



شبیه‌سازی فرآیند دمایی شهرستان شیراز در شرایط تغییر اقلیم

زهرا نعمت‌الهی، سید علی حسینی یکانی، حمید امیرنژاد^۱

znematollahi2002@gmail.com

چکیده

تغییر اقلیم همه بخش‌های اقتصادی را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما بخش کشاورزی حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش می‌باشد، زیرا محصولات کشاورزی وابستگی زیادی به منابع اقلیمی دارند. تغییرات اقلیم متأثر از دو عامل دما و بارش است. لذا در این مطالعه به شبیه‌سازی دمایی شهرستان شیراز با استفاده از مدل‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۳۴ پرداخته شده است و بهترین مدل بر اساس معیارهای نیکویی برازش انتخاب شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، شبکه عصبی مصنوعی با بیشترین R^2 (۹۸/۷) و کمترین آماره MSE (۰/۰۰۹)، به عنوان بهترین مدل انتخاب شده است. لذا پیشنهاد می‌شود، جهت شبیه‌سازی‌های دمایی در طراحی قراردادهای بیمه و بورس از این مدل استفاده شود.

طبقه‌بندی JEL: D81, D21

کلیدواژه‌گان: شبیه‌سازی دما، تغییر اقلیم، شبکه عصبی مصنوعی، شیراز

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و اساتید دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری



مقدمه

سطح زیر کشت و عملکرد محصولات کشاورزی متأثر از عوامل مختلفی است که برخی از آنها قابل کنترل و برخی دیگر غیر قابل کنترل می‌باشند. عوامل قابل کنترل به دو دسته عوامل قیمتی و عوامل غیر قیمتی تقسیم می‌شوند. از مجموعه عوامل قیمتی، قیمت محصولات کشاورزی و نهاده‌های مربوط به آن است که نقش بسیار مهمی را در اقدام به کشت و یا گسترش سطح زیر کشت ایفا می‌کنند (چنگ و کپس، ۱۹۸۸). همچنین، میزان مصرف نهاده‌هایی همچون بذر، کود و سم از جمله عوامل غیرقیمتی قابل کنترل به شمار می‌روند. از سوی دیگر بحث تأثیر عوامل غیر قابل کنترل نیز بر افزایش سطح زیر کشت و حتی اقدام به کشت محصولات کشاورزی مطرح می‌گردد. یکی از مهم‌ترین این عوامل شرایط آب و هوایی و شرایط اقلیمی است (اشک‌تراب و همکاران، ۱۳۹۴). تغییرات اقلیم و نوسانات دما و بارش، بخش‌های مختلفی را متأثر می‌سازد. اما در این میان، بخش کشاورزی به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین بخش‌ها نسبت به تغییر اقلیم، همواره مورد توجه بحث‌های سیاسی و پروژه‌های تحقیقاتی بوده است (چیوتی و جوهانسون، ۱۹۹۵)؛ چرا که اقلیم، تعیین‌کننده اساسی مکان بهره‌برداری فعالیت‌های کشاورزی است (لوین و همکاران، ۲۰۰۲). در کشورهای در حال توسعه به ویژه ایران، سیستم تولید کشاورزی نسبت به تغییر اقلیم از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار است، زیرا انعطاف‌پذیری این کشورها نسبت به تغییر تکنولوژی، سرمایه و عوامل موثر بر تولید کشاورزی کمتر است (وائقی و اسماعیلی، ۱۳۸۶). به علاوه در این کشورها سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی و اشتغال زیاد می‌باشد. از طرفی، ضعف در زیرساخت‌ها و منابع مالی اندک جهت پوشش ریسک، تولید کشاورزی و در نتیجه درآمد ملی این کشورها را نسبت به شرایط آب و هوایی حساس و شکننده می‌سازد (اسپیکا و هیلیکا، ۲۰۱۳). به گونه‌ای که بیشترین ریسک تولید در بخش کشاورزی کشورهای در حال توسعه، مربوط به شرایط آب و هوایی است و بخش اعظمی از این ریسک آب و هوا، مربوط به نوسانات دما و بارش می‌باشد. در دنیای واقعی چنین تولیدکنندگانی دارای ابزارهای محدود برای کاهش این ریسک تولید هستند. راهکارهای مختلفی جهت کاهش ریسک ناشی از شرایط آب و هوایی پیشنهاد می‌شوند. راهکارهای مطرح شده در این زمینه به دو گروه روش‌های کاهش ریسک توسط مدیر و روش‌های اشتراک‌گذاری ریسک تقسیم می‌شوند. از دسته اول می‌توان کشت محصولات مقاوم، کشت محصولات با دوره‌ی تولید کوتاه‌تر^۲ استفاده از تنوع کشت^۳ و پس‌انداز یا اندوخته احتیاطی^۴ را نام برد. کشت اشتراکی^۵، پیش‌فروش محصول، فروش تضمینی^۶، بیمه^۷ و بورس^۸ نیز از روش‌های اشتراک‌گذاری ریسک محسوب می‌شوند. کارکرد قراردادهای بیمه و بورس آب و هوا، جهت پوشش بهینه ریسک تولید در بخش کشاورزی، وابسته به شبیه‌سازی مناسب فرآیند دما

² Shorter Production Period

³ Diversification

⁴ Contingency Reserves

⁵ Shared Culture

⁶ Ensure Sell

⁷ Insurance

⁸ Exchange



و بارش است. لذا در این مطالعه مدل‌های مختلفی جهت شبیه‌سازی فرآیند دمایی شهرستان شیراز مورد بررسی قرار گرفته است.

تا کنون مدل‌های مختلفی جهت مدل‌سازی پویایی‌های دمایی روزانه مورد استفاده قرار گرفته‌اند که به طور کلی می‌توان این مطالعات را به دو دسته گسسته و پیوسته تقسیم نمود. در اغلب مطالعات مربوط به مدل‌های گسسته، از چارچوب مدل خودتوضیح میانگین متحرک (ARMA)، استفاده شده است (روستانت و همکاران، ۲۰۰۴؛ کمپبل و دیبولد، ۲۰۰۳). در مطالعات اخیر، مدل‌های پیوسته زمانی از جذابیت بیشتری برخوردار بوده‌اند. مطالعات زیادی در مدل‌های دمایی از فرآیندهای بازگشت به میانگین اورنستین-النبک بهره برده‌اند. در این روش از جهش‌های براونی جهت در نظر گرفتن فرآیندهای اختلال استفاده می‌شود (چویس، ۲۰۰۰؛ آلیتن و همکاران، ۲۰۰۲). زاپرانیس و الکساندریدیز (۲۰۱۱)، از شبکه عصبی موجک جهت مدل‌سازی فرآیند دمایی بازگشت به میانگین اورنستین-النبک با نوسانات فصلی در سطح داده‌ها استفاده نموده‌اند. در مطالعه دیگری آنتونیس و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود جهت شبیه‌سازی فرآیندهای دمایی از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و شبکه عصبی موجک استفاده نموده و استفاده از این روش‌های غیرخطی به جای روش‌های خطی متداول را پیشنهاد نموده‌اند. بر اساس یافته‌های مطالعه یاد شده، استفاده از روش‌های غیرخطی در شبیه‌سازی فرآیندهای دمایی، دقت پیش‌بینی دما را افزایش داده و در نتیجه قیمت‌گذاری صحیح‌تر قرارداد اختیار معامله آب و هوایی را به دنبال داشته است.

استان پهناور فارس، به دلیل گستردگی، تنوع اقلیم و حاصل‌خیزی خاک، یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور به شمار می‌آید. بخش کشاورزی استان فارس نقش اساسی در تأمین، تولید، اشتغال و امنیت غذایی کشور دارد و سهم عمده‌ای از تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص می‌دهد؛ به طوری که ۷/۸ درصد ارزش افزوده بخش کشاورزی کشور مربوط به کشاورزی استان فارس است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). در سال‌های اخیر وقوع خشک‌سالی‌های متعدد در استان فارس سبب ایجاد چالش‌های بسیاری در بخش‌های مختلف به ویژه منابع آب و کشاورزی شده است. لذا در مطالعه حاضر، شهرستان شیراز جهت شبیه‌سازی دما انتخاب شده است.

مواد و روش‌ها

بر اساس روند داده‌های مربوط به دمای شهرستان شیراز و مطالعات پیشین (کائو و وی، ۲۰۰۴؛ ریچارد و همکاران، ۲۰۰۴؛ ریچارد و همکاران، ۲۰۰۶؛ چانگ، ۲۰۱۱؛ هوآنگ، ۲۰۱۴؛ سان و ون کوتن، ۲۰۱۵)، در مطالعه حاضر از الگوی

^۹Auto Regressive Moving Average

^۱Mean-Reverting Ornsteinuhlenbeck Processes

^۱Wavelet Neural Networks



جنبش براونی بازگشت به میانگین^۲ با جهش‌های لگاریتمی- نرمال^۳ و نوسانات فصلی^۴ جهت ایجاد فرآیندهای دمایی استفاده شده است. دما دارای روند فصلی در میانگین و واریانس است، بنابراین مولفه فصلی باید به درستی در مدل منظور شود. تخمین صحیح و دقیق سرعت بازگشت به میانگین و انتخاب درست توزیع باقیمانده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین جهت تخمین پارامترهای مختلف از مدل گسسته در مدل تصادفی^۵ حجم مناسبی از داده‌های تاریخی باید انتخاب شود. تغییر در میانگین دمای روزانه (dW_t) به طور کامل قطعی نیست و فرض می‌شود که از جنبش براونی پیروی کند (رابطه ۱):

$$dW_t = \mu dt + \sigma dz \quad (1)$$

در رابطه (۱)، μ ، نرخ رانش^۶ طی زمان (dt)، σ انحراف استاندارد تغییرات میانگین دما روزانه و dz نشان‌دهنده نویز^۷ فرآیند واینر^۸ استاندارد با میانگین صفر و واریانس dt است. تغییر تقریبی در دمای روزانه (dW_t) از رابطه (۲) حاصل می‌شود:

$$dW_t = W_t - W_{t-1} \quad (2)$$

فرآیند دمای روزانه در کوتاه‌مدت دارای نوسان است اما در بلندمدت روندهای غیرمنظم از میانگین پایدار نبوده و از بین می‌روند. بنابراین رابطه (۱) به صورت رابطه (۳) زیر بازنویسی می‌شود:

$$dW_t = \kappa(W_t^m - W_t)dt + \sigma dz \quad (3)$$

در رابطه (۳)، κ نرخ بازگشت به میانگین و W_t^m میانگین آنی فرآیند می‌باشند. اگر نرخ بازگشت به میانگین در فرآیندی برابر با یک باشد، دمای روزانه به سمت میانگین آنی دمای روزانه برگشت پیدا می‌کند. به عبارتی، چنانچه نرخ بازگشت به میانگین برابر با صفر باشد، روند غیرمنظم ایجاد شده در داده‌ها به میانگین بلندمدت خود همگرا نمی‌شود و از فرآیند واینر پیروی می‌کند.

به منظور محاسبه روند فصلی، روند زمانی و روند خودتوضیحی داده‌ها، میانگین آنی دما را می‌توان به صورت رابطه (۴) محاسبه نمود:

$$W_t^m(W_t, t) = \gamma_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{365}\right) + \gamma_3 t + \sum_{j=1}^p \rho_j W_{t-j} \quad (4)$$

^۱Mean-Reverting Brownian Motion

^۲Log-Normal Jumps

^۳Seasonal Volatility

Discretized Version Of The Stochastic Model

Drift Rate

Increment

Standard Wiener Process



T در رابطه (۴) بیانگر زمان (روز) است و چون دوره‌های زمانی یک‌ساله هستند، در توابعی سینوسی از $(\frac{2\pi t}{365})$ استفاده می‌شود. وقفه بهینه ρ نیز بر اساس معیارهای نیکویی برازش مانند AIC^1 انتخاب می‌شوند. جهش‌های ناگهانی در داده‌های دما باید لحاظ شوند. بنابراین، در مطالعه حاضر فرض می‌شود جهش‌های گسسته بر اساس توزیع پواسون q و با نرخ حرکت به سمت میانگین λ و فرآیند شوک تصادفی (اندازه جهش) φ توضیح داده می‌شوند. شوک تصادفی دارای توزیع $\ln(\varphi) \sim N(\theta, \delta^2)$ است؛ θ میانگین اندازه جهش و δ^2 واریانس جهش می‌باشند. فرآیند پواسون q به صورت $dq=0$ (با احتمال $1-\lambda dt$) و $dq=1$ (با احتمال λdt) توزیع شده است. در نهایت معادله تفاضلی تصادفی برای فرآیند دما به صورت روابط (۵) و (۶) حاصل می‌شود:

$$dW_t = (\kappa(W_t^m - W_t) - \lambda\theta)dt + \sigma dz + \varphi dq \quad (5)$$

$$W_t^m(W_t, t) = \gamma_0 + \gamma_1 \sin\alpha_1 \left(\frac{2\pi t}{365}\right) + \gamma_2 \cos\alpha_2 \left(\frac{2\pi t}{365}\right) + \gamma_3 t + \sum_{j=1}^p \rho_j W_{t-j} \quad (6)$$

داده‌های مورد نیاز (اطلاعات مربوط به دمای روزانه شهرستان شیراز) با مراجعه به اداره هواشناسی شهرستان شیراز، جمع‌آوری گردیده است و شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای 9 Eviews و Matlab انجام شده است.

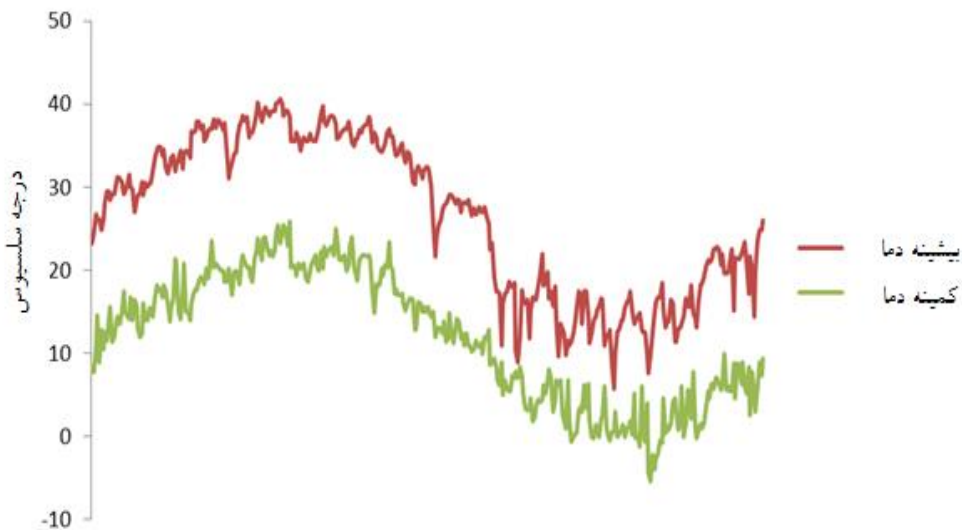
نتایج

بر اساس اطلاعات به دست آمده میانگین دمای شهرستان شیراز طی سال‌های ۱۳۳۴-۱۳۹۴ برابر با ۱۷/۸۹ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار دما طی دوره مورد بررسی برابر با ۸/۴۸ سانتی‌گراد بوده است. روند روزانه دما در سال ۱۳۹۴ در نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات آماری دمای شهرستان شیراز طی دوره ۱۳۳۵-۱۳۹۴

شهرستان / آماره	میانگین	انحراف معیار	میانه	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
شیراز	17/89	8/48	18	-5/5	35/6	-0/07	-1/26

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۱. روند دمای روزانه شهرستان شیراز در سال ۱۳۹۴

بر اساس نمودار (۱)، فرآیند دمای شهرستان شیراز دارای نوسانات فصلی است و دمای روزانه به سمت میانگین- بلندمدت خود، همگراست. لذا جهت شبیه‌سازی دمای شهرستان شیراز از الگوی جنبش براونی بازگشت به میانگین با جهش‌های لگاریتمی- نرمال و نوسانات فصلی استفاده شده است. با توجه به ماهیت سری زمانی داده‌ها، لازم است قبل از هر اقدامی ابتدا ایستایی متغیرها بررسی شود. در پژوهش حاضر ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون دیکي فولر تعمیم‌یافته مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که فرضیه صفر نایستایی در سطح ۱٪ رد می‌شود. لذا دمای شهرستان شیراز در سطح پایا می‌باشد و در نتیجه احتمال برآورد رگرسیون ساختگی وجود نخواهد داشت.

جدول ۲. نتایج آزمون دیکي فولر

متغیر	آماره	سطح معناداری
میانگین دما	-۱۵/۹۸	۰/۰۰

ماخذ: یافته‌های تحقیق

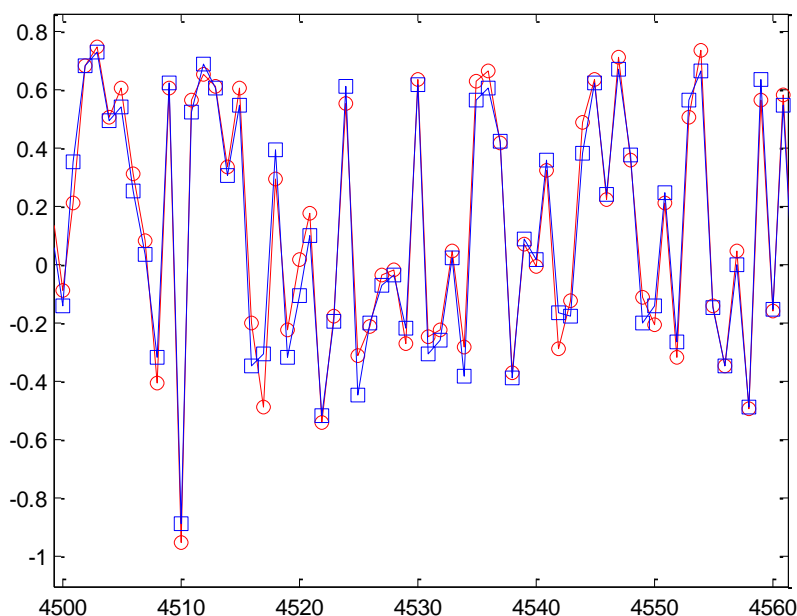
جهت شبیه‌سازی فرآیند دمایی شهرستان شیراز مدل‌های مختلف خطی و غیرخطی استفاده شده‌اند. مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از روش‌های خطی همانند فرآیند $AR(1)$ ، $AR(2)$ و روش‌های غیرخطی الگوی جنبش براونی و شبکه عصبی مصنوعی. بدین منظور داده‌های مطالعه به دو بخش داده‌های آموزش و داده‌های آزمون تقسیم‌بندی شده و با استفاده از داده‌های آموزش، به تخمین پارامترهای الگوهای یاد شده پرداخته شده است و قدرت شبیه‌سازی این الگوها با استفاده از داده‌های آزمون، مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های آموزش، دمای شهرستان شیراز طی سال‌های ۱۳۳۴-۱۳۸۲ (۸۰ درصد داده‌های موجود) بوده و

داده‌های آزمون دمای این شهرستان طی سال‌های ۱۳۸۲ - ۱۳۹۴ (۲۰ درصد کل داده‌ها) می‌باشند. نتایج مربوط به آماره‌های نیکویی برازش چهار الگوی استفاده شده در جدول (۳) نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول (۳)، مدل‌های غیر خطی نسبت به مدل‌های خطی، از قابلیت بیشتری در شبیه‌سازی دمای روزانه شهر شیراز برخوردار بوده‌اند. بر این اساس، روش شبکه عصبی مصنوعی با $R^2 = 0/987$ و $MSE = 0/009$ بهترین برازش را داشته است. بخشی از شبیه‌سازی انجام شده توسط شبکه عصبی مصنوعی در نمودار (۲) نشان داده شده است.

جدول ۳. مقایسه مدل‌های مختلف جهت شبیه‌سازی فرآیند دما

مدل / آماره	AR(1)	AR(2)	آلتیک-ارنستین	ANN
R-squared	۰/۹۶۸	۰/۹۶۹	۰/۹۷۰	۰/۹۸۷
MSE	۱۹/۶۲	۱۹/۵۶	۳/۳۹	۰/۰۰۹

ماخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار ۲. پیش‌بینی دمای روزانه شهرستان شیراز در سال ۱۳۹۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تغییر اقلیم همه بخش‌های اقتصادی را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما بخش کشاورزی حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش می‌باشد، زیرا محصولات کشاورزی وابستگی زیادی به منابع اقلیمی دارند. با توجه به اهمیت پدیده



تغییر اقلیم و حساسیت بخش کشاورزی به شرایط اقلیمی، جهت طراحی قراردادهای بیمه کشاورزی و بورس آب و هوا، توجه به شرایط دمایی هر منطقه و شبیه‌سازی دقیق فرآیندهای دما و بارش از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر دمای روزانه شهرستان شیراز با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی شبیه‌سازی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مدل شبکه عصبی مصنوعی به عنوان بهترین مدل در شبیه‌سازی دمای شهر شیراز انتخاب شده است. لذا پیشنهاد می‌شود در طراحی قراردادهای بیمه و بورس آب و هوا از این مدل استفاده شود.

منابع

۱. اشک‌تراب، ن.، لیانی، ق. و سلطانی، غ.ر. ۱۳۹۴. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و سیاستهای دولت بر عملکرد و سطح زیر کشت محصول ذرت در ایران: رویکرد داده‌های ترکیبی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۹(۱): ۳۱-۴۲.
۲. واثقی، ا. و اسماعیلی، ع. ۱۳۸۶. آثار تغییرات اقلیم بر رانت زمین کشاورزی: مطالعه موردی ذرت. مجله اقتصاد و کشاورزی، ۲(۳): ۶-۴۷.
۳. وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۳.
4. Alaton, P., Djehiche, B. and Stillberger. D. 2002. On Modelling and Pricing Weather Derivatives. Applied Mathematical Finance 9(1): 1-20.
5. Antonis, K., Alexandridis, A., Zapranis, D. 2013, B. Weather Derivatives: Modeling and Pricing Weather Related Risk, Springer New York Heidelberg London, (ebook).
6. Campbell, S.D. and Diebold, F. X. 2003. Weather Forecasting for Weather Derivatives. Journal of the American Statistical Association, 100: 6-16.
7. Cao, M. and J. Wei. 2004. Weather Derivatives Valuation and Market Price of Weather Risk. Journal of Futures Markets 24(11): 1065-1089.
8. Cheng, H.T. and Capps O.J. 1988. Demand Analysis of Fresh and Frozen Finfish and Shellfish in the United States. American Journal of Agricultural Economics. 70: 533-42.
9. Chiotti, Q.P. and Johnston, T. 1995. Extending the boundaries of climate change research: A discussion on agriculture, Journal of Rural Studies 11: 335-350.
10. Choyce, L. 2000. Caution to the Wind, Ekstasis Editions Canada Ltd, 76 pps.
11. Chung, W. 2011. Evaluating Weather Derivatives and Crop Insurance for Farm Production Risk Management in Southern Minnesota, Ph.D dissertation, faculty of the graduate school of the university of Minnesota, 134 pps.
12. Huang, S., 2014. Modelling Temperature and Pricing Weather Derivatives, Master Thesis, Technische Universität München Department of Mathematics, 104 pps.
13. Levin A., Lin C.F. and Chu C. 2002. Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties. Journal of Econometrics, 108: 1-25.
14. Richards, T.J., J. Eaves, V. Fournier, S. E. Naranjo, C.C. Chu, and. Henneberry, T.J. 2006. Managing Economic Risk Caused by Insects: Bug Options. Agricultural Finance Review 66(1): 27-45.



15. Richards, T.J., M.R. Manfredo, and Sanders, D.R. 2004. Pricing Weather Derivatives. *American Journal of Agricultural Economics* 86(4): 1005-1017.
16. Roustant, O., Laurent, J-P., Bay, X. and Carraro, L. 2004. A bootstrap approach to the pricing of weather derivatives. *Bulletin Fran,cais d'Actuariat*, 6(12):163–171.
17. Spicka, J. and Hnilica, J. 2013. A Methodical Approach to Design and Valuation of Weather Derivatives in Agriculture, Hindawi Publishing Corporation *Advances in Meteorology*, 2: 1- 8.
18. Sun, B. J. and Van Kooten, g. C. 2014. Weather effects on maize yields in northern China. *Journal of Agricultural Science*, 152: 523–533.
19. Zaprani, A. and Alexandridis, A. 2011. Modeling and forecasting cumulative average temperature and heating degree day indices for weather derivative pricing. *Neural Computing and Applications*, 20: 787–801.

Simulation of temperature under climate change conditions in Shiraz

Abstract

Climate change affects all sectors of the economy to some extent, but the agricultural sector is the most sensitive and vulnerable sector, because agricultural products are highly dependent on climate resources. Climate change is affected by temperature and precipitation. Therefore, in this study, simulation of temperature in Shiraz city has been done using different models during 1394- 1394. And the best model has been chose based on fit criteria. Based on the results, the artificial neural network (ANN) with the highest R^2 (98.7) and the lowest MSE statistic (0.009) was selected as the best model. Therefore, it is recommended to use this model for temperature simulation in design of insurance and stock exchanges contracts.

Classification JEL: D81,D21

Keywords: Simulation, Climate Change, Artificial Neural Network, Shiraz