Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Analysis of merging polar-front and subtropical jet streams and its effect on rainfall in western Iran from December 12 to 15, 2010

Aida Farughy[1] | **Manuchehr Farajzadeh**[2]✉ | **Yousef Ghavidel Rahimi**[3]

1. PhD. Candidate of Climatology, Department of Physical Geography, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. **E-mail:** aida.farooghi@modares.ac.ir
2. Corresponding author, Professor, Department of Physical Geography, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. **E-mail:** farajzam@modares.ac.ir
3. Professor, Department of Physical Geography, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. **E-mail:** ghavidel@modares.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2024/02/04
Received in revised
2024/05/08
Accepted
2024/05/12
Published
2024/05/13
Published online
2025/09/23

Keywords:
Merge,
Jet stream,
Polar,
Subtropical,
Precipitation.

ABSTRACT

In this study, the frequency of merging events between the polar-front jet stream and the subtropical jet stream, along with their impact on precipitation patterns in western Iran, was analyzed over a ten-year statistical period (2010–2019). Utilizing coding in GrADS, 300 hPa jet stream maps were produced at six-hour intervals. Throughout the study period, the axes of these two jet streams merged on several occasions.

An examination of the frequency of merging indicated that, prior to 2015, the frequency of merging in December exhibited an increasing trend. However, this trend diminished in 2016 and 2017, only to experience a resurgence in 2018 and 2019. It is noteworthy that not all instances of jet stream merging resulted in significant precipitation events (e.g., December 2011, 2014, and 2017). For instance, in light of the substantial rainfall of 110 mm recorded at the Dehloran station, the period from December 12 to 15, 2010, was selected for detailed analysis to elucidate the atmospheric mechanisms responsible for the rainfall. From December 12 to 15, 2010, a decline in air temperature over Europe and Southwest Asia prompted a considerable meridional displacement of the polar-front jet stream, resulting in its merger with the subtropical jet stream. On December 12, 2010, as the polar-front jet stream underwent meridional movement and extended into tropical regions, its velocity core merged with that of the subtropical jet stream over the northern Arabian Peninsula, the Red Sea, and northeastern Africa. The convergence of these two jet streams led to a vertical expansion of the jet stream into lower atmospheric levels. At the mid-levels of the atmosphere, minimal meridional movement was observed. As a result, the Sudan low-pressure system migrated to higher latitudes, merging with the Mediterranean low-pressure system.

Cite this article: Farughy, Aida., Farajzadeh, Manuchehr., & Ghavidel Rahimi, Yousef. (2025). Analysis of merging polar-front and subtropical jet streams and its effect on rainfall in western Iran from December 12 to 15, 2010. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (78), 362-375. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.15

© The Author(s). Publisher: University of Kharazmi.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.15

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

The jet stream represents one of the most significant phenomena in the fields of meteorology and aviation. Jet streams can originate, dissipate, bifurcate, or converge. Most global studies primarily focus on the structural characteristics of jet streams and their spatial and temporal distributions. Numerous investigations have been conducted regarding the polar-front jet stream (Zhu et al., 2018; Kim & Choi, 2021; Rodríguez et al., 2022; Zhou et al., 2022; Zhang et al., 2023). For instance, Zhang et al. (2023) explored the impact of the subtropical jet stream in conjunction with climatic changes on the Tibetan Plateau. Iran, situated between 25° and 40° north latitude, displays diverse climatic conditions attributable to its elevation and topography. Throughout both the warm and cold seasons, the tropical and polar jet streams exert influence over Iran's atmosphere, playing a crucial role in maintaining atmospheric balance and precipitation patterns. Precipitation, a critical atmospheric phenomenon, is intricately linked to the dynamics of the jet stream. The distribution of precipitation corresponds with the dynamic theory of direct circulation at the entrance of the jet stream and indirect circulation at its exit (Johnson & Daniels, 1954).

Material and Methods

To examine the merging of the polar-front and subtropical jet streams, coding was executed using GrADS. Reprocessed and digital data, encompassing wind components at 200 and 300 hPa, geopotential height, sea level pressure, temperature, wind, and precipitable water components at 500 hPa and sea level, were sourced from the NCEP-NCAR center. The data possessed a spatial resolution of 2.5 degrees and a temporal resolution of 6 hours for the month of December from 2010 to 2019. Utilizing GrADS, jet stream maps were produced at 6-hour intervals for December over the 10-year period. The study area was confined to 10°–80° east longitude and 10°–60° north latitude. Additionally, 24-hour rainfall data from meteorological stations in western Iran were acquired from the Iranian Meteorological Organization for the same time frame.

Results and Discussion

The frequency of merging events between the polar and subtropical jet streams and their subsequent impact on precipitation patterns in western Iran were analyzed over the 10-year period (2010–2019). The analysis indicated that the frequency of merging increased until 2015, decreased in 2016 and 2017, and subsequently rose again in 2018 and 2019. However, it is noteworthy that not all instances of jet stream merging resulted in significant precipitation events (e.g., December 2011, 2014, and 2017). From December 12 to 15, 2010, a decline in air temperature over Europe and Southwest Asia triggered a considerable meridional shift of the polar jet stream, culminating in its merger with the subtropical jet stream. This merging intensified wind speeds at lower atmospheric levels and reinforced the mid-level low-pressure system. The core of the jet stream was positioned over northeastern Africa and the Red Sea during this interval.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Conclusion

The merging of the polar and subtropical jet streams significantly influenced the positioning and dynamics of the jet stream core, resulting in a pronounced meridional displacement of the low-pressure system. This phenomenon rendered the Sudanese low-pressure system increasingly dynamic, facilitating its movement to higher latitudes and its merger with the Mediterranean low-pressure system. The combined effects of these two low-pressure systems resulted in precipitation across the majority of regions in Iran, with the exception of certain areas in the central region. During this interval, the western and southwestern regions of Iran emerged as the primary conduits for low-pressure systems, which were further intensified by the Zagros Mountain range. This interaction weakened the low-pressure systems as they traversed Iran (Farooghi, 2016: 87). Consequently, the northward shift and transformation of the Sudanese low-pressure system can be attributed directly to the merging of the two jet streams.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

تحلیل ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای و تأثیر آن بر بارش‌های غرب ایران (مطالعه موردی ۱۲ الی ۱۵ دسامبر ۲۰۱۰)

آیدا فاروقی[۱]، منوچهر فرج زاده[۲]✉، یوسف قویدل رحیمی[۳]

۱. دانشجوی دکترای آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: aida.farooghi@modares.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: farajzam@modares.ac
۳. استاد آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: ghavidel@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۱/۱۵
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۲/۲۳
تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۲/۲۴
تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
ادغام،
جت استریم،
قطبی،
جنب‌حاره‌ای،
بارش.

چکیده

گردش جت استریم قطبی و جنب‌حاره‌ای به‌صورت یک الگوی موج مانند در سراسر جهان می‌باشد. در طول فصل سرد سال با جهش جنوب سوی رودباد جنب‌حاره‌ای، الگوی جت استریم قطبی و امکان نفوذ آن به مناطق حاره‌ای، این دوجت استریم در مواردی با یکدیگر ادغام می‌شوند. در ماه دسامبر رودباد جنب‌حاره‌ای در حوالی عرض جغرافیایی ۲۷/۵ درجه شمالی استقرار می‌یابد که با توجه به استقرار جت استریم قطبی در عرض‌های میانه، این دو جت استریم در مواردی ادغام می‌گردند. برای بررسی فراوانی رخداد دو جت استریم و مطالعه اثر ادغام این دو رودباد بر الگوهای جوی تراز پایین‌تر و میزان بارش بر روی غرب ایران، داده‌های شبکه‌بندی شده مؤلفه‌های باد ماه دسامبر در طول دوره آماری ۱۹-۲۰۱۰ از مرکز NCEPNCAR با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه دانلود و با کد نویسی در نرم‌افزار گردز (Grads) نقشه‌های جت استریم تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال با فاصله زمانی ۶ ساعته ترسیم شد. در طول دوره آماری این دو جت استریم طی روزهایی از طریق محور آن‌ها با یکدیگر ادغام شده‌اند. بررسی بارش روزانه ایستگاه‌های غرب کشور با روزهای ادغام دو جت استریم، مشخص شد که این رخداد در تمام موارد منجر به بارش سنگین نشده است. در دوازدهم دسامبر سال ۲۰۱۰ همراه با نصف‌النهاری شدن جت استریم قطبی و نفوذ آن به مناطق حاره‌ای، بر روی شمال عربستان، دریای سرخ و شمال شرق آفریقا هسته‌ی سرعت آن با هسته رودباد جنب‌حاره‌ای ادغام گردید. ادغام این دو جت استریم، گسترش عمودی جت به ترازهای پایین‌تر را به همراه داشته و در تراز میانی جو حرکت نصف‌النهاری زیاد کم ارتفاع مشاهده می‌گردد. در نتیجه کم‌فشار سودانی به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شده و با کم‌فشار مدیترانه‌ای ادغام می‌گردد که منجر به رخداد بارش سنگین (۱۱۰ میلی‌متر) است.

استناد: فاروقی، آیدا؛ فرج زاده، منوچهر؛ و قویدل رحیمی، یوسف (۱۴۰۴). تحلیل ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای و تأثیر آن بر بارش‌های غرب ایران (مطالعه موردی ۱۲ الی ۱۵ دسامبر ۲۰۱۰). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۸)، ۳۷۵-۳۶۲. http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.78.15

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

مقدمه

جت استریم عبارت است از جریان باریکی از باد که در امتداد یک محور نسبتاً افقی در تروپوسفر بالایی یا در استراتوسفر متمرکز شده است (علیجانی وکاویانی،۱۳۷۱). جت استریم از مهم‌ترین پدیده هواشناسی و صنعت هوانوردی است. جت استریم‌ها ممکن است ایجاد، متوقف، تقسیم به دو یا چند قسمت یا ادغام شوند. مطالعات صورت گرفته در سطح جهان اغلب بر روی ساختار جت استریم، وردایی مکانی و زمانی آن‌ها می‌باشد. جو نیمکره شمالی متأثر از جریان جت استریم قطبی و رودباد جنب حاره است. در ارتباط با جت استریم قطبی مطالعات مختلفی در جهان صورت گرفته است (Zhu et al., 2018; Kim., & Choi, 2021; Rodríguez-Montes et al., 2022; Zhou et al., 2022, Zhang et al., 2023). پژوهش زانگ و همکاران نیز بر روی تأثیر رودباد جنب حاره همراه با موسمی بر تغییرات آب‌وهوایی فلات تبت بوده است (Zhang et al., 2023). ایران نیز با قرارگیری بین عرض‌های ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی، ارتفاع از سطح دریا و توپوگرافی دارای اقلیم‌های متفاوت است. در دوره‌های گرم و سرد سال، رودباد جنب حاره و جت استریم قطبی بر جو ایران و به‌تبع آن به سبب نقش مؤثر در الگوی ترازهای جوی، بر میزان بارش دریافتی از سامانه‌های جوی اثرگذار است. بارش یکی از پدیده‌های مهم جوی بوده و توزیع میانگین بارندگی با جریان جت استریم در ارتباط است به‌طوری‌که شواهدی را در توافق با نظریه دینامیکی برای یک گردش مستقیم در ورودی جت و یک گردش غیرمستقیم در خروجی جت استریم فراهم می‌کند (Johnson & Daniels,1954). ایران به دلیل قرارگیری در منطقه جنب‌حاره‌ای در دوره گرم سال تحت تأثیر رودباد جنب‌حاره‌ای بوده و در طول دوره سرد سال از ماه آگوست، رود باد جنب‌حاره‌ای به سمت عرض‌های جنوبی جابجا شده و در ماه دسامبر در حوالی ۲۷/۵ درجه شمالی استقرار می‌یابد (قانقرمه و روشن،۱۵۶:۱۳۹۲). با جهش جنوب سوی این رودباد، بادهای غربی و به‌تبع آن جت استریم قطبی و جبهه قطبی امکان ورود به ایران را می‌یابند. جت استریم قطبی بین تراز فشاری ۳۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال یافت می‌شود بر این اساس مطالعات بسیاری بر عوامل کنترل کننده و مؤثر بر بارش و میزان آن صورت گرفته است. مطالعات صورت گرفته به بررسی الگوهای مختلف جو منجر به بارش از منظر سینوپتیکی، دینامیکی و اقلیمی پرداخته است. جت استریم و موقعیت آن، الگوی تراز میانی جو و بلاکینگ و سامانه‌های فشار تراز سطح دریا از مطالعات صورت گرفته در این خصوص جهت واکاوی الگوی منجر به بارش است. در این بین به اثر جت استریم‌ها نیز به‌عنوان عامل کنترل کننده بر مقدار و توزیع بارش نیز پرداخته شده است. تحلیل فضایی فراوانی جت استریم، نشان دهنده ارتباط مستقیم فراوانی جت استریم با بارش‌های فرین و فراگیر در غرب ایران است (مظفری و همکاران، ۱۳۹۶). سینایی و همکاران (۱۴۰۰) نیز عامل اصلی ناپایداری بارش حدی فراگیر جنوب غرب ایران را جت استریم و سامانه‌های برون حاره دانسته‌اند. در مطالعاتی از جمله حجازی زاده (۱۳۷۲) و عزیزی و سفرراد (۱۳۹۱) عمدتاً به نوسان بین دو جت استریم و ویژگی‌های آن‌ها پرداخته شده است. عزیزی ارتباط بین جت استریم در ارتباط با فازهای دور پیوندی ENSO را بررسی کرد. فازهای مختلف ENSO بر مسیر عبوری جت استریم از ایران اثر گذاشته به‌طوری‌که مسیر عبور جت استریم طی فاز النینو فشرده‌تر از مسیر آن طی فاز لانینا است. پروین (۱۳۹۲) نیز جابجایی نصف‌النهاری زیاد جت استریم را از عوامل سیلاب‌های فراگیر دانست. در هنگام رخداد بارش سنگین شرایط جت استریم غیرمعمول بوده و جت استریم دارای انحنای آنتی‌سیکلون است که با افزایش ارتفاع به سمت شمال شیب دارد. از جمله فرج زاده و همکاران (۱۳۸۶) به تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب ایران پرداخته و نتیجه گرفتند که حداکثر اعمال اثر جت استریم در شرایطی است که رودباد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در جنوب جت استریم تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال قرار گیرد. در ایران نیز بخصوص بر روی جت استریم قطبی به دلیل تأثیر آن بر ناپایداری‌های جو و بارش دوره سرد سال مطالعاتی صورت گرفته است. همچنین قانقرمه و روشن (۱۳۹۲) نقش رودباد جنب‌حاره‌ای بر کنترل بارش را مورد ارزیابی قرار دادند و این نتیجه را به همراه داشته که سرعت هسته رودباد جنب‌حاره‌ای در دوره سرد سال زیاد بوده و افزایش سرعت هسته آن افزایش میزان بارش و تعداد روزهای بارش را به همراه دارد. لشکری (۱۳۹۱) و ذکی زاده (۱۳۹۷) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی الگوهای جت استریم منجر به بارش سنگین را شناسایی کردند. تمامی مطالعات فوق بر سرعت هسته جت استریم، موقعیت و جابجایی آن در ارتباط با مقدار بارش دریافتی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

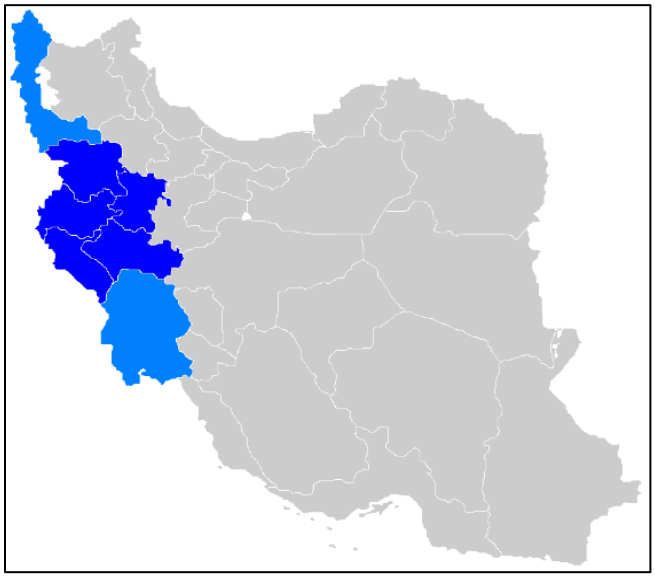
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

از سامانه منجر به بارش پرداخته‌اند. لکن جت استریم قطبی در هنگام نفوذ به مناطق حاره‌ای با رودباد جنب‌حاره‌ای ادغام می‌گردد. با استفاده از تصویر ماهواره نشان داده شد که جت استریم قطبی و رودباد جنب حاره در مناطقی به یکدیگر نزدیک شده و ادغام می‌شوند (Reiter & Whitney,1969). ادغام دو جت استریم شرایط را برای سرعت بخشیدن به جریان‌های جوی فراهم کرده و تقویت کم‌فشار را موجب می‌گردد (Saligheh, 2021). ادغام جت استریم‌ها ۲۶/۳ درصد روزهای بارندگی سنگین نقش دارد (Pazoh, 2020). در الگوی ادغام، جت استریم قطبی نقش فرارفت هوای سرد و انتقال بادهای غربی به سمت عرض‌های پایین‌تر و رودباد جنب حاره نقش واگرایی هوای گرم و مرطوب جنوبی به نیمه جنوبی کشور را ایفا می‌کنند. در مطالعه حاضر به جنبه ادغام جت استریم‌های مؤثر بر جو ایران پرداخته شده و با توجه به موقعیت متوسط رودباد جنب‌حاره‌ای در ماه دسامبر و ورود جت استریم قطبی به عرض‌های میانه که اغلب از مسیر شمال ایران می‌گذرد (علیجانی،۱۳۷۴:۳۴) دوره ده ساله ماه دسامبر ۱۹-۲۰۱۰ برای مطالعه انتخاب گردید تا به سؤال زیر پاسخ داده شود که جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای در صورت ادغام چه تأثیری بر بارش غرب ایران دارد؟

روش‌شناسی

موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه غرب ایران انتخاب شد و در محدوده عرض جغرافیایی از ۳۰ تا ۳۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی از ۴۳ تا ۵۰ درجه شرقی قرار دارد. غرب ایران شامل ناحیه باختری ایران: استان‌های آذربایجان غربی، ایلام، کرمانشاه، کردستان، زنجان، همدان و لرستان و خوزستان است شکل (۱). بیشترین مقدار بارش مطابق با مناطق کوهستانی و دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای است. در این منطقه رشته‌کوه زاگرس نقش مهمی در افزایش مقدار بارش در دامنه‌های رو به باد دارد. ضمن اینکه رشته‌کوه زاگرس از عوامل تأثیرگذار در تقویت یا تشکیل کم‌فشار در مرکز فلات ایران است (۱۳۹۷، فاروقی و همکاران).



شکل (۱). محدوده موردمطالعه

داده و روش کار

به‌منظور استخراج رخداد ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای، در نرم‌افزار Grads کدنویسی شد؛ بنابراین داده‌های دوباره پردازش شده و رقومی مؤلفه‌های باد تراز ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال از مرکز NCEP-NCAR با گام مکانی ۲/۵ درجه و گام زمانی ۶ ساعته ماه دسامبر سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۰ دریافت شد. با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار Grads نقشه جت استریم با فاصله زمانی ۶ ساعته برای ماه دسامبر دوره ۱۰ ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰ ترسیم شد. محدوده انتخابی محدود به ۱۰ تا ۸۰ درجه طول جغرافیایی شرقی و ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی است. تمامی رخدادهای ادغامی جت استریم

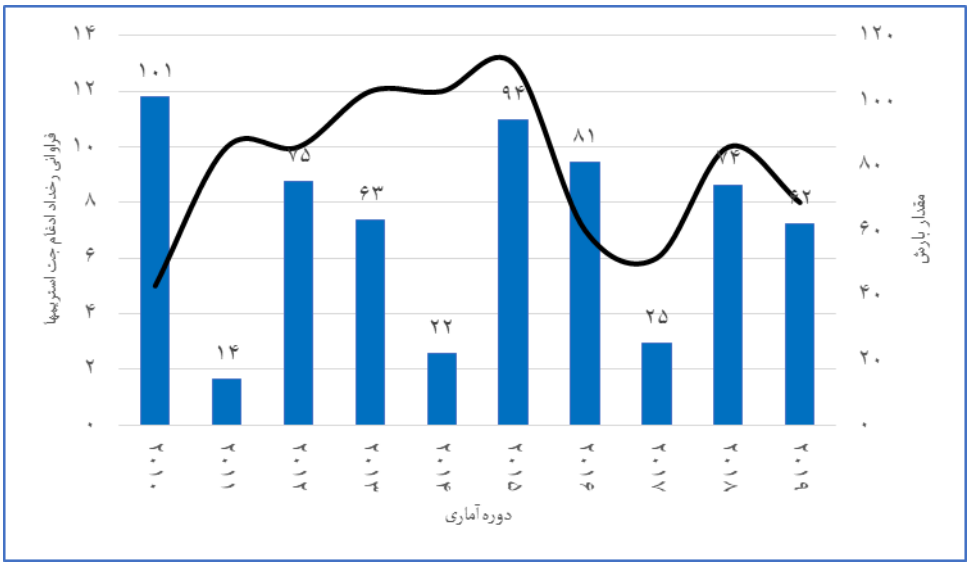
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای طی دوره آماری استخراج شد. پس‌ازآن جهت بررسی الگوی جوی ترازهای زیرین، داده‌های شبکه‌بندی ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز سطح دریا، دما، مؤلفه‌های باد و آب قابل بارش ترازهای ۵۰۰ و سطح دریا نیز با گام مکانی ۲/۵ درجه و گام زمانی ۶ ساعته ماه دسامبر دانلود شد. همچنین داده بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه‌های غرب ایران نیز از سازمان هواشناسی ایران طی دوره ده ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰ دریافت شد. پس از بررسی نقشه‌های جت استریم و استخراج روزهای ادغام دو جت استریم قطبی و رودباد جنب حاره، به بررسی آمار ۲۴ ساعته بارندگی ماه دسامبر دوره ده ساله ۱۹-۲۰۱۰ غرب ایران در هنگام ادغام جت استریم‌ها پرداخته شد. همچنین به جهت واکاوی اثر ادغام جت استریم‌ها بر روی الگوی جوی ترازهای زیرین، تاریخی به‌عنوان نمونه انتخاب و الگوی جوی ترازهای زیرین نیز ترسیم شد.

نتایج و بحث

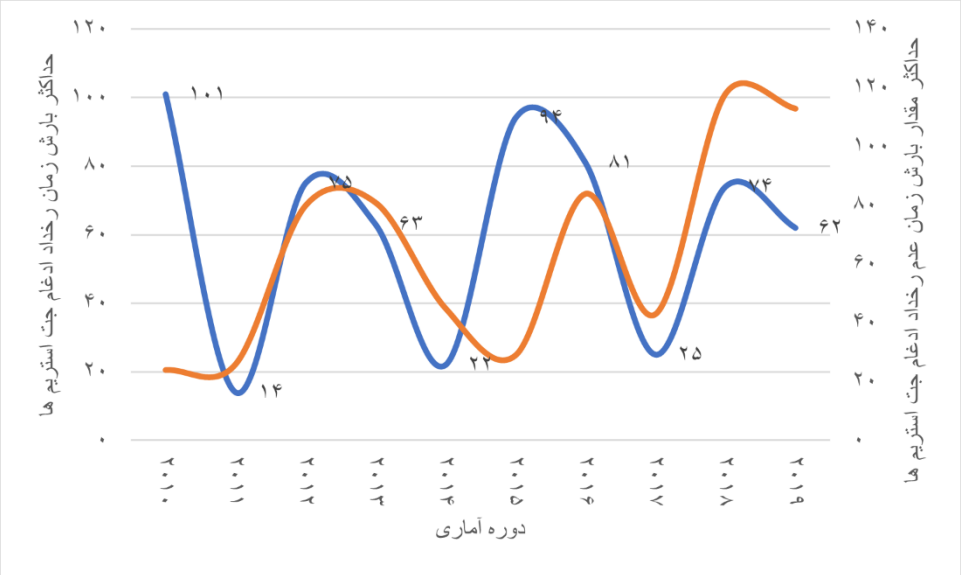
یکی از عوامل اصلی ناپایداری بارش‌های حدی فراگیر جنوب غرب کشور جت استریم‌ها هستند (سینایی و همکاران، ۱۴۰۰). سرعت رودباد جنب حاره و موقعیت مرکز هسته رودباد از سرعت جابجایی شمالی-جنوبی آن، نقش مؤثرتری بر کنترل بارش‌های ایران دارد (قانقرمه و همکاران، ۱۳۹۴). ضمن اینکه جت استریم قطبی نیز با آغاز دوره سرد سال با حرکت جنوب سو، جو ایران را متأثر ساخته و همراه با سامانه‌های فشاری، بارش را به همراه دارد. سرعت جت استریم قطبی و موقعیت محور آن از عوامل مؤثر بار بارش دریافتی از سامانه‌های منجر به بارش است. جهت مقایسه بارش دریافتی در زمان ادغام و عدم ادغام دو جت استریم در ماه دسامبر طی دوره ده ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰، ابتدا روزهای رخداد دو جت استریم استخراج گردید. به این منظور پس از دریافت داده دوباره تحلیل شده و رقومی مؤلفه‌های باد در نرم‌افزار Grads کد نویسی انجام شد. سپس نقشه‌های ترسیم شده جت استریم، جهت یافتن زمان‌های ادغام دو رودباد جنب‌حاره‌ای و جت استریم قطبی بررسی شد. فراوانی ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب حاره در شکل شماره (۲) آورده شده است. در طول دوره آماری این دو رودباد در طول محور با یکدیگر ادغام شده و فراوانی رخداد آن طی ماه دسامبر سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ روند نزولی داشته است. بیشترین فراوانی ادغام ۱۳ رخداد در سال ۲۰۱۵ و کمترین آن ۵ رخداد مربوط به ماه دسامبر سال ۲۰۱۰ است. سپس مقدار بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه‌های غرب ایران در تاریخ‌های رخداد ادغام دو جت استریم استخراج شد. در همه موارد افزایش فراوانی رخداد با بارش سنگین همراه نبوده است. سال ۲۰۱۱ هرچند فراوانی رخداد ادغام دو جت استریم روند افزایشی داشته اما مقدار بارش دریافتی در زمان ادغام دو جت استریم کمتر از ۲۵ میلی‌متر بوده است.



شکل (۲). فراوانی رخداد ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب حاره ماه دسامبر و حداکثر مقدار بارندگی ۲۴ ساعته در زمان ادغام جت استریم‌ها (خط ت پر آبی رنگ) دوره ده ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

همچنین پس از استخراج روزهای رخداد ادغام دو جت استریم، حداکثر مقدار بارندگی ۲۴ ساعته روزهای فاقد رخداد ادغام نیز در طول دوره آماری ده ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰ ماه دسامبر نیز استخراج شد. رخداد یا عدم رخداد ادغام جت استریم‌ها در همه موارد منجر به بارش سنگین شده است (شکل شماره ۳). در زمان‌هایی که فراوانی رخداد ادغام دو جت استریم افزایش‌یافته است مقدار بارش دریافتی در ماه دسامبر نیز روند افزایشی داشته که در جدول (۱) مشاهده می‌گردد.

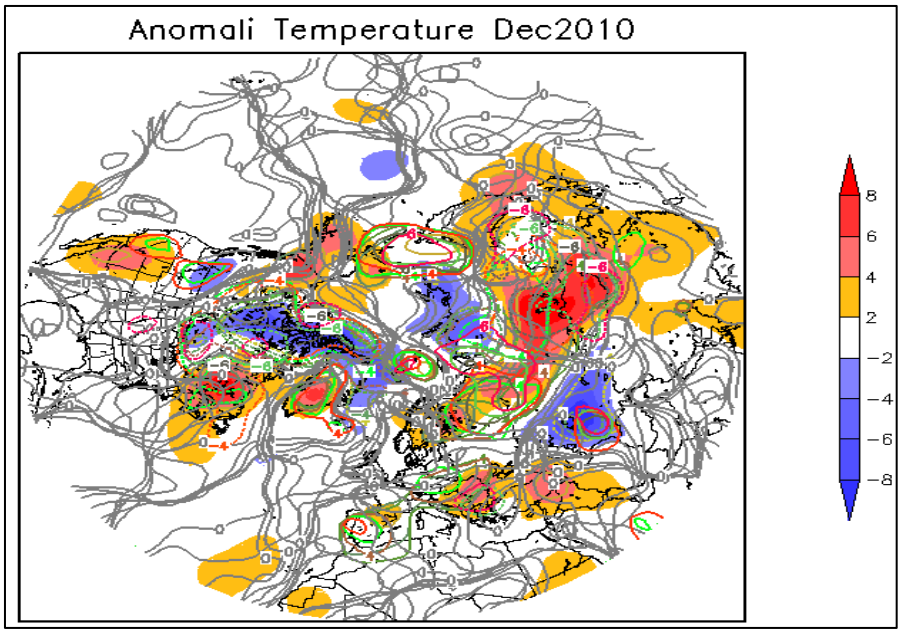


شکل (۳). حداکثر مقدار بارندگی ۲۴ ساعته در زمان ادغام دو جت استریم (خط تو پر آبی‌رنگ) و عدم ادغام جت استریم‌ها (خط تو پر نارنجی‌رنگ) ماه دسامبر دوره ده ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰

جهت بررسی اثر ادغام دو جت استریم بر مقدار بارش، تاریخ ۱۲ تا ۱۵ دسامبر سال ۲۰۱۰ به سبب بارندگی ۲۴ ساعته ۱۰۱ میلی‌متری گزارش شده از ایستگاه دهلران همدان انتخاب شد. طی این روزها بارش ۲۴ ساعته ۱۰۱ میلی‌متری از ایستگاه تویسرکان همدان گزارش شده است. داده‌های باز تحلیل و رقومی ارتفاع ژئوپتانسیل، دما، مؤلفه‌های باد و فشار تراز سطح دریا با گام مکانی ۲/۵ درجه و گام زمانی ۶ ساعته دریافت شد. بررسی نقشه بی‌هنجاری دما نشان داد که نسبت به میانگین دما ماه دسامبر سال ۲۰۱۰، در تراز سطح دریا مقدار متوسط دمای هوا پنج روزه کمتر از نرمال بوده که نشان دهنده کاهش دمای هوا بر روی اروپا و جنوب غرب آسیا است. ازاین‌رو حرکت نصف‌النهاری بسیار زیاد جت استریم قطبی را به همراه داشته است شکل (۴).

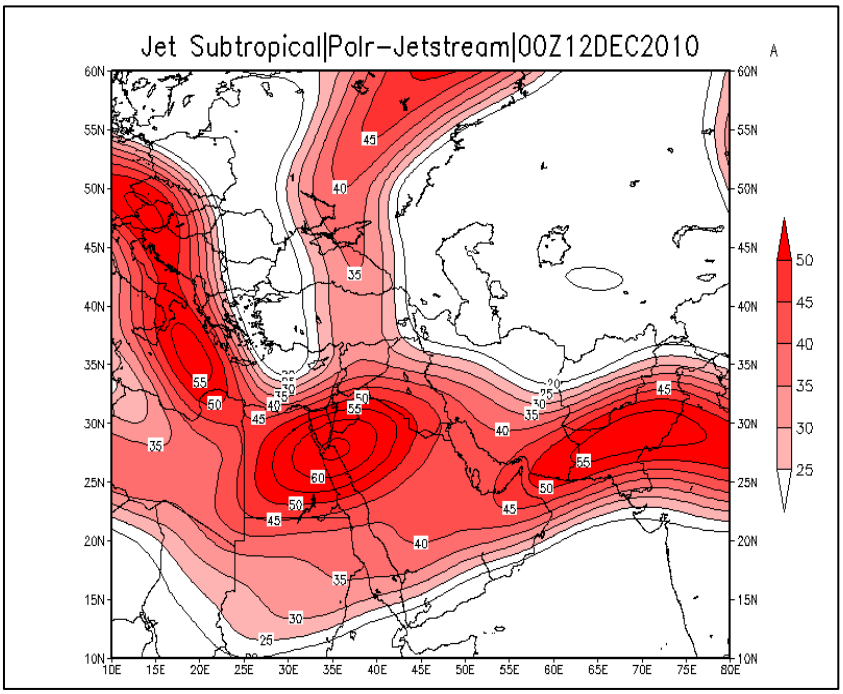
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]



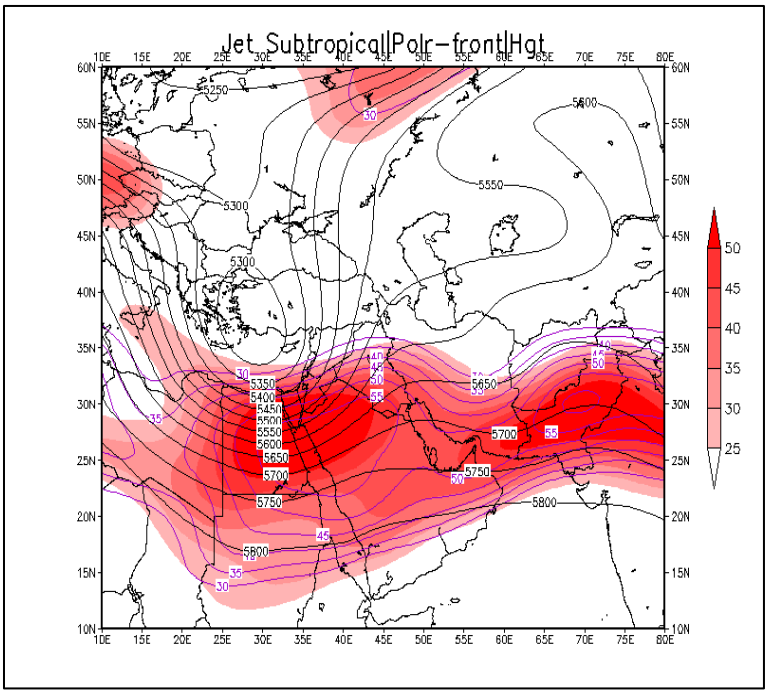
شکل (۴). نقشه آنومالی دما دسامبر ۲۰۱۰

نقشه ترازهای مختلف جو ترسیم گردید. در دوازدهم دسامبر ۲۰۱۰ به دلیل حرکت نصف‌النهاری بسیار زیاد جت استریم قطبی و نفوذ آن به مناطق حاره‌ای، با رودباد جنب‌حاره‌ای ادغام شده است شکل (۵).



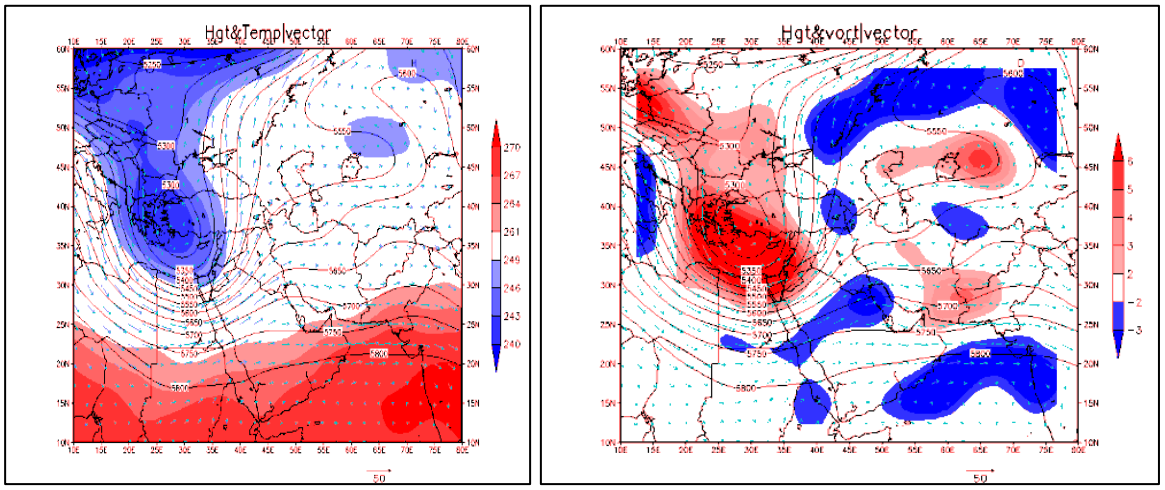
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]



شکل (۵). نقشه رودباد قطبی تراز ۳۰۰ به‌صورت رنگی و رودباد جنب‌حاره‌ای تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال به‌صورت کنتور و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ گرینویچ دوازدهم دسامبر ۲۰۱۰

شکل (۶) نشان دهنده ادغام این دو رودباد بر روی شمال عربستان، دریای سرخ و شمال شرق آفریقا می‌باشد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز یک سردچال با مقدار ۵۳۰۰ هکتوپاسکال بر روی غرب ترکیه مستقر بوده و محور فرود آن تا سودان کشیده شده است.

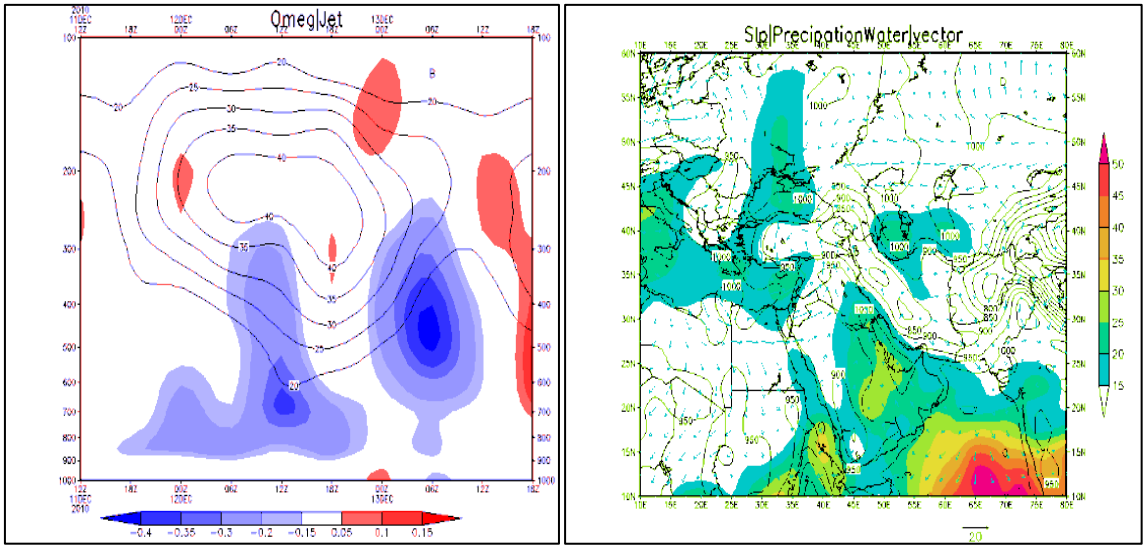


شکل شماره (۶). نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی H-دما، جهت باد و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ گرینویچ دوازدهم دسامبر ۲۰۱۰

نقشه C نشان دهنده مقادیر مثبت تاوایی بر روی شرق دریای مدیترانه، غرب ترکیه و شمال عربستان و دریای سرخ در تراز میانی جو بوده و کمینه تاوایی منفی بر روی شمال غرب خلیج‌فارس و دریای عرب می‌باشد. علاوه بر آن فرازی در جانب شرق سردچال مشاهده می‌گردد که محور آن از جنوب عربستان تا شمال غرب ایران کشیده شده است. نقشه H نیز علاوه بر گرادیان فشاری نشان دهنده گرادیان دمایی نیز می‌باشد که با توجه به حرکت نصف‌النهاری زیاد فرود در جانب غرب آن

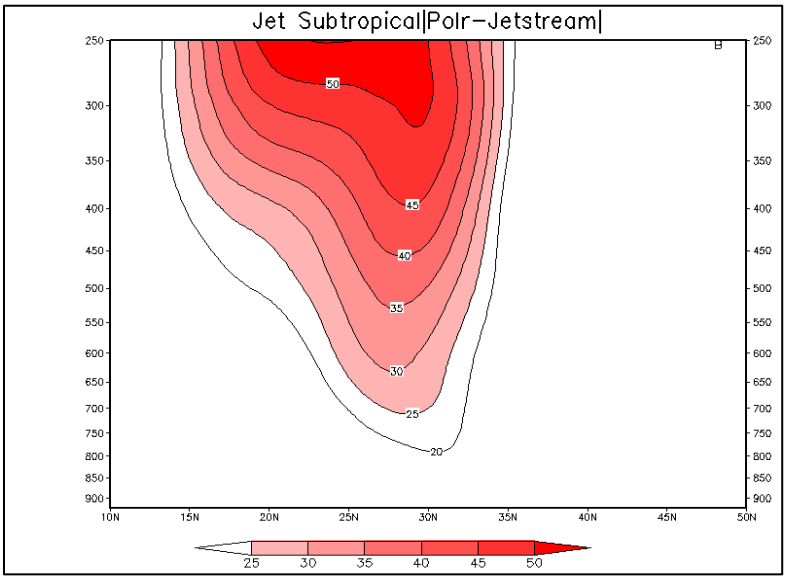
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

هوای سرد از عرض‌های بالاتر ریزش نموده و در جانب شرق آن فرارفت هوای گرم و مرطوب از مناطق جنب‌حاره‌ای- حاره‌ای به سمت عرض‌های بالاتر روی می‌دهد شکل (۷).



شکل (۷). نقشه خطوط هم‌فشار، جهت باد و آب قابل بارش تراز سطح دریا B- نمودار هاومولر جت استریم و سرعت قائم باد طول جغرافیایی ۴۶ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی

شکل (۸) نشان دهنده این است که زبانه کم‌فشار سودان نیز به دلیل حرکت نصف‌النهاری زیاد فرود به سمت عرض‌های بالاتر کشیده شده و با کم‌فشار مدیترانه ادغام شده است. در شکل مذکور استقرار کم‌فشار ادغامی سودانی-مدیترانه‌ای بر روی ایران بوده که مراکز آن با مقدار ۸۰۰ هکتوپاسکال بر روی رشته‌کوه زاگرس بسته شده است. در نمودار هاومولر سرعت قائم باد (B) از تراز ۹۰۰ هکتوپاسکال تا تروپوسفر فوقانی جریان صعودی بوده و بیشینه مقادیر صعود به ترتیب در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ گرینویچ دوازدهم دسامبر و در تراز میانی جو ساعت ۰۶ گرینویچ سیزدهم دسامبر مشاهده می‌گردد. هسته رودباد نیز با بیشینه مقدار ۴۰ متر بر ثانیه بین تراز ۳۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال قرار داشته که ساعت ۱۸ گرینویچ دوازدهم دسامبر محور آن به سمت ترازهای پایین‌تر کشیده شده است.



شکل (۸). نمودار هاومولر سرعت قائم باد در طول جغرافیایی ۳۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۵۰ درجه شمالی ساعت ۱۲ گرینویچ ۱۲ دسامبر ۲۰۱۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

شکل (۸) نشان دهنده افزایش سرعت وزش باد در لایه‌های زیرین ۳۰۰ میلی باری نیز بوده به‌طوری‌که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز، سرعت وزش باد بیش از ۲۰ متر بر ثانیه است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی فراوانی رخداد ادغام جت استریم قطبی و رودباد جنب‌حاره‌ای و اثر آن بر مقدار بارش دریافتی از الگوی جوی در غرب ایران طی دوره آماری ۱۰ ساله ۲۰۱۹-۲۰۱۰ پرداخته شد. با بررسی فراوانی رخداد ادغام دو جت استریم مشخص شد که تا سال ۲۰۱۵، فراوانی رخداد ادغام دو جت استریم در ماه دسامبر روند افزایشی و سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ روند کاهشی بوده است. مجدداً طی سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ روند افزایشی گردید. در همه موارد ادغام دو جت استریم منجر به رخداد بارش سنگین نشده است (دسامبر ۲۰۱۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷). طی روزهای ۱۲ الی ۱۵ دسامبر سال ۲۰۱۰، کاهش دمای هوا بر روی اروپا و جنوب غرب آسیا منجر به حرکت نصف‌النهاری بسیار زیاد جت استریم قطبی گردیده که در نتیجه ادغام با رودباد جنب حاره را به همراه داشته است. ادغام این دو جت استریم سبب افزایش سرعت وزش باد در ترازهای زیرین نیز گردید. در نتیجه تقویت کم ارتفاع تراز میانی جو را سبب گردید. هسته جت استریم که بر روی شمال شرق آفریقا و دریای سرخ قرار دارد. استقرار مناسب خروجی هسته رودباد جنب حاره بر روی تکوین و گسترش کم‌فشارهای سودانی مؤثر است (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۴). ازاین‌رو با توجه به موقعیت خروجی هسته جت استریم و جابجایی نصف‌النهاری زیاد کم ارتفاع، کم‌فشار سودانی نیز ماهیت دینامیکی یافته و به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شده و با کم‌فشار مدیترانه‌ای ادغام شده است. ادغام دو سامانه کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای در اغلب مناطق ایران به‌جز بخشی در مرکز کشور منجر به بارش می‌گردند. در این هنگام مسیرهای غرب و جنوب غرب مسیرهای عبور کم‌فشار از ایران بوده که تحت تأثیر واداشت رشته‌کوه زاگرس سامانه کم‌فشار تضعیف شده مجدداً در داخل ایران تقویت می‌گردند (فاروقی، ۱۳۹۶:۸۷)؛ بنابراین تغییر ماهیت و جابجایی شمال سو کم‌فشار سودانی از جمله اثرهای ادغام دو جت استریم است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای رساله، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی سازی مقاله

نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

پروین، ن. (۱۳۹۲). بررسی ارتباط موقعیت مکانی رودبادهای تراز میانی جو و وقوع سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳.(29)

ذکی زاده اوماسلان علیا، م. ب.، سلیقه، م.، ناصرزاده، م. ح.، & اکبری، م. (۱۳۹۷). تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین ایران. مخاطرات محیط طبیعی، ۷.(15)

سازمان هواشناسی کشور.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

سینایی، ح.، سلیقه، م.، & اکبری، م. (۱۴۰۱). بررسی بارش‌های حدی و نقش رودبادها در آن مطالعه موردی: جنوب غرب ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۳۱.(121)

عزیزی، ق.، & سفرراد، ط. (۱۳۹۱). تحلیل ویژگی‌های رودباد طی فازهای ENSO مطالعه موردی سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۳.(4)

علیجانی، بهلول و کاویانی (۱۳۷۱). مبانی آب و هواشناسی، سمت، تهران،۱۳۷۱.

فاروقی، آ. (۱۳۹۶). مسیریابی رقومی سامانه‌های کم‌فشار عبوری از ایران (۲۰۱۴-۲۰۱۰) [پایان‌نامه کارشناسی ارشد]. دانشگاه فردوسی مشهد.

فاروقی، آ.، زرین، آ.، & مفیدی، ع. (۱۳۹۷). بررسی بارش حاصل از سامانه‌های کم‌فشار عبوری از جنوب غرب آسیا فصل زمستان ۲۰۱۴-۲۰۱۰. دومین کنفرانس ملی آب‌وهواشناسی ایران، مشهد. https://civilica.com/doc/781086

فرج زاده اصل، م.، لشکری، ح.، & خورانی، ز. (۱۳۸۶). تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور (استان‌های ایلام و کرمانشاه). فصلنامه مدرس علوم انسانی (ویژه‌نامه جغرافیا).

قانقرمه، ع.، & روشن، غ. (۱۳۹۴). ارزیابی نقش رودباد جنب‌حاره‌ای در کنترل بارش‌های ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶.(59)

مباشری، م. ر.، قائمی، ه.، کریمی احمدآباد، م.، & فرج زاده، م. (۱۳۸۸). چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران (مطالعه موردی بارش ۷-۳ ژانویه ۱۹۶). برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۱۳(۱)، ۱۹۳-۲۱۷.

محمدی، ب.، & مسعودیان، ا. (۱۳۹۰). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳. فصلنامه جغرافیا و توسعه آب‌وهوایی ایران، ۱۹، ۴۷-۷۰.

مظفری، غ.، & شفیعی، ش. (۱۳۹۶). تحلیل فضایی فراوانی رودبادهای مؤثر در بارش‌های فرین غرب ایران. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۹.(1)

مفیدی، ع.، & زرین، آ. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک ماهیت سامانه‌های کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی: توفان دسامبر ۲۰۰۱). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۲(۲)، ۲۶-۵۰.

وب‌سایت جامع هوا و اقلیم‌شناسی. رودبادها.

Dayan, U., & Abramski, R.. (1983). Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties. Bulletin - American Meteorological Society, 64(10), 1138-1140. doi: https://doi.org/10.1175/1520-0477

GmbH, H. L. (2016). Jetstream - Advanced - Teacher's Book with Digital Access Code and Class Audio CDs: Helbling Languages GmbH. doi:10.29252/jsaeh.7.1.12 fatcat:miefajpgmfdxhpqcm457ftx7wu

Johnson, D. H., & Daniels, S. M. (1954). Rainfall in relation to the jet stream. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 80, 212-217. doi:https://doi.org/10.1002/qj.49708034407

Kim, S.-J., & Choi, H.-S. (2021). Role of polar vortex weakening in cold events in central Asia during late winter. Polar Science, 30, 100640. doi:https://doi.org/10.1016/j.polar.2021.100640

Pazoh, Farshad. (2020). Identification of the effective jet stream patterns in the heavy precipitations of the cold season in the Southern half in Iran, Journal of spatial Analysis Environ mental hazard,7(1), 26-45.

Reiter, E. R., & Whitney, L. F. (1969). Interaction between subtropical and polar-front jet stream. Monthly Weather Review, 97, 432-438. doi: http://hdl.handle.net/10217/37778

Rodríguez-Montes, M., Ayarzagüena, B., & Guijarro, M. (2022). Polar night jet characterization through artificial intelligence. Computers & Geosciences, 166, 105176. doi:https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105176

Saligheh, M. (2021). The Effect of Merging Subtropical Jet Stream and Polar Fronts Jet Stream on Heavy Rainfall in Southwest Asia. In: Research Square. doi:10.21203/rs.3.rs-839144/v1

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]

The NCAR Command Language (Version 6.4.1) [Software]. (2017). Boulder, Colorado: UCAR/NCAR/CISL/TDD. doi:http://dx.doi.org/10.5065/D6WD3XH5

Zhang, J., Yue, P., Zhang, Q., & Wang, Z. (2023). Impact of tropospheric polar vortex on winter cold extremes over Northeast China. Atmospheric Research, 294, 106942. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106942

Zhou, Y., Yuan, J., Wen, Z., Huang, S., Chen, X., Guo, Y., & Lin, Q. (2022). The impacts of the East Asian subtropical westerly jet on weather extremes over China in early and late summer. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 15(5), 100212. doi:https://doi.org/10.1016/j.aosl.2022.100212

Zhu, X., Wei, Z., Dong, W., Li, Z., Zheng, Z., Chen, C.,... Liu, Y. (2018). Possible influence of Asian polar vertex contraction on rainfall deficits in China in autumn. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 82, 64-75. doi:https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2018.04.001

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/jgs.25.78.15]