آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب ایران با توجه به تغییرات دما

فرشته قیامی شمامی[1]، صفر معروفی[2*]، علی‌اکبر سبزی‌پرور[3]، حمید زارع ابیانه[4]، مجید حیدری[5]

منبع استخراج مقاله: پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۲۶ تاریخ پذیرش:۹۰/۲/۱۲

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تغییر اقلیم در ناحیه غربی ایران، بر مبنی ارزیابی تغییرات دما صورت گرفته است. در همین رابطه آمار ۴۶ ساله (۲۰۰۶-۱۹۶۱) تعداد ۱۷ ایستگاه سینوپتیک منطقه غرب کشور بررسی گردیده و تغییرات معنی‌دار دماهای بیشینه، کمینه، متوسط و همچنین دامنه شبانه‌روزی دما (DTR، که بیانگر اختلاف مقادیر دماهای بیشینه و کمینه می‌باشد)، در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. بدین منظور، ابتدا دوره مطالعاتی در سه بازه زمانی ۴۶، ۳۰ و ۱۶ ساله تقسیم شده و با توجه به میزان تغییرات دما، دوره نرمال اقلیمی برای کلیه ایستگاه‌ها استخراج گردید. سپس مقادیر میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون‌های من - ویتنی و t دو نمونه‌ای مورد مقایسه قرار گرفت و اختلاف‌های معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص شدند. در این رابطه، بیشترین و کمترین تفاوت میانگین دوره‌ها، به ترتیب به دماهای کمینه و بیشینه اختصاص یافت. همچنین روند داده‌ها در بازه زمانی ۱۶ ساله اخیر نیز مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس نتایج آن، دماهای متوسط، بیشینه و کمینه دارای روندی افزایشی بوده، در حالی‌که در داده‌های DTR تغییرات کاهشی مشاهده شد. از نظر منطقه‌ای، این نتایج بیانگر آن است که بارزترین تغییرات متعلق به اقلیم نیمه خشک (ایستگاه‌های سقز، شهرکرد، کرمانشاه و تبریز) بوده است. از نظر فصلی نیز، زمستان شدیدترین تغییرات را در منطقه در بر داشته است. میزان موارد اختلاف بین بازه زمانی ۱۶ ساله و بازه‌های ۳۰ (دوره نرمال) و ۴۶ ساله، به ترتیب معادل ۸۵ و ۶۰ درصد می‌باشد. در بازه ۱۶ ساله اخیر، بیشترین و کمترین روند معنی‌دار ایستگاه‌ها، به ترتیب در فصول تابستان و پاییز مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: آزمون تغییر اقلیم، روند دما، غرب ایران، مقایسه میانگین‌ها، ناپارامتری.

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

[2] دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا. مکاتبه‌کننده Email: smarofi@yahoo.com

[3] دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

[4] استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

[5] استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل در ساختار کره‌زمین اقلیم می‌باشد که کلیه مظاهر طبیعی از آن متأثر می‌شوند. اقلیم، متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه است و تنها برای شرایط متوسط به‌کار نمی‌رود، بلکه سایر متغیرها نظیر حداقل‌ها و حداکثرها را نیز شامل می‌شود. تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره زمانی معین نیز تغییر اقلیم نامیده می‌شود (ماندر[۱]، ۱۹۹۴).

آشکارسازی از نظر آماری، فرآیندی است برای نمایان ساختن تغییرات معنی‌داری که نتوان آن‌ها را به تغییرات طبیعی مربوط دانست (IPCC[۲]، 2001). تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به‌شمار می‌آید.

مدل‌های اتمسفری ارائه شده توسط هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) پیش‌بینی نموده‌اند که چهره سیاره ما به‌طور بی‌سابقه‌ای تحت تأثیر تغییر اقلیم واقع خواهد شد (تول[۳]، ۱۹۹۴، ۹۴). دما از محسوس‌ترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگی با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث یک سلسله واکنش‌های زنجیره‌ای زیست محیطی دامنه‌دار می‌شود (زابل‌عباسی و همکاران، ۱۳۸۶، ۲).

تقریباً می‌توان گفت که تمامی فرضیه‌های مرتبط با تغییر اقلیم، یکی از مهم‌ترین بحث‌های خود را در رابطه با مقدار یا پراکنش گرما و سرمای جو زمین قرار داده‌اند (براتیان، ۱۳۷۷، ۴۹). هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (۲۰۰۷) میزان افزایش دما در طی ۱۰۰ سال (۲۰۰۵-۱۹۰۶) را به‌طور متوسط ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد اعلام کرد.

سانتر[۴] و همکاران (۱۹۹۶، ۴۴) پنج عامل غلظت گازهای گلخانه‌ای، میزان ازن در استراتوسفر، افشانه‌ها در تراپوسفر، افشانه‌ها در استراتوسفر و فعالیت‌های خورشیدی (لکه‌های خورشیدی) را در تغییرات درجه حرارت‌های مشاهده شده در قرن اخیر و دهه‌های پیش مؤثر دانستند. اما بسیاری از محققین و مؤسسات تحقیقاتی بر سهم بیشتر گازهای گلخانه‌ای در تغییرات اقلیمی دما تاکید دارند (فولاند[۵]، ۱۹۹۲، ۱۰۱). تحقیقات انجام شده نشان داده‌اند که از سال ۱۹۷۵ تاکنون افزایشی در حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در دمای متوسط کره‌زمین به‌وجود آمده است (گری[۶]، ۲۰۰۱، ۶). بر همین اساس، پیش‌بینی می‌شود که افزایش دما در عرض‌های جغرافیایی میانی و بالای کره زمین در مقایسه با نواحی حاره‌ای دو برابر باشد (علیزاده، ۱۳۸۶، ۲۸۹).

جونز[۷] (۱۹۹۸، ۵۴۵) میزان افزایش دما را در اروپای غربی ۰/۵، آمریکا ۰/۴۱، روسیه ۱/۲۳ درجه سانتی‌گراد و در شرق سیبری تا ۱/۳ درجه سانتی‌گراد گزارش داد. هس[۸] (۱۹۹۸، ۱۰۱) نشان داد که در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ در منطقه خشک شمال‌غربی نیجریه متوسط ماهیانه دماهای بیشینه و کمینه روزانه به میزان ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. اما دمای همه نقاط جهان رو به افزایش نبوده و حتی سهم شب و روز از افزایش دما برابر نبوده است. نتایج بررسی‌ها در نقاط مختلف جهان، در مدت زمان کمتر از چهار دهه نشان داد که به‌طور متوسط شب‌ها ۰/۸۴ درجه سانتی‌گراد گرمتر و در مقابل روزها فقط ۰/۲۸درجه گرمتر شده‌اند (ناسا[۹]، ۱۹۹۳، ۵۵۰).

دل ریو و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تغییرات دمایی اسپانیا در دوره ۲۰۰۶-۱۹۶۱ از روش‌های رگرسیون خطی و من کندال برای روند سالیانه ۰/۱ تا ۰/۲درجه سانتی‌گراد افزایش در هر دهه مشاهده نمودند. در مقیاس فصلی نیز بهار و تابستان روند صعودی دما را در برداشتند. بررسی تغییرات دما در جزایر اسکاتلند طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ نشان‌دهنده کمترین تغییرات افزایشی در سواحل شمالی و بیشترین تغییرات در سواحل شرقی و در پاییز بود. این تغییرات به تغییر گردش جو، انبساط یخ دریا و فرایندهای اقیانوسی مرتبط است (استستنا، ۲۰۱۰، ۲۰).

مقایسه تغییرات دمایی در دو اقلیم مختلف، چین و لیبی طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۵ نشان‌دهنده تغییرات منفی در سال‌های ۱۹۷۸-۱۹۵۵ و در مقابل روند افزایشی در ۲۰۰۵-۱۹۷۹ است. در مقیاس فصلی در لیبی بیشترین افزایش در فصل تابستان رخ داده است. این در حالی است که در آسیای مرکزی روندهای مثبت در زمستان به وقوع پیوسته است (مامتیمین و همکاران، ۲۰۱۱، ۱۱۰۹).

۱- Mander
۲- IPCC: Intergovernmental Panel On Climate Change
۳- Tol
۴- Santer
۵- Folland
۶- Gray
۷- Jones
۸- Hess
۹- NASA- National Aeronautic Space of Amirican

بررسی تغییرات پارامترهای هواشناسی از قبیل مقایسه میانگین‌ها در دوره‌های مختلف زمانی، در تحلیل مناسب تغییرات اقلیمی مؤثر واقع خواهند شد. برای مقایسه میانگین‌ها در هر سری زمانی نیاز به تعریف یک دوره نرمال[۱] می‌باشد. دوره نرمال را می‌توان به عنوان دوره مرجعی در نظر گرفت که تغییرات آینده مدل‌سازی شده در اقلیم، نسبت به آن بررسی می‌شود.

در مطالعاتی که تا کنون انجام شده است، محدوده‌های ۱۹۳۱-۱۹۶۰، ۱۹۵۱-۱۹۸۰ و ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به‌عنوان دوره‌های نرمال توسط اقلیم شناسان جهان انتخاب شده اند. جمع‌بندی مطالعات قبلی نشان‌دهنده آن است که در بین اقلیم‌شناسان یک توافق قطعی در خصوص دوره نرمال وجود ندارد. برخی از این دانشمندان (لیمونز[۲] و سولومون[۳]، ۱۹۹۳) بازه ۱۹۳۱-۱۹۶۰ را به‌دلیل اثر کمتر آئروسل‌های سولفاته بر روی نواحی اروپا و شرق آمریکا و در نتیجه احتمال کمتر وجود روندهایی در داده‌های اقلیمی، یک دوره نرمال می‌داند.

در مقابل جمع کثیری از محققین (جونز، ۱۹۹۸، کیتل[۴]، ۱۹۹۵ و هولم[۵]، ۱۹۹۹) بازه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ را به‌دلیل کیفیت بهتر داده‌ها، همپوشانی بسیار زیاد آن‌ها و همچنین سازگاری با دوره‌های دیگر که در برگیرنده تغییرات اخیر اقلیمی می‌باشد را از جمله دلایلی برای انتخاب آن به عنوان دوره نرمال می‌دانند (IPCC، 2001).

تغییرات پارامترهای اقلیمی در اقلیم‌های مختلف مشکلات جزئی تا مصائب بسیار بزرگ را از سطح خرد تا کلان به همراه داشته است. بنا به اهمیت دما در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی- اجتماعی، مطالعه تغییرات دمایی در دوره‌های بلندمدت از مطالب مورد توجه محافل علمی است. در همین راستا و با توجه به اهمیت موضوع، در تحقیق حاضر، آشکارسازی تغییرات احتمالی اقلیمی فصلی و سالانه هوا در غرب کشور (با توجه به تغییرات دماهای متوسط، بیشینه، کمینه و DTR) نسبت به دوره نرمال، مورد بررسی قرار گرفت.

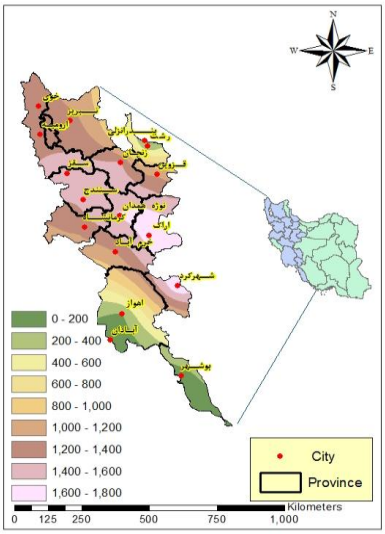
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد نظر با مساحتی در حدود ۳۵۱۲۹۱ کیلومترمربع، در حدفاصل جغرافیایی ′۵۹ °۲۸ تا ′۳۳ °۳۸ عرض شمالی و ′۵۸ °۴۴ تا ′۵۰ °۵۰ طول شرقی از نصف-النهار گرینویچ قرارگرفته است. این محدوده شامل ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در نیمه غربی ایران است که دارای دوره مشترک آماری ۴۶ ساله (۲۰۰۶-۱۹۶۱) می‌باشند. در شکل(۱) موقعیت و پراکنش ایستگاه‌ها نشان‌داده شده است.

همچنین، جدول(۱) مختصات جغرافیایی و ویژگی‌های هواشناختی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول نوع اقلیم ایستگاه‌ها با استفاده از روش یونسکو[۶] (غفاری و همکاران، ۱۳۸۴) مشخص شده است. با توجه به این اقلیم‌نما، به ترتیب ۳، ۱۲ و ۲ ایستگاه در اقلیم‌های خشک، نیمه خشک و خیلی مرطوب قرار دارند.

متوسط دمای سالانه ایستگاه‌های نیمه غربی کشور ۱۵/۳۷ درجه سانتی‌گراد بوده و سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲ به ترتیب با ۱۳/۶۸ و ۱۴/۰۲ درجه سانتی‌گراد و سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ به ترتیب با ۱۶/۵ و ۱۶/۵۶ درجه سانتی‌گراد، سردترین و گرم‌ترین سال‌های منطقه غرب در طی دوره مورد بررسی می‌باشند. همچنین، گرم‌ترین و خنک‌ترین ایستگاه‌های منطقه، آبادان و زنجان به ترتیب با متوسط دمای ۲۵/۵ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشند.



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نیمه غربی ایران

۱- Base Line
۲- Leemans
۳- Solomon
۴- Kittel
۵- Hulme
۶- UNESCO

جدول(۱): مشخصات جغرافیایی، اقلیم و مشخصات آماری ایستگاه‌های نیمه غربی ایران در دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۶۱

ایستگاه		مشخصات جغرافیایی			اقلیم	میانگین دما (سانتی‌گراد)
ردیف	نام	طول	عرض	ارتفاع از سطح دریا (متر)		
۱	آبادان	۴۸°۱۵′	۳۰°۲۲′	۶/۶	خشک	۲۵/۳
۲	اراک	۴۹°۴۶′	۳۴°۰۶′	۱۷۰۸	نیمه خشک	۱۳/۹
۳	ارومیه	۴۵°۰۵′	۳۷°۳۲′	۱۳۱۵/۹	نیمه خشک	۱۱/۳
۴	اهواز	۴۸°۴۰′	۳۱°۲۰′	۲۲/۵	خشک	۲۵/۳
۵	بندانزلی	۴۹°۲۸′	۳۷°۲۸′	-۲۶/۲	خیلی مرطوب	۶/۳
۶	بوشهر	۵۰°۴۹′	۲۸°۵۴′	۱۹/۶	خشک	۲۴/۶
۷	تبریز	۴۶°۱۷′	۳۸°۰۵′	۱۳۶۱	نیمه خشک	۱۲/۶
۸	خرم‌آباد	۴۸°۱۷′	۳۳°۲۶′	۱۱۴۷/۸	نیمه خشک	۱۷/۰۹
۹	خوی	۴۴°۵۸′	۳۸°۳۳′	۱۱۰۳	نیمه خشک	۱۱/۹
۱۰	رشت	۴۹°۳۶′	۳۷°۱۵′	-۶/۶	خیلی مرطوب	۱۶
۱۱	زنجان	۴۸°۲۹′	۳۶°۴۱′	۱۶۶۳	نیمه خشک	۱۱
۱۲	سقز	۴۶°۱۶′	۳۶°۱۵′	۱۵۲۲/۸	نیمه خشک	۱۱/۱
۱۳	سنندج	۴۷°۰۰′	۳۵°۲۰′	۱۳۷۳/۴	نیمه خشک	۱۳/۵
۱۴	شهرکرد	۵۰°۵۱′	۳۲°۱۷′	۲۰۴۸/۹	نیمه خشک	۱۱/۸
۱۵	قزوین	۵۰°۰۳′	۳۶°۱۵′	۱۳۱۸/۶	نیمه خشک	۱۴/۰۳
۱۶	کرمانشاه	۴۷°۰۹′	۳۴°۲۱′	۱۳۷۲/۹	نیمه خشک	۱۴/۴
۱۷	همدان	۴۸°۴۳′	۳۵°۱۲′	۱۶۷۹/۷	نیمه خشک	۱۰/۹۷

داده‌های مورد استفاده

چهار مشخصه دمایی مورد استفاده در این تحقیق مشتمل بر دماهای متوسط، بیشینه، کمینه و DTR می‌باشد که برای دوره مشترک آماری ۴۶ ساله (۲۰۰۶-۱۹۶۱) در ۱۷ ایستگاه (جدول ۱)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این خصوص، از نرم افزارهای مختلف آماری از قبیل SPSS، Minitab، Maksens (Templete اکسل[1]) استفاده شد.

قبل از آنالیز داده، آزمون‌های همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست[2] از طریق نرم‌افزار Minitab صورت گرفت و ایستگاه‌های غیر همگن از مطالعات حذف شدند. همچنین، برای تکمیل داده‌های مفقوده (۲ درصد سال-های آماری ایستگاه‌های آبادان، بوشهر، ارومیه) اقدام به بازسازی داده‌ها با استفاده از روش نسبت‌ها شد. این روش یکی از روش‌های غیر گرافیکی برای بازسازی داده‌ها در علوم هواشناسی و هیدرولوژی محسوب می‌شود. داده‌های ایستگاهی که ناقص است (در دوره آماری مشترک دارای جا افتادگی و یا عدم ثبت داده هستند) به کمک ایستگاه دارای آمار کامل در طی دوره آماری مورد نظر بوده، همچنین، دارای شباهت‌های اقلیمی یا هیدرولوژیکی باشند، بازسازی و تکمیل می‌شود (علیزاده، ۱۳۷۴).

تعیین دوره نرمال و آشکارسازی تغییرات دما

برای دستیابی به تصویر واضح از تغییرات دما، به منظور تعیین دوره نرمال اقلیمی در منطقه و همچنین چگونگی تغییرات میانگین دمایی در سال‌های اخیر نسبت به دوره نرمال و کل دوره آماری، دوره مطالعاتی به سه بازه زمانی ۴۶ (۲۰۰۶-۱۹۶۱)، ۳۰ (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و ۱۶ ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۱) تفکیک شد. علت این تفکیک، آن است که با توجه به مطالعات انجام شده، اغلب محققین اتفاق نظر دارند که دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۱۹۶۱)، یک دوره نرمال می‌باشد. با این پیش‌فرض، در این تحقیق صحت نرمال بودن این دوره ۳۰ ساله، از طریق آزمون فرض مورد بررسی قرار گرفت.

با شناسائی دوره زمانی نرمال که دارای تغییرات جزئی در عوامل تبین‌کننده اقلیم می‌باشد، در صورت وجود هر گونه

[1]- Excel
[2]- Run-Test

تفاوت معنی‌دار بین میانگین هر دوره با دوره نرمال اقلیمی، تغییر در دما و نتیجتاً در اقلیم، اثبات خواهد شد (IPCC، 2001; یان و همکاران، ۲۰۰۷). ضمناً برای بازه ۱۶ ساله که مربوطه به چند ساله اخیر می‌باشد، وجود روند و یا عدم آن در چهار گروه داده‌ها، مورد بررسی قرار گرفت و در تفسیر نتایج استفاده شد.

قبل از انجام محاسبات مربوطه، شرط نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. به‌این منظور، از آزمون کولموگروف- اسمیرونوف برای چهار مشخصه مورد نظر استفاده شد. همچنین، بررسی روند، با توجه به دو آزمون غیر پارامتری من-کندال[۱] و تخمین‌گر سن[۲] از طریق Templete اکسل[۳] (Maksens) که توسط سالمی[۴] و همکاران (۲۰۰۲، ۷) ارائه شد، صورت گرفت. برای مقایسه میانگین‌های دوره‌های مذکور نیز از آزمون‌های من-ویتنی[۵] و t دو نمونه‌ای استفاده شد. لازم به ذکر است که کلیه آزمون‌های آماری در محیط نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

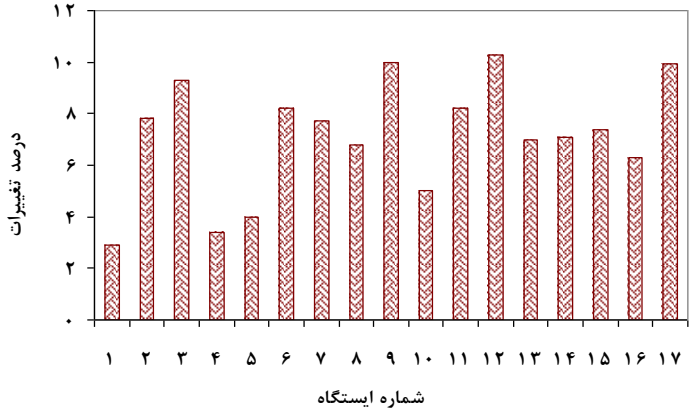
توصیف پراکندگی دمای منطقه

شکل(۲)، پراکنش دمای منطقه را توصیف می‌کند. با توجه به این شکل، بیشترین و کمترین درصد تغییرات به ترتیب مربوط به شهرهای سقز (۱۰/۳) و آبادان (۲/۹) می‌باشد، در حالی‌که متوسط ضریب تغییرات منطقه ۷/۴ درصد برآورد شد که قابل توجه می‌باشد.

معمولاً ضریب تغییرات کم معرف پایداری، نظم و ثبات ورداییی (تغییرپذیری) افت و خیزهای اقلیمی بوده که بیانگر قابلیت اعتماد بیشتر است. در حالی‌که ضریب تغییرات بالا معرف ناپایداری و عدم اعتماد می‌باشد. میزان ضریب همبستگی (r) بین مقادیر ضریب تغییرات و ارتفاع معادل ۰/۶۸ (در سطح ۹۹ درصد) بود که نشان‌دهنده تغییرات دمایی بیشتر در نواحی مرتفع نسبت به نواحی پست می‌باشد.

استخراج دوره نرمال در هر ایستگاه

با اعمال آزمون فرض شرط غیر نرمال بودن بازه ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۱۹۶۱)، در بیش از ۵۰ درصد ایستگاه‌ها رد شد (ρ= ۰/۰۵). در این خصوص ابتدا، نسبت مقادیر میانگین دو بازه زمانی ۳۰ و ۴۶ ساله برای داده‌های مورد نظر، محاسبه شد. سپس، مقادیر روند معنی‌دار بازه ۳۰ ساله (برای هر چهار مشخصه دمایی و در دو مقیاس زمانی سالانه و فصلی) در تمامی ایستگاه‌ها با استفاده از دو آزمون من-کندال و تخمین‌گر سن استخراج و در نهایت ایستگاه‌هایی که این بازه در آن‌ها فاقد روند بوده و همچنین با بازه بلندمدت (۴۶ ساله) اختلاف معنی‌داری نداشت، به‌عنوان دوره نرمال شناخته شد. به عنوان مثال در خصوص DTR جداول (۲) و (۳) مراحل محاسباتی فوق را نشال می‌دهند.



شکل(۲): میزان ضریب تغییرات دمای متوسط سالانه در ایستگاه‌های نیمه غربی کشور

۲- Mann-Kendall
۳- Sen's Estimator
۴- Excel
۵- Salmi
۶- Mann Whitney

بر اساس نتایج جدول(۲)، DTR در بازه‌های ۳۰ و ۴۶ ساله در ایستگاه‌های بندرانزلی و اهواز اختلاف معنی‌دار داشت. نتایج جدول(۳) نیز نشان‌دهنده وجود روند در بازه ۳۰ ساله در ایستگاه‌های اهواز، بندر انزلی، خرم‌آباد، رشت، زنجان، سقز، سنندج و کرمانشاه بود. بنابراین، در ایستگاه‌های مذکور، بازه ۳۰ ساله به‌عنوان دوره نرمال DTR پذیرفته نشد. برای سایر مشخصه‌ها نیز دو مرحله فوق انجام پذیرفت و دوره نرمال تعیین شد که نتایج آن در جدول(۴) ارائه شده است. مطابق با نتایج جدول(۴)، بازه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) در ایستگاه‌هایی که در ستون ۳ و۴ ارائه شده‌اند، به‌دلیل اختلاف معنی‌دار با بازه بلندمدت و وجود روند در بازه ۳۰ ساله مورد نظر، به‌عنوان دوره نرمال انتخاب نشد.

جدول (۲): نتایج آزمون t دو نمونه‌ای برای مقایسه میانگین DTR در بازه‌های ۴۶ساله[1] و نرمال (۳۰ ساله)

ایستگاه	P-value[2]				
	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالیانه
آبادان	۰/۱۷	۰/۹۵	۰/۵۷	۰/۲۸	۰/۳۸
اراک	۰/۶۹	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۹۳	۰/۴۳
ارومیه	۰/۷۶	۰/۸۴	۰/۵۶	۰/۹۱	۰/۸۹
اهواز	۰/۰۶	۰/۰۶	*۰/۰۲	۰/۰۹	*۰/۰۱
بندرانزلی	۰/۱۲	*۰/۰۱	*۰/۰۱	۰/۰۷	*۰/۰۱
بوشهر	۰/۳۸	۰/۷۷	۰/۳۳	۰/۲	۰/۳۴
تبریز	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۸۵	۰/۶۷
خرم‌آباد	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۷۵
خوی	۰/۸۳	۰/۴۵	۰/۷۵	۰/۴۷	۰/۴۵
رشت	۰/۸۱	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۳۱
زنجان	۰/۸۹	۰/۷۷	۰/۹۶	۰/۸۵	۰/۸
سقز	۰/۵۲	۰/۱۹	۰/۵۵	۰/۹۴	۰/۴
سنندج	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۷۵
شهرکرد	۰/۶۱	۰/۶	۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۹۳
قزوین	۰/۴۳	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۶۶	۰/۷۹
کرمانشاه	۰/۴۶	۰/۷۸	۰/۵۱	۰/۸۷	۰/۸۶
همدان	۰/۳۸	۰/۷۷	۰/۳۳	۰/۲	۰/۳۴

۱: ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۶

۲: سطح معنی داری ۹۵ درصد

جدول(۳): نتایج حاصله از آزمون من-کندال (Z) و تخمین‌گر سن (Q_{med})، DTR طی بازه نرمال

ایستگاه	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالیانه	
	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}[1]	Z[2]
آبادان	۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۰۵	+۱/۹۳	*۰/۰۶	*۲/۵	-۰/۰۴	-۱/۴۵	*۰/۰۳	+۱/۸۴
اراک	۰/۰۱	-۰/۶۸	*۰/۰۳	*۱/۹۶	-۰/۰۱	-۰/۴۵	-۰/۰۲	-۰/۵۷	۰	۰/۱۶
ارومیه	۰	-۱/۰۵	۰/۰۲	۰/۷۵	*۰/۰۳	+۱/۹۱	-۰/۰۱	-۰/۵۷	۰	۰/۱۴
اهواز	-۰/۰۴	-۱/۰۵	۰	۰	*-۰/۰۳	*-۲/۱۸	*-۰/۰۸	*-۲/۴۴	*-۰/۰۴	*-۲/۲۰
بندرانزلی	**-۰/۰۸	+-۱/۸	**-۰/۰۸	-۴/۰۵ ***	**-۰/۰۷	***-۳/۴۴	**-۰/۰۷	***-۳/۸	**-۰/۰۸	***-۴/۹۵
بوشهر	-۰/۰۲	**-۲/۶۸	۰/۰۲	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۵۵	-۰/۰۳	-۱/۴۸	۰	-۰/۰۷
تبریز	۰	-۱/۵	۰	-۰/۱۲	-۰/۰۱	-۱/۱۶	*-۰/۰۴	-۲/۲	-۰/۰۲	*-۲/۱۷
خرم‌آباد	۰/۰۴	-۱/۰۲	**۰/۱۱	**۲/۸۵	**۰/۰۹	*۲/۵۷	*۰/۰۸	*۲/۵۵	**۰/۱	***۳/۵۵
خوی	-۰/۰۲	+-۱/۷۳	-۰/۰۱	-۰/۳۹	*-۰/۰۷	*-۲	-۰/۰۴	-۱/۳۲	-۰/۰۳	-۱/۳۶
رشت	-۰/۰۵	۰/۰۵	*-۰/۰۶	*-۲/۳۹	*-۰/۰۶	**-۲/۶۱	**-۰/۰۸	**-۲/۸	**-۰/۰۶	**-۳/۲۷
زنجان	**-۰/۰۷	۰/۲۱	۰	-۰/۲	-۰/۰۲	-۱/۰۵	**-۰/۰۹	**-۲/۸۶	*-۰/۰۵	*-۲/۵۳
سقز	-۰/۰۴	+۱/۸۹	-۰/۰۳	-۰/۸۲	**-۰/۰۷	**-۲/۶۴	**-۰/۱۳	**-۲/۸۴	-۰/۰۷	*-۲/۰۴
سنندج	*۰/۰۶	۱/۴۴	**۰/۱۵	***۳/۷۸	**۰/۱۸	***۳/۵۷	۰/۰۷	+۱/۸۴	**۰/۱۱	***-۳/۳۶
شهرکرد	۰/۰۱	-۳/۵۳ ***	۰/۰۲	۱	۰	۰	-۰/۰۳	-۰/۸۹	۰	-۰/۱۸
قزوین	-۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۰۳	۱/۳	۰/۰۳	۱/۵	*-۰/۰۵	-۲/۲۵	-۰/۰۱	-۰/۶۱
کرمانشاه	-۰/۰۴	-۱/۲	-۰/۰۲	-۰/۵۷	-۰/۰۵**	-۳/۲۷**	*-۰/۰۹	-۲/۵۴**	*-۰/۰۴	*-۲/۴۵
همدان	-۰/۰۲	*۲/۰۷	۰/۰۲	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۵۵	-۰/۰۳	-۱/۴۸	۰	-۰/۰۷

۱: شیب خط روند در روش تخمین‌گر سن.

۲: مقادیر مثبت Z نشان دهنده روند افزایشی ومقادیر منفی روند کاهشی را بیان می‌کند. سطوح معنی‌داری: (***) (۰،۰۰۱)، (**) (۰/۰۰۱)، (*) (۰/۰۵)، (+) (۰/۱)، (سالمی و همکاران،۲۰۰۲).

جدول(۴): نتایج تعیین دوره نرمال برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

پارامتر دما	مقیاس زمانی	اختلاف میانگین بازه‌های[1] ۳۰و ۴۶ سال	وجود روند در بازه ۳۰ ساله[2]
متوسط	سالیانه	۱۶ و ۴	۳، ۴، ۶، ۸، ۱۴ و ۱۵
	زمستان	-	۱، ۶، ۸ و ۱۵
	بهار	-	۱، ۴، ۶ و ۸
	تابستان	۱۶ و ۱	۱، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۵-۱۳
	پاییز	-	۴، ۶، ۸ و ۱۵
بیشینه	سالیانه	-	۳، ۵، ۶، ۸، ۱۱، ۱۵ و ۱۷
	زمستان	-	-
	بهار	-	۱، ۴، ۵، ۶، ۱۲ و ۱۷
	تابستان	۱۶	۱، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۷
	پاییز	-	۳، ۵، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۵
کمینه	سالیانه	۱، ۴، ۵ و ۱۶	۸-۳، ۱۰ و ۱۷-۱۳
	زمستان		۱، ۸ و ۱۵
	بهار	۱۲ و ۴ و ۱	۱۷- ۱۵و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۸-۳
	تابستان	۱۷ و ۱۶ و ۶-۴ و ۱	۱۷ و ۱۶ و ۱۳ و ۱۰و ۸ و ۷و ۵-۳
	پاییز	۴	۱۷ و ۱۶ و ۱۰ و ۸ و ۶

۱: دوره۴۶ ساله: ۲۰۰۶-۱۹۶۱، دوره ۳۰ ساله: ۱۹۹۰-۱۹۶۱.

۲: توسط هر دو آزمون تعیین روند، روند اثبات شد.

میانگین مشخصه‌های دمایی در دوره‌های زمانی

۱-۳. بازه ۱۶ ساله اخیر و دوره نرمال (۳۰ ساله)

DTR: جدول(۵) درصد اختلاف بین مقادیر میانگین‌های DTR در ۱۶ سال اخیر و دوره نرمال، در سه اقلیم مورد مطالعه (خشک، نیمه خشک و مرطوب) و در دو مقیاس زمانی را ارائه می‌نماید. به‌دلیل نرمال نبودن توزیع سری-های مورد نظر، از آزمون من-ویتنی برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. ضمناً در تحلیل نتایج، از موارد معنی‌دار که در جدول مشخص شده‌اند، استفاده شد.

بر اساس نتایج جدول فوق، میانگین DTR در دو بازه ۱۶ و ۳۰ ساله در بین ایستگاه‌ها و در مقیاس‌های مختلف زمانی، در ۳۰ درصد موارد تفاوت معنی‌داری وجود داشت، که در اغلب موارد کاهشی بودند و بیشترین و کمترین مقادیر آن به ترتیب در فصول بهار (اقلیم مطوب) و پاییز (اقلیم خشک) استخراج شد.

درصد اختلاف بین میانگین‌های سایر مشخصه دمایی (متوسط، بیشینه و کمینه) در ۱۶ سال اخیر و دوره نرمال در سه اقلیم مورد مطالعه و در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه در جدول(۶) ارائه شده است که جمع بندی زیر به انجام رسیده است:

دمای متوسط: با توجه به جدول(۶)، در ۴۲ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، در هر دو مقیاس زمانی، دمای متوسط دارای تفاوت میانگین دو بازه ۱۶ ساله و نرمال بود. تفاوت‌ها در میانگین دمای متوسط، عموماً افزایشی بود که بیشترین مقدار آن در اقلیم نیمه خشک و فصل زمستان مشاهده شد.

دمای بیشینه: ۲۱ درصد تفاوت میانگین دو بازه ۱۶ ساله و نرمال معنی‌دار بود که بیشترین تغییرات در اقلیم نیمه-خشک مشاهده شد. این تغییرات دراغلب موارد افزایشی بود.

جدول(۵): مقایسه نتایج آزمون من-ویتنی برای DTR، در بازه های ۱۶ ساله و نرمال و درصد اختلاف بین میانگین آنها[1]

ایستگاه	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالیانه	
	ρ[2]	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد
آبادان	*۰/۰۰۳	-۹	۰/۵۲۶	۰	۰/۲	۲	*۰/۰۱۹	-۶	۰/۰۵۱	-۳
اراک	۰/۳۸۱	۲	۰/۰۶۲	-۳	*۰/۰۰۱	-۵	۰/۹۶۳	-۱	۰/۰۵۴	-۲
ارومیه	۰/۵۱۸	۲	۰/۷۵۵	-۱	۰/۱۴۲	-۲	۰/۸۱۷	۱	۰/۴۱۲	۰
اهواز	*۰	-۱۳	*۰	-۹	*۰	-۹	*۰/۰۰۱	-۱۳	*۰	-۱۱
بندرانزلی	*۰/۰۰۱	-۲۲	*۰	-۳۱	*۰	-۳۱	*۰	-۱۹	*۰	-۲۶
بوشهر	*۰/۰۳۲	-۶	۰/۱۶۲	۲	*۰/۰۲۸	-۷	*۰/۰۰۴	-۸	۰/۰۶۸	-۵
تبریز	۰/۳۳۲	۳	۰/۱۷	-۲	*۰/۰۱۱	-۲	۰/۷۴۷	-۱	۰/۵۲۴	-۱
خرم‌آباد	۰/۳۰۵	۳	۰/۳۵	۲	۰/۵۸۸	۱	۰/۹۷۲	۰	۰/۳۸	۱/۵
خوی	۰/۳۸۷	۳	۰/۱۷۴	-۴	*۰/۰۰۱	-۷	۰/۲۶۳	-۳	*۰/۰۴۳	-۴
رشت	۰/۶۵۳	-۳	*۰/۰۲۸	-۱۰	*۰/۰۰۴	-۱۱	۰/۱۰۶	-۱۱	*۰/۰۰۸	-۹
زنجان	۰/۷۵۵	-۱	۰/۵۸	-۱	۰/۸۴۴	۰	۰/۷۶۴	-۱	۰/۸۰۸	-۰/۹
سقز	۰/۲۰۴	۵	*۰/۰۰۶	۹	۰/۱۷۷	۲	۰/۹۰۸	۱	۰/۰۵۸	۴
سنندج	۰/۸	۱	۰/۶۷	۱	۰/۶۲۸	۱	۰/۱۷	۱	۰/۳۲۱	-۲
شهرکرد	۰/۴۳۳	۳	۰/۳۵۶	۲	۰/۴۱۹	-۱	۰/۷۳۸	-۱	۰/۸۷۲	۰/۳
قزوین	۰/۱۸۸	۶	۰/۹۱۷	۱	۰/۷۳۸	۰	۰/۲۷۳	-۲	۰/۶۶	۰/۷
کرمانشاه	۰/۱۹۶	۶	۰/۵۴۱	۱	۰/۱۲۸	-۲	۰/۵۴۱	-۱	۰/۵۸	۰/۶
همدان	*۰/۰۳۲	-۲	۰/۱۶۲	-۲	*۰/۰۲۸	-۵	*۰/۰۰۴	-۸	۰/۰۶۸	-۴

۱: سطح معنی‌داری ۵ درصد که با (*) مشخص شده است.

۲: ρ= P-value

جدول(۶): درصد اختلاف بین میانگین‌های بازه‌های ۱۶ ساله و نرمال[1]

اقلیم	مقیاس زمانی	پارامتر[2]			
		متوسط	DTR	بیشینه	کمینه
خشک	سالیانه	۵/۵	-۱۱	۲	۷
	زمستان	۵	-۱۴[2]	-	۵/۵
	بهار	۵/۵	-۹	۳	۳/۳
	تابستان	۵	-۸	۱/۷۵	۳
	پاییز	۴	-۱۳/۵	-	۵
نیمه خشک	سالیانه	۳/۵	-۴	۵	۳۰
	زمستان	۶۵	-۲	۲۵	-۴۳
	بهار	۰/۶	۹	۲	۱
	تابستان	۰/۶	-۹/۵	-۰/۲۵	۵
	پاییز	۱۲	-۸	-	-۲۰
مرطوب	سالیانه	۳	-۱۷/۵	-	۸
	زمستان	-	-۲۲	-	۲۶
	بهار	-	-۳۱	-۵	۶
	تابستان	۳	-۲۱	-۳	۶/۵
	پاییز	-	-۱۹	-	۱۰

بدلیل نرمال نبودن توزیع سری‌ها از آزمون من- ویتنی به منظور مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تنها موارد معنی‌دار منظور شده‌اند.

دمای کمینه: تفاوت میانگین دو بازه ۱۶ ساله و نرمال ۴۴ درصد بود و در اکثر موارد نشان‌دهنده افزایش میانگین دوره ۱۶ ساله اخیر نسبت به دوره نرمال بود. فصل زمستان و اقلیم نیمه‌خشک نیز بیشترین تفاوت میانگین دو دوره مذکور را به‌خود اختصاص داد.

در مجموع، از بین چهار پارامتر مورد بررسی دماهای کمینه و بیشینه به ترتیب دارای بیشتر و کمترین تغییرات بودند. همچنین، میانگین بازه ۱۶ ساله اخیر در ایستگاه‌های تبریز، سقز، شهرکرد و کرمانشاه نسبت به دوره نرمال برای دماهای بیشینه، کمینه و متوسط تفاوت معنی‌داری افزایشی و برای DTR، تفاوت معنی‌داری کاهشی داشت.

با توجه به جدول(۶)، بیشترین درصد ایستگاه‌هایی که میانگین دو بازه ۱۶ ساله و نرمال آنها اختلاف معنی‌داری داشته است، برای مقادیر دماهای متوسط، بیشینه، کمینه و DTR از نظر فصلی به ترتیب در بهار، زمستان، زمستان و تابستان مشاهده شد. در واقع تفاوت معنی‌دار بین بازه ۱۶ ساله (دوره کوتاه‌مدت اخیر) نسبت به دوره نرمال، وجود تغییر اقلیم را برای ایستگاه‌های ذکر شده تأیید می‌نماید.

بازه ۱۶ ساله اخیر و بازه بلندمدت

DTR: با توجه به جدول(۷)، در ۱۸ درصد از ایستگاه‌ها، اختلاف بین میانگین‌های DTR در دو بازه ۱۶ ساله و بلندمدت (در مقیاس‌های مختلف زمانی) معنی‌دار است. به‌طوری‌که DTR طی ۱۶ سال اخیر نسبت به بازه بلندمدت کاهش معنی‌داری یافته است که این کاهش در فصل زمستان برای هر سه اقلیم بیشترین میزان را دارا بود.

جدول(۷): مقایسه نتایج آزمون من-ویتنی DTR در بازه‌های ۱۶ ساله و بلندمدت و درصد اختلاف بین میانگین آن‌ها

ایستگاه	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالیانه	
	ρ	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد	ρ	درصد
آبادان	*۰/۰۳۹	-۶	۰/۶۵۸	۰	۰/۳۷۲	۱	۰/۱۰۲	-۴	۰/۱۷۳	-۲
اراک	۰/۰۵۴۱	۲	۰/۱۹۲	-۲	*۰/۰۲	-۴	۰/۹۷۴	۰	۰/۱۷۸	-۱
ارومیه	۰/۶۵	۱	۰/۸۳	-۱	۰/۳۱	-۱	۰/۸۷	۰	۰/۵۷	۰
اهواز	*۰/۰۰۹	-۹	*۰/۰۰۳	-۶	*	-۶	*۰/۰۱۵	-۹	*۰	-۷
بندرانزلی	*۰/۰۲	-۱۶	*۰	-۲۳	*۰	-۲۳	*۰/۰۰۵	-۱۳	*۰	-۱۳
بوشهر	۰/۱۳۴	-۴	۰/۳۲۹	۱	۰/۱۲۶	-۴	*۰/۰۴۴	-۵	۰/۲۰۳	-۳
تبریز	۰/۴۹۹	۲	۰/۳۳۸	-۱	۰/۰۷۸	-۲	۰/۸۲۲	-۱	۰/۶۷۴	-۰/۶
خرم‌آباد	۰/۴۷۴	۲	۰/۵۱۵	۱	۰/۷۰۵	۱	۰/۹۸۱	۰	۰/۵۴۶	۱
خوی	۰/۵۵	۲	۰/۳۴	-۳	*۰/۰۲	-۵	۰/۴۴	-۲	۰/۱۶	-۲
رشت	۰/۷۵۴	-۲	۰/۱۲۴	-۷	*۰/۰۴۶	-۸	۰/۲۶	-۷	۰/۰۶۵	-۶
زنجان	۰/۸۲۸	-۱	۰/۶۹۹	-۱	۰/۸۹۱	۰	۰/۸۳۴	-۱	۰/۸۶۶	-۰/۶
سقز	۰/۳۷۶	۳	۰/۰۵۷	۶	۰/۳۴۶	۱	۰/۹۳۶	۰	۰/۱۹۲	۳
سنندج	۰/۸۵۹	۱	۰/۷۶۶	۱	۰/۷۳۵	۱	۰/۳۳۸	۱	۰/۵۰۴	-۱
شهرکرد	۰/۵۸۴	۲	۰/۵۲	۱	۰/۵۷۳	-۱	۰/۸۱۵	-۱	۰/۹۱۷	۰/۲
قزوین	۰/۳۵۹	۴	۰/۹۴۲	۰	۰/۸۱۵	۰	۰/۴۴۴	-۲	۰/۷۵۹	۰/۴
کرمانشاه	۰/۳۶۷	۴	۰/۶۷	۱	۰/۲۸۸	-۱	۰/۶۷	-۱	۰/۷۰۵	۰/۴
همدان	۰/۸۲۸	-۱	۰/۴۶۴	-۲	۰/۰۸۵	-۳	۰/۱۱۹	-۶	۰/۰۷	-۳

میزان اختلاف بین میانگین‌های سایر مشخصه دمایی، بین ۱۶ سال اخیر و دوره بلندمدت، در سه اقلیم مورد مطالعه (خشک، نیمه خشک و مرطوب) و در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه در جدول(۸) ارائه شده است که ذیلاً به آنها اشاره شده است:

دمای متوسط: در ۲۴ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، در هر دو مقیاس زمانی تفاوت در میانگین دو بازه ۱۶ و ۴۶ ساله مشاهده شد. همچنین دمای متوسط دوره کوتاه‌مدت نسبت به دوره بلندمدت، عموماً افزایش معنی‌داری یافته است که بیشترین مقدار آن در اقلیم نیم‌خشک و فصل پاییز مشاهده شد.

دمای بیشینه: در ۹ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه، تفاوت میانگین دو بازه ۱۶ و ۴۶ ساله معنی‌دار بود که بیشترین تغییرات در فصل بهار مشاهده شد که در اغلب موارد افزایشی بود.

دمای کمینه: در ۴۳ درصد از ایستگاه‌های منطقه تفاوت میانگین دو بازه ۱۶ ساله و ۴۶ ساله معنی‌دار بود که بیشترین تغییرات در فصل تابستان مشاهده شد که در اغلب موارد افزایشی بود.

در مجموع از بین چهار پارامتر مورد بررسی، دماهای کمینه و بیشینه به ترتیب دارای بیشتر و کمترین تغییرات بودند. همچنین میانگین بازه ۱۶ ساله اخیر با ۴۶ ساله (بلندمدت) در ایستگاه‌های آبادان، اهواز، بندرانزلی، بوشهر، تبریز، سقز، کرمانشاه و همدان در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری (در سطح ۹۵ درصد) داشت. در این خصوص برای مقادیر دماهای متوسط، بیشینه و کمینه تفاوت‌ها افزایشی و در خصوص DTR، کاهشی بود. در مجموع برای چهار پارامتر مورد بررسی، میزان موارد اختلاف بین بازه ۱۶ با بازه‌های ۳۰ (دوره نرمال) و ۴۶ ساله به ترتیب معادل ۸۵ و ۶۰ درصد بود. در جدول(۹)، شماره ایستگاه‌هایی که میانگین دوره ۱۶ ساله اخیر با دوره‌های ۳۰ و ۴۶ ساله آنها دارای اختلاف معنی‌داری بود، ارائه شده است.

جدول(۸): درصد اختلاف بین میانگین‌های بازه‌های ۱۶ ساله و بلندمدت

اقلیم	مقیاس زمانی	پارامتر			
		متوسط	DTR	بیشینه	کمینه
خشک	سالیانه	۳/۵	-۷	-	۵
	زمستان	-	-۷/۵	-	۱
	بهار	۴	-۶	۲	۲/۵
	تابستان	۳/۵	-۶	۲	۲
	پاییز	۳	-۷	-	۳
نیمه خشک	سالیانه	۳	-	۳/۵	۶
	زمستان		-	-	-
	بهار	-۰/۵	-	۳	-۷/۵
	تابستان	۱	-۴/۵	-	۸
	پاییز	۸	-	--	-۱۴
مرطوب	سالیانه	-	-۱۳	-	۵
	زمستان	-	-۱۶	-	-
	بهار	-	-۲۳	-۴	۳/۵
	تابستان	-	-۱۵/۵	-	۴
	پاییز	-	-۱۳	-	۶

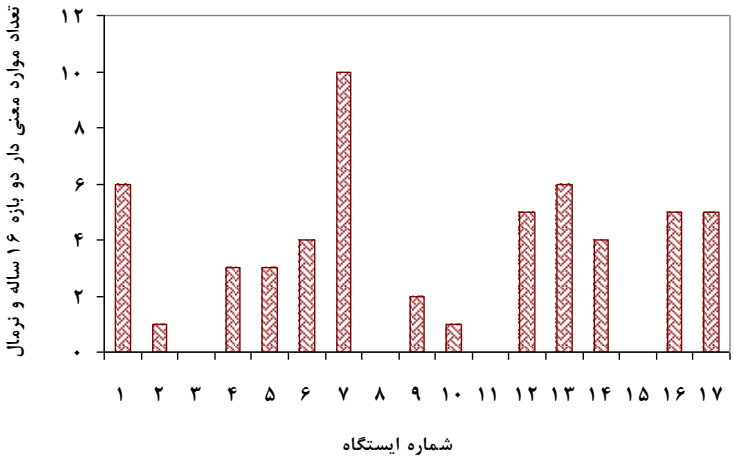
به منظور آشکارسازی تغییرات میانگین دو دوره کوتاه مدت و نرمال در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نتایج جداول (۵) و (۹) به تفکیک ایستگاه‌ها در شکل(۳) ارائه شده است. در این شکل، تعداد موارد تفاوت معنی‌دار دو دوره برای هر چهار پارامتر مورد مطالعه و هر دو مقیاس زمانی قابل مشاهده است. با توجه به این شکل، تبریز بیشترین تفاوت میانگین بازه ۱۶ ساله نسبت به دوره نرمال را تجربه نموده است و این به‌دلیل مقادیر تغییرات بزرگ دمایی و موقعیت خاص جغرافیایی این شهر می‌باشد. همچنین، تفاوت میانگین بازه‌های ۱۶ سال و نرمال در اقلیم نیمه خشک محسوس‌تر بوده است.

جدول(۹): شماره ایستگاه‌های دارای اختلاف معنی‌دار در میانگین بازه ۱۶ ساله نسبت به دوره‌های نرمال و بلندمدت[1]

پارامتر دما	مقیاس زمانی	بازه‌های ۱۶ و ۳۰ ساله[2]	بازه‌های ۱۶ و ۴۶ ساله
متوسط	سالیانه	۱، ۷، ۱۰، ۱۲ و ۱۷	۱، ۴، ۶، ۷، ۱۳ و ۱۶
	زمستان	۴، ۷، ۱۳ و ۱۶	-
	بهار	۷، ۱۲ تا ۱۴ و ۱۶	۱، ۴، ۶، ۱۲ و ۱۶
	تابستان	۷، ۱۲ و ۱۷	۱، ۴، ۶، ۷، ۱۲، ۱۶ و ۱۷
	پاییز	۱، ۷، ۱۳ و ۱۶	۴ و ۱۶
بیشینه	سالیانه	۱، ۷ و ۱۳	۷ و ۱۶
	زمستان	۷ و ۱۶	-
	بهار	-	۱، ۵ و ۱۶
	تابستان	۵ و ۱۴	۱، ۱۲ و ۱۶
	پاییز	۱۶	-
کمینه	سالیانه	-	۱، ۴ تا ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۷
	زمستان	۴ تا ۷، ۱۳، ۱۶ و ۱۷	۴
	بهار	۱۴	۱، ۴ تا ۷، ۱۲، ۱۴ و ۱۶
	تابستان	۱۲ و ۱۴	۱، ۵ تا ۷، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۷
	پاییز	۱، ۵، ۷ و ۱۳	۱، ۴ تا ۶، ۱۶ و ۱۷

۱: دوره۴۶ ساله: ۲۰۰۶-۱۹۶۱، دوره ۳۰ ساله: ۱۹۹۰-۱۹۶۱، دوره ۱۶ ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۰).

۲: فقط برای ایستگاه‌هایی که دوره ۳۰ ساله به عنوان دوره نرمال شناخته شد صورت گرفت.



شکل(۳): تعداد موارد معنی‌دار اختلاف دو بازه ۱۶ ساله و نرمال به تفکیک ایستگاه‌ها

بررسی روند مشخصه‌های دمایی طی بازه ۱۶ ساله

به منظور بررسی تغییرات چهار مشخصه دمایی در ۱۶ سال اخیر مقادیر روند هر یک از پارامترها طی دوره مذکور در دو مقیاس زمانی مورد مطالعه توسط دو آزمون من-کندال و تخمین‌گر سن استخراج شد و تصمیم‌گیری در مورد وجود روند در ایستگاه‌ها بر اساس نتایج این دو آزمون صورت گرفت.

DTR: مقادیر روند دوره ۱۶ ساله DTR (جدول۱۰) فقط در ایستگاه‌های ارومیه، اهواز و شهرکرد معنی‌دار افزایشی بود. نتایج حاصل از روند برای سایر مشخصه‌ها دمایی در جدول(۱۱) ارائه شده است که ذیلاً مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

جدول(۱۰): نتایج حاصله از آزمون من-کندال (Z) و تخمین‌گر سن (Q_{med}) DTR طی دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۹۱

ایستگاه	زمستان		بهار		تابستان		پاییز		سالیانه	
	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z	Q_{med}	Z
آبادان	۰/۰۶	۰/۶۳	*۰/۱	*۲/۹۸	*۰/۱	*۲/۰۷	۰/۰۲	۰/۲۷	**۰/۰۹	*۲/۴۴
اراک	۰/۰۸	۱/۱۷	۰/۰۸	۱/۲۲	۰/۰۳	۰/۵۹	-۰/۰۲	-۰/۵	۰/۰۳	۱/۱۸
ارومیه	**۰/۱۴	*۲/۷۵	*۰/۱	*۲/۳۹	*۰/۱۴	*۲/۴۳	۰/۱۱	*۲/۲۵	**۰/۱۲	***۳/۳۶
اهواز	۰/۱۲	+۱/۶۷	۰/۰۹	+۱/۹۴	۰/۰۴	۱/۴	۰/۰۶	۰/۳۲	**۰/۱	**۳/۰۸
بندرانزلی	۰/۰۶	۱/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۰۴	+۱/۸۵	۰/۰۵	۱/۴۹	**۰/۰۵	*۲/۱۸
بوشهر	-۰/۰۱	-۰/۳۲	-۰/۰۴	-۰/۹	-۰/۰۵	-۰/۹۹	-۰/۰۶	-۱/۵۴	-۰/۰۳	-۰/۶۳
تبریز	۰/۰۸	۱/۶۳	۰/۰۵	۱/۲۲	۰/۰۱	۰/۳۲	۰/۰۹	+۱/۸	*۰/۰۵	۲/۰۴
خرم‌آباد	۰/۰۳	۰/۸۱	۰/۰۱	۰/۲۳	-۰/۰۷	-۱/۱۳	-۰/۰۸	-۰/۸۶	-۰/۰۲	-۰/۶۳
خوی	۰/۰۴	۰/۴۵	۰/۰۵	۱/۲۲	۰/۰۱	۰/۲۷	-۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۴۱
رشت	۰/۱۱	۱/۱۳	-۰/۰۴	-۰/۶۸	۰/۰۱	۰/۵	۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۰۳	۱/۱۷
زنجان	۰/۰۸	۰/۷۷	۰/۰۶	۱/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۹۵	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۱/۳۱
سقز	۰/۰۴	۰/۶۸	*۰/۱۹	*۲/۱۶	۰	۰	۰/۰۲	۰/۴۱	۰/۰۴	۰/۹۵
سنندج	۰/۱۲	۱/۲۶	۰/۱۲	۱/۲۶	-۰/۰۲	-۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۰۶	۱/۶۳
شهرکرد	*۰/۲۴	*۲/۵۲	*۰/۱۵	*۲/۱۶	۰/۱۲	۱/۰۴	۰/۱۴	۱/۰۴	*۰/۱۴	*۲/۳۹
قزوین	۰/۰۹	۰/۹۵	۰/۰۸	۱/۴	-۰/۰۱	-۰/۲۷	-۰/۰۳	-۰/۲۷	۰/۰۳	۱/۱۸
کرمانشاه	۰/۰۷	۰/۶۸	۰/۱۳	۱/۴۹	۰/۰۴	۰/۷۷	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۴۵
همدان	-۰/۰۱	-۰/۳۲	-۰/۰۴	-۰/۹	-۰/۰۵	-۰/۹۹	-۰/۰۶	-۱/۵۴	-۰/۰۳	-۰/۶۳

جدول(۱۱): شماره ایستگاه‌های دارای روند بازه ۱۶ ساله به تفکیک مقیاس زمانی و مشخصه دمایی

پارامتر دما	مقیاس زمانی	وجود روند در بازه ۱۶ ساله اخیر
متوسط	سالیانه	۱ تا ۵، ۷ تا ۱۳ و ۱۵ تا ۱۷
	زمستان	۵، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۱
	بهار	۱ تا ۴، ۸ و ۱۱
	تابستان	۱، ۲، ۵، ۷ تا ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۷
	پاییز	۱۳ و ۱۷
بیشینه	سالیانه	۱ تا ۵، ۷ تا ۱۱، ۱۳ و ۱۵
	زمستان	۱، ۳ تا ۵، ۱۰، ۱۱ و ۱۳
	بهار	۱ تا ۴، ۷، ۹ و ۱۳
	تابستان	۱، ۳ تا ۵، ۷، ۹، ۱۱ تا ۱۳ و ۱۵
	پاییز	-
کمینه	سالیانه	۱، ۲، ۶ تا ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۷
	زمستان	۵، ۸، ۱۱ و ۱۵
	بهار	۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۱، ۱۳ و ۱۷
	تابستان	۲، ۷، ۹ و ۱۱
	پاییز	۲، ۶، ۸ و ۱۷

دمای متوسط: بیشترین و کمترین درصد ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار به ترتیب در مقیاس سالیانه (۹۰ درصد) و فصل پاییز (۱۱ درصد) مشاهده شد که در تمامی موارد افزایشی بود. برای این پارامتر در هر دو مقیاس زمانی اقلیم نیمه‌خشک، روندهای معنی‌دار بیشتری داشت.

دمای بیشینه: بیشترین و کمترین درصد ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار دمای بیشینه نیز مشابه دمای متوسط بود که در این مورد نیز تمامی موارد بیانگر روند افزایشی بود و اقلیم نیمه‌خشک روندهای معنی‌دار بیشتری داشت.

دمای کمینه: بیشترین ایستگاه‌های دارای روند دمای کمینه در مقیاس سالیانه مشاهده شد که در تمامی موارد معنی-دار افزایشی بود. اقلیم نیمه‌خشک در این مشخصه نیز بیشترین روند معنی‌دار را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج حاصل از مقایسه بازه‌ها با بازه نرمال، نشان دهنده افزایش میانگین دماهای متوسط، بیشینه و کمینه بازه ۱۶ ساله اخیر نسبت به دیگر بازه ها بوده است. همچنین DTR کاهش معنی‌دار (در سطح ۹۵درصد) در پهنه وسیعی از منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

از نظر اقلیمی، بیشترین اختلاف بین بازه ۱۶ ساله اخیر با دیگر بازه‌ها، در اقلیم نیمه خشک منطقه (ایستگاه‌های سقز، شهرکرد، کرمانشاه و تبریز) مشاهده شد که مشابه نتایج شیر غلامی و قهرمان (۱۳۸۴) می‌باشد. این تفاوت‌ها بسته به نوع پارامتر در فصول مختلف رخ داده است که به نوعی می‌تواند حساسیت هر یک از مشخصه‌ها را نسبت به فصول بازگو نماید. در مجموع فصل زمستان مقادیر تغییرات بزرگتری را نشان می‌دهد. بارزترین تغییرات در مقایسه میانگین‌ها به شهر تبریز اختصاص یافت.

دماهای کمینه و بیشینه به ترتیب بیشترین و کمترین تفاوت میانگین بازه ۱۶ ساله را نسبت به بازه نرمال و بلندمدت نشان دادند. که مشابه نتایج دومروس و ال-تنتاوی (۲۰۰۵) که در مصر انجام شده است، می‌باشد. میزان موارد اختلاف بین بازه ۱۶ و بازه‌های ۳۰ (دوره نرمال) و ۴۶ ساله به ترتیب معادل ۸۵ و ۶۰ درصد بوده در حالی که بیشترین شدت اختلاف‌ها، بین دو بازه ۱۶ و ۳۰ ساله مشاهده شد. از طرفی از اختلاف بین دو بازه ۱۶ ساله اخیر و نرمال بعنوان ابزاری جهت آشکارسازی تغییر اقلیم در منطقه استفاده شد.

با توجه به تحلیل روند بازه ۱۶ ساله، بیشترین و کمترین ایستگاه‌های دارای روند در هر چهار مشخصه دمایی مورد بررسی، به ترتیب در فصول تابستان و پاییز مشاهده شد.

در این رابطه روند دماهای بیشینه، کمینه و متوسط عموماً افزایشی بود. این در حالی است که DTR روند کاهشی را در بر داشته و دمای متوسط طی بازه ۱۶ سال اخیر تغییرات بیشتری داشته است. همچنین، اختلاف بین میانگین بازه ۱۶ ساله با بازه‌های نرمال و بلندمدت، با نتایج تحلیل روند بازه ۱۶ ساله در منطقه همخوانی دارد. به‌این صورت که اختلاف معنی‌دار مقادیر میانگین بازه‌ها در اکثر ایستگاه‌هایی که دارای روند نسبتاً شدید طی دوره ۱۶ سال اخیر بودند، مشاهده شد. از نظر اقلیمی، بیشترین روندهای معنی‌دار در اقلیم نیمه خشک مشاهده شد.

منابع

۱. براتیان، ع. و ف. رحیم‌زاده. ۱۳۷۷. پارامترهای موثر بر تغییر اقلیم. جله نیوار، شماره ۳۷، ص. ۴۷-۵۸.

۲. تهرانیان، م. و ا. بزرگ نیا. ۱۳۷۴. آمار کاربردی (همراه با برنامه‌های کامپیوتری). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۴۸.

۳. زابل عباسی، ف.، م. اثمری، و ش. ملبوسی. ۱۳۸۶. تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر مشهد. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ص. ۱۶-۱.

۴. شیرغلامی، ه. و ب. قهرمان. ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالیانه در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۹، شماره ۱، ص. ۹ تا ۲۳.

۵. علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوزی کاربردی. مؤسسه انتشارات آستان قدس رضوی. ۸۰۳ .

۶. غفاری، ع.، ا. دپائو، و و. قاسمی دهکردی. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی ایران با روش یونسکو، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. مرکز تحقیقات بین‌المللی کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) و موسسه تحقیقات خاک و آب.

۷. ملکیان، ل. و ت. برومندزاده. ۱۳۸۴. درآمدی بر روش‌های آماری. کاربرد آمار در پژوهش. تهران. دفتر پژوهش‌های فرهنگی. ۴۹.

8. Del Rio, S., L. Herrero, C. Pinto-Gomes and A. Penas. 2011. Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006. Glob. Planet. Change, 78(1-2):65-75.
9. Domroes, M. and A. El-Tantawi. 2005. Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt. Int. J. Climatol., 25:51-63.
10. Folland, C.K., T.R. Karl, J.R. Christy, R.A. Clarke, G.V. Gruza, J. Jouzel, M.E. Mann, J. Oerlemans, M.J. Salingerand S.W. Wang. 2001. Observed climate variability and change: in Climate Change. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 99-181.
11. Gray, V. 2001. The cause of global warming-Policy Series, Frontier center for public Policy.7. 6.
12. Hess, T.M. 1998. Trends in reference evapo-transpiration in north east arid zone of Nigeria 1981-1991. J. .Arid. Envir., 38:99-115.
13. Hulme, M., E.M. Barrow, N.W. Arnell, P.A. Harrison, T.C. Johns, and T.E. Downing, 1999: Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. Nature, 397: 688-691.
14. IPCC. 2007. Summary for policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambridge University Press. 5-11.
15. IPCC. 2001a. The Scientific Basis of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, 67-68.
16. IPCC. 2001b. Climate Change. Working Group I. The Scientific Basis. United Nations Environment Programme (UNIP) and World Meteorological Organization (WMO). 26.
17. Jones, P.D. 1998. It was the best of times, it was the worst of times. Science, 280(5363):544-545.
18. Kittel, T.G.F., N.A. Rosenbloom, T.H. Painter and D.S. Schimel. 1995. VEMAP modeling participants. The VEMAP integrated database for modeling United States ecosystem/vegetation sensitivity to climate change. J. Biogeogr., 22:57-862.

19. Leemans, R. and A.M. Solomon. 1993. Modeling the potential change in yield and distribution of the earth's crops under a warmed climate. Climate Res., 3:79-96.
20. Mamtimin. B., A.M.M. Et-Tantawi, D. Schaefer, F.X. Meixner and M. Domroes. 2011. Recent trends of temperature change under hot and cold desert climates: Comparing the Sahara (Libya) and Central Asia (Xinjiang, China). J. .Arid. Envir., 75 (11):1105-1113.
21. Mander, W.J. 1994. Dictionary of global climatic change. 2nd Revised ed. VCL Press. London.
22. Salmi, T., A. Maatta, P. Anttila, T. Ruoho-Airola and T. Amnell. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality. Finish Meteorological Institute. Helsinki.
23. Santer, B.D., K.E. Taylor and T.M. Wigley. 1996. A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere. Nature, 382: 39-46.
24. Stastna, V. 2010. Spatio-temporal changes in surface air temperature in the region of the northern Antarctic Peninsula and south Shetland islands during 1950-2003. Polar Sci. 4. 18-33
25. Epstein, P.R., D.J. Rogers and R. Slooff. 1993. The Earth Observer. NASA, 5:546-552.
26. Tol, R.S.J. 1994. Greenhouse statistics - time series analysis. Theor. and Appl. Climatol., 49: 91-102.
27. Zhu, Y.M ., X. X. Luand and Y. Zhou. 2007. Sediment flux sensitivity to climate change: A case study in the Longchuanjiang catchment of the upper Yangtze River, China. Glob. Planet. Change, 60 (3-4):429-442.
28. Hulme, M. and S. Raper, 1995: An integrated framework to address climate change (ESCAPE) and further developments of the global and regional climate modules (MAGICC). Energy Policy, 23(4/5):347-355.
29. Hulme, M., E.M. Barrow, N.W. Arnell, P.A. Harrison, T.C. Johns, and T.E. Downing. 1999. Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. Nature, 397: 688-691.

Detection of climate change using air temperature series in the west of Iran

F. Ghiami Shomami[1], S. Marofi[2], A.A. Sabziparvar[3], H. Zare Abyane[4], M. Heydari[5]

Abstract

In this research, in order to investigate climate change occurrence in west of Iran, 46 years observed data (1961-2006) of 17 synoptic stations of the area were used and evaluated. To this regard, significant variations values of maximum, minimum and average air temperatures as well as diurnal temperature range (DTR) on both annual and seasonal time series were analyzed on two steps. First, the data period was considered as three categories including: 46, 30 and 16 years, and the normal climate duration base variation temperature was identified on the all of stations. Then, significant variations were identified based on the averages values comparison, using the Mann-Whitney and t-Test methods. Data trend was evaluated from the 16 years period which was concern to recent period and has significant variations (at 95% level) comparing the other durations. Base on trend analysis results, Values of maximum, minimum and average air temperatures showed increasing and DTR decreasing variations. The maximum and minimum differences were related to minimum and maximum air temperatures, respectively. Regional investigation of results, illustrated that the most important variations were concerned to semi arid climate (Saghaz, Shahr-kord, Kermanshah and Tabriz stations). Seasonally, winter had also the most important variations. The difference between the 16 years duration and the 30 as well as 45 years durations were 85 and 60%, respectively. During the 16 years period, maximum and minimum stations which had significant trends were observed in summer and fall, respectively.

Keywords: Climate Change, Means Comparing, Non Parametric Test, Temperature Tend, the West of Iran.

[1] M.Sc. Student, Department of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University
[2] Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University
[3] Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University
[4] Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University
[5] Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University