دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی در تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری

ابوالفضل ناصری[۱]

چکیده

با توجه به اهمیت فرآیند نفوذ در طراحی ومدیریت آبیاری سطحی ونیز توانمندی فن شبکه‌های عصبی مصنوعی در تحلیل محاسباتی برخی از فرآیندها، این پژوهش با هدف کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری صورت گرفته است. آزمایش‌های نفوذ پذیری با روش جویچه مسدود انجام شده است. در استفاده از فن شبکه عصبی مصنوعی، مجموعه ورودی‌ها شامل فرصت نفوذ، رطوبت اولیه خاک، عمق و سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده و چگالی ظاهری مرطوب خاک بود که پس از نگاشت داده‌ها وبا انتخاب لایه‌های پنهان مناسب و با الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای وتحلیل مولفه اصلی برای فرآیند آموزش، مقادیر خروجی مناسب برآوردشد. ارزیابی آموزش وعملکرد شبکه عصبی ومقایسه آن با داده‌های اندازه گیری شده نشان می‌دهد که شبکه عصبی مصنوعی فن بسیار مناسبی برای تحلیل نفوذ از جویچه‌های آبیاری بوده وشیوه‌های آموزش پرسپترون چند لایه ای وتحلیل مولفه اصلی با یک لایه میانی به عنوان بهترین شیوه برای تحلیل نفوذ از جویچه پیشنهاد می‌شوند. ضریب همبستگی مقادیر برآوردشده واندازه گیری شده برای داده‌های آزمونی برابر ۰/۹۸ به دست آمد.

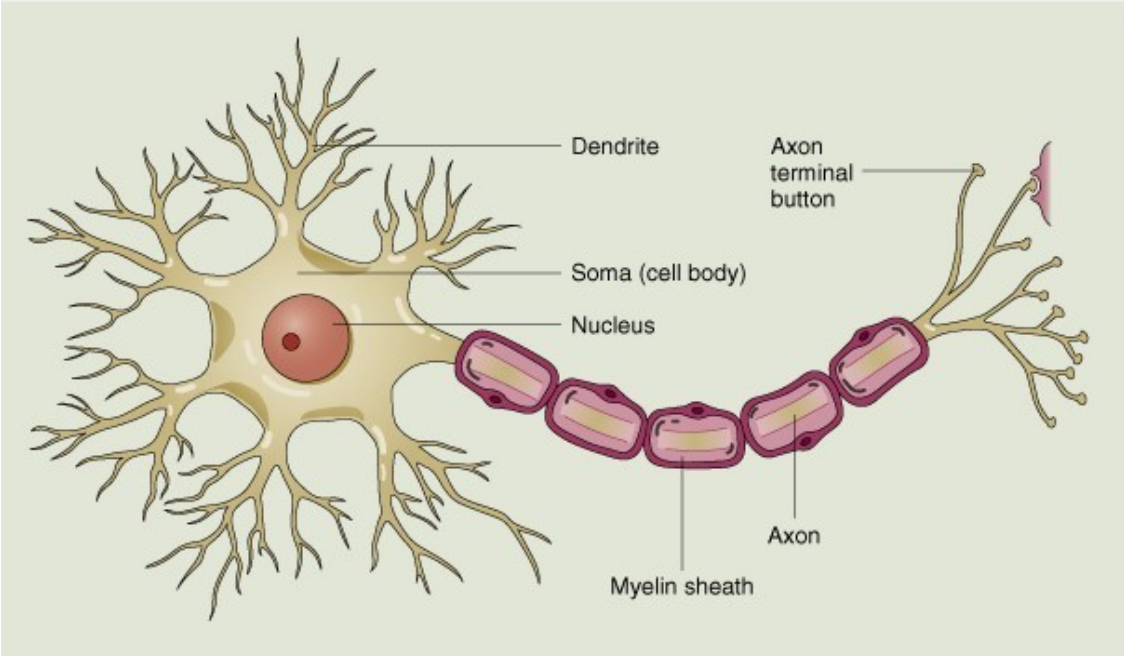
کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، نفوذ آب، پرسپترون چند لایه‌ای، تحلیل مولفه اصلی، جویچه آبیاری.

مقدمه

به طور کلی ساختارهای نرم‌افزاری را می‌توان به دودسته تسلسلی و موازی تقسیم‌بندی نمود. کامپیوترهای موجود ساختار تسلسلی و مغز انسان با ساختار موازی عمل می‌کند. عملکرد این دو

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
نشانی: تبریز صندوق پستی شخصی ۱۳۶۳-۵۱۳۸۵ پست الکترونیک: ab-nasseri@azaran.org.ir همراه:۰۹۱۴۳۱۰۸۴۷۱

پردازشگر از نقطه نظرهای انجام اعمال منطقی، تبعیت از برنامه منظم، سرعت انجام عملیات و نوع ساختار قابل مقایسه است. متخصصین هوش محاسباتی سعی نموده اند که ساختار موازی سیستم مغز انسان را الگوسازی نمایند که داده‌ها در آن، به صورت موازی جای گرفته و پردازش گردد. واحد اساسی مغز انسان را نرون تشکیل می‌دهد، و نرون‌ها به سه دسته حسی، ارتباطی و محرک تقسیم می‌گردند. هر نرون از سه قسمت بدنه، دندریت و آکسون تشکیل شده یافته است. فلسفه اصلی محاسبات شبکه عصبی مدل کردن خصوصیات کلی مغز ونحوه عملکرد آن است.



شکل (۱)- نرون بیولوژیک

هر نرون ساده مصنوعی مدل شده از نرون بیولوژیک، به این صورت عمل می‌کند که مجموع ورودی‌های موزون را محاسبه نموده و حاصل را با سطح آستانه خود مقایسه می‌کند و در صورتی که مجموع حاصل از حد آستانه بزرگتر شود، نرون فعال و در غیراین صورت نرون غیر فعال می‌شود. از سوی دیگر یکی از فرضیات مدل سازی از نرون بیولوژیک این است که هر کدام از نرون‌ها در زمان فعالیت خود یک تابع تحریک به ورودی‌ها اعمال می‌کنند. این تابع می‌تواند از نوع خطی یا غیر خطی انتخاب شود. هر شبکه عصبی از لایه‌های ورودی، میانی یا پنهان وخروجی تشکیل شده و براساس تعداد و نحوه قرارگیری این لایه شبکه‌ها به انواع مختلف تقسیم می‌گردند. به طور کلی از مهمترین خصوصیات شبکه‌ها خاصیت یادگیری آن است به طوری که قادرند از گذشته و تجربه آموزش ببینند. آموزش شبکه‌ها به دو صورت تحت نظارت و بدون نظارت انجام می‌شود. از روش‌های آموزش می‌توان به روش ویدرو-هاف،

پرسپترون چند لایه‌ای، و... را نام برد [۱ و ۲]. پرسپترون چند لایه‌ای از لایه‌های منظم و مختلفی تشکیل یافته و شامل لایه ورودی، لایه پنهان ولایه خروجی است. واحدهای لایه ورودی مقادیر ورودی را به لایه بعدی توزیع نموده واز نظر محاسبه مسئولیتی ندارند. نحوه عمل پرسپترون چند لایه‌ای به این صورت است که الگویی به شبکه ارائه شده و خروجی آن محاسبه می‌شود. با مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب، ضرایب وزن شبکه تغییر یافته واصلاح می‌شود تا زمانی که خروجی درست‌تری حاصل گردد [۱ و ۲]. الگوی دیگر تحلیل مولفه‌های اصلی است که یک روش کاهش داده است که داده‌های ورودی را به چند مولفه اصلی کاهش می‌دهد. شبکه‌های تحلیل مولفه‌های اصلی ترکیبی از آموزش تحت نظارت و بدون نظارت است. رابطه یا فرمول مشخصی برای انتخاب تعداد مناسب مولفه‌های اصلی وجود ندارد.

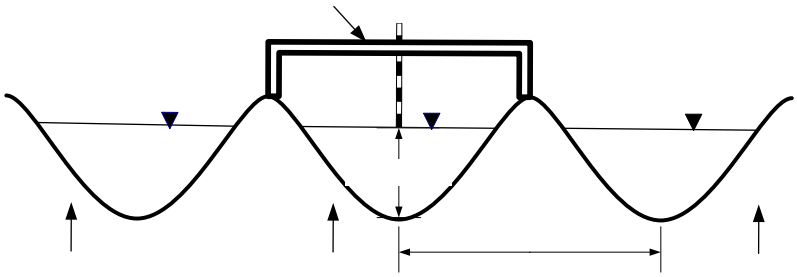
در چند سال اخیر فن شبکه‌های عصبی مصنوعی برای جواب‌یابی بسیاری از معادلات پیچیده کاربرد یافته است. از جمله می‌توان به برآورد مشخصه‌های آب خاک توسط خصوصیات فیزیکو- شیمیایی خاک که توسط محمدی [۳] انجام شده اشاره نمود. همچنین عابدینی وپولادی [۴] برای برآورد مکانی بارش روزانه از این فن استفاده نموده است. استفاده از این فن به قدری درزمینه مطالعات تغییرات زمانی– مکانی مشخصه‌های خاک وزمین شناسی ونیز درزمینه هیدرولوژی، آبیاری ، فیزیک خاک، زهکشی و مطالعات شوری گسترش یافته که در اینجا فقط به ذکر دو مثال اکتفا شد.

مشخصه‌های نفوذ آب به خاک در طرح و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای نقش اساسی دارد. نفوذ قادر است زمان‌های پیشروی و پسروی جریان، حجم رواناب، حجم آب نفوذ یافته و یکنواختی توزیع آب در طول یک نوبت آبیاری را تحت تاثیر قرار دهد. از سوی دیگر، مشخص شده که راندمان کاربرد آب به تغییرات پارامترهای معادله نفوذ بسیار حساسیت دارد. با توجه به پیچیده بودن فرآیند نفوذ ، الگوبندی تعیینی آن مشکل بوده و برای کمی نمودن تغییرات نفوذ تجمعیی معمولاً از روابط تجربی که تابعی از فرصت زمان نفوذ است استفاده می‌شود [۵]. ضرائب روابط تجربی مفهوم فیزیکی نداشته و برازش آنها معمولاً با تحلیل رگرسیون یا روش دو نقطه‌ای صورت می‌گیرد. از معادلات تجربی پرکاربرد در آبیاری جویچه‌ای می‌توان معادلات کوستیاکف و کوستیاکف – لوئیس را نام برد [۵]. عیب معادله کوستیاکف در این است که رطوبت اولیه و میزان تراکم خاک را نمی‌توان در این معادله دخالت داد و به نظر برخی از محققین تعدیل معادله کوستیاکف- لوئیس با یک متغیر مکانی مانند پیرامون تر شده، ضرورت دارد. هدف از مطالعه حاضر امکان سنجی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری است.

مواد وروش‌ها

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرج با موقعیت ´۱۷ °۴۶ طول شرقی و ´۵ °۳۸ عرض شمالی و با ارتفاع از سطح دریای برابر با ۱۳۶۰ متر دردو جویچه سه‌تایی به فاصله ۱۰متر از هم مطابق شکل (۲) انجام شد. جویچه وسطی به عنوان جویچه اصلی و دو جویچه کناری به عنوان جویچه‌های محافظ انتخاب

شدند. خاک مزرعه لوم شنی بود. مدت انجام هر آزمایش نفوذپذیری در جویچه اول ودوم به ترتیب برابر ۱۵۷ و ۲۶۴ دقیقه بود. علاوه بر انجام آزمایش نفوذپذیری به روش جویچه‌های مسدود، مقادیر رطوبت اولیه و چگالی ظاهری مرطوب خاک، سطح مقطع و عمق جریان، پیرامون تر شده اندازه‌گیری و ثبت شدند. نتایج آزمایش‌ها در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل (۲)-آرایش جویچه‌های کناری و اصلی و نحوه اندازه‌گیری عمق جریان در جویچه

برای تحلیل داده‌های نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری از فن شبکه عصبی با الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه ای وتحلیل مولفه اصلی استفاده شده است.

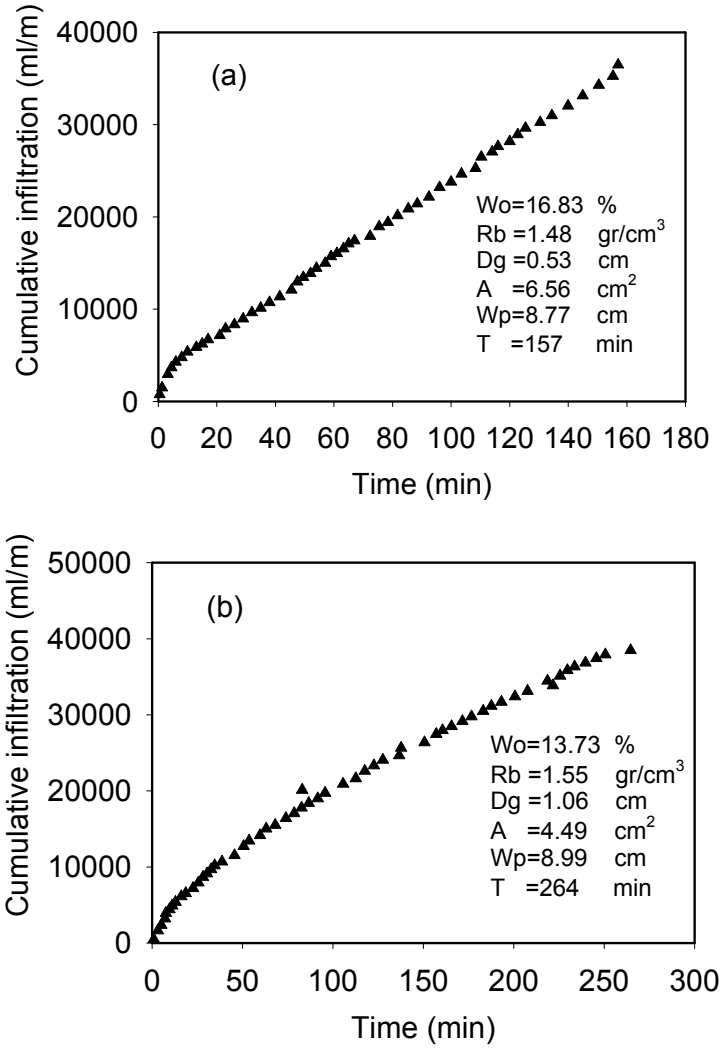
Probe

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری نفوذ در دونقطه از مزرعه در شکل(۲)نشان داده شده است. به ازای یک زمان مشخص نفوذ تجمعی در آزمایش اول بیشتر از آزمایش دوم است. علت آن احتمالا به عمق وسطح مقطع جریان در جویچه بر می‌گردد. فرصت نفوذ در آزمایش دوم بیشتر از آزمایش اول بود. سایر عوامل مربوط به جریان وجویچه در شکل (۳) ارائه شده است. برای کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل نفوذ از جویچه آبیاری شش سری ورودی وشامل فرصت نفوذ، رطوبت اولیه و چگالی مرطوب خاک، عمق جریان ، سطح مقطع وپیرامون ترشده و یک سری خروجی (نفوذ تجمعی) هر کدام به تعداد ۱۱۰ به صورت شکل (۴) در نظر گرفته شدند. برای تعیین داده‌های اندازه‌گیری شده درصد داده‌های لازم برای آموزش، اعتبارسنجی و آزمونی به ترتیب برابر ۶۰ و۲۰ و ۲۰ درصد درنظر گرفته شدند. در مراحل نخست برای آموزش داده‌ها اندازه‌گیری شده از روش پرسپترون چند لایه‌ای استفاده شد.

Flow de

Buffer furrow Monitored furrow



شکل (۳) - نفوذ تجمعی و عامل‌های اندازه‌گیری شده در جویچه آبیاری

تعداد لایه‌های میانی یک وتعداد عناصر از ۱ تا ۳ در نظر گرفته شد. از تابع آکسون خطی به عنوان تابع تحریک با قاعده ممانتوم و با گام ۰/۹۹ وضریب ۰/۸ استفاده شد. حداکثر تعداد اپوک برابر ۱۰۰۰ بود. نتایج انتخاب از بین بهترین جواب‌های حاصل از کاربرد شبکه عصبی در جدول (۱) خلاصه شده است. همانطوری که از جدول (۱) ملاحظه می‌شود از بین مدل‌های مختلف با آموزش پرسپترون چند لایه‌ای ردیف آخر با یک لایه میانی و یک عنصر و با گام و ضریب ممانتوم برابر با ۰/۹۹و ۰/۸ برای خروج ۰/۱ و ۰/۷ و با ضریب همبستگی ۰/۹۷۵ به عنوان بهترین روش انتخاب می‌شود.

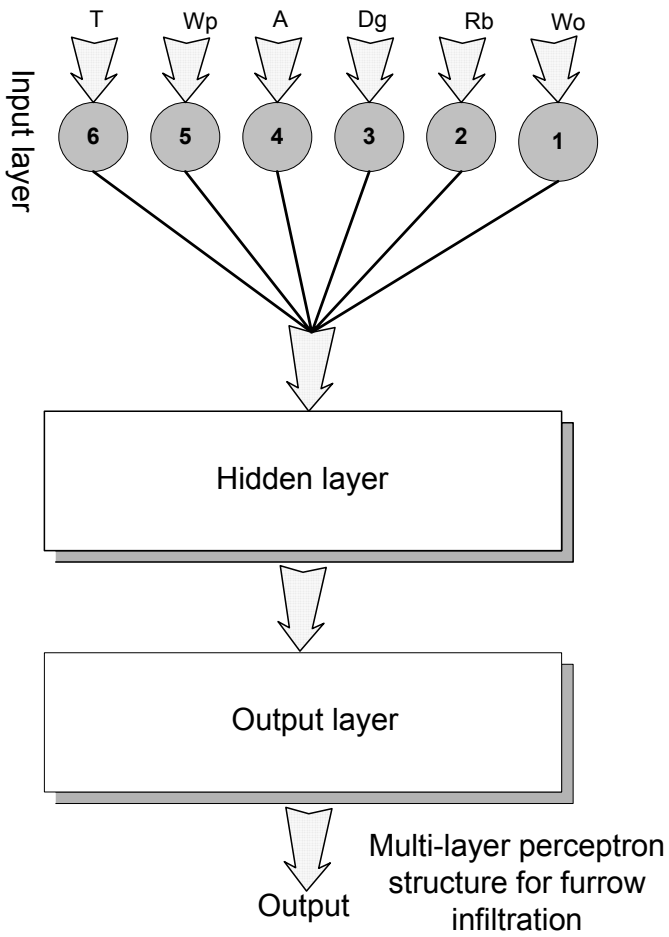
نفوذ تجمعی برآوردشده با کاربرد شبکه عصبی با الگوریتم آموزش پرسپترون چند لایه با مشخصات یادشده در شکل(۵) ارائه شده است. ضریب همبستگی به ترتیب برابر ۰/۹۷۷ و ۰/۹۸۵ و ۰/۹۷۰ برای

داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی به دست آمد. شکل‌های مقایسه‌ای ارائه شده حاکی از کارآئی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل نفوذ از جویچه‌های آبیاری دارد.

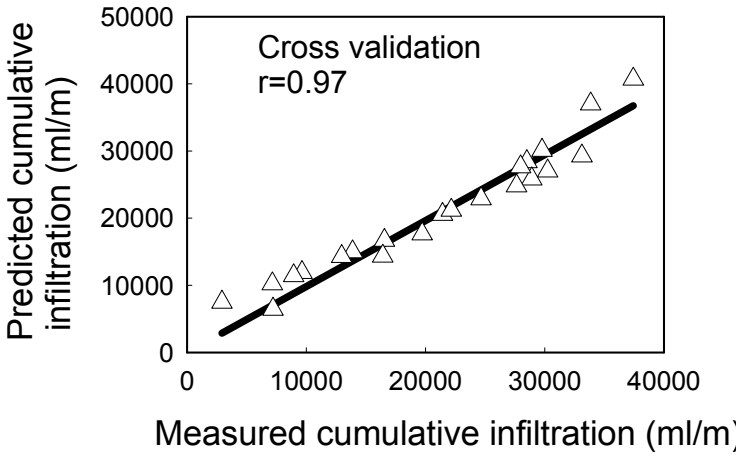
جدول (۱) – مشخصات مدل‌های انتخاب شده برای تحلیل نفوذ

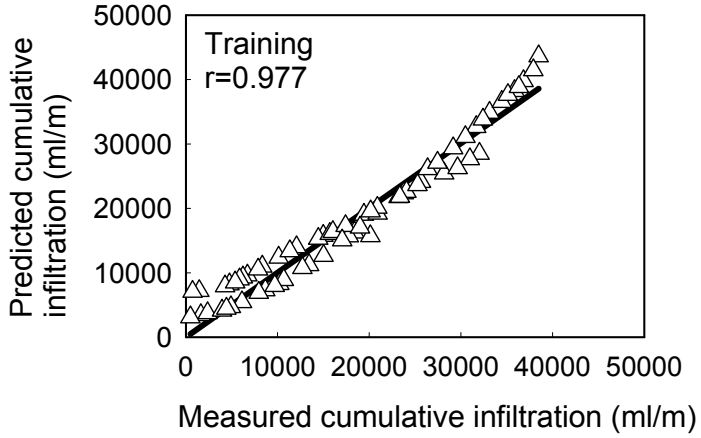
ردیف	تعداد لایه میانی	تعداد عناصر	اندازه گام	ضریب ممانتوم	ضریب همبستگی
۱	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۹۰
۲	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۵۰
۳	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۵۰
۴	۱	۲	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۸۰
۵	۱	۱	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۷۰
			برای خروج ۰/۱۰	برای خروج ۰/۷۰	
۶	۱	۱	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۷۵

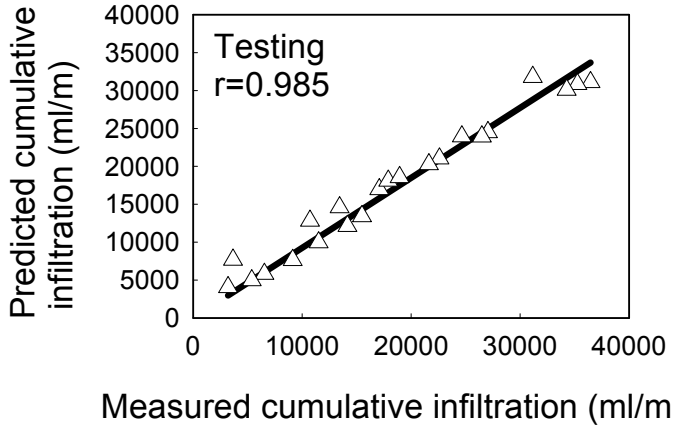
نوع آموزش، پرسپترون چند لایه وتابع تحریک، آکسون خط و تعداد ورودها برابر۶ بود.



شکل (۴) – ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری







شکل (۵) - مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده و برآوردشده با الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای برای داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی.

ارزیابی عملکرد و میزان حساسیت خروجی شبکه به ورودی‌ها

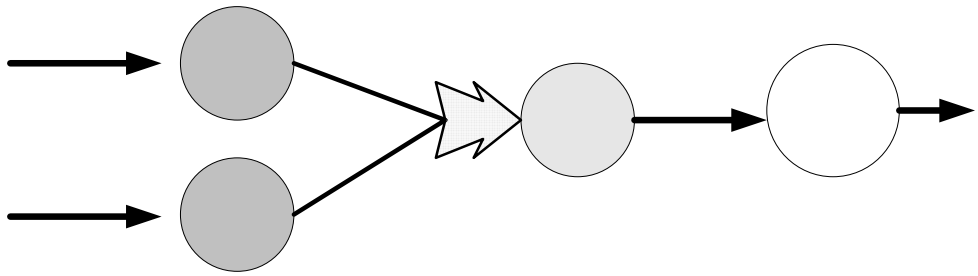
ارزیابی عملکرد شبکه با شاخص‌ها مختلف انجام می‌شود. از جمله این شاخص‌ها ضریب همبستگی ومیانگین مربعات خطای ایجاد شده بین خروجی واقعی ودلخواه است. در شکل (۹) شاخص اخیر در آموزش با الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای برای دو تقسیم‌بندی داده‌ها یعنی مرحله آموزشی و اعتبارسنجی ارائه شده است. در شیوه آموزش پرسپترون چند لایه‌ای مقدار نهائی و حداقل میانگین مربعات خطا برای داده‌های آموزشی یکسان بوده و برابر ۰/۰۰۵۹ بود. میزان حساسیت خروجی شبکه عصبی به تغییرات ورودهای آن در شکل (۹) ارائه شده است. مهمترین ورودی موثر در مقدار خروجی فرصت نفوذ است و تاثیر فرصت نفوذ در مقدار نفوذ تجمعی در تحقیقات پیشین نیز ثابت شده و تاثیر قابل ملاحظه آن قابل انتظار بود. در شیوه آموزش پرسپترون چند لایه‌ای تاثیر پیرامون تر شده وسطح مقطع جریان تقریباً یکسان بود. همچنین می‌توان گفت تاثیر رطوبت اولیه و عمق آبیاری به یک اندازه بوده و چگالی ظاهری مرطوب خاک برروی نفوذ تجمعی تاثیر بسیار کمی داشته است. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل حساسیت با آموزش پرسپترون چند لایه ای، برای حذف ورودهای نامربوط ودر نتیجه برای کاهش هزینه اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها ونیز برای بهبود یا ارتقاء احتمالی عملکرد شبکه از الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شد. برای آموزش داده‌های اندازه‌گیری شده باتحلیل مولفه‌های اصلی، تعداد لایه‌های میانی یک و تعداد عناصر از ۱ تا ۳ در نظر گرفته شد. عمدتاً از تابع آکسون خطی به عنوان تابع تحریک با قاعده ممانتوم و با گام ۰/۹۹ و ضریب ۰/۸ استفاده شد. حداکثر تعداد اپوک برابر ۱۱۰۰ که ۱۰۰۰ اپوک برای الگوریتم تحت نظارت و ۱۰۰ اپوک برای الگوریتم بدون نظارت بود. نتایج انتخاب‌ها از بین بهترین جواب‌های حاصل از کاربرد شبکه عصبی باتحلیل مولفه‌های اصلی در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۲)- مشخصات الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی انتخاب شده برای تحلیل نفوذ

ردیف	تعداد لایه میانی	تعداد عناصر	تعداد مولفه اصلی	ضریب همبستگی
۱	۱	۳	۶	۰/۹۷۸
۲	۱	۳	۵	۰/۹۵۰
۳	۱	۳	۴	۰/۹۴۰
۴	۱	۳	۳	۰/۹۰۰
۵	۱	۱	۳	۰/۹۷۷
۶	۱	۱	۲	۰/۹۷۰
۷	۱	۱	۱	۰/۹۱۰

نوع آموزش، تحلیل مولفه‌های اصلی، تابع تحریک آکسون خطی وبرای ردیف ۷ آکسون سیگموئد بود.

از جدول (۲) ملاحظه می‌شود که از بین مدل‌های مختلف ردیف ماقبل آخر با یک لایه میانی ویک عنصر وبا دو مولفه اصلی شامل فرصت نفوذ وسطح مقطع جریان (شکل(۶)) و با ضریب همبستگی ۰/۹۷۰ به عنوان بهترین انتخاب معرفی می‌شود. معیار انتخاب، بالا بودن ضریب همبستگی و ساده بودن ساختار و کم بودن تعداد ورودها بوده است. نفوذ تجمعی برآورد شده با کاربرد شبکه عصبی با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی با مشخصات انتخاب شده در شکل (۷) ارائه شده است. ضریب همبستگی حاصل به ترتیب برابر ۰/۹۷۳ و ۰/۹۸۲ و ۰/۹۷۵ برای داده‌ها آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی است. شکل‌های مقایسه‌ای ارائه شده حاکی از کارآئی استفاده از الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی در برآورد نفوذ از جویچه‌های آبیاری است.



شکل (۶) - ساختار تحلیل مولفه‌های اصلی برای نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری

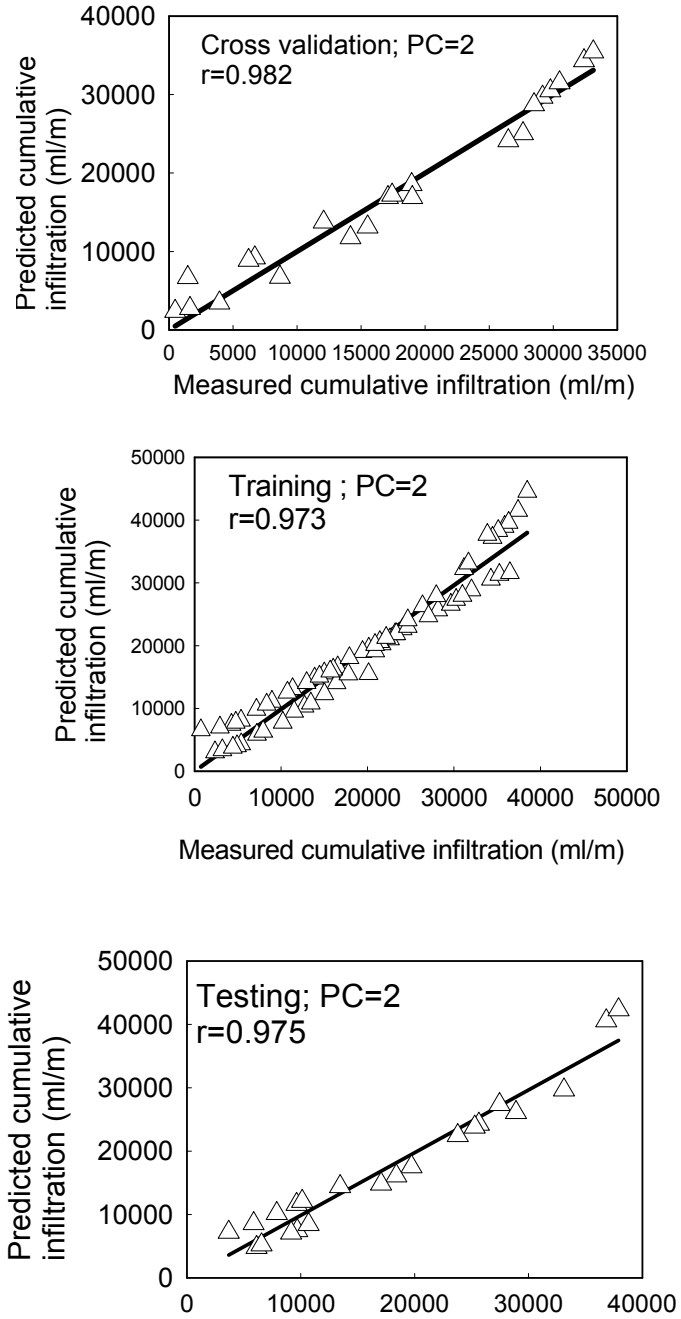
A

4

T

6

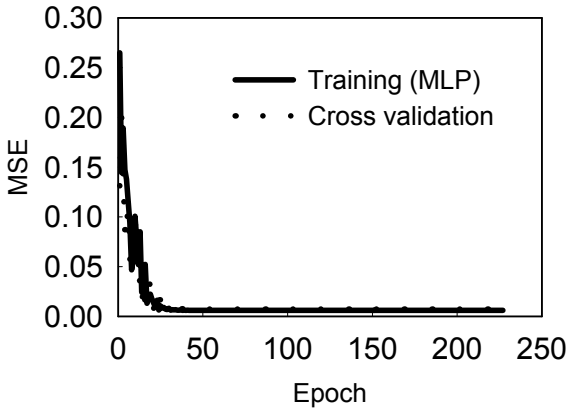
Hidd

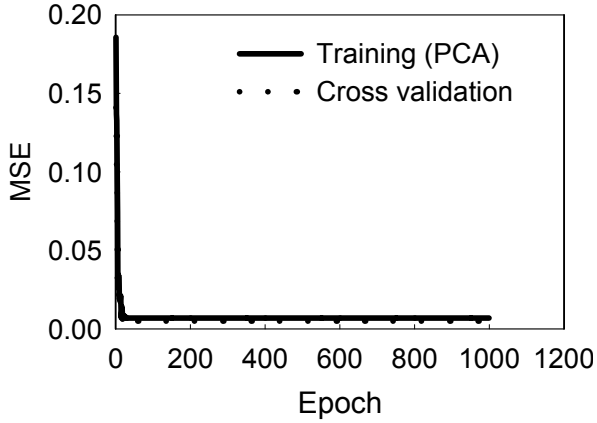


شکل (۷)- مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده و برآوردشده با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی برای داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی.

جدول (۳) - حداقل و مقدار نهائی میانگین مربعات خطا در تحلیل مولفه‌های اصلی با دو مولفه فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان

	آموزشی	اعتبارسنجی
اپوک	۳۲۲	۳۴
حداقل میانگین مربعات خطا	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۴۷
میانگین مربعات خطای نهائی	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۵۰

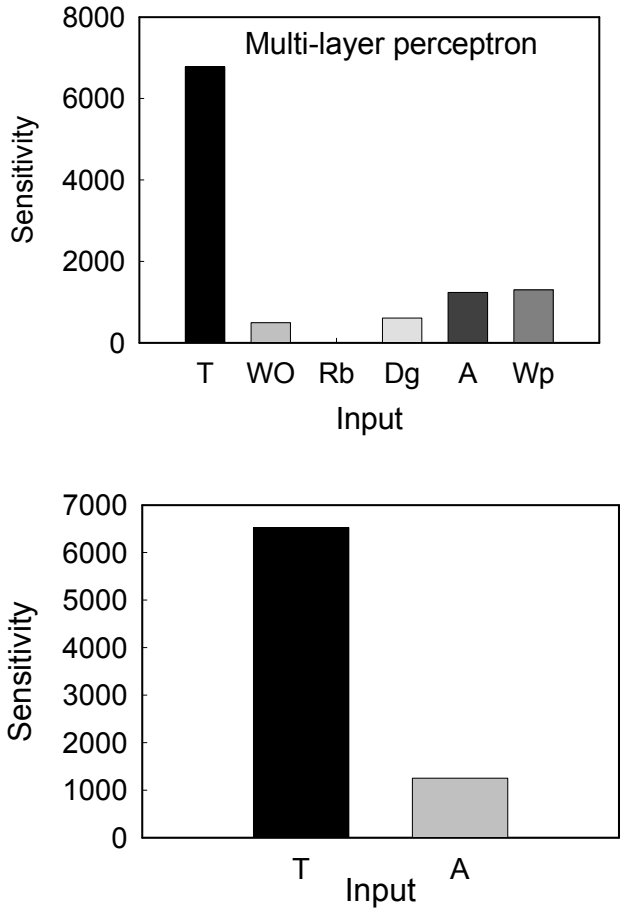




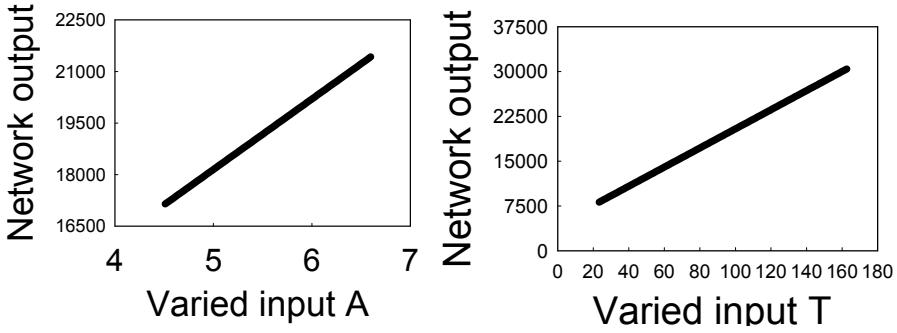
شکل (۸) - میانگین مربعات خطا ایجادشده بین خروجی واقعی و دلخواه به ازای اپوک‌های مختلف در الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی

ارزیابی عملکرد و میزان حساسیت خروجی شبکه با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی

میانگین مربعات خطا ایجادشده بین خروجی واقعی و دلخواه در الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی با دو مولفه فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی در جدول (۳) و شکل (۸) ارائه شده است. مقدار نهائی و حداقل میانگین مربعات خطا برای داده‌های آموزش یکسان بوده و برابر ۰/۰۰۶۹ و برای داده‌های اعتبارسنجی این دو مقدار به ترتیب برابر۰/۰۰۵۰ و ۰/۰۰۴۷ بود (شکل (۸)). میزان حساسیت خروجی الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی به تغییرات ورودها آن در شکل(۹) و به میانگین تغییرات ورودها در شکل(۹) ارائه شده است. در این نوع الگوریتم نیز مهمترین ورودی موثر در مقدار خروجی فرصت نفوذ است. می‌توان گفت در غیاب سایر عوامل که اندازه گیری شده بود، حساسیت خروجی به میانگین تغییرات فرصت نفوذ بیش از پنج برابر حساسیت به سطح مقطع جریان بوده است. متناسب با تغییرات فرصت نفوذ از ۲۳/۳۵ تا ۱۶۲/۶۶ دقیقه، تغییرات نفوذ تجمعی از ۸/۱۴ تا ۳۰/۴۲ لیتر بر متر بود. تغییرات سطح مقطع جریان از ۴/۵ تا ۶/۵ سانتی متر مربع و متناسب با آن تغییرات نفوذ تجمعی از ۱۷/۱۴ تا ۲۱/۴۲ لیتر برمتر بود.



شکل (۹)- میزان حساسیت خروجی شبکه به میانگین تغییرات ورودهای آن در الگوریتم‌های مختلف آموزشی



شکل (۱۰) - خروجی شبکه به ازا تغییرات ورودها آن با کاربرد الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی

نتیجه‌گیری

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی نشان داد استفاده از این فن برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری به صورت رضایت بخشی مناسب است. از بین گزینه‌های مختلف در الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای، استفاده از یک لایه میانی و یک عنصر و با گام و ضریب ممانتوم برابر با ۰/۹۹ و ۰/۸ برای لایه میانی و ۰/۱ و ۰/۷ برای خروجی به عنوان گزینه بهتر انتخاب گردید. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل حساسیت با آموزش پرسپترون چند لایه‌ای، برای حذف ورودهای نامربوط و در نتیجه برای کاهش هزینه اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها و نیز برای بهبود یا ارتقاء احتمال عملکرد شبکه از الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی استفاده شد. استفاده از یک لایه میانی ویک عنصر و با دو مولفه اصلی شامل فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی وساده بودن ساختار وکم بودن تعداد ورودها به عنوان بهترین گزینه انتخاب و معرفی گردد.

منابع

۱. عابدینی ،م.ج. وپولاد، ا.۱۳۸۲. مقاسه عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با سایر روش‌ها در براورد مکانی بارندگی روزانه. ششمین کنفرانس بین الملل مهندسی عمران. ۱۵-۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۲. دانشگاه صنعتی اصفهان .

۲. منهاج، م. ب. ۱۳۷۷. مبانی شبکه‌ها عصبی مصنوعی. چاپ اول. مرکز نشر پروفسور حسابی. تهران.

۳. ناصری، ا. ۱۳۸۵. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در بررسی وتفسیر وضعیت مخزنی میدان نفتی با روش‌های ژئوفزیک وچاه پیمایی. دانشگاه صنعتی سهند. تبریز.

۴. ناصری، ا. ۱۳۸۶ کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری. نهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان

5. Mohammadi، J. 2002.Testing an artificial neural network for predicting soil water retention characteristics from soil physical and chemical properties. 17th WCSS، 14-21 Aug. 2002. Thailand. 210:1-5.
6. Walker، W. R.، 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Irrigation and Drainage paper No. 45، FAO، Rome، Italy، 137pp.