






Identification of Synoptic Patterns Influencing Widespread Precipitation Associated with Extreme Discharge in the Sabalan Basin

Akbar shahi ¹ | Karim Amini nia  ² | Mehdi Saghebian ³
| Ebrahim Fatayi ³

1. PhD candidate
2. Assistant Professor of Azad University of Ahar
3. Associate Professor of Azad University of Ahar
4. Ebrahim Fatayi Professor University Azad of Ardabil

Article Info:

Article type:

Research Article

Date:

Received: 2024.08.17

Received: 2025.02.13

Accepted: 2025.02.16

Keywords:

Synoptic Pattern,
Widespread
Precipitation, Cluster
Analysis, Extreme
Discharge, Sabalan

Abstract: The geographical location of Ardabil Province in northwestern Iran has resulted in a highly irregular precipitation system in both spatial and temporal dimensions. The concurrent influence of local and external factors on its climate subjects the Sabalan basin to diverse meteorological phenomena. Consequently, the present study aimed to identify days characterized by heavy and widespread precipitation coinciding with peak discharge levels. To achieve this, daily data from 45 synoptic and rain-gauge stations (affiliated with the Ministry of Energy), alongside discharge data from the Doust-Beiglou hydrometric station, were utilized. Heavy precipitation days were identified using the 95th percentile criterion. Widespread precipitation days were subsequently selected based on a positive anomaly of the 75th percentile of the area affected by heavy rainfall. Following the identification of these events, atmospheric patterns were classified using upper-air data through Cluster Analysis and Lund's Correlation Method. The results indicate that the Mediterranean cyclone, the Siberian High, atmospheric cut-off lows, and the activity of the Polar Vortex play significant roles in the occurrence of heavy and widespread precipitation within the Sabalan drainage basin.

Cite this article: Mohsen, A, Khosravi, M, & Saligheh, M. (2024). Investigation of the Impact of Monsoon System on Southeast Iran. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 3(6), 3-38.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan.



Extended Abstract

Introduction

Precipitation, as a complex phenomenon resulting from atmospheric interactions, holds significant social and economic importance in Iran, particularly in areas with high variability such as the Sabalan catchment basin. The location of Ardabil Province in northwestern Iran causes it to experience a highly irregular precipitation system in both spatial and temporal dimensions. The combined effect of local and external factors on its climate has led the Sabalan basin to be influenced by diverse weather phenomena. This research was conducted with the aim of identifying the atmospheric patterns affecting heavy and widespread rainfall and their relationship with the discharge of rivers in the region, in order to enable forecasting, water resource management, and damage reduction.

Data and Methods

In the present study, an effort was made to first identify days that

experienced heavy and widespread rainfall, and on which the discharge was also at its peak, using daily data from 45 synoptic and rain gauge stations as well as discharge data from the Doost Beyglu hydrometric station (period 1986–2020). The 95th percentile criterion was used to identify days with heavy rainfall. Widespread rainfall days were selected based on the positive anomaly of the 75th percentile of the area affected by heavy rainfall. Out of 4,422 days with widespread rainfall, 222 days coincided with peak discharge (based on the 95th percentile). After identifying these days, sea-level pressure data were used, and weather patterns were classified using cluster analysis and the Lund correlation method.

Results

The results of the study showed that most extreme precipitation occurs in winter, with its concentration in the lowland areas of the Sabalan catchment basin. These precipitation events mainly occur under three atmospheric patterns with similar

dynamic mechanisms (instability caused by the interaction of high-pressure and low-pressure systems). The dominant moisture source in the first and third patterns is the Mediterranean Sea, while in the second pattern it is the polar vortex. In the first pattern—the Siberian High–Mediterranean Low—a cut-off low forms in the eastern Mediterranean, and its interaction with the Siberian High leads to cold air advection along with moisture from the Mediterranean Sea, causing instability and heavy rainfall in the southwestern part of the basin. In the second pattern—the Northeastern Russia Low (polar vortex)–Siberian High—the polar vortex intrudes into lower latitudes and forms a cut-off low with an

inverted omega pattern over northwestern Iran, resulting in the descent of high-latitude cold air and the enhancement of the temperature gradient, which leads to widespread precipitation. In the third pattern—the Siberian High–Black Sea Low—the establishment of the Siberian High and its interaction with European and Black Sea lows, along with the formation of a shallow trough in the mid-troposphere and moisture advection from the Black Sea into the region, provide the conditions for uplift and precipitation in the area.

Keywords:

Synoptic Pattern, Widespread Precipitation, Cluster Analysis, Extreme Discharge, Sabalan



آشکارسازی الگوهای همدیدی موثر بر بارش‌های فراگیر توام با دبی‌های فرین در

حوضه آبریز سبلان

اکبر شاه‌ی^۱ | کریم امینی نیا^۲ | مهدی ناقیبان^۳ | ابراهیم فتایی^۴

۱. دانشجوی دکترای اقلیم شناسی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

۳. دانشگاه آزاد اسلامی، اهر-ایران

۴. گروه محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل-ایران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۷

بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

واژگان کلیدی:

بارش‌های فرین فراگیر، حوضه ابریز سبلان، دبی اوج، الگوهای جوی

چکیده: موقعیت استان اردبیل در شمال غرب ایران باعث شده است که دارای سیستم بارش بسیار نامنظم در ابعاد مکانی و زمانی باشد. تاثیر توام عوامل محلی و بیرونی بر اقلیم آن باعث شده است که حوضه آبریز سبلان تحت تاثیر پدیده‌های آب و هوایی متنوع قرار گیرد. از این رو در تحقیق حاضر تلاش شد تا با استفاده از داده‌های روزانه ۴۵ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی (وابسته به وزارت نیرو) و همچنین داده‌های دبی خروجی ایستگاه هیدرومتری دوست بیگلو، ابتدا روزهایی که بارش‌های سنگین و فراگیر دریافت کرده‌اند و همچنین در این روزها دبی نیز در اوج بوده است شناسایی شوند. برای شناسایی روزهای با بارش سنگین از معیار صدک ۹۵ استفاده شد. روزهای با بارش فراگیر نیز بر اساس ناهنجاری مثبت صدک ۷۵ مساحت روزهای توام با بارش سنگین انتخاب شدند. بعد از شناسایی این روزها با استفاده از داده‌های جو بالا، و بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای و همبستگی لوند، اقدام به الگوبندی الگوهای جوی گردید. بر اساس نتایج تحقیق، چرخند دریای مدیترانه و پر فشار سیبری و همچنین سردچال‌های جوی، همچنین فعالیت تاوه قطبی نقش موثری در وقوع بارش‌های سنگین و فراگیر در حوضه آبریز سبلان داشته‌اند.

استناد: شاه‌ی، اکبر، امینی نیا، کریم، ناقیبان، مهدی، فتایی، ابراهیم. (۱۴۰۳). آشکارسازی الگوهای همدیدی موثر بر بارش‌های فراگیر توام با

دبی‌های فرین در حوضه آبریز سبلان. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۶)، ۳۸-۳.

© نویسندگان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان



بارش پدیده‌ی حاصل از اندرکنش‌های جوی است که نسبت به پدیده‌های دیگر، از پیچیدگی رفتاری چشم‌گیرتری برخوردار است. تاثیرات اجتماعی و اقتصادی تغییرپذیری باران در ایران بسیار مهم‌تر است. اهمیت بارش زمانی بیش‌تر می‌شود که یک مکان شاهد ریزش ناچیز یا قابل توجه ناگهانی حجم زیادی از بارش باشد (Mohammadi, & Masoudian, 2010). از مهم‌ترین تاثیرهای تغییرات بارش، تغییر مقادیر فرین می‌باشد. به طوری که میزان تغییرات مقادیر فرین بسیار بیش‌تر و شدیدتر از تغییرات مقادیر میانگین عناصر اقلیمی بوده است (Katiraei et al, 2007). حال اگر این نوع از بارش‌ها در مساحت‌های گسترده‌ای رخ دهند، خسارات زیادی را به بار خواهند آورد (Asakereh, & Ashrafi, 2024). می‌توان گفت در نتیجه تغییر اقلیم شدت و فراوانی بیشینه بارش‌ها در بسیاری از نقاط جهان افزایش یافته است. با این حال نوع و شدت این تغییرات در مناطق مختلف متفاوت بوده است (IPCCT 2012). به عنوان مثال می‌توان به بارش‌های سنگین ایران (Alijani, B., & Rezaei, 2014) تغییرات بارش و روزهای طوفانی در لهستان (Bakowska & Lupikasza, 2009)، تغییرات زمان مکانی مقادیر حدی دما و بارش در مغولستان چین (Tong et al, 2019) اشاره کرد. این رخدادها زمانی پتانسیل یک خطر بزرگ را دارند که به صورت ناگهانی، غیر قابل پیش بینی و با شدت زیاد و گسترده رخ دهند (Ahmadi et al, 2015). مطالعات زیادی نشان می‌دهد که بسیاری از کشورهای واقع در مناطق حاره و عرض‌های میانه به ویژه در قاره آسیا و آفریقا، مخاطرات اقلیمی بسیاری نظیر خشکسالی و سیل را طی سال‌های اخیر تجربه کرده‌اند

که از آن جمله می‌توان به بارش‌های سیل‌آسا در غرب و جنوب غرب ایران در ۵ و ۱۱ ام فروردین ماه ۱۳۹۸ (Pazhooh & Jafari, 2020), بارش‌های سیل‌آسا در ۱۶ و ۳۱ مارس ۲۰۱۹ ایران (Alijani et al, 2019) اشاره کرد.

تحقیقات بسیاری نشان می‌دهند که الگوهای گردش عمومی جو نقش بسزایی در مقدار و توزیع مکانی بارش دارند. از این رو این عوامل نقش مهمی در تعیین شرایط اقلیمی مناطق مختلف دارند. به عنوان مثال (Seibert et al (2007) الگوهای همدید بارش‌های سنگین اتریش را با استفاده از تحلیل خوشه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. (Lana et al (2007) با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی، به بررسی الگوهای پدید آورنده بارش‌های سنگین در جزایر بالریک پرداختند. نتایج تحقیق نشان دهنده ارتباط موثر و قوی بین رخداد بارش‌های سنگین و چرخندها بود.

Hossos et al (2008) شرایط سینوپتیکی بارش‌های شدید در یونان را با استفاده از روش‌های چند متغیره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که چرخندها مهم‌ترین عامل ایجاد بارش‌های سنگین در یونان می‌باشند. (Muller et al (2009)

الگوهای گردشی پدید آورنده‌ی بارش‌های سنگین و فراگیر اروپا را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که عامل اصلی به وجود آورنده این نوع بارش‌ها عوامل دینامیکی و ترمودینامیکی جو بوده است.

(Masoudian, & Jafari (2014) با مطالعه سامانه‌های همدید موثر بر بارش‌های سنگین پهنه کم‌بارش شمالی ایران پرداختند. بدین منظور ۱۰۰ روز بارش سنگین از سال‌های ۱۳۴۰-۱۳۸۳ انتخاب شده با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، الگوهای اصلی موثر بر بارش‌های سنگین شناسایی کردند. نتیجه نشان داد که واچرخند

روزهای توام با بارش فرین فراگیر در زاگرس جنوبی پرداختند نتیجه نشان داد که فرود شرق مدیترانه عامل اصلی ایجاد این نوع بارش‌ها در منطقه بوده است. این نوع بارش‌ها در منطقه بوده است. (Asakereh, & Ashrafi, (2024). استفاده از تحلیل خوشه‌ای دوحالتی به شناسایی الگوهای موثر بر بارش‌های سنگین و فراگیر ایران پرداختند. نشان دادند که بارش‌های سنگین و فراگیر ایران هم‌زمان با سامانه‌های کم فشار با منشا‌های متعددی در کشور رخ می‌دهد.

بارش‌های سنگین اغلب بر روی قلمروهای کوچک رخ می‌دهند با این حال ممکن است این رویدادها درون سامانه‌های بزرگ مقیاس لانه کرده باشند و همچنین انرژی و رطوبت‌شان را از مناطق دوردست دریافت کنند (Mohammadi, & Masoudian, (2010) از این رو شناسایی الگوهای هم‌دیدگی موجد بارش‌های سنگین در منطقه و شرایط دینامیکی حاکم بر این

سپیری، و اچرخند دریای سیاه، فرود دریای سرخ و فرود خلیج فارس مسبب اصلی این بارش‌های سنگین بوده‌اند. Mohammadi, B., & Masoudian (2010) با بررسی بارش‌های سنگین و فراگیر ایران در ۱۳۷۳/۸/۱۲ تا ۱۳۷۳/۸/۱۷ الگوهای گردشی اصلی و منابع رطوبتی بارش این روزها را استخراج کردند و نشان دادند که تقابل بین پرفشار اروپا و دریای سیاه و کم فشار عراق باعث ایجاد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران شده‌اند. (Azizi et al (2009) بارش سنگین ۱۶ تا ۲۴ اسفند ۱۳۸۵ را در غرب ایران مورد بررسی قرار دادند نتایج مطالعه ایشان نیز نشان داد که کم فشار دریای مدیترانه و زیانه کم فشار سودانی باعث ایجاد بارندگی‌های سنگین غرب ایران در این بازه زمانی شده است. Masoudian, & Karsaz, (2014) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به طبقه‌بندی ضخامت جو در

پر شماری نظیر (Omidvar et al, 2010,)
 با (Masoudian., & Karsaz, 2014.)
 استفاده از تحلیل چند متغیره به الگوبندی
 و شناسایی الگوهای موثر بر بارش‌ها
 پرداخته‌اند که همه این مطالعات کارایی
 این روش‌ها را در شناسایی الگوهای بارشی
 تایید کرده‌اند. از این رو در این پژوهش
 جهت طبقه‌بندی الگوهای موجد بارش‌های
 سنگین و فراگیر از تحلیل‌های چند متغیره
 استفاده شد (Masoudian, & Kaviani,)
 (2007).

موقعیت استان اردبیل در شمال غرب ایران
 و همسایگی با جلگه گیلان و دریای خزر
 باعث شده است که دارای سیستم بارش
 بسیار نامنظم در ابعاد مکانی و زمانی باشد
 (Salahi, Alijahan, 2015) از طرف دیگر
 بنابر نظر مسعودیان و کاویانی
 (Masoudian, & Kaviani, 2007). شمال
 غرب ایران جز مناطق کم بارش است که
 بارش سالانه کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر دریافت

الگوها، نحوه شکل‌گیری، منابع رطوبتی و
 محل فعالیت آنها از اهمیت شایانی برخوردار
 هستند. شناسایی الگوهای موجد بارش‌های
 سنگین می‌تواند ما را در پیش‌بینی زمان
 وقوع این بارش‌ها یاری نماید. همچنین
 شناسایی زمان رخداد سامانه‌های به وجود
 آورنده این نوع بارش‌ها در منطقه می‌تواند
 برای استفاده بهینه از آب ناشی از این
 سامانه‌ها و همچنین آمادگی در برابر اثرات
 مخرب و کاهش خسارات و هشدار به
 مسولین و ساکنان مناطق تحت تاثیر، موثر
 باشد. از این رو مطالعه الگوهای جوی یکی
 از ارکان مهم مطالعات اب و هوایی و
 بحث‌های تغییرات اب و هوایی است.
 می‌توان گفت مطالعه جنبه‌های مختلف
 بارش‌های سنگین امری ضروری است.

علی‌رغم تنوع الگوهای منجر بارش‌های
 سنگین، شباهت‌هایی در این الگوها وجود
 دارد که برای شناسایی این شباهت‌ها، باید
 از طبقه‌بندی اقلیمی استفاده کرد. مطالعات

سوال‌ها می‌تواند در شناسایی الگوی تغییر اقلیم منطقه نقش به‌سزایی داشته باشد.

۲. داده‌ها و روش‌ها

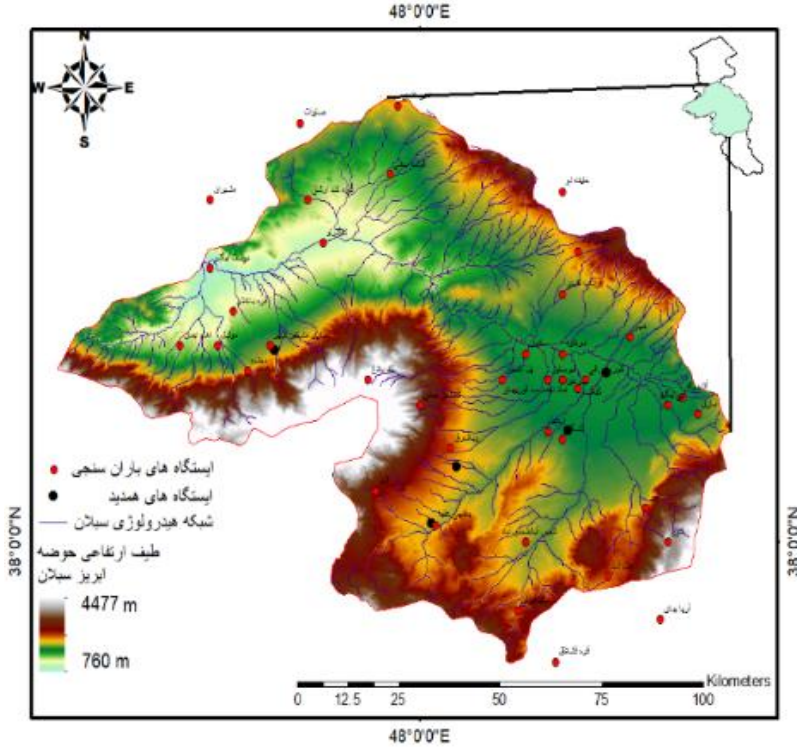
۲. ۱. منطقه مورد مطالعه

حوضه ابریز سبلان با وسعتی برابر ۸۱۴۰.۶۵ کیلومتر مربع، در شمال غرب ایران در مرکز استان اردبیل در دامنه کوه سبلان واقع شده است. شیب عمومی منطقه شمالی و شمال شرقی می‌باشد. بخش وسیعی از منطقه به ویژه بستر رودخانه‌ها و نواحی پست اطراف آنها دارای شیب بین ۰-۵ درجه می‌باشند. با این حال ارتفاعات در بخش جنوبی و شرقی حوضه ابریز شیب تندی بین ۲۰ تا ۵۲ درجه دارند (شکل ۱). این حوضه ابریز در محدوده مختصات $47^{\circ} 20' - 48^{\circ} 70' E$ و $37^{\circ} 76' - 39^{\circ} 03' N$ واقع شده است. محدوده جغرافیایی این حوضه ابریز به همراه طیف ارتفاعی منطقه و شبکه

می‌کند و شاهد اثرات نامطلوب رویدادی‌های حدی عناصر اقلیمی بوده است. از این رو مطالعه تغییرات بارش این منطقه از اهمیت شایانی برخوردار می‌باشد. تاثیر توأم عوامل محلی و بیرونی بر اقلیم آن باعث شده است که پهنه مورد مطالعه تحت تاثیر پدیده‌های آب و هوایی شدید و ناگهانی همانند دوره‌های بارشی کوتاه مدت و نزول بارش‌های شدید قرار گیرد (Masoudian, & Jafari, 2014). از آن جا که هدف از مطالعات همدید، کشف رابطه بین الگوهای جریان‌های جوی با رویدادی‌های محیطی است، از این رو هدف این تحقیق پاسخ به این سوال می‌باشد که آیا بارش‌های شدید و فراگیر موثر بر دبی حوضه ابریز سبلان، از الگوی خاصی پیروی می‌کنند؟ چه الگوی ترمودینامیکی بر سامانه‌های بارشی سنگین و فراگیر در حوضه ابریز تاثیر می‌گذارد؟ پاسخ به این

هیدروگرافی و ایستگاه‌های مورد مطالعه در

شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت مکانی حوضه آبریز سبلان به همراه ایستگاه‌های مورد مطالعه

ارتفاع ۷۰۴ متر مرتفع‌ترین و کم
ارتفاع‌ترین ایستگاه موجود در منطقه
می‌باشند.

۲.۲.۲. داده‌ها

هدف مطالعات همیدیدی یافتن رابطه‌ی
بین پدیده‌های محیطی و الگوهای گردش

بر اساس این شکل به منظور پهنه‌بندی
بارش و استفاده از حداکثر داده‌های موجود
از چند ایستگاه خارج از حوضه نیز بهره
گرفته شد. ایستگاه‌ها عمدتاً در نواحی
پست داخلی واقع شده‌اند. ایستگاه نئور با
ارتفاع ۲۴۹۹ متر و ایستگاه مشیران با

داده‌ی مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی (Ncep/Ncar) دریافت شده است. قدرت تفکیک مکانی این داده ۲.۵ در ۲.۵ درجه قوسی می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های ۴ ساعته استفاده شده است. برای مطالعه بهتر سامانه‌های موثر بر بارش و دبی حوضه آبریز، محدوده مطالعه سامانه‌های جوی از ۱۰ درجه غربی تا ۱۰۰ درجه شرقی و ۰ تا ۸۰ درجه شمالی انتخاب شد. سپس با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و همبستگی لوند اقدام به طبقه‌بندی داده‌های فشار تراز دریا و تعیین روزهای نماینده گردید. بدین منظور ابتدا دارنمای داده‌ها ترسیم و تعداد گروه‌ها تعیین شد. بر این اساس تعداد سه گروه شناسایی گردید. برای تعیین تعداد گروه‌ها میزان واریانس درون گروهی و بین گروهی مورد زمون قرار گرفت. تلاش شد گروه‌هایی انتخاب شوند که میزان واریانس درون گروهی کمینه و واریانس بین گروهی

جوی است. از این رو در این گونه مطالعات به دو گروه پایگاه داده نیاز هست. لذا در این پژوهش جهت رسیدن به اهداف تحقیق، از دو گروه داده استفاده شده است:

۲.۲.۱. داده‌های محیطی: در تحقیق حاضر از داده‌های بارش روزانه ۴۵ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی (وابسته به وزارت نیرو) و همچنین داده‌های دبی خروجی ایستگاه هیدرومتری دوست بیگلو به عنوان ایستگاه انتهایی حوضه آبریز سبلان بهره گرفته شده است. بر اساس پیشینه آماری حداکثر ایستگاه‌ها و کفایت داده‌های موجود بارش و دبی، طول دوره آماری مناسب برای آن‌ها از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ در نظر گرفته شد.

۲.۲.۱. داده‌های جو بالا: این داده‌ها شامل داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۵۰۰، ... باد مداری و نصف‌النهاری، ... می‌باشند که از پایگاه

همه روزهای بارانی حوضه ابریز سبلان محاسبه شد. لذا استانه‌ای برای هریاخته بارشی بدست آمد. سپس داده‌های بالاتر از استانه صدک ۹۵ به عنوان روزهای بارش سنگین شناسایی گردید. پس از شناسایی استانه‌های بارش سنگین برای هر روز، روزهایی که بارش سنگین دریافت کرده‌اند شناسایی شدند. در ادامه روزهایی که بارش سنگین و فراگیر دریافت کرده‌اند بر اساس روشی که در ادامه ارائه می‌شود شناسایی شدند.

۲. ۲. ۳. تعیین مساحت بارش‌های

فراگیر:

فراگیری بارش به این دلیل انتخاب شد که از گسترده بودن بارش و محلی نبودن آن اطمینان حاصل شود. چرا که بارش‌های گسترده عمدتاً با گردش عمومی جو پیوند داشته و می‌توان وقوع آنها را به سامانه‌های جوی مرتبط دانست. و از این رو امکان

بیشینه باشد. سپس برای شناسایی روزنماینده، همبستگی بین روزهایی که در هر گروه بودند بدست آمد و روزی که بیش‌ترین همبستگی را با سایر روزهای درون گروه داشتند شناسایی گردید. در نهایت روزی که با سایر روزها در سطح $0/5$ بالاترین همبستگی را داشتند به عنوان روز نماینده انتخاب شد. همچنین چند روز قبل از روزهای نماینده نیز به لحاظ بارش دریافتی مورد بررسی قرار گرفتند. برای روزهای نماینده، نقشه‌های ضخامت جو، شار رطوبتی، مولفه مداری و نصف‌النهاری باد، همگرایی و واگرایی نیز ترسیم شد.

۲.۲.۲. تعیین آستانه بارش‌های

سنگین (چندک‌ها):

بر اساس نظر (Asakereh,2011) چندک‌های یک توزیع (دهک یا صدک)، نوعی تقسیم‌بندی کلی برای عناصر اقلیمی امکان پذیر می‌سازد. از این رو در این پژوهش در ابتدا مقادیر صدک ۹۵ برای

بررسی الگوهای جوی با اطمینان بیش‌تری وجود دارد. محققان و دانشمندان تلاش کرده‌اند تا استانه‌ها و معیارهای مختلفی برای شناسایی بارش‌های فراگیر شناسایی و معرفی نمایند. به عنوان مثال، Mofidi et al, (2007), Alijani et al 2010, فراگیری بارش را تعداد ایستگاه‌های درگیر در نظر گرفته‌اند Mostafaei et al (2015) بر اساس صدک ۹۰، روزهایی که بارش سنگین دریافت کرده بودند را استخراج و در این بین روزهایی که حداقل در ۲۵ درصد ایستگاه‌ها بارش شدید داشته‌اند را به عنوان بارش فراگیر چرخندی در نظر گرفتند. Khorshiddoust et al, (2016) روزهایی که بارش بالای صدک ۹۵ دریافت کرده بودند و در ۸۰ درصد ایستگاه‌ها بارش بیش از یک میلی‌متر دریافت کرده بودند را به عنوان روزهای بارش سنگین و فراگیر معرفی کردند. Doostan (2020) روزهایی که بارش بالای صدک ۹۵ دریافت کرده و همزمان در سه ایستگاه و بیش‌تر بارش ایجاد شده است را به عنوان بارش فراگیر ناشی از سیستم‌های سینوپتیک دانسته است (Asakereh & Khojasteh (2021) از نمایه صدک ۲۵ به شرط فراگیری ۵ درصد از گستره ایران، برای تعیین روزهای توام با بارش‌های فراگیر ایران استفاده کرده‌اند. در این تحقیق برای تعیین روزهایی که دارای بارش فراگیر بوده‌اند با اقتباس از روشی که Asakereh & Ashrafi, S (۲۰۲۴) ارائه کرده‌اند، ابتدا میانگین سطح بارشی برای هر روز سال از ابتدا تا انتهای طول دوره آماری محاسبه شد. سپس مساحت سطح دریافت‌کننده بارش در هر یک از روزهای سال با میانگین روز متناظر با آن مقایسه و ناهنجاری‌های آن بدست آمد. در واقع انحراف از میانگین هر روز بدست آمد. برای مثال مساحت تمامی

نهایت بعد از شناسایی روزهای سنگین و با بارش فراگیر، دبی های اوج نیز بر اساس شاخص صدک ۹۵ نیز محاسبه شد. بدین معنی که روزهایی که دبی بالای آستانه تعیین شده داشتند شناسایی شدند. سپس روزهایی از سال که هم دبی اوج داشتند و هم چند روز قبل، بارش سنگین و فراگیر دریافت کرده بودند شناسایی شدند. مشخص شد که از بین روزهایی انتخاب شده، ۲۲۲ روز، دارای ویژگی های مد نظر محقق بودند. بعد از تعیین روزهای معین، اقدام به الگوبندی و تعیین الگوهای مولد این بارش ها شد.

۴.۲.۲. الگو بندی بارش های فرین

فراگیر:

دو رویکرد عمده در اقلیم شناسی همدید، رویکرد گردشی به محیطی و رویکرد محیطی به گردشی است. اختلاف این دو رویکرد در روش طبقه بندی جو و محیط سطحی در ارتباط با یکدیگر است. در

روزهای اول مهر هر سال با میانگین مساحت اول مهرکل دوره آماری مقایسه شد. برای تمامی روزهای سال همین رویه اتخاذ گردید. با انجام این مرحله، به تعداد روزهای دوره آماری داده های ناهنجاری بدست آمد. با در نظر گرفتن ناهنجاری های بزرگ تر از صفر (مثبت)، صدک ۷۵ (۲۵) درصد بالا) برای این ناهنجاری ها محاسبه شد. صدک بدست آمده برابر با ۵۰ درصد از سطح منطقه شده و به عنوان آستانه برای شناسایی مساحت فراگیر بارش مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که صدک ۷۵ بدین دلیل انتخاب شد که هدف تعیین آستانه توام با بارش فراگیر با پوشش زیاد بود. بدین ترتیب هر روز از سال که بارش باریده شده بیش از ۵۰ درصد پهنه سبلان را در بر گرفته بود به عنوان سطح فراگیر در نظر گرفته شد. نتایج بررسی ها نشان داد که طی دوره آماری مورد مطالعه ۴۴۲۲ روز حایز این شرایط بوده است. در

بسته به روشی که برای محاسبه‌ی درجه‌ی همانندی و چگونگی ادغام انتخاب شود تحلیل خوشه‌ای به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد: فاصله اقلیدسی، همبستگی، همینگ، ماهالانویس، مینوسکی، کسینوسی، بلوک شهری، جاکارد و فاصله چپی چف، که از روابط خاص خود به دست می‌آید (Masoudian, 2005). با توجه به کاربرد روش فاصله اقلیدسی در مطالعات اقلیمی، از این روش در مطالعه حاضر استفاده شد. ضریب فاصله اقلیدسی را می‌توان به صورت رابطه زیر تعریف کرد (Farshadfar, 2005):

(۱)

$$e_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

در این فرمول e_{jk} ضریب تفاوت دو مورد است. x_{ij} مقدار صفت i ام روی فرد j ام است. x_{ik} مقدار صفت i ام روی فرد k ام و

رویکرد گردشی به محیطی محقق طبقه‌بندی همدید را در ارتباط با یک ناحیه مطرح می‌کند. در مقابل، در رویکرد محیطی به گردشی، الگوهای گردشی جو را در ارتباط با شرایط محیطی ویژه‌ای مورد بررسی قرار می‌دهد. در این پژوهش نیز از رویکرد محیطی به گردشی بهره گرفته شد. تحلیل خوشه‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌هایی است که برای تجزیه و تحلیل داده‌های چند متغیره استفاده می‌شود و به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل خوشه‌ای برای شرایطی به کار می‌رود که در آن هدف طبقه‌بندی نمونه‌ای از n فرد با p ویژگی است. در این فرایند افراد مشابه در داخل یک گروه قرار می‌گیرند. تحلیل خوشه‌ای به دلیل پیدا کردن گروه‌های واقعی و نیز کاهش داده‌ها، مفید و ارزشمند می‌باشد. در این روش دسته‌بندی کردن بر اساس مشابهت‌ها یا فواصل (عدم شباهت‌ها) انجام می‌شود.

n تعداد صفات اندازه گیری شده بر روی افراد است. مقدار e_{jk} بین صفر و بی نهایت متغیر است. پس از اندازه گیری فواصل اقلیدسی برای ادغام بر اساس بالاترین همانندی، از ادغام "وارد" که متداولترین شیوه در مطالعات اقلیم شناختی است استفاده شد. چرا که بر اساس این روش، میزان واریانس درون گروهی کمینه و واریانس برون گروهی بیشینه می شود. در این روش گروه های S و I در صورتی ادغام می شوند که افزایش واریانس ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یا از آنها با دیگر گروه ها کمینه باشد یعنی:

(۲)

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)}$$

در اینجا d_{rs}^2 فاصله بین گروه s و r است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده است. n_r تعداد اعضای گروه I و n_s تعداد اعضای گروه S است. پس از انجام این

مراحل، بر اساس ماتریس فاصله و ادغام وارد و ترسیم نمودار درختی، شباهت بین تمام افراد به صورت جفتی و به شکل سلسله مراتبی ارائه می گردد.

نمودار درختی تحلیل خوشه ای در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار تعداد سه گروه بهینه در حوضه آبریز سبلان انتخاب شد. همان طور که گفته شد تعیین تعداد گروه ها بر این اساس بوده است که اعضای هر گروه بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته باشند و واریانس بین گروهی بیشترین باشد.

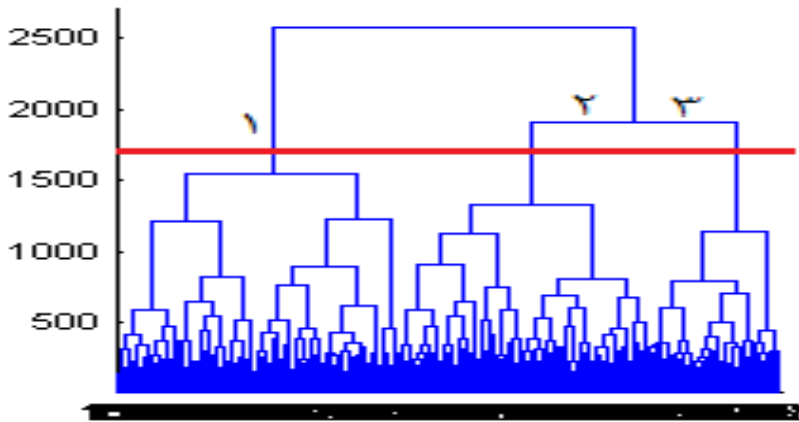
بعد از شناسایی روزهای بارش فرین و فراگیر و خوشه بندی و تعیین تعداد گروه ها، اقدام به بررسی الگوهای جوی روز نماینده ی خوشه های حاصل از طبقه بندی نقشه های فشار تراز دریا با استفاده از روش لوند با استانه همبستگی ۰/۵ گردید. بدین ترتیب روزی که بیشترین شباهت را با اکثر افراد هر خوشه داشت انتخاب شد.

الگوهای نماینده‌ی هر خوشه هستند شناسایی شدند.

(۳)

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

ضریب همبستگی معرف درجه همانندی الگوهای دو نقشه با یکدیگر است. در این روش از همبستگی گشتاوری پیرسون و درجه همانندی هر زوج نقشه بر اساس فرمول ۴ استفاده شد (Masoudian, 2005). بدین ترتیب روزهای نماینده که معرف



شکل ۲: دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار تراز دریا در روزهای توأم با بارش فرین و فراگیر در حوضه آبریز سبلان، خط قرمز محل برش و تعیین تعداد گروه‌ها است

۳. یافته‌ها و نتایج

صورت فصلی در حوضه آبریز سبلان می‌باشد. این شکل‌ها نشان می‌دهند که بیش‌ترین سهم بارش‌های فرین فراگیر را فصل زمستان به خود اختصاص داده است. نقشه‌ها نشان می‌دهند که بیش‌تر

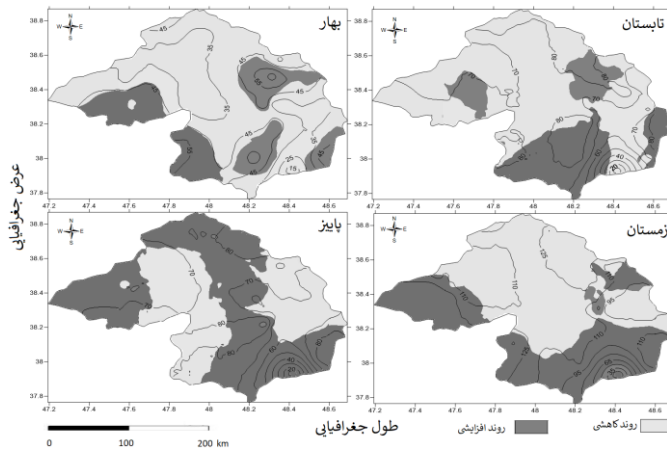
۳.۱. ویژگی عمومی - فصلی بارش‌های

فراگیر در حوضه آبریز سبلان

منحنی‌های هم‌ارزش ارائه شده در شکل ۳ نشان دهنده توزیع بارش فرین - فراگیر به

بارش‌های فراگیر در مناطق پست بین ارتفاعات حوضه ابریز صورت می‌گیرد و در ارتفاعات سهم بارش‌های فراگیر اندک می‌باشد. این نشان می‌دهد که ارتفاعات به دلیل گستره کم سطح منطقه، بارش‌های کمتری دریافت می‌کنند. وقوع بارش‌های فرین و فراگیر نشان دهنده بی‌نظمی بارش فصلی در منطقه می‌باشد. با این حال نقشه روند این بارش‌ها نشان می‌دهد که

بارش‌های فرین فراگیر در عین حال که در ارتفاعات کم می‌باشند اما روند آنها در ارتفاعات به ویژه در بخش جنوبی منطقه سعودی است. بدین معنی که در طی زمان بارش‌های فرین فراگیر در این مناطق افزایش می‌یابد. که حاکی از نامنظم شدن بارش‌های دریافتی در این فصل و در این مکان می‌باشد.



شکل ۳: توزیع مکانی بارش‌های فرین فراگیر فصلی در حوضه ابریز سیلان

برای استخراج الگوها، در ابتدا نقشه‌های فشار تراز دریا برای روزهای با بارش فراگیر و توام با دبی اوج، استخراج شده و با

۲. تحلیل همبندی و دینامیک الگوهای تاثیرگذار بر بارش‌های فرین فراگیر توام با دبی‌های اوج

استفاده از تحلیل خوشه‌ای و روش همبستگی لوند، سه الگوی موثر بر این نوع بارش‌ها استخراج شد. تاریخ الگوها و تعداد روزهای هر گروه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: تعداد گروه‌ها و روزهای نماینده هر الگو

گروه	سال	ماه	روز نماینده	تعداد روز هر گروه
گروه اول	۱۹۹۴	۳	۱۰	۴۰
گروه دوم	۲۰۰۰	۳	۳۰	۷۵
گروه سوم	۱۹۸۸	۴	۱	۸۶

توده های بارشی در ارتفاعات تخلیه شده و بارش کم‌تری به دشت می‌رسد.

بر اساس شکل‌های ۵ و ۶، یک سامانه چرخندی در شمال شرق دریای مدیترانه از روز ۵ مارس ۱۹۹۴ و یک سلول بسته کم فشار بر شمال دریای سیاه تشکیل شده است. زبانه‌ای از پرفشار سبیری با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی از شمال غرب وارد کشور شده و غرب کشور را نیز تحت تاثیر قرار داده است. این زبانه با حرکت واپرخندی جنوب سو، هوای سرد عرض‌های شمالی را بر شمال غرب ایران

۳.۳. الگوی اول: پرفشار سبیری - کم

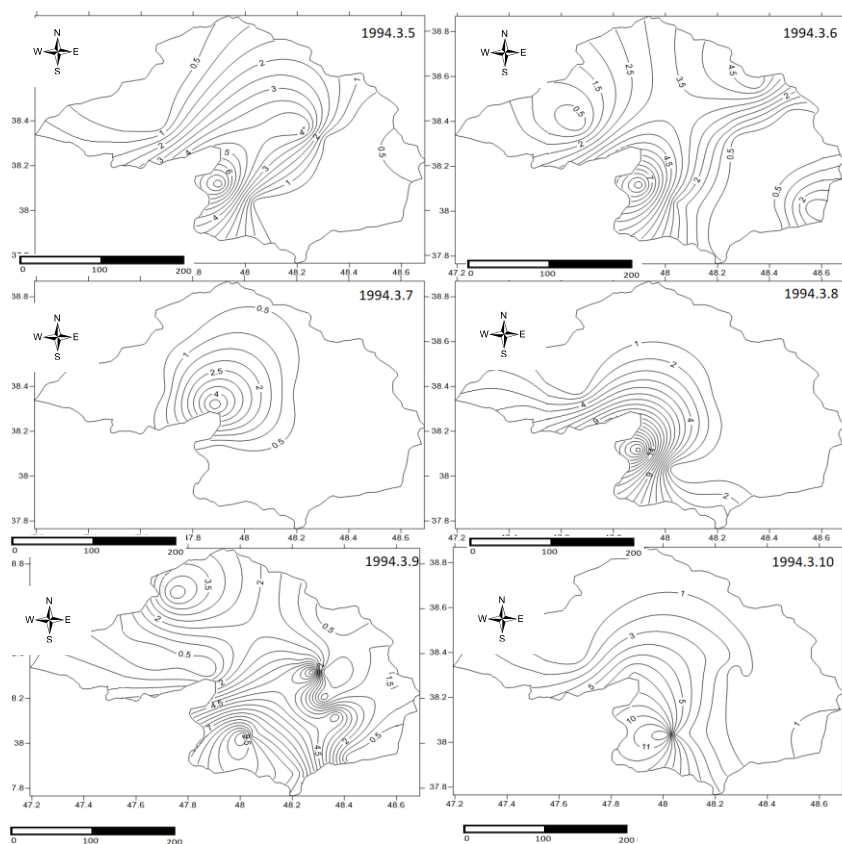
فشار مدیترانه

روز نماینده الگوی اول ۱۰ مارس ۱۹۹۴ است. در جدول ۲، مقادیر دبی و بارش چند روز قبل از روز نماینده ارائه شده است. همچنین نقشه‌های بارش روزهای بارش نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. بارش در این الگو از روز پنجم مارس شروع شده و بخش‌های وسیعی از منطقه درگیر بارش بوده است. بیش‌ترین مقدار بارش در بخش‌های جنوبی و جنوب غربی منطقه و به ویژه مناطق مرتفع مشاهده می‌شود. بدین معنی که

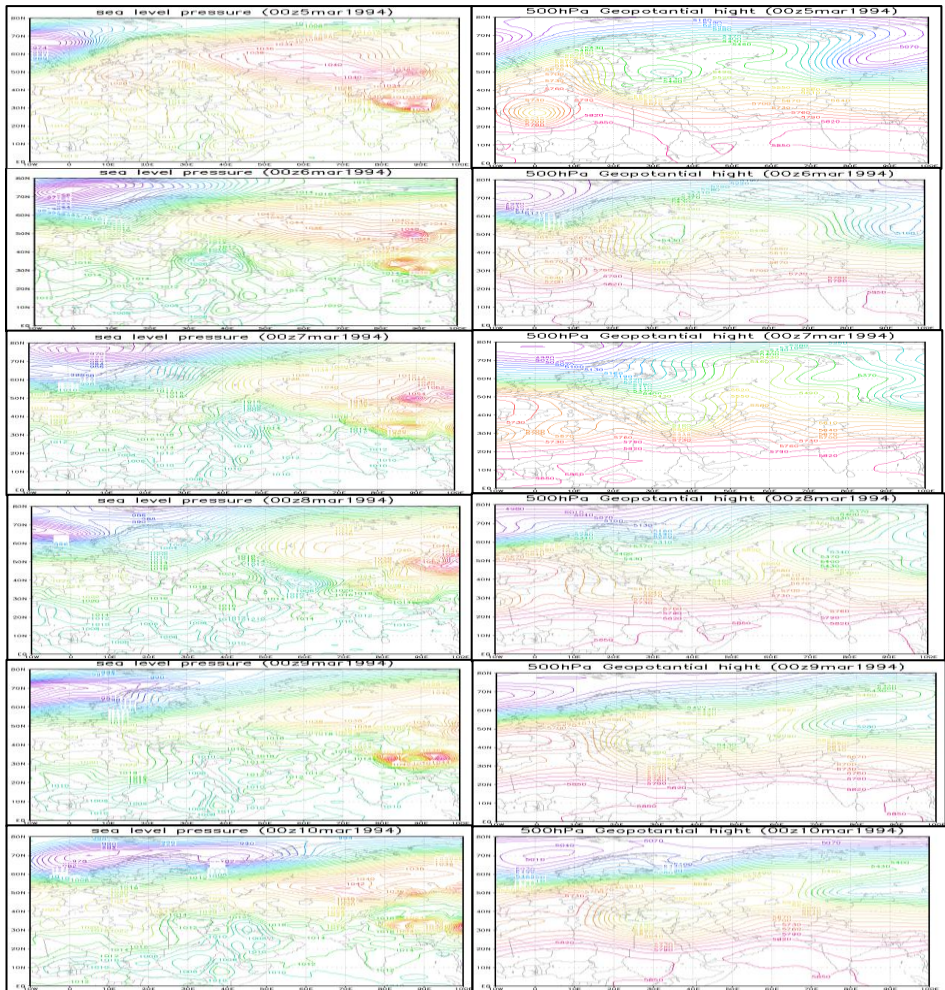
فرارفت کرده در برخورد با سامانه چرخندی شمال شرق مدیترانه شیو فشاری شدیدی در غرب ایران ایجاد کرده است. Alijani, (2012) & Doustan نیز اذعان داشته اند که پرفشار سیبری مهم ترین عامل کنترل کننده وضعیت اقلیمی ایران به ویژه در فصل زمستان می باشد. از روز ۵ ام تا ۱۰ ام مارس چرخند دریای مدیترانه در تراز دریا تقویت شده با حرکت به سمت شرق، بخش های وسیعی از کشور را تحت تاثیر قرار داده است. ناوهی شرق دریا مدیترانه بسیار عمیق شده و به صورت یک کم ارتفاع بریده (Cut Off Low) ظاهر شده است. چنین مکانیزمی شکل گیری چرخند دینامیکی قوی را در مدیترانه نشان می دهد. این کم ارتفاع بریده با ریزش هوای سرد در قسمت غربی ناوه و فرارفت گرم در قسمت شرقی آن، شیو حرارتی قوی را بر روی مناطق تحت تاثیر ایجاد می کند. منطقه سبلان در این حالت کاملا زیر منطقه جلوی ناوه مذکور واقع شده و ناپایداری جو را تشدید کرده است. (2012) Masoudian در مقاله خود اظهار داشته است که چرخند های عرض های میانه نقش موثری بر بارش های ایران داشته اند. همچنین مطالعه Baaghdeh et al (2012) نشان داد که عامل بارش های سنگین حوضه های ابریز گرگانرود و اترک، الگوی کم فشار مستقر بر روی شرق دریای مدیترانه، فرود شرق مدیترانه و عراق، بنیاد بریده کم ارتفاع مدیترانه در منطقه بوده است. همچنین (2015) Omidvar et al نیز علت بارش های سنگین بهاره در شیراز را به تقویت فرود خاور مدیترانه در تروپوسفر میانی و همچنین تشکیل پدیده سردچال نسبت دادند.

جدول ۲: مقادیر دبی و بارش در روزهای توام با بارش فراگیر الگوی اول

تاریخ	مقدار دبی	مقدار بارش
۱۹۹۴/۳/۵	۰/۲۷	۱/۶۰
۱۹۹۴/۳/۶	۰/۳۰	۲/۲۴
۱۹۹۴/۳/۷	۰/۴۰	۰/۵۸
۱۹۹۴/۳/۸	۰/۵۸	۲/۱۷
۱۹۹۴/۳/۹	۰/۵۲	۲/۹۰
۱۹۹۴/۳/۱۰	۰/۳۹	۲/۳۶

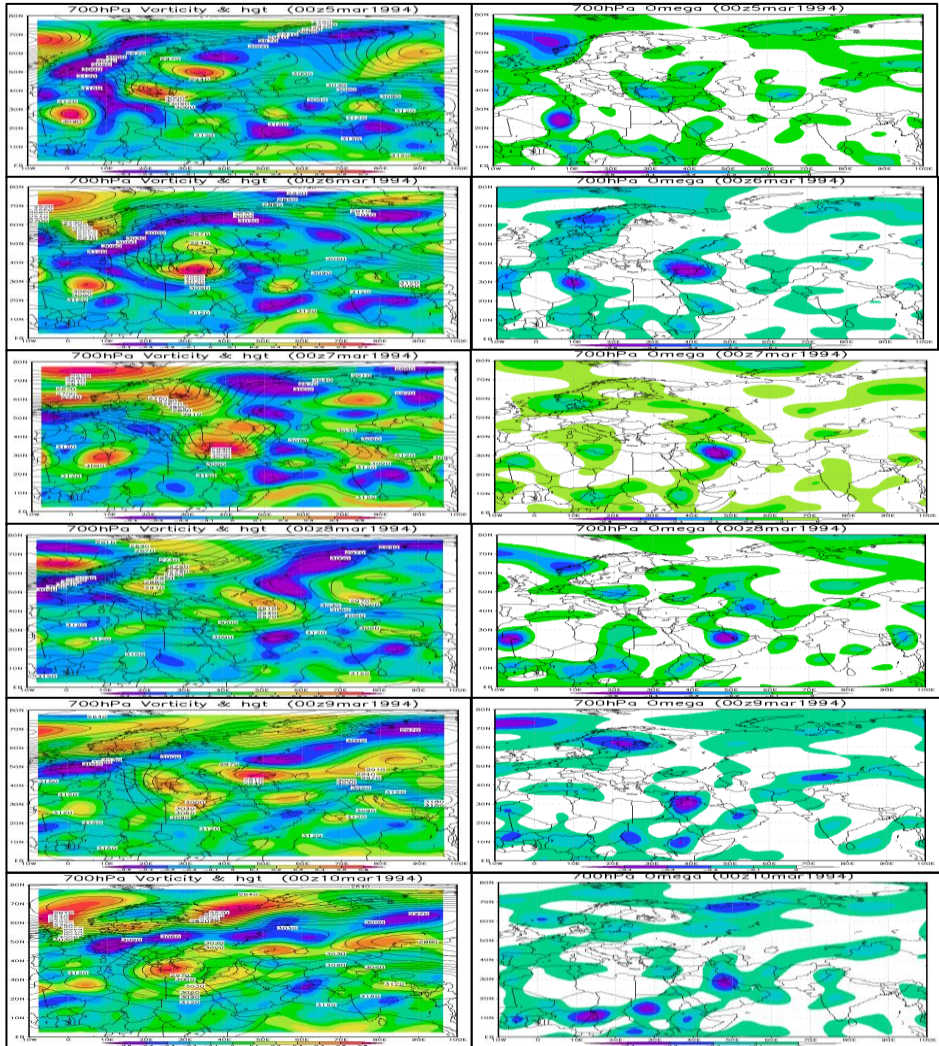


شکل ۴: توزیع مکانی بارش در الگوی اول؛ از ۵ تا ۱۰ مارس ۱۹۹۴ در حوضه آبریز سبلان



شکل ۵: توزیع فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ساعت 00,00 UTC روز 5 تا 1۰ مارس ۱۹۹۴)

در این الگو توزیع میدان تاوایی در تراز مثبت میدان تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶)، دو هسته بیشینه چرخندگی مثبت روی سامانه‌های چرخندی دریای مدیترانه و دریای سیاه و همچنین هسته‌های بیشینه تاوایی مثبت از روی سامانه چرخندی سودانی و الجزایر را نشان می‌دهد. در مطالعه Sotoudeh et al (2019) نیز نشان داده شده است که افزایش چرخندگی مثبت در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، و توزیع امگای منفی، نشانگر تشدید شرایط ناپایداری در منطقه زاگرس و شمال غرب ایران بوده است. با گذشت زمان، مرکز این هسته بیشینه تاوایی در محل استقرار چرخند مدیترانه بر روی عراق مشاهده می‌شود و بخش‌های شمال غرب تا غرب کشور مقادیر مثبت تاوایی شکل می‌گیرد. آرایش میدان سرعت قائم هوا (امگا) در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در این الگو در شکل ۶ حاکی از تطابق هسته منفی میدان سرعت قائم هوا با هسته‌های بیشینه مثبت میدان تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال است. این نشان می‌دهد که در محل استقرار سامانه‌های کم فشار و همچنین در آنتی‌سیکلون سبیری حرکات صعودی جو در حال وقوع است. در این الگو از روی ۵ تا ۱۰ مارس ۱۹۹۴ حاکمیت چرخند مدیترانه و پرفشار سبیری و همچنین تقابل آنها با کم فشار آلتوسن و کم فشار سودانی، حضور ناوه عمیق تراز میانی وردسپهر، شرایط امگای منفی و تاوایی مثبت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در سامانه‌های یاد شده و مهیایی سایر شرایط، سبب ناپایداری در لایه‌های زیرین وردسپهر و بارش منطقه سبلان و دبی اوج شده است. عمده منابع رطوبتی این بارندگی از روی دریای مدیترانه تامین می‌شود که یافته‌های Soltani and Asakereh (2011) نیز این اصل را مورد تایید قرار داده است.



شکل ۶: نقشه توزیع میدان تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل و سرعت قائم هوا ($pa.s^{-1}$) در تراز

۷۰۰ هکتوپاسکال (ساعت 00,00 UTC روز 5 تا ۱۰ مارس ۱۹۹۴

توزیع بارش در الگوی دوم در شکل ۷ نشان

۴.۳. الگوی دوم: کم فشار شمال شرق

داده شده است. برای بررسی دقیق تر

روسیه (تاوه قطبی) - پرفشار سیبری

شرایط دینامیکی جو در این الگو، بارندگی

(۲۰۰۰/۳/۳۰)

روزهای قبل‌تر از روز نماینده یعنی روز ۳۰ بارندگی برای این الگو از تاریخ ۲۳ مارس ۲۰۰۰ نیز ارزیابی شد. شروع بوده است.

جدول ۳: مقادیر دبی و بارش در روزهای توام با بارش فراگیر الگوی دوم

تاریخ	مقدار دبی	مقدار بارش
۲۰۰۰/۳/۲۳	۰/۱۴	۰/۸۰
۲۰۰۰/۳/۲۴	۰/۲۲	۱/۱۳
۲۰۰۰/۳/۲۵	۰/۳۸	۴/۴۸
۲۰۰۰/۳/۲۶	۰/۳۹	۰/۸۹
۲۰۰۰/۳/۲۷	۰/۳۴	۰/۴۴
۲۰۰۰/۳/۲۸	۰/۳۱	۰/۷۴
۲۰۰۰/۳/۲۹	۰/۳۰	۰/۰۳
۲۰۰۰/۳/۳۰	۰/۲۷	۱/۴۷

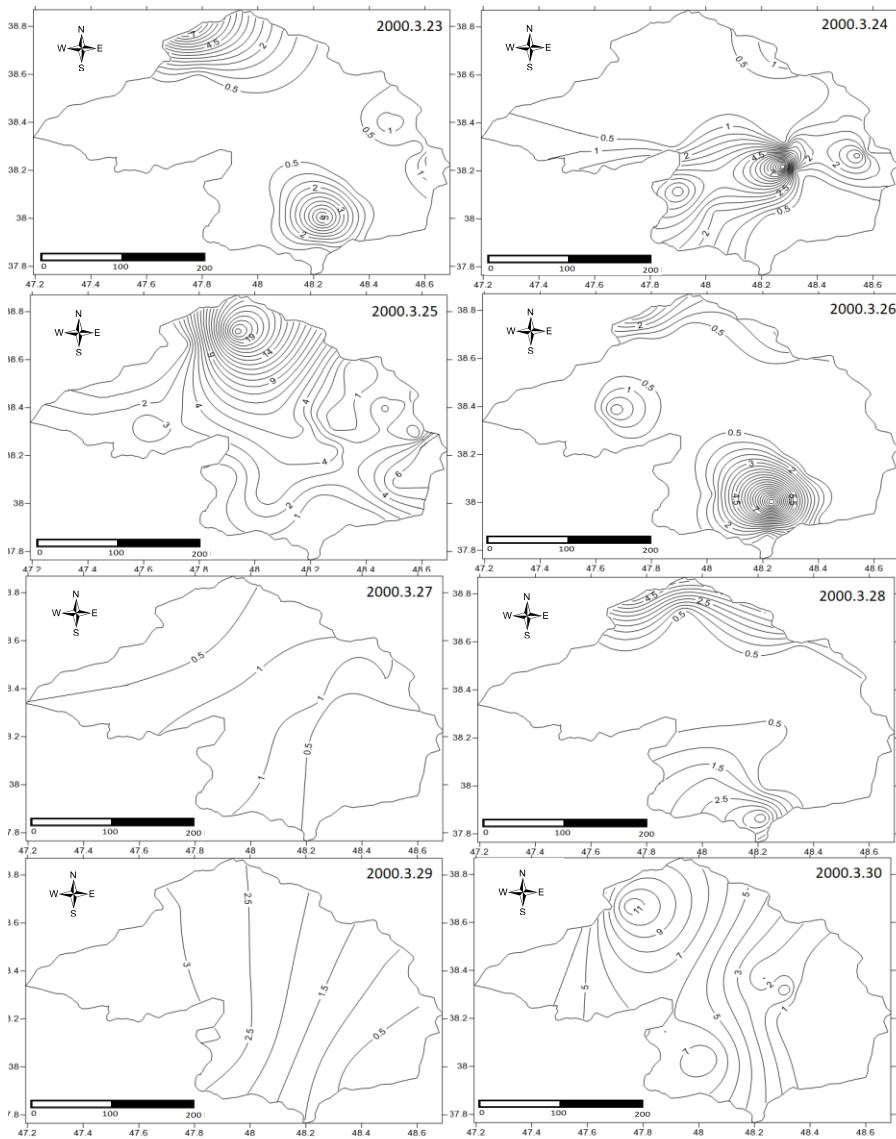
از تاوه قطبی با الگوی امگای معکوس روی شمال غرب ایران مستقر شده است که این شرایط زمینه فرافرت هوای سرد عرض‌های بالا بر روی منطقه مورد مطالعه را فراهم نموده است. قرار گیری سبلان در جلوی محور ناوه شرایط را برای بارش مهیا کرده است. پرفشار عربستان نیز در تراز میانی وردسپهر فعال است. سلول بیشینه تاوایی مثبت در نقشه تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در مکان استقرار الگوی امگای

در الگوی دوم حضور کم‌فشار بسیار قوی بر روی شمال شرق سبیری باعث هدایت هوای سرد عرض‌های شمالی به سمت ایران شده است. از طرف دیگر فعالیت تاوه قطبی در تراز میانی ورد سپهر و همچنین بسته شدن مرکز کم ارتفاع بر روی عرض‌های شمالی و گسترش آن تا دریای خزر و شمال غرب و غرب ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال باعث تشدید فرایند نفوذ سرما به منطقه شده است. سلول کم فشار بریده

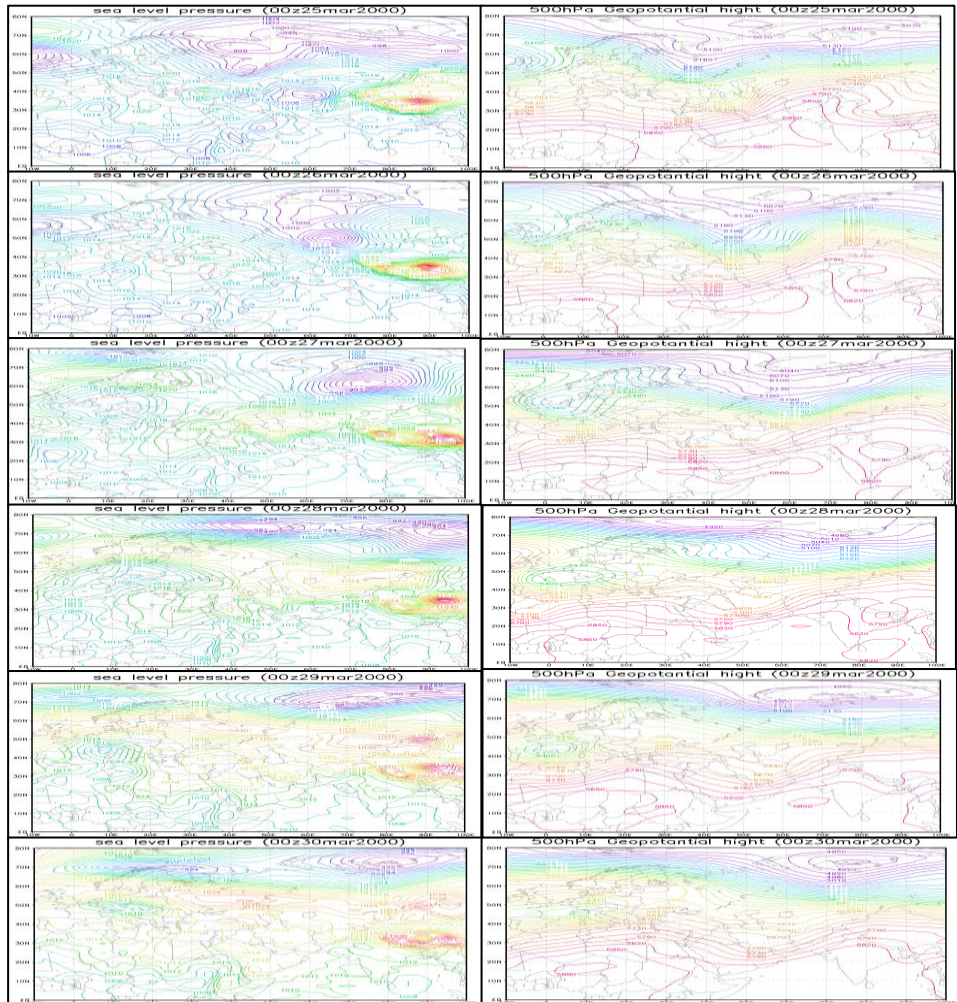
معکوس شمال غرب ایران و در تاوه قطبی
قرار دارد.

از ۲۶ مارس سامانه کم فشار با حرکت شرق
سو باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا
بر بخش‌های وسیعی از منطقه سبلان شده
است. به مرور زمان در تراز میانی وردسپهر
یک کم‌ارتفاع بریده (Cut Off Low) بر

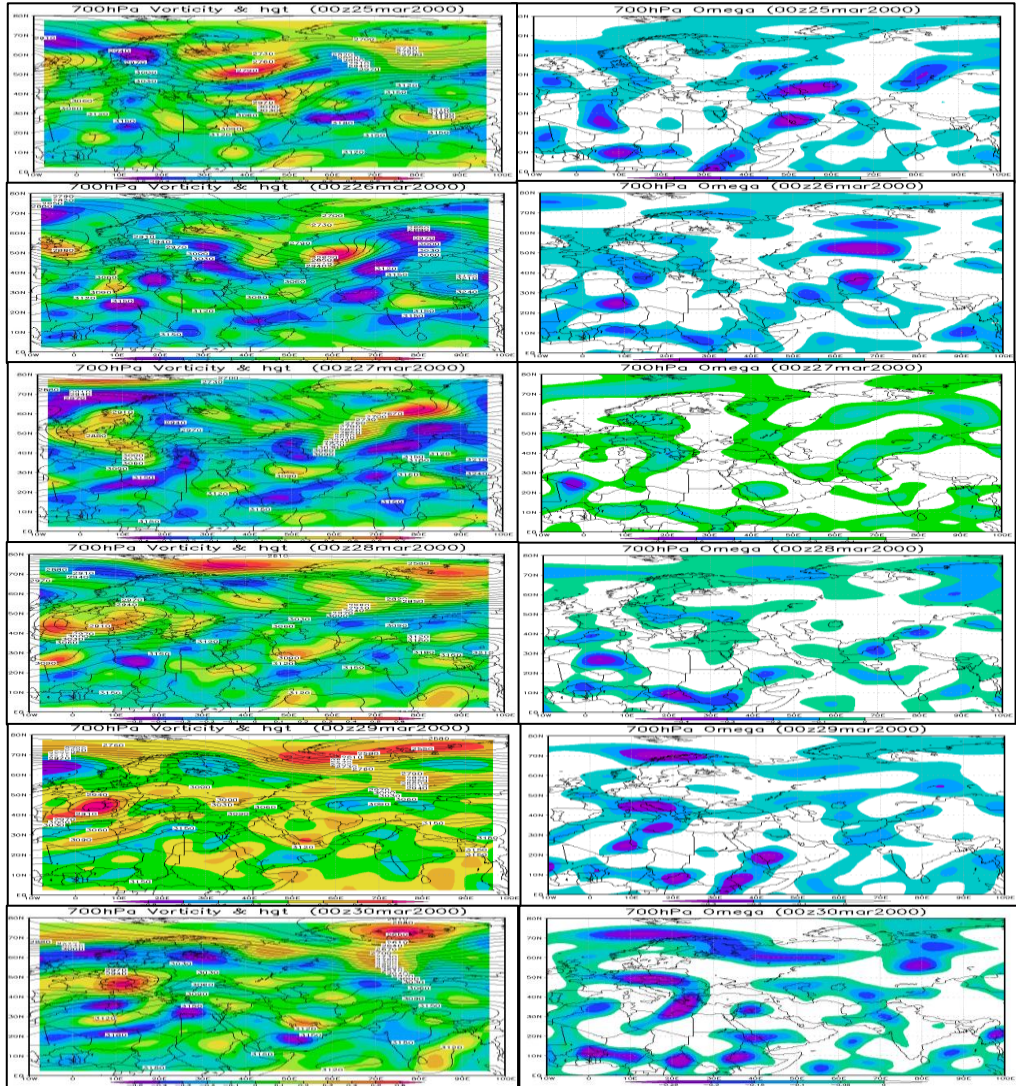
روی شرق دریای مدیترانه تشکیل و تا
شرق اروپا توسعه یافته است. همچنین ناوه
عمیق کم فشار دیگری از عرض‌های شمالی
با امتداد شمالی جنوبی تا روی ترکمنستان
امتداد یافته است. شمال غرب ایران زیر
موج کوتاه بین این دو ناوه قرار گرفته است.



شکل ۷: توزیع مکانی بارش در الگوی دوم؛ ۲۳ تا ۳۰ مارس ۲۰۰۰



شکل ۸: توزیع فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال (ساعت 00,00 UTC روزهای ۲۳ تا ۳۰ مارس ۲۰۰۰)



شکل ۹: نقشه توزیع میدان تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل و سرعت قائم هوا ($pa \cdot s^{-1}$) در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (ساعت روزهای ۲۳ تا ۳۰ مارس ۲۰۰۰ UTC 00,00) شرایط دینامیک جو در نقشه های ارایه شده در شکل ۹ و تشکیل ناوه عمیق و غرب ایران، گویای ناپایداری لایه های گسترش آن تا دریای کاسپین و شمال

بارش الگوی سوم از روز ۲۹ مارس آغاز شده است. در این روز حداکثر بارش حدود ۳ میلی‌متر در شمال شرق منطقه رخ داده و در روز ۳۰ مارس شدت و وسعت بارش در منطقه زیاد شده است. در اول آپریل ۱۹۸۸ مقدار بارش افزایش حدود ۲۰ میلی‌تر یافته و بخش‌های وسیعی از منطقه را تحت پوشش قرار داده است.

زیرین وردسپهر و تشدید حرکات صعودی در شمال غرب ایران است. وجود موج کوتاه ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال موجب افزایش مثبت تاوایی در تراز زیرین شده است. همچنین وجود هم‌زمان تاوایی مثبت و امگا منفی نشان دهنده سامانه کم ارتفاع در تراز میانی جو است که منجر به ایجاد ناپایداری و بارش در این منطقه شده است.

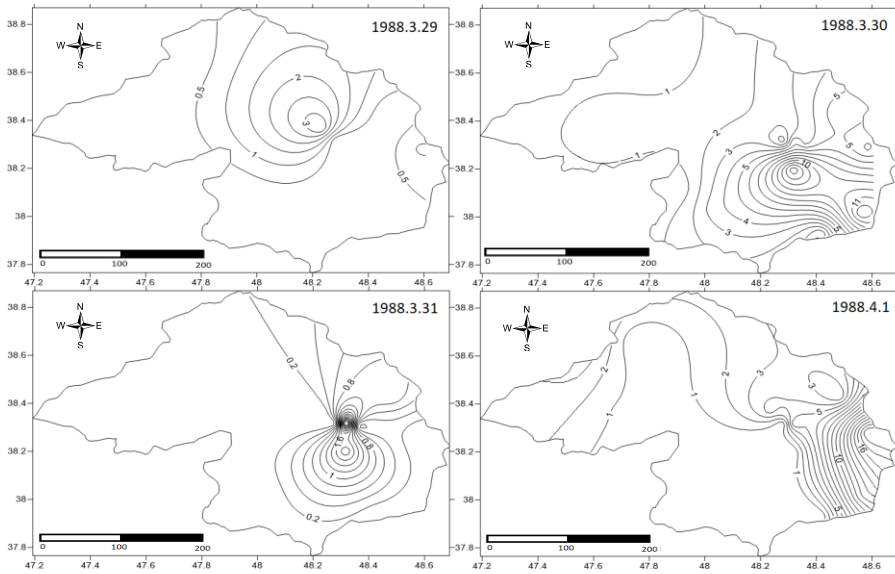
۲. ۵. الگوی سوم: پرفشار

سیبری - کم فشاری دریای

سیاه (روز نماینده ۱۹۸۸/۴/۱)

جدول ۴: میانگین بارش منطقه و دبی در الگوی سوم

مقدار دبی	میانگین بارش منطقه	تاریخ
۰/۱۷	۰/۱۳	۱۹۸۸/۳/۲۸
۰/۱۸	۰/۶۷	۱۹۸۸/۳/۲۹
۰/۰۹	۳/۱۶	۱۹۸۸/۳/۳۰
۰/۰۵	۰/۲۶	۱۹۸۸/۳/۳۱
۰/۰۴	۲/۴۳	۱۹۸۸/۴/۱



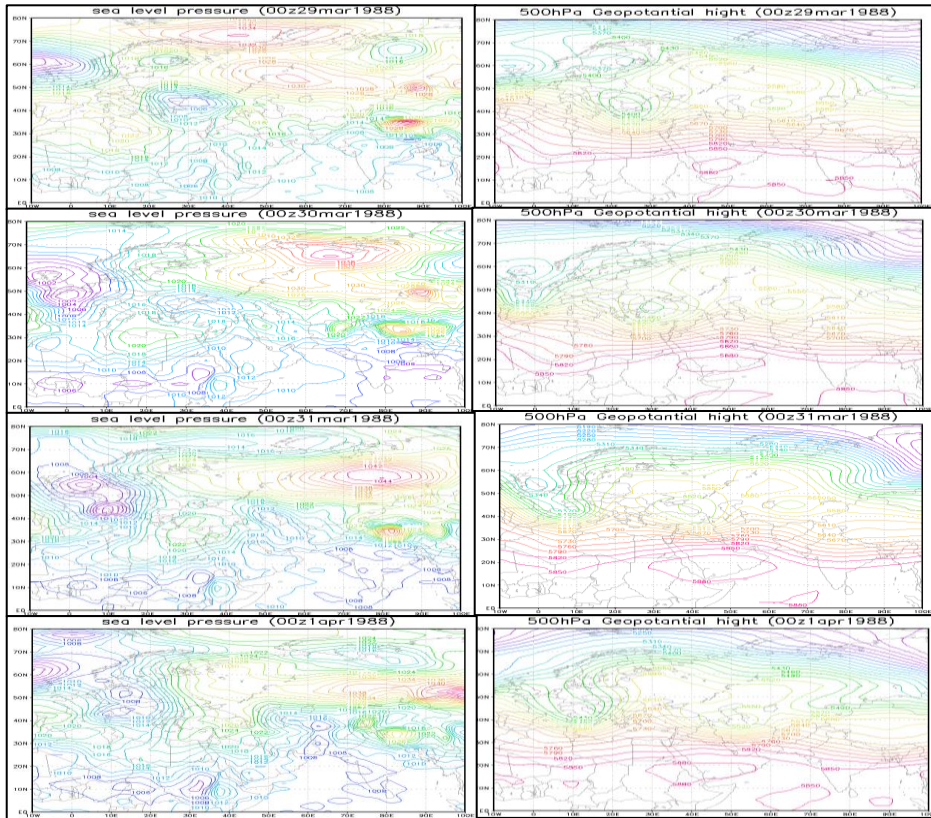
شکل ۱۰: توزیع مکانی بارش در الگوی سوم- از ۲۹ مارس تا ۱ آوریل ۱۹۹۸

بخش‌های شمال غرب و غرب کشور زیر محور غربی این ناوه واقع شده است. تاوایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مقادیر مثبت را بر روی شمال غرب و بخش‌های وسیعی از کشور نشان می‌دهد. یافته‌های Alijani & Rezaei (2014) نشان داد که در کلیه فصول به غیر از تابستان، کل ایران تحت تاثیر شرایط چرخندی مثبت مواجه بوده و این شرایط باعث ایجاد بارش در بخش‌های مختلف کشور می‌شود. این در حالی است

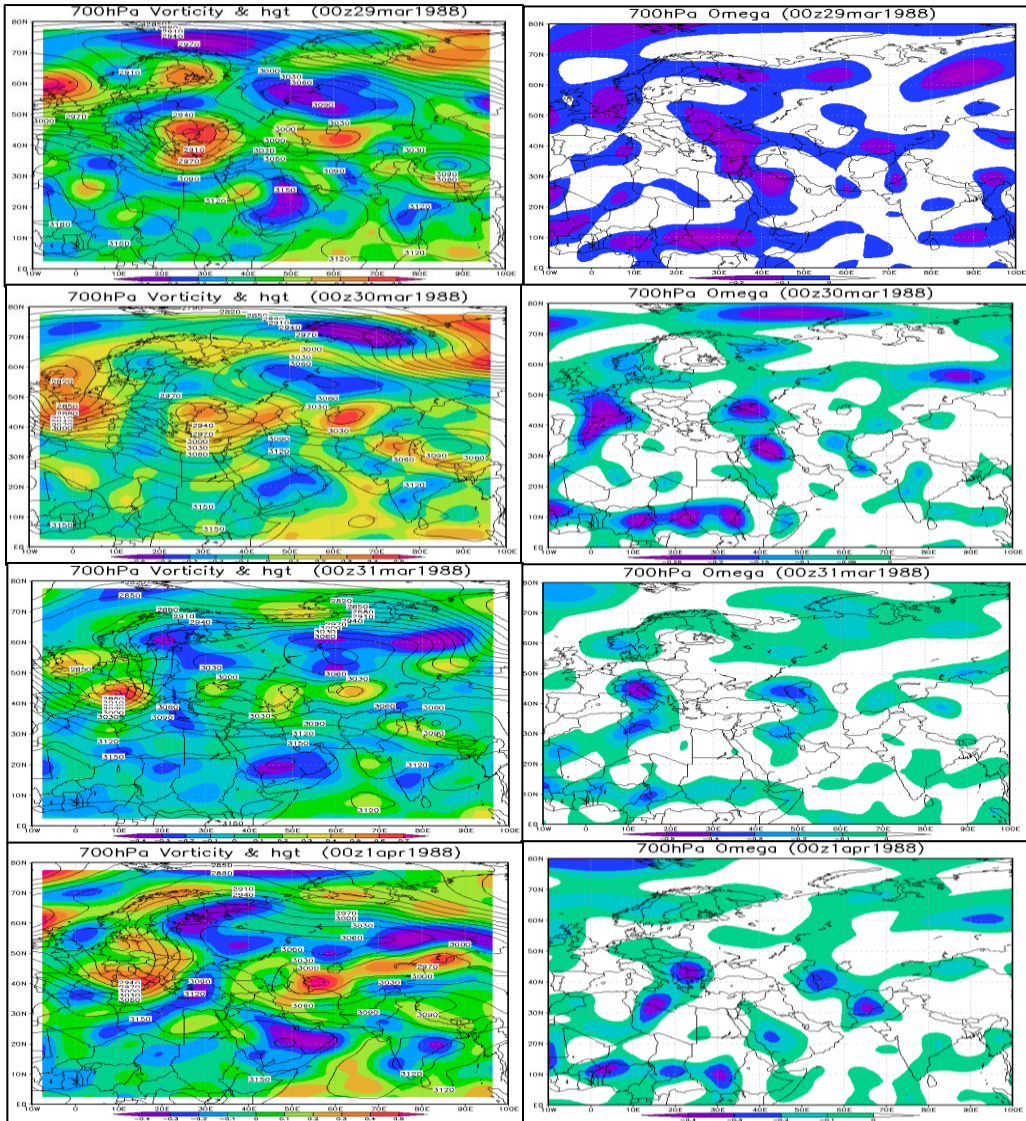
در الگوی سوم، آرایش فشار تراز دریا، حاکمیت سامانه پرفشار سیبری با دو سلول مجزا، بر روی جنوب روسیه و دیگری دریای کارایب را نشان می‌دهد. در تقابل با این سامانه‌ی پرفشار، یک سامانه کم‌فشار بر روی دریای سیاه و سامانه کم فشار دیگری روی غرب اروپا مستقر شده اند. کم ارتفاع بر روی قزاقستان ناوه‌ی ضعیف و کم عمقی با محور شمالی جنوبی تا روی پاکستان ارسال کرده است. ایران و

آرایش پرفشار سیبری - کم فشار اروپایی
نیز دیده می شود .

که نقشه امگا مقادیر نزدیک به صفر را در
این بخشها نشان می دهد. این امر حاکی
از حرکات صعودی در لایه های زیرین در
مناطق تحت تاثیر این سامانه است. در سایر
مطالعات نیز الگوهای مولد بارش حاصل از



شکل ۱: توزیع فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال (ساعت ۰۰،۰۰
UTC روزهای ۲۹ مارس تا ۱ آوریل ۱۹۹۸



شکل ۱۲: نقشه توزیع میدان تاوایی، ارتفاع ژئوپتانسیل و سرعت قائم هوا ($pa \cdot s^{-1}$) در تراز ۷۰۰ هکتو پاسکال (ساعت ۰۰ UTC ۲۹ مارس تا ۱ آوریل ۱۹۹۸)

۴. نتیجه‌گیری

تحلیل مطلوب وقوع بارش در منطقه با توجه به تفاوت سازو کارهای بارش و تنوع سامانه‌های بارش زا، شناخت دقیق سامانه‌های اقلیم منطقه‌ای را طلب می‌کند. چرا که این عامل خود تاثیر متفاوتی بر رژیم هیدرولوژیکی منطقه در طول سال داشته و در نتیجه موجب تغییر در چرخه سالانه هیدرولوژیکی شده است. در این راستا در تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های روزانه ۴۵ ایستگاه هواشناسی و همچنین داده‌های دبی خروجی ایستگاه هیدرومتری دوست بیگلو، ابتدا روزهایی که بارش‌های سنگین و فراگیر دریافت کرده‌اند و همچنین در این روزها دبی نیز در اوج بوده است شناسایی شدند. برای شناسایی روزهای با بارش سنگین از معیار صدک ۹۵ استفاده شد. روزهای با بارش فراگیر نیز بر اساس ناهنجاری مثبت صدک ۷۵ مساحت روزهای توأم با بارش سنگین

انتخاب شدند. سپس روزهایی از سال که هم دبی اوج داشتند و هم چند روز قبل، بارش سنگین و فراگیر دریافت کرده بودند شناسایی شدند. مشخص شد که در طول دوره آماری مورد مطالعه، ۲۲۲ روز، دارای ویژگیهای یاد شده بودند. بعد از شناسایی این روزها با استفاده از داده‌های جو بالا، و بر اساس روش تحلیل خوشه‌ای و همبستگی لوند، اقدام به الگوبندی الگوهای جوی گردید. نتایج نشان داد که در الگوی اول سامانه چرخندی در شمال شرق دریای مدیترانه در تقابل با پر فشار سیبری، بسیار عمیق شده و به صورت یک کم ارتفاع بریده (Low Cut Off) باعث شکل‌گیری چرخند دینامیکی قوی در مدیترانه شده است. این کم ارتفاع بریده با ریزش هوای سرد در قسمت غربی ناوه و فرارفت گرم در قسمت شرقی آن، باعث بارش در سبلان شده است. (Sotoudeh et al (2019) چرخندهای عمیق را بر بارش غرب و شمال

مهم‌ترین سامانه‌های برهم زننده آرامش جو در عرض‌های میانه دانسته اند. Omidvar et al (2010), lahkari (1996) Pazhooh and Mostafaei et al (2015) Jafari(2020) بارش‌های سنگین جنوب غرب ایران را ناشی از فعالیت چرخندها دانسته‌اند. بر اساس نتایج تحقیق حاضر نیز چرخندها نقش موثری در وقوع بارش های سنگین و فراگیر توام با دبی های اوج در منطقه سبلان داشته‌اند. از این رو می توان گفت با بررسی وضعیت چرخندها و الگوهای فشار جوی میتوان احتمال وقوع بارش های سنگین و در نتیجه وقوع دبی های بیشنه در رودخانه ها را چند روز قبل از وقوع، پیش بینی کرد و این امر کمک شایانی به مدیریت منابع آبی خواهد کرد.

غرب ایران موثرتر دانسته‌اند. در الگوی دوم حضور کم فشار بسیار قوی بر روی شمال شرق سبیری و نفوذ هوای سرد عرض‌های بالا به سمت ایران همچنین فعالیت تاوه قطبی در تراز میانی وردسپهر قابل مشاهده است. سلول کم فشار بریده از تاوه قطبی با الگوی امگای معکوس روی منطقه سبلان شرایط را برای بارش مهیا ساخته است. در الگوی سوم نیز سامانه پرفشار سبیری در تقابل با سامانه کم‌فشار روی دریای سیاه و غرب اروپا باعث ایجاد ناوه ضعیف و کم‌عمقی با محور شمالی جنوبی تا روی پاکستان شده است. که زمینه ساز ایجاد بارش‌های فراگیر و سنگین در محدوده مورد مطالعه شده است.

در ایران مطالعات همدیدی که انجام شده است بیشتر به تاثیر نقش عوامل سینوپتیکی به ویژه چرخندها بر بارش ایران پرداخته‌اند. به طوری که Lashkari (2011) (2012) Masoudian چرخندها را

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از رساله کریم امینی نیا بوده است.

References

- Ahmadi.M, lashkari. H, Azadi. M, Keykhosravi.Gh (2015) Detection of climate change with extreme precipitation indices in great Khorasan, Researches in Earth Sciences, Volume 6, Issue 3 - Serial Number 23 2015, Pages 34-52.
- Alijani. B, J. O'Brien, B. Yarnal (2007), Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, Theor. Appl. Climatol. (2008) 94: 107-124.
- Azizi, G., Neyri, M., & Rostami Jalilian, S. (2009). Synoptic analysis of heavy rainfall in western Iran (Case study: precipitation period of March 7-14, 2005). Natural Geography Quarterly, vol 1, No. 4, pp. 1-13.
- Alijani, B., Mirzaei, N., & Jahedi, A. (2019). Synoptic analysis of extreme rainfall and catastrophic floods in Iran (Case study: March 16 and 31, 2019). Climate Changes and Weather Hazards, vol 1, No. 2, pp. 85-140.
- Asakereh, H. (2011). Fundamentals of Statistical Climatology. University of Zanjan Press, 550 pp.
- Alijani, B., Khosravi, M., & Esmailnejad, M. (2010). Synoptic analysis of heavy rainfall on January 6, 2008, in southeastern Iran. Journal of Climatological Research, vol 1, No. 3 & 4, pp. 1-12.
- Asakereh, H., & Ashrafi, S. (2024). Comparison of correlation and mean methods in selecting representative days of sea-level pressure pattern classes associated with

- heavy and widespread rainfall in Iran. *Journal of Climatological Research*, vol 15, No. 57, pp. 1–20.
- Asakereh, H., & Khojasteh, A. (2021). Frequency of Mediterranean cyclones entering Iran and their effect on widespread precipitation. *Natural Environmental Hazards*, Volume 10, No. 27, pp. 159–176.
 - Ataei, H., & Fatemi Niayaf Fakhri Sadat (2013). Temporal-spatial analysis of cyclones in Iran in the solar year 1376 (1997–1998). *Geographical Research*, vol 28, No. 1, Serial No. 108, pp. 143–161.
 - Alijani, B., & Rezaei, G. (2014). Temporal-spatial distribution of relative vorticity in Iran with emphasis on precipitation. *Geography*, vol 12, No. 42, pp. 89–102.
 - Alijani, B., & Doustan, R. (2012). Identification of the controlling centers of Iran's climate and related pressure patterns at the 500 hPa level of Iran's atmosphere during the cold period of the year. *Geography and Regional Development*, No. 19, pp. 255–279.
 - Asakereh, H., & Ashrafi, S. (2024). Comparison of correlation and mean methods in selecting representative days of sea-level pressure pattern classes associated with heavy and widespread rainfall in Iran. *Journal of Climatological Research*, vol 15, No. 57, pp. 1–20.
 - Bakowska Bielec Zuzanna, Ewa Lupikasza, Long-term precipitation variability on thunderstorm days in Poland (1951–2000), *Atmospheric Research* 93 (2009) 506–515.
 - Baaghideh. M Entezari.A Alimardani. F(2012) Synoptic Analysis of Rainfall in Atrak and Gorganroud Basins (39 Pervasive). *journal of Geography and Development*, Volume 10, Issue 26 - Serial Number 26, Pages 113-124
 - Doostan, R (2020) An Analysis of Rainfall Changes in Iran, *Journal of Climate Research*, Volume 1398, Issue 40 - Serial Number 40 Vol.10 No.40, Pages 13-25.

- Farshadfar, E. (2005). Principles and Methods of Multivariate Statistics. Taq-e Bostan, Kermanshah.
- Hossos, E, C. J Lolis, and A. Bartzokas (2008): Atmospheric Circulation Patterns associated with extream precipitation amounts in Greece , Adv.Geosice, 17, 5 -11.
- Katiraei, P., Hajjam, S., & Irannejad, P. (2007). The contribution of changes in frequency and intensity of daily precipitation to the precipitation trend in Iran during the statistical period 1960–2001. Physics of the Earth and Space, Volume 33, No. 1, pp. 67–83.
- Khorshiddoust , A.M, Mofidi. A, Aasouli. A, Azarm. K,(2016), A Synoptic analysis for the occurrence of springtime heavy rainfall in the Northwest of Iran, Journal of Natural Environmental Hazards, Volume 5, Issue 8.Pages 53-82
- Lashkari, H. (1996). Synoptic pattern of heavy rainfall in southern and southwestern Iran (Doctoral dissertation in Climatology). Supervisor: Houshang Ghaemi. Tarbiat Modares University, pp. 63–75.
- Lashkari, H. (2011). Principles of interpreting climatic maps and diagrams. Shahid Beheshti University Press, 316 pp.
- Lana, A, J. Campins, A. Genov es, and A. Jans (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands,Advances in Geosciences.
- Muller ,M., M. Ka spar, and J. Matschullat (2009). Heavy rains and extreme rainfall-runoff events in Central Europe from 1951 to 2002, Natural Hazards and Earth System Sciences,Vol 9.
- Masoudian, A. (2005). Identification of Iran's precipitation regimes using cluster analysis. Geographical Research, No. 52, pp. 47–61.
- Masoudian, A. (2012). Synoptic study of cyclonic actions during the solar years 1340–1382 (1961–2003). Environmental Hazards, Year 1, No. 1, pp. 15–33.
- Mostafaei, H., Alijani, B., & Saligheh, M. (2015). Synoptic analysis of

- severe and widespread precipitation in Iran. *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, Year 2, No. 4, pp. 65–76.
- Mofidi, A., Zarrin, A., & Janbaz, G. R. (2007). Determination of the synoptic pattern of severe and extreme autumn precipitation on the southern coasts of the Caspian Sea. *Journal of Physics of the Earth and Space*, Volume 33, No. 3, pp. 131–154.
 - Masoudian, A., & Kaviani, M. R. (2007). *Climatology of Iran*. University of Isfahan Press, 179 pp
 - Masoudian, A., & Jafari Shandi, F. (2014). Investigation of the relationship of synoptic systems affecting heavy rainfall in the low-precipitation zone of northern Iran. *Geography and Planning*, Year 18, No. 50, pp. 305–331.
 - Masoudian, A., & Karsaz, S. (2014). Synoptic analysis of thickness patterns of heavy rainfall in the southern Zagros region. *Geography and Development*, No. 37, pp. 15–28.
 - Mohammadi, B., & Masoudian, A. (2010). Synoptic analysis of heavy rainfall in Iran. *Geography and Development*, No. 19, pp. 47–70.
 - Omidvar, K., Safarpour, F., Mahmood abadi, M., Olfaty, S. (2010) Synoptic analysis of the effects of cold-core systems on the occurrence of heavy rainfall in central and southwestern Iran, *Journal of Spatial Planning and Geomatics*, Volume 14, Issue 4 Autumn, Pages 161-190
 - Omidvar, K., Narengifard, M., Mahmoodabadi, M., Fakhari vahed, M. (2015), Thermodynamic and Synoptic Analysis of exceptional rains of spring and role of cloud height in occurrence of rains in Shiraz. *Quarterly geographical journal of*, Issue 47 Vol. 12.
 - Pazhooh, F., Jafari, F. (2020) Synoptic analysis of heavy and hazardous precipitations in western and south western Iran during the first ten days of April 2019, *Journal of*

- Geographical Data (SEPEHR) , Volume 29, Issue 114, Pages 165-184
- Sotoudeh. F, Alijani. B, Saligheh. M, Akbary.M (2019) The effect of the Zagros Mountains on precipitation-producing cyclones of Iran, Physical Geography Research, Volume 50, Issue 4, Pages 639-653
 - Soltani, S., & Asakereh, H. (2011). Synoptic analysis of heavy rainfall in northwestern Iran. Master's thesis, University of Zanjan, 300 pp.
 - Seibert, P., A. Frank, and H. Formayer (2007). Synoptic and regional patterns of heavy Precipitation in Austria, Theoretical and Applied Climatology, 87.
 - Salahi B, Mahdi Alijahan. (2015). Extracting and analyzing synoptic patterns led to thunderstorm rainfall in Ardebil plain, journal of physical geography in Tehran, 3(8):8-10.
 - Tong Siqin, Xiangqian Li, Jiquan Zhang, Yuhai Bao, Yongbin Baoa, Li Na, Alu Si,(2019) Spatial and temporal variability in extreme temperature and precipitation events in Inner Mongolia (China) during 1960–2017, Science of the Total Environment 649, 75–89.