

نقش ناهنجاری‌های دمایی کره زمین در تغییرپذیری دماهای حداقل ایران

یوسف قویدل رحیمی^۱
منوچهر فرج‌زاده اصل^۲
مهدی عالی جهان^۳

چکیده

امروزه اثرات گرمایش جهانی بر روی جنبه‌های مختلف کره زمین بر کسی پوشیده نیست. به دلیل اهمیت این موضوع، پژوهش پیش رو جهت آشکارسازی تأثیر گرمایش جهانی بر روی دماهای حداقل، به صورت ماهانه و دوره‌ای (سرد و گرم) انجام گرفته است. برای انجام این پژوهش از دو دسته داده، داده‌های دمای ۱۷ ایستگاه سینوپتیک کشور و مقادیر متناظر آن، داده‌های ناهنجاری‌های دمایی کره زمین طی بازه زمانی ۶۰ ساله (۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰)، میلادی استفاده گردید. جهت نیل به اهداف پژوهش از روش‌های همبستگی پیرسون، رگرسیون خطی و پلی‌نومیال، مدل زمین آمار و آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده به غیر از ایستگاه‌های خرم‌آباد و ارومیه که رابطه همبستگی معکوس با گرمایش جهانی داشته و ایستگاه‌های همدان و کرمان که هیچ‌گونه رابطه معناداری با گرمایش جهانی نشان نمی‌دهند؛ در سایر ایستگاه‌ها تأثیرپذیری مثبت از گرمایش جهانی دیده می‌شود. بررسی روند تغییرات دمای حداقل حاکی از تغییرات معنادار اغلب ماه‌ها دارد. نتایج حاصل از بررسی دوره‌ای (سرد و گرم)، دمای حداقل بیانگر تأثیر بیش‌تر ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بر روی دمای حداقل دوره گرم سال است. در هر دو دوره تغییر روند صورت گرفته براساس نتایج حاصله به وضوح معنی‌دار هستند.

واژگان کلیدی: آشکارسازی، گرمایش جهانی، دما، من-کندال، ایران.

Email: ghavidel@modares.ac.ir

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳- کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

مقدمه

زمین سیاره‌ای است که دائماً در حال تغییر است. امروزه همه جا شما از تغییرات آب و هوای زمین می‌شنوید و شواهد قوی وجود دارد که آب و هوای زمین در حال گرم شدن است و بسیاری از دانشمندان انسان را عامل گرم شدن کره زمین می‌دانند (تومیچک^۴، ۲۰۱۲: ۷). دما یکی از عناصر مهم در تعیین نقش و پراکندگی سایر عناصر اقلیمی و نیز از شاخص‌های مهم در طبقه‌بندی آب و هوا به شمار می‌رود (حاتمی، ۱۳۹۲: ۳). میانگین جهانی دمای کره زمین به مقدار ۰/۷ درجه سانتی‌گراد در طول قرن گذشته افزایش پیدا کرده است. عمده افزایش دمای جهانی را می‌توان به اثرات گازهای گلخانه‌ای نسبت داد (واتس^۵، ۲۰۰۷: iv). گرمایش جهانی و ارتباط معنی‌دار تغییرات دما و بارش نقاط مختلف دنیا با افزایش دمای کره زمین، به‌عنوان مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم در قرن حاضر قابل توجه هستند. توجه افکار عمومی و مجامع علمی به این مساله و تمرکز گازهای گلخانه‌ای در چند سال گذشته باعث شده است که نوعی همکاری جهانی در بررسی این معضل جهانی به‌وجود آید چرا که به تحقیق معلوم گردیده است که بسیاری از مخاطرات اقلیمی، از جمله: سیل، طوفان، خشکسالی و نظایر آن‌ها جملگی ریشه در نوسان‌های اقلیمی، خصوصاً تشدید ناهنجاری‌های دمایی کره زمین دارند (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹: ۶۵).

با توجه به تحقیقات صورت گرفته و پیشینه مطالعاتی، در راستای اثرات شاخص ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بر روی دما علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷)، این مهم را مورد توجه قرار داده و پژوهشی در این راستا انجام داده‌اند. اما تحقیقات مشابهی در همین راستا که منوط به تحلیل سری زمانی داده‌های دما به‌وسیله روش‌های آماری می‌باشد به انجام رسیده که از جمله آن‌ها می‌توان

4- Tomecek

5- Watts

تحقیقات تورکش^۶ و همکارانش (۲۰۰۲)، گادگیل و دورد^۷ (۲۰۰۵)، بین دومی^۸ (۲۰۰۵)، چائوچه^۹ و همکاران (۲۰۱۰) و یانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۲) را ذکر نمود. از مطالعات انجام گرفته در ایران نیز می‌توان به تحقیقاتی مثل تحقیق محمدی و تقوی (۱۳۸۴)، علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، زاهدی و همکاران (۱۳۸۶)، خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷)، عزیزی و روشنی (۱۳۸۷)، رحیمزاده و همکاران (۱۳۸۸)، ورشایان و همکاران (۱۳۹۰) و خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۰)، اشاره کرد.

هدف از انجام پژوهش مورد نظر آشکارسازی تأثیر گرمایش جهانی بر روی دماهای حداقل ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام پژوهش حاضر از دو دسته داده، داده‌های دمای حداقل، و مقادیر متناظر آن داده‌های مربوط به ناهنجاری‌های دمایی کره زمین طی بازه زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۰ میلادی استفاده شده است. از بین ایستگاه‌های سینوپتیک کشور ۱۷ تا ایستگاه که دارای داده‌های بلندمدت (۶۰ ساله)، بودند جهت بررسی تأثیر پدیده گرمایش جهانی بر روی دماهای حداقل ایران انتخاب شدند. لازم به ذکر است داده‌های مربوط به ایستگاه‌ها از سازمان هواشناسی کشور و داده‌های مربوط به گرمایش جهانی که به‌وسیله ایستگاه‌های هواشناسی موجود در سطح جهانی از سال ۱۸۶۰ به بعد مورد ثبت قرار گرفته از وب‌سایت مرکز پیش‌بینی‌های اقلیمی ناسا به نشانی www.cdc.noa.gov اخذ گردیده و مورد استفاده قرار گرفته است. شکل (۱) پراکنندگی مکانی ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح کشور را نشان می‌دهد.

6- Turke

7- Gadgil & Dhorde

8- Bani-Domi

9- Chaouche

10- Yang



شکل (۱) پراکندگی مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور

در پژوهش حاضر جهت آشکارسازی تأثیر گرمایش جهانی بر روی دماهای کشور طی بازه زمانی مورد مطالعه از روش‌های مختلفی همچون: آزمون همگنی جهت کنترل کیفی داده‌ها، مشخص کردن پارامترهای آماری داده‌ها مانند ضرایب پراکندگی و پارامترهای مربوط به گرایش به مرکز داده‌ها، آزمون همبستگی پیرسون جهت تبیین ارتباط بین دماهای حداقل ایستگاه‌ها با گرمایش جهانی، ضریب تعیین جهت بررسی میزان اثرگذاری گرمایش جهانی بر روی دماهای حداقل مطالعه شده، نمرات Z استاندارد جهت مقایسه بین دو مقدار، پهنه‌بندی به‌وسیله انواع روش‌های زمین آمار جهت نشان دادن توزیع مکانی ضرایب همبستگی در سطح کشور و آزمون من کندال جهت بررسی معنی‌دار بودن و نبودن تغییرات سری زمانی داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها و بحث

در جدول (۱) ضرایب همبستگی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی با گرمایش جهانی از ماه ژانویه تا ژوئن درج شده است.

جدول (۱) ضرایب همبستگی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه با گرمایش جهانی

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
آبادان	۰/۲۱۳	۰/۳۵۵**	۰/۳۱۱**	۰/۴۰۱**	۰/۴۱۹**	۰/۵۰۵**
اهواز	۰/۳۹**	۰/۴۶۵**	۰/۴۰۹**	۰/۳۷۹**	۰/۶۵۵**	۰/۶۸۵**
انزلی	۰/۲۴۵	۰/۴۴۹**	۰/۴۳۴**	۰/۴۰۳**	۰/۳۶۴**	۰/۴۷۱**
بابلسر	۰/۴۴۱**	۰/۵۹۷**	۰/۴۵۶**	۰/۳۶۱**	۰/۳۷۴**	۰/۴۵۴**
بوشهر	۰/۳۲۶*	۰/۴۵۴**	۰/۳۳۵**	۰/۴۷۷**	۰/۶۲۹**	۰/۵۴۰**
اصفهان	۰/۰۹۷	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۲۹۴*	۰/۲۶۷*	۰/۲۲۹
همدان	-۰/۱۹۶	۰/۱۹۷	-۰/۱۰۲	-۰/۰۵۴	-۰/۰۵۶	۰/۰۴۴
کرمان	-۰/۳۶	۰/۱۷۷	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۷	۰/۱۲۱	-۰/۱۶
کرمانشاه	۰/۱۱۲	۰/۲۹۷*	۰/۱۱۲	۰/۱۸۲	-۰/۰۲۶	۰/۵۲۷**
خرم‌آباد	-۰/۲۰۸	-۰/۰۴۸	-۰/۱۶۹	-۰/۲۱۳	*-۰/۳۰۹	-۰/۲۵۱
مشهد	۰/۴۰۲**	۰/۳۶۸**	۰/۲۱۱	۰/۳۴۱**	۰/۲۸۰*	۰/۴۶۵**
ارومیه	۰/۰۵۳	۰/۳۱۸*	۰/۰۸۸	-۰/۱۲۸	-۰/۲۵۲	-۰/۱۴۴
شاهرود	۰/۳۳۷**	۰/۴۱۰**	۰/۲۸۹*	۰/۲۸۹*	۰/۳۵۸**	۰/۴۰۲**
شیراز	۰/۱۲۵	۰/۲۹۱*	۰/۲۸۵*	۰/۴۳۲**	۰/۴۶۵**	۰/۵۲۴**
تبریز	۰/۲۶۷*	۰/۳۹۳**	۰/۲۴۱	۰/۱۸۴	۰/۲۲۶	۰/۴۷۶**
تهران	۰/۳۹۳**	۰/۴۴۱**	۰/۳۷۷**	۰/۳۵۱**	۰/۳۷۴**	۰/۳۸۴**
زاهدان	۰/۱۴۴	۰/۲۵۲	۰/۰۶۲	۰/۱۷۲	۰/۲۹۹*	۰/۱۷۴

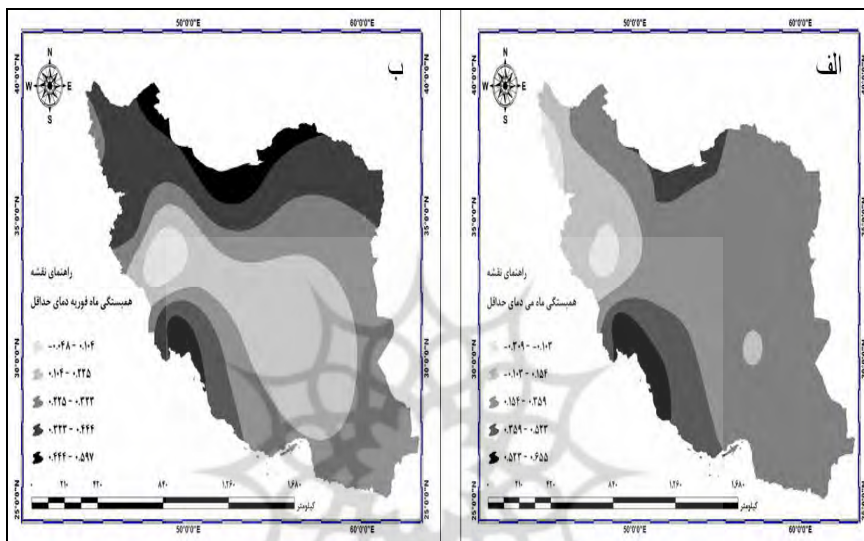
(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد)

تحلیل همبستگی بین حداقل‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه با پدیده گرمایش جهانی در ماه ژانویه نشان می‌دهد که فقط دمای حداقل ایستگاه‌های بابلسر با همبستگی ۰/۴۴۱ و ایستگاه تبریز با میزان ضریب همبستگی ۰/۲۶۷ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان همبستگی با گرمایش جهانی می‌باشند. در ماه فوریه بر میزان همبستگی ارتباط دماهای حداقل با گرمایش جهانی افزوده شده و بیش‌ترین همبستگی در این ماه متعلق به ایستگاه بابلسر به میزان ۰/۵۹۷ می‌باشد. کم‌ترین میزان همبستگی معناداری نیز با رقم ۰/۲۹۱ به ایستگاه شیراز تعلق دارد. در ماه مارس از بین ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه ۸

ایستگاه رابطه معناداری مثبت با تغییرات دمایی کره زمین دارند که بیش‌ترین ارتباط معناداری در این ماه مثل ماه‌های قبل متعلق به ایستگاه‌های کرانه خزری خصوصاً بابلسر با ضریب همبستگی $0/456$ است و شیراز با همبستگی $0/285$ حداقل همبستگی معنی‌دار را دارد.

در ماه آوریل نسبت به ماه مارس بر میزان ضرایب همبستگی‌ها افزوده شده و بیش‌ترین تأثیر ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بر دمای حداقل با ضریب همبستگی $0/477$ در ایستگاه بوشهر و کم‌ترین میزان با ضریب همبستگی $0/289$ در ایستگاه شاهرود مشاهده گردید. در ماه می که برابر با ماه اردیبهشت می‌باشد اولین پدیده‌ای که جلب توجه می‌کند تأثیرپذیری معکوس دمای حداقل خرم‌آباد از ناهنجاری‌های دمایی کره زمین است؛ که افزایش دمای کره زمین باعث افت دمای ماه می این ایستگاه شده است. به‌غیر از ایستگاه‌های همدان، کرمان، کرمانشاه، ارومیه و تبریز بقیه ایستگاه‌ها تحت تأثیر پدیده گرمایش جهانی قرار گرفته و ارتباط مثبت معناداری با تغییرات دمایی کره زمین نشان می‌دهند. در این بین ایستگاه اهواز با میزان همبستگی $0/655$ دارای بیش‌ترین تأثیرپذیری و در مقابل ایستگاه اصفهان با میزان همبستگی $0/267$ کمترین تأثیرپذیری و ارتباط معنادار را با گرمایش جهانی دارند. شکل (۲) پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی بین گرمایش جهانی با دمای حداقل ماه‌های می و فوریه ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح کشور را نشان می‌دهد. طبق شکل ذکر شده بیش‌ترین ارتباط معنادار در ماه می در جنوب غرب و در ماه فوریه در نواحی شمالی و جنوب‌غربی کشور مشاهده می‌شوند. در ماه ژوئن ایستگاه اهواز با میزان همبستگی $0/685$ دارای بیش‌ترین میزان ارتباط مستقیم و ایستگاه تهران با میزان همبستگی $0/384$ دارای کم‌ترین میزان تأثیرپذیری در بین ایستگاه‌های معنادار می‌باشند. در ماه ژوئیه ایستگاه اهواز همانند ماه قبل با ضریب همبستگی $0/688$ دارای بیش‌ترین میزان ارتباط و ایستگاه بابلسر با میزان همبستگی $0/339$ دارای کم‌ترین تأثیرپذیری از گرمایش جهانی می‌باشند. تحلیل همبستگی ارتباط دمای حداقل ایستگاه‌ها در ماه آگوست، تأثیرپذیری معکوس ایستگاه‌های خرم‌آباد و ارومیه را به‌ترتیب با میزان ضریب همبستگی $0/393$ - و $0/365$ - آشکار می‌سازد. ایستگاه اهواز با ضریب همبستگی برابر با $0/659$ دارای بیش‌ترین ارتباط

معنادر و ایستگاه زاهدان با میزان همبستگی $0/387$ دارای حداقل تأثیرپذیری را از گرمایش جهانی هستند.

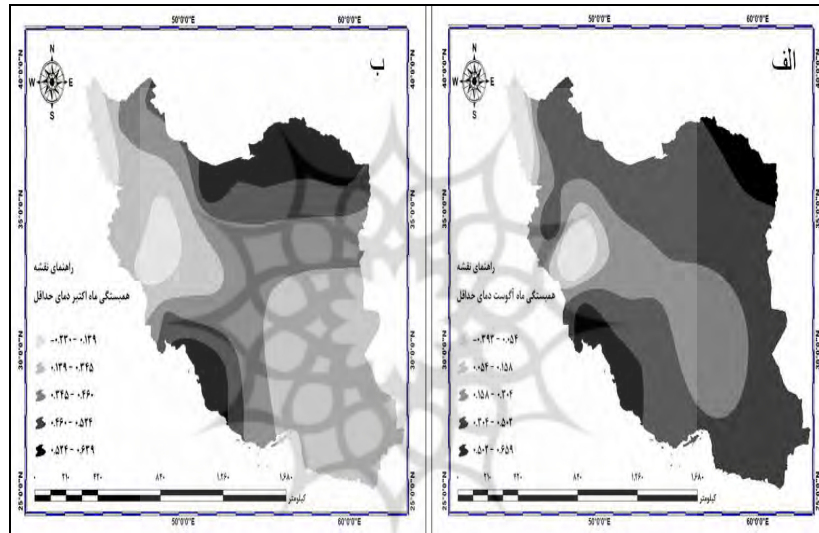


شکل (۲) پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی بین گرمایش جهانی با دمای حداقل الف: ماه می ب: ماه فوریه

در ماه سپتامبر ایستگاه خرم‌آباد با همبستگی $-0/266$ و ایستگاه ارومیه با میزان همبستگی $-0/40$ دارای همبستگی معکوس با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین هستند. در این ماه ایستگاه اهواز با ضریب همبستگی $0/626$ و در نقطه مقابل آن ایستگاه انزلی با ضریب همبستگی به ترتیب دارای حداکثر و حداقل رابطه معنادر با گرمایش جهانی هستند.

با وارد شدن به ماه اکتبر دماهای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی تأثیرپذیری بیشتری از ناهنجاری‌های دمایی کره زمین نشان می‌دهند. در ماه اکتبر از بین ایستگاه‌ها، بوشهر با میزان ضریب همبستگی $0/639$ دارای بیش‌ترین و اصفهان با میزان ضریب همبستگی $0/29$ دارای کم‌ترین میزان رابطه با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بوده هستند. شکل (۳) پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی بین گرمایش جهانی و دمای حداقل ماه‌های آگوست و

اکتبر ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح کشور را نشان می‌دهد. طبق شکل (۳) در ماه آگوست ضرایب همبستگی بالای ۰/۵ در بخش‌های شمال شرقی و جنوب غربی کشور مشاهده می‌شود و بخش‌های غربی و شمال غرب کشور دارای کم‌ترین میزان ارتباط معنادار هستند. در ماه اکتبر نیز شمال شرق کشور با نیمه غربی منطقه خزری همراه با جنوب غرب کشور دارای بیش‌ترین ارتباط معنادار با گرمایش جهانی می‌باشند.



شکل (۳) پراکندگی مکانی ضرایب همبستگی بین گرمایش جهانی با دمای حداقل الف: ماه آگوست ب: ماه اکتبر

در ماه نوامبر برخلاف مهر ماه از میزان همبستگی‌ها به مقدار قابل توجهی کاسته شده و به‌غیراز ایستگاه بابلسر در همه ایستگاه‌ها شاهد افت در میزان رابطه معناداری با تغییرات دمایی کره زمین هستیم. از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه فقط ۷ ایستگاه رابطه معنادار داشته و ایستگاه خرم‌آباد با میزان ضریب همبستگی $-0/368$ دارای رابطه همبستگی معکوس با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین است. ایستگاه بابلسر با ضریب همبستگی $0/527$ و ایستگاه شاهرود با ضریب همبستگی $0/268$ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین رابطه

معنادار را با گرمایش جهانی در بین ایستگاه‌های همبسته دارند. در ماه دسامبر نیز حداکثر تأثیرپذیری از ناهنجاری‌های دمایی کره زمین متعلق به ایستگاه ساحلی بابلسر با میزان ضریب همبستگی ۰/۴۹۹ و ایستگاه زاهدان با همبستگی ۰/۲۶۱ است.

جدول (۲) ضرایب همبستگی دمای حداقل ایران با گرمایش جهانی را از ژوئیه تا دسامبر نشان می‌دهد.

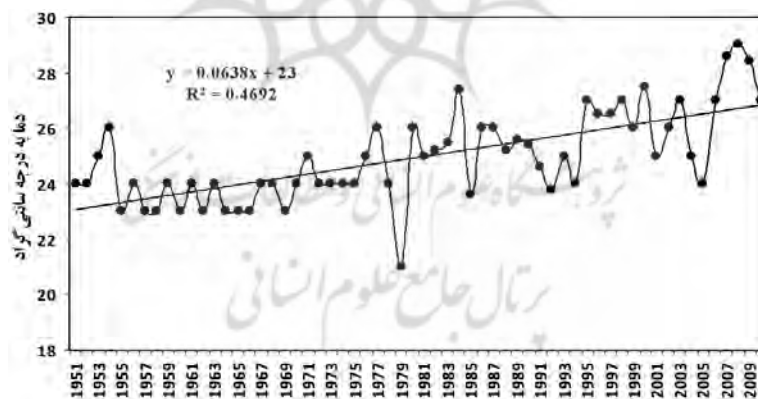
جدول (۲) ضرایب همبستگی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه با گرمایش جهانی

ایستگاه	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
آبادان	۰/۴۰۹**	۰/۴۶۳**	۰/۲۷۹*	۰/۴۱۸**	۰/۱۳۲	۰/۲۲۸
اهواز	۰/۶۸۶**	۰/۶۵۹**	۰/۶۲۶**	۰/۴۸۷**	۰/۳۳*	۰/۳۶۵**
انزلی	۰/۴۵۳**	۰/۴۶۸**	۰/۲۷۷*	۰/۴۵۰**	۰/۴۰**	۰/۲۹*
بابلسر	۰/۳۳۹**	۰/۴۲۳**	۰/۲۳۴	۰/۵۲۳**	۰/۵۲۷**	۰/۴۹۹**
بوشهر	۰/۷۰۵**	۰/۶۰۷**	۰/۶۰۳**	۰/۶۳۹**	۰/۴۷۰**	۰/۴۴۱**
اصفهان	۰/۲۳۶	۰/۱۹۷	۰/۱۳۵	۰/۲۹*	-۰/۰۲۹	۰/۱۳۲
همدان	۰/۰۷۷	۰/۱۴۶	۰/۰۳۹	۰/۰۶۵	۰/۰۶۱	-۰/۰۵۲
کرمان	۰/۱۹۳	۰/۱۴۶	۰/۱۳۱	۰/۱۹۴	۰/۶۷	۰/۱۵۳
کرمانشاه	۰/۴۶۶**	۰/۴۶۵**	۰/۴۸**	۰/۳۵**	۰/۱۸۱	۰/۱۱۴
خرم‌آباد	-۰/۲۰۳	** -۰/۳۹	* -۰/۲۶۶	-۰/۱۹	** -۰/۳۹	* -۰/۳۰۷
مشهد	۰/۵۵۱**	۰/۵۴۴**	۰/۵۰۵**	۰/۵۴۹**	۰/۴۵۲**	۰/۴۳۳**
ارومیه	-۰/۲۱۵	** -۰/۳۶	** -۰/۴۰	-۰/۲۳	-۰/۰۵۹	-۰/۱۲۱
شاهرود	۰/۲۳۸	۰/۴۴۲**	۰/۳۴۳**	۰/۵۵۱**	۰/۲۶۸*	۰/۲۲۳
شیراز	۰/۴۹۶**	۰/۵۰۳**	۰/۴۱۹**	۰/۵۱۷**	۰/۱۹۴	۰/۲۷۶*
تبریز	۰/۴۵۱**	۰/۴۳۸**	۰/۳۴۵**	۰/۴۴۳**	۰/۲۴۶	۰/۱۱۱
تهران	۰/۳۸۹**	۰/۴۵۸**	۰/۳۶۶**	۰/۵۹۲**	۰/۴۵۱**	۰/۳۸۳**
زاهدان	۰/۳۷۲**	۰/۳۸۷**	۰/۱۶۸	۰/۱۹۴	۰/۱۳۳	۰/۲۶۱*

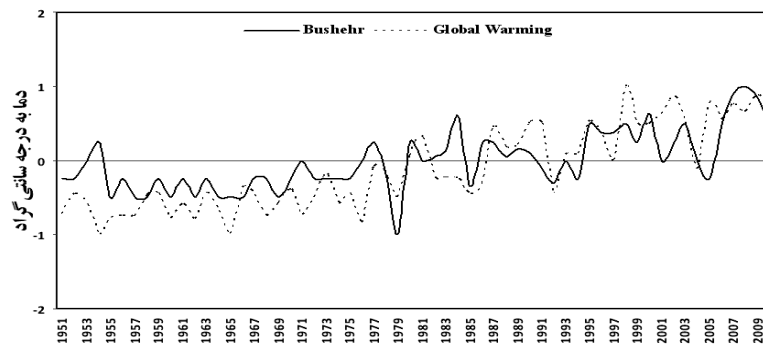
(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می باشد)

به دلیل محدودیت‌های موجود فقط به بررسی کم و کیف تغییرات سری زمانی دمای حداقل ایستگاه بوشهر در ماه ژوئیه که دارای همبستگی ۰/۷ با گرمایش جهانی است بسنده می‌شود.

روند سری زمانی دمای حداقل ژوئیه بوشهر نشان از افت و خیزهای پی در پی اما کم در کوتاه‌مدت دارد. دامنه نوسان دمایی رخ داده در این ایستگاه ۸ درجه سلسیوس می‌باشد. علی‌رغم نوسان ۸ درجه‌ای دما در کوتاه مدت از آن چنان دگرگونی بالا برخوردار نبوده و افت و خیزهای کم‌تری بر آن حاکم می‌باشد. در روند بلندمدت خطی سری زمانی دمای حداقل ژوئیه بوشهر، روند صعودی دیده می‌شود. این روند صعودی دما مخصوصاً از سال ۱۹۶۵ به بعد نمایان‌تر است (شکل ۴). مقایسه دمای ژوئیه گرمایش جهانی با بوشهر، ارتباط نزدیک بین این دو دما را روشن می‌سازد؛ به طور کلی از سال ۱۹۶۵ به بعد یک روند صعودی در هر دو دما به وقوع پیوسته، که در این بین افزایش و کاهش دمای کره زمین تأثیری مشابه بر روی دمای حداقل ژوئیه بوشهر داشته که در سری زمانی دمای آن به صورت آشکارا، مشخص می‌باشد (شکل ۵).

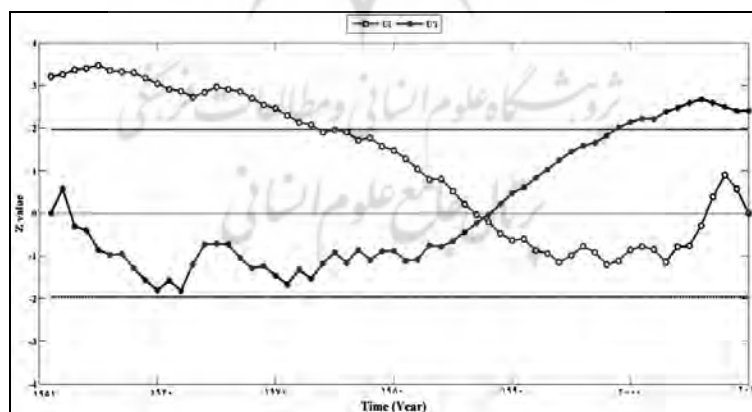


شکل (۴) نمودار سری زمانی ماه ژوئیه دمای حداقل ایستگاه بوشهر



شکل (۵) نمودار مقایسه‌ای ماه ژوئیه دمای حداقل ایستگاه بوشهر با گرمایش جهانی

بررسی معناداری روند تغییرات دمایی، دمای حداقل حاکی از تغییرات معنادار روند دمایی اغلب ماه‌ها دارد. به غیر از ماه‌های دوره سرد سال (دسامبر، ژانویه و فوریه)، در بقیه ماه‌ها روند تغییرات به صورت معنادار می‌باشد. در ماه‌های گرم بیش‌ترین تغییرپذیری دمایی در ایستگاه‌های جنوبی اهواز، آبادان، بوشهر و شیراز دیده می‌شود. شکل (۶) نمودار من کندال ماه ژوئن ایستگاه اهواز را نشان می‌دهد. براساس نتایج آزمون من کندال روند دمای حداقل اهواز، یک نقطه عطف دمایی در سال ۱۹۸۶ در سری دمایی این ایستگاه دیده می‌شود که تغییر ناگهانی دمای حداقل اهواز را به دنبال داشته است.



شکل (۶) نمودار من کندال ماه ژوئن دمای حداقل ایستگاه اهواز

دوره سرد

تحلیل رابطه همبستگی دوره سرمایی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی نمایانگر این است که ایستگاه‌های کرانه ساحلی شمالی کشور تأثیرپذیری بیش‌تری از ناهنجاری‌های دمایی کره زمین دارند. ایستگاه بابلسر با میزان ضریب همبستگی $0/435$ دارای بیش‌ترین ارتباط معنادار با گرمایش جهانی است. ایستگاه خرم‌آباد با میزان ضریب همبستگی $0/15$ - دارای همبستگی منفی با گرمایش جهانی است. در دوره سرد از بین ایستگاه‌های همبسته، ایستگاه کرمانشاه با میزان ضریب همبستگی $0/144$ دارای حداقل میزان همبستگی با تغییرات دمایی کره زمین است (جدول ۳).

دوره گرم

بررسی تحلیل همبستگی پیرسون دوره گرمایی دماهای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین نشان از وجود رابطه همبستگی معکوس ایستگاه‌های ارومیه و خرم‌آباد هر کدام با ضریب همبستگی به ترتیب برابر با $0/198$ - و $0/188$ - دارد. در دوره گرمایی حداکثر همبستگی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی با گرمایش جهانی را ایستگاه‌های جنوب‌غربی کشور دارند. به‌طوری که ایستگاه بوشهر با میزان ضریب همبستگی $0/465$ دارای حداکثر رابطه معنادار با گرمایش جهانی بوده و ایستگاه زاهدان با $0/146$ در نقطه مقابل آن دارای حداقل همبستگی می‌باشد (جدول ۳).

جدول (۳) ضرایب همبستگی دوره‌ای (سرد و گرم)، دمای حداقل ایستگاه‌های مورد مطالعه با گرمایش جهانی

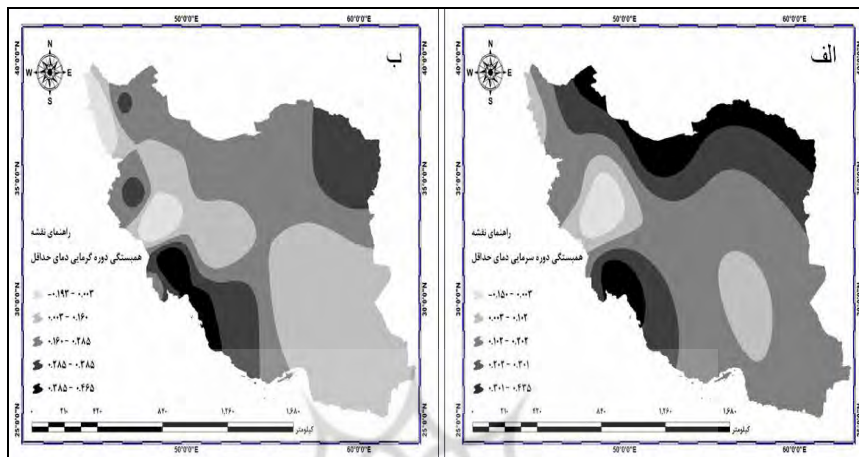
ایستگاه	دسامبر تا مارس (دوره سرد)	ژوئن تا سپتامبر (دوره گرم)
آبادان	$0/238^{**}$	$0/271^{**}$
اهواز	$0/346^{**}$	$0/46^{**}$
انزلی	$0/304^{**}$	$0/271^{**}$
بابلسر	$0/435^{**}$	$0/253^{**}$
بوشهر	$0/309^{**}$	$0/465^{**}$

ادامه جدول (۳)

ایستگاه	دسامبر تا مارس (دوره سرد)	ژوئن تا سپتامبر (دوره گرم)
اصفهان	۱۲۵/۰	۰۸۵/۰
همدان	۰۰۷/-۰	۰/۰۵
کرمان	۰/۰۸۶	۰/۰۵۷
کرمانشاه	*۱۴۴/۰	**۳۰۲/۰
خرم‌آباد	۱۵/۰*	۱۹۳/۰**
مشهد	**۳۱۱/۰	**۳۲۸/۰
ارومیه	۰/۰۷۲	۱۸۸/۰**
شاهرود	**۲۷۴/۰	**۲۵۹/۰
شیراز	**۲۲۳/۰	**۳۰۲/۰
تبریز	**۲۲۵/۰	**۲۹۰/۰
تهران	**۳۴۴/۰	**۲۵۹/۰
زاهدان	*۱۵۳/۰	*۱۴۶/۰

(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می باشد)

شکل (۷) پراکندگی مکانی میزان همبستگی دوره گرم و سرد دمای حداقل با گرمایش جهانی را نشان می‌دهد. در دوره سرد بیش‌ترین تأثیر گرمایش جهانی بر روی دمای حداقل در شمال کشور و ناحیه جنوب غربی مشاهده می‌شود. اما در دوره گرمایی بیش‌ترین اثر گرمایش جهانی بر روی دمای حداقل ایستگاه‌های جنوب غربی کشور بوده و افزایش دمای این مناطق را به‌دنبال داشته است. بررسی روند سری زمانی دمای حداقل ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره سرد و گرم اغلب حاکی از افزایشی بودن روند دمایی آن‌ها دارد. در دوره گرم ایستگاه‌های خرم‌آباد و ارومیه و در دوره سرد هم ایستگاه خرم‌آباد تأثیرپذیری معکوس از گرمایش داشته و روند نزولی را تحت تأثیر گرمایش جهانی طی کرده‌اند.

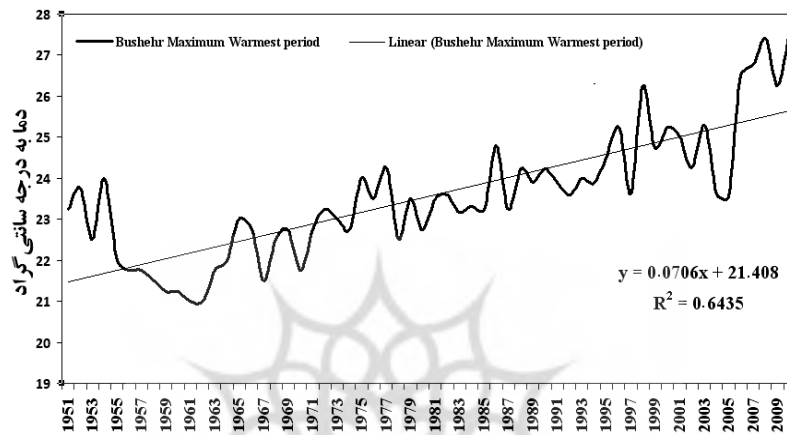


شکل (۷) پراکندگی مکانی میزان همبستگی الف: دوره سرد ب: دوره گرم دمای حداقل

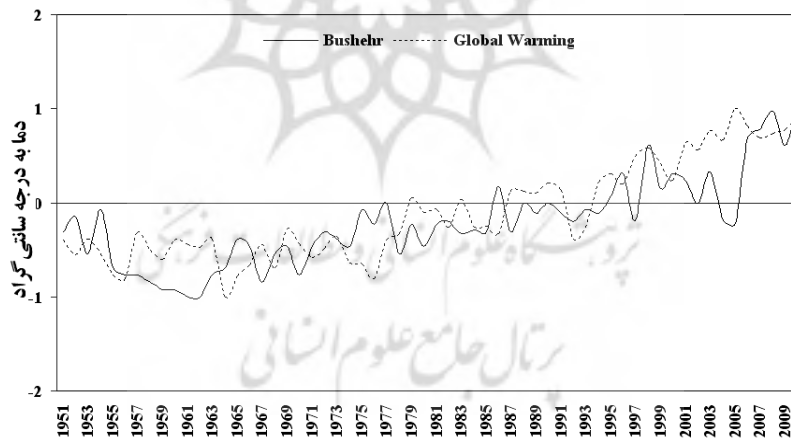
غیر از ایستگاه‌های همدان، کرمان و اصفهان در هر دو دوره و ایستگاه ارومیه در دوره سرد که همبستگی معناداری با گرمایش جهانی نشان نمی‌دهند بقیه ایستگاه‌ها روند افزایشی دما را تجربه کرده‌اند. نمودارهای ۸ و ۹ تغییرات سری زمانی دمای حداقل بوشهر و تغییرات دمای حداقل این ایستگاه در دوره گرم تحت تأثیر گرمایش جهانی را نشان می‌دهد.

سری زمانی دوره گرمایی دمای حداقل بوشهر از ابتدای دوره مطالعاتی تا سال ۱۹۶۲ روند نزولی را طی کرده است. اما از این سال به بعد تا پایان بازه زمانی مورد مطالعه یک روند صعودی رو به رشدی را تجربه کرده که روند خطی مذکور به خوبی در سری زمانی منعکس است (شکل ۸). بررسی مقایسه‌ای روند تغییرات گرمایش جهانی با دوره گرمایی دمای حداقل بوشهر نیز حکایت از ارتباط مثبت و همزمانی دارد. دمای جهانی نیز همانند دمای بوشهر در بلندمدت روند افزایشی داشته که نسبت به دمای بوشهر این افزایش بیش‌تر می‌باشد (شکل ۹). آزمون من کندال دوره گرمایی و سرمای دمای حداقل نشان از معنی‌داری روند تغییرات دما در هر دو دوره دارد. شکل (۱۰) نمودار من کندال ایستگاه بوشهر در دوره گرم را نشان می‌دهد. نمودار ذکر شده نشانگر نقطه عطفی در سال ۱۹۹۸

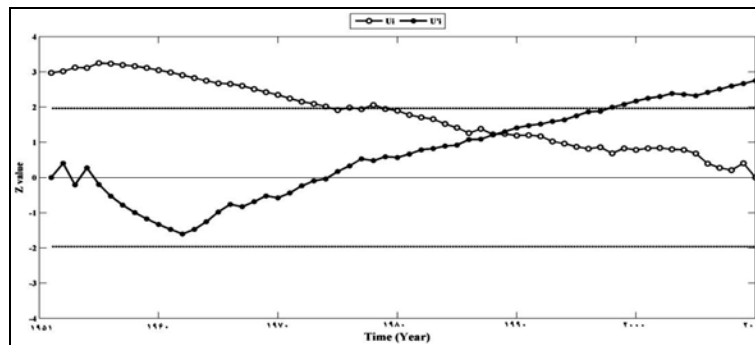
میلادی در سری زمانی دمای حداقل این ایستگاه بوده که تغییر ناگهانی دوره گرم دمای حداقل بوشهر را به دنبال داشته است.



شکل (۸) نمودار سری زمانی دوره گرم دمای حداقل ایستگاه بوشهر



شکل (۹) نمودار مقایسه‌ای دوره گرم دمای حداقل ایستگاه بوشهر با گرمایش جهانی



شکل (۱۰) نمودار من کندال دوره گرم دمای حداقل ایستگاه بوشهر

تغییر روند صورت گرفته معنی‌دار بوده و از سال ۱۹۶۲ به بعد روند سری دمایی از روندی مثبت و افزایشی برخوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحلیل‌های حاصل شده از آزمون روش‌های مختلف در این رابطه، به غیر از ایستگاه‌های خرم‌آباد و ارومیه که رابطه همبستگی معکوس با گرمایش جهانی داشته و ایستگاه‌های همدان و کرمان که هیچ‌گونه رابطه معنادار با گرمایش جهانی نشان نمی‌دهند؛ در بقیه ایستگاه‌ها تأثیرپذیری مثبت از گرمایش جهانی دیده می‌شود. روند دمایی این ایستگاه‌ها افزایشی بوده و بیش‌ترین افزایش آن از ماه آوریل تا اکتبر مشاهده می‌گردد. البته در ماه‌های سرد سال ایستگاه‌های کرانه خزری نسبت به سایر ایستگاه‌ها میزان تأثیرپذیری بیش‌تری از گرمایش جهانی داشته‌اند. بررسی روند تغییرات دمایی، دمای حداقل حاکی از تغییرات معنادار روند دمایی اغلب ماه‌ها دارد. در ماه‌های گرم بیش‌ترین تغییرپذیری دمایی در ایستگاه‌های جنوبی اهواز، آبادان، بوشهر و شیراز دیده می‌شود. نتایج حاصل‌شده از بررسی دوره‌ای (سرد و گرم)، دمای حداقل بیانگر تأثیر بیش‌تر ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بر روی دمای دوره گرم، دمای حداقل می‌باشد. دمای دوره‌ای ایستگاه‌های اصفهان، همدان و کرمان هیچ تأثیری از گرمایش جهانی نپذیرفته و ایستگاه خرم‌آباد در هر دو دوره

دارای ارتباط معکوس با گرمایش جهانی بوده که در دوره گرم شدیدتر می‌باشد و دوره گرم ایستگاه ارومیه نیز رابطه معکوس با گرمایش جهانی نشان می‌دهد. در دوره گرم ایستگاه‌های جنوبی بالاترین تأثیرپذیری و در دوره سرد هم ایستگاه‌های کرانه خیزی بالاترین رابطه معنادار را با آن داشته است. بررسی روند تغییرات دمایی دوره گرم و سرد نیز تأثیرگذاری بیش‌تر گرمایش جهانی بر روی دوره گرم را تصدیق می‌کند. البته در هر دو دوره تغییرات روند صورت گرفته براساس نتایج حاصل‌شده کاملاً معنی‌دار می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط پژوهشگران (محمدی و تقوی (۱۳۸۴)، علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، زاهدی و همکاران (۱۳۸۶)، خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷)، عزیزی و روشنی (۱۳۸۷)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۸)، ورشایان و همکاران (۱۳۹۰) و خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۰) کاملاً همسو می‌باشد. نتایج حاصل‌شده از کار پژوهشگران یاد شده حاکی از افزایشی بودن روند دماهای حدی مخصوصاً دمای حداقل اغلب ایستگاه‌ها بوده که در پژوهش صورت گرفته نیز به روشنی دیده شده و به اثبات رسیده است.

منابع

- حاتمی، داریوش (۱۳۹۲)، «تحلیل اثرات الگوی پیوند از دور دریای شمال-خزر (NCP) بر نوسانات دمایی ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- خوشحال دستجردی، جواد و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۷)، «کاربرد آزمون ناپارامتری من-کندال در برآورد تغییرات دمایی مطالعه موردی: اصفهان»، *فضای جغرافیایی* ۲۲، صص ۳۸-۲۱.
- خوشحال دستجردی، جواد و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۶)، «بررسی رابطه تغییرات بارش سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین و شبیه‌سازی عددی آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی»، *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۵۱-۲۹.
- خوش اخلاق، فرامرز؛ غریبی، ابراهیم و زلیخا شفیعی (۱۳۹۰)، «نگرشی بر تغییرات حداقل‌های مطلق دما در پهنه ایران زمین»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۲، شماره ۲، صص ۲۱۶-۱۹۹.
- رحیم‌زاده، فاطمه و دیگران (۱۳۸۸)، «روند نمایه‌های حدی اقلیمی دما در ایران طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱»، *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۴ (۲/پیاپی ۹۳)، صص ۱۴۴-۱۱۹.
- زاهدی، مجید؛ ساری‌صراف، بهروز و جاوید جامعی (۱۳۸۶) «تحلیل زمانی - مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰، صص ۱۹۸-۱۸۳.
- عزیزی، قاسم و محمود روشنی (۱۳۸۷)، «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۴، صص ۲۸-۱۳.
- علیجانی، بهلول و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، «مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با استفاده از روش رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی»، *جغرافیا و توسعه*، ۳ (پیاپی ۶)، صص ۳۸-۲۱.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹)، «آشکارسازی آماری اثر گرمایش جهانی بر ناهنجاری‌های بارش سالانه جلفا با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، سال ۲۱، شماره ۲، صص ۸۲-۶۵.

- محمدی، حسین و فرحناز تقوی (۱۳۸۴)، «رشد شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۳۵، صص ۱۵۱-۱۷۲.
- ورشایان، وحید؛ خلیلی، علی؛ قهرمان، نوذر و سهراب حجام (۱۳۹۰)، «بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران»، *فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۷، شماره ۱، صص ۱۷۹-۱۶۹.
- Bani-Domi. M. (2005), "Trend Analysis of Temperatures and Precipitation in Jordan", Umm Al-Qura University Journal of Educational, *Social Sciences & Humanities*, Vol. 17, PP 15-36.
- Bartholy, J.; Pongrácz, R. (2007), "Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001", *Global and Planetary Change*, Vol. 57, PP 83-95.
- Chaouche, K.; Neppel, L.; Dieulin, C.; Pujol, N.; Ladouche, B. Martin, E.; Salas, D.; Caballero, Y. (2010), "Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change", *Surface Geosciences* (Hydrology-hydrogeology), Vol: 342. PP 234-243.
- Gadgil, A. Dhorde, A. (2005), "Temperature trends in twentieth century at Pune, India", *Atmospheric Environment*, Vol. 39, PP 6550-6556.
- Tomecek, S. (2012), "Global Warming and Climate Change", New York: Chelsea House Press.
- Turke, M. Sumer, U.M. Demr, S. (2002), "Re-evaluation of trend and in Mean, Maximum and Minimum temperature of Turkey for period 1929-1999", *International Journal of Climatology*, Vol. 22, PP 947-977.
- Watts, R.G., (2007), "*Global Warming and the Future of the Earth*", Colorado: Morgan & Claypool Press.
- Yang, X.L. Xu, L.R. Liu, K. Li, C.H. Hu, J. Xia, X.H. (2012), "Trend in temperature and Precipitation in the Zhangweinan River Basin during the last 53 Years", *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 13, PP 1966-1974.