(*- Corresponding author Email: almontaz@ut.ac.ir)
3- Associate Prof., Irrigation and Drainage Engineering Dept., Campus of Abouraihan, University of Tehran, Iran

www.SID.ir