



5th
Regional Conference on Climate Change
▶ 25-26 January 2016/Olympic Hotel, Tehran

پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییرات اقلیم
قلمرو

تهران، هتل المپیک
۵-۶ بهمن‌ماه ۱۳۹۴

گرمایش جهانی، خشکسالی و طوفان‌های گرد و خاک: تهدیدی برای منطقه

برآورد روند کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما با استفاده از مدل رگرسیونی امکانی فازی (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان)

حجت اله دانشمند^۱، پیمان محمودی^۲

۱- استادیار اقلیم‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- استادیار اقلیم‌شناسی دانشکده مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

daneshmand@hamoon.usb.ac.ir

خلاصه

دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است و تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد. برای بررسی روند تغییرات دما داده‌های مربوط به دماهای کمینه و بیشینه سالانه چهار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک برای یک دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۶۹-۲۰۰۸) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. برای آشکارسازی روند تغییرات دماهای کمینه و بیشینه سالانه نیز از مدل رگرسیونی امکانی فازی استفاده شد. شیب خط روند دمای بیشینه سالانه با استفاده از رگرسیون امکانی فازی نشان داد که ایستگاه‌های ناحیه شمال استان دارای روند افزایشی و ایستگاه‌های جنوب استان دارای روند کاهشی هستند. اما شیب خط روند در دو ناحیه متفاوت است. برای دماهای کمینه سالانه شیب روند در کل استان افزایشی است و نشان می‌دهد که دماهای کمینه در حال افزایش می‌باشند. به طور میانگین افزایش در دماهای کمینه سالانه حدود پنج برابر کاهش در دماهای بیشینه سالانه است.

کلمات کلیدی: روند، تغییر اقلیم، رگرسیون امکانی فازی، دماهای کمینه و بیشینه سالانه

مقدمه

از آنجا که دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است و تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد، لذا بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است. بررسی‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که از آغاز قرن بیستم تا کنون شاهد افزایشی در حدود ۰/۶ درجه سانتیگراد در میانگین دمای کره زمین بوده‌ایم (استرلینگ و همکاران، ۱۹۹۷) و این افزایش بیشتر به سبب افزایش در دماهای کمینه بوده است که میزان آن تقریباً دو برابر میزان افزایش دماهای بیشینه می‌باشد (والتر و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین کاهش در تغییرپذیری دماهای روزانه در طی دهه‌های اخیر سبب گردیده است که فراوانی وقوع کمینه‌های دما به خصوص در زمستان‌ها کاهش نشان دهد (شیفینگر و همکاران، ۲۰۰۳). به علاوه در حد فاصل سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۳ به طور متوسط در هر دهه دمای کمینه شبانه حدود ۰/۲ درجه سانتیگراد افزایش داشته است

۱- عضو هیات علمی

۲- عضو هیات علمی



5th
Regional Conference on Climate Change
▶ 25-26 January 2016/Olympic Hotel, Tehran

پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم
قلمس

تهران، هتل المپیک
۵-۶ بهمن‌ماه ۱۳۹۴

گرمایش جهانی، خشکسالی و طوفان‌های گرد و خاک: تهدیدی برای منطقه

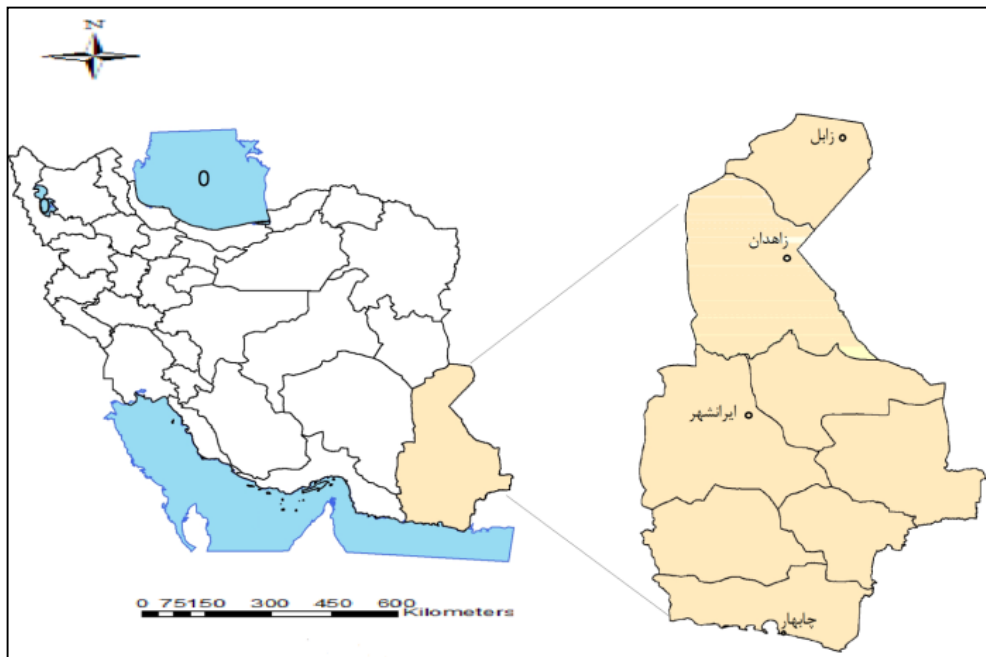
که این میزان تقریباً دو برابر افزایش دمای بیشینه روزانه یعنی ۰/۱ درجه سانتیگراد در همان دوره آماری برای هر دهه بوده است (IPCC, ۲۰۰۱). با وجود اینکه یک افزایش شدید در مقیاس جهانی در دماهای کمینه به خوبی به اثبات رسیده است با این حال در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای نیز تغییر پذیری‌های چشمگیری قابل مشاهده است. به گونه‌ای که کومار و همکاران (۲۰۰۵) در فیرنزه ایتالیا، سلیشی و زانکه (۲۰۰۴) در ایتوبی و دومروس و تتناوی (۲۰۰۵) در مصر روندهایی را در سری‌های زمانی دماهای کمینه و بیشینه به اثبات رسانده‌اند.

در ایران نیز تغییراتی در میانگین دماهای کمینه و بیشینه سالانه گزارش شده است؛ اما این تغییرات در میانگین دماهای کمینه تقریباً دو برابر تغییرات در میانگین دماهای بیشینه بوده است (علیجانی و همکاران، در نوبت چاپ). همچنین یک جابجایی در هسته‌های مکانی موج‌های شاخص سرما در غرب و شمال غرب ایران مشاهده شده است به گونه‌ای که این جابجایی از عرض‌های جغرافیایی حدود ۳۵ درجه به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۳۶ درجه بوده است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰). روند جایگزین شدن اقلیم نیمه خشک به جای اقلیم خشک نیمه مرطوب و نیمه مرطوب در غرب و شمال غرب ایران و جایگزین شدن اقلیم فراخشک به جای اقلیم خشک در جنوب شرق ایران نیز توسط طاوسی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. در اکثر ایستگاه‌های سواحل جنوبی دریای خزر نیز دماهای کمینه روند مثبت و دماهای بیشینه روند منفی داشته‌اند اما این تغییرات در فصل زمستان و تابستان نسبت به دو فصل بهار و پاییز بیشتر بوده است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷). شیرغلامی و قهرمان (۱۳۸۴) نیز روند دراز مدت دمای متوسط سالانه ۳۴ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که در ۵۹ درصد ایستگاه‌ها تغییرات دما دارای روند مثبت و در ۴۱ درصد ایستگاه‌ها دارای روند منفی بوده است. علاوه بر این، افزایش سالانه دمای کمینه در یک دهه برای تهران تا حد ۰/۶۸ درجه سانتی‌گراد (بیدختی و همکاران، ۱۳۸۲)، تأیید افزایش ۲ درجه سلسیوس دمای شبانه روزی ایران در صد سال (مسعودیان، ۱۳۸۳) و پیش بینی افزایش ۲/۷۵ درجه سلسیوس برای شمال شرق ایران (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۱) نیز نمونه‌هایی از نتایج مطالعات در مقیاس منطقه‌ای در ایران هستند.

اساس بیشتر مدل‌های مورد استفاده بر پایه فرض دقیق بودن متغیرهای مورد مطالعه و استفاده از روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک بوده است. حال آنکه در سیستم‌های طبیعی همچون جو زمین با مشاهدات و روابط نادقیقی بین متغیرها روبرو هستیم. در چنین شرایطی، از مدل‌هایی باید بهره گرفت که قادر به ارائه الگوهای مناسب‌تر باشند، به گونه‌ای که این مدل‌ها بتوانند انطباق بیشتری با دنیای واقعی و تغییرات درون آن داشته باشند. تئوری مجموعه‌های فازی یکی از آن روش‌هایی است که می‌تواند در بسیاری از مطالعات اقلیم‌شناسی مورد استفاده قرار گیرد. به خصوص رگرسیون فازی که در زمینه مطالعات روند می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این تحقیق هدف بر این است که ابتدا ساختار رگرسیون امکان‌فازی معرفی و سپس در مطالعه روند سری‌های زمانی دماهای بیشینه و کمینه سالانه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی روند تغییرات دما در استان سیستان و بلوچستان، داده‌های مربوط به دو متغیر دمای کمینه و بیشینه سالانه چهار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک برای یک دوره آماری ۴۰ ساله (۲۰۰۸-۱۹۶۹) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست انجام و از همگن بودن داده‌ها در طول دوره آماری اطمینان حاصل شد. توزیع و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل شماره ۱ آورده شده است.



شکل شماره ۱ - نقشه موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

رگرسیون امکانی فازی

رگرسیون خطی فازی بر خلاف رگرسیون خطی کلاسیک به ازای هر سری از متغیرهای ورودی بازه‌ایی از مقادیر ممکن را برای متغیر خروجی تخمین می‌زند. در این تحقیق از مدل رگرسیون امکانی فازی استفاده شد. مدل رگرسیون امکانی فازی اولین بار توسط تاناکا و همکاران در سال ۱۹۸۲ ارائه شد. این مدل بهترین معادله رگرسیون را با کمینه کردن میزان فازی بودن بدست می‌دهد و این کار با کمینه کردن مجموع کل پهنای توابع عضویت ضرائب فازی انجام می‌شود. یکی از مدل‌های رگرسیون فازی امکانی مدلی است که در آن ضرائب، فازی بوده و ورودی و خروجی مشاهده‌ای، غیر فازی است. این مدل در حالت کلی با معادله (۱) بیان می‌شود.

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \tilde{A}_2 x_2 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad (1)$$

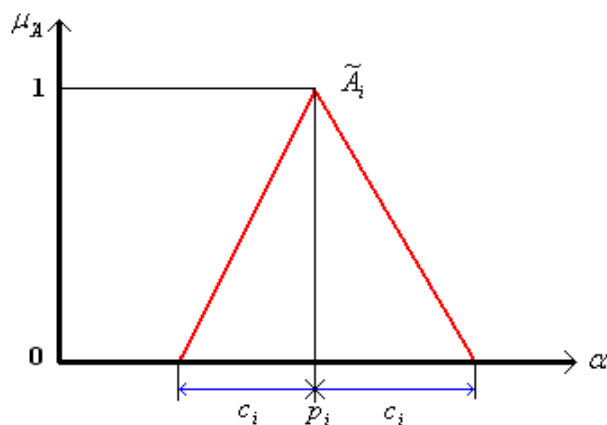
ضرائب معادله فوق یعنی $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$ اعداد فازی و متغیرهای ورودی مشاهده‌ای یعنی x_1, x_2, \dots, x_n اعداد معمولی هستند. با توجه به معادله (۱) برای هر n متغیر ورودی (در اینجا یک ورودی)، یک عدد فازی مانند \tilde{Y} بعنوان خروجی بدست می‌آید. بنابراین هدف از این مدل آن است که بر اساس یک مجموعه از داده‌ها، ضرائب مربوط به معادله (۱) به گونه‌ای به دست آورده شوند که معادله مزبور بهترین برازش را بر روی داده‌ها داشته باشد. اگر تعداد داده‌ها برابر m و تعداد متغیرهای ورودی یعنی x_{ij} برابر n باشد. آن‌گاه زوج داده‌ها به صورت (x_{ij}, y_j) خواهند بود، که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- متغیرهای غیر فازی در رگرسیون خطی با ضرائب فازی



شماره مشاهده، j	خروجی مشاهده ای، y_j	n ورودی مشاهده ای، x_{ij}
1	y_1	$x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}$
\vdots	\vdots	\vdots
m	y_j	$x_{1m}, x_{2m}, \dots, x_{nm}$

با در نظر گرفتن عدد فازی بصورت مثلثی متقارن به شکل (۲) می توان تابع عضویت را بصورت معادله (۲) نوشت:



شکل ۲- تابع عضویت ضرائب فازی

$$\mu_{\tilde{A}_i}(\alpha) = \begin{cases} 1 - \frac{|p_i - \alpha|}{c_i} & p_i - c_i \leq \alpha \leq p_i + c_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

در رابطه (۲)، p_i و c_i به ترتیب مرکز و پهنای تابع عضویت می باشند. بنابراین \tilde{A}_i یک عدد فازی برای نشان دادن مقدار "تقریباً برابر p_i " بوده و c_i نشانگر میزان فازی بودن آن می باشد. که این مفهوم به شکل $\tilde{A}_i = (p_i, c_i)$ نمایش داده می شود. بنابراین رابطه (۱) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\tilde{Y} = (p_0, c_0) + (p_1, c_1)x_1 + (p_2, c_2)x_2 + \dots + (p_n, c_n)x_n \quad (3)$$

آنگاه تابع عضویت متغیر فازی خروجی یعنی \tilde{Y} به صورت معادله (۴) ارائه می شود:

$$\mu_{\tilde{Y}}(y) = \begin{cases} \max(\min[\mu_{\tilde{A}_i}(a_i)]) & \{a | y = f(x, a) \neq \phi\} \\ 0 & \end{cases} \quad (4)$$

با جایگذاری معادله (۲) در معادله (۴) معادله (۵) به دست می آید:



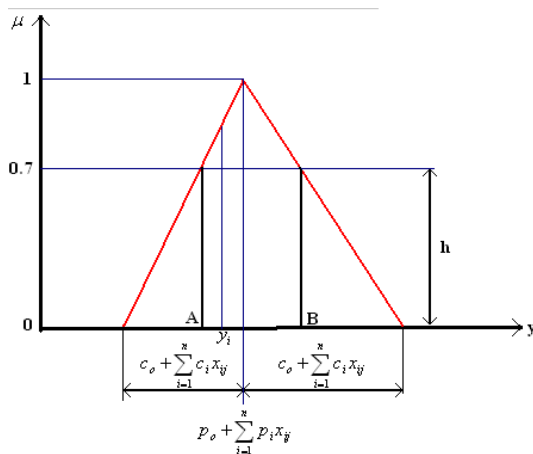
$$\mu_{\bar{y}}(y) = \begin{cases} 1 - \frac{|y - p_0 - \sum_{i=1}^n p_i x_i|}{c_0 + \sum_{i=1}^n c_i |x_i|} ; & x_i \neq 0 \\ 1 & ; \quad x_i = 0 \quad y = 0 \\ 0 & ; \quad x_i = 0 \quad y \neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

برای حل مسئله رگرسیون خطی فازی، الگوریتم‌های مختلفی پیشنهاد گردیده است که یکی از آن‌ها تبدیل مسئله رگرسیون خطی فازی به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی است. در این حالت که داده‌ها غیر فازی می‌باشند، هدف مدل رگرسیون تعیین مقدار بهینه \tilde{A}^* می‌باشد به گونه‌ای که درجه عضویت متغیر خروجی فازی برای تمام داده‌ها از یک مقدار معین مانند h که توسط کاربر تعیین می‌گردد (در این تحقیق $h = 0.1$) بزرگتر باشد. به بیان دیگر رابطه زیر برای مقادیر $j = 1, 2, \dots, m$ صادق باشد.

$$\mu_{\bar{y}_j}(y_j) \geq h \quad (6)$$

رابطه (۶) بیان می‌کند که خروجی فازی باید بین دو مقدار A و B که در شکل (۳) مشخص شده‌اند قرار بگیرد. با توجه به رابطه (۵)، مرکز و

پهنای تابع عضویت خروجی به ترتیب برابر با $p_0 + \sum_{i=1}^n p_i x_{ij}$ و $c_0 + \sum_{i=1}^n c_i x_{ij}$ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳- تابع عضویت خروجی فازی

سپس ضرایب فازی را باید طوری تعیین کرد که پهنای خروجی فازی برای تمام مجموعه داده‌ها مینیمم گردد. بنابراین با توجه به تابع هدف و قیدهای مسئله، برنامه‌ریزی خطی را می‌توان به صورت مناسب ارائه نمود. قیدهای مسئله با جایگذاری معادله (۵) در معادله (۶) به دست می‌آید. بنابراین برای حل یک مسئله رگرسیون خطی با ضرایب فازی و داده‌های غیر فازی، کافی است یک مدل برنامه‌ریزی خطی نوشته و تعداد $2 \times m$ نامعادله تشکیل گردد. برای مطالعه بیشتر در زمینه مدل‌های رگرسیون فازی می‌توان به کوره پزان درفولی (۱۳۸۴) مراجعه نمود. در این پژوهش تمام محاسبات مربوط به مدل در محیط نرم افزاری Matlab برنامه نویسی گردیده است.



نتایج و بحث

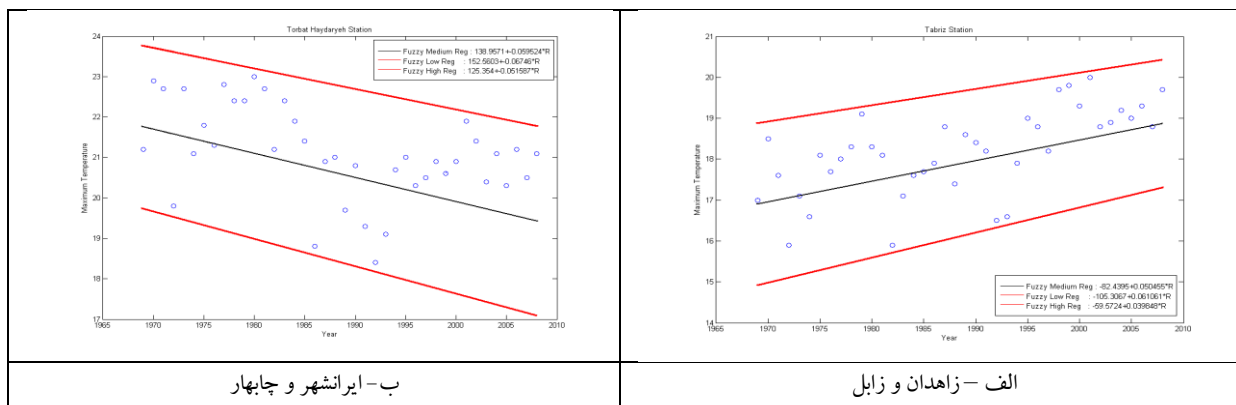
دمای کمینه نتیجه‌ی ترازمندی تابش‌های خروجی و دمای بیشینه نتیجه ترازمندی تابش‌های ورودی است. از سوی دیگر گازهای گلخانه‌ایی مانند بخار آب و دی اکسید کربن از عوامل مؤثر بر ترازمندی تابش‌های خروجی هستند در حالیکه تابش‌های ورودی به ویژگی‌های تابشی جو از جمله به شفافیت جو بستگی دارند. بنابراین دماهای کمینه و بیشینه از عوامل متفاوتی تأثیر می‌پذیرند و ممکن است رفتار روند آنها با یکدیگر متفاوت باشد. گزارش‌های پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که عموماً روند دمای کمینه و بیشینه با هم تفاوت داشته و در غالب موارد آهنگ افزایش دمای کمینه بزرگتر از آهنگ افزایش دمای بیشینه بوده است. لذا برای آشکارسازی روند تغییرات دماهای کمینه و بیشینه سالانه برای هر چهار ایستگاه، مدل رگرسیونی امکانی فازی اجرا شد

دمای بیشینه سالانه

شیب خط روند سری زمانی دمای بیشینه سالانه با استفاده از رگرسیون امکانی فازی نشان می‌دهد که دو ایستگاه زاهدان و زابل دارای شیب مثبت یکسان هستند. همچنین شیب خط روند دمای بیشینه سالانه برای ایستگاه‌های ایرانشهر و چابهار نیز یکسان است. اما در این دو ایستگاه شیب منفی است. در دو ایستگاه زاهدان و زابل دمای بیشینه سالانه در حال افزایش و در دو ایستگاه چابهار و ایرانشهر دمای بیشینه سالانه در حال کاهش است. روند کاهشی دما در دو ایستگاه ایرانشهر و چابهار دارای شیب بیشتری است. همچنانکه قبلاً گفته شد مدل رگرسیونی امکانی فازی، به دنبال آن است که ضرایب فازی را به گونه‌ایی تعیین کند که پهنای خروجی فازی برای تمام مجموعه داده‌ها مینیمم گردد. لذا در نمودارهای شکل ۴، سه خط روند قابل مشاهده است که دو خط پررنگ قرمز حد پایین و بالای پهنای خروجی مدل را نشان می‌دهد و خط سیاه کم رنگ نیز میانگین پهنای خروجی مدل را ارائه می‌دهد که در این تحقیق این خط مورد تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۲- طبقه بندی ایستگاه‌ها بر اساس شیب خط روند دماهای بیشینه سالانه

شیب خط روند	رگرسیون فازی امکانی
۰/۰۳	زابل - زاهدان
-۰/۰۵	ایرانشهر-چابهار



شکل ۴- نمودار روند تغییرات میانگین دما بیشینه سالانه برای ایستگاه‌های (الف) زاهدان و زابل با روند افزایشی و (ب) ایستگاه‌های ایرانشهر و چابهار با روند کاهشی

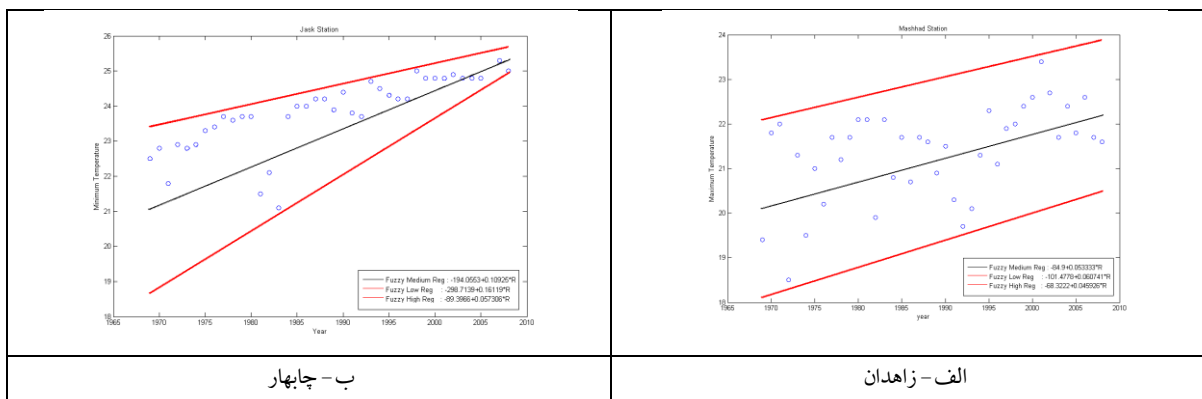
میانگین حسابی شیب سری زمانی دماهای بیشینه ایستگاه‌های مورد مطالعه برابر $0.1/0.1$ - است. که بیانگر کاهش $0.25/0.0$ درجه سانتیگراد در هر دهه برای دماهای بیشینه منطقه است.

دمای کمینه سالانه

نتایج حاصل از اجرای مدل بر روی سری زمانی دماهای کمینه نشان می‌دهد که تمام ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی هستند (جدول ۳). بیشترین شیب خط روند افزایشی در ایستگاه چابهار مشاهده می‌شود. در سه ایستگاه دیگر شیب دارای مقدار یکسانی است. شکل ۵ (الف، ب) شیب خط روند مربوط به دو ایستگاه زاهدان و چابهار را نشان می‌دهد.

جدول ۳- طبقه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس شیب خط روند دماهای کمینه سالانه

شیب خط روند	رگرسیون فازی امکانی
۰/۱۰	چابهار
۰/۰۵	زاهدان - زابل - ایرانشهر



شکل ۵- نمودار روند تغییرات میانگین دما کمینه سالانه برای ایستگاه‌های زاهدان (الف) و چابهار (ب) با روند افزایشی

همچنین میانگین حسابی شیب سری زمانی دما کمینه سالانه برابر ۰/۰۶۲ است. یعنی به طور میانگین در هر دهه ۰/۰۱۵۵ درجه سانتی‌گراد بر میانگین دمای کمینه منطقه افزوده شده است.

نتیجه‌گیری:

جهت آشکارسازی روند تغییرات دماهای کمینه و بیشینه سالانه منطقه، برای هر چهار ایستگاه مورد مطالعه مدل رگرسیونی امکانی فازی اجرا و نتایج آن به طور جداگانه برای هر کدام ارائه شدند. نتایج حاصل از مدل برای دماهای بیشینه سالانه نشان می‌دهد که ایستگاه‌های ناحیه شمال استان دارای روند افزایشی و ایستگاه‌های جنوب استان دارای روند کاهشی هستند. اما شیب خط روند در دو ناحیه متفاوت است. مقدار میانگین شیب افزایشی برابر ۰/۰۳ و شیب کاهشی برابر ۰/۰۵- است. برای دماهای کمینه سالانه شیب روند در کل استان افزایشی است و نشان می‌دهد که دماهای کمینه در حال افزایش می‌باشند. مقدار شیب برای دماهای کمینه سالانه در ناحیه جنوب دو برابر نواحی مرکزی و شمالی استان است. شیب خط روند دمای بیشینه سالانه با استفاده از رگرسیون امکانی فازی در این تحقیق همخوانی و هماهنگی بسیار زیادی با نتایج روش آماری-گرافیکی من-کندال مورد استفاده در تحقیق علیجانی و همکاران (در نوبت چاپ) دارد. میانگین حسابی شیب هر چهار سری زمانی دماهای بیشینه و کمینه سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز همسو با نتایج تحقیقات مسعودیان (۱۳۸۳)، علیجانی و همکاران (در نوبت چاپ) و پانل بین‌الدول تغییر اقلیم (۲۰۰۱) می‌باشد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که تغییرپذیری دماهای کمینه سالانه در استان تقریباً هفت برابر دماهای سالانه بیشینه است.

مراجع

۱. بیدختی، ع. ا. رنجبر، ع. و سعادت آبادی، ع. (۱۳۸۲)، "مطالعه اثر اقلیمی جزیره گرمائی تهران"، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.
۲. شیر غلامی، ه. و قهرمان، ب. (۱۳۸۴)، "بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول، بهار، ۲۳-۹.
۳. طاوسی، ت. محمودی، پ. و سرگلزایی مقدم، ف. (۱۳۸۹)، "مقایسه گسترش مکانی اقلیم‌های خشک و نیمه خشک در ایران طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۶"، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۱، ۹۴-۱۰۵.



5th
Regional Conference on Climate Change
▶ 25-26 January 2016 / Olympic Hotel, Tehran

پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم
قلمرو

تهران، هتل المپیک
۵-۶ بهمن‌ماه ۱۳۹۴

گرمایش جهانی، خشکسالی و طوفان‌های گرد و خاک: تهدیدی برای منطقه

۴. عزیزی، ق. و روشنی، م. (۱۳۸۷)، "مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من - کندال"، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، تابستان، ۱۳-۲۸.
۵. علیجانی، ب. محمودی، پ. و پناهی، ع. (۱۳۹۰)، "مطالعه جابجایی هسته‌های زمانی و مکانی دماهای کمینه در غرب و شمال غرب ایران"، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۱، شماره ۱، ۵۳-۶۸.
۶. علیجانی، ب. نجار سلیقه، م. محمودی، پ. و ریگی چاهی، ا. ب. (در زیر چاپ)، "بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی.
۷. عزیزاده، ا. و کمالی، غ. (۱۳۸۱)، "اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال هفدهم، شماره پیاپی ۶۶-۶۵، تابستان و پائیز، ۱۸۹-۲۰۱.
۸. کوره پزان دزفولی، ا. (۱۳۸۴)، "اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدلسازی مسایل مهندسی آب"، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.
۹. مسعودیان، س. ا. (۱۳۸۳)، "بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته" فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲ (پیاپی ۳)، بهار و تابستان، ۱۰۶-۸۹.
10. Domroes, M. and El-Tantawi, A. (2005), "**Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt**," International Journal of Climatology, Volume 25, Issue 1, January, pp 51-63.
11. Easterling, D. R. Horton, H. Jones, P. D. Peterson, T. C. Karl, T. R. Parker, D. E. Saliger, M. J. Razuvayev, V. Plummer, N. Jamason, P. and Folland, C. K. (1997), "**Maximum and minimum temperature trends for the globe**," Science 277, pp 364-366.
12. IPCC, (2001), "**In Climatic Change 2001: the Scientific Basis**," Cambridge, United Kingdom University Press.
13. Kumar, P. V. Bindi, M. Crisci, A. and Maracchi, G. (2005), "**Detection of variations in air temperature at different time scales the period 1889-1998 at Firenze, Italy**," Climatic change, Volume 72, Numbers 1-2 / September, pp 123-150.
14. Scheifinger, H. Menzel, A. Koch, E. and Peter, C. (2003), "**Trends of spring time frost events and phenological dates in central Europe**," Theoretical and Applied Climatology, Volume 74, pp 41-51.
15. Seleshi, Y. and Zanke, U. (2004), "**Recent changes in rainfall and rainy days in Ethiopia**," International Journal of Climatology, Volume 24, Issue 8, June, pp 973-983.
16. Tanaka, H. Uejima, S. and Asai, K. (1982), "**Linear regression analysis with fuzzy model**," IEEE Transactions on Systems Man, Cybern, Vol. SMC-12, No. 6, pp 903-907.
17. Walter, G. R. Post, E. Convey, P. Menzel, A. Parmesan, C. Beebe, T. J. Formentin, J. M. Hoegh-Guldberg, O. and Bairlein, F. (2002), "**Ecological responses to recent climate change**," Nature 416, pp 389-395.