مجله حسابداری مدیریت
سال چهارم / شماره دهم/ پاییز ۱۳۹۰

مقایسه پیش بینی هزینه ها با استفاده از روش های آماری و شبکه عصبی
مطالعه موردی: شهرداری اصفهان

امیر محمدزاده[۱]
نسرین مهدی پور[۲]
آرش محمّدزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۱۵

چکیده

پیش بینی هزینه کل آب در شهرداری اصفهان کمک موثری میباشد برای بهینه سازی مصرف آب در ۱۴ منطقه شهرداری اصفهان. هزینه کل آب تابعی از پارامترهای مختلف و متنوع می باشد. به همین دلیل پیش بینی هزینه به صورت تحلیلی بسیار مشکل و یا ناممکن می باشد. در این شرایط استفاده از سیستم های هوشمند می تواند به عنوان یک گزینه راهگشا مطرح گردد. در این تحقیق با استفاده از شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه و با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا هزینه کل آب شهرداری اصفهان بر اساس پارامترهای سرانه جمعیت هر منطقه، سرانه مساحت هر منطقه به دست آمده است.بدین منظور در این تحقیق مدلی برنامه ریزی شده که قابلیت ها و چهارچوب آن برای پیش بینی هزینه آب در۱۴ منطقه شهرداری اصفهان میباشد. این برنامه شامل شبیه سازی و پیش بینی هزینه کل آب سالانه شهرداری اصفهان می باشد. شبیه سازی هزینه کل آب با روش های رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده های سال ۸۳ تا ۸۸ انجام شده است که در نهایت روش شبکه عصبی مصنوعی به عنوان مدل شبیه سازی تعیین شده است.

واژه‌های کلیدی: شهرداری اصفهان،مدل رگرسیون،شبکه عصبی مصنوعی ،پیش بینی هزینه های آب.

۱- استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین (مسئول مکاتبات) AMN_1378@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه اصفهان Nasrin.mahdipour3@yahoo.com
۳ - کارشناس ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه سمنان Arash_MG@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از موضوعات مهم در امر تصمیم گیری مدیران اجرایی بودجه بندی و بودجه ریزی است.بودجه بندی یکی از ابزارهای عمده برنامه ریزی و کنترل است. در موسسات عمومی و عام المنفعه تخمین هزینه ها و درآمدها نقش حیاتی در دریافت اعتبارات و مصرف آن به عهده دارد. پیش بینی دقیق هزینه ها در موسسات مزبور دریافت بودجه مصوب و انجام مخارج و تحقق برنامه ها را به دنبال خواهد داشت. یکی از معیارهای ارزیابی مدیران دستیابی آنها به اهداف از پیش تعیین شده می باشد. اگر اهداف برنامه ها و هزینه ها و مخارج مربوط به آنها درست برآورد گردد، برنامه ها و اهداف دست یافتنی خواهند بود. یکی از ابزارها در ارزیابی مدیران موفق انحراف بودجه و هزینه ها از اعتبارات مصوب می باشد. اگر مخارج به درستی برآورد شود انحرافات به حداقل ممکن می رسد .

شهرداری اصفهان دارای ۱۴ منطقه شهری است که یکی از هزینه های مهم آن آب مصرفی می باشد. برای برآورد هزینه ها روش های مختلفی وجود دارد. روش هایی از جمله روش های سنتی یا متداول که بر اساس اطلاعات سال گذشته، روش حد متوسط ها که با محاسبه متوسط نرخ رشد هزینه های سنوات گذشته و ضرب آن در مبلغ هزینه های قبل مخارج سال آینده برآورد می گردد. روش سنجیده منظم روشی است که با استفاده از مدل های رگرسیونی مخارج سال آتی برآورد می گردد. تمامی روش های فوق دارای نقاط قوت و ضعف می باشد. از نقاط ضعف تمامی روش ها وجود انحراف هزینه است که در روش اخیر نسبت به روش های دیگر کمتر است.

در این پژوهش سعی بر این است که پیش بینی هزینه آب در ۱۴ منطقه شهرداری اصفهان با استفاده از روش رگرسیون و با برآورد آن به وسیله شبکه عصبی با یکدیگر مقایسه شود. با این مقایسه روشی بهینه و مطلوب خواهد بود که دارای انحراف بودجه حداقل باشد و شواهد لازم جهت پاسخ به سوال اصلی تحقیق یعنی: آیا پیش بینی هزینه های آب در ۱۴ منطقه شهرداری اصفهان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی از دقت بیشتری نسبت به مدل رگرسیون برخوردار است؟ ارائه شود.

بدین منظور ابتدا به تشریح روش شبکه عصبی مصنوعی و شاخص های ارزیابی مدل مربوطه و در ادامه مدل به شبکه عصبی مصنوعی و جداول و نمودارهای مقایسه ای این دو روش خواهیم پرداخت.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

بحث پیش بینی بلند مدت مصرف ابتدا توسط wong در سال ۱۹۷۲[۴] و بعد young در سال ۱۹۷۳[۵] و willlsie در سال ۱۹۷۴[۶] مطرح شد آنها با استفاده از سری های زمانی مصرف سالانه آب را بر اساس جمعیت، درآمد سرانه، قیمت آب، بارندگی، درجه حرارت و تبخیر مدل نمودند. در سال ۱۹۸۴ parzenو maidment [۷] مصرف ماهیانه آب در تگزاس را توسط سری زمانی تخمین زدند .در این تحقیق آنها ابتدا مقادیر سری زمانی را به دو مولفه همیشگی و تصادفی تقسیم کردند. مولفه های همیشگی شامل مولفه های روند و فصلی می شد که مولفه روند را به وسیله رگرسیون بین میانگین مصرف آب سالیانه و جمعیت شهر مدل کردند و مولفه فصلی را نیز با استفاده از سری های فوریه تخمین زدند. آنها برای مدل کردن مولفه تصادفی از دو معادله استفاده کردند. یکی از این معادلات همبستگی مصرف آب با مقادیر مصرف شده در روزهای قبل ومعادله دیگر همبستگی مصرف آب با متغیرهای آب و هوایی نظیر حداکثر درجه حرارت ماهیانه، تبخیر و بارش را بررسی می کرد. در سال ۱۹۸۵ maidment و

همکارانش[۸] یک تابع انتقال برای پیش بینی مصرف روزانه آب برای شهر تگزاس به کار بردند. همچنین آنها یک مدل مصرف کوتاه مدت توسط سریهای زمانی box-jenkins ساختند که در آن از اطلاعات بلند مدت و کوتاه مدت بصورت توام استفاده کردند. استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی مصرف کوتاه مدت ابتدا در سال ۲۰۰۰ توسط stark و همکارانش[۹] برای شهر آلبراتا در کانادا به کار رفت. آنها مصرف روزانه آب و همچنین مصرف روزانه ده روز آتی را با استفاده از پارامتر های ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت، بارش روز گذشته، مجموع بارش ۵ روز گذشته، مجموع بارش ۳۰ روز گذشته، اندیس تعطیلی و غیر تعطیلی و اندیس فصل پیش بینی نمودند. این روش در سال ۲۰۰۲ توسط yu و همکارانش[۱۰] برای سئول در کره جنوبی به کار رفت آنها از یک شبکه عصبی سه لایه استفاده نمودند در این تحقیق از ماکزیمم درجه حرارت، تعطیلات و مصرف روز گذشته به عنوان پارامتر ورودی در تمام فصول سال استفاده کردند، علاوه بر پارامترهای فوق سرعت باد در فصل بهار و رطوبت در فصل زمستان نیز به ورودیهای مدل افزوده شد. liu و همکارانش در سال ۲۰۰۲ [۱۱] شبکه های عصبی مصنوعی را برای پیش بینی مصرف ماهانه آب در شهر weinan در کشور چین به کار بردند آنها از پارامترهای اقتصادی نرمالیزه نظیر در آمد سرانه، تعداد افراد خانواده و قیمت آب برای این منظور استفاده کردند .کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در ایران از سال ۱۳۷۹ آغاز شده است در این سال مصرف سالیانه آب شهر یزد توسط پارامترهای اقتصادی و میزان بارش و تبخیر به دست آمده است .در سال ۱۳۸۲ با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی میزان تقاضای کوتاه مدت آب شهر تهران با استفاده از پارامترهای هواشناسی پیش بینی شده است.ازپیش بینی در تقاضای کوتاه مدت برق در اسپانیا نیز استفاده شده است. در این تحقیق پس از بیان مشکلات معمول پیش بینی با استفاده از مدل های ساختاری در اقتصاد به پیش بینی تقاضای روزانه برق با استفاده از شبکه پیش خور چند لایه پرداخته شده است و سپس نتایج پیش بینی با دیگر پیش بینی های صورت گرفته از جمله آریما مقایسه می گردد و در نهایت چنین نتیجه گیری می شود که در صورت انتخاب مناسب پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی این مدل مشکلات مربوط به مدل های ساختاری را ندارد و دارای عملکرد بهتری می باشد.

شبکه عصبی مصنوعی

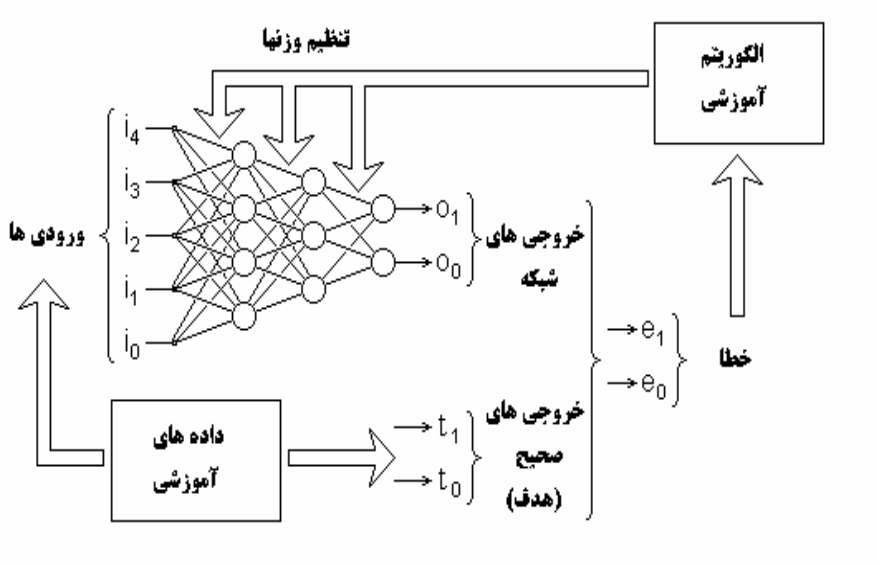
یک شبکه عصبی مصنوعی یا به اختصار شبکه عصبی، یک سیستم پردازش اطلاعات می باشد که دارای کارایی و خواص شبکه عصبی مغز انسان می باشد. در حقیقت شبکه های عصبی مصنوعی یک مدل ریاضی ازسلولهای عصبی بیولوژیک انسان هستند. در شبکه عصبی مصنوعی اطلاعات در تعداد زیادی المان ساده به نام نرون پردازش میشوند. سیگنالهای اطلاعات در بین نرونها از طریق زنجیرهای ارتباطی انتقال میابد و هر زنجیر ارتباطی دارای یک وزن است که درسیگنالی که ازآن میگذرد ضرب می شود. در ضمن هر نرون دارای یک تابع فعالیت است که بر روی ورودی نرون که جمع سیگنالهای ورودی ضربدر وزنها می باشد اعمال شده و سیگنال خروجی را تولید میکند .یک شبکه عصبی مصنوعی معمولی دارای چند لایه می باشد که هر لایه از تعدادی نرون تشکیل شده است. یکی از مهمترین خصوصیات شبکه های عصبی، قابلیت یادگیری آنها است. رفتار شبکه های عصبی مانند یک مجموعه بسیار کوچک از سلولهای فکری انسان می باشد که از اطلاعات بدست آمده از تجربه گذشته در حل مسائل زمان حال استفاده میکنند .آنچه

به عنوان آموزش در شبکه های عصبی عنوان می شود، همان محاسبه وزن اتصالات مختلف آن می باشد . برای آموزش شبکه های عصبی مصنوعی از تعدادی سری آموزشی که هر سری شامل یک بردار ورودی و یک بردار خروجی متناظر است استفاده می شود. در آموزش شبکه های عصبی، وزن اتصالات مختلف به گونه ای محاسبه میگردد که با اعمال هر ورودی از سری آموزشی، شبکه بتواند خروجی متناظر را با میزان خطای مشخص تولید نماید .یکی از مهمترین این الگوریتمها، الگوریتم پس انتشار خطا [1]می باشد که در این تحقیق از این الگوریتم استفاده شده است. در ادبیات شبکه های عصبی به جای اصطلاح تخمین ضرایب از اصطلاح یادگیری یا آموزش برای پیدا کردن ارزش وزن های شبکه استفاده می شود . دو نوع یادگیری در این ادبیات، مورد بحث قرار می گیرد: یادگیری تحت نظارت [2]و یادگیری بدون نظارت[3]، یادگیری با نظارت که به یادگیری با معلم نیز معروف است، ارزش های متغیر هدف که شبکه باید بر اساس ارزش های متغیر های ورودی از طریق محاسباتش آنها را دوباره تولید کند، مشخص می باشد، در نتیجه می توان خطای پیش بینی برای هر مشاهده را به وسیله محاسبه اختلاف خروجی شبکه با ارزش های متغیرهای هدف اندازه گیری کرد و سپس با استفاده از الگوریتمهای مختلف تکرار که مشهورترین آنها الگورتیم پس انتشار خطا است، وزنهای شبکه تعدیل می شود، اصطلاحاً شبکه آموزش داده می شود، به گونه ای که خطای پیش بینی داخل نمونه که به وسیله مجموع مربعات خطاها یا میانگین خطای مطلق اندازه گیری می شود، حداقل شود. وقتی که وزن ها با هر تکرار تغییر می کند .اصطلاحاً گفته می شود که شبکه در حال یادگیری است[۲].

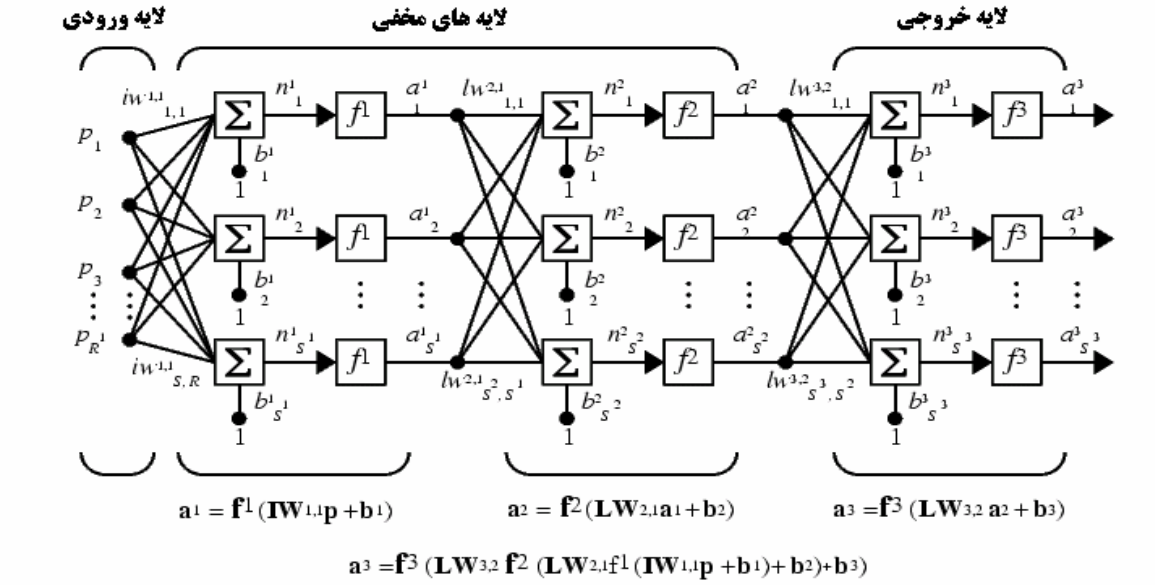
در این تحقیق صرفاً بررسی و مطالعه شبکه عصبی مصنوعی چند لایه پرسپترون با روش یادگیری پس انتشار خطا برای پیش بینی مد نظر می باشد. همانگونه که قبلاً گفته شد در صورت انتخاب مناسب ساختار، یعنی تعداد نرونها، لایه های مخفی و تابعهای فعال سازی مناسب، این شبکه قادر است هر رابطه بین ورودی و خروجی را با دقت دلخواه تقریب بزند. برای اینکه الگوریتم پس انتشار خطا، یک شبکه چند لایه پیشخور را برای رسیدن به هدفی خاص آموزش دهد باید داده های آموزشی به شبکه عصبی با ساختاری مناسب ارائه شود و پس از آموزش، با شبیه سازی مقادیر واقعی و مقادیرخروجی نسبت به عملکرد شبکه اظهار نظر صورت گیرد. هرچه تعداد داد ه های ورودی به شبکه بیشتر باشد به آموزش بهتر شبکه کمک می شود . برای ایجاد ساختار یک شبکه عصبی باید تعداد ورودی ها،تعداد لایه های پنهان، تعداد نرونها در هر لایه، تعداد نرونهای خروجی و تابعهای فعال سازی هر نرون را مشخص نماییم[۱۲].

مدل سازی و تقریب توابع به وسیله شبکه های عصبی نیاز به معادلات سیستم ندارد چون شبکه های عصبی تنها به اطلاعات عددی ورودی و خروجی نیاز دارند و به سیستم به عنوان جعبه سیاه می نگرند .داده های ورودی و خروجی برای آموزش آنها می تواند از هر روشی مانند نرم افزارهای شبیه سازی و یا اندازه گیری های عملی به دست آید .شبکه های عصبی به شرط طراحی و آموزش مناسب، می توانند در محدوده وسیعتری از آنچه آموزش دیده اند نیز کار کنند. قدرت شبکه های عصبی در قدرت یادگیری است که آنها را قادر خواهد ساخت که بطور نسبی به تعمیم آموخته های خویش نیز بپردازند. در غیر اینصورت عملکرد شبکه عصبی تا حد یک جدول یا حافظه کاهش خواهد یافت که تنها می تواند اطلاعات ذخیره شده در خودش را عینا بازپس دهد. به طور کلی آنچه یادگیری را از حفظ کردن متفاوت و بالاتر

می سازد همین قدرت تعمیم آموخته هـا و اطلاعـات اولیه است[۱و۱۸].



شکل ۱ نحوه عملکرد شبکه های عصبی



شکل۲ ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی با روش یادگیری پس انتشار خطا

۳- روش‌شناسی و مدل تحقیق

با توجه به اینکه در این تحقیق مدل هـای زیـادی استفاده گردید و بر اساس آن الگوهایی تولید خواهند شد، باید مشخص شود که کدام مدل بهترین تطابق را با واقعیت دارد و می تواند هزینه را با بهترین تقریـب و کمترین خطا محاسبه نمایـد و نهایتـا بـا توجـه بـه اهداف مورد نظر کدام مدل تولید کننده بهترین جواب می باشد. برای این منظور باید به ارزیابی مدل و نتایج

خروجی آن پرداخت منظور از ارزیابی مدل این است که مدل تا چه حد قادر است با توجه به آموزشی که دیده است، نسبت به ورودی های جدید جواب قابل قبولی ارائه دهد. روش های متعددی درارزیابی یک مدل وجود دارد. در این تحقیق از شاخص میانگین درصد خطای مطلق [۴]استفاده شده است .این معیار که به وسیله تعداد زیادی محقق برای ارزیابی پیش بینی انتخاب شده است به صورت رابطه زیر تعریف می شود[۳].

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{i=14}\frac{|\text{پیش بینی}-\text{مقدار واقعی}|}{\text{مقدارواقعی}} \qquad (۱)$$

در این تحقیق از روش شبکه های عصبی مصنوعی برای مدل سازی استفاده می شود، شبکه های عصبی دارای ویژگی هایی به شرح زیر است:

۱) قابلیت تقریب زنی عمومی دارند و تقریبا می توانند هر تابعی را تقریب بزنند.
۲) این مدل ها به صورت خودکار قابلیت تطبیق دارند و هنگامی که رابطه موجود در اطلاعات آماری تغییر نمی کند خود را به روز می نماید.
۳) شبکه های عصبی در مقایسه با سایر روش های پیش بینی بسیار پایدارتر می باشد.
۴) برای استفاده از شبکه های عصبی احتیاج به یادگیری روش های پیچیده نبوده و فقط به اطلاعات اولیه آماری احتیاج است.
۵) برای کار با شبکه های عصبی به شناخت عمیق از ارتباط و واکنش بین متغیرهای موجود در مساله و نیز رابطه متغیرها و یا تابع موجود نیازی نمی باشد.

همچنین به دلیل خاصیت پردازش متنی در شبکه های عصبی متغیرهای آماری نادرست و خطا دار تاثیر بسیار کمی بر نتایج می گذارند. تا کنون روش ها و الگوریتم های مختلفی برای آموزش شبکه های عصبی ارائه شده است. یکی از مهمترین این الگوریتم ها الگوریتم پس انتشار خطا می باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است .این الگوریتم مکمل توپولوژی شبکه های عصبی چند لایه پیش رو است .هم چنین به همراه الگوریتم پس انتشار خطا از شبکه های پرسپترون چند لایه که در شناخت الگو و تابع حاکم بر یک مساله خاص بسیار متبحر هستند، استفاده شده است. در این تحقیق از بسته نرم افزاری matlab(ویرایش ۶.۱) که حاوی ماژول شبکه های عصبی می باشد استفاده شده است. ماژول شبکه عصبی نرم افزار matlab دارای یک رابط گرافیکی می باشد که با کاربری آسان[۵] بوده و امکان ساخت شبکه های عصبی با ساختارهای مختلف را در حداقل زمان ممکن دارد. با در نظر گرفتن ماهیت این تحقیق که نیازمند ساخت و آموزش تعداد زیادی مدل عصبی، است. نرم افزارmatlab بسیار مناسب می باشد.

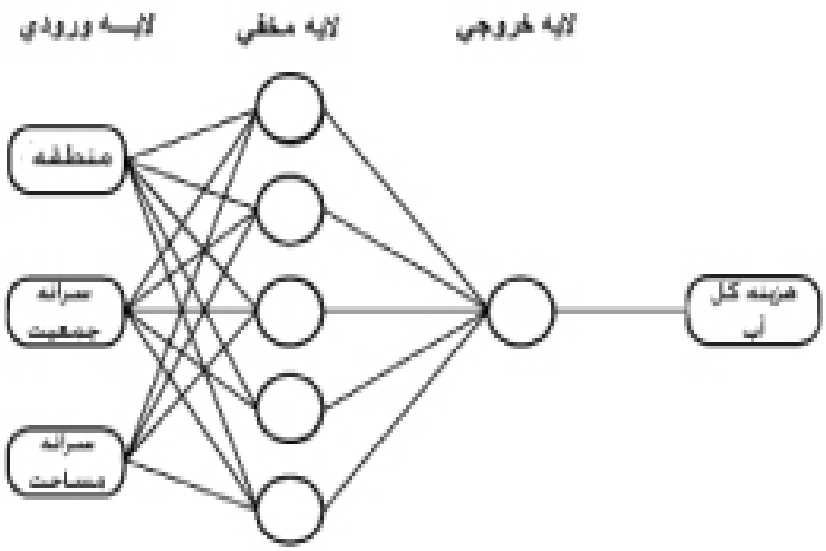
در مدل سازی شبکه های عصبی توصیه می شود قبل از آموزش وزن های شبکه عصبی با مقادیر کوچک و تصادفی مقداردهی شود. این امر به آموزش بهتر شبکه کمک می کند. در نرم افزارmatlab این مطلب را می توان با استفاده از یک گزینه به صورت خودکار و سریع انجام داد. باید توجه داشت که مدل شبکه عصبی با ساختار و بردارهای آموزشی یکسان که وزن ها با مقدار دهی اولیه مختلف آموزش یابد نتایج یکسان ارائه نمی کنند. هر چند که غالبا نتایج آنها نسبتا نزدیک به هم می باشد. برای مدل سازی دو مجهول اساسی وجود دارد.

اولین مجهول ساختار شبکه عصبی است که شامل تعداد لایه ها ،نرون های هر لایه و توابع فعالیت می باشد. دومین مجهول ترکیب پارامترهای ورودی در مدل است. در انتخاب پارامترها بهتر است کاربردی

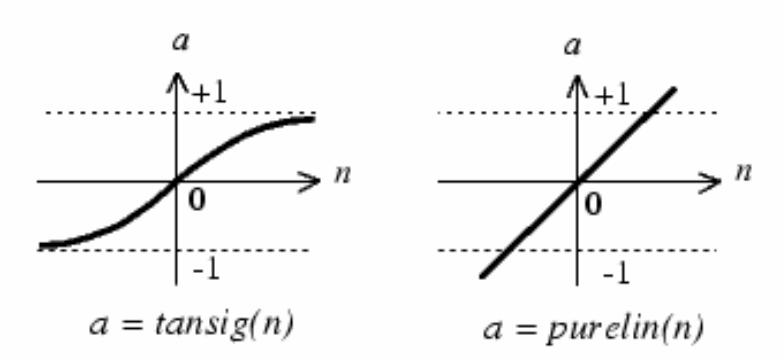
بودن مدل هم مد نظر قرار گیرد .برای یـافتن بهتـرین ساختار در شبکه های عصـبی چـاره ای جـز بررسـی ساختارهای مختلف به روش سعی و خطا نمی باشد. در این تحقیق مدل های زیادی ساخته شده و آزمایش گردیده است .مدل سازی از ساده ترین ساختار آغـاز و به تدریج تعداد نرون ها و لایه ها افزایش می یابـد. در این تحقیق توابع فعالیت لایه هـای میـانی ار نـوع غیر خطی) تـابع انتقـال تانژانـت زیگموئیـد[۶] انتخـاب گردیده اند، این انتخاب به دلیل آن است که این تـابع غیر خطی بوده و در نتیجه عملکرد غیر خطـی هزینـه آب را بهتر مدل می نمایـد. در لایـه خروجـی هـم از تابع خطی و هم تابع غیـر خطـی تانژانـت زیگموئیـد استفاده شده است[۳و۱۳و۱۴].

معماری شبکه عصبی پیشنهادی

شکل معماری شبکه عصبی نقش مهمی در قدرت درک روابط توسط شـبکه دارد . قسـمتی از معمـاری شبکه عصبی همیشه توسط صورت مساله دیکتـه مـی شود .تعداد ورودی های شبکه مطابق با صورت مساله برابر ۳ و تعداد نرونهای لایه خروجی مسـاوی تعـداد خروجی مساله ۱ می باشد . برای بدست آوردن بهترین معماری شبکه عصبی معماری های مختلفـی ایجـاد و تحت آموزش و آزمایش قرار گرفتند. در نهایت شبکه ای دو لایه، با ۵ نرون در لایـه اول (لایـه مخفـی) و ۱ نرون در لایه دوم (لایه خروجی) تابع انتقـال تانژانـت زیگموئید برای لایه اول و تابع انتقال خطی برای لایـه دوم به عنوان بهترین معماری شبکه در این پیش بینـی معرفی می گردد.



شکل۳ معماری شبکه پیشنهادی



شکل٤ توابع انتقال استفاده شده در شبکه

پیش بینی با استفاده از رگرسیون خطی

به منظور ارزیابی نتایج شبکه عصبی مصنوعی، یکبار نیز پیش بینی با استفاده از رگرسیون خطی انجام گرفته است.متغیرهای مستقل در رگرسیون سرانه جمعیت، سرانه مساحت و منطقه است و متغیر وابسته هزینه آب است[۱۵و۱۶و۱۷].

پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی هزینه آب را به صورت تابعی از پارامترهای سرانه جمعیت و سرانه مساحت برای هر منطقه محاسبه می کند. برای طراحی این شبکه نخست بهترین مقادیر اولیه برای شبکه انتخاب گردید، سپس شبکه تحت آموزش و آزمایش قرار گرفت. معیار ارزیابی دقت شبکه نیز میانگین درصد قدر مطلق خطا انتخاب شد . برای بدست آوردن تعداد اپوک[۷] بهینه در روند آموزش، شبکه از ۵۰ تا ۵۰۰ اپوک آموزش داده شد.

٤- نتایج تحقیق

بررسی و انتخاب پارامترهای ورودی به مدل

برای آنکه بتوان هزینه کل آب در شهرداری اصفهان را در ۱۴ منطقه پیش بینی کرد باید از این مناطق شناخت کافی داشت. هزینه کل آب شهرداری اصفهان شامل دو بخش هزینه های آب شهری و هزینه های آب اداری می باشد. عوامل بسیاری در هزینه آب شهرداری تاثیر می گذارند از جمله می توان به عوامل اقلیمی (هواشناسی) شامل دما ،نزولات جوی،فشار هوا، باد،ساعات آفتابی ،اثر رطوبت هوا ،عوامل اجتماعی و اقتصادی شامل سطح زندگی مردم ،میزان درآمد سرانه،جمعیت،مساحت،فرهنگ زندگی و قیمت آب، کیفیت شبکه توزیع آب شامل نحوه اجرای شبکه و کیفیت آن ،عمر شبکه،مدیریت شبکه و مدیریت مصرف و عوامل متفرقه مانند دوره صدور قبض آب و سن افراد اشاره نمود .در انتخاب پارامترهای ورودی به مدل دو اصل مد نظر قرار می گیرند، اول آنکه متغیرهایی انتخاب شوند که با توجه به شرایط مناطق شهرداری اصفهان بر هزینه کل آب در هر منطقه تاثیر محسوس داشته باشند. دیگر اینکه اطلاعات آماری این پارامترها به عنوان ورودی به مدل عصبی در دسترس باشد. برای بررسی تاثیر پارامترها بر هزینه کل آب ازضریب حساسیت استفاده می گردد که از رابطه زیر به دست می آید.

$$S_{ij} = \frac{\delta_{yi}}{y_i} \div \qquad (۲)$$

برای محاسبه ضریب حساسیت داده ها از بسته نرم افزاری spss (نرم افزار تخصصی آمار) استفاده و نتایج در جدول (۱) نشان داده شده است .در این تحقیق پارامتر ها به دو دسته تفسیم شده است. تفکیک بر اساس منطقه و تفکیک بر اساس سال

است. با بررسی نتایج حاصل از نرم افزار spssمشاهده می شود که تاثیر پارامترهای مختلف برهزینه کـل آب متغیر می باشد.

ضریب حساسیت بین ۱- تا ۱+ تغییـر مـی کنـد. ضریب حساسیت شاخصی است ریاضـی کـه مقـدار رابطه ی بین دو متغیر را توصیف میکند. اگر ضـریب حساسیت صفر باشد متغیرها ناهمبسـته انـد. ضـریب حساسیت مثبت (مستقیم): افـزایش یـا کـاهش یکـی باعـث افـزایش یـا کـاهش دیگـری میشـود. ضـریب حساسیت منفی (غیر مسـتقیم): افـزایش یکـی باعـث کاهش دیگری و بلعکـس... . دقـت مـدل بـه شـدت همبستگی بین متغیـر ورودی و متغیـر خروجـی دارد. با توجه به جدول، پارامتر های سرانه جمعیت، سـرانه مساحت و سرانه فضای سبز به عنوان ورودی انتخاب شدند. لازم به ذکر میباشد معمولا کارشناسان هنگـامی پارامتر مورد نظر را در نظر میگیرند که اندازه ضـریب حساسیت آن چه در منطقه و چه در سال نزدیـک بـه ۰/۵ باشد، که در جدول شماره (۱) با عنوان تاثیر سال و تاثیر منطقه مشخص شده است.

جدول ۱ ضریب حساسیت داده ها

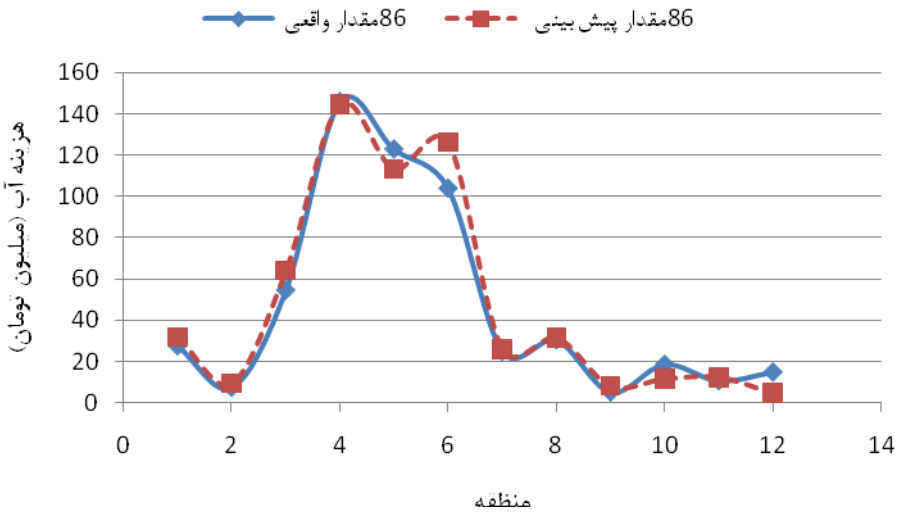
ردیف	پارامتر موثر	منطقه	سال	تاثیر منطقه	تاثیر سال
1	جمعیت	0.278	0.477	×	✓
2	مساحت	0.011	-	×	×
3	سرانه جمعیت	0.522	0.926	✓	✓
4	سرانه مساحت	0.678	0.926	✓	✓
5	قیمت	-	-	×	×
6	میانگین دمای سالانه	-	-0.334	×	×
7	میانگین بارش سالانه	-	-0.359	×	×
8	بودجه جاری	0.411	-0.333	✓	×
9	بودجه عمرانی	0.344	-0.333	×	×
10	تعطیلات	-	-0.26	×	×
11	وسعت کل فضای سبز شهری	0.503	0.333	✓	×
12	سرانه تولید زباله روزانه	0.234	-	×	×
13	سرانه هزینه نظافت معابر هر شهروند	-0.172	-	×	×

مدل شبکه عصبی مصنوعی

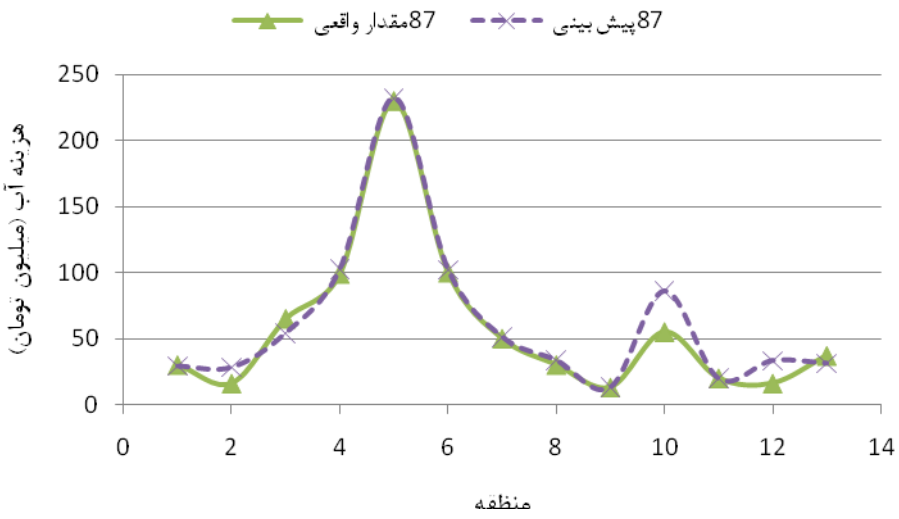
در این قسمت دو مدل طراحی شـده اسـت .در مـدل اول هزینه کـل آب بـا دو پـارامتر سـرانه جمعیـت و سرانه مساحت شبیه سازی شده اسـت. در ایـن مـدل داده های این سه پارامتر از سال ۸۳ تـا سـال ۸۸ وارد مدل شد و برای ارزیابی مدل، مقادیر مـدل و مقـادیر واقعی سال های ۸۶ و۸۷ و ۸۸ در جدول آمده اسـت. و شاخص میانگین درصد خطای مطلق برای هر سـال محاسبه شده است. بـه دلیـل آنکـه داده هـای سـرانه فضای سبز از سال ۸۳ تا سـال ۸۷ در دسـترس نبـود مدل دیگری ارائه شده است که در آن هزینه کـل آب با سه پارامتر سرانه جمعیت ،سرانه مسـاحت وسـرانه فضای سبز شـبیه سـازی شـده اسـت و نتـایج آن در جدول آمده اسـت. بـرای ارزیـابی ایـن مـدل نیـز از شاخص میانگین درصد خطـای مطلـق اسـتفاده شـده است.

جدول ۲ مدل شبکه عصبی مصنوعی بدون پارامتر سرانه فضای سبز

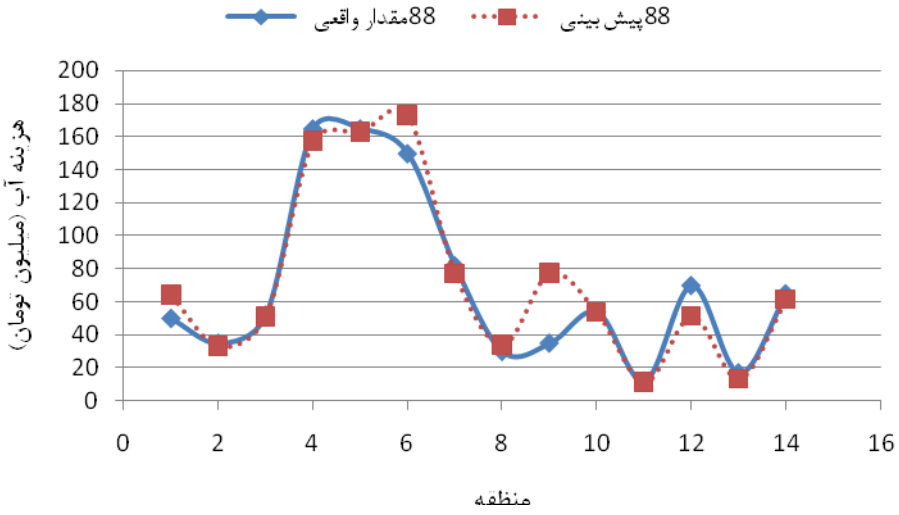
منطقه	هزینه آب ۸۳	هزینه آب ۸۴	هزینه آب ۸۵	مقدار واقعی ۸۶	مقدار پیش بینی ۸۶	مقدار واقعی ۸۷	پیش بینی ۸۷	مقدار واقعی ۸۸	پیش بینی ۸۸
1	30	20	30	27.612	31.775	30	29.458	50	63.707
2	30	49	32	7.498	9.443	16	28.589	35	32.636
3	50	45	47	54.597	63.886	65	54.611	52	50.809
4	109	160	127	145.97	144.486	99	103.081	165	157.237
5	125	270	170	123	113.139	230	232.33	165	162.691
6	115	60	120	103.987	126.147	100	102.423	150	172.837
7	30	52	45	25	25.882	50	51.616	82	76.873
8	120	180	50	30.496	31.576	30	33.918	30	33.773
9	8	12	12	5.226	8.12	13	13.371	35	77.214
10	10	10	17	18.648	11.454	55	86.275	54	53.37
11	6	32	14	10.687	12.339	20	20.13	12	10.961
12	-	-	-	14.892	4.6	16	33.667	70	51.017
13	-	-	-	-	-	37	31.692	17	13.162
14	-	-	-	-	-	-	-	65	61.24
جمع	633	890	664	567.613	582.847	761	821.161	982	1017.527



شکل ۵ مدل شبکه عصبی مصنوعی بدون پارامتر سرانه فضای سبز در سال ۱۳۸۶



شکل ٦ مدل شبکه عصبی مصنوعی بدون پارامتر سرانه فضای سبز در سال ۱۳۸۷



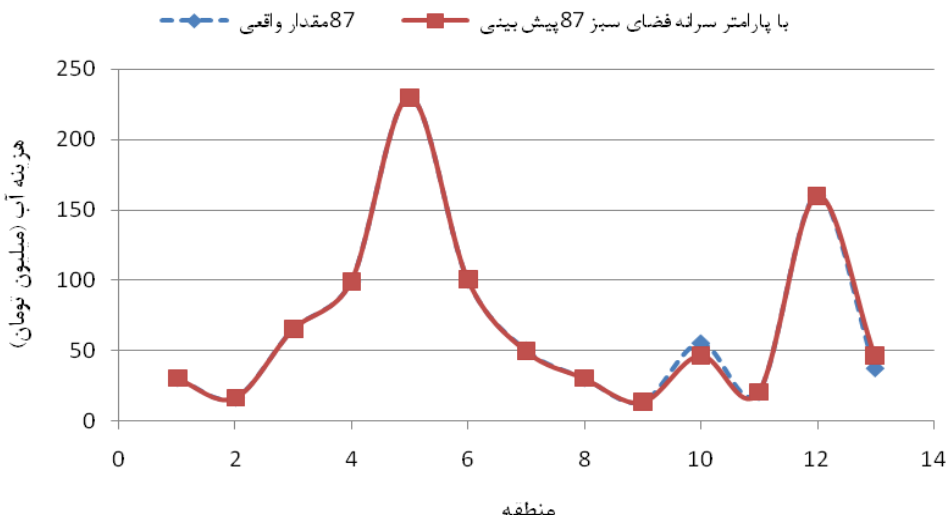
شکل ۷ مدل شبکه عصبی مصنوعی بدون پارامتر سرانه فضای سبز در سال ۱۳۸۸

جدول ۳ ارزیابی مدل شبکه عصبی مصنوعی بدون پارامتر سرانه فضای سبز

سال	شاخص میانگین درصد خطای مطلق (%)
86	19
87	16
88	12

جدول ٤ مدل شبکه عصبی مصنوعی با پارامتر سرانه فضای سبز

منطقه	مقدار واقعی ۸۷	پیش بینی ۸۷ با پارامتر سرانه فضای سبز
1	30	29.994
2	16	16
3	65	64.997
4	99	98.991
5	230	230.027
6	100	100.461
7	50	49.439
8	30	30.036
9	13	12.985
10	55	46.329
11	20	20.011
12	160	159.732
13	37	45.973



شکل ۸ مدل شبکه عصبی مصنوعی با پارامتر سرانه فضای سبز

جدول ٥ ارزیابی مدل شبکه عصبی مصنوعی با پارامتر سرانه فضای سبز

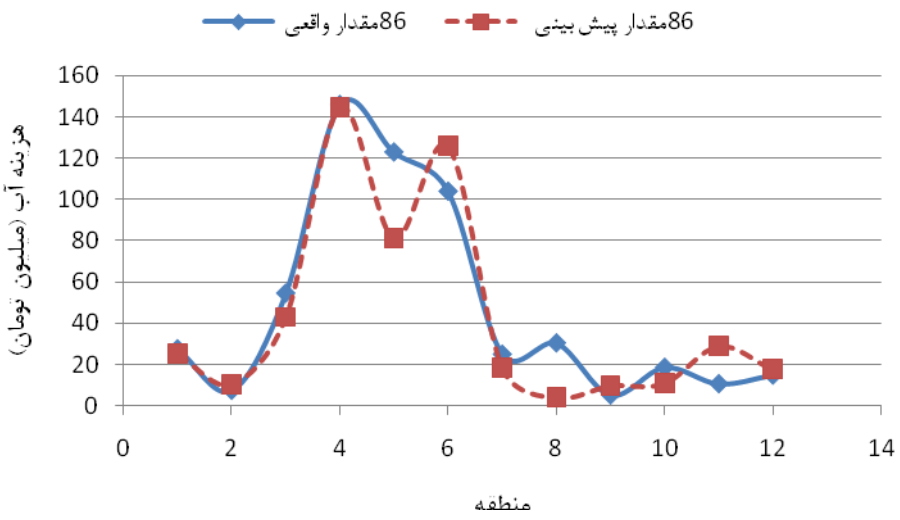
مدل	شاخص میانگین درصد خطای مطلق (%)
پیش بینی ۸۷ با پارامتر سرانه فضای سبز	3

مدل رگرسیون

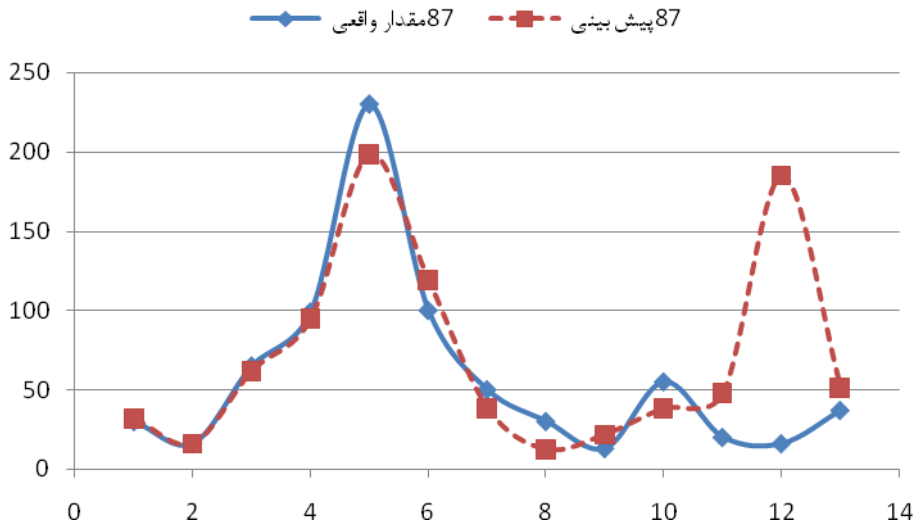
به منظور ارزیابی نتایج شبکه عصبی مصنوعی، یکبار نیز پیش بینی با استفاده از رگرسیون خطی انجام گرفته است. متغیرهای مستقل در رگرسیون سرانه جمعیت، سرانه مساحت و منطقه است و متغیر وابسته هزینه آب است و برای ارزیابی این مدل از MAPE استفاده شده است.

جدول ٦ مدل رگرسیون

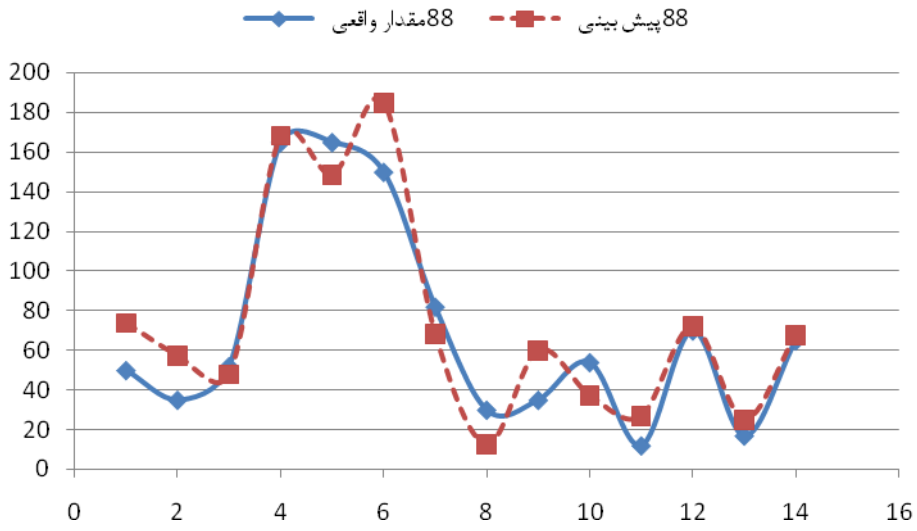
منطقه	هزینه آب ۸۳	هزینه آب ۸٤	هزینه آب ۸۵	مقدار واقعی ۸٦	مقدار پیش بینی ۸٦	مقدار واقعی ۸۷	پیش بینی ۸۷	مقدار واقعی ۸۸	پیش بینی ۸۸
۱	30	20	30	27.612	24.933	30	31.931	50	73.801
۲	30	49	32	7.498	10.27	16	16.153	35	57.421
۳	50	45	47	54.597	42.793	65	61.95	52	47.845
۴	109	160	127	145.97	144.601	99	94.788	165	168.218
۵	125	270	170	123	81.068	230	198.369	165	148.491
۶	115	60	120	103.987	125.796	100	119.163	150	184.736
۷	30	52	45	25	18.278	50	38.523	82	68.366
۸	120	180	50	30.496	3.754	30	12.5	30	12.606
۹	8	12	12	5.226	9.549	13	21.911	35	60.065
۱۰	10	10	17	18.648	10.801	55	38.411	54	37.471
۱۱	6	32	14	10.687	28.853	20	47.958	12	26.883
۱۲	-	-	-	14.892	17.507	16	184.972	70	72.134
۱۳	-	-	-	-	-	37	51.208	17	25.189
۱۴	-	-	-	-	-	-	-	65	67.687
جمع	633	890	664	567.613	518.203	761	917.837	982	1050.913



شکل ۹ مدل رگرسیون سال ۱۳۸٦



شکل ۱۰ مدل رگرسیون سال ۱۳۸۷



شکل ۱۱ مدل رگرسیون سال ۱۳۸۸

سال	MAPE(%)
86	33
87	22
88	24

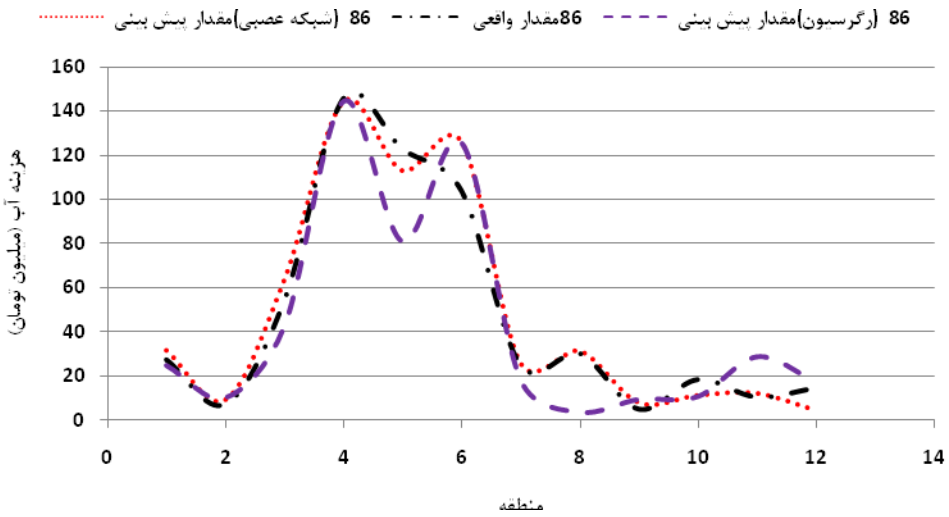
جدول ۷ ارزیابی مدل رگرسیون

آنالیز حساسیت

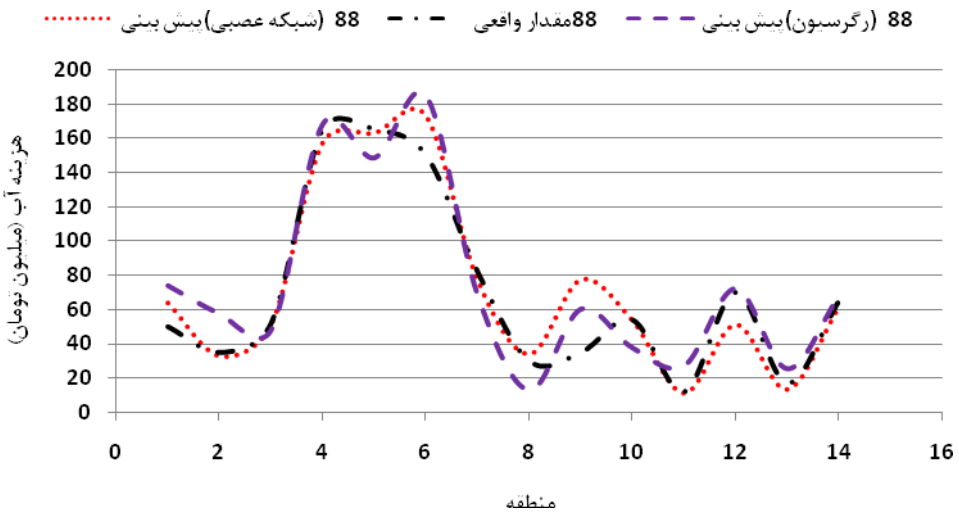
در این قسمت با توجه به دامنه تغییرات سرانه جمعیت و سرانه مساحت هر منطقه، تاثیری که این دو پارامتر درهزینه آن منطقه دارد حساب شده و در جدول آمده است.

جدول ۸ آنالیز حساسیت

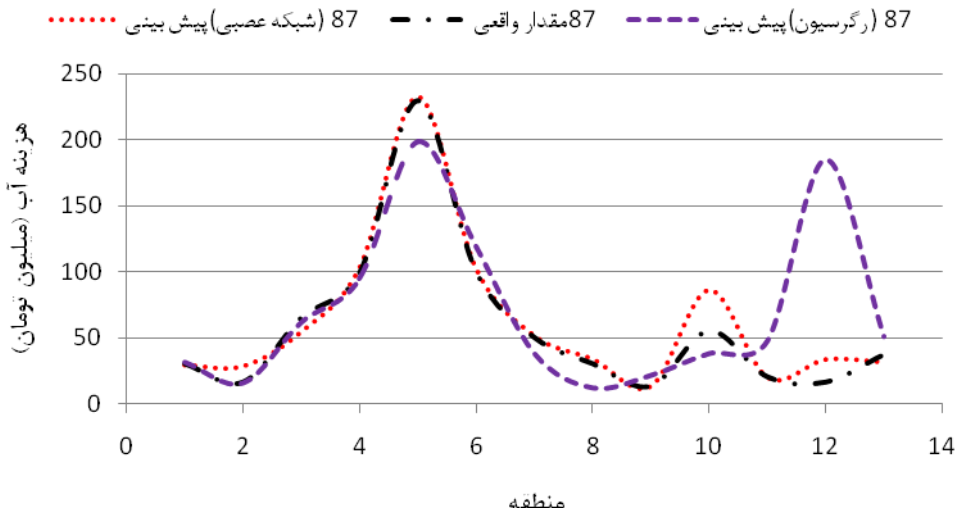
منطقه	دامنه تغییرات سرانه جمعیت	دامنه تغییرات سرانه مساحت	تاثیر سرانه جمعیت درهزینه آن منطقه (Ci)	تاثیر سرانه مساحت درهزینه آن منطقه (Di)
1	0.1	0.001	7.4	8.33
2	0.1	0.001	5.81	17.5
3	0.1	0.001	11.2	13
4	0.1	0.001	12.51	17.74
5	0.1	0.001	15.68	12.13
6	0.1	0.001	10.47	17.85
7	0.1	0.001	15.35	16.73
8	0.1	0.001	23.07	21.42
9	0.1	0.001	7.099	21.87
10	0.1	0.001	19.63	23.47
11	0.1	0.001	6.15	12
12	0.1	0.001	12.96	58.33
13	0.1	0.001	11.87	18.27
14	0.1	0.001	15.47	19.11



شکل ۱۲ مقایسه دو روش رگرسیون و شبکه عصبی برای پیش بینی هزینه آب در سال ۱۳۸۶



شکل ۱۳ مقایسه دو روش رگرسیون و شبکه عصبی برای پیش بینی هزینه آب در سال ۱۳۸۷



شکل ١٤ مقایسه دو روش رگرسیون و شبکه عصبی برای پیش بینی هزینه آب در سال ۱۳۸۸

مباحث محاسبات نرم مانند شبکه های عصبی، روش های متفاوت و انعطاف پذیری را نسبت به روش های محاسبات ریاضی و کلاسیک برای مدل سازی توابع و رفتار سیستم ها ایجاد نموده است.

۵- نتیجه گیری و بحث

در این تحقیق با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، هزینه کل آب در ۱۴ منطقه شهرداری اصفهان شبیه سازی شده است. نتایج نشان می دهد که شبکه های عصبی از قابلیت بالایی برای درک الگوی هزینه آب برخوردارند و به عنوان ابزاری

قدرتمند برای تخمین هزینه کل آب به شمار می آیند. نتایج نشان می دهد که سرانه جمعیت ، سرانه مساحت ،و سرانه فضای سبز تاثیر قابل ملاحظه ای در هزینه کل آب شهرداری اصفهان دارد و به دلیل آنکه داده های سرانه فضای سبز بسیار کم می باشد در این تحقیق دو شبکه عصبی طراحی شد و نتایج این دو شبکه نشان می دهد که اگر داده های سرانه فضای سبز به اندازه کافی باشد شبکه عصبی با سه پارامتر سرانه جمعیت ، سرانه مساحت و سرانه فضای سبز بهترین مدل برای شبیه سازی، پیش بینی ، هزینه کل آب در ۱۴ منطقه شهرداری اصفهان است. در ادامه به این نتیجه رسیدیم که برتری شبکه عصبی نسبت به رگرسیون قابل توجه می باشد . خلاصه این که شبکه های عصبی مصنوعی می توانند به عنوان ابزاری کارآمد در مدلهای پیش بینی بکار رفته و جایگزین مدلهای کلاسیک و مدلهای آماری گردند. این مدل در قسمت پیش بینی برای هزینه کل سایر انرژی های شهرداری کاربرد دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهادات محققان پیرامون کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی در شهرداری اصفهان عبارتند از:

۱) جایگزین کردن این مدل به جای مدل های کلاسیک و آماری
۲) استفاده از مدل در شبیه سازی،پیش بینی و بهینه سازی
۳) مدل سازی غیر خطی
۴) ارزیابی بکارگیری یک سیاست
۵) مدیریت و برنامه ریزی
۶) پیشنهاد پروژه و اندازه گیری ریسک پروژه
۷) مدیریت و کنترل پروژه

فهرست علائم

R: تعداد ورودی ها
S: تعداد نرون ها در هر لایه
F: تابع فعال سازی
A: خروجی هر لایه
B: جمله اریب
W: بردار وزن ها
Y: متغیر وابسته
X: متغیر مستقل
S_{ij} حساسیت متغیر وابسته نسبت به متغیر مستقل

یادداشت‌ها

1. Back Propagation
2. Supervised Learning
3. Unsupervised Learning
4. MAPE
5. User friendly
6. TanSig
7. epoch

فهرست منابع

۱) باقری ،محمد ناظم و ارشدی نژاد ، محمود .(۱۳۸۳).کاربرد شبکه های عصبی در شبیه سازی توابع و نگاشتهای غیر خطی معکوس .گروه مهندسی مکاترونیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
۲) گودرزوند چگینی ، امیر .(۱۳۸۸).جعبه ابزارهای matlab. انتشارات ناقوس.
۳) منهاج، محمد باقر، .(۱۳۸۱).مبانی شبکه های عصبی مصنوعی.انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
4) Adamowski JF (2008). Peak daily water demand forecast modeling using artificial neural networks. Journal of Water Resources Planning and Management. 134(2): 119-128.

5) Akesson B, Toivonen H (2006). A neural network model predictive controller. Journal of Process Control. 16(9):937-946.
6) Al-Bulushi N, King PR, Blunt MJ, Kraaijveld M (2009). Development of artificial neural network models for predicting water saturation and fluid distribution. Journal of Petroleum Science and Engineering. 68(3-4): 197–208.
7) Chen JC, Bloomfield P, Fu JS (2003). An evaluation of alternative forecasting methods to recreation visitation. Journal of Leisure Research. 35(4): 441-454.
8) Draper N, Smith G (1973). Applied Regression Analysis, Statistics, Moscow.
9) Firat M, Turan ME, Yurdusev MA (2010). Comparative analysis of neural network techniques for predicting water consumption time series. Journal of Hydrology. 384(1-2): 46–51.
10) Firat M, Yurdusev MA, Turan ME (2009). Evaluation of artificial neural network techniques for municipal water consumption modeling. Water resources management. 23(4): 617–632.
11) Ghiassi M, Zimbra DK, Saidane H (2008). Urban water demand forecasting with a dynamic artificial neural network model. Journal of Water Resources Planning and Management. 134(2): 138-146.
12) Jalili Ghazi Zade M, Noori R (2008). Prediction of municipal solid waste generation by use of artificial neural network: A case study of Mashhad. Int. J. Environ. Res. 2(1): 13–22.
13) Liu J, Savenije HG, Xu J (2002). Forecast of water demand in Weinan city in China using WDF-ANN model. Physics and Chemistry of the Earth. 28: 219-224.
14) Maidment DR, Miaou SP, Crawford MM (1985). Transfer function models of daily urban water use. J of Water Resources Research. 21(4): 425-432.
15) Maidment DR, Parzen E (1984). Cascade model of monthly municipal water use. J. of Water Resources Research. 20(1): 15-23.
16) Msiza I. S., Nelwamondo, F. V., & Marwala, T. (2008). Water demand prediction using artificial neural networks and support vector regression. Journal of Computers, 3(11), 1–8.
17) Radkov M, Yordanova A (2008). Application of the regression analysis in the water supply forecast. BALWOIS 2008-Ohrid, Republic of Macedonia-27, 31 May 2008.
18) Sahoo G, Schladow S, Reuter J (2009). Forecasting stream water temperature using regression analysis, artificial neural network, and chaotic non-linear dynamic models. Journal of Hydrology. 378(3-4): 325–342.
19) Shamim MA, Ghumman A, Ghani U (2004). Forecasting Groundwater Contamination Using Artificial Neural Networks. 1st International Conference on Water Resources and Arid Environments (2004), 5-8 December 2004. King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.
20) Song H, Witt SF, Jensen TC (2003). Tourism forecasting: Accuracy of alternative econometric models. International Journal of Forecasting. 19 (1): 123-144.
21) Stark, H. L., Stanley, S. J., & Buchanan, I. D. (1999). Water demand forecasting using artificial neural networks. OWWA Conference paper, Ottawa.
22) Vogels TP, Rajan K, Abbott L (2005). Neural network dynamics. Annu. Rev. Neurosci. 28: 357–376.
23) Willsie RH, Pratt HL (1974). Water use relationships and projection corresponding with regional growth. Water Resources Bulletin. 10(2): 360-371.
24) Wong ST (1972). A model on municipal water demand: a case study of northeastern Illinois. Land Economics. 48(1): 34-44.
25) Young RA (1973). Price elasticity of demand for municipal water: a case study of Tucson, Arizona. Water Resources Research. 9(4): 1068–1072.
26) Yu MJ, Joo CN, Koo JY (2002). Application of short-term water demand prediction model to Seoul. J. of Water Science & Technology. 46(6-7): 255–261