

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

"انتخاب ورودی" شبکه عصبی مصنوعی به کمک تحلیل مولفه اصلی

مهشید کاویانی^۱، سید مجید میررکنی^۲
^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه هواشناسی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد،
 kaviani.mahshid@gmail.com

^۲استادیار، گروه هواشناسی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، mirrokni@yazd.ac.ir

چکیده

"انتخاب ورودی" صحیح، هوشمند و متناسب با هدف به کمک روش مناسب، اولین گام در طراحی شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور پیش‌بینی است. در اثنای فرایند انتخاب ورودی، به دلیل فقدان اطلاعات دقیق مربوط به جزئیات داده به ناچار از روش سعی و خطا استفاده می‌شود. تحلیل مولفه اصلی توانایی‌های متعددی از جمله کاهش ابعاد داده، استخراج مدهای تغییرپذیری داده، از بین بردن همبستگی بین داده‌های خام و حذف داده‌های غیرمعمول دارد. در پژوهش حاضر، با استفاده از تحلیل مولفه اصلی، پراسنج‌های هواشناختی مرتبط با دما، به منظور تعیین داده‌های ورودی مناسب برای پیش‌بینی میانگین دمای روزانه سال ۲۰۰۹ میلادی در ایستگاه همدیدی شهر یزد در یک دوره آماری ۲۹ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ میلادی) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهند با استفاده از توانایی‌های متعدد تحلیل مولفه اصلی می‌توان انتخاب ورودی صحیح، هوشمند و متناسب با هدف شبکه عصبی مصنوعی را بدون استفاده از روش سعی و خطا انجام داد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب ورودی، تحلیل مولفه اصلی، شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی، کاهش ابعاد، پراسنج‌های هواشناختی

ANN input selection using Principal Component Analysis

Mahshid Kaviani¹, Seyed Majid MirRokni²

¹MSc student, Yazd University

² Assistant Professor, Meteorology Group, department of Physics, Yazd University

Abstract

Correctly intelligent input selection which is appropriate to the target using suitable method is the first step in designing Artificial Neural Networks (ANN) in order to predict. During the input selection process, due to the lack of detailed information concerning the data the trial and error method had to be used. Principal Component Analysis (PCA) has several abilities such as reduction of dimensions of data, extraction of the variability modes of data, eliminating the correlation between raw data, and deletion of unusual data. At the present research, meteorological parameters associated with temperature to determine appropriate parameters for predicting the average daily temperature in 2009 in the city of Yazd town synoptic station in a period of 29 years (1980 to 2008) has been analyzed by using the PCA. The results show that using several abilities of the PCA enhance correctly intelligent input selection which is appropriate to the target input without using the trial and error method.

Key words: input selection, Principal Component Analysis, Artificial Neural Network, forecasting, reduction of dimensions, meteorological parameters.

۱ مقدمه

انتخاب ورودی صحیح، هوشمندانه و متناسب با هدف در طراحی "شبکه‌ی عصبی مصنوعی" (Artificial Neural Network) با نماد ANN برای پیش‌بینی حائز اهمیت است. ساختار ANN یک برنامه از قبل تعیین شده نیست و وزن‌های آن در فرایند آموزش بر اساس داده‌های ورودی تعیین می‌شوند. بنابراین هرچه داده‌های ورودی غنی‌تر باشد شبکه بهتر آموزش می‌بیند و در پیش‌بینی داده‌های جدید عملکرد مناسبتری دارد. این رهیافت، بدون در نظر گرفتن و حل معادلات حاکم بر

سامانه، به دنبال یافتن رابطه‌های بین متغیرهای ورودی برای رسیدن به هدف مورد نظر است. برای پیش‌بینی به‌کمک ANN ضروری است که داده‌های ورودی قادر به توصیف ویژگی‌های گوناگون سامانه‌ی مورد مطالعه باشد. هر چه اطلاعات دقیق‌تری از ویژگی‌های سامانه در اختیار شبکه قرار بگیرد، آثار پیچیدگی روابط غیرخطی بیشتر نمایان می‌شود و شبکه با دقت بیشتری توانایی تقریب تابع حاکم بر مجموعه داده‌ها را دارد. در سامانه‌های آشوبی، مانند جو، تعیین و بررسی متغیرهایی که روابط خطی یا غیرخطی با داده‌های هدف دارند، اهمیت دارد. شناخت داده‌های هدف و سامانه مورد مطالعه و داشتن دانش و مهارت لازم در انتخاب هوشمندانه ورودی، نقش موثری در تفهیم روابط موجود بین داده‌های ورودی، برای ANN دارند و سبب اجتناب از کاربرد روش سعی و خطا می‌شود. در انتخاب ورودی مناسب، دو دیدگاه کلی را می‌توان دنبال کرد؛ دیدگاه اول- استفاده از مقادیر سری زمانی هدف مورد نظر در سال‌های گذشته و دیدگاه دوم- یافتن و به‌کارگیری پراسنچ‌هایی که با هدف رابطه خطی یا غیرخطی دارند (کائور و ساین؛ ۲۰۱۱، سنتاموریس و همکاران؛ ۲۰۱۲، اردیل و ارکاکیلوگلو؛ ۲۰۱۳، حیاتی و محبی؛ ۱۳۸۶، اسفندیاری درآباد و همکاران؛ ۱۳۸۹، قبائی‌سوق و همکاران؛ ۱۳۸۹). جمع‌آوری اطلاعات هر یک از مجموعه داده‌های مذکور، با استفاده از داده‌های بازتحلیل، ایستگاهی، ماهواره‌ای، رادار و ... در یک دوره آماری معین و یک منطقه خاص، امکان‌پذیر است (چرنساید و همکاران؛ ۱۹۹۴، شای؛ ۲۰۰۱، رحیمی‌خوب؛ ۱۳۸۶). با استفاده از دیدگاه اول، تغییرات پراسنچ مورد نظر را در مقیاس‌های زمانی متفاوت در نظر گرفته و با انتخاب هوشمندانه ورودی‌هایی که به بازه‌های زمانی خاصی از گذشته‌ی این مقادیر نسبت داده می‌شوند، دینامیک حاکم بر دوره آماری مورد نظر شناسایی شده و با آموزش ANN، هدف مورد نظر را می‌توان پیش‌بینی کرد. در دیدگاه دوم، مقادیر پراسنچ‌های مرتبط با هدف، ضمن تعیین وزن‌های بهینه در فرایند آموزشی ANN، می‌توانند معرف شاخص‌های دینامیکی و ترمودینامیکی جو باشند و این خصوصیات را در حین فرایند آموزش، در یک دوره آماری، برای ANN تفهیم نمایند. بنابراین بر اساس داده‌های در دسترس و دیدگاهی که برای هدف در نظر گرفته شده است، می‌توان هر یک از این روش‌ها را به‌کار برد.

پس از شناسایی داده‌های مرتبط با هدف، جهت آگاهی از اطلاعات جزئی‌تر از این مجموعه، از روش‌های پیش‌پردازش استفاده می‌شود. در مجموعه ورودی‌های منتخب، داده‌های نامأنوس و غیرمعمول وجود دارند. بخشی از این داده‌ها به‌علت خطای اندازه‌گیری ناشی از عواملی مانند؛ ضعف در سامانه ثبت اطلاعات، خطای دستگاه‌های اندازه‌گیری، خطاهای انسانی و ... باعث انحراف روند آموزش شبکه می‌شود. از یک طرف، شرایط جوی خاص نیز با ایجاد تغییر در الگوهای وضع هوا در یک زمان خاص، باعث می‌شوند پراسنچ‌های هواشناختی مورد نظر از الگوی طبیعی خود پیروی نکنند و جزء داده‌های غیرمعمول به‌شمار آیند (مشاری و همکاران؛ ۱۳۸۸). از طرف دیگر، داده‌های خامی که برای آموزش ANN مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل اطلاعاتی هستند که به‌علت هم‌پوشانی ورودی‌ها با یکدیگر مرتبط هستند. این همبستگی در سراسر فرایند آموزش می‌تواند سبب گمراهی شبکه در رسیدن به هدف مورد نظر شود و توانایی عمومی آن را کاهش دهد (جانیتا و برین؛ ۲۰۰۸). پیش‌پردازش داده‌ها سبب اجتناب از کاربرد روش سعی و خطا و شناخت مهم‌ترین پراسنچ‌های موثر بر پدیده مورد نظر در مدل‌سازی با استفاده از روش‌های هوشمند است (قبائی‌سوق؛ ۱۳۸۹).

پیش‌پردازش داده‌ها به‌کمک روش تحلیل مولفه اصلی (Principal Component Analysis) با نماد PCA، یک روش چند متغیره آماری است که با توجه

به ساختار داده‌ها برای شناسایی عوامل ایجاد تغییرات و داده‌های نامأنوس استفاده می‌شود (نوری قیداری؛ ۱۳۸۹). در این روش، طبقه‌بندی داده‌ها به کمک یک تبدیل خطی، داده‌ها را بر حسب بیشترین مقادیر واریانس برمی‌گرداند (آیلین و ریکو؛ ۲۰۱۰). این تبدیل، داده‌ها را به دستگاه مختصات جدیدی می‌برد که بزرگترین واریانس داده بر روی اولین محور مختصات قرار می‌گیرد، دومین واریانس روی دومین محور مختصات و به همین صورت برای سایر داده‌ها ادامه می‌یابد. با این دیدگاه، این روش برای کاهش ابعاد نیز کاربرد دارد. بدین ترتیب، مولفه‌هایی که بیشترین سهم واریانس را دارند، برای تعیین روند تغییرات باقی می‌مانند. از طرفی این روش، برای تحلیل و طبقه‌بندی داده‌هایی با حجم زیاد نیز کاربرد دارد، چرا که بین تعداد زیادی از متغیرهایی که به ظاهر ارتباط ندارند، رابطه خاصی را به صورت یک مدل برقرار می‌سازد (فتاحی و بهیار؛ ۱۳۹۰). همچنین، این رهیافت یکی از روش‌های انتخاب ویژگی است، که در فضایی با ابعاد کمتر و ساده‌تر، به بررسی ویژگی‌ها می‌پردازد (همتپور و هاشمی؛ ۱۳۹۰). در بررسی داده‌های هواشناختی و اقلیم‌شناختی، PCA را می‌توان برای انتخاب ترکیب درستی از مجموعه داده‌ها جهت تحلیل ویژگی آن‌ها، حذف داده‌های نامأنوس، تعیین روند تغییرات، پهنه‌بندی‌های اقلیمی و به دست آوردن شاخص‌های اقلیمی در منطقه‌ای خاص به کار برد (لامیک و همکاران؛ ۱۹۷۱، مونیاتی؛ ۲۰۱۰، قنواتی و همکاران؛ ۱۳۸۶، میرموسوی و همکاران؛ ۱۳۹۱، پوراصغر و همکاران؛ ۱۳۹۲). در این پژوهش، از PCA به منظور انتخاب ورودی مناسب برای ANN، به منظور پیش‌بینی میانگین دمای روزانه در سال ۲۰۰۹ استفاده شده است.

۲ روش تحقیق

در پژوهش حاضر، از داده‌های ایستگاه همدیدی شهرستان یزد، در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ میلادی) استفاده شده است. به منظور پیش‌بینی مقادیر میانگین روزانه دما در سال ۲۰۰۹ میلادی، پراسنجهایی که با دما رابطه دارند، از جمله؛ داده‌های ساعات آفتابی روزانه، میانگین روزانه تندی باد، میانگین روزانه بارش، میانگین رطوبت نسبی، میانگین روزانه فشار، میانگین روزانه تبخیر، میانگین روزانه تابش، میانگین روزانه فشار بخار آب و میانگین روزانه دما در سال‌های قبل از ۲۰۰۹ میلادی، در این دوره آماری جمع‌آوری شده‌اند. با توجه به ساختار ANN و اهمیت داده‌های ورودی در فرایند آموزشی، هرچه اطلاعات غنی‌تر باشد شبکه در پیش‌بینی هدف مورد نظر عملکرد مناسبتری دارد. بر این اساس، داده‌های میانگین روزانه تابش، میانگین روزانه تبخیر و ساعات آفتابی روزانه، به دلیل اطلاعات مفقود در بسیاری از سال‌ها در این دوره آماری، حذف و سایر پراسنجه‌ها جهت عملیات پیش‌پردازش در محیط نرم افزار متلب فراخوانی شدند. با فراخوانی سری زمانی شش پراسنجه ورودی منتخب در دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ میلادی، هر کدام یک ماتریس 29×365 و هدف شبکه عصبی، یک بردار 1×365 را در محیط نرم افزار متلب نمایش می‌دهند. اگر هر بردار $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ ، ماتریس کوواریانس نامنفی با مقادیر ویژه $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ و بردارهای ویژه متناظر a_1, a_2, \dots, a_p داشته باشد، با کاربست PCA روی آن، متغیرهای $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$ ، یعنی مولفه‌های X ، به دست می‌آیند:

$$\gamma_1 = a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \dots + a_{p1}X_p$$

$$\gamma_2 = a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{p2}X_p$$

و در نهایت

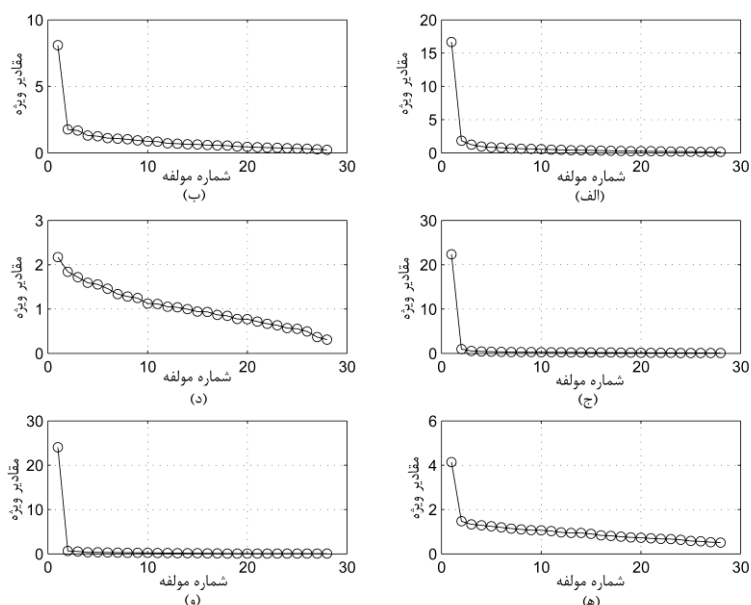
$$\gamma_p = a_{1p}X_1 + a_{2p}X_2 + \dots + a_{pp}X_p$$

که $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p)$ بردار مولفه‌ها است (نوری قیداری؛ ۱۳۸۹). واریانس مولفه‌های γ ، متناظر با همان مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس است. بنابراین واریانس "اولین مولفه"، یعنی مولفه اصلی یا مد پیشرو، γ_1 ، برابر λ_1 است. پس مد پیشرو بیشترین واریانس را دارد و نشان‌دهنده بالا بودن توانایی آن در شناسایی تغییرات پراسنج مورد نظر در دوره آماری مذکور است. با این رویکرد با داشتن واریانس مولفه‌های هر یک از پراسنچ‌ها می‌توان دامنه تغییرات هر یک از پراسنچ‌ها را در طول دوره آماری مورد نظر بر اساس معیار آزمون اسکری به‌دست آورد. در آزمون اسکری، نمودار مقادیر ویژه برحسب مولفه‌ها رسم شده و محل شکستگی نمودار، مد پیشرو را در روند تغییرات نشان می‌دهد (میرموسوی و همکاران؛ ۱۳۹۱). پس از بررسی روند تغییرات، واریانس جمعی مولفه‌هایی که مقدار ویژه بزرگتر از یک دارند و ضریب همبستگی مولفه هر یک از پراسنچ‌ها را با هدف ANN به‌دست می‌آوریم. سپس می‌توان با تحلیل دینامیکی و ترمودینامیکی، ورودی‌های مناسب را برای هدف ANN تعیین کرد.

۳ نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با کاربست PCA و با استفاده از مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس، داده‌های میانگین روزانه تندی باد، میانگین روزانه بارش، میانگین رطوبت نسبی، میانگین روزانه فشار، میانگین روزانه فشار بخار آب و میانگین روزانه دما در دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ میلادی ایستگاه همدیدی شهرستان یزد، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این روش به جای استفاده از حجم زیادی از داده‌های خام، مولفه‌های اصلی که مقادیر ویژه بزرگتری دارند برای توصیف روند کلی در هر یک از پراسنچ‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند و داده‌های غیرمعمول که روند تغییرات را از مسیر اصلی منحرف می‌کردند به مولفه‌هایی با واریانس کمتر برده می‌شوند و به این ترتیب اهمیت هر یک از داده‌ها در فرایند وزندهی آموزش برای ANN مشخص می‌شود. شکل ۱ نتایج آزمون اسکری را نشان می‌دهد. در این شکل، محور افقی تعداد مولفه‌ها و محور قائم مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس برای هر پراسنچ است. مد پیشرو همه پراسنچ‌ها، به غیر از میانگین روزانه بارش، مقدار ویژه بزرگتری نسبت به سایر مولفه‌ها دارند. میانگین روزانه پراسنچ بارش در این دوره آماری به دلیل اقلیم گرم و خشک منطقه یزد، تغییرات قابل ملاحظه‌ای ندارد، بنابراین بین مقدار ویژه مد پیشرو و سایر مولفه‌ها در نمودار شکستگی ایجاد نمی‌شود. این شکستگی در نمودار برای سایر پراسنچ‌ها نشان‌دهنده یک مد غالب در این دوره آماری است. هر چه اختلاف بین مد پیشرو و محل شکستگی نمودار بیشتر باشد، مد غالب قوی‌تر است و تغییرات عمده سالانه برای پراسنچی با این ویژگی، در طول دوره آماری تعیین شده، پراکندگی کمتری دارد. نتایج حاصل از PCA نشان می‌دهد، در این دوره آماری در شهرستان یزد، پراسنچ‌های میانگین روزانه؛ دما، فشار، رطوبت نسبی و فشار بخار آب دارای یک مد غالب هستند (شکل‌های الف، ب، ج و د). در مورد پراسنچ میانگین روزانه تندی باد، مد پیشرو به علت تغییرات پراکنده تندی باد در طول روزهای سال و عوامل دینامیکی حاکم بر جو در این شهرستان، مد غالبی را در طی سال ندارد، بنابراین به اندازه مد پیشرو پراسنچ‌های مذکور، نسبت به مولفه‌های دوم و سوم، فاصله ندارد (شکل ه). با توجه

به اقلیم شهرستان یزد و کمبود بارندگی در این ناحیه در تمامی روزهای سال، همه مولفه‌های بارش، مقادیر ویژه کوچکی دارند (شکل ۱د).



شکل ۱. نتایج آزمون اسکرى با کاربرد PCA برای مقادیر میانگین روزانه (الف) رطوبت نسبی (ب) فشار بخار آب (ج) فشار (د) بارش (ه) تندی باد و (و) دما در یک دوره آماری ۲۹ ساله (۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ میلادی) در ایستگاه همدیدی شهرستان یزد.

در این پژوهش، هدف ANN، میانگین روزانه دماست و مقادیر واریانس جمعی مد پیشرو دما در شهرستان یزد ۸۲ درصد از پراکنندگی دما را در یک دوره ۲۹ ساله نمایش می‌دهد. جدول ۱ واریانس جمعی و ضرایب همبستگی مقادیر ویژه مد پیشرو هر یک از پراسنچ‌ها با هدف را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقادیر واریانس جمعی و ضریب همبستگی مد پیشرو پراسنچ‌ها با هدف شبکه عصبی

پراسنچ	فشار بخار آب	رطوبت نسبی	بارش	فشار	دما	تندی باد
واریانس جمعی	۰/۲۸	۰/۵۵	۰/۰۷	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۱۴
ضریب همبستگی	۰/۸۶	-۰/۹۲	-۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۹۵	-۰/۴۲

در نگاه اول ممکن است، انتخاب مد پیشرو دما با داشتن بیشترین مقدار ضریب همبستگی، در پیش‌بینی هدف بهترین گزینه به نظر برسد، اما در بررسی جزئیات روند تغییرات که به علت فرایندهای دینامیکی و ترمودینامیکی ایجاد می‌شوند دقت کافی را ندارد. مگر اینکه در کنار مولفه اصلی سایر پراسنچ‌ها قرار بگیرند. پراسنچ فشار نیز تقریباً وضعیتی مشابه با دما دارد. پراسنچ‌های رطوبت نسبی و فشار بخار آب به ترتیب با ۹۲ و ۸۶ درصد، بعد از فشار بیشترین مقادیر ضریب همبستگی با دما را دارند. اما با ملاحظه مقادیر واریانس جمعی آن‌ها، مد غالب قوی را ایجاد نمی‌کند و به ترتیب نماینده ۵۵ و ۲۸ درصد از تغییرات در دوره آماری مورد نظر هستند. بنابراین در این موارد می‌بایست مولفه‌های بعدی با واریانس بزرگتر از یک نیز، در مرحله انتخاب ورودی لحاظ شود. ضریب همبستگی مد پیشرو پراسنچ‌های باد و بارش با هدف (دما) مقدار کمتری نسبت به سایر پراسنچ‌ها دارد، اما به علت رابطه غیرخطی که با دما دارند، از این پراسنچ‌ها نمی‌توان صرف‌نظر کرد. این پراسنچ‌ها به همراه سایر پراسنچ‌های هواشناختی

در فرایندهای دینامیکی و ترمودینامیکی جوی با دما ارتباط پیدا می‌کنند و در یک سال بر تغییرات روزانه، ماهانه و فصلی آن اثر می‌گذارند. در شبکه‌ی طراحی شده این شهرستان، مد پیشرو بارش در اکثر روزهای سال مقادیر نزدیک به صفر را دارد که مفهوم فصل خشک و تر را برای شبکه تفهیم می‌نماید. همچنین تغییرات در میدان باد، دینامیک حاکم بر جو را در این دوره آماری، بدون توجه به معادلات پیچیده جوی برای شبکه تعریف می‌کند تا شبکه بتواند طی فرایند آموزش، تابع بین این متغیرها را در این دوره آماری تقریب بزند. با توجه به مولفه‌های اصلی بارش و باد بهتر است که از داده‌های میانگین روزانه در سال هدف استفاده شود. بدین ترتیب می‌توان به کمک PCA و بدون استفاده از روش سعی و خطا بهترین داده‌ی ورودی را برای ANN انتخاب کرد. در نهایت پس از انتخاب ورودی مناسب، انتخاب بهینه عوامل معماری ANN، می‌تواند نقش موثری در نتایج پیش‌بینی داشته باشد.

منابع

- اسفندیاری درآباد، فریبا.، و همکاران، ۱۳۸۹، پیش‌بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP): فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، ۲۷، ۴۵-۶۵.
- پوراصغر، فرناز.، عابدی، و همکاران، ۱۳۹۲، پهنه‌بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران: نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، ۴۴، ۲۷-۴۶.
- حیاتی، محسن.، و زهرا.، محبی، ۱۳۸۶، پیش‌بینی دما بر اساس رهیافت شبکه عصبی: مجله علوم کاربردی جهانی، ۲، (۶)، ۶۱۳-۶۲۰.
- رحیمی‌خوب، علی.، م.، م.، ر.، بهبهانی، م.، نظری‌فر، ۱۳۸۶، پیش‌بینی دمای هوای استان خوزستان بر اساس داده‌های ماهواره نوا و مدل شبکه عصبی: مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۲، ۳۵۷-۳۶۴.
- فتاحی، ابراهیم.، و م.، ب.، بهیار، ۱۳۹۰، بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی‌های فراگیر در استان چهارمحال و بختیاری: فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲، ۱۷۰۹۳-۱۷۰۷۱.
- قبائی‌سوق، محمد.، و همکاران، ۱۳۸۹، ارزیابی تاثیر پیش‌پردازش پارامترهای ورودی به شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با استفاده از روش‌های رگرسیون گام به گام و گاماتست به منظور تخمین سریع‌تر تبخیر و تعرق روزانه: نشریه آب و خاک، ۳، ۶۱۰-۶۲۴.
- قنواتی، عزت اله.، و همکاران، ۱۳۸۶، آشکارسازی تغییرات مورفودینامیک با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و منطق فازی (Fuzzy-Logic)، مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان: پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲، ۴۱-۵۳.
- مشاری، امیر.، و همکاران، ۱۳۸۸، پالایش داده‌های آموزشی شبکه عصبی و بررسی تاثیر آن در کاهش خطای پیش‌بینی کوتاه مدت بار سیستم‌های قدرت: روش‌های عددی در مهندسی، ۲، ۶۷-۷۹.
- میرموسوی، س.، ح.، هوشنگ.، آبختی‌گروسی، و ندا.، خائفی، ۱۳۹۱، رفتارشناسی اقلیمی بر مبنای تحلیل مولفه‌های اصلی، مطالعه موردی: استان‌های کردستان و کرمانشاه: فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۳۹، ۱۵۷-۱۷۱.
- نوری قیداری، محمدحسین.، ۱۳۸۹، شناسایی داده‌های پرت در آنالیز منطقه‌ای سیلاب به روش آنالیز مولفه‌های اصلی: پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
- همت‌پور، سعیده.، حسین.، هاشمی، ۱۳۹۰، استفاده از تکنیک‌های کاهش بعد تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و تحلیل جداکننده‌های پارامتری‌شده (RDA) در رتبه‌بندی نشانگرهای لرزه‌ای: مجله

- فیزیک زمین و فضا، ۳۷، (۴)، ۲۱۷-۲۲۱.
- Churnside, James. H., Thomas. A. Stermitz, and Judith. A. Schroeder, 1994, Temperature Profiling with Neural Network Inversion of Microwave Radiometer Data: Atmos. and Oceanic Tech., **11**, 105-109.
- Erdil, Ahmet., and Erol. Arcaklioglu, 2013, The prediction of meteorological variables using artificial neural network: Neural Comput & Applic., **22**, 1677-1683.
- Ilin, Alexander., and Tapani. Raiko, 2010, Practical approaches to principal component analysis in the presence of missing values: Journal of Mashine Learning Research, **11**, 1957-2000.
- Junita, Mohamad-Saleh., Brain. S. Hoyle, 2008, Improved Neural Network Performance Using Principal Component Analysis on Matlab: International Journal of The Computer, the Internet and Management, **16**, 1-8.
- Kaur, Amanpreet., Harpreet. Singh, 2011, Artificial Neural Networks in Forecasting Minimum Temperature: Int. Jour. of Electronic and Commu. Tech., **2**, 101-105.
- Lamarche, V. C., Jr. and H. C. Fritts, 1971, Anomaly Patterns of Climate over the Western United States, 1700-1930, derived from prinicipal component analysis of tree-ring data: Monthly weather review, **99.2**, 138-142.
- Munyati, Christopher., 2004, Use of Principal Component Analysis (PCA) of Remote Sensing Images in Wetland Change Detection on the Kafue Flats, Zambia: Geocarto International, **19**, 11-22.
- Santamouris, G. Mihalakakou., and D. Asimakopoulos, 2012, Modeling ambient air temperature time series using neural network.: Journal of Geophysical Research:Atmospheres, **103**, 19509-19517.
- Shi, Lei., 2001, Retrieval of Atmospheric Temperature Profiles from AMSU-A Measurement Using a Neural Network Approach: Jouranal of Atmospheric and Oceanic Technology, **18**, 340-347.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله