

## زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر

حسن یوسفی<sup>۱</sup>، قاسم عزیزی<sup>۲\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

پذیرش: ۸۳/۱۱/۵

دریافت: ۸۲/۱۲/۱۶

### چکیده

در این تحقیق زمانیابی ورود و آغاز فعالیت پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر با روش سینوپتیکی مطالعه شده است. در این مطالعه، داده‌های دمای حداقل و فشار سه ایستگاه انزلی، بابل‌سر و گرگان، طی دوره آماری ۱۹۷۱ الی ۱۹۸۰ م. برای ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر، به‌عنوان ایستگاه‌های منتخب استفاده شد. معیار تشخیص پرفشار سیبری، حضور زبانه سامانه مذکور با خط هم فشار حداقل ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در سواحل جنوبی دریای خزر، به شرط استقرار سلول مرکزی پرفشار سیبری در محدوده ۶۰° الی ۱۲۰° طول شرقی و ۴۰° تا ۶۰° عرض شمالی بوده است. بنابراین تغییرات دما و فشار ایستگاه‌ها، هم‌زمان با نفوذ زبانه‌های پرفشار سیبری به روی منطقه، به‌عنوان زمان ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی خزر منظور شده است. بر این اساس، دهه دوم اکتبر برابر با دهه سوم ماه مهر با بیشترین فراوانی به میزان ۵۰ درصد در طول دوره آماری، به‌عنوان آغاز مرحله فعالیت پرفشار سیبری در منطقه شناخته شد.

کلید واژه‌ها: زمانیابی، پرفشار سیبری، سواحل جنوبی خزر، الگوی سینوپتیکی.

### ۱- مقدمه

E-mail: ghazizi@ut.ac.ir

\*نویسنده مسئول مقاله:

کشور ایران از نظر آب و هوایی در یک منطقه حدواسط قرار دارد این کشور در طول سال، مورد هجوم توده‌های هوایی مختلف از کانونهای گوناگون قرار می‌گیرد که با ایجاد تغییرات مکانی و زمانی، موجب تنوع اقلیمی در سطح کشور می‌شود. در واقع می‌توان گفت که ایران به دلیل شرایط جغرافیایی خاص، یعنی موقعیت آن در رابطه با گردش عمومی جو و قرارگرفتن آن در عرضهای جغرافیایی میانه، در فصول مختلف سال تحت تأثیر آنتی‌سیکلونهایی با منشأهای مختلف و خصوصیات فیزیکی گوناگون قرار می‌گیرد، برای تشخیص میزان تأثیر این شرایط هوایی بر اقلیم ایران، باید سعی شود تا منشأ این توده‌های هوایی، مسیر ورود، زمان ورود و خصوصیات فیزیکی (که این توده‌های هوایی با خود به ارمغان می‌آورند) دانسته شود [۱، ص ۴].

در این میان سواحل جنوبی دریای خزر به‌عنوان یکی از قطبهای کشاورزی و توریستی کشور محسوب می‌شود که با توجه به وجود منابع طبیعی و معدنی آن و افزایش روزافزون جمعیت کشور، ضرورت اجرای طرحهایی در خصوص بهره‌برداری بهتر و بیشتر را در منطقه ایجاد می‌کند. بنابراین باید دانست که این برنامه‌ریزیها در صورتی موفق خواهد شد که مکانیسم و نقش سامانه‌های اصلی مؤثر بر اقلیم این منطقه بدرستی شناسایی شوند. از جمله سامانه‌هایی که در اقلیم منطقه مذکور منشأ اثر می‌باشد، پرفشار سیبری است که راجع به میزان و نحوه تأثیر آن بر اقلیم منطقه، نظرهای متفاوتی بین اقلیم‌شناسان کشور مطرح شده است که تبیین هرچه بهتر نقش و جایگاه سامانه مذکور در اقلیم سواحل جنوبی دریای خزر، مستلزم آن است که دانسته شود تا سامانه مذکور از چه زمانی و در چه الگوهای سینوپتیکی وارد منطقه می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که پژوهش حاضر به این منظور انجام شده است. لازم به ذکر است که درباره ماهیت و ویژگیهای پرفشار سیبری و تأثیرات آن بر اقلیم مناطق مختلف، کارهای متعددی در خارج و داخل کشور انجام شده است. بوریسو در سال ۱۹۶۵م. کتابی تحت عنوان آب و هوای شوروی را تألیف کرد. او در این کتاب آثار پرفشار سیبری را روی ناحیه مرکزی شوروی سابق مطالعه کرد. مطالعات او به‌طور عمده متکی به بررسی دما و بارش ایستگاههای منطقه مطالعه شده بود [۲، صص ۹۵-۹۶]. پاول لیدولف در سال ۱۹۷۷م. به بررسی علت اصلی تشکیل پرفشار سیبری پرداخت و منشأ آن را در سرمای ناشی از بازتاب دانست. او همچنین افزایش فشار سلول مرکزی آن را ناشی از نفوذ توده هوای سرد قطبی در لایه‌های فوقانی جو ذکر کرد.

لیدولف معتقد است پرفشار سیبری به هنگام افزایش فشار دارای گسترش افقی و نصف‌النهاری بوده است که با ایجاد حالت مانع، در حرکت سیکلونها به طرف روسیه نقش مهمی بازی می‌کند [۳، صص ۱۲۳-۱۲۵].

یوهی دینگ و کریشنامورتی در سال ۱۹۸۷ م. طی تحقیقی با عنوان «شار گرمایی پرفشار سیبری و مونسون زمستان» اظهار داشتند که سرمای ناشی از بازتابش زمین و حرکت نزولی هوا در مقیاس بزرگ، در تشکیل سامانه مذکور مؤثر بوده است و اثر گرمای محسوس در تغییر شکل پرفشار بدون تأثیر نیست. آنها همچنین ثابت کردند که پرفشار سیبری پس از مدت کوتاهی از محل تشکیل خود حرکت می‌کند و همان طوری که به عرضهای جنوبی‌تر می‌رسد، دمای مسیر خود را کاهش می‌دهد و تغییر شکل پیدا می‌کند [۴، صص ۲۴۲۸-۲۴۴۹].

زانگ و همکاران در سال ۱۹۹۶ م. ضمن بررسی اقلیم‌شناسی موسمیها و امواج سرد در شرق آسیا دریافتند که شدت بالای پرفشار سیبری در ماههای دسامبر و ژانویه رخ می‌دهد، در صورتی که بیشترین فراوانی امواج سرد در شرق آسیا مربوط به ماههای نوامبر و مارس می‌باشد. آنها در بیان علت این عدم تطابق، با استفاده از نتایج کار خود و دیگران بیان می‌کنند که الگوی جوی مقیاس بزرگ شرق آسیا در دوره گذر نوامبر و مارس معمولاً دارای شاخص پایین است (زو و همکاران ۱۹۷۹ م. نقل از زانگ ۱۹۹۶ م.) ولی در دسامبر و ژانویه الگو بزرگ مقیاس منطقه با شاخص بالا، به وسیله یک الگوی قوی از پرفشار سیبری و یک جت استریم شدید متمایز می‌شود و این الگو علی‌رغم فراوانی هوای سرد در این ایام (ژانویه و دسامبر) برای رخداد امواج سرد مناسب نمی‌باشد.

آنها نتایج کار خود را در گزارش شماره ۳۸ PCMDI منتشر کردند [۵، صص ۴-۵]. به همین دلیل امواج کوتاه بدون ایجاد مزاحمت یا آشوبی به‌طور سریع از میان چنین الگویی عبور می‌کنند [۶، صص ۹۰۳-۹۱۸]. از طرف دیگر شاخص پایین الگوی زمینه عموماً با یک بلوکیگ در روی قاره آسیا و ناوه عمیقی در امتداد سواحل همراه می‌باشد که بسیار ناپایدار است و جریان شمال شرقی روی دریاچه بایکال را سبب می‌شود؛ همچنین برای آزاد کردن انرژی بالقوه امواج کوتاه نقش ماشه را بازی می‌کند [۵، ص ۵].

ساحسامانگلو و همکارانش در سال ۱۹۹۱ م. ویژگیهای پرفشار سیبری را در دوره زمانی ۱۹۷۳ الی ۱۹۸۸ م. مطالعه کردند. این محققان با استفاده از نقشه‌های ماهانه نیمکره

شمالی در دوره مذکور، موقعیت جغرافیایی مرکز پرفشار، مقدار فشار مرکزی، دمای متوسط جو بین لایه‌های ۵۰۰ - ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و تغییرات درازمدت پرفشار را بررسی کردند [۷، ص ۱۰۴].

نتایج تحقیق آنان نشان داد که اغلب اوقات مرکز پرفشار سیبری در محدوده ۹۰-۱۰۰ درجه طول شرقی و ۴۰-۵۵ درجه عرض شمالی قرار دارد و در ۸۰ درصد از ماههای مطالعه شده، مقدار فشار مرکزی پرفشار بیشتر از ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بوده است در نتیجه می‌تواند گفت که قویتر از پرفشارهای جنب حاره‌ای است.

در ایران نیز چندین کار راجع به پرفشار سیبری و تأثیر آن بر اقلیم کشور صورت گرفته است، از جمله تقی‌زاده در سال ۱۳۶۶ طی تحقیقی با عنوان «بررسی سیل پاییز ۱۳۶۵ از نظر هواشناسی» درباره سامانه سیبری ابراز عقیده کرد. او معتقد است: مرکز فشار زیادی که روی سیبری ایجاد می‌شود و فشار درون آن گاهی بالغ بر ۱۰۸۵ هکتوپاسکال می‌شود، توده هوای بسیار سرد و سنگینی است که گاهی اوقات مرکز آن بین دریاچه بالخاش و بایکال قرار می‌گیرد؛ در این موقع هوای بسیار سرد از نواحی شمال شرقی داخل کشور می‌شود و دمای حداقل نواحی شمال استان خراسان به کمترین مقدار خود می‌رسد؛ بتدریج این توده هوا تمام ایران را فرا می‌گیرد و دمای اکثر نقاط ایران حتی استان خوزستان به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند [۸، صص ۵۱-۵۶].

بلیغی در سال ۱۳۷۵ ه.ش. در بررسی تأثیر پرفشار سیبری بر اقلیم خراسان نتیجه گرفت که بیش از ۹۰ درصد از یخبندانهای پاییزه خراسان را سامانه مذکور باعث شده است [۹، صص چکیده]. چوخابی‌زاده مقدم در سال ۱۳۷۶ ه.ش. در رساله دکترای خود با عنوان آثار سینوپتیکی پرفشار سیبری روی دمای شمال شرقی ایران در دوره زمانی ۱۹۸۴-۱۹۸۸ نتیجه گرفت که ماه اکتبر همزمان با تشکیل پرفشار سیبری بوده است؛ در این صورت از فراوانی و شدت بالایی برخوردار نیست، ولی از ماه نوامبر به بعد با افزایش تعداد روزهای تشکیل پرفشار سیبری، مقادیر فشار مرکزی آن نیز افزایش پیدا کرده و در نتیجه با گسترش نصف‌النهاری، زبانه جنوب غربی سامانه مذکور با عبور از شمال شرق کشور، موجب کاهش شدید دما در منطقه می‌شود [۱۰، صص ۱۰-۱۱].

علیجانی و براتی در سال ۱۳۷۶ ه.ش. با مطالعه الگوی سینوپتیکی یخبندانهای بهاره ایران و نقش پرفشار سیبری در این موضوع نتیجه گرفتند که یخبندانهای بهاره ایران با توسعه

پرفشار اروپا از غرب به ایران و ادغام شدن آن با زبانه‌های قوی پرفشار سیبری روی می‌دهد؛ در این حالت چنانچه محور ناوه در سامانه مذکور، شمال شرقی - جنوب غربی باشد، یخبندانهای شدید رخ می‌دهد ولی اگر محور ناوه، شمالی - جنوبی باشد، از شدت یخبندانها کاسته می‌شود [۱۱، صص ۱۲۱-۱۳۵].

علیجانی در سال ۱۳۶۹ ه.ش. طی مقاله‌ای ضمن بررسی عوامل و شرایط پرفشار سیبری به مقایسه دو الگوی متفاوت از این پرفشار پرداخت. او عامل اصلی شکلگیری این سامانه را امواج بادهای غربی می‌داند [۱۲، صص ۴۱-۵۱].

از بررسی مطالعات انجام شده چنین استنباط می‌شود که پرفشار سیبری یک مرکز پرفشار حرارتی است که از اوایل دوره سرد سال (اکتبر) در محدوده جغرافیایی بین  $60^{\circ}$  -  $120^{\circ}$  طول شرقی و  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  عرض شمالی روی خشکیهای وسیع آسیا و سیبری تشکیل شده است و با تغییرات مکانی اندک در محل تشکیل خویش، زبانه‌هایی را به اطراف از جمله شمال و شمال شرق ایران می‌فرستد؛ در این حالت سلول مرکزی آن تحت تأثیر شرایط ترمودینامیکی سطوح میانی تروپوسفر (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) تشدید یا تضعیف می‌شود، بنابراین پرفشارهای مهاجر غربی که در اثر امواج بادهای غربی وارد منطقه مطالعه شده می‌شوند، در این تحقیق جزء پرفشار سیبری محسوب نشده‌اند.

## ۲- مواد و روشها

در این پژوهش برای تعیین زمان ورود پرفشار سیبری به منطقه مطالعه شده، انتخاب معیاری که نشاندهنده ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی خزر باشد، مهمترین مسأله‌ای بود که باید ابتدا مشخص می‌شد. با علم به اینکه دما و فشار دو مؤلفه اصلی سامانه‌های پرفشار می‌باشند و با توجه به اینکه یوهی دینگ و کریشنامورتی در سال ۱۹۸۷ م. طی سلسله مطالعاتی نشان داده‌اند که نفوذ و گسترش پرفشار سیبری به چین با بادهای شدید و تنزل ناگهانی دما همراه است و برخی مواقع در حدود  $10^{\circ}\text{C}$  در یک دوره ۲۴ ساعته دمای هوا را پایین می‌آورد [۴، صص ۲۴۲۸ - ۲۴۴۹]. و همچنین با توجه به اصول قانون عمومی گازها که فشار هوا با دمای توده هوا و حجم آن رابطه معکوس و با چگالی آن رابطه مستقیم دارد، یعنی با کاهش دما از حجم توده هوا کاسته شده و در نتیجه فشار هوا در آن نقطه افزایش پیدا می‌کند. برای ورود و حضور پرفشار سیبری به منطقه مطالعه شده، سه معیار دمای

حداقل، میزان فشار ایستگاهها و حضور زبانه پرفشار سیبری با ایزوبار حداقل ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در نظر گرفته شد (لازم به ذکر است که از معیار آخر بلیغی [۹] و چوخابی زاده [۱۰] نیز در بررسی آثار پرفشار سیبری بر اقلیم شمال شرق ایران استفاده شده است). بنابراین داده‌های دمای حداقل و فشار ایستگاههای منتخب در ساعت صفر گرینویچ (۳/۵ بامداد محلی) برای ماههای سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر در دوره ۱۰ ساله آماری (۱۹۷۱-۱۹۸۰ م.) از بخش خدمات ماشینی و آرشیو سازمان هواشناسی اخذ شد و در جدولهای مخصوصی ثبت گردید [۱۳]: سپس روزهایی را که دمای حداقل و فشار ایستگاهها، نوسانهای چشمگیری داشته‌است، متمایز شد و برای نشان دادن عینی‌تر روزهای مورد نظر داده‌های دمای حداقل و فشار در نرم‌افزار اکسل به‌صورت نمودار ترسیم شد. در مرحله بعد برای به‌دست آمدن اطمینان از اینکه نوسانهای مذکور مربوط به پرفشار سیبری بوده است یا نه، برای روزهای متمایز شده، نقشه‌های هوای سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر گرینویچ (اطلس نقشه‌های روسی)، از جهت حضور یا عدم حضور زبانه پرفشار سیبری، بررسی شدند [۱۴]، در این بررسی تمام روزهایی که سه شرط تغییرات ناگهانی دما و فشار در ایستگاهها و همینطور حضور زبانه پرفشار سیبری را به‌طور همزمان دارا بودند، به‌عنوان مرحله آغازین ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر تعیین شد.

### ۳- یافته‌های تحقیق

این تحقیق با هدف تعیین زمان ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر انجام گرفته است. در فرایند انجام تحقیق به برخی ویژگیهای دیگر پرفشار سیبری و همینطور دیگر پرفشارهای سرد نیز برخورد شده است که بررسی و ارائه شده‌اند. با توجه به معیارهایی که ذکر شد، تعیین زمان ورود پرفشار سیبری به منطقه در طول یک دوره آماری ده ساله بررسی شده است. نتایج این بررسی (که در ارتباط ویژگیهای پرفشار سیبری، در زمان ورود به سواحل جنوبی دریای خزر بوده است) در جدول ۱ و وضعیت عناصر اقلیمی ایستگاههای منتخب منطقه در روز قبل از ورود، روز ورود و روز بعد از ورود پرفشار سیبری در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین فراوانی ورود پرفشار سیبری به منطقه (به میزان ۷۰ درصد) مربوط به ماه اکتبر می‌باشد که در این ماه بیش از ۷۱ درصد ورودها (۵۰ درصد کل موارد) به دهه دوم اکتبر اختصاص داشته

است. به عبارت دیگر حدود ۵۰ درصد از فراوانیهای ورود پرفشار سیبری به مقطع زمانی دهه دوم اکتبر - برابر با دهه سوم ماه مهر - تعلق گرفته است (جدول ۱). براساس جدول ۱، سلول مرکزی پرفشار سیبری در ۷۰ درصد از سالهای آماری بین عرضهای ۴۰ - ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۷۰ - ۹۰ درجه شرقی مستقر بوده است. در صورتی که در ۸۰ درصد از مواردی که زبانه پرفشار سیبری روی سواحل جنوبی دریای خزر وارد شده است، موقعیت مکانی سلول مرکزی اش در حوالی دریاچه‌های بالخاش و بایکال استقرار داشته است. همچنین ورود و تأثیرگذاری زبانه‌های پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر به شکل دو الگوی سینوپتیکی مستقل و ادغامی صورت گرفته است (ستون آخر جدول ۱) که در ادامه به تشریح هر یک پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است که میانگین ویژگیهای پرفشار سیبری در زمان ورود به سواحل جنوبی دریای خزر در سطر آخر جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ ویژگیهای پرفشار سیبری در زمان ورود به سواحل جنوبی دریای خزر در طول دوره آماری [۱۵]

سال	الگوی سینوپتیکی	فشار سلول مرکزی (hpa)	ایزوبار تأثیرگذار (hpa)	موقعیت مکانی مرکز پرفشار سیبری	موقعیت ریاضی سلول مرکزی پرفشار		زمان ورود	
					شمالی	شرقی	شمسی	میلادی
۱۹۷۱	ادغامی	۱۰۳۵	۱۰۲۰-۲۵	شرق دریاچه بالخاش	۴۵	۸۵	۲۲	۱۴ اکتبر
۱۹۷۲	ادغامی	۱۰۴۵	۱۰۲۰-۲۵	جنوب غرب دریاچه بایکال	۴۸	۹۷	۳	۲۵ اکتبر
۱۹۷۳	ادغامی	۱۰۳۰	۱۰۲۰	شرق دریاچه بالخاش	۴۸	۸۱	۷	۲۹ سپتامبر
۱۹۷۴	ادغامی	۱۰۵۰	۱۰۲۰	جنوب غرب دریاچه بایکال	۵۰	۹۸	۲۱	۱۳ اکتبر
۱۹۷۵	ادغامی	۱۰۴۰	۱۰۲۵	غرب دریاچه بایکال	۵۳	۱۰۴	۲۷	۱۹ اکتبر
۱۹۷۶	مستقل	۱۰۴۵	۱۰۳۰-۳۵	جنوب دریاچه	۴۴	۷۵	۱۰	۱

نوامبر	آبان	شرقی	شمالی	بالخاش				
۲۰ اکتبر	۲۸ مهر	۷۰ شرقی	۴۷ شمالی	غرب دریاچه بالخاش	۱۰۲۰-۲۵	۱۰۳۰	مستقل	۱۹۷۷
۱۵ اکتبر	۲۳ مهر	۷۱ شرقی	۴۳ شمالی	جنوب غرب دریاچه بالخاش	۱۰۲۵	۱۰۳۰	ادغامی	۱۹۷۸
۱۱ نوامبر	۲۰ آبان	۹۱ شرقی	۴۴ شمالی	جنوب شرق کوههای تئین	۱۰۳۰	۱۰۴۵	ادغامی	۱۹۷۹
۶ اکتبر	۱۴ مهر	۶۴ شرقی	۶۵ شمالی	شمال شرق کوههای اورال	۱۰۱۵-۲۰	۱۰۳۵	ادغامی	۱۹۸۰
۱۸ اکتبر	۲۷ مهر	۸۳/۵ شرقی	۴۸ شمالی	—	۱۰۲۴	۱۰۳۸/۵	—	میانگین



جدول ۲ بررسی وضعیت عناصر اقلیمی ایستگاههای منتخب منطقه در روز قبل از ورود، روز ورود و روز بعد از ورود پرفشار سیبری [۱۵]

ایستگاه	عناصر اقلیمی	۱۹۷۱			۱۹۷۲			۱۹۷۳			۱۹۷۴			۱۹۷۵	
		۱۳ اکتبر	۱۴ اکتبر	۱۵ اکتبر	۲۴ اکتبر	۲۵ اکتبر	۲۶ اکتبر	۲۸ سپتامبر	۲۹ سپتامبر	۳۰ سپتامبر	۱۲ اکتبر	۱۳ اکتبر	۱۴ اکتبر	۱۹ اکتبر	۲۰ اکتبر
انزلی	فشار	۱۰۲۴/۳	۱۰۲۳/۹	۱۰۲۳/۳	۱۰۱۸/۱	۱۰۲۴/۳	۱۰۲۲/۷	۱۰۲۶/۴	۱۰۲۵/۳	۱۰۲۳/۳	۱۰۲۱/۶	۱۰۲۵/۶	۱۰۲۴/۸	۱۰۲۶/۱	۱۰۲۷/۳
	بارش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵/۵	۰	۰	۰	۰	۲	۰	
	دما	۱۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	۱۸	۱۵	۱۶	۱۷	۱۳	۱۳	۱۱	۱۳	۱۴
	دمای شبنم	۱۴	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	۱۸	۱۵	۱۶	۱۶	۱۲	۱۳	۹	۱۳	۱۴
	رطوبت نسبی	۹۷	۸۹	۹۳	۹۶	۹۹	۹۶	۹۶	۹۴	۹۲	۹۷	۹۵	۸۸	۹۵	۹۴
بابلسر	فشار	۱۰۲۲/۴	۱۰۲۱/۷	۱۰۲۲/۱	۱۰۱۷/۱	۱۰۲۲/۵	۱۰۲۱/۲	۱۰۲۴/۸	۱۰۲۴/۱	۱۰۱۹/۷	۱۰۲۳/۸	۱۰۲۴/۸	۱۰۲۴/۳	۱۰۲۶/۴	۱۰۲۷/۵
	بارش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵	۰	
	دما	۱۳	۱۱	۱۳	۱۳	۱۳	۱۷	۱۰	۱۱	۱۲	۱۰	۱۲	۷	۱۳	۱۲
	دمای شبنم	۱۲	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۶	۱۰	۱۱	۱۲	۱۰	۱۲	۶	۱۱	۱۲
	رطوبت نسبی	۹۶	۹۴	۹۴	۹۶	۹۶	۹۴	۹۸	۹۴	۸۸	۹۸	۹۶	۹۵	۹۶	۹۶
گرگان	فشار	۱۰۱۸/۹	۱۰۱۷/۱	۱۰۱۷/۷	۱۰۱۲/۶	۱۰۱۶/۸	۱۰۱۶/۶	۱۰۲۱/۳	۱۰۲۱/۳	۱۰۱۶/۸	۱۰۱۹/۶	۱۰۲۱/۵	۱۰۲۰	۱۰۲۳/۷	۱۰۲۵/۸
	بارش	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۲	۰	
	دما	۱۳	۱۳	۱۴	۱۴	۱۵	۱۶	۹	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰	
	دمای شبنم	۸	۶	۹	۹	۷	۱۴	۸	۱۱	۹	۷	۲	۱	۹	

۲۰۰



رطوبت نسبی	۶۴	۵۹	۶۸	۶۸	۵۲	۸۰	ادامه جدول ۲			۷۸	۷۶	۶۳	۴۹	۳۹	۸۹	۸۵	۷۴
ایستگاه	عناصر اقلیمی	۱۹۷۶			۱۹۷۷			۱۹۷۸			۱۹۷۹			۱۹۸۰			
	اکتبر	۳۱	۱	۲	۱۹	۲۰	۲۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۰	۱۱	۱۲	۵	۶	۷	
انزلی	فشار	۱۰۳۳/۲	۱۰۲۷/۳	۱۰۲۰/۷	۱۰۲۸/۵	۱۰۱۹/۷	۱۰۱۷/۹	۱۰۲۸	۱۰۲۴/۱	۱۰۱۹	۱۰۳۱/۴	۱۰۳۱/۱	۱۰۲۸/۱	۱۰۱۴/۷	۱۰۲۳/۷	۱۰۲۱/۸	
	بارش	۱۲	۰	۰	۱۸	۰	-/۸	۸۱	-/۲	-/۴	۴	۰	۰	۰	۴		
	دما	۹	۶	۷	۱۱	۱۲	۱۲	۱۵	۱۴	۱۴	۱۲	۱۲	۹	۱۴	۱۶		
	دمای شبینم	۸	۶	۶	۱۱	۱۰	۱۱	۱۵	۱۳	۱۴	۱۲	۱۱	۹	۱۳	۱۶		
بابلسر	رطوبت نسبی	۹۳	۹۸	۹۵	۹۵	۹۰	۸۹	۹۵	۸۹	۹۶	۹۴	۹۰	۸۸	۸۵	۸۳		
	فشار	۱۰۳۴	۱۰۲۱/۸	۱۰۲۱/۱	۱۰۲۴/۸	۱۰۱۸/۶	۱۰۱۵/۹	۱۰۲۷/۵	۱۰۲۳/۵	۱۰۱۹	۱۰۳۱/۹	۱۰۳۱/۴	۱۰۲۸/۷	۱۰۱۴/۸	۱۰۲۱/۴		
	بارش	۰	۰	۰	۴۷	۰	۳/۳	۴۳	۰	۰	۱۱	۰	۰	۰	۳		
	دما	۷	۴	۵	۱۶	۱۶	۱۵	۱۵	۱۳	۱۳	۱۵	۱۱	۸	۱۵	۱۷		
گرگان	دمای شبینم	۵	۴	۱۵	۱۶	۱۳	۱۵	۱۵	۱۲	۱۲	۱۵	۱۱	۹	۱۵	۱۶		
	رطوبت نسبی	۸۱	۹۷	۹۴	۹۸	۹۴	۹۶	۹۴	۹۶	۹۴	۹۶	۹۵	۹۷	۹۰	۸۴		
	فشار	۱۰۲۳/۵	۱۰۲۵/۹	۱۰۱۸/۳	۱۰۲۳/۳	۱۰۱۴/۸	۱۰۱۰/۷	۱۰۲۳/۶	۱۰۲۰/۳	۱۰۱۶	۱۰۲۸/۱	۱۰۲۷/۶	۱۰۲۵/۱	۱۰۱۱/۴	۱۰۱۷/۸		
	بارش	-/۴	۰	۰	۸	۰.۲	-/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰		
دما	۵	۴	۶	۱۳	۱۳	۱۳	۱۵	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲	۹	۲۰	۱۷			

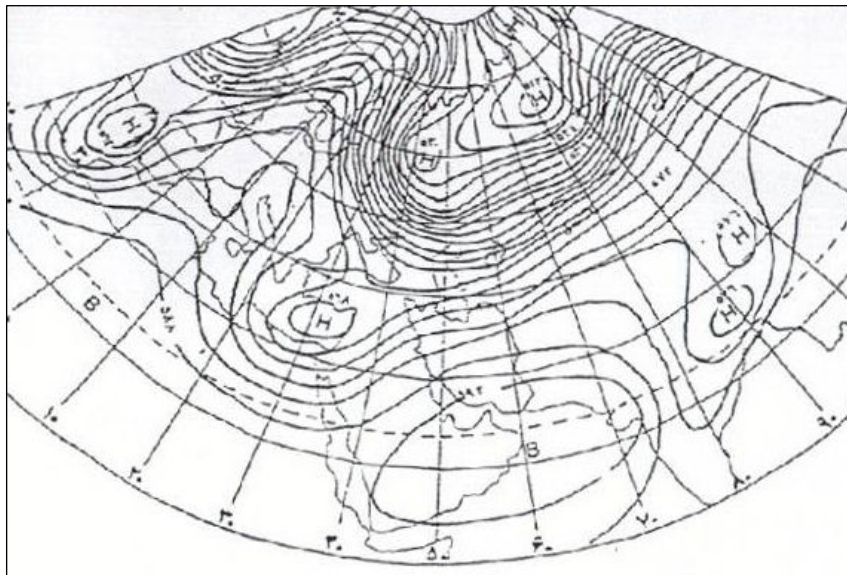
۱۵	۱۳	۱۹	۷	۹	۱۲	۹	۹	۷	۱۲	۱۲	۱۳	۱۳	۲	۳	دمای شبیم
۷۴	۷۱	۹۱	۸۲	۹۰	۹۴	۷۷	۷۷	۵۸	۹۱	۹۴	۹۸	۷۴	۸۴	۸۴	رطوبت نسبی

#### ۴- الگوی مستقل

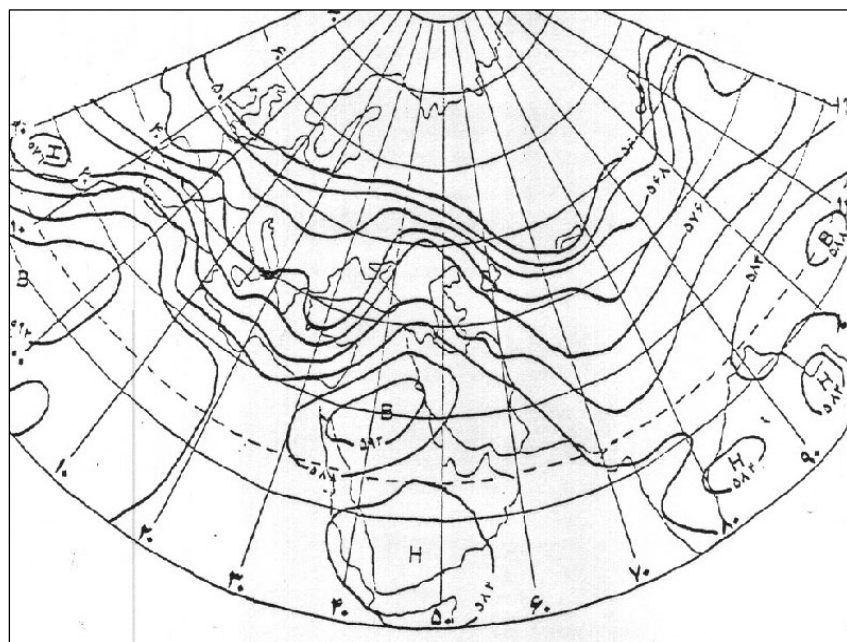
در الگوی مستقل، موقعیت استقرار سامانه سیبری در شرق و شمال شرق دریای خزر است که در این حالت ایزوبارهای زبانه جنوب غربی آن امکان تأثیر بر منطقه را پیدا می‌کنند. فراوانی الگوی مستقل فقط (۲۰ درصد) و تنها در سالهای ۱۹۷۶ و ۱۹۷۷ م. مشاهده شده است. نمونه مربوط به سال ۱۹۷۷ م. در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود. در الگوی سال ۱۹۷۷ م. یک سامانه پرفشار مهاجر هم در غرب دریای خزر حضور دارد. این پرفشار مهاجر وابسته به مراکز کم ارتفاع نسبتاً قوی است که در سطوح میانی تروپوسفر (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) و در شرق و شمال شرق اروپا استقرار دارند (شکل ۲). همان طور که در نقشه سطح زمین روز ۲۰ اکتبر سال ۱۹۷۷ م. در شکل ۳ مشاهده می‌شود، زبانه جنوبی کم‌فشار شرق اروپا تا قسمتهای شمالی دریای خزر گسترش پیدا کرده و مانع از ادغام پرفشار سیبری و پرفشار مهاجر (که بترتیب در شرق و غرب خزر مستقر هستند) شده است.



شکل ۱ نقشه ساعت 00 روز ۲۰ اکتبر ۱۹۷۷ م. سطح زمین



شکل ۲ نقشه ساعت 00 روز ۲۰ اکتبر ۱۹۷۷ م. ترانز hpa ۵۰۰

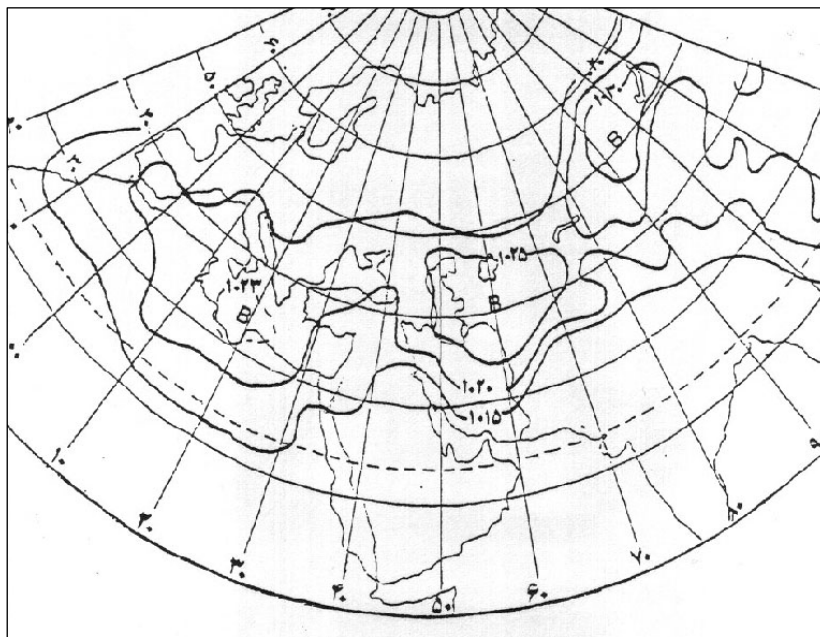




شکل ۳ نقشه ساعت 00 روز ۱۳ اکتبر ۱۹۷۱ م. تراز ۵۰۰ hpa

### ۵- الگوی ادغامی

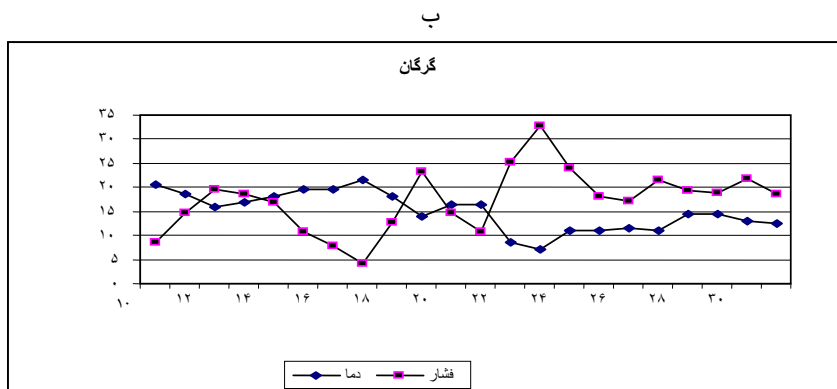
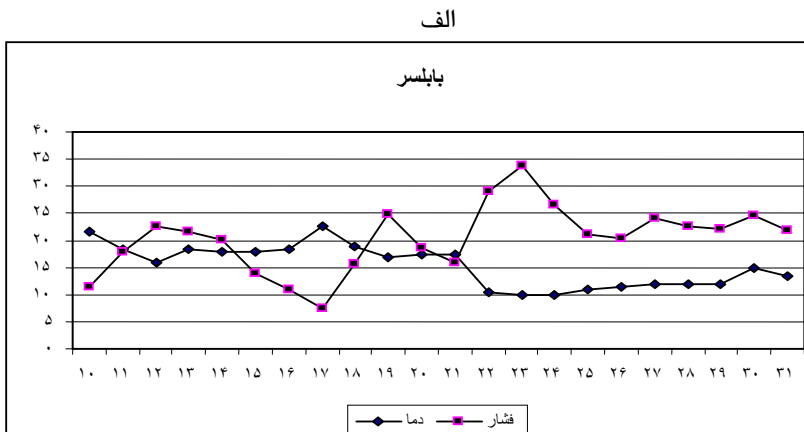
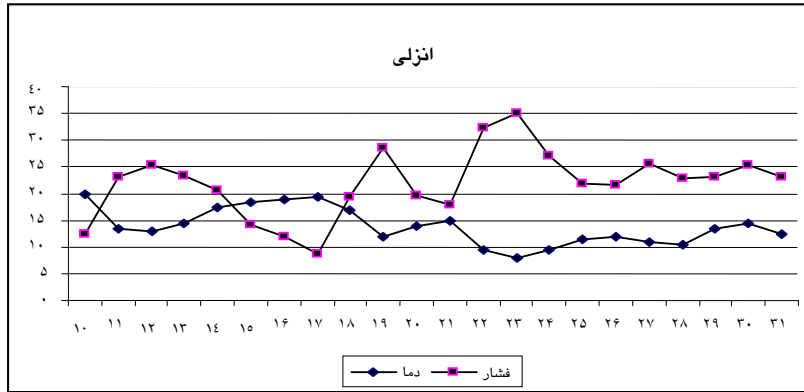
الگوی دیگر، ادغامی نام گرفته است. این الگو معمولاً از ادغام پرفشار سیبری با پرفشارهای مهاجری که با جابه‌جایی در امتداد مسیر بادهای غربی به سمت شرق حرکت کرده و به ناحیه خزری می‌رسند به وجود می‌آیند (شکل‌های ۳ و ۴). در این شرایط معمولاً کمربندی از سامانه‌های پرفشار از آسیای شمال شرقی تا شرق و جنوب اروپا به وجود می‌آید. در چنین شرایطی نفوذ زبانه‌های پرفشار به منطقه جنوب خزر به صورت الگوی ادغامی صورت می‌گیرد. فراوانی این شرایط معادل ۸۰ درصد از سالهای آماری را شامل می‌شود.



شکل ۴ نقشه ساعت 00 روز ۱۳ اکتبر ۱۹۷۱ م. تراز ۵۰۰ hpa

## ۶- تحلیل سینوپتیکی

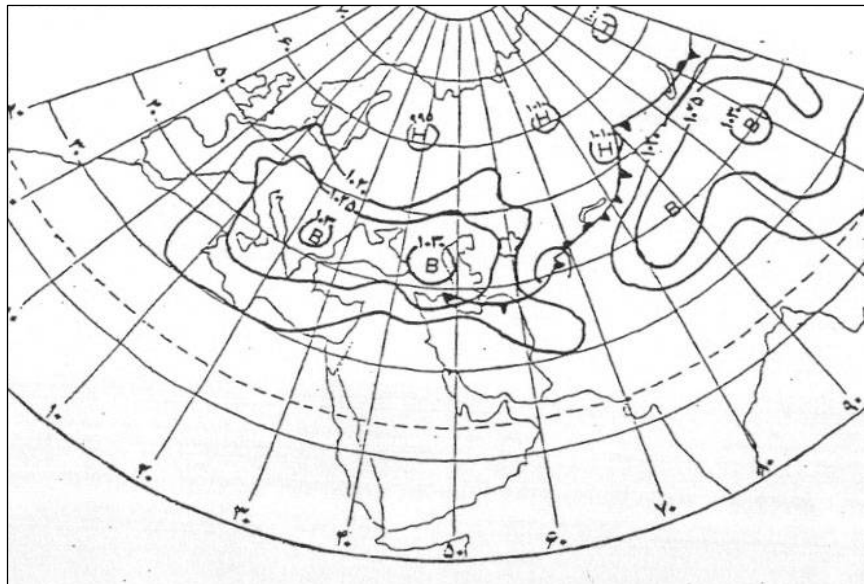
به منظور ارائه تحلیلی جزئی‌تر از چگونگی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، الگوی سال ۱۹۷۷م. (که یک نمونه از الگوهای مستقل به حساب می‌آید) به‌عنوان نمونه انتخاب شد و مورد تحلیل سینوپتیکی قرار گرفت. در این سال همان طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، تا روز ۱۸ اکتبر (برابر با ۲۶ مهر) چند مورد تغییرات قابل توجه در فشار و دمای ایستگاههای مطالعه شده مشاهده شده است.



شکل ۵ سری زمانی دما و فشار ایستگاههای مطالعه شده از روز ۱۰ - ۳۱ اکتبر سال ۱۹۹۷ م.



اما در همه این موارد، نقشه‌های سطح زمین اثری از حضور زبانه پرفشار سیبری را نشان نمی‌دهند. به این معنا که کاهش دما و افزایش فشار در ایستگاههای منطقه با حضور زبانه پرفشار سیبری همراه نبوده است تا اینکه در روز ۱۹ اکتبر سامانه پرفشار مهاجر در منطقه حاکمیت پیدا می‌کند. سلولهای مرکزی این سامانه با ۱۰۳۰ هکتوپاسکال فشار، در غرب دریای خزر و نیمه جنوبی اروپا مستقر شده و زبانه‌های آن ضمن تأثیر بر نواحی شمال غرب، شمال و شمال شرق کشور تا شرق دریاچه آرال پیشروی کرده‌اند (شکل ۶).

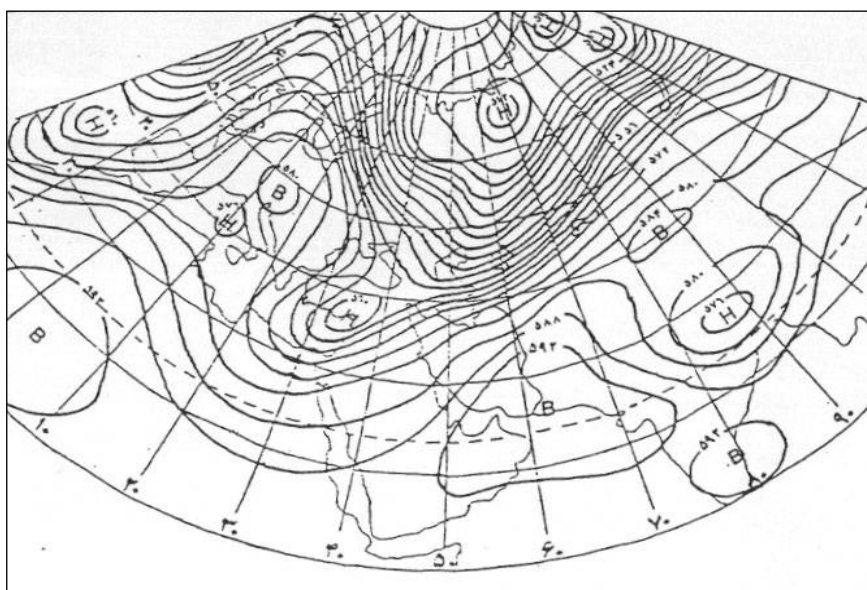


شکل ۶ نقشه ساعت 00 روز ۱۹ اکتبر ۱۹۷۷ م. سطح زمین

در چنین شرایطی زبانه‌های سامانه مذکور با چرخش آنتی‌سیکلونی سبب فرارفت هوای سرد از عرضهای بالا، از جنوب کوههای اورال و ارتفاعات مرکزی روسیه به روی سواحل جنوبی خزر شده است. در این روز میزان فشار ایستگاههای منطقه به طور میانگین ۹/۵ هکتوپاسکال افزایش پیدا کرده است و به ۱۰۲۸/۵ هکتوپاسکال در انزلی، ۱۰۲۴/۸



هکتوپاسکال در بابلسر و ۱۰۲۳/۳ هکتوپاسکال در گرگان رسیده است (جدول ۲، شکل ۵). همچنین مهمترین ویژگی نقشه سطح زمین در این روز برای قاره آسیا، استقرار پرفشار سیبری با دو سلول مرکزی در انتهای ترین قسمت جنوبی مکان نرمال خویش (مدار ۴۰° شمالی) بوده است که سلول اصلی آن با فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۱۰۸° شرقی و در جنوب فلات مغولستان قرار گرفته است (شکل ۶). لازم به ذکر است که شرایط مذکور باعث گسترش سامانه‌های کم‌فشار جبهه‌ای به روی دشتهای وسیع سیبری و آسیای مرکزی شده است. جبهه‌های سرد سامانه مذکور به صورت یک مجموعه گسترده سیکلونی (سیکلون فامیلی) با امتداد شمال شرق - جنوب غرب از جلگه سیبری تا سواحل جنوبی خزر امتداد یافته‌اند. نقشه سطوح میانی تروپوسفر در روز ۱۹ اکتبر نشان‌دهنده شاخص مداری پایین در بادهای غربی یا اصطلاحاً غلبه حرکت نصف‌النهاری می‌باشد (شکل ۷). این شرایط شدت انتقال انرژی بین عرضهای جغرافیایی بالا و پایین را نشان می‌دهد؛ همچنین مشاهده کم ارتفاعهای بریده و پرفشار مانع تأییدکننده این نکته می‌باشد (شکل ۷). پشته گرمی که تا اروپای غربی و حتی سواحل غربی اسکاندیناوی نفوذ کرده است و باعث مستقر شدن یک سلول بسته با کنتور ۵۸۰ ژئوپتانسیل دکامتر در شمال ایتالیا شده است، با فرارفت هوای سرد روی دریای سیاه، شرق مدیترانه و نیز شمال دریاچه‌های خزر و آرال، سبب شکلگیری ناوهای عمیق با سه مرکز کم ارتفاع بریده با خطوط کنتور ۵۱۲ و ۵۱۶ ژئوپتانسیل در شمال و شمال شرقی سرزمین سیبری نیز شده است (شکل ۷).



شکل ۷ نقشه ساعت 00 روز ۱۹ اکتبر ۱۹۷۷ م. تراز ۵۰۰ hpa

لازم به ذکر است که مرکز کم ارتفاع دیگری نیز با کنتور ۵۶۰ ژئوپتانسیل دکامتر در داخل ناوه مذکور روی شمال شرق مدیترانه شکل گرفته است. قرارگیری نیمه شرقی ناوه فوق در شمال فلات ایران و روی آسیای میانه تا شمال دریاچه بایکال، ضمن توجیه وجود سیکلونهاى فامیلی سطح زمین، دلالت بر ریزش هوای سرد روی سواحل جنوبی دریای خزر، افت دما و افزایش فشار درون ایستگاههای مطالعه شده (در این روز) دارد. نتیجه این وضعیت استقرار دو مرکز پرفشار حرارتی وسیع می‌باشد که در شکل ۵ بخوبی نشان داده شده است. همینطور استقرار سلول پرارتفاع جنب حاره با کنتور ۵۹۲ ژئوپتانسیل دکامتر در جنوب شرق ایران سبب تمایل محور ناوه مذکور و در نتیجه مانع از امتداد یافتن محور ناوه مذکور روی ایران شده است.

روز بعد (۲۰ اکتبر) به دلیل تغییر آرایش سینوپتیکی خطوط کنتور در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲)، مرکز کم فشاری که روز ۱۹ اکتبر با فشار مرکزی ۹۵۵ هکتوپاسکال در شمال ارتفاعات مرکزی روسیه و در عرض  $61^{\circ}$  شمالی و طول  $39^{\circ}$  شرقی قرار داشت، به عرضهای پایینتر جابه‌جا می‌شود؛ سپس به یک مرکز کم فشار قوی با چهار منحنی بسته تبدیل می‌گردد (شکل ۱). آرایش سینوپتیکی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی در این روز نوعی جابه‌جایی به سمت غرب را در مکان‌گزینی سامانه‌ها نشان می‌دهد. این جابه‌جایی به دلیل افزایش طول موج جریانهای غربی و همینطور افزایش پارامتر کوریولیس (ناشی از حرکت نصف‌النهاری شدید در ضلع غربی پشته) می‌باشد. به همین دلیل با گسترش ناوه شمال آسیا به سمت غرب، یک مرکز کم ارتفاع نیز با کنتور ۵۲۰ ژئوپتانسیل دکامتر در غرب کوههای اورال مستقر شده است. این جابه‌جایی با شرایط دینامیکی جو منطقه هماهنگ بوده است و همچنین نشان‌دهنده جابه‌جایی ناوه شمال آسیا به سمت جنوب غرب نیز می‌باشد. شایان ذکر است که جابه‌جایی و گسترش ناوه مذکور به سمت عرضهای جنوبی و طولهای غربی، باعث جابه‌جایی و تغییر وضعیت پرفشارهای مهاجر نسبت به روز قبل شده است. به طوری که در

نقشه‌های سطح زمین مشاهده می‌شود، پرفشار مهاجر در روز ۲۰ اکتبر از گسترش مداری روز قبل به حالت نصف‌النهاری تغییر شکل پیدا کرده و سلولهای مرکزی آن نیز از نظر شدت و موقعیت تغییر کرده است (شکل‌های ۱، ۶). یکی از سلولهای آن روی کشور ایتالیا و دیگری در شمال شرق شبه جزیره اسکاندیناوی با فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال مستقر شده است. در نهایت با حرکت پرفشار مهاجر به سمت غرب، فضا برای گسترش و توسعه زیانه‌ها به سمت غرب و ورود آن به منطقه مطالعه شده مهیا شده است (شکل‌های ۱ و ۵ مقایسه شود). در این روز سلول مرکزی سامانه سیبری با فشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال در موقعیت مکانی غرب دریاچه بالخاش استقرار دارد. در این موقعیت مکانی، ایزوبار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی پرفشار سیبری با عبور از شمال شرق ایران با جهت شرقی- غربی به انتهایی‌ترین نقطه در قسمت جنوب غربی سواحل خزر می‌رسد؛ سپس از آنجا با جهت جنوب به شمال از میان دریای خزر عبور می‌کند.

به این ترتیب روز ۲۰ اکتبر برابر با ۲۸ مهر در سال ۱۹۷۷ م. به‌عنوان اولین ورود سامانه پرفشار سیبری به منطقه مطالعه شده تلقی شده است (شکل ۱). در این روز به دلیل چرخش آنی سیکلونی هوا در سامانه سیبری، هوای خشک و کم فشارتری از عرضهای همجوار جنوب شرقی به منطقه جنوب خزر فرارفت شده است و بر خلاف انتظار، میزان فشار ایستگاهها نسبت به روز قبل (۱۹ اکتبر) به‌طور محسوسی کاهش یافته است. به‌طوری که در ایستگاه انزلی از ۱۰۲۸/۵ به ۱۰۱۹/۷ هکتوپاسکال، در بابلسر از ۱۰۲۴/۸ به ۱۰۱۸/۶ هکتوپاسکال و در گرگان از ۱۰۲۳/۳ به ۱۰۱۴/۸ هکتوپاسکال رسیده است (جدول ۲، شکل ۵). البته همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، این اختلاف به استقرار پرفشار مهاجری مربوط می‌شود که در روز قبل روی منطقه حاکم بوده و با توجه به ماهیت بسیار سرد خود، سبب افزایش قابل توجه فشار هوا در ایستگاههای مذکور شده است. از طرف دیگر همزمان با ورود سامانه پرفشار سیبری رطوبت نسبی ایستگاهها نیز کاهش قابل توجهی داشته است. به طوری که رطوبت نسبی در انزلی از میزان ۹۵ درصد به ۹۰ درصد و در بابلسر و گرگان از ۹۸ درصد به ۹۴ درصد کاهش یافته است (جدول ۲). کاهش در رطوبت نسبی (که تقریباً در دمای ثابت رخ داده است) بیانگر خشکی هوای آن است؛ زیرا جریانهای سیبری قبل از ورود به سواحل خزر از سرزمینهای بری عبور کرده‌اند که این امر موجب تضعیف جبهه سرد مستقر در جنوب دریای خزر شده است. از طرف دیگر پرفشار سیبری با فرارفت هوای

خشک سبب تضعیف فعالیت جبهه‌ای و کاهش یا قطع بارش نیز شده است (جدول ۲). بنابراین در ایستگاههای انزلی، بابلسر و گرگان که در روز قبل (۱۹ اکتبر) بترتیب ۱۸، ۴۷ و ۸ میلی‌متر بارش داشته‌اند، در روز ورود پرفشار سیبری (۲۰ اکتبر) هیچ بارشی را دریافت نکرده‌اند (جدول ۲، ستون مربوط به سال ۱۹۷۷ م.).

## ۷ - نتیجه‌گیری

۱- بیشترین فراوانی از نظر زمان آغاز فعالیت پرفشار سیبری در سواحل جنوبی دریای خزر در طول دوره آماری، به میزان ۷۰ درصد و مربوط به ماه اکتبر (مهر) بوده است که در این ماه بیشترین فراوانی به میزان ۵۰ درصد نیز مربوط به دهه دوم اکتبر (که برابر با دهه سوم مهرماه می‌باشد) تعلق دارد (جدول ۱).

۲- استقرار سلول مرکزی سامانه سیبری بین عرضهای جغرافیایی  $40^{\circ}$  -  $50^{\circ}$  شمالی و طول  $70^{\circ}$  تا  $100^{\circ}$  شرقی، موقعیت ریاضی مناسبی برای تأثیرگذاری زبانه‌های پرفشار سیبری بر سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد؛ به طوری که این شرایط در کل دوره آماری در ۸۰ درصد از موارد مشاهده شده است.

۳- از نظر موقعیت مکانی، بهترین شرایط برای تأثیرگذاری زبانه‌های پرفشار سیبری بر سواحل جنوبی دریای خزر، استقرار سلول مرکزی آن در حوالی دریاچه‌های بالخاش و بایکال می‌باشد. لازم به ذکر است که این شرایط در ۸۰ درصد از موارد مشاهده شده است.

۴- در ۷۰ درصد از موارد، اولین ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی خزر، توأم با کاهش میزان رطوبت نسبی و فشار ایستگاهها بوده است. در ۹۰ درصد از موارد هم هیچ بارشی در ایستگاهها به ثبت نرسیده است. شرایط مذکور، بیانگر خشکی جریانهای ورودی به وسیله این سامانه بوده است و پتانسیل ضعیف آن را در وقوع بارشهای منطقه بیان می‌کند. به نظر می‌رسد کاهش میزان فشار ایستگاهها همزمان با ورود زبانه‌های پرفشار سیبری، به طوری که این دلیل باشد که این منطقه غالباً قبل از ورود پرفشار سیبری، تحت استقرار سامانه‌های پرفشار مهاجر قرار می‌گیرد؛ به طوری که فرارفت هوای سرد عرضهای بالاتر به وسیله پرفشارهای مهاجر، موجب افزایش قابل ملاحظه فشار ایستگاهها می‌شوند. همینطور با توجه به موقعیت استقرار سلول مرکزی سامانه سیبری در شرق خزر و چرخش آنتی‌سیکلونی آن، جریانهای گرمتر هوا را در جهت حرکت عقربه‌ها از عرضهای پایتتر یا



همجوار وارد منطقه می‌کند. بنابراین تحت این شرایط طبیعی است که میزان فشار نه تنها افزایش نداشته، بلکه کاهش هم داشته است.

۵- ورود و تأثیر زبانه‌های پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر در دو الگوی سینوپتیکی مستقل و ادغامی صورت گرفته است که ۸۰ درصد فراوانی مربوط به الگوی ادغامی می‌باشد.

## ۸- منابع

- [۱] لشکری، حسن؛ «مطالعه پراکنندگی جغرافیایی وقوع آنتی‌سیکلونها بر روی ایران»؛ رشد جغرافیا، شماره ۴۱، بهار ۱۳۷۵.
- [2] Borisov, A. A.; "Climates of the U.S.S.R"; *Lecture in geography*; Edited by Cyrila Halstead, University of Glasgow, Oliver, Printed in Great Brittan, 1965.
- [3] Iydolph, Paul; "Climates of the soviet union"; World Survey of Climatology. Volume, 7, *Department of Geography University of Wisconsin Milwaukee*, 1977.
- [4] Ding, Y. H. & T. N. Krishnamurti; Heat budget of the siberian high and the winter monsoon; *Monthly Weather Review* Vol, 115, 1987.
- [5] Zhang, Y. et. al.; Climatology of east asia winter monsoon and cold surges program for climate model diagnosis and intercomparison (PCMDI); No. 38, 1996.
- [6] Boyle, J.S.; Comparison of the synoptic condition in mid-latitudes accompanying cold surges over the Eastern Asia for the month of December 1974 and 1978. Part 1: monthly mean fields and individual events. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1986a.
- [۷] علیجانی، بهلول؛ اقلیم‌شناسی سینوپتیک؛ انتشارات سمت، تهران، چ ۱، ۱۳۸۱.
- [۸] تقی‌زاده، حبیب؛ «بررسی سیل پاییز ۱۳۶۵ از نظر هواشناسی»؛ مجله رشد زمین‌شناسی، ش ۶، ۱۳۶۶.

- [۹] بلیغی، مهدی؛ «ورود پرفشار سیبری به خراسان و تأثیر آن بر اقلیم منطقه»؛ رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۷۵.
- [۱۰] چوخاچی زاده مقدم، محمد باقر؛ تحلیل سینوپتیکی اثر پرفشار سیبری بر دمای شمال شرق ایران؛ رساله دکتری دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.
- [۱۱] علیجانی، بهلول و غلامرضا براتی؛ تحلیل سینوپتیک یخبندان فروردین سال ۱۳۶۶؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی سال یازدهم، ش ۴۰، ۱۳۷۵.
- [۱۲] علیجانی، بهلول؛ «چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران»؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، س ۵، ش ۱۷، ۱۳۶۹.
- [۱۳] سازمان هواشناسی کشور؛ مرکز خدمات ماشینی، آمار روزانه عناصر اقلیمی ایستگاههای انزلی، بابلسر، گرگان در سالهای ۱۹۷۱ الی ۱۹۸۰ میلادی؛ تهران.
- [۱۴] سازمان هواشناسی کشور؛ نقشه سینوپتیک روسی سالهای ۱۹۷۱ الی ۱۹۸۰ میلادی؛ کتابخانه مرکزی؛ تهران.
- [۱۵] عزیزی، قاسم، یوسفی، حسن؛ زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر؛ دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، ۱۳۸۲.