

بررسی نوسان اقلیم در استان فارس با استفاده از جابه‌جایی نصف‌النهاری نوار پرارتفاع جنب گرمسیری

حدیث گل‌محمدیان* - کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۲۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۱/۲۳

چکیده

نوار همگرایی درون گرمسیری (ITCZ) در گذر فصل دارای جابه‌جایی نصف‌النهاری است. تغییر موقعیت ITCZ روی موقعیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (STH) اثر می‌گذارد. هدف پژوهش، بررسی نوسان اقلیمی در فارس با مطالعه موقعیت پرارتفاع جنب گرمسیری است. داده‌های ماهانه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ میلی‌بار، از تحلیل مجدد NCEP به‌دست آمد و نصف‌النهار $52/5^{\circ}E$ در نظر گرفته شد. با مشاهده سری نقشه‌های ۵۰۰ میلی‌باری و توجه به امواج غربی و STH، تراز ارتفاعی ۵۸۴۰ متر، به‌منزله مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH) مد نظر قرار گرفت و سری زمانی ماهانه موقعیت NBSTH به‌کمک برنامه‌نویسی در GrADS ساخته شد. نتایج نشان داد موقعیت NBSTH به اندازه ۲/۷ به سمت عرض‌های جغرافیایی شمالی‌تر جابه‌جا شده است، بنابراین سیگنال نوسان اقلیمی در منطقه مشخص شد. این مسئله موجب افزایش دوره حاکمیت STH و کاهش دوره فصل بارش می‌شود. موقعیت و جابه‌جایی NBSTH بیش از اینکه بر میزان بارش مؤثر باشد، روی طول فصل بارش اثر دارد. زمانی که موقعیت NBSTH از عرض جغرافیایی ایستگاه پایین‌تر رود، فصل بارش آن ایستگاه آغاز خواهد شد و زمانی پایان می‌پذیرد که تحت تأثیر پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH) باشد. نتایج نشان داد طول فصل بارش در آباده شش ماه و نیم، شیراز شش ماه و در لار پنج ماه در سال است.

کلیدواژه‌ها: جابه‌جایی نصف‌النهاری، فارس، مرز شمالی پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH)، نوسان اقلیمی.

مقدمه

چرخه عمومی جو، سامانه بزرگ‌مقیاسی است که متوسط جریان هوا و فشار را در اطراف زمین نمایش می‌دهد. تفاوت حرارتی در نقاط مختلف سطح زمین، از علل مهم به‌وجود آمدن چرخه عمومی اتمسفر شمرده می‌شود. برای ایجاد توازن

حرارتی بین مدارهای مختلف کره زمین، حرکت اتمسفر با تشکیل سلول‌های همرفتی، هوای گرم را به سوی قطب و هوای سرد را به سمت استوا جابه‌جا می‌کند (آهرنس و دونالد، ۲۰۰۰: ۵۲۸). در منطقه درون‌گرمسیری، بادهای شمال شرقی و جنوب شرقی همگرا شده و نوار همگرایی درون‌گرمسیری (ITCZ)^۱ را به وجود می‌آورند. این نوار با حدود ۴۰ هزار کیلومتر طول، مهم‌ترین نوار حرارتی به‌شمار می‌رود. نوار همگرایی درون‌گرمسیری (ITCZ) در فصول مختلف روی نصف‌النهارها جابه‌جا می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۴: ۱۵۴). پس از مطالعه‌ای که حجازی‌زاده (۱۳۷۲) انجام داد، موقعیت پرفشار جنب گرمسیری در ایران، پربند ۵۸۴ ژئوپتانسیل دکامتر در نقشه ۵۰۰ هکتوپاسکال، معرف حد شمالی پرفشار جنب گرمسیری دانسته شد. با استفاده از نقشه‌های همدیدی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، موقعیت مکانی حد شمالی و شرقی پرفشار جنب گرمسیری، ارتباط آن با تاوه قطبی و اثر آن بر بارش‌های ایران هم‌ارتفاع ۵۸۴ ژئوپتانسیل دکامتر، به‌منزله حد شمالی پرفشار جنب گرمسیری شناخته شد (قائمی، زرین، آزادی و فرج‌زاده اصل، ۱۳۸۶). تغییر موقعیت ITCZ و جابه‌جایی نصف‌النهاری آن، به‌طور مستقیم روی تغییر موقعیت پرفشار جنب گرمسیری و تغییر فصول هواشناسی اثر می‌گذارد. طباطباییان (۱۳۸۸: ۱۵۰) برای نشان دادن جابه‌جایی نصف‌النهاری امواج غربی، نقشه‌های ماهانه سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ماه‌های آگوست (نماینده نیمه گرم سال) و ژانویه (نماینده نیمه سرد سال) را در دوره ۱۹۴۸ تا ۲۰۰۵ با روش دستی مورد بررسی قرار داد. در این نقشه‌ها پربند ۵۸۴ ژئوپتانسیل دکامتر، پایین‌ترین خط جریان کرفشار غربی در طول جغرافیایی $53^{\circ}E$ برای تعیین تغییرات نصف‌النهاری این امواج در نظر گرفته شد. در ماه ژانویه میانگین عرض جغرافیایی پربند ۵۸۴ دکامتر $18^{\circ}N$ و در آگوست $39^{\circ}N$ بود. بنابراین به‌طور میانگین میزان جابه‌جایی نصف‌النهاری جریان‌های کرفشار غربی روی ایران، کمابیش برابر با ۲۱ درجه از ماه آگوست به ژانویه رخ می‌دهد.

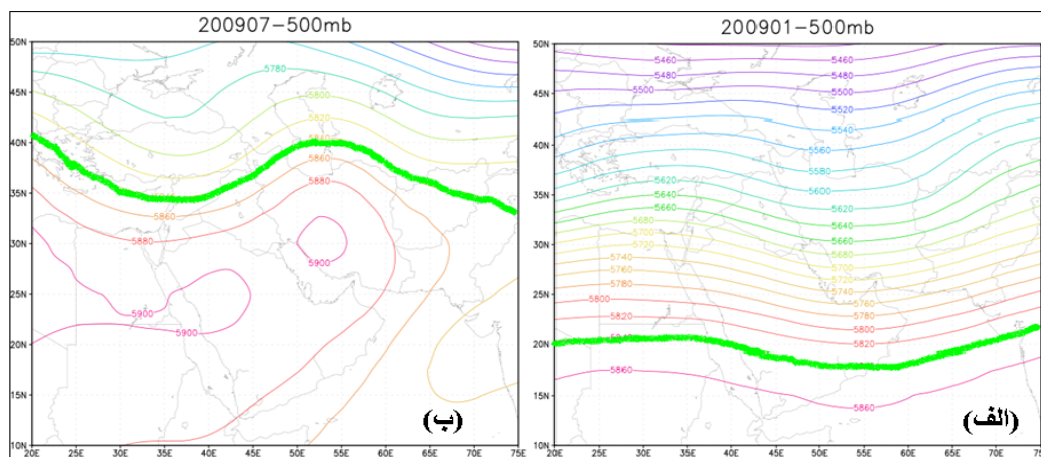
حجازی‌زاده (۱۳۷۲) با بررسی نوسان‌های پرفشار جنب گرمسیری و تأثیر آن در تغییر فصل ایران، نتیجه گرفت که نوسان‌های دو مؤلفه پرفشار جنب گرمسیری و تاوه قطبی، به تغییر فصل روی ایران و درنهایت، آغاز بارندگی در ماه سپتامبر یا اکتبر منجر می‌شود. چپانگ و کوشنیر (۲۰۰۰) با ارزیابی تغییرات ITCZ در شرق اقیانوس آرام و آتلانتیک، نشان دادند که همبستگی معناداری (برابر با $0/83$) بین بارش و تغییرات فصلی ITCZ در این منطقه وجود دارد. سلطان و جانیکوت (۲۰۰۰) با مطالعه اثر تغییر ناگهانی ITCZ در غرب آفریقا روی مقادیر روزانه بارش در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۸، دریافتند که ITCZ در ماه‌های می، ژوئن و جولای، به عرض‌های بالاتر انتقال می‌یابد و در نتیجه بارش‌های موسمی نیز کاهش می‌یابند. خوش‌اخلاق (۱۳۷۷) با تعیین فراوانی‌های مربوط به خشکسالی‌های فراگیر ایران، نتیجه گرفته است که تأثیر سامانه پرفشار جنب گرمسیری، به‌طور محسوسی بارندگی بخش‌های جنوبی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه همدید الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه، با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی را علیجانی (۱۳۸۱) نشان داد که در دوره سرد سال، بادهای غربی قوی‌تر بوده و تقریباً تمام منطقه را فرا می‌گیرند، اما در دوره گرم سال ضعیف‌تر می‌شوند و به جای آنها پرفشار جنب گرمسیری گسترش می‌یابد که جابه‌جایی آن ویژگی اصلی توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در این دوره است.

در نیمه سرد سال، ایران جزء مناطق معتدله محسوب می‌شود؛ به طوری که امواج کژفشار غربی (BW) از روی آن عبور می‌کنند، اما در نیمه گرم سال با حرکت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (STH) به عرض‌های شمالی‌تر، به‌طور کلی ایران تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد. در اینجا چنین تعریف می‌شود که مرز میان (BW)^۱ و (STH)^۲ به شکل نوار باریکی است و به‌منزله مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH)^۳ با واحد عرض جغرافیایی شناخته می‌شود. هدف این پژوهش تعیین موقعیت نوار NBSTH عبوری از روی استان فارس در مقیاس ماهانه، مطالعه جابه‌جایی نصف‌النهاری آن از روی ایران در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی و ارزیابی احتمال وجود نوسانات اقلیمی در میدان اقلیم‌شناسی همدیدی استان فارس است.

مواد و روش‌ها

داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح فشاری ۵۰۰ میلی‌بار در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی در مقیاس ماهانه برگرفته از پایگاه NCEP و منتشر شده از NOAA، به کمک نرم‌افزار GrADS در دسترس قرار گرفت. در این نرم‌افزار، برای آشکارسازی میزان جابه‌جایی مرز میان منطقه معتدله و پرارتفاع جنب حاره در سطح ۵۰۰ میلی‌بار، برنامه‌ای در محیط GrADS نوشته شد. داده‌های جمع بارش ماهانه در ایستگاه‌های سینوپتیکی پراکنده در استان فارس (آباد، شیراز و لار) از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی استان فارس به دست آمد.

به‌منظور آشکارسازی مرز ناحیه پرفشار جنب گرمسیری و منطقه معتدله، نصف‌النهار ۵۲/۵ درجه طول جغرافیایی روی استان فارس در نظر گرفته شد. با استفاده از برنامه نرم‌افزاری GrADS میزان جابه‌جایی مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH) در سطح ۵۰۰ میلی‌بار؛ یعنی پربند ۵۸۴ دکامتر (نوار بین ۵۸۳ دکامتر و ۵۸۵ دکامتر با عرض ۲ دکامتر برای NBSTH) برای نصف‌النهار ۵۲/۵°E نوشته شد تا جابه‌جایی نصف‌النهاری NBSTH در مقیاس ماهانه مورد ارزیابی قرار گیرد. جابه‌جایی نصف‌النهاری مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری (NBSTH) (پربند ۵۸۴۰ متر) برحسب درجه عرض جغرافیایی عبوری از روی فارس برای چهار دوره اقلیمی (۱۹۸۰-۱۹۵۱، ۱۹۹۰-۱۹۶۱، ۲۰۰۰-۱۹۷۱ و ۲۰۱۰-۱۹۸۱) ده‌ساله مورد بررسی قرار گرفته و با هم مقایسه شدند. برای مقایسه دقیق‌تر، دوره‌های اقلیمی سی‌ساله در نظر گرفته شدند و از اثر میانگین ده سال مشترک بین آنها می‌توان چشم‌پوشی کرد. آزمون ناپارامتری روندیابی من - کندال روی داده‌های موقعیت مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری در مقیاس ماهانه و سالانه انجام گرفت. در شکل ۱ دو نمونه از نقشه ۵۰۰ میلی‌بار در فصل تابستان و زمستان را می‌توان مشاهده کرد که در آن موقعیت NBSTH مشخص شده است.



شکل ۱. دو نمونه نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سال ۲۰۰۹ میلادی که در آنها موقعیت NBSTH (پربند ارتفاع +۵۸۴ متری) مشخص شده است. الف) زانویه؛ ب) جولای

روند ناپارامتری من - کندال

برای ارزیابی معناداری روندها در داده‌های سری زمانی (X) هواشناسی و هیدرولوژی که ممکن است توزیع نرمالی نداشته باشند، از آزمون ناپارامتری من - کندال استفاده می‌شود. من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) (به نقل از زو، تاکشی و ایشی دایرا، ۲۰۰۳: ۱۴۴) نشان دادند که هرچه تعداد مشاهدات بیشتر باشد (یعنی n بزرگتر با فرض $n > 10$)، آنگاه توزیع آماره S (رابطه ۱) به سمت نرمال میل می‌کند. رابطه ۲ واریانس S را بیان می‌کند.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} - \sum_{j=1}^m \frac{t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{V(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{V(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن؛ sgn: علامت اختلاف دو مشاهده؛ n: تعداد مشاهدات در سری زمانی X؛ t_j: تعداد گره در گروه زام و m: تعداد گروه‌های گره است. معناداری روند می‌تواند با متغیر استاندارد Z (رابطه ۳) در مقایسه با متغیر نرمال استاندارد Z_c در سطح معناداری $\alpha (Z_{1-\alpha/2})$ آزمون شود. برای مثال در صورت انتخاب α برابر با ۰/۰۵، آنگاه Z_{c, 1/975} در آزمون دوطرفه (یک‌طرفه) برابر ۱/۶۴۵ (۱/۹۶) خواهد بود. اگر $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ باشد، فرض صفر H₀ (مبنی بر عدم وجود روند) رد می‌شود. مقدار مثبت آماره S، آشکارکننده روند بالاسو و مقدار منفی آن بیان‌کننده روند پایین‌سو است.

شیب روند غیر پارامتری

بزرگی شیب روند به صورت رابطه ۴ تقریب زده می‌شود.

$$b = \text{Median} [(x_i - x_j) / (i - j)] \quad , \quad \forall j < i \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن؛ $1 \leq j < i \leq n$ و b تقریب غیرپارامتری شیب روند است که اگر مثبت باشد، به معنای روند بالاسو و اگر منفی باشد، به معنای روند پایین‌سو (با گذشت زمان) است و شدت آن را میزان بزرگی b تعیین می‌کند.

یافته‌های پژوهش

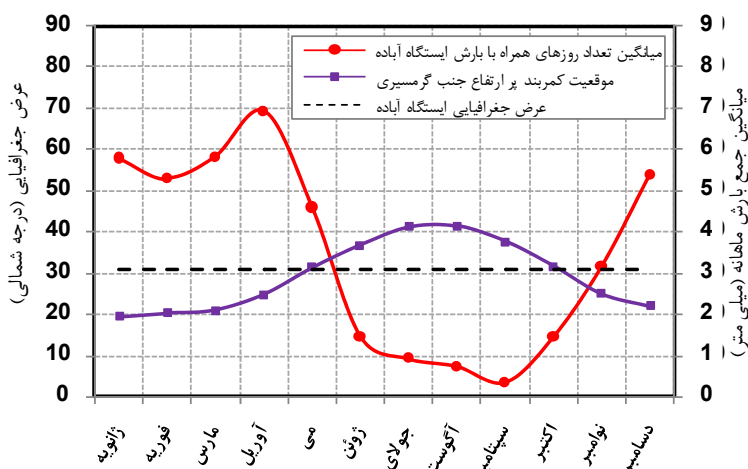
الف) تحلیل مکانی

در تحلیل مکانی، دوره زمانی ثابت در نظر گرفته می‌شود و موقعیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری در مکان‌های مختلف ارزیابی می‌شود. در این روش به منظور بررسی نوسان اقلیم در استان فارس، سه ایستگاه آباده ($29^{\circ}30'N, 52^{\circ}51'E$), شیراز ($29^{\circ}51'N, 52^{\circ}64'E, 1484 \text{ m}$) در شمال استان، شیراز ($29^{\circ}51'N, 52^{\circ}64'E, 1484 \text{ m}$) در مرکز و لار ($27^{\circ}78'N, 54^{\circ}00'E, 792 \text{ m}$) در جنوب استان انتخاب شدند.

رابطه بین مقدار بارش و تغییر موقعیت نوار NBSTH یک رابطه وارونه است؛ به این ترتیب که هرچه موقعیت منطقه پرفشار جنب حاره به عرض‌های جغرافیایی بالاتر جابه‌جا می‌شود، مقدار بارش کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، مناطقی که دوره زمانی بیشتری تحت تأثیر پرارتفاع جنب گرمسیری قرار دارند، نسبت به دیگر مناطق از بارش‌های کمتری برخوردارند. مناطق جنوبی ایران در دوره گرم سال، جزء منطقه پرارتفاع جنب گرمسیری و در دوره سرد سال جزء منطقه معتدله به‌شمار می‌آیند. با توجه به نصف‌النهار $52^{\circ}5'E$ عبوری از فارس، داده‌های بارش ایستگاه‌ها همراه با موقعیت نوار NBSTH مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۲ تغییرات میانگین روزهای همراه با بارندگی (حسب روز در ماه) را بر پایه جابه‌جایی نصف‌النهاری نوار NBSTH (حسب درجه عرض جغرافیایی) در ایستگاه‌های سینوپتیکی منتخب نشان می‌دهد (جدول ۱).

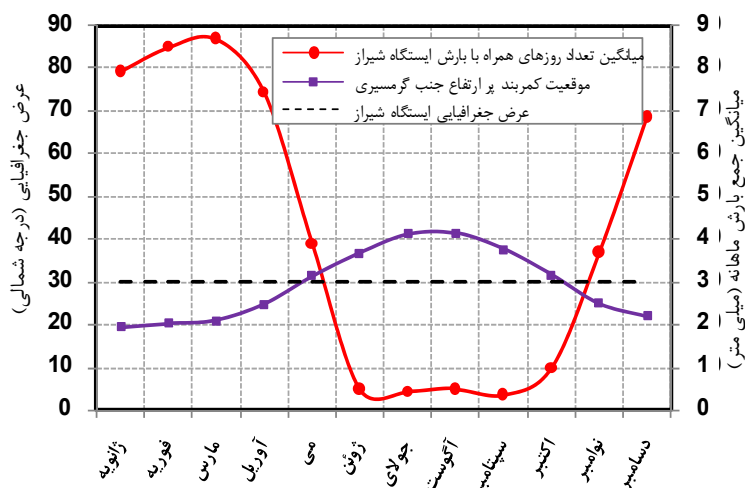
جدول ۱: موقعیت NBSTH (درجه عرض جغرافیایی) و میانگین تعداد روزهای همراه با بارش در درازمدت

ماه	موقعیت NBSTH	آباده	شیراز	لار
ژانویه	۱۹/۶	۶	۸	۴
فوریه	۲۰/۳	۵	۹	۴
مارس	۲۱/۰	۶	۹	۵
آوریل	۲۴/۹	۷	۷	۳
می	۳۱/۵	۵	۴	۱
ژوئن	۳۶/۸	۱	۱	۰
جولای	۴۱/۳	۱	۰	۱
آگوست	۴۱/۶	۱	۱	۲
سپتامبر	۳۷/۷	۰	۰	۱
اکتبر	۳۱/۷	۱	۱	۰
نوامبر	۲۵/۲	۳	۴	۱
دسامبر	۲۲/۲	۵	۷	۴

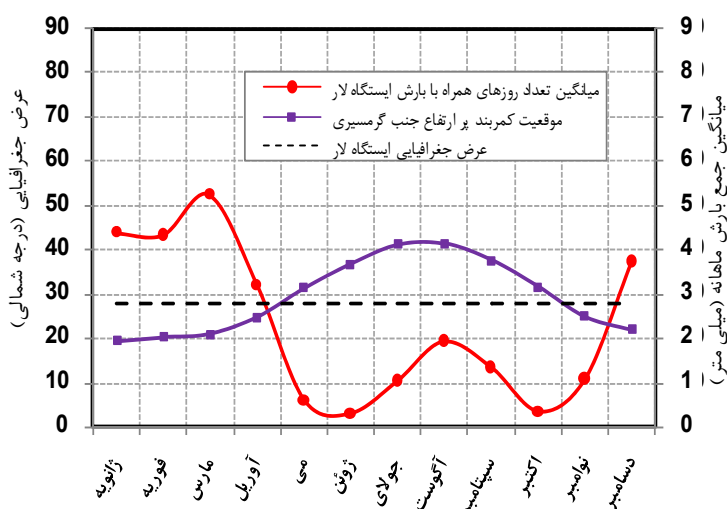


شکل ۲. الف) تغییرات تعداد روزهای همراه با بارش (حسب روز بر ماه) ایستگاه آباده، بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی.

شکل ۲. ب) تغییرات تعداد روزهای همراه با بارش (حسب روز بر ماه) ایستگاه شیراز، بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی.



شکل ۲. ج) تغییرات تعداد روزهای همراه با بارش (حسب روز بر ماه) ایستگاه لار، بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ میلادی.



از نظر اختلاف عرض جغرافیایی، آباد و شیراز $1/61$ درجه شمالی، برابر با 179 کیلومتر (فقط روی نصف‌النهار)؛ آباد و لار $3/34$ درجه شمالی، برابر با 371 کیلومتر (فقط روی نصف‌النهار) و شیراز و لار $1/73$ درجه شمالی، برابر با 192 کیلومتر (فقط روی نصف‌النهار) از هم فاصله دارند.

در ایستگاه آباد (واقع در شمال فارس) عبور نوار مرزی NBSTH از مدار ایستگاه، اوایل ماه ژوئن آغاز و در اواسط نوامبر پایان می‌پذیرد و منطقه شمال استان به مدت تقریبی پنج ماه و نیم، تحت تأثیر نوار STH قرار می‌گیرد (شکل ۲- الف). ایستگاه شیراز (مرکز استان) به مدت تقریبی شش ماه، یعنی از اواسط ماه می تا اواسط نوامبر، تحت اثر نوار پرارتفاع جنب گرمسیری است (شکل ۲- ب). ایستگاه لار (جنوب فارس) از اواخر ماه آوریل تا اواخر نوامبر، به مدت تقریبی هفت ماه از نوار STH تأثیر می‌پذیرد که منطبق بر نیمه گرم سال است (شکل ۲- ج). اثر عرض جغرافیایی ایستگاه نیز بر طول دوره حاکمیت نوار STH در استان فارس آشکار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دوره حاکمیت این نوار در ایستگاه لار (28°N) به مدت تقریبی یک ماه و نیم بیشتر از ایستگاه شیراز (30°N) و دو ماه بیشتر از ایستگاه آباد (31°N) است.

از مطالبی که گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که موقعیت و جابه‌جایی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری، بیش از اینکه بر میزان بارش تأثیر داشته باشد، روی طول فصل بارش اثر دارد؛ به این معنا که آغاز و پایان دوره بارش، به دوره حاکمیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری وابسته است و این نتیجه، دستاوردی مهم در این پژوهش به‌شمار می‌رود.

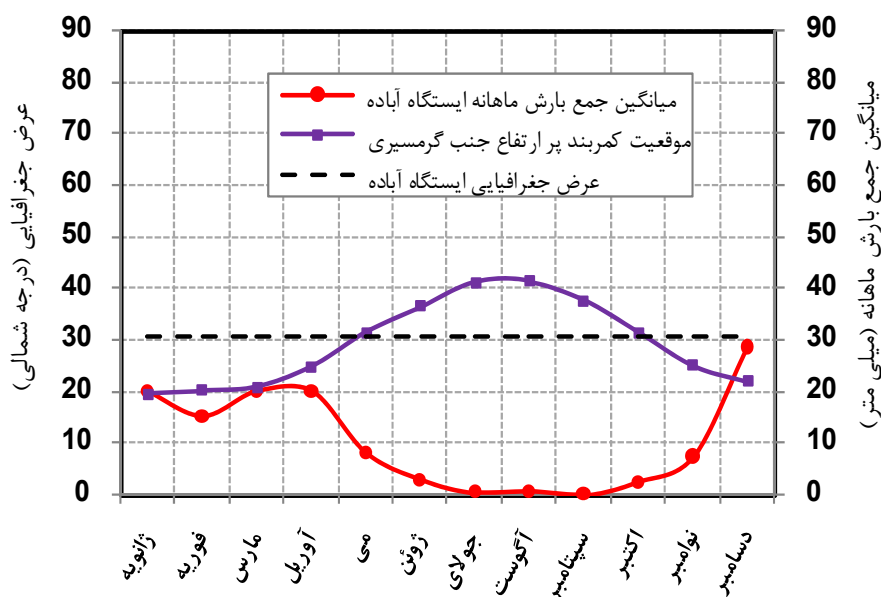
بایستی به این نکته توجه شود که ایران بین عرض‌های جغرافیایی 25 تا 40 درجه شمالی، در محدوده جنوبی منطقه معتدله واقع شده است که سیستم‌های پرارتفاع جنب گرمسیری بر آن اثر می‌کند. در فصل سرد، سراسر سرزمین ایران تحت نفوذ جریان‌های غربی منطقه برون‌گرمسیری قرار دارد، اما در فصل گرم به تدریج فشارهای زیاد جنب گرمسیری (که با علامت اختصاری STH مشخص می‌شوند) جایگزین بادهای غربی شده و با خصوصیات ویژه‌ای که دارند، امکان نفوذ توده‌های هوای مرطوب را سلب می‌کنند. به این دلیل سرزمین ما در تابستان‌ها با آسمانی صاف و بدون ابر و بارش روبه‌روست. با این حال مناطق جنوب کشور، به دلیل مجاورت با منطقه هندوستان، از امتیاز نفوذ سیستم‌های موسمی (مونسون) تابستانه نیز برخوردارند و در بسیاری از موارد بارش‌های همرفتی در ماه‌های تابستان روی می‌دهد (علیزاده، 1384). برای نمونه در این پژوهش مقادیری از بارش‌های تابستانه در ایستگاه‌های مورد بررسی بین در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر، مشاهده می‌شود (شکل ۲). در اینجا هدف ارزیابی تغییرات نوار پرارتفاع جنب گرمسیری روی بارش استان فارس است، بنابراین می‌توان از این تغییرات چشم‌پوشی کرد و اثر نوسان‌های این بارش‌های تابستانی را نادیده گرفت.

در جدول ۲ میانگین جمع بارش ماهانه و موقعیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری برای ایستگاه‌های مورد بررسی در استان فارس آمده است. به‌طور کلی، زمانی که موقعیت NBSTH از عرض جغرافیایی یک ایستگاه پایین‌تر رود، فصل بارش آن ایستگاه آغاز می‌شود و فصل بارش وقتی پایان می‌پذیرد که تحت تأثیر پرارتفاع جنب گرمسیری (STH) باشد؛ یعنی هنگامی که موقعیت NBSTH از مدار آن ایستگاه بالاتر رود.

جدول ۲. موقعیت نوار مرزی (NBSTH درجه عرض جغرافیایی) و میانگین جمع بارش ایستگاه‌های منتخب در درازمدت

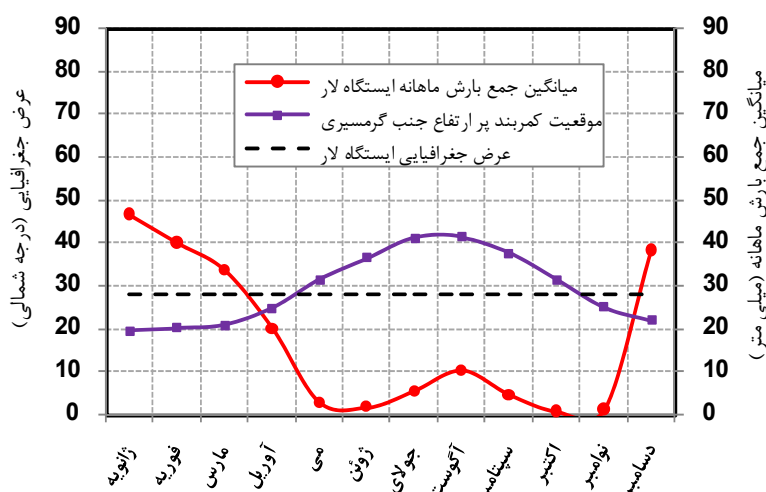
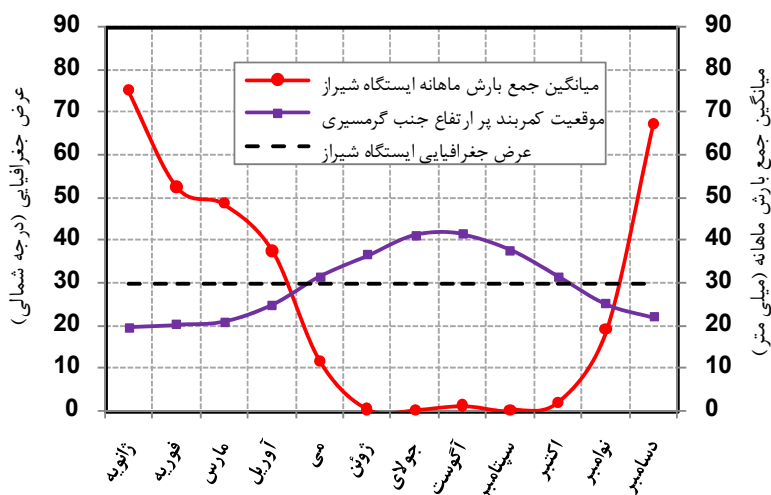
ماه	موقعیت NBSTH	آباده	شیراز	لار
ژانویه	۱۹/۶	۲۰	۷۵	۴۷
فوریه	۲۰/۳	۱۵	۵۳	۴۰
مارس	۲۱/۰	۲۰	۴۹	۳۴
آوریل	۲۴/۹	۲۰	۳۸	۲۰
می	۳۱/۵	۸	۱۲	۳
ژوئن	۳۶/۸	۳	۰	۲
جولای	۴۱/۳	۰	۰	۵
آگوست	۴۱/۶	۱	۱	۱۰
سپتامبر	۳۷/۷	۰	۰	۵
اکتبر	۳۱/۷	۲	۲	۱
نوامبر	۲۵/۲	۸	۱۹	۱
دسامبر	۲۲/۲	۲۹	۶۷	۳۸

با توجه به این استدلال، فصل بارش در ایستگاه آباده از اواسط ماه اکتبر تا اواخر آوریل، به مدت شش ماه و نیم و در ایستگاه شیراز، از اواخر اکتبر تا اوایل می، به مدت شش ماه است (شکل‌های ۳-الف و ۳-ب). در ایستگاه لار نیز فصل بارش از اواسط ماه نوامبر آغاز و در اواسط آوریل پایان می‌یابد و دوره آن پنج ماه در سال است (شکل ۳-ج). شکل ۳ با استفاده از اطلاعات جدول ۲ رسم شده است.



شکل ۳-الف) تغییرات بارش ماهانه (حسب میلی‌متر) ایستگاه آباده بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی.

شکل ۳-ب) تغییرات بارش ماهانه (حسب میلی‌متر) ایستگاه شیراز بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ میلادی.



شکل ۳-ج) تغییرات بارش ماهانه (حسب میلی‌متر) ایستگاه آباده بر پایه جابه‌جایی موقعیت نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری (حسب درجه عرض جغرافیایی) برای نصف‌النهار ۵۲/۵ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ میلادی.

ب) ارزیابی جابه‌جایی NBSTH در استان فارس در درازمدت

به‌منظور ارزیابی جابه‌جایی نوار پر ارتفاع جنب گرمسیری در فارس، مکان ثابت در نظر گرفته شده و موقعیت نوار NBSTH در دوره‌های زمانی مختلف ارزیابی می‌شود. در اینجا بررسی نوسان اقلیم در استان فارس (شیراز) در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی انجام می‌گیرد. قسمتی از نتایج آشکارسازی نوار NBSTH برای نصف‌النهار ۵۲/۵°E، در جدول ۳ نشان داده شده و برای کل استان فارس معتبر است. بر این پایه، کمترین و بیشترین عرض جغرافیایی نوار NBSTH روی فارس، به‌ترتیب در ماه ژانویه (۱۸ درجه عرض شمالی) و آگوست (۴۱ درجه عرض شمالی) مشاهده شد. به‌گفته دیگر، دامنه جابه‌جایی این امواج برابر با ۲۳ درجه عرض جغرافیایی روی نصف‌النهار است.

جدول ۳. جابه‌جایی نوار NBSTH حسب درجه عرض جغرافیایی عبوری از نصف‌النهار $52/5^{\circ}E$ در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی

سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۱۹۴۸	۱۲/۵	۱۷/۵	۲۲/۵	۲۲/۵	۲۷/۵	۳۵	۴۲/۵	۴۲/۵	۳۵	۲۷/۵	۲۵	۲۰
۱۹۴۹	۱۷/۵	۲۰	۲۰	۲۲/۵	۳۰	۴۲/۵	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۱۷/۵	۱۷/۵
۱۹۵۰	۱۷/۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۰	۳۷/۵	۳۲/۵	۲۰	۱۷/۵
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
۲۰۰۸	۲۰	۲۲/۵	۲۲/۵	۲۵	۳۰	۳۷/۵	۴۲/۵	۴۵	۳۷/۵	۳۲/۵	۲۵	۲۰
۲۰۰۹	۱۷/۵	۲۲/۵	۲۲/۵	۲۲/۵	۳۲/۵	۳۷/۵	۴۰	۴۰	۳۵	۳۰	۲۲/۵	۲۰
۲۰۱۰	۲۰	۱۷/۵	۲۷/۵	۲۷/۵	۳۲/۵	۳۵	۴۰	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰

نتایج جابه‌جایی نصف‌النهاری NBSTH در دوره‌های اقلیمی

برای آشکارسازی تغییرات جابه‌جایی نوار NBSTH، نوسان‌های اقلیمی در چهار دوره مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). نتایج نشان داد موقعیت نوار NBSTH در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ نسبت به ۱۹۸۰-۱۹۵۱، به اندازه ۲/۷ درجه به سمت عرض‌های جغرافیایی شمالی‌تر جابه‌جا شده است. این جابه‌جایی محسوس به سمت شمال، می‌تواند بیانگر احتمال نوسان اقلیم در منطقه باشد. به بیان دیگر، با تغییر موقعیت مرز بین امواج غربی ناحیه معتدله و پرارتفاع جنب گرمسیری، مناطق بیشتری از ایران تحت تأثیر خصوصیات پرارتفاع جنب گرمسیری قرار می‌گیرند. همچنین یک نمودار کلی با استفاده از میانگین‌گیری از داده‌های عرض جغرافیایی این نصف‌النهار تهیه شد که بیانگر تغییرات کلی نوار NBSTH روی فارس است (شکل ۴).

جدول ۴. جابه‌جایی نصف‌النهاری نوار NBSTH (پربند ۵۸۴۰ متر) برای نصف‌النهار $52/5^{\circ}E$ عبوری از روی فارس در چهار دوره اقلیمی

دوره	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۱۹۵۱-۱۹۸۰	۱۶/۸	۱۷/۶	۱۸/۸	۲۱/۸	۲۸/۲	۳۴/۰	۳۸/۶	۳۹/۴	۳۵/۱	۲۹/۸	۲۲/۴	۱۸/۷
۱۹۶۱-۱۹۹۰	۱۸/۰	۱۷/۸	۱۹/۴	۲۲/۳	۲۹/۵	۳۴/۹	۴۰/۰	۳۹/۸	۳۵/۹	۳۰/۰	۲۳/۲	۱۹/۴
۱۹۷۱-۲۰۰۰	۱۸/۸	۱۹/۱	۱۹/۹	۲۳/۸	۳۰/۶	۳۵/۸	۴۱/۱	۴۰/۸	۳۷/۱	۳۰/۵	۲۴/۷	۲۱/۳
۱۹۸۱-۲۰۱۰	۱۹/۶	۲۰/۴	۲۰/۸	۲۴/۸	۳۱/۵	۳۶/۷	۴۱/۴	۴۱/۶	۳۷/۸	۳۱/۶	۲۵/۲	۲۲/۲

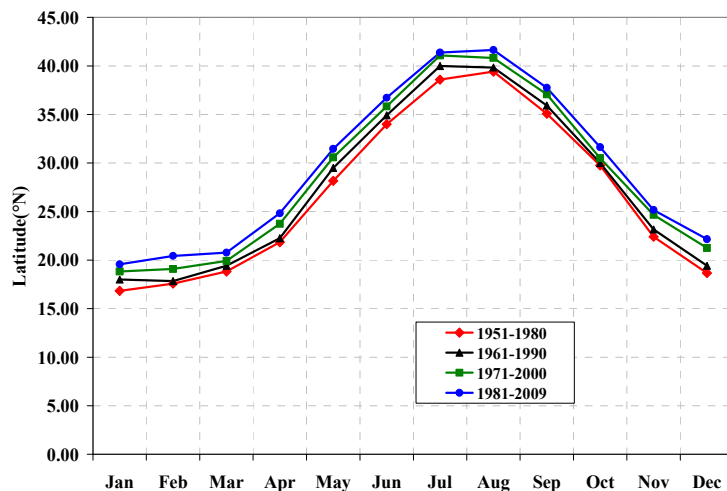
نتایج آزمون روندیابی من - کندال

آزمون ناپارامتری روندیابی من - کندال برای نوار NBSTH (حسب درجه عرض جغرافیایی) عبوری از روی فارس برای نصف‌النهار $E 52/5^\circ$ ، به صورت میانگین ماهانه و سالانه در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی با اندازه ۶۳ نمونه انجام شد (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج آزمون من - کندال و تقریب شیب برای داده‌های NBSTH ماهانه و سالانه میانگین‌گیری شده برای نصف‌النهار عبوری از روی استان فارس در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی

ماه	Z_{MK}	P-Value پایین سو	P-Value بالاسو	شیب
ژانویه	۴/۵۱	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۹
فوریه	۴/۵۳	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۴
مارس	۳/۲۶	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
آوریل	۳/۹۲	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۷۸
می	۴/۵۲	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۴
ژوئیه	۳/۹۰	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸
ژولای	۳/۵۴	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۵۲
آگوست	۲/۹۶	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۰/۰۴۲
سپتامبر	۴/۱۰	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۴۹
اکتبر	۳/۳۹	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
نوامبر	۳/۴۱	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۵۳
دسامبر	۴/۴۰	۰/۹۹۹	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱
سالانه	۵/۷۷	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۹

همانطور که مشاهده می‌شود در تمام ماه‌ها و همچنین در مقیاس سالانه، روند بالاسو در سطح ۹۵ درصد معنادار است. نتایج نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر، موقعیت پرارتفاع جنب گرمسیری به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر جابه‌جا شده است. این جابه‌جایی به سمت عرض‌های شمالی‌تر، برابر با $2/7$ درجه عرض شمالی است (شکل ۴).



شکل ۴. جابه‌جایی نصف‌النهاری پرویند ارتفاعی ۵۸۴ دکامتر در نقشه ۵۰۰ میلی‌باری از روی فارس (میانگین‌گیری شده برای نصف‌النهار $E 52/5^\circ$) در چهار دوره اقلیمی با شیفیت ده ساله.

بحث و نتیجه‌گیری

موقعیت مرز شمالی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری NBSTH روی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در دوره ۲۰۱۰-۱۹۴۸ میلادی با روش عینی مطالعه شد. براساس مشاهدات پیاپی تعداد ۷۵۶ نقشه جو بالا، تراز ۵۸۴۰ متر (یا نوار ۵۸۳۰ تا ۵۸۵۰ متر) به‌منزله مشخصه NBSTH انتخاب شد که این انتخاب با پیشینه مطالعات حجازی‌زاده (۱۳۷۲)، قائمی، زرین، آزادی و فرج‌زاده اصل (۱۳۸۶) و طباطباییان (۱۳۸۸) مطابقت دارد. در واقع NBSTH جداکننده نوار پرارتفاع جنب گرمسیری از نواحی معتدله شمالی است.

به کمک برنامه‌نویسی در محیط گرادز (GrADS)، سری زمانی موقعیت NBSTH حسب عرض جغرافیایی به‌دست آمد. به‌طور میانگین، جنوبی‌ترین موقعیت NBSTH روی فارس، در ماه ژانویه در مدار $18^{\circ}N$ قرار می‌گیرد؛ در حالیکه شمالی‌ترین موقعیت NBSTH در ماه اوت، در مدار $41^{\circ}N$ رخ می‌دهد. دامنه جابه‌جایی نصف‌النهاری موقعیت NBSTH به اندازه ۲۳ درجه است، در نتیجه امواج غربی منطقه معتدله و همراه با آن، نوار پرارتفاع جنب گرمسیری، در تابستان‌ها رو به عرض‌های شمالی‌تر و در زمستان‌ها رو به عرض‌های جنوبی‌تر جابه‌جا می‌شوند. جابه‌جایی نصف‌النهاری امواج غربی خود بیانگر نوعی از تغییر فصل هواشناسی است.

از آنجا که میانگین‌های ماهانه موقعیت NBSTH در چهار دوره اقلیمی در فارس به‌صورت نموداری، تغییرات کوچک موقعیت را نشان می‌داد، موجب شد تا از آزمون من - کندال استفاده شود. نتایج آزمون من - کندال نشان داد که موقعیت NBSTH به‌سمت عرض‌های جغرافیایی شمالی‌تر جابه‌جا شده است که میانگین میزان جابه‌جایی نصف‌النهاری برابر با $2/7$ درجه برای همه ماه‌های سال است. بنابراین سیگنال نوسان اقلیمی مربوط به گردش جوی به روشنی هویدا است که به احتمال به کوتاه‌تر شدن دوره فصل بارش در فارس منجر می‌شود. برای روشن‌تر شدن این موضوع، به پژوهش‌های بیشتری نیاز است؛ به‌طوری که مقیاس داده‌ها از ماهانه به روزانه تغییر یابد. رابطه بین مقدار بارش و تغییر موقعیت نوار NBSTH یک رابطه غیرمستقیم است؛ یعنی هرچه موقعیت منطقه پرفشار جنب حاره به عرض‌های جغرافیایی بالاتر جابه‌جا می‌شود، مقدار بارش کاهش می‌یابد. موقعیت و جابه‌جایی نوار پرارتفاع جنب گرمسیری بیش از اینکه بر میزان بارش تأثیر داشته باشد، روی طول فصل بارش اثر دارد؛ به این معنا که آغاز و پایان دوره بارش به حاکمیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری وابسته است.

در ایستگاه آباده دوره حاکمیت نوار پرارتفاع جنب گرمسیری پنج ماه و نیم، ایستگاه شیراز شش ماه و ایستگاه لار هفت ماه در سال است که این دوره منطبق بر نیمه گرم سال است. در این ایستگاه‌ها در دوره حاکمیت نوار NBSTH، میانگین تعداد روزهای همراه با بارش به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. اثر عرض جغرافیایی ایستگاه نیز بر طول حاکمیت نوار NBSTH در استان فارس آشکار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دوره حاکمیت نوار NBSTH در ایستگاه لار یک ماه و نیم بیشتر از ایستگاه شیراز و همچنین طول این دوره در ایستگاه آباده نسبت به ایستگاه شیراز (عرض جغرافیایی پایین‌تر) کوتاه‌تر است. به‌طور کلی زمانی که موقعیت NBSTH از عرض جغرافیایی یک ایستگاه پایین‌تر رود، فصل بارش آن ایستگاه آغاز می‌شود و فصل بارش وقتی پایان می‌پذیرد که تحت تأثیر پرارتفاع جنب گرمسیری NBSTH باشد؛ یعنی وقتی که موقعیت NBSTH از مدار آن ایستگاه بالاتر رود.

نتایج نشان داد دوره فصل بارش در ایستگاه آباده شش ماه و نیم، ایستگاه شیراز شش ماه و در ایستگاه لار پنج ماه در سال به طول می‌انجامد.

پیشنهاد می‌شود که سری زمانی موقعیت NBSTH، به‌منزله یکی از ورودی‌های مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی بارش و دما، مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعات خشکسالی، مدیریت کشاورزی و همچنین برنامه‌های کلان اقتصادی و اجتماعی در نظریه‌گیری و توجه به موقعیت NBSTH ضروری است.

منابع

- حجازی‌زاده، ز. (۱۳۷۲). نوسانات فشار زیاد جنب گرمسیری و اثر آن در تغییر فصل ایران. رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- خوش‌اخلاق، ف. (۱۳۷۷). تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز.
- طباطباییان، ع. (۱۳۸۸). ایجاد شاخص‌های چرخندگی بر اساس گردش جوی منطقه‌ای در جنوب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- علیجانی، ب. (۱۳۸۱). تغییرات الگوهای جریان سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در منطقه مدیترانه و خاورمیانه و اثر آن بر اقلیم ایران در دوره (۱۹۹۰-۱۹۶۱). طرح پژوهشی مرکز ملی اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور.
- علیزاده، ا.، کمالی، غ.، موسوی، ف. و موسوی، م. (۱۳۸۴). هوا و اقلیم‌شناسی. چاپ هفتم. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- قائمی، ه.؛ زرین، آ.؛ آزادی، م. و فرج‌زاده اصل، م. (۱۳۸۶). تحلیل الگوی فضایی پرفشار جنب گرمسیری بر روی آسیا و آفریقا. فصلنامه مدرس علوم انسانی، انتشارات جهاد دانشگاهی. دوره ۱۳، شماره ۱، صص. ۲۴۵-۲۱۹.
- Ahrens, C. D., 2000, **Meteorology Today: an Introduction to Weather, Climate, and the Environmental**, Sixth Edition, Brooks/Cole, USA.
- Alijani, B., 2002, **Changes of Flow Patterns in Mediterranean Region and the Middle East in Level 500 HPa and Its Effects on Climate in Period (1990-1961)**, National Research Center of Climatology, Meteorological Organization.
- Alizadeh, A., Kamali, GH., A., Mousavi, F., Mousavi Bygi, M., 2005, **Weather & Climate**, 7th Edition, Ferdowsi University Press, Mashhad.
- Chiang, C.H., Kushnir, Y., 2000, **Inter Decadal Changes in Eastern Pacific ITCZ Variability and Its Influence on the Atlantic ITCZ**, Geophysical Research Letters, Vol. 27, No.22, PP. 3687-3690.
- Climate Diagnostics Center, 2008, **CDC Derived NCEP/NCAR AMIP-II Reanalysis for Pressure Level Data Published by NOAA**, Main Website: www.cdc.noaa.gov.
- Ghaemi, H., Zarin, A., Azadi, M., Farajzadeh, M., 2007, **Spatial Pattern Analysis of Sub Tropical High on Asia and Africa**, Journal of Agricultural Science, Jihad University publishing. Vol. 13, No. 1, PP. 219-245.
- Hejazi zadeh, Z., 1993, **Fluctuations of Sub Tropical High-pressure and Their Effect on the Change of Seasons**, Ph.D. Thesis Geography, University of Tarbiat Modarres.
- Holton, J. R., 2004, **An Introduction to Dynamic Meteorology**, Fourth Edition, Elsevier, London.
- Khosh Akhlagh, F., 1998, **Comprehensive Study of Drought Using Synoptic Analysis**, Ph.D. Thesis Climatology, University of Tabriz.

- Sultan, B., Janicot, S., 2000, **Abrupt Shift of the ITCZ over West Africa and Inter-Seasonal Variability**, Geophysical Research Letters, Vol. 27, No.20, PP. 3353-3356.
- Tabatabaeian, A., 2009, **Production of Cyclonicity Indices Based on Regional Atmospheric Circulation in Southern Iran**, MS Thesis Agro-meteorology, University of Shiraz.
- Xu, Z. X., Takeuchi, K., Ishidaira, H., 2003, **Monotonic Trend & Step Changes in Japanese Precipitation**, Journal of Hydrology, Vol. 279, No. 1-4, PP. 144-150.