

نگرشی نو در تعیین جو تابستانه ایران

مهدی صداقت^{۱*}، حمید نظری پور^۲

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استادیار گروه محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۸

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۶/۱۲

چکیده

ادعای نیاز به بروز رسانی تعریف فصول در نتیجه این واقعیت شکل گرفته است که در تعاریف هواشناختی و نجومی شرایط جو واقعی لحاظ نشده‌اند. در این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های بازکاوی شده دما، فشار تروپوپاوز و ارتفاع ژئوپتانسیل پایگاه مرکز ملی پیش بینی محیطی و مرکز ملی تحقیقات جو طی سال‌های ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۶، مشخصه‌های زمانی فصل تابستان شامل زمان آغاز، اوج، دوام و پایان آن در گسترده ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بر اساس شاخص مبتنی بر دما (شاخص فیزیکی) با آستانه ۲۵ درجه سلسیوس و دوام ۱۰ روزه، آغاز فصل تابستان در گسترده ایران را ۱۱ خرداد و پایان آن را ۵ مهر نشان داده است. بر اساس شاخص مبتنی بر تغییرات فشار سطح تروپوپاوز (شاخص دینامیکی) با آستانه فشار کمتر از ۱۲۰ هکتوپاسکال و دوام ده روزه، آغاز فصل تابستان ۱۴ خرداد و پایان آن ۹ مهر می‌باشد. نتایج ارزیابی بر اساس شاخص مبتنی بر تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شاخص همدید؛ استقرار ناوه پارس) با آستانه ۵۰ متر و دوام ده روزه نیز آغاز و پایان فصل تابستان در گستره ایران را به ترتیب ۳۰ اردیبهشت و ۲۴ شهریور نشان داد. میانگین سالانه طول دوره فصل تابستان بر اساس شاخص‌های فیزیکی، دینامیکی و همدیدی، به ترتیب ۱۳۴، ۱۲۰ و ۱۱۹ روز برآورد گردید. تحلیل‌های زمانی با آزمون‌های تاو کندال و آزمون نموداری من-کندال دنباله‌ای نشان داد که فراوانی روزه‌های استیلای جو تابستانه بر گستره ایران بر اساس شاخص فیزیکی از روند افزایشی معنی‌دار برخوردار است. بر این اساس جو تابستانه میل بر آغازگری زودتر و پایان‌پذیری دیرتر دارد. ضریب همبستگی تاو ۰,۳۹ و روندی افزایشی کاملاً معنادار سری زمانی متوسط میانگین منطقه‌ای دماهای تابستانه دوره ۶۹ ساله بیانگر تغییر اقلیم حرارتی در منطقه است. شاخص‌های دینامیکی و بویژه همدید برعکس شاخص فیزیکی روند کاهشی استیلای جو تابستانه را نشان می‌دهند.

کلید واژگان: فصل تابستان، شاخص فیزیکی، شاخص دینامیکی، شاخص همدید، ناوه پارس.

مقدمه

پژوهشگران علوم جوی در هر منطقه‌ای سیستم‌های همدید غالب هرفصل را می‌شناسند. برای مثال، در شرق مدیترانه سیستم همدید غالب در تابستان، ناوه پاریسی است (Ziv and Yair, 1994). ساآرونی (Sa'aroni, 1984) بیان می‌دارد که پس از شروع گردش موسمی و نفوذ زبانه آن از روی خلیج فارس در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۵۰۰متری) تنها پس از چند روز ناوه پاریسی شکل می‌گیرد. در بالای این لایه، شاخه‌ای از آنتی‌سیکلون آزور وجود دارد، که باعث فرونشست هوا و گرمای تابستان می‌شود. تابستان در منطقه، با ناپدید شدن ناگهانی ناوه پاریسی، در اواسط سپتامبر پایان می‌یابد (Sa'aroni, 1984). ناوه پاریسی سه ماه طول می‌کشد، که به طور متوسط از تاریخ دهم جون شروع و سلول بالایی آن در ۲۵ ام جون در بالاترین حد قرار می‌گیرد (Elbasha, 1967).

بازشناسی نوین فصول در شرق مدیترانه بر مبنای طبقه‌بندی روزانه سامانه‌های همدید، زمان‌بندی و طول مدت فصول بارانی سرد، گرم و خشک و فصول گذار را نشان داد (Alpert et al, 2004). بر مبنای تعریف همدید ارائه شده در این کار هر کدام از فصول تابستان و زمستان حدود ۴ماه (سه ماه و ۲۳ روز) به طول می‌انجامند. محققین به لحاظ همدید شروع تابستان را با غلبه ناوه پاریسی بر منطقه تعریف نموده و طول آن را از ۲۳می تا ۲۲ سپتامبر برآورد کرده‌اند (Alpert et al, 2004).

مفیدی و همکاران (۱۳۸۹) با اقتباس از شاخص فیزیکی موسمی (Xavier et al, 2007) که بر اساس تفاوت میانگین منطقه‌ای متوسط دمای روزانه ترازهای ۶۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال در منطقه حاره و موسمی است، و همچنین شاخص دینامیکی (تاوایی نسبی تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال) به بررسی زمان آغاز و پایان فصل تابستان در ایران پرداختند. ایشان با تأکید بر شاخص فیزیکی اظهار داشتند، به طور میانگین تابستان از ۷ ژوئن یا ۱۸ خرداد شروع و در ۲۸ سپتامبر یا ۷ مهر پایان می‌یابد که به مدت ۱۱۳ روز ادامه دارد. تعداد روزهای تابستان طی دوره ۶۱ ساله بررسی شده کاهش معنادار ۱۰ روزه‌ای را در پی داشته است (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۹).

فصل یک دوره از سال است که با شرایط آب و هوایی خاص مشخص می‌شود. چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به طور منظم در پی یکدیگر می‌آیند و هر یک الگوهای نور، دما و آب و هوا مختص به خود دارند که سالانه تکرار می‌شوند. در تعیین حد و حدود فصول سال توجه به تعاریف نجومی، هواشناسی و دمایی آنها اهمیت پیدا می‌کند (Trenberth, 1983). از دیدگاه نجومی فصل بهار با اعتدال بهاری از افروردین (۲۱ مارس) آغاز و با انقلاب تابستانی در اتیر (۲۲ ژوئن) به پایان می‌رسد. تابستان (زمستان در نیمکره جنوبی) از انقلاب تابستانی تا اعتدال پاییزی در ۱ مهر (۲۳ سپتامبر) طول می‌کشد. زمستان به عنوان دوره‌ای از انقلاب زمستانی در ۱ دی (۲۲ دسامبر) تا اعتدال بهاری تداوم دارد. ترنبرس (Trenberth, 1983) با پیشنهاد تعریفی دمایی، فاصله زمانی بین دوره‌های فصول نجومی و دمایی را مطرح نمود. این به "تعریفی هواشناسی"، از فصول منجر گردید که ۱ دسامبر را همزمان با آغاز فصل زمستان و ۱ ژوئن را به عنوان آغاز فصل تابستان در نظر گرفت. از این رو در هواشناسی چهار فصل در قالب چهار دوره برابر ۳ ماهه تعریف می‌شوند (AMS, 2001).

اوادیه و گلدریچ (Ovadia and Goldreich, 1997) با استفاده از معیار دمایی اقدام به تعیین حد و حدود فصول در فلسطین اشغالی نمودند. ایشان دریافتند که به طور متوسط زمستان در این منطقه از ۱۲ دسامبر آغاز و در ۱۴ مارس به پایان می‌رسد. تابستان نیز از ۱۳ ژوئن شروع و در ۱۲ سپتامبر پایان می‌یابد. روشن است که تبدیل فصول بیش از آنکه مطابق شرایط نجومی باشد به تغییرات آب و هوایی مرتبط است. بررسی سوابق آب و هوایی نشان می‌دهد که در هر فصل سیستم‌های همدید غالب در یک منطقه مشخص وجود دارد. بر این اساس لمب (Lamb, 1972) با توجه به آغاز / پایان / مدت (ماندگاری) دوره های غلبه یک سیستم همدید در یک فصل خاص، پنج فصل طبیعی را در طول سال بر اساس داده های ۱۸۹۸-۱۹۴۷ در جزایر بریتانیا مشخص نمود.

تعیین حد و حدود فصول برای سازماندهی فعالیت‌های کشاورزی، برنامه‌ریزی حمل-نقل و ... امری مهم می‌باشد. لیکن تشخیص تاریخ شروع و پایان و تداوم مختلف فصول، به ویژه در مناطقی مانند خاورمیانه با رژیم‌های متنوع آب و هوای دریایی، بیابانی، استپی و کوهستانی در کنار یکدیگر، به یک معضل جدی تبدیل شده است (Alpert et al, 2004). از سوی دیگر با توجه به اختلاف نظرهای موجود بر سر تداوم استقرار جو تابستانه در منطقه خاورمیانه، محققین با این فرض که گرمایش جهانی طی دهه‌های اخیر سیر صعودی طول دوره جو تابستانه و افزایش معنادار شدت آنرا در پی داشته است، به بررسی جو تابستانه در خاورمیانه و بالخصوص کشور ایران با طراحی شاخص‌هایی نو پرداخته‌اند.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

تقریباً تمامی تعاریف ارائه شده برای شناسایی ویژگی‌های فصل تابستان سه رویکرد فیزیکی، دینامیکی و همدیدی را پیگیری می‌نمایند. از این رو، در این بررسی تغییرات دما، فشار تروپوپاوز و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب به عنوان شاخص‌های فیزیکی، دینامیکی و همدیدی مبنای ارزیابی رژیم جو تابستانه ایران قرار گرفته است. داده‌های روزانه دمای ۲ متری سطح زمین، فشار تروپوپاوز و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۱۰۰۰ از پایگاه داده بازگویی شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی تحقیقات جو NCEP/NCAR طی سالهای ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۶ برداشت گردیده است. در مقاله حاضر برای ارزیابی هر شاخص از محدوده مطالعاتی ویژه ای استفاده شده است. از جمله؛ محدوده ۳۹,۳۷۵ تا ۶۵,۶۲۵ طول جغرافیایی شرقی و ۲۵,۷۱۴ تا ۴۱,۷۶ عرض جغرافیایی شمالی جهت استخراج شاخص فیزیکی و ۴۰ تا ۷۰ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۲۰ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی جهت استخراج شاخص دینامیکی و ۵۰ تا ۶۰ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۲۰ تا ۳۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی برای بررسی شاخص همدیدی استفاده گردید (شکل ۲). محدوده مطالعاتی شاخص فیزیکی به دلیل پوشش دمای سطحی کشور ایران و

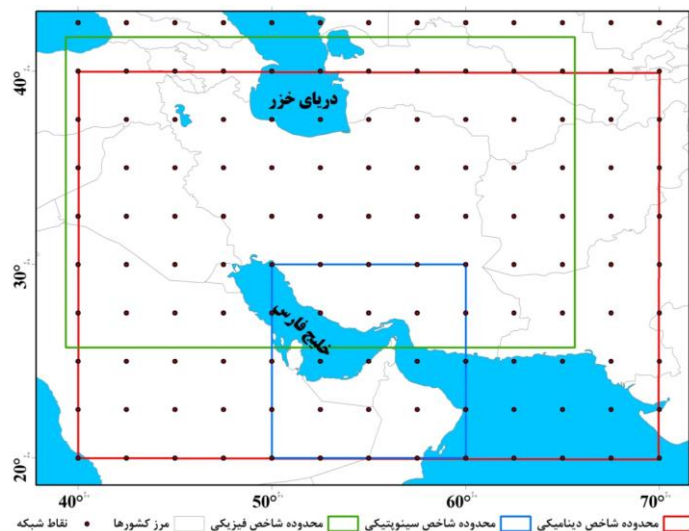
یکی از رویکردهای محققین در شناسایی جو تابستانه بررسی کم و کیف زمان آغاز و پایان این فصل و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی اخیر در منطقه خاورمیانه، رویکرد دینامیکی بوده است. انتقال گرمای بیشتر در شرایط تابستان منجر به تروپوپاوز بالاتر شده و همرفت عمیق در کمربند همگرایی بین حاره‌ای یا بر روی عرض‌های میانی قاره‌ها در فصل تابستان نیز به طور مداوم تروپوپاوز را به سمت بالا حل داده و باعث تعمیق تروپوسفر می‌شود. در طول تابستان موسمی، تروپوپاوز گاهی اوقات بالاتر از ۱۸ کیلومتر اتفاق می‌افتد (Mohanakumar, 2008). ارتفاع تروپوپاوز از عرض‌های جغرافیایی پایین به بالا به تدریج کاهش نمی‌یابد. ارتفاع تروپوپاوز در محل رودبادهای جنب حاره‌ای و جبهه قطبی به سرعت افت می‌کند، به ویژه هنگامی که جت قوی است و جبهه مرتبط در سطوح پایین شدید است، ارتفاع آن به طور ناگهانی در سراسر جریان جت پایین می‌افتد (Hirschberg and Fritsch, 1991).

گلدریچ و چرمونی (Goldreich and Chermoni, 2006) ارتفاع تروپوپاوز (بالاتر از ۱۶ کیلومتر برای حداقل ده روز متوالی) و زمان آغاز و پایان استقرار ناوه پاریسی در روی گراف‌های همدیدی را به عنوان معیارهای بررسی تغییر طول فصول تابستان در منطقه خاورمیانه قرار دادند. نتایج روندهایی با معناداری بالا نشان داد که تابستان زودتر شروع شده و دیرتر پایان می‌یابد و تعداد روزهای تابستان طی سالها افزایش یافته است.

برای تعیین آغاز فصل تابستان در گستره ایران، ساختار گردش بزرگ مقیاس جو و رفتار تابستانه رودباد جنب حاره در منطقه خاورمیانه در بازه ۲۷ فرودین تا ۲۴ تیر در دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) واکاوی گردیده است (قلی پور و همکاران، ۱۳۹۵). در این پژوهش رفتار روزانه رودباد جنب حاره شامل شدت جریان و میزان جابجایی شمال سوی هسته آن معیار اصلی درک تغییر الگوی گردش بزرگ مقیاس جو و آغاز فصل تابستان در گستره ایران لحاظ شده است. یافته‌های این بررسی بیانگر انحرافات قابل ملاحظه آغاز زود هنگام فصل تابستان اقلیمی در منطقه خاورمیانه و کوتاه شدن دوره استیلای جو تابستانه بوده است.

محدوده مطالعاتی شاخص همدیدی با توجه به موقعیت غالب بسته شدن هسته کم فشار عامل بروز ناوه پاریسی بر روی خلیج فارس انتخاب شده است.

تأثیرپذیری کمتر از دماهای سطوح دریایی جنوب کشور به عرض جغرافیایی ۲۵ درجه محدود شده است. محدوده مطالعاتی شاخص دینامیکی با توجه به جابجایی طولانی مدت جت جنب حاره بر فراز منطقه و ایران و همچنین



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه و محدوده شاخص‌ها

شاخصی است که روزها با میانگین دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد را به عنوان روز تابستانه در نظر می‌گیرد (Zhang et al, 2005). سایر مقادیر آستانه شاخص‌های دینامیکی و همدیدی با روشی تجربی تعیین شده‌اند. آستانه‌های تعیین شده شاخص‌ها برای برآورد زمان آغازگری و پایان فصل تابستان و شمارش تعداد روزهای استقرار جو تابستانه در منطقه به قرار جدول ۱ می‌باشد. گذر مقادیر داده‌های روزانه تبیین‌کننده شاخص‌ها از آستانه و تداوم ۱۰ روزه آنها مبین زمان آغازگری و بلاعکس نشان‌دهنده پایان طول دوره تابستان است.

روش‌شناسی

الف: تعیین مشخصه‌های زمانی فصل تابستان

بعد از ایجاد پایگاه داده‌های دمای ۲ متری سطح زمین، فشار تروپوپاوز و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۱۰۰۰ از پایگاه داده‌های بازکاوای شده NCEP/NCAR طی سالهای ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۶، با استفاده از اسکریپت نوشته شده در نرم افزار گردز مقادیر روزانه داده‌ها در محدوده‌های مورد نظر استخراج گردید. سپس میانگین منطقه‌ای روزانه داده‌های جهت برآورد دوره استقرار جو تابستانه بر اساس شاخص‌ها محاسبه گردید. از ابتدایی‌ترین شاخص‌های برآورد تعداد روزهای تابستان

جدول ۱- شاخص، محدوده، تراز، متغیر و آستانه شاخص‌های ارزیابی جو تابستانه

شاخص	طول	عرض	تراز	متغیر	آستانه با تداوم ۱۰ روزه
فیزیکی	۳۹/۳۷۵-۶۵/۶۲۶ E	۲۵/۷۱۴-۴۱/۷۶۰ N	۲ متر	دما	T>25 C
دینامیکی	۴۰-۷۰ E	۲۰-۴۰ N	تروپوپاوز	فشار	P<120 hpa
همدیدی	۵۰-۶۰ E	۲۰-۳۰ N	۱۰۰۰ پ.ه	ارتفاع ژئوپتانسیل	Hgt<50 m

باشد، عدم وجود روند بین داده‌ها را در سطح ۹۵٪ نشان می‌دهد.

آزمون من-کندال دنباله‌ای مبتنی بر روشی نموداری است که از طریق رسم نمودار سری در برابر زمان، نقطه جهش را برآورد می‌کند (Sneyers, 1990). این روش مقادیر آماره را در کلیه زمان‌های سری با روش رتبه دادن من کندال محاسبه می‌کند. با اجرای معکوس سری و فرض آنکه انتهای سری ابتدای آن باشد، دنباله‌ای حاصل می‌شود که براساس آن در حالت معنی‌داری روند، u و u' در نقطه شروع روند یکدیگر را قطع خواهند نمود. درحالی‌که سری ایستا باشد دو دنباله u و u' بصورت موازی عمل کرده و یا با تغییر جهش چندین بار برخورد خواهند داشت.

اگر α را برابر با ۰,۰۵ در نظر بگیریم، u فراتر از $\pm 1,96$ بیانگر روند معنی‌دار است. $+u$ روند افزایشی و $-u$ روند کاهشی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر اگر منحنی u از محدوده $\pm 1,96$ معنی‌دار خارج شود، روند وجود دارد. چنانچه منحنی u و u' بدون خروج از محدوده معنی‌دار باهم تلاقی داشته باشند تنها نشان دهنده تغییر ناگهانی در میانگین بوده و روندی را در بر ندارند.

نتایج و بحث

۱. مشخصه‌های زمانی جو تابستان

اجرای آستانه شاخص‌های فیزیکی، دینامیکی و هم‌دیدگی بر روی داده‌ها، شرایط آغازگری و پایان و درازای فصل تابستان را به شرح زیر بازنمایاند.

الف: تعیین زمان آغاز، پایان و دوام تابستان بر مبنای شاخص فیزیکی

بر پایه تعریف شاخص فیزیکی روزهایی تابستانه هستند که میانگین منطقه‌ای دمای ۲ متری سطح زمین از ۲۵ درجه سانتی‌گراد فراتر رود. اعمال آستانه دمایی بر روی داده‌ها نشان داد که به طور میانگین فصل تابستان در کشور ایران از روز ۱۳۲۲م تقویم ژولیوسی مصادف با ۱۱م ماه می (۲۱ اردیبهشت) با نوسانی حداکثر ۲۶ روزه آغاز و در روز ۱۲۶۵م تقویم ژولیوسی مصادف با ۲۱ سپتامبر (۳۰ شهریور) با نوسانی حداکثر ۳۱ روزه پایان می‌یابد. بر اساس میانگین

ب: تغییرپذیری مشخصه‌های زمانی فصل تابستان

با اعمال یک تابع شرطی بر اساس آستانه با تداوم ۱۰ روزه بر روی داده‌ها، طول فصل تابستان بر اساس شاخص‌ها در هر سال محاسبه گردید. متغیر میانگین مقادیر منطقه‌ای داده‌ها طی روزهای فصل تابستان هر سال نیز با هدف برآورد شدت فصل تابستان محاسبه گردید. متغیر تعداد روزهای استقرار جو تابستانه بدون در نظر گرفتن تداوم تنها با شمارش تعداد روزهایی که میانگین منطقه‌ای از آستانه‌ی هر شاخص عبور کرده است نیز محاسبه شد. در نهایت وردایی‌های ۶۹ ساله هر یک از متغیرهای استخراجی مربوط به شاخص‌ها با استفاده از آزمون سری زمانی من-کندال با ارائه آماره تاو کندال، سطح معناداری سری زمانی و تابع رگرسیونی مربوطه استخراج گردید.

آزمون تحلیل روند سری‌های زمانی من-کندال ابتدا توسط من (Mann, 1945) ارائه و سپس توسط کندال (Kendall, 1975) توسعه یافت (Serrano et al, 1999). این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته شده است (Lettenmaier et al, 1994). آزمون تحلیل روند من-کندال در سال ۱۹۸۸ به وسیله سازمان جهانی هواشناسی (WMO) پیشنهاد گردید و در بررسی معنی‌داری روند سری‌های اقلیمی در تحقیقات مختلف استفاده شده است. این آزمون به دو روش محاسبه می‌شود: الف) آزمون آماره (τ) کندال ب) آزمون نموداری کندال.

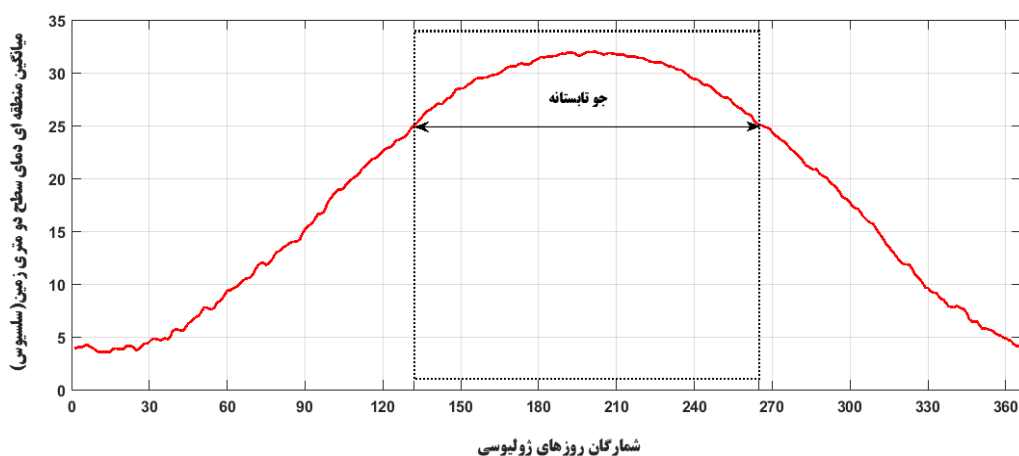
فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دلالت بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. آزمون ناپارامتری من کندال به صورت زیر استفاده می‌گردد:

$$\tau = \frac{4 \sum n_i}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{(4N+10)}{9N(N-1)} - 1 \quad (2)$$

که در آن‌ها τ آماره مورد نظر به صورت یک متغیر تصادفی و σ_{τ} پراش آن، n_i مقادیر بیشتر از i امین مقدار و N تعداد داده‌ها می‌باشد. نسبت τ / σ_{τ} نشان‌دهنده یک روند بین داده‌هاست، در صورتی که این نسبت بین $+1,96$ و $-1,96$

منطقه‌ای ۶۹ ساله داده‌های دما، فصل تابستان در کشور ایران ۱۳۴ روز (حدود چهار ماه) به طول می‌انجامد (شکل ۳).



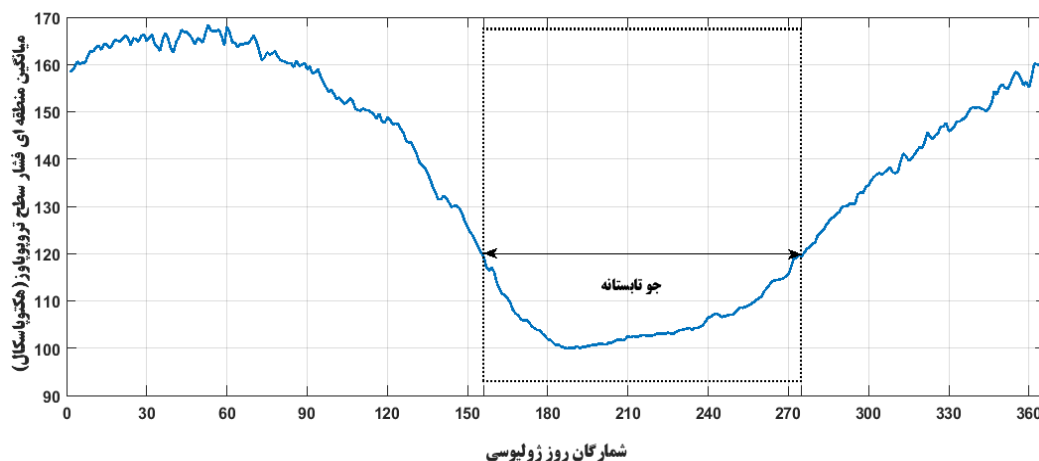
شکل ۳- مشخصه‌های زمانی جو تابستانه ایران بر پایه شاخص فیزیکی طی سالهای ۱۹۴۸-۲۰۱۶

زمانی کوتاه یک الی سه روزه به وقوع می‌پیوندد. لذا پایش کاهش فشار این لایه به زیر ۱۲۰ هکتوپاسکال به عنوان شاخص و آستانه‌ای برای بررسی زمان شروع، پایان و برآورد طول دوره تابستان مورد توجه محققین قرار گرفت. اعمال آستانه نشان داد که به طور میانگین در طولانی مدت تابستان غالباً در روز ۱۵۶ تقویم ژولیوسی مقارن با ۴ام جون (۱۴م خرداد) هر ساله با نوسانی حداکثر ۵۰ روزه آغاز شده و در روز ۲۷۵ همان تقویم یعنی ۱۱م اکتبر (۹م مهرماه) هر ساله با نوسانی ۵۳ روزه به پایان می‌رسد. طول فصل تابستان به لحاظ شاخص دینامیکی برابر با ۱۲۰ روز می‌باشد (شکل ۴). یافته‌ها نشان می‌دهد که بر مبنای شاخص دینامیکی فصل تابستان با ۱۷ روز زودتر نسبت به تقویم نجومی آغاز می‌گردد این در حالی است که بر اساس شاخص دینامیکی مورد استفاده در کار قلی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) این تقدم حدود ۱۹ روز می‌باشد.

نتیجه حاصل در مقایسه با کار مفیدی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از شاخص فیزیکی اکتباسی نشان از ۲۱ روز اختلاف در تعداد روزهای فصل تابستان و تفاوت در زمان آغازگری و پایان فصل تابستان دارد. البته استفاده از شاخص فیزیکی به دلیل تغییرات فضایی زیاد مقادیر دما، به ویژه در ارتباط با فاصله از سطوح آب وسیع، پیچیده است (Alpert et al, 2004).

ب: تعیین زمان آغاز، پایان و دوام تابستان بر مبنای شاخص دینامیکی

محققین به دلیل محدودیت طول دوره داده‌های ارتفاع تریوپاوز (حدوداً ۱۴ سال) دست به طراحی شاخص و ارائه آستانه‌ای جدید بر روی داده‌های فشار تریوپاوز به جای ارتفاع آن زدند. کاهش مقادیر میانگین منطقه‌ای فشار تریوپاوز به زیر آستانه ۱۲۰ هکتوپاسکال، بیانگر عبور جت جنب حاره از روی ایران و استقرار جو تابستانه است. این جابه‌جایی و در پی آن کاهش فشار تریوپاوز غالباً در بازه



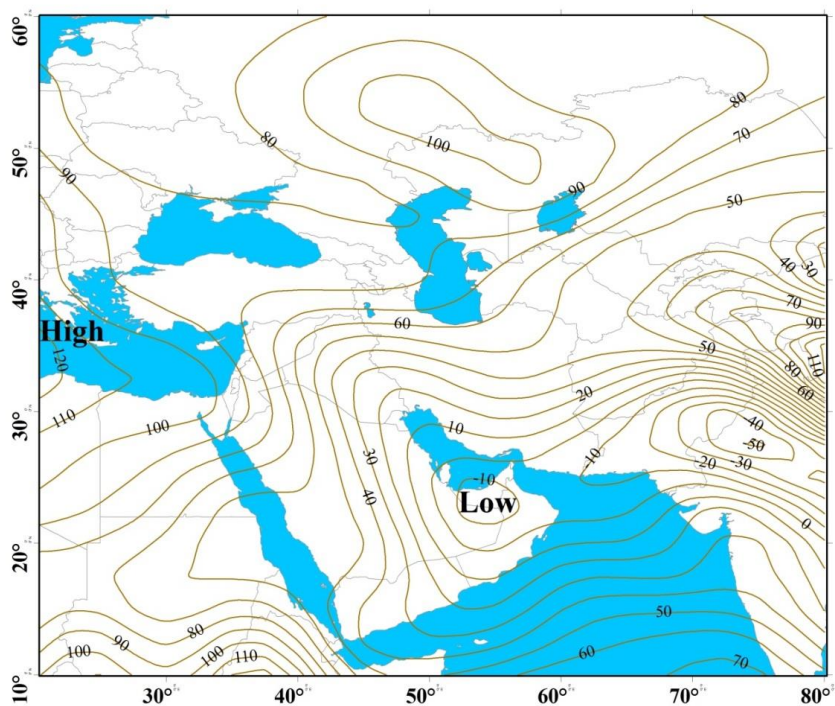
شکل ۴: مشخصه‌های زمانی جو تابستانه ایران بر پایه شاخص دینامیکی طی سالهای ۱۹۴۸-۲۰۱۶

سامانه در قالب انشعابی از کم ارتفاع مستقر بر روی شبه قاره هند با تشکیل هسته کم ارتفاع جانبی بر روی سواحل جنوبی خلیج فارس و تبعیت از امتداد جنوب شرقی-شمال غربی خلیج فارس با جریان چرخندی زبانه کم فشار را در قالب ناوه تا سواحل انتالیا در ترکیه توسعه می‌دهد.

ج: تعیین زمان آغاز، پایان و دوام تابستان بر مبنای

شاخص همدید

همانگونه که بیان گردید شاخص همدیدی آغاز تابستان را همزمان با استقرار ناوه پارسی با محور جنوب شرقی-شمال غربی بر روی خلیج فارس تا ترکیه می‌داند (شکل ۵). این



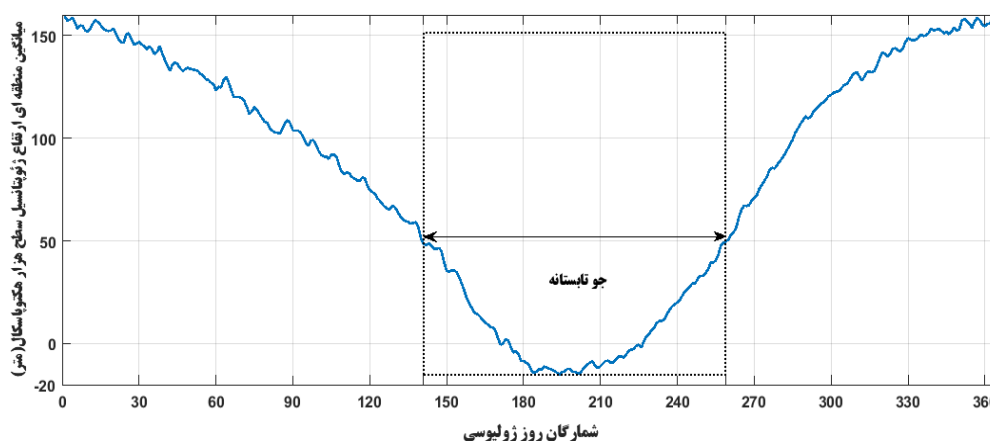
شکل ۵- هم ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال میانگین جون تا سپتامبر (۲۰۱۶-۱۹۴۸).

شاخصی جهت تخمین زمان آغاز و پایان نفوذ این زبانه کم فشار و بررسی روند تغییرات طول فصل تابستان در

با توجه به نقش بارز تشکیل ناوه پارسی و آغازگری فصل تابستان در منطقه خاورمیانه محققین اقدام به طراحی

مشخص گردید که به طور معمول فصل تابستان از روز ۱۴۱م تقویم ژولیوسی، مقارن با ۲۰می (۳۰ اردیبهشت ماه) با نوسانی حداکثر ۴۷ روزه آغاز و در روز ۲۵۹ تقویم ژولیوسی، مقارن با ۱۵ سپتامبر (۲۴ شهریور) با نوسانی ۳۵ روزه پایان می‌پذیرد. طول فصل تابستان به لحاظ شاخص همدیدی برابر با ۱۱۹ روز می‌باشد (شکل ۶).

منطقه نمودند. در سواحل جنوبی خلیج فارس با سقوط ارتفاع ژئوپتانسیل به زیر آستانه ۵۰ متر زمینه شکل‌گیری ناوه پارسی و گسترش زبانه‌های آن فراهم می‌گردد. در زمان اوج فعالیت این سامانه منحنی کم ارتفاع مرکزی آن به ۵۰- نیز می‌رسد. با اعمال آستانه ۵۰ متری بر روی میانگین منطقه‌ای دراز مدت داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل محدوده خلیج فارس



شکل ۶- مشخصه‌های زمانی جو تابستانه ایران بر پایه شاخص همدیدی ناوه پارسی طی سالهای ۱۹۴۸-۲۰۱۶

این آزمون بر روی شاخص‌های دینامیکی و همدیدی نتایج متفاوتی همسو با تحقیقات دیگران (از جمله؛ مفیدی و همکاران، ۱۳۸۹ و قلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵) در بر داشته است. هر دو شاخص دینامیکی و همدیدی روند کاهشی را نمایش داده‌اند با این تفاوت که روند کاهشی طول فصل تابستان و تعداد روزها با جو تابستانه حاصل از شاخص دینامیکی (میانگین منطقه‌ای فشار تروپوپاوز) معنادار نبوده، لیکن روند کاهشی طول فصل تابستان و تعداد روزها با جو تابستانه حاصل از شاخص همدیدی، به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰,۲۲- و ۰,۲۸- از سطح معناداری بالایی برخوردار بوده‌اند. بر اساس شاخص همدیدی سالانه ۰,۲ روز یعنی حدود ۵ ساعت از طول دوره تابستان کاسته شده است.

تغییرپذیری مشخصه‌های زمانی فصل تابستان

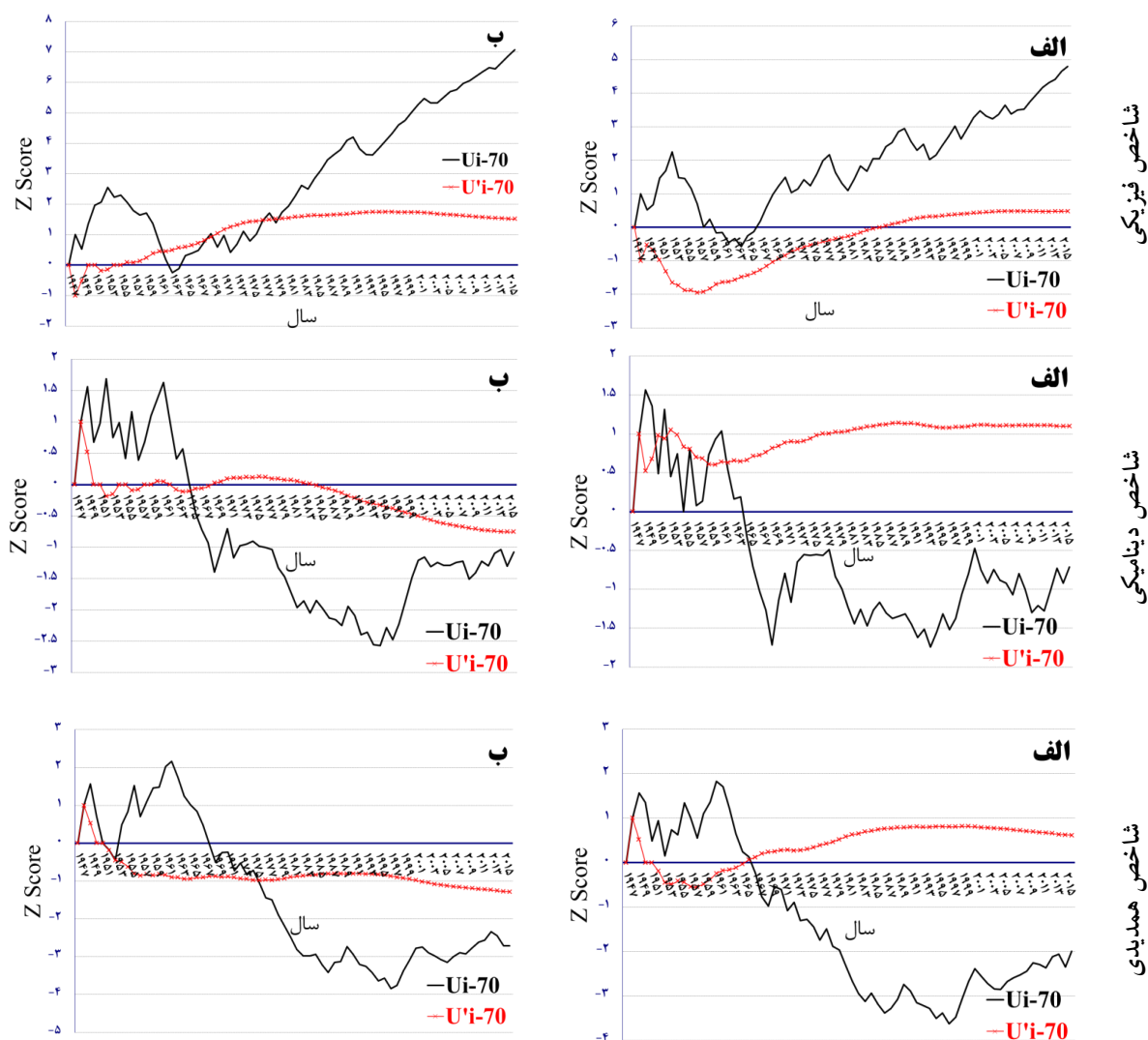
در اینجا نتایج آزمون آماره (τ) کندال در جدول ۲ و آزمون‌های نموداری بر روی سری زمانی طول دوره تابستان و تعداد روزهای جو تابستانه هر کدام از شاخص‌های فیزیکی، دینامیکی و همدیدی در شکل ۷ ارائه شده است. نتایج آزمون آماره (τ) کندال نشان داد که بر اساس شاخص فیزیکی مستخرج از میانگین منطقه‌ای داده‌های دمای روزانه در ارتفاع ۲ متری، طول فصل تابستان و تعداد روزهای تحت تسلط جو تابستانه در ایران طی ۶۹ سال دوره مطالعه شده، به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰,۳۵ و ۰,۵۳ از روند افزایشی کاملاً معناداری برخوردار هستند. یافته‌ها نشان داد که سالانه ۰,۳ روز یعنی حدود ۸ ساعت به طول دوره تابستان اضافه شده است. این نتایج در تضاد کامل با مطالعه مفیدی و همکاران (۱۳۸۹) می‌باشد که کاهش ۱۰ روزه‌ای را در تعداد روزهای فصل تابستان برآورد نموده‌اند.

جدول ۳- نتایج آزمون کندال برای روندهای طول فصل تابستان طی دوره ۱۹۴۸-۲۰۱۶

شاخص	متغیر	τ ضریب همبستگی	S واریانس کل	Z نمره استاندارد	P سطح معناداری	تابع رگرسیونی
شاخص	طول فصل تابستان	۰,۳۵	۸۲۴	۴,۲۶	۰,۰۰	$Y=-419.89+0.28*X$
فیزیکی	تعداد روزهای جو تابستانه	۰,۵۳	۱۲۵۵	۶,۵۰	۰,۰۰	$Y=-524.67+0.33*X$
شاخص	طول فصل تابستان	۰,۱۰-	۲۳۹-	۱,۲۳-	۰,۲۱	$Y=409.14+-0.14*X$
دینامیکی	تعداد روزهای جو تابستانه	۰,۱۲-	۲۹۵-	۱,۵۲-	۰,۱۲	$Y=399.60+-0.14*X$
شاخص	طول فصل تابستان	۰,۲۲-	۵۱۸-	۲,۶۸-	۰,۰۰	$Y=511.40+-0.20*X$
همدیدی	تعداد روزهای جو تابستانه	۰,۲۸-	۶۶۳-	۳,۴۳-	۰,۰۰	$Y=601.40+-0.24*X$

همان رفتار متغیر طول فصل تابستان را ارائه داده‌اند. تنها مقادیر دنباله‌ای آماره U_i و U'_i من-کندال از روند طول دوره تابستان (الف) و تعداد روزهای جو تابستانه (ب) شاخص دینامیکی است که با وجود برخورداری از روندی منفی به دلیل عدم عبور از محدوده $\pm 1,96$ از روندی معنادار برخوردار نیستند.

نتایج تحلیل نمودارهای دنباله‌ای مقادیر طول فصل تابستان و تعداد روزهای جو تابستانه برآمده از میانگین منطقه‌ای متغیرها نیز به ترتیب مبین وجود روند افزایشی معنادار در طول دوره تابستان بر اساس شاخص فیزیکی و روند کاهشی معنادار در طول دوره تابستان بر اساس شاخص همدیدی می‌باشد (شکل ۷). مقادیر تعداد روزهای جو تابستانه (بخش ب نمودارها) نیز تقریباً



شکل ۷- مقادیر دنباله‌ای آماره U_i (خط ممتد) و U'_i (خط چین) من-کندال از روند طول دوره تابستان (الف) و تعداد

روزهای جو تابستانه (ب) بر مبنای شاخص فیزیکی، دینامیکی و همدیدی

نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با هدف بررسی تغییرات جو تابستانه بر فراز منطقه خاورمیانه و به طور مشخص کشور ایران اقدام به طراحی سه شاخص فیزیکی، دینامیکی و همدیدی نمود. این شاخص‌ها به ترتیب با استفاده از داده‌های دمای روزانه در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، فشار تریوپاوز و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۱۰۰۰ استخراج گردید. با اعمال مقادیر آستانه شاخص‌های طراحی شده بر روی میانگین منطقه‌ای متغیرها، به طور متوسط طول فصل تابستان بر اساس

شاخص فیزیکی ۱۳۴ روز، شاخص دینامیکی ۱۲۰ روز و شاخص همدیدی ۱۱۹ روز برآورد گردید.

بررسی سری زمانی ۶۹ ساله طول فصل تابستان و تعداد روزهای تحت تسلط جو تابستانه نشان داد که به جز شاخص دینامیکی، دو شاخص فیزیکی و همدیدی روندهای معنادار متفاوتی ارائه می‌دهند. روند سری زمانی شاخص فیزیکی مبتنی بر دما حکایت از سیر صعودی تعداد روزهای تابستان طی دوره مطالعه دارد. در مقابل سری زمانی شاخص همدیدی مبتنی بر دوره استیلای ناوه پارسی

بر حوضه خلیج فارس بیانگر سیر نزولی و کاهش تعداد سالانه روزهای تابستان است. بررسی زمان آغازگری و پایان فصل بر اساس این دو شاخص نیز حکایت از آن دارد که از نظر شاخص فیزیکی (دمایی) طی هفت دهه گذشته تابستان‌ها میل به آغازگری زودرس و پایان دیرتر دارند این در حالی است که از منظر شاخص همدیدی شرایط عکس رویداده است. بررسی سری زمانی اوج دمای تابستانه از طریق متوسط میانگین منطقه‌ای دماهای تابستانه دوره ۶۹ ساله نیز با ارائه ضریب همبستگی تاو ۰,۳۹ و روندی کاملاً معنادار، موید تغییر اقلیم حرارتی در منطقه است. محققین تفاوت نتایج بررسی شاخص فیزیکی با تحقیقات گذشته و همسانی روند کاهشی معنادار استیلای جو تابستانه بر پایه شاخص‌های دینامیکی و همدیدی با آن مطالعات را دلیلی بر لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌دانند.

منابع

- AMS (2001) Statement on seasonal to inter annual climate prediction (Adopted by AMS Council 14 January 2001). Bulletin of the American Meteorological Society 82: 701.
- Elbasha, D., 1967: Summer meteorology in Meteorologia ., 4, 3-8.
- Gholipour, J, Sanaeinejad. S.H, Mofidi. A, Alizade. A, (2015) Determining the beginning of the summer season in Iran based on the sudden Northern jump of the subtropical jet on the Middle East, Geography and environmental hazards, No20, pp 57-71. DOI: 10.22067/geo.v5i4.57806.
- Hirschberg, P.A. and J.M. Fritsch, 1991. Tropopause undulations and the development of extratropical cyclones. Part II: Diagnostic analysis and conceptual model. Mon. Wea. Rev., 119, 518-550
- K.Mohanakumar, 2008, Stratosphere Troposphere Interactions; An Introduction, Springer.
- Kendall, M.G., (1975). Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.
- Lamb HH. 1950. Types and spells of weather around the year in the British Isles. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 76: 393-438.
- Lettenmaier, D. P., E. F. Wood, and J. R. Wallis, 1994: Hydro-climatological Trends in the Continental United States, 1948-88. J. Climate, 7: 586-607.
- Mann, H.B., (1945). Nonparametric Tests against Trend, Econometrica 13, 245-259.
- Mofidi. A, Zarrin. A, Fasullo. J, (2010) Summer Circulation in the Upper Atmosphere on Southwest Asia and it's Variations during the last half century, 4th Regional Climate Change Conference, Tehran, Dec 29 to Dec 1, pp 149-160.
- Ovadia. E, Goldreich. Y (1997) Year division in Israel according to temperature data. In 6th Conference of Judea and Samaria Researches, The Judea and Samaria Academic College, Ariel, Israel; 293-297 (in Hebrew).
- P. Alpert, I. Osetinsky, B. Ziv and H. Shafir, 2004, A New Seasons Definition Based On Classified Daily Synoptic Systems: An Example For The Eastern Mediterranean, Int. J. Climatol. 24: 1013-1021. DOI: 10.1002/joc.1037
- Sa'aroni, H., 1984, The Extension of the Persian Trough and its Characteristics in the Middle East. M.A. Thesis, Dept. of Geography, Tel Aviv University, 398p.
- Serrano, A., Mateos, V.L. and Garcia, J.A., (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. phys. Chem. EARTH(B), VOL.24, NO. 1-2:85-90.
- Sneyers, R. (1990) On the Statistical Analysis of Series of Observations. Technical Note no. 143, WMO-no. 415, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Trenberth KE. 1983. What are the seasons? Bulletin of the American Meteorological Society 64: 1276-1282.
- Xavier, P.C. Marzina, C. and Goswami, B.N. (2007): An objective definition of the Indian summer monsoon season and a new perspective on the ENSO-monsoon relationship, Q. J. R. Meteorol. Soc. 133: 749-764.
- Yair Goldreich and Zipora Chermoni, 2006. The Changes In The Summer Season Length In The Middle East, Conference of Climate Change and the Middle East.
- Zhang, X., et al. (2005): Avoiding Inhomogeneity in Percentile-Based Indices of Temperature Extremes. J. Climate, 18, 1641-1651.
- Ziv B, Yair Y. 1994. Introduction to Meteorology — Volume No. 5: Weather in Israel. Open University: ... (in Hebrew).

