



Golestan University



Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 6, No. 23, Autumn 2025



Analysis of synoptic patterns and the position of the Subtropical Jet in severe wet year in the northern of Iran

Homa Dorostkar Golkhaili¹, Hasan Lashkari^{2*}, Zainab Mohammadi³

¹ Ph.D student of Climatology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Professor of Natural Geography Department, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ Postdoctoral Research Associate of of Synoptic climatology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-01-22

Accepted: 2025-06-24

Keywords:

Synoptic pattern
Subtropical jet
Wet year
The northern region
Iran

ABSTRACT

The jet stream, which typically forms in the upper levels of the troposphere, plays a crucial role in guiding the movement of rain-producing systems. This study identified and introduced the dominant synoptic patterns associated with severe wet year in the northern of Iran. Then, Daily precipitation data from selected stations the northern region of Iran, (the provinces of Guilan, Mazandaran, and Golestan), has been collected in a 33-year period corresponding to three solar cycles (22, 23 and 24). Based on the annual average precipitation and SPI index, and using DIP software, severe wet years were extracted. After identifying wet years, atmospheric data for heavy and super heavy precipitation days, including data on orbital and meridional wind speed components, specific humidity, and omega levels of 1000 to 500 hpa, were obtained from the NCEP/NCAR and ECMWF websites. Then, using factor analysis and repeated visual inspections, the most frequent patterns were selected for synoptic analysis. results of the study showed that migratory high, Sudanese low pressure/migratory high, African high, vortex, vortex/migratory high, Siberian high /migratory high, Sudanese low pressure/Mediterranean cyclone, monsoon, monsoon/migratory high, and Sudanese low pressure/vortex are the dominant synoptic patterns on days of heavy rainfall in the northern region of Iran. results of the study showed that Migrant High is the dominant synoptic pattern on heavy rainfall in the northern of Iran. On heavy rainfall days in northern Iran. it show that the moisture source at lower and middle levels of the troposphere primarily comes from the Caspian Sea. At higher levels, moisture originates from the convergence zone and is transported to northern Iran. the best and most suitable location of the central core of the jet to intensify instabilities in the northern region of Iran, is the northern region of Iraq to East Azerbaijan province

Cite this article: Dorostkar Golkhaili, H., Lashkari, H., Mohammadi, Z. (2025). Analysis of synoptic patterns and the position of the Subtropical Jet in severe wet year in the northern of Iran. Journal of the Climate Change research, 6 (23), 41-56.



©The author(s)

Publisher: Golestan University

DOI: [10.30488/CCR.2025.501612.1266](https://doi.org/10.30488/CCR.2025.501612.1266)



واکاوی الگوهای هم‌مدیدی پر تکرار در ایجاد ترسالی‌های شدید شمال ایران

هما درستکار گل‌خیلی^۱، حسن لشکری^{۲*}، زینب محمدی^۳

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران، h_dorostkargolkhaili@sbu.ac.ir

^۲ استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران، رایانامه: dr_lashkari61@yahoo.com

^۳ پسادکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران، رایانامه: z_mohammadi@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱</p> <p>واژه‌های کلیدی: لگوی هم‌مدید جت جنب‌حاره ترسالی منطقه شمال ایران</p>	<p>در این پژوهش به شناسایی و معرفی الگوهای هم‌مدیدی غالب در ترسالی‌های شدید شمال ایران پرداخته شد. در این راستا از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های منتخب منطقه شمال ایران (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) در یک دوره آماری ۳۳ ساله و منطبق با سه چرخه خورشیدی (۲۲، ۲۳ و ۲۴) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. بر اساس میانگین سالانه‌ی بارش و شاخص SPI و با استفاده از نرم‌افزار DIP، ترسالی‌های شدید، که در آنها حداقل در نیمی از ایستگاه‌ها درگیر ترسالی باشند، استخراج گردید. پس از شناسایی ترسالی‌های شدید، داده‌های جوی برای روزهای بارشی سنگین و ابرسنگین مشتمل بر داده‌های مؤلفه سرعت باد مداری و نصف‌النهاری، نم و ویژه و امگای ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال از تارنمای NCEP/NCAR و ECMWF اخذ گردید. سپس با استفاده از روش تحلیل عاملی و بررسی‌های مکرر چشمی، پرتکرارترین الگوها برای تحلیل هم‌مدیدی انتخاب شدند. نتایج پژوهش نشان داد که واچرخند مهاجر، کم‌فشار سودان/واچرخند مهاجر، واچرخند افریقا، ورتکس، ورتکس/واچرخند مهاجر، واچرخند سیبری/واچرخند مهاجر، کم‌فشار سودان/چرخند مدیترانه، مونسون، مونسون/واچرخند مهاجر و کم‌فشار سودان/ورتکس، الگوهای هم‌مدیدی غالب در روزهای بارشی سنگین در منطقه شمال ایران هستند؛ در بین الگوهای ذکر شده، الگوهای واچرخند مهاجر و کم‌فشار سودان/واچرخند مهاجر، از مناسب‌ترین الگوها برای بارش‌های ابر سنگین در این منطقه می‌باشند. در بیشتر الگوهای هم‌مدیدی غالب در روزهای بارشی سنگین در منطقه شمال ایران، منبع رطوبتی در ترازهای زیرین و میانی وردسپهر، اغلب دریای خزر و در ترازهای بالاتر از منطقه همگرایی سرچشمه گرفته و از طریق جریانات جلوی ناوه به منطقه شمال ایران فرارفت شده است. همچنین موقعیت جریان‌های جتی جنب‌حاره در اغلب روزهای بارشی فوق سنگین در طول ۳۰ تا ۶۰ درجه شرقی و با گرایش نصف‌النهاری قرار داشتند و بهترین و مناسب‌ترین موقعیت استقرار هسته‌ی مرکزی جت برای تشدید ناپایداری‌ها در منطقه شمال ایران، محدوده‌ی شمال عراق تا استان آذربایجان شرقی و اردبیل می‌باشند.</p>

استناد: درستکار گل‌خیلی، هما؛ لشکری، حسن؛ محمدی، زینب. (۱۴۰۴). واکاوی پویایی پوشش گیاهی حوضه‌های آبریز کشور ایران در ارتباط با شرایط خشکسالی. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۶ (۲۳)، ۵۶-۴۱.



مقدمه

هسته‌ی جت از مهمترین عوامل صعود دینامیکی می‌باشد؛ موقعیت جت جنب‌حاره، تنظیم‌کننده و مبدل جریان‌های جوی در همه‌ی سطوح بین دو منطقه‌ی حاره و برون‌حاره است (کیت بوشر: ۱۳۸۵؛ به نقل از عساکره و همکاران، ۱۳۹۲). این امر سبب شده است تا مطالعه و بررسی این پدیده در وضعیت اقلیمی هر منطقه از دنیا، مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. تأثیرگذاری کوتاه‌مدت جت ایجاد چرخند و بارش و تأثیرگذاری بلندمدت آن شامل تغییر درجه حرارت فصلی و ناهنجاری‌های بارش است (بارتن و ایس، ۲۰۰۹). جریان جت که عموماً در ترازهای بالاتر تروپوسفر تشکیل می‌شود، به دلیل تشدید واگرایی و همگرایی‌های سطوح زیرین خود نقش اساسی را در کنترل مسیر حرکت سامانه‌های باران‌زا، زمان ورود و خروج سامانه‌ها، تعیین دوره‌های بارش و تغییرات فصلی ایفا می‌کند. از این رو مطالعه‌ی رفتار جت جنب‌حاره و تعیین الگو یا الگوهای همدیدی غالب در ترسالی‌های شدید، جهت مدیریت مناسب منابع آبی و شناسایی و یا پیش‌بینی خطرات احتمالی، زیان‌ها و آسیب‌های ناشی از سیلاب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، تأثیر جت در تشدید صعود یا نزول هوا در ترازهای زیرین جو، ارتباط بارندگی با موقعیت جت‌ها را نشان داده (سعیدآبادی و همکاران، ۱۳۹۴) و شناخت سازوکار و نحوه‌ی استقرار جت، به عنوان یکی از عوامل بسیار مهم و تأثیرگذار بر اقلیم ایران، اهمیت بسیاری در تبیین و پیش‌بینی بارش‌های سنگین و نیمه سنگین خواهد داشت، که در نهایت در تدوین برنامه‌ها و راهبردهای مقابله با تنشهای اقتصادی-اجتماعی-سیاسی و زیست‌محیطی کمک زیادی خواهد کرد. منطقه شمال ایران (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان) با توجه به موقعیت جغرافیایی، از تنوع نسبتاً زیادی در الگوهای بارشی و یا سامانه‌های بارش‌زا برخوردار است، به طوری که سهم بالایی از میانگین بارش سالانه در این منطقه رخ می‌دهد. در رابطه با موضوع پژوهش،

تحقیقاتی در زمینه‌ی سیستم‌های فشاری یا سیستم‌های بارش‌زا در منطقه شمال ایران انجام یافته است، اما در زمینه موقعیت استقرار جریان جتی جنب‌حاره بر ایجاد شرایط ترسالی در این منطقه و همچنین الگوهای همدیدی غالب در ایجاد شرایط فوق، پژوهش جامعی صورت نگرفته است، که در این پژوهش به آن می‌پردازیم. در راستای پژوهش حاضر، تحقیقاتی در خارج و داخل کشور انجام پذیرفته است. پالمن^۲ (۱۹۵۱) اولین مطالعه‌ی مربوط به جایگاه متوسط جت را انجام داده است (سها^۳، ۲۰۱۰ به نقل از عساکره و همکاران، ۱۳۹۲). پس از آن کریشنامورتی^۴ (۱۹۶۱)، دیفانت^۵ (۱۹۵۹) و کارین^۶ (۱۹۷۹) به پژوهش در رابطه با موقعیت مکانی جت جنب‌حاره در فصل زمستان و همچنین نقشی که در چرخندزایی مرکز و شرق مدیترانه داشته‌اند، پرداختند. دگرمزیک و ویبگ^۷ (۲۰۰۷) و فو^۸ و لین^۹ (۲۰۱۱) در واکاوی الگوهای جریان جت در اروپا نشان دادند که جت جنب‌حاره‌ای در هر دو نیمکره و با توجه به فصول تابستان و زمستان، تقریباً به اندازه یک درجه به سمت قطب جابجا شده است. آرچر و کالدرا^{۱۰} (۲۰۰۸)، در پژوهشی مشابه، با بررسی روندهای تاریخی جریان‌های جت جتی‌حاره، نشان دادند که جت‌ها از نظر ارتفاع افزایش یافته و در هر دو نیمکره‌ی به سمت قطب حرکت کرده‌اند. هودسون^{۱۱} (۲۰۱۲)، با اندازه‌گیری حرکت جریان‌های جتی جنب‌حاره در عرض‌های میانی در نیمکره شمالی و جنوبی طی دوره‌ی آماری ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۰، نشان داد که تغییر قابل‌توجهی در موقعیت جریان‌های جتی جنب‌حاره وجود دارد که منجر به تغییرات جغرافیایی قابل‌ملاحظه در الگوهای جهانی هوا و چرخه هیدرولوژیک شده است. هورینوچی و هایشی^۱ (۲۰۱۷)

² Palman

³ Saha

⁴ Krishnamurti

⁵ Defant

⁶ Karein

⁷ Degirmendzic & Wibig

⁸ Fu

⁹ Lin

¹⁰ Archer and Caldeira

¹¹ Hudson

¹ Barton & Ellis

پژوهش مربوط به موقعیت استقرار جت جنب‌حاره توسط عبدالحسینی (۱۳۵۸) انجام شد (محمدی، ۱۳۹۶: ۳۳). همچنین مطالعاتی توسط خسروی و غیور (۱۳۸۰)، مفیدی و زرین (۱۳۸۴)، مفیدی و همکاران (۱۳۸۶)، مسعودیان و محمدی (۱۳۹۰)، مبارک حسن و همکاران (۱۳۹۱)، عساکره و همکاران (۱۳۹۲)، حلبیان و حسینعلی پورجزی (۱۳۹۳)، قانقرمه و روشن (۱۳۹۴)، آروین و همکاران (۱۳۹۴)، عساکره و همکاران (۱۳۹۶)، در رابطه با نقش جت جنب‌حاره در بارش‌های ایران و یا مناطقی از ایران انجام شده است. نتایج پژوهش محمدی و لشکری (۱۳۹۷)، نشان داد که مناسب‌ترین موقعیت جت جنب‌حاره‌ای برای تشدید ناپایداری‌های لایه‌ی زیرین، محدوده‌ای بین مصر تا غرب خلیج فارس است که هسته‌ی مرکزی رودباد در جنوب اردن استقرار می‌یابد. علیچانی و همکاران (۱۳۹۸) در رابطه با بارش‌های سیل‌آسا در استان گلستان دریافتند که اوج بارش‌های سنگین زمانی رخ می‌دهد که کم‌ارتفاع بریده بر روی دریای خزر مستقر شود. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی اقلیم‌شناسی جت‌های جنب‌حاره در خاورمیانه در فصول سرد و گرم سال دریافتند که در دوره‌ی سرد سال فراوانی جت‌ها و سرعت آنها در عرض‌های جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه‌ی شمالی و در دوره‌ی گرم سال به عرض‌های ۳۵ تا ۴۵ درجه‌ی عرض شمالی منتقل می‌شود. خزایی و نیک فال (۱۳۹۹) دریافتند که در رخداد بارش‌های سیل‌آسای غرب و جنوب‌غرب کشور، وجود چرخندی عمیق در فشار تراز دریا تا فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از شرق دریای مدیترانه تا غرب ایران و همچنین استقرار جت جنب‌حاره‌ای با جهت نصف‌النهاری بر روی این منطقه نقش اساسی داشتند. سینایی و همکاران (۱۴۰۱) نشان دادند که عامل اصلی ناپایداری بارش‌های حدی جنوب‌غرب کشور جت جنب‌حاره است و دریاهای سرخ، عمان، عرب و خلیج فارس نقش مهمی در تامین رطوبت بارش‌های منطقه داشتند. در نتایج بدست آمده از پژوهش کیخسروی و همکاران (۱۴۰۱)، مناسب‌ترین موقعیت هسته جت برای ایجاد

وهایشی^۱ (۲۰۱۷) با بررسی بر روی رابطه بین موقعیت جت جنب‌حاره‌ای با بارش تابستانه در شرق آسیا دریافتند که در تابستان، بارش به سمت جنوب خطوط تروپواز که با جت‌های لحظه‌ای همراه است، بیشتر است. یوکویاما^۲ و همکاران (۲۰۱۷) با واکاوی اثرات جت جنب‌حاره و بی‌ثباتی همرفتی پایین تروپوسفر در شرق آسیا، نشان دادند که جت جنب‌حاره محیط‌های مطلوبی را برای سیستم‌های بارشی سازمان‌یافته در قسمت جنوبی باند باران تولید می‌کند. نتایج یافته‌های زولوتوف^۳ و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که جت جنب‌حاره در فصل زمستان در بخش اقیانوس اطلس (۵۸/۰ درجه شمالی در هر دهه) و افزایش سرعت برابر با (۵۱/۰ متر بر ثانیه در هر دهه) به سمت استوا تغییر می‌کند. اسیری^۴ و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی ویژگی‌های سینوپتیکی مرتبط با نوع زمستانی جریان جت جنب‌حاره بر فراز آفریقا و خاورمیانه دریافتند که جریان جت در بیش از ۸۷٪ مواقع در سطح فشار ۲۰۰ هکتوپاسکال واقع شده است. هانت و نظیر زاز^۵ (۲۰۲۳) با بررسی ارتباط نوسانات اقیانوس اطلس شمالی با بارش زمستانی بر فراز هیمالیای غربی از طریق ناهنجاری‌های جریان جتی جنب‌حاره، دریافتند که در طول مراحل مثبت نوسان اقیانوس اطلس شمالی (NAO+)، تغییرات سرعت جت جنب‌حاره ۲۰٪ رایج‌تر و ۷٪ شدیدتر از فازهای منفی (NAO-) است که منجر به ورود ۴۰٪ شار رطوبت بیشتر به منطقه هیمالیای غربی می‌شود. طرفدار^۶ و همکاران (۲۰۲۵) در بررسی ارتباط بارش زمستانه شبه جزیره عربستان با جریان جتی جنب‌حاره، نشان دادند که تغییر جهت جت به سمت استوا در طول سال‌های تر بر الگوهای بارندگی بیش از حد نرمال این منطقه تأثیرگذار بوده است؛ و گسترش جت به سمت استوا حدود ۲۱ درصد از تغییرپذیری بین سالانه را توجیه می‌کند. در بین مطالعات انجام گرفته در داخل کشور، قدیمی‌ترین

¹ Horinouchi & Hayashi

² Yokoyama

³ Zolotov

⁴ Asiri

⁵ Hunt & Zaz

⁶ Taraphdar

رطوبت و بارش، دما و همچنین سرسبزی محیطی از سایر مناطق کشور متمایز است، اما در جزئیات از ناهمگنی درونی محسوس بر خوردار است (منتظری و بای، ۱۳۹۱: ۸۱). میانگین بارش در منطقه‌ی شمال کشور (ناحیه‌ی خزری) به ویژه در بخش جنوب‌غربی دریای خزر بیشتر است و با دور شدن از ساحل بارش کمتر می‌شود. متوسط بارش سالانه در این منطقه، بین ۱ تا ۱۵ میلی‌متر نوسان دارد. در بخش‌های شرقی ناحیه، میانگین بارش سالانه ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، در ارتفاعات البرز ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و در نواحی جنوب‌غربی دریای خزر بیش از ۷۰۰ میلی‌متر است (عساکره و ورناسری، ۱۳۹۸: ۳۴۰).

روش پژوهش: این پژوهش رویکردی محیطی به گردش دارد. در همین راستا ابتدا ایستگاه‌های همدید منطقه‌ی شمال ایران که در یک بازه‌ی آماری ۳۳ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۹) دارای بارش روزانه بوده‌اند، مطابق با سه چرخه خورشیدی اخیر (چرخه ۲۲: ۱۹۹۷-۱۹۸۶؛ چرخه ۲۳: ۲۰۰۸-۱۹۹۷؛ چرخه ۲۴: ۲۰۱۹-۲۰۰۸)، برای مطالعه انتخاب گردیده است. بر این اساس داده‌های فوق برای ایستگاه‌های (آستارا، بندرانزلی، رامسر، نوشهر، بابلسر، رشت، ساری، سیاه‌بیشه، قراخیل، گرگان، علی‌آباد کتول، گنبد و مراوه‌تپه) از سازمان آب و هواشناسی کشور دریافت گردید. بدین ترتیب هدف از انتخاب سه چرخه خورشیدی اخیر انطباق دوره آماری با چرخه‌های خورشیدی سه‌گانه است. بنابراین فقط تناظر دوره‌های آماری با سیکل‌های خورشیدی مورد نظر بوده است تا در صورت همسویی دوره‌های خشک و تر با بخشی از سیکل پرسش و زمینه تحقیقی برای این ارتباط و همسویی فراهم گردد. در عمل برای این که از بیشترین تعداد ایستگاه همدیدی برای استخراج ترسالی‌ها و سامانه‌های بارشی استفاده شود، در هر چرخه خورشیدی که یک ایستگاه دارای آمار ثبت شده کامل بود به‌عنوان یک ایستگاه عضو انتخاب گردید. به همین دلیل تعداد ایستگاه‌های عضو از چرخه اول (چرخه ۲۲) تا چرخه سوم (چرخه ۲۴) افزایش یافته است (لازم به ذکر است که اگر ایستگاهی

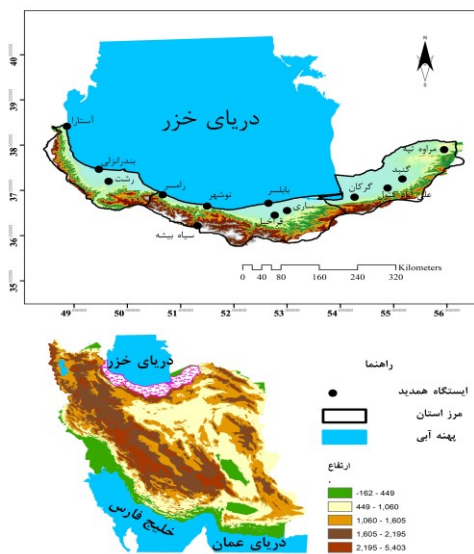
بارش‌های فوق سنگین در حوضه‌ی کرخه، در مرکز کشور عربستان است. بنی نعیمه و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند که گسترش ناوه عمیق در لایه میانی وردسپهر بر روی غرب آسیا و انطباق این ناوه با جت جنب حاره در لایه بالایی وردسپهر ناپایداری‌های شدیدی را بر روی حوزه آبریز دز فراهم نموده است. عبدالعلی‌زاده و خورشید دوست (۱۴۰۲) دریافتند که منشأ سیستم بارشی شدید در استان گلستان، تراف عمیق بر بستر موج راسبی می‌باشد که باعث شکل‌گیری سیکلون عمیق در این ناحیه شده است و با تزریق رطوبت از آب‌های جنوبی ایران و دریای خزر، منجر به بارش‌های سنگین در این منطقه شده است. زارعی و همکاران (۱۴۰۴) در بخشی از پژوهش خود نشان دادند که وجود جریان‌های نصف‌النهاری باده‌ها و تمرکز میدان امگای منفی و فرارفت تاوایی نسبی مثبت به همراه فرار گرفتن منطقه شمال‌شرق ایران در نیمه‌ی چپ خروجی رودباد جنب‌حاره، ناپایداری‌های شدید را در این منطقه فراهم نموده است. نتایج پژوهش فاروقی و همکاران (۱۴۰۴) نشان داد که با نفوذ جت قطبی به عرض‌های پایین جغرافیایی و ادغام با جت جنب‌حاره بر روی شمال عربستان و دریای سرخ، سبب گسترش جت به عرض‌های پایین تر شده و در تراز میانی جو، با حرکت نصف‌النهاری زیاد کم‌ارتفاع، کم‌فشار سودانی به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شده و با ادغام با چرخند مدیترانه، بارش‌های سنگین را در مناطق غربی ایران سبب شده است. از انجام این پژوهش، شناسایی و معرفی الگوهای همدیدی غالب در ترسالی‌های شدید شمال ایران می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

سرزمین پژوهش: محدوده‌ی مورد مطالعه، منطقه شمال ایران (ناحیه خزری)، است که بین نوار ساحلی دریای خزر و خط‌الرأس رشته کوه البرز محصور می‌باشد و سه استان گیلان، مازندران و گلستان را با وسعتی بالغ بر ۵۹۸۵۰ کیلومتر مربع، در می‌گیرد. این منطقه گر چه به لحاظ ویژگی‌های اقلیمی مانند

شدند و در ادامه در چرخه‌ی سوم خورشیدی، سه ایستگاه دیگر که در دوره‌ی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ داده کامل داشتند، به ایستگاه‌های قبل اضافه شد (شکل ۱) پراکنش جغرافیایی و جدول (۱) موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های منتخب منطقه شمال ایران را نشان می‌دهد.

در اواسط یک چرخه ایجاد شده است در همان چرخه استفاده نشده ولی در چرخه بعد به عنوان یک عضو چرخه مورد نظر بکار گرفته شده است. بطور مثال در چرخه‌ی اول خورشیدی، ۷ ایستگاه دارای داده‌ی کامل از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۹ بوده‌اند و در چرخه‌ی دوم، ۳ ایستگاه دیگر که دارای داده‌ی بارش روزانه در دوره‌ی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۹ بودند، به ایستگاه‌های قبل اضافه



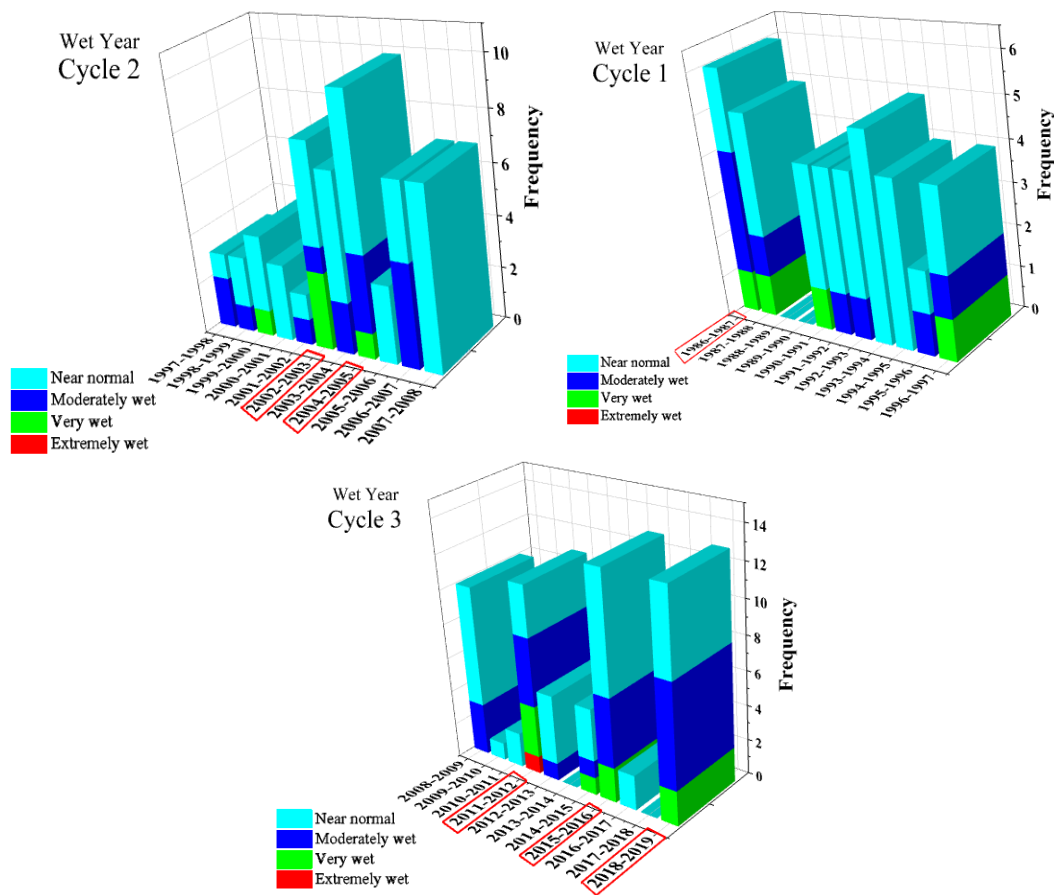
شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب منطقه شمال ایران

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های منتخب شمال ایران در دوره آماری ۲۰۱۹-۱۹۸۶

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
آستارا	۳۸/۳۶	۴۸/۸۵	-۲۱/۱	علی آباد کتول	۳۶/۹	۵۴/۸۸	۱۴۰
بندر انزلی	۳۷/۳۷	۴۹/۴۶	-۲۸	قراخیل	۳۶/۴۵	۵۲/۷۷	۱۴/۷
بابلسر	۳۶/۷۰	۵۲/۶۴	-۲۱	گرگان	۳۶/۸۵	۵۴/۲۶	۱۳/۳
رامسر	۳۶/۸۹	۵۰/۶۷	-۲۱	گنبد	۳۷/۲۶	۵۵/۲۱	۳۷/۲
رشت	۳۷/۲۷	۴۹/۵۸	-۹	مراوه تپه	۳۷/۸۰	۵۵/۹۴	۴۶۰
ساری	۳۶/۵۳	۵۲/۹۸	۲۳	نوشهر	۳۶/۶۶	۵۱/۴۶	-۲۰/۹
سیاه بیشه	۳۶/۲۳	۵۱/۳۰	۲۱۶۵				

نمونه انتخاب شدند. شکل (۲) وضعیت فراوانی شاخص (SPI) را برای ایستگاه‌های درگیر با ترسالی برای هر سه سیکل، نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، ترسالی‌های چرخه اول: سال زراعی ۱۹۸۷-۱۹۸۶؛ ترسالی‌های چرخه دوم: سال‌های زراعی ۲۰۰۳-۲۰۰۲ و ۲۰۰۵-۲۰۰۴، و ترسالی‌های چرخه سوم: سال‌های زراعی ۲۰۱۲-۲۰۱۱، ۲۰۱۶-۲۰۱۵ و ۲۰۱۹-۲۰۱۸ می‌باشند.

در گام بعدی، داده بارش ایستگاه‌های منتخب از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس بر مبنای میانگین بارش سالانه و با ملاک قرار دادن شاخص SPI با درجه‌ی (تقریباً مرطوب) تا فوق‌العاده مرطوب) و با استفاده از نرم‌افزار DIP، ترسالی‌های شدید در منطقه فوق شناسایی گردید. بر این اساس سال‌های زراعی که حداقل نصف ایستگاه‌های منتخب بر اساس شاخص فوق، ترسالی شدید را نشان دادند، به عنوان سال



شکل ۲: فراوانی ایستگاه‌های درگیر با ترسالی در شمال بر اساس نتایج شاخص SPI، به تفکیک چرخه‌ها

طول ۰ تا ۱۰۰ درجه شرقی و عرض ۰ تا ۶۵ درجه شمالی دریافت گردید. جهت شناسایی موقعیت مکانی محور و هسته‌ی جت جنب‌حاره در ترسالی‌های شدید شمال ایران، اسکریپتی نوشته و سپس در محیط نرم‌افزاری GRADS، اجرا و محور و هسته‌ی جت در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال ترسیم شد. از داده‌های فشار تراز دریا و ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال جهت منشأیابی سامانه‌های بارشی استفاده شده است. بر این اساس، برای نمونه‌های بارشی بالای صدک ۷۰ ام، داده‌های جوی از سایت NCEP/NCAR دانلود شده و در نرم‌افزار گِردس نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال ترسیم شد. سپس با بررسی چشمی چندین باره از چینش و آرایش سامانه‌ها در لایه‌های زیرین و مرزی وردسپهر و همچنین نتایج تحلیل عاملی، الگوهای هم‌دیدگی مشابه جدا سازی شد. در نهایت الگوهای بر تکرار معرفی شدند. در ادامه برای

در گام بعد، بارش‌های سنگین و فوق سنگین در ایستگاه‌های منطقه مشخص شدند. بر این اساس از کل روزهای بارشی بر طبق بارش روزانه‌ی هر ایستگاه در منطقه شمال ایران در بازه‌ی آماری، روزهای برابر یا بالاتر از صدک ۷۰ ام به‌عنوان روزهای دارای بارش سنگین در نظر گرفته شد (طبق این معیار اغلب روزهای بارشی با میانگین بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر از هر ایستگاه شناسایی گردید). سپس داده‌های جوی این روزها مشتمل بر داده‌های مؤلفه‌ی باد مداری، مؤلفه‌ی باد نصف‌النهاری، ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکال، SLP، نم و یوزه و امگا از تارنما‌های مرکز ملی اقیانوس‌شناسی و محیط‌شناسی ایالات متحده آمریکا^۱ و ECMWF برای ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده‌ی

^۱ NCEP/NCAR

می‌باشد که در چرخه سوم خورشیدی بیشترین فراوانی را داشته است.

در مرحله بعد، داده‌های SLP برای نمونه‌های ترسالی هر چرخه اخذ و برای تحلیل عاملی از آنها استفاده شد؛ جهت شناسایی الگوی پرتکرار جت، روش تحلیل عاملی و معیار KMO و آزمون بارتلت در نرم‌افزار SPSS24 انجام گردید. مقدار KMO و بارتلت به دست آمده برای ترسالی‌های هر سیکل در جدول (۳) آمده است.

الگوی پرتکرار نقشه‌های ترکیبی ترازهای اصلی ترسیم و تحلیل شده است. جدول (۲) الگوهای همدیدی غالب در منطقه شمال ایران را در سه چرخه‌ی خورشیدی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، الگوهای همدیدی غالب در منطقه در هر سه چرخه‌ی خورشیدی مشابه می‌باشد؛ به لحاظ فراوانی، بیشترین الگوی همدید پرتکرار در شدیدترین روزهای بارشی در شمال ایران، الگوی همدید پرفشار مهاجر

جدول ۲: مشخصات الگوهای همدیدی در ترسالی‌های شمال ایران در چرخه‌های خورشیدی بر اساس صدک ۷۰

ردیف	الگوهای همدیدی غالب				
	چرخه اول	فراوانی	چرخه دوم	فراوانی	چرخه سوم
۱	پرفشار مهاجر	۶	پرفشار مهاجر	۱۰	پرفشار مهاجر
۲	کم‌فشار سودانی / پرفشار مهاجر	۲	کم‌فشار سودانی / پرفشار مهاجر	۱۰	سودانی / پرفشار مهاجر
۳	چرخند مدیترانه	۱	چرخند مدیترانه	-	چرخند مدیترانه / کم‌فشار سودان / پرفشار مهاجر
۴	سیبری / پرفشار مهاجر	۱	پرفشار سیبری / پرفشار مهاجر	-	سیبری / پرفشار مهاجر
۵	کم‌فشار سودان	۱	کم‌فشار سودان	۱	کم‌فشار سودان
۶	ورتکس قطبی / پرفشار مهاجر	۱	پرفشار مهاجر / چرخند مدیترانه	۱	ورتکس قطبی
۷	مونسون / پرفشار مهاجر	۲	مونسون / پرفشار مهاجر	۱	مونسون
۸	کم‌فشار سودانی / ورتکس قطبی	۱	چرخند مدیترانه / کم‌فشار سودان	۲	چرخند مدیترانه / کم‌فشار سودان
۹					پرفشار افریقا

جدول ۳: آزمون KMO و بارتلت برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی، ترسالی‌های شمال ایران

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		۰/۹۱۳
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	۶۱۹۵۸۵/۴۹۲
	df	۹۴۵۳
	Sig	۰/۰۰۰

شدید شمال ایران در سه چرخه خورشیدی نشان داد که ۱۳ عامل با پراش بالای یک، بیش از ۹۳/۵۶ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کند، به طوری که عامل اول حدوداً ۳۲/۹۸ درصد از پراش داده‌ها را باعث می‌شود. در پایان برای انتخاب مطمئن از الگوهای همدیدی، از

با توجه به نتایج، مقادیر محاسبه شده‌ی آزمون بارتلت برای ترسالی‌های هر چرخه در سطح $P < 0.000$ معنادار شده است و مقادیر kmo بیش از ۰/۸، نشان می‌دهد که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب هستند. تحلیل عاملی با چرخش واریمکس برای ترسالی‌های

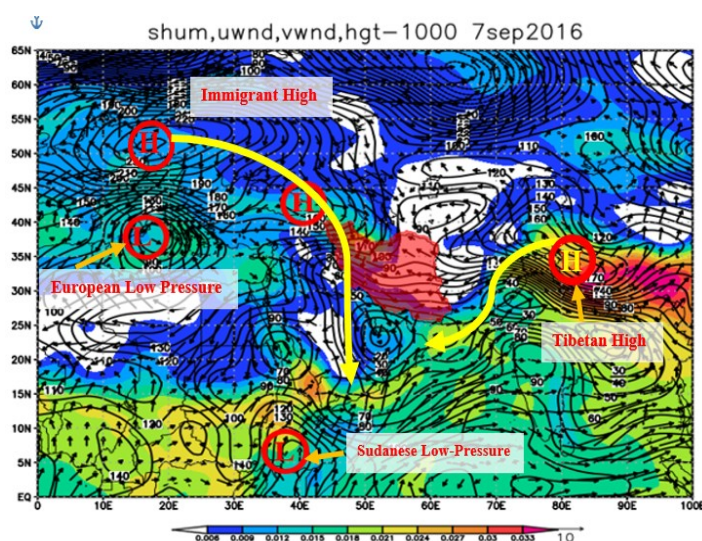
۷۰۰ هکتوپاسکال و همچنین نقشه‌های ترکیبی (ارتفاع ژئوپتانسیل، جریان و امگا) برای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده شده است.

تحلیل همدیدی الگوی پرفشار مهاجر (سامانه نمونه این الگو ۷ سپتامبر ۲۰۱۶): در این الگوی همدیدی سامانه‌ی واچرخند مهاجر نقش مهمی در بارش‌های دو روزه‌ی شمال ایران در ۷ و ۸ سپتامبر ۲۰۱۶ داشته است. شکل‌های (۳ و ۴) ساختار سامانه‌ها را برای ترازهای زیرین وردسپهر (۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال) در روز ۷ سپتامبر ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. در ترازهای زیرین وردسپهر، واچرخند اروپا با گسترش شرق سو و با نفوذ به عرض‌های پایین‌تر، هوای سرد جنب‌قطبی را به این مناطق فرارفت شده است. همان‌گونه که جریانات نشان می‌دهند، هوای سرد با گردش ساعتگرد این واچرخند بر مناطق شمال‌غرب و شمال ایران فرارفت می‌شود. هوای سرد فرارفت شده با عبور از روی دریای خزر، به تدریج ناپایدار شده و رطوبت این دریا به سواحل شمال ایران منتقل شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هسته‌ی رطوبتی با بزرگای ۱۸ تا ۲۱ گرم بر کیلوگرم در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و با بزرگای ۱۶ تا ۱۸ گرم در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال بر روی استان گیلان و غرب مازندران تشکیل یافته است.

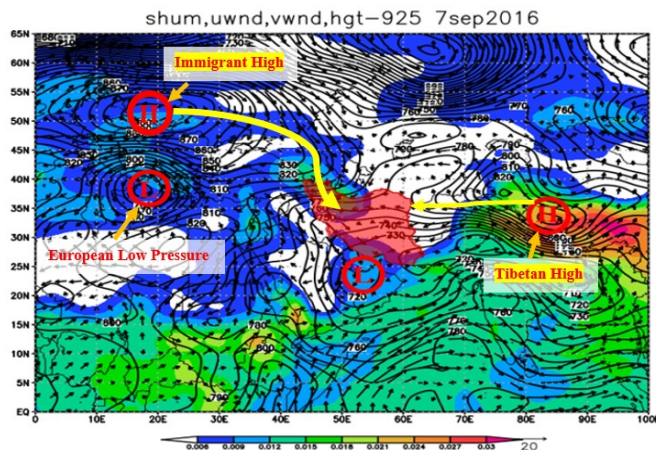
نقشه‌های تراز ۱۰۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال استفاده گردید و با بررسی چشمی مکرر الگوهای همدیدی شناسایی و با الگوهای استخراجی از تحلیل عاملی مقایسه شده و الگوی نهایی انتخاب شد.

نتایج و بحث

پس از بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، الگوهای غالب در ترسالی‌های شمال ایران شناسایی شدند؛ همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، الگوهای همدیدی غالب شناسایی شده در شمال ایران در سه چرخه‌ی خورشیدی عبارتند از: پرفشار مهاجر، کم‌فشار سودان/پرفشار مهاجر، افریقا، ورتکس قطبی، ورتکس قطبی/ پرفشار مهاجر، پرفشار سیبری/ پرفشار مهاجر، کم‌فشار سودان/ چرخند مدیترانه، مونسون، مونسون/ پرفشار مهاجر و کم‌فشار سودان/ ورتکس قطبی (کم‌فشار قطبی)؛ در بین الگوهای ذکر شده، الگوهای مهاجر (۳۷ مورد) و سودان/مهاجر (۲۰ مورد)، نسبت به سایر الگوهای همدیدی پر تکرار بوده و بر بارش‌های منطقه تأثیر بیشتری داشته‌اند. در این پژوهش پر تکرارترین الگو (الگوی مهاجر) بر اساس نتایج حاصل از تحلیل عاملی و همچنین بررسی‌های مکرر چشمی، مورد تحلیل همدیدی قرار گرفت. برای این کار از نقشه‌های ترکیبی (ارتفاع ژئوپتانسیل، جریان و نم ویژه) در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ و



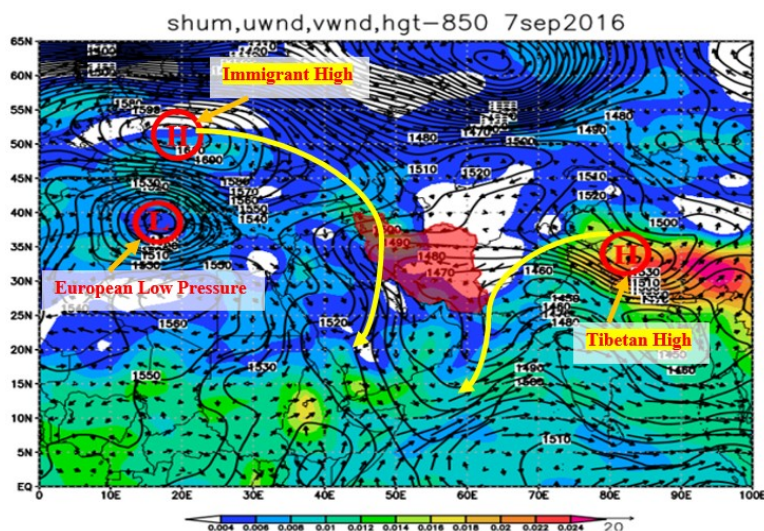
شکل ۳: ارتفاع ژئوپتانسیل، میدان باد و رطوبت، تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران



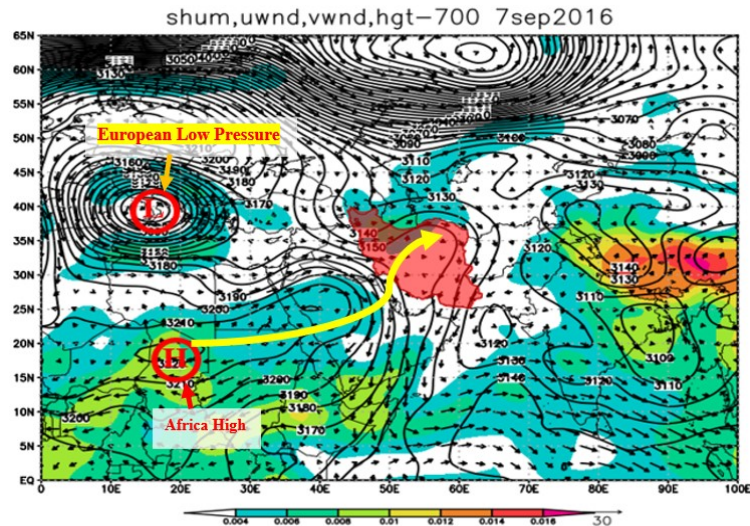
شکل ۴: ارتفاع ژئوپتانسیل، میدان باد و رطوبت، تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال، ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران

هسته آن بر روی سیبری در عرض ۶۵ درجه شمالی مستقر است، با گسترش جنوب‌سو به عرض‌های پایین تا عرض ۳۵ درجه‌ی شمالی گسترش یافته است. این زبانه شمال‌غرب، شمال و شمال‌شرق ایران را در بر گرفته است. نفوذ هوای سرد سیبری به مناطق گرم عرض‌های پایین و فرارفت تاوایی مناسب، شیو دمایی را افزایش داده است. در این شرایط مناطق جنوبی دریای خزر در بهترین حالت در جلوی ناوه و بیشترین حرکات صعودی قرار گرفته است. هسته‌ای با نم ویژه با بزرگای ۶ تا ۸ گرم بر روی سواحل جنوبی دریای خزر قرار گرفته است. بنابراین منبع رطوبتی جهت ناپایداری‌های شمال ایران در ترازهای زیرین و بالای وردسپهر، دریای خزر می‌باشد.

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) ارتفاع ژئوپتانسیلی هسته‌ی مرکزی واچرخند مهاجر به ۱۶۱۰ ژئوپتانسیل متر رسیده و در جایگاه قبلی خود بر روی اروپای مرکزی مستقر است. هوای سرد عرض‌های جنب قطبی از طریق جریانات شمالی به عرض‌های جنوبی‌تر انتقال یافته است. فرارفت سرد با گردش واچرخندی زبانه‌ی واچرخند مهاجر ضمن تشدید شیو فشاری، با عبور از دریای خزر ناپایدار شده و رطوبت این دریا به سواحل دریای خزر و به طور ویژه در سواحل غربی آن شار شده است. هسته‌ی رطوبتی با مقادیر ۱۲ تا ۱۴ گرم بر کیلوگرم که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال رطوبت قابل توجهی است، روی استان گیلان تشکیل شده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶) زبانه‌ای از واچرخند مهاجر که



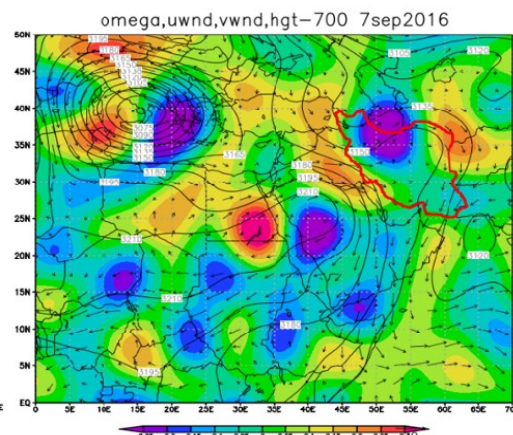
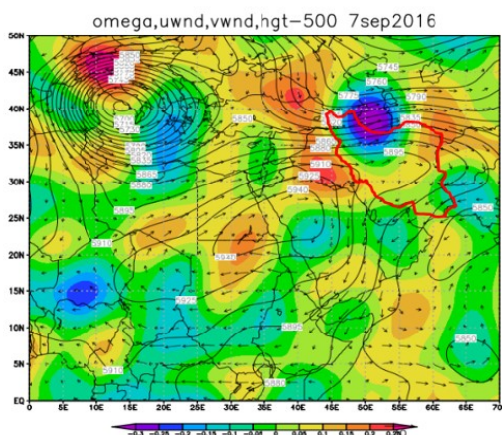
شکل ۵: ارتفاع ژئوپتانسیل، میدان باد، و نم ویژه، تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران



شکل ۶: ارتفاع ژئوپتانسیل، میدان باد، و نم ویژه، تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران

۵۰۰ هکتوپاسکال صعود هوا و وجود ناپایداری‌های شدید را در شمال ایران توجیه می‌کند، به طوری که هسته‌ی امگا کاملاً بر روی شمال ایران قرار گرفته است.

شکل (۷) نقشه‌ی امگا در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. وجود میدان امگای منفی با بزرگای ۲/۵- پاسکال بر ثانیه در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و با بزرگای ۰/۳- پاسکال بر ثانیه در تراز

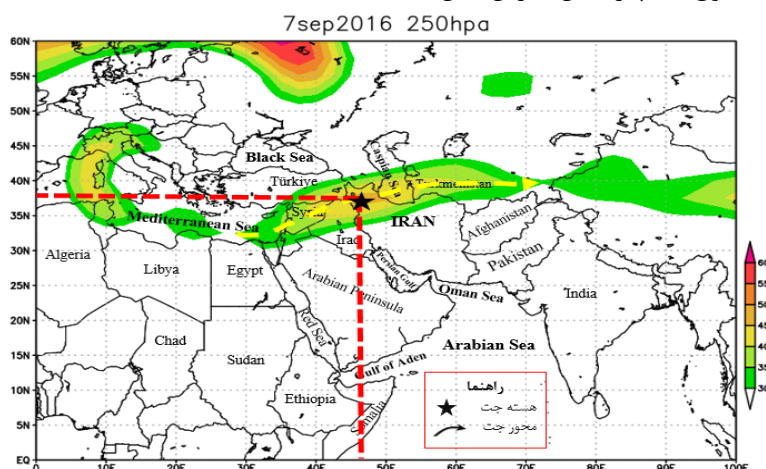


شکل ۷: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل، میدان باد و امگا، ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران

جنوب‌غربی - شمال‌شرقی از شرق دریای مدیترانه تا آسیای میانه گسترش یافته و شمال‌غرب، شمال و قسمت‌هایی از شمال‌شرق ایران را در بر گرفته است. هسته‌ی مرکزی جت در این روز با سرعت ۴۵ متر بر ثانیه بر روی آذربایجان در شمال‌غرب ایران استقرار دارد. سامانه‌ی بارشی مهاجر در دو روز فعالیت در شمال ایران ۵۴۱ میلی‌متر بارش ارمغان داشته است که از ۱۳ ایستگاه همدیدی منطقه گزارش شد. بیشینه‌ی بارش در غرب سواحل خزری رخ داده است

شکل (۸) شرایط جت جنب‌حاره را در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال در روز ۷ سپتامبر ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. لازم به ذکر است با بررسی نقشه‌های جت در تمامی بارش‌های سنگین در منطقه، در بیشتر موارد هسته‌های مرکزی جت در محدوده‌ی شمال‌غرب تا شمال‌غرب ایران (آذربایجان شرقی) استقرار داشتند. همانطور که مشاهده می‌شود، در روز ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، جریانی از جت جنب‌حاره، در محدوده‌ای بین طول ۳۰ درجه تا ۷۰ درجه شرقی، با راستای

و بیشترین مقدار بارش ثبت شده مربوط به ایستگاه انزلی با مقدار ۱۵۸ میلی‌متر و رامسر با مقدار ۱۴۲ میلی‌متر می‌باشد. جدول (۴) پراکنش بارش این



شکل ۶: نقشه جت، تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال، ۷ سپتامبر ۲۰۱۶، شمال ایران

جدول ۴: مقادیر بارش ایستگاه‌های شمال ایران ۷ سپتامبر ۲۰۱۶

مقدار بارش (mm)		ایستگاه سینوپتیک	مقدار بارش (mm)		ایستگاه سینوپتیک
روز ۸	روز ۷		روز ۸	روز ۷	
۰/۶	۲/۷	علی آباد	۰	۲۸/۲	آستارا
۱۸	۱۷	ساری	۲۲	۰/۴۱	بابلسر
۴	۱	سیاه بیشه	۲	۱۵۸	بندر انزلی
۰	۱۴۲	رامسر	۳/۴	۰	گنبد
۱	۷۳	رشت	۲/۳	۵	گرگان
۵	۴	قراخیل	۰/۴	۰	مراوه تپه
۹۷/۷	۵۴۱/۳	مجموع	۳۹	۱۲/۳	نوشهر

نتیجه‌گیری

منطقه شناسایی شدند. در الگوی همدیدی و اچرخند مهاجر ساختار سامانه‌ها در ترازهای زیرین تا میانه و ردسپهر برای ایجاد ناپایداری‌های شدید در منطقه شمال به این شرح بوده است: ۱. در لایه‌های زیرین و مرزی وردسپهر، و اچرخند روی اروپا با گسترش شرق سو و جنوب سو، ضمن انتقال هوای سرد جنب قطبی، با عبور از روی دریای خزر به تدریج ناپایدار شده و با حرکت و اچرخندی رطوبت این دریا را به سواحل شمالی ایران فرارفت کرده است. ۲. در ترازهای میانی جو زبانه‌ی و اچرخندی و اچرخندی مهاجر با گسترش جنوب سو تا عرض ۳۵ درجه‌ی شمالی، سبب شده است که هوای سرد سیبری به

این پژوهش با هدف شناسایی و معرفی الگوهای همدیدی غالب در ترسالی‌های شدید شمال ایران انجام گرفت. بنابراین برای شناسایی ترسالی‌های شدید بر اساس سه چرخه خورشیدی طی دوره‌ی آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۹ از روش محیطی به گردش و برای تحلیل الگوهای غالب در ترسالی‌ها و همچنین موقعیت مکانی جت جنب حاره از روش گردش به محیطی استفاده شده است. همان طور که مشاهده شد، الگوی و اچرخند مهاجر و الگوی کم فشار سودان / و اچرخند مهاجر، نسبت به سایر الگوها پرتکرار بوده و به عنوان مناسب‌ترین الگوها برای بارش‌های ابر سنگین در این

اردبیل) هستند. محورهای جریان جتی با گرایشی نصف‌النهاری تأثیر زیادی بر بارش‌های سنگین در شمال ایران دارند؛ به طوری که در این شرایط، منطقه شمال ایران در منطقه‌ی خروجی جت و شدیدترین ناپایداری‌ها قرار می‌گیرد. نتایج پژوهش حاضر با بخش‌هایی از نتایج زارعی و همکاران که موقعیت جت جنب‌حاره را در بروز ناپایداری‌های شدید شمال شرق ایران مورد بررسی قرار دادند، هم‌خوانی داشته است. از این رو، قرار گرفتن منطقه‌ی شمال و شمال شرق ایران در نیمه‌ی چپ خروجی رودباد جنب‌حاره، ناپایداری‌های شدید را در این مناطق فراهم نموده است.

مناطق گرم عرض‌های پایین فرارفت و شیو دمایی را افزایش دهد. حرکت و اچرخندی آن بر روی دریای خزر، رطوبت این دریا را بر روی منطق شمال ایران فرارفت می‌کند. در این الگو، دریای خزر منبع رطوبتی برای بارش‌های شمال ایران هستند. این نتیجه با یافته‌ی پژوهش عبدالعلی‌زاده و خورشید دوست (۱۴۰۴) که نشان دادند دریای خزر منبع رطوبتی مهم است که با تزریق به داخل سیکلون‌های بارشی، سبب بارش‌های شدید در منطقه شده است، هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که مناسب‌ترین موقعیت استقرار جت جنب‌حاره برای تقویت سامانه‌ی بارشی مهاجر، در تمامی موارد شناسایی شده، در محدوده‌ی شمال عراق تا شمال غرب ایران (آذربایجان شرقی و

منابع

۱. آروین، عباسعلی؛ سجادیان، سید محمد؛ قانقرمه، عبدالعظیم؛ حیدری، جلال. ۱۳۹۴. تأثیر رودباد جنب حاره‌ای بر بارش‌های روزانه بیش از ده میلی رود متر در حوضه زاینده‌رود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، صفحات ۱۴۲-۱۲۵.
۲. بنی نعیمه، سارا؛ لشکری، حسن؛ قربانیان، جبرئیل و مرشدی، جعفر. ۱۴۰۲. تحلیل هم‌دیدي بارش‌های فوق سنگین و تأثیر آن بر آبدی اوج سیلاب‌های رودخانه دز (سیلاب سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۵)، مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، دوره ۳، شماره ۳، صص ۵۵-۳۷.
۳. حلبیان، امیر حسین و حسینی پورجزی، فرشته. ۱۳۹۳. تحلیل فراوانی رودبادهای مرتبط با بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های غربی خزر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره ۱(۱۱۲)، ۲۲۰-۲۰۵.
۴. خزایی، مهدی و نیک فال، امیرحسین. ۱۳۹۹. بررسی شرایط سینوپتیک همزمان با رخداد بارش‌های سیل آسیای غرب و جنوب غرب کشور مورخ ۱۱ و ۱۲ فروردین ۱۳۹۸، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۲، شماره ۱۲، صص ۷۷-۶۵.
۵. خسروی، محمود و غیور، حسنی. ۱۳۸۰. تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۶، شماره ۳، صفحات ۱۷۴-۱۴۱.
۶. زارعی، شریفه؛ علیجانی، بهلول؛ حجازی زاده، زهرا و محمدی، بختیار. ۱۴۰۴. مطالعه الگوهای هم‌دیدي - دینامیکی و روند تغییرات پوشش برف فراگیر در شمال شرق ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۷۸، صص ۱۰۹-۹۰.
۷. سعید آبادی، رشید؛ آب خرابات، شعیب؛ نجفی، محمد سعید. ۱۳۹۴. موقعیت رودباد جبهه قطبی در ارتباط با بارش‌های سنگین و شار رطوبت ترازهای پایین غرب ایران، محیط شناسی، شماره ۴، صفحات ۷۹۸-۷۸۳.
۸. سینایی، حسن؛ سلیقه، محمد و اکبری، مه‌ری. ۱۴۰۱. بررسی بارش‌های حدی و نقش رودبادها در آن، مطالعه موردی: جنوب غرب ایران، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۳۱، شماره ۱۲۱، صص ۱۸۹-۱۷۷.
۹. عبدالعلی زاده، فیروز و خورشید دوست، علی محمد. ۱۴۰۲. تحلیل سینوپتیکی - دینامیکی بارش سنگین منجر به سیل استان گلستان در ماه مارس ۲۰۱۹، نشریه آب و خاک، جلد ۳۷، شماره ۱، صص ۱۶۴-۱۴۵.
۱۰. عساکره، حسین و ورناصری قندعلی، نسرين. ۱۳۹۸. واکاوی تغییرات مقدار، فراوانی، و شدت بارش سالانه ناحیه خزری طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۶۶، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۱، شماره ۲، صص ۳۵۲-۳۳۵.
۱۱. عساکره، حسین؛ بیرانوند، آذر؛ فاتحیان، مختار؛ شادمان، حسن. ۱۳۹۶. تحلیل روند جابجایی رودباد و پرفشار جنب‌حاره بر فراز خاورمیانه و رابطه آن با اقلیم ایران، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۵۸، صفحات ۳۱۵-۳۰۳.

۱۲. عساکره، حسین؛ قائمی، هوشنگ؛ بیرانوند، آذر. ۱۳۹۲. تحلیل فضایی رودباد جنب‌حاره در مناطق بیابانی خاورمیانه و شمال آفریقا با تأکید بر ایران، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال اول، شماره ۲، صفحات ۱۲۱-۱۰۳.
۱۳. علیجانی، بهلول؛ میرزایی، نبی اله و جاهدی، آرمان. ۱۳۹۸. واکوی همدید بارش‌های حدی و سیل‌آسای کشور مطالعه موردی: ۱۶-۳۱ مارس ۲۰۱۹، دگرگونی‌ها مخاطرات آب و هوایی، سال اول، شماره ۲، ۱۱۴-۷۰.
۱۴. فاروقی، آیدا؛ فرج زاده اصل، منوچهر و رحیمی، یوسف. ۱۴۰۴. تحلیل‌ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای و تأثیر آن بر بارش‌های غرب ایران (مطالعه موردی ۱۲ الی ۱۵ دسامبر ۲۰۱۰)، تحقیقان کاربردی علوم جغرافیایی، جد ۲۵، شماره ۷۸، صص ۳۶۲-۳۷۵.
۱۵. قانقرمه، عبدالعظیم؛ روشن، غلامرضا. ۱۳۹۴. ارزیابی نقش رودباد جنب حاره‌ای در کنترل بارش‌های ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳، شماره ۵۹، پیاپی ۲۶، صفحات ۱۷۰-۱۴۹.
۱۶. کیخسروی، قاسم؛ شکیا، علیرضا و حمیدپور، پگاه. ۱۴۰۱. تحلیل الگوهای همدیدی و ترمودینامیک منجر به بارش‌های ابرسنگین و برآورد پهنه آبی حاصل از بارش‌ها در حوضه آبخیز کرخه، مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، سال سوم، شماره اول، پیاپی ۸، صص ۱۰۰-۸۳.
۱۷. مبارک حسن، الهام؛ مشکواتی، امیرحسین؛ آزادی، مجید؛ مزرعه فراهانی، مجید. ۱۳۹۱. نقش رودباد در چرخندزایی میانه مدیترانه، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، سال سوم، شماره یازدهم، صفحات ۵۲-۴۱.
۱۸. محمدی، زینب؛ لشکری، حسن. ۱۳۹۷. نقش جابه‌جایی مکانی پرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی ترسالی‌های شدید جنوب و جنوب‌غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۳، صفحات ۴۹۱-۵۰۹.
۱۹. محمدی، زینب. ۱۳۹۶. تحلیل همدیدی نقش موقعیت مکانی پرفشار جنب حاره‌ای عربستان و رودباد جنب حاره‌ای در خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها، شروع، پایان و طول دوره بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری تخصصی (PhD)، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی.
۲۰. محمدی، بختیار؛ علیجانی، بهلول؛ عمرصالح، آرام. ۱۳۹۸. اقلیم شناسی رودبادها در خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۱، شماره ۲، صص ۲۲۱-۲۰۱.
۲۱. مسعودیان، س ابوالفضل؛ محمدی، بختیار. ۱۳۹۰. تحلیل فراوانی رودبادهای مرتبط با رخداد بارش‌های ابرسنگین ایران، تحقیقات منابع آب ایران، سال هفتم، شماره ۲، صفحات ۹۱-۸۰.
۲۲. مفیدی، عباس؛ زرین، آذر و جانباز قبادی، غلامرضا. ۱۳۸۶. تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۳(۳)، ۱۵۴-۱۳۱.
۲۳. مفیدی، عباس؛ زرین، آذر. ۱۳۸۴. بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۲(۷۷)، صفحات ۱۳۶-۱۱۳.
۲۴. منتظری، مجید و بای، ناصر. ۱۳۹۱. پهنه بندی اقلیم ناحیه خزری با استفاده از رو شهای آماری چند متغیره، تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره ۲(۱۰۵)، ۹۰-۷۷.
25. Archer1, Cristina L. and Caldeira1. Ken (2008). Historical trends in the jet streams, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 35, L08803, doi:10.1029/2008GL033614.
26. Asiri · A.Mana, Almazroui .Mansour, Awad Adel M.(2020). Synoptic features associated with the winter variability of the subtropical jet stream over Africa and the Middle East, Meteorology and Atmospheric Physics, <https://doi.org/10.1007/s00703-019-00722-4>.
27. Barton P and Ellis W (2009): Variability in wintertime position and strength of the North Pacific Jet Stream as represented by reanalysis data. International Journal of Climatology. 29: 851–862.
28. Degirmendz I J. Wibig J., (2007), "Jet Stream patterns over Europe in the period 1950–2001 classification and basic statistical properties. Theor Applied Climatol. volume 88, pp.149–167.
29. FU. QIANG, LIN. PU (2011). Poleward Shift of Subtropical Jets Inferred from Satellite-Observed Lower-Stratospheric Temperatures, JOURNAL OF CLIMATE, VOLUME 24, 5597- 5603.

30. Horinouchi, T., Hayashi, A. (2017). Meandering Subtropical Jet and Precipitation over Summertime East Asia and the Northwestern Pacific, *Journal of Atmospheric Science*, Volume 74, Issue 4, pp 1233-1247.
31. Hudson, R. D. (2012). Measurements of the movement of the jet streams at mid-latitudes, in the Northern and Southern Hemispheres, 1979 to 2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7797–7808.
32. Hunt Kieran M. R. & Nazir Zaz, Sumira (2023). Linking the North Atlantic Oscillation to winter precipitation over the Western Himalaya through disturbances of the subtropical jet, *Climate Dynamics* (2023) 60:2389–2403, <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06450-7>.
33. Taraphdar, S., gopalakrishnan, D., Liu, C, M. Pauluis, O., Xue, L, Ajayamohan, R.S., leung, L. Leung, hagos, S, W. Grabowski, W., Chen, S., M. Rasmussen, R and A. Tessororf, S (2025). Subtropical Jet Regulates Arabian Winter Precipitation: A Viable Mechanism, *Journal of the Atmospheric Sciences*, VOLUME 82, PP 713-732. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAS-D-23-0213.1>
34. Yokoyama, C, Takayabu, Y.N, Horinouchi, T. (2017). Precipitation Characteristics over East Asia in Early Summer: Effects of the Subtropical Jet and Lower-Tropospheric Convective Instability, *Journal of Climate*, Volume 30, Issue 20, 8127-8147.
35. Zolotov, S Yu, I I Ippolitov, and S V Loginov (2018). Characteristics of the subtropical jet stream over the North Atlantic from reanalysis data, *Earth and Environmental Science* 211 (2018) 012005.

