دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۳۸-۲۲۳

*مهدی خزایی[۱]
اسماعیل عباسی[۲]

تحلیل دینامیک و ترمودینامیک جو همزمان با رخداد سیلاب مخرب شمال‌غرب ایران (۲۵ فروردین ۱۳۹۶)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶

چکیده

بارش‌های شدید و سیل‌آسا یکی از مهم‌ترین مخاطراتی هستند که همه‌ساله بسیاری از مناطق از جمله شمال‌غرب کشور را متاثر و خسارات فراوانی را به مزارع، باغ‌ها، منازل، تاسیسات شهری و غیره وارد می‌سازد. در این پژوهش به بررسی شرایط جوی همزمان با رخداد بارش سیلاب‌ساز شمال‌غرب کشور در تاریخ ۲۵ فروردین (۱۳۹۶) پرداخته شده است. بدین منظور داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، امگا و باد مداری و نصف‌النهاری در فشار تراز ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و همچنین نم ویژه در فشار تراز ۱۰۰۰ و ۸۵۰ میلی‌باری (از ۱۲ ساعت قبل از رخداد سیلاب) از پایگاه داده‌های مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان مدت جوی (ECMWF) با تفکیک مکانی ۰/۷۵ درجه دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم و نتایج پیش‌رو حاصل گردید. وجود گرادیان شدید فشار در تراز دریا در منطقه شمال‌غرب کشور و رطوبت فراوان در لایه زیرین جو و همچنین قرارگیری جلوی ناوه‌های غربی در تمام سطوح تروپوسفر، سبب تشدید جریانات نصف‌النهاری و متعاقب آن، تشکیل جت از سطح ۷۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌باری بر روی شمال‌غرب کشور شده است. از طرف دیگر، صعودهای شدید به علت چینش عمودی قوی باد افقی و وجود رطوبت فراوان به‌ویژه در لایه‌های زیرین جو، سبب تشکیل ابرهای کومولونیمبوس از سطح ۸۵۰ تا ۳۷۰ میلی‌باری به

*۱ـ دانش آموخته دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران. (نویسنده مسئول). E-mail: m.khazaei14@alumni.ut.ac.ir
۲- گروه محیط‌زیست، دانشگاه خلیج فارس، پژوهشکده خلیج فارس.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همراه آذرخش‌هایی در سطح ۸۵۰ تا ٦۰۰ میلی‌باری شده است. تمامی شرایط فوق‌الذکر سبب شده تا ناپایداری‌های حاصله همراه با بارش‌های سیل‌آسا در این پهنه از کشور شود.

کلید واژه‌ها: بارش سیل‌آسا، چینش باد، زبانه‌های واچرخند و چرخند، اسکیوتی، شمال‌غرب.

مقدمه

سیل از جمله مخاطرات طبیعی است که بشر تا به امروز نتوانسته است از وقوع آن به‌طور کامل جلوگیری کند؛ بنابراین در بحث‌های مدیریت و برنامه‌ریزی بلایای طبیعی همچون سیل، با بینش به این‌که چنین مخاطره‌ای به‌طور یقین اتفاق خواهد افتاد، اما با این وجود نیز، امکان پیش‌بینی بلندمدت این پدیده غیرممکن است. با توجه به این‌که پدیده‌های اقلیمی در شرایط خاصی از الگوی فشاری شکل می‌گیرند، بدیهی است که بارش‌های سنگین سیلاب‌ساز نیز، پیامدهای نوع خاصی از الگوهای گردشی جو بوده که تحت تاثیر شرایط دینامیک و ترمودینامیک جو شکل می‌گیرند. در این ارتباط می‌توان به همرفت‌های عمیق اشاره کرد که نقش کلیدی و اساسی در دینامیک و ترمودینامیک گردش عمومی جو بازی می‌کند (Shutts and Palmers, 2007: 187). با افزایش ناپایداری مشروط و چینش عمودی قوی در جو، امکان رخداد بارش‌های سنگین، بسیار زیاد می‌شود (Valero et al., 1997: 494). در حقیقت می‌توان گفت شرایط لازم و کافی برای رخداد بارش‌های سنگین در هر منطقه‌ای، وجود رطوبت بالا، حرکت قائم بالاسو و ناپایداری ایستا می‌باشد (Doswell et al., 1996: 563). فراهم شدن شرایط مناسب، سبب رخداد سیلاب‌های ناگهانی مخرب در ۵ و ٦ ژانویه (۱۹۹۲)؛ ۳ و ٤ ژانویه (۱۹۹۸) و ٤ مارس (۱۹۹۸) در سواحل کارائیب شده است (Laing, 2004: 557). در برخی از نواحی، چنین سیلاب‌هایی در اوایل فصل بهار، زمانی که بارش‌های سنگین به همراه ذوب برف، سبب طغیان رودخانه‌ها می‌شوند، اتفاق می‌افتد؛ به عنوان نمونه می‌توان به رگبار شدید باران در ماه مارس (۱۹۹۹) در دره رودخانه اوهایو اشاره کرد که سیلاب گسترده‌ای را به راه انداخت که هزاران خانه را در امتداد این رودخانه و رودخانه‌های کنتاکی، تنسی و غرب ویرجینیا با خود برد (Ahrens, 2009: 385). این‌گونه سیلاب‌ها، خسارات فراوانی را موجب می‌شوند؛ برای نمونه می‌توان گفت متوسط هزینه سالانه خسارات ناشی از سیلاب در استرالیا ۳۸٦ میلیون دلار است. این میزان هزینه به تنهایی در حدود ۳۱ درصد از کل هزینه خسارات ناشی از بلایای طبیعی را به خود اختصاص داده و رتبه اول خسارات ناشی از بلایای طبیعی در این کشور محسوب می‌شود (Bridgman, 2005: 146). بارندگی‌های سنگین کشور استرالیا اغلب در هفت الگوی سینوپتیکی که منتج از روش خوشه‌بندی می‌باشد، عمل می‌کنند (Seibert et al., 2005:139). همچنین سیلاب ناشی از توفان حاره‌ای اسکار در سال (۱۹۸۳) و توفان کینا در سال (۱۹۹۳) به‌ترتیب خساراتی در حدود ۱٤۸ و ۱۸۸ میلیون دلار به کشور فیجی وارد ساخته است (Terry, 2007: 139). در مقابل هزینه مالی ناشی از خسارات سیلاب، خسارات جانی هم در مواردی قابل توجه بوده است، به‌عنوان نمونه می‌توان به سیلاب ناشی از توفان حاره‌ای در سواحل بنگلادش در ۲٤ تا ۳۰ آوریل (۱۹۹۱) اشاره کرد که سبب مرگ بیش از

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۱۳۰ هزار نفر و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در این کشور شد (Barry and Chorley, 2010: 337). همچنین در ژوئن سال (۱۹۹۸) بارشی طولانی مدت در پهنه وسیعی از کشور چین رخ داد که سیلاب شدیدی را در چندین رودخانه به‌وی ژه رودخانه یانگ تسه به راه انداخت. این بارش شدید منجر به رخداد سیلاب، زمین‌لغزش و روانه های گلی شد که جان بیش از ۳۰۰۰ نفر را گرفت (Nicholls, 2001: 145).در داخل کشور هم مطالعات زیادی در ارتباط با بارش‌های سنگین انجام گرفته است. برخی از این مطالعات تاکید بر منابع رطوبتی تامین بارش‌های سنگین و فوق سنگین (Hejazizadeh and rordeh, 2003:91-106;Khoshhal dastjerdi et al., 2009:7-16; Ghavidel rahimi, 2011:101-118) و برخی دیگر علاوه بر بررسی منابع رطوبتی، تاکید بیش‌تر را بر روی الگوهای جوی (سامانه‌های چرخندی، کم‌فشارهای قطبی، سامانه سودانی، رودباد جنب‌حاره‌ای و غیره) داشته‌اند (Moradi, 2002: 61-72; Moradi, 2005: 54-70; Ardakani et al., 2005: 50-65; Saligheh, 2006: 1-13; Azizi and samadi, 2007: 61-74; mofidi et al., 2007: 131-154; Lashkari et al., 2008: 181-2011; Azizi et al., 2010: 95-115; Khoshhal dastjerdi and Alizadeh, 2010: 87-109; Mohamadi and masoodian, 2010: 47-70; Modiri et al., 2014, 7; Lashkari and khazaei, 2014: 70-79). در این راستا، پژوهش حاضر به بررسی شرایط جوی همزمان با رخداد بارش سیلاب‌ساز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ (۲۵ فروردین ١٣٩٦) شمال‌غرب کشور می‌پردازد. سیلاب حاضر در بسیاری از شهرستان‌های این منطقه، به‌ویژه در استان آذربایجان‌شرقی، خسارات سنگینی را به مناطق شهری، روستایی، زیرساخت‌های عمرانی، باغات، مزارع و غیره را از خود به‌جای گذاشت. این سیلاب همچنین سبب جان باختن ٤٢ نفر در آذربایجان‌شرقی، ۱ نفر در آذربایجان‌غربی و ۵ نفر در استان کردستان شده است. (http://www.icana.ir/Fa/News/330284).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش بارش سنگین منجر به سیلاب فراگیر ١٤ آوریل (۲۰۱۷) ۲۵ فروردین (١٣٩٦) در منطقه شمال‌غرب کشور که خسارات جانی و مالی فراوانی را به همراه داشته، مورد بررسی قرار گرفته است. ایستگاه‌هایی که در این روز بیش از ۱۰ میلی‌متر بارش را دریافت کرده‌اند در جدول و شکل (۱) نشان داده شده است. جهت بررسی وضعیت جوی همزمان با رخداد سیلاب در منطقه شمال‌غرب کشور، از داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، امگا و مولفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری در سطوح ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و نم ویژه در سطوح ۱۰۰۰ و ۸۵۰ میلی‌باری در ساعت z۱۲ (همزمان با تشدید بارش‌ها و رخداد سیلاب‌های مخرب) روز ١٤ آوریل (۲۰۱۷) از پایگاه داده‌ای مرکز پیش‌بینی میان مدت جوی اروپایی (ECMWF) با تفکیک مکانی ۰/۷۵ درجه و پوشش مکانی ۲۰ تا ٦٠ درجه شمالی و ۱۰ تا ۷۰ درجه شرقی دریافت و نقشه‌های مورد نظر ترسیم و به تفصیل مورد بررسی قرار گردید. همچنین پارامترهای فشار تراز دریا، نم ویژه و ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا در سطح ۵۰۰ میلی‌باری در دو زمان

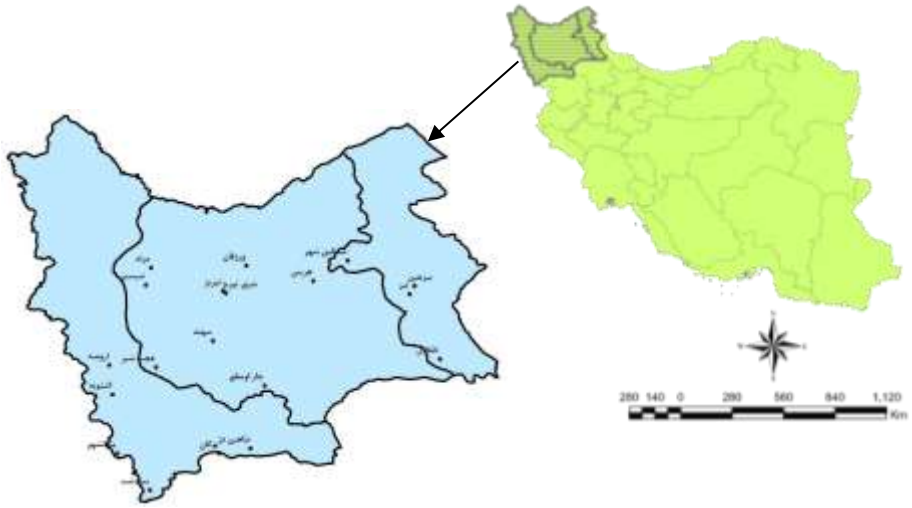
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۰۰ و ۰٦ z و همچنین نمودار توالی زمانی دو پارامتر جوی امگا و جهت جریانات جوی از ساعت ۰٦ تا ۱۸z ترسیم و تحلیل شده است. از داده‌های جو بالای ایستگاه تبریز، برای ترسیم اسکیوتی استفاده شده است.

جدول ۱ـ مختصات و بارش (۲۵ فروردین ۱۳۹٦) ایستگاه‌های سینوپتیک شمال‌غرب کشور

Table 1- Coordinates and precipitation (April 14, 2017) Synoptic stations in the northwest of the Iran

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع بر حسب متر	بارش بر حسب میلی متر
مشکین‌شهر	٤٧ ٤٠	٣٨ ٢٣	١٥٦٠/٦	١٢/٧
تبریز	٤٦ ١٧	٣٨ ٠٥	١٣٤٥	٢٥/٤
سهند	٤٦ ٠٧	٣٧ ٥٦	١٦٤١	٢٦/٣
ارومیه	٤٥ ٠٥	٣٧ ٣٢	١٣٢٨	١٦/٥
خلخال	٤٨ ٣١	٣٧ ٣٨	١٧٩٧/٤	١٦/٣
مرند	٤٥ ٤٦	٣٨ ٢٨	١٥٥٠	١٣/٧
ورزقان	٤٦ ٤٠	٣٨ ٣٠	١٦٧١	١٠/٩
شبستر	٤٥ ٤١	٣٨ ١١	١٣٥٠	١١/٢
هریس	٤٧ ٠٦	٣٨ ١٥	١٩٥٠	٢٤
سرعین	٤٨ ٠٦	٣٨ ١٠	١٦٥٨/٣	١٠/١
نیر	٤٨ ٠١	٣٨ ٠٢	١٥٩٣	١٣
شرق تبریز	٤٦ ٢٠	٣٨ ٠٣	١٤٩٥	٤٥/١
عجب‌شیر	٤٥ ٥١	٣٧ ٣٠	١٣١١	١٩/٥
چار اویماق	٤٦ ٥٨	٣٧ ٠٨	١٩٢٠	٢٧/٣
شاهین‌دژ	٤٦ ٤٤	٣٦ ٤٠	١٣٩٥	١٩/٤
بوکان	٤٦ ١٣	٣٦ ٣٢	١٣٦٨/١	٢٢/١
اشنویه	٤٥ ٠٨	٣٧ ٠٣	١٤١٥/٩	١٩/٥
سردشت	٤٥ ٢٩	٣٦ ٠٩	١٥٥٦/٨	٢٠/٤
پیرانشهر	٤٥ ٠٨	٣٦ ٤٠	١٤٤٣/٥	٢١/٦



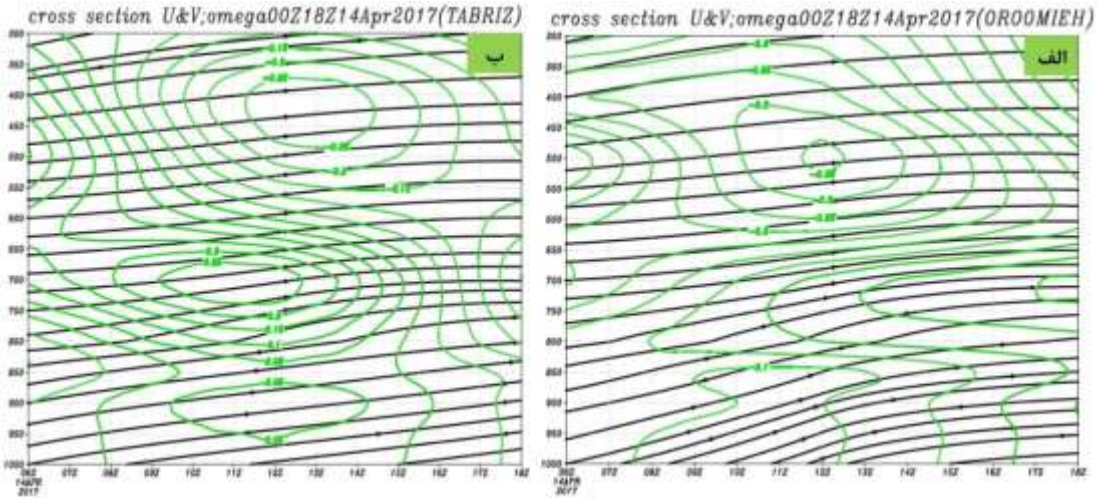
شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های سینوپیک شمال‌غرب کشور

Figure 1: Location of synoptic stations in the northwest of the Iran

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

یافته‌ها و بحث

بارش سیلاب‌ساز ١٤ آوریل ٢٠١٧(٢٥ فروردین ١٣٩٦) از اوایل صبح این روز شروع شده و در پیش از ظهر همین روز، موجب طغیان برخی از رودخانه‌ها و ایجاد سیلاب در استان آذربایجان‌غربی و در حوالی ظهر و بعد از ظهر در آذربایجان‌شرقی نیز موجب آب گرفتگی و سیلاب در مناطق مختلف این استان گردیده است. با توجه به این‌که سامانه بارشی فوق‌الذکر، محلی نبوده و از مرزهای شمال‌غرب و غرب به منطقه وارد شده است، بنابراین در این روز، بارش‌های شدید و سیلاب‌های حاصله در مناطق مختلف شمال‌غرب کشور همزمان رخ نداده است. بدین منظور برای بررسی سیلاب فوق‌الذکر در ابتدا تحول زمانی (جهت جریانات جوی و مقادیر امگا) سامانه بارشی موجد سیلاب فراگیر روز ١٤ آوریل (٢٠١٧) از ساعت z٠٦ تا z١٨ از سطح ١٠٠٠ تا ٣٠٠ میلی‌باری در دو ایستگاه ارومیه (شکل ٢ الف) و تبریز (شکل ٢ ب) مورد بررسی قرار گرفته است؛ همان‌طور که در شکل (١) الف و ب نشان داده شده است بیشینه امگای منفی در دو ایستگاه تبریز و ارومیه از سطح ٦٠٠ تا ٣٠٠ میلی‌باری و در ساعت ١٢ z رخ داده است؛ به همین منظور نقشه‌های ساعت ١٢ z از سطح ١٠٠٠ تا ٣٠٠ میلی‌باری به‌طور کامل (یعنی همزمان با اوج بارش‌های شدید در منطقه شمال‌غرب کشور) مورد بررسی قرار گرفته است و توالی زمانی این نقشه‌ها برای چهار پارامتر نم ویژه، فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا در سطح ٥٠٠ میلی‌باری در دو زمان ٠٠ z و ٠٦ z (شکل ٣ الف تا پ) مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (٢ الف) جهت جریانات جوی و مقادیر امگا را در ایستگاه ارومیه نشان می‌دهد.



شکل ٢: تحول زمانی(جهت جریانات جوی و مقادیر امگا) سامانه بارشی موجد سیلاب فراگیر روز ١٤ آوریل ٢٠١٧ از ساعت ٠٦ z تا z١٨ از سطح ١٠٠٠ تا ٣٠٠ میلی‌باری در دو ایستگاه ارومیه (الف) و تبریز (ب)

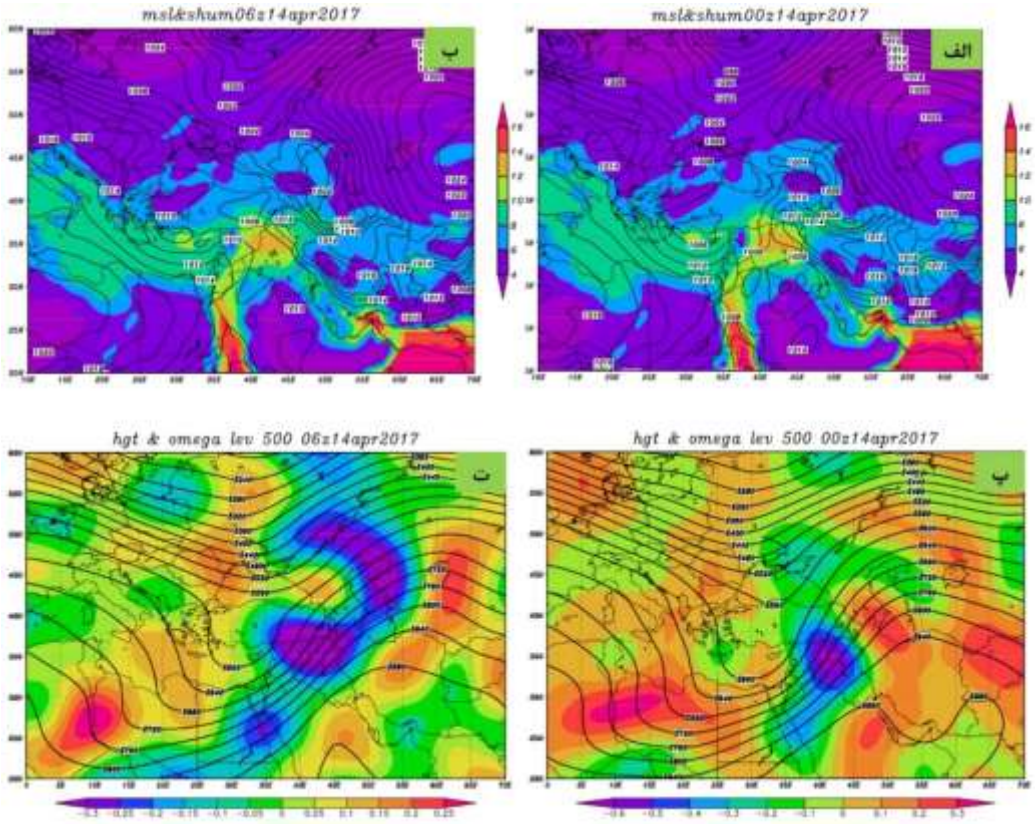
Figure 2: The time evolution (for atmospheric flows and omega values) of the precipitation system caused a flood of April 14, 2017 from 06z to 18z from 1000 to 300 Hpa at two stations of Urmia (A) and Tabriz (B)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همان‌طور که مشاهده می‌شود در ایستگاه ارومیه که در غرب منطقه شمال‌غرب کشور واقع شده است، مقادیر منفی امگا که نشان‌دهنده صعود هوا می‌باشد از همان ساعت ۰٦ z قابل مشاهده است و تا ساعت ۱۵ z ادامه دارد. صعود هوا در این منطقه از سطح ۱۰۰۰ میلی‌باری شروع شده و تا سطح ۳۰۰ میلی‌باری کاملا مشهود است. بیشینه امگای منفی در سطح ۵۰۰ میلی‌باری و در ساعت ۱۲ z مشاهده می‌شود که به میزان ۰/۳۵– پاسکال بر ثانیه رسیده است که از صعود شدید هوا در لایه میانی وردسپهر غرب منطقه شمال‌غرب (ایستگاه ارومیه) حکایت دارد. در مقابل جهت جریانات جوی در این ایستگاه از سطح ۱۰۰۰ میلی‌باری تا حدود سطح ۸۵۰ میلی‌باری جنوب‌غربی بوده و از سطح ۸۵۰ میلی‌باری تا ۳۰۰ میلی‌باری به صورت غربی در آمده است. شکل(۲ ب) جهت جریانات جوی و مقادیر امگا را در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. در ایستگاه تبریز از سطح ۱۰۰۰ میلی‌باری تا سطح ٦۰۰ میلی‌باری، امگای مثبت تجربه شده است. بیشینه امگای مثبت به مقدار ۰/۲۵ پاسکال بر ثانیه در ساعت ۱۱ z قابل مشاهده است. از سطح ٦۰۰ میلی‌باری تا سطح ۳۰۰ میلی‌باری، مقادیر امگا منفی شده به‌طوری که بیشینه امگای منفی در سطح ۵۰۰ تا ٤۰۰ میلی‌باری و به میزان ۲۵/ – پاسکال بر ثانیه در ساعت ۱۱ تا ۱۲ z قابل مشاهده است که از صعود شدید هوا از لایه میانی وردسپهر تا سطح ۳۰۰ میلی‌باری حکایت دارد. در ایستگاه تبریز نیز به مانند ایستگاه ارومیه جهت جریانات جوی از سطح ۱۰۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌باری جنوب‌غربی بوده و از سطح ۸۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌باری جریانات غربی شده است. همان‌طور که در شکل (۲ الف و ب) مشاهده می‌شود بیشینه ناپایداری هوا در دو ایستگاه ارومیه و تبریز در حدود ساعت z۱۲ رخ داده است. اما با این وجود در پیش از ظهر روز ۱٤ آوریل (۲۰۱۷) ناپایداری و بارش وجود داشته است. به همین دلیل نقشه‌های نم ویژه و فشار تراز دریا و همچنین مقادیر امگا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ میلی‌باری برای ساعت ۰۰ و ۰٦ همین روز به‌تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد و نقشه‌های ساعت z۱۲ که همزمان با رخداد بیشینه ناپایداری‌ها در منطقه شمال‌غرب کشور بوده است، به‌طور کامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شکل (۳) نقشه فشار تراز دریا و نم ویژه در ساعت ۰۰ و ۰٦ شکل (۳ الف و ب) و ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح ۵۰۰ میلی‌باری در ساعت ۰۰ و ۰٦ (پ و ت) روز ۱٤ آوریل (۲۰۱۷) را نشان می‌دهد؛ همان‌طور که در شکل (۳ الف و ب) مشاهده می‌شود تمام پهنه کشور از جمله منطقه شمال‌غرب کشور تحت تاثیر زبانه‌های واچرخندی بوده است به‌طوری که این پهنه از کشور، فشار ۱۰۱٤ تا ۱۰۱۲ میلی‌باری را تجربه کرده است. در این دو زمان، کم‌فشاری با ۱۰۰۸ میلی‌بار (شکل الف) و ۱۰۱۰ میلی‌بار (شکل ب) بر روی عراق قابل مشاهده است که سبب تقویت جریانات جنوبی و جنوب‌غربی و افزایش گرادیان فشار بر روی منطقه شمال‌غرب به علت ممانعت از گسترش بیش‌تر زبانه‌های واچرخندی فوق‌الذکر در جهت جنوب و جنوب‌غرب شده است. بیشینه نم ویژه در ساعت ۰۰ و ۰٦ روز ۱٤ آوریل (۲۰۱۷) (٦ تا ۱۲ ساعت قبل از رخداد سیلاب) بر روی کشور عراق ۱۰ تا ۱٤ گرم بر کیلوگرم بوده است. مقدار این پارامتر بر روی منطقه شمال‌غرب کشور در حدود ۸ گرم بر کیلوگرم بوده است. مشاهده می‌شود که در ٦ تا ۱۲ ساعت قبل از رخداد سیلاب، بیشینه نم ویژه بر روی عراق بوده است و در زمان رخداد سیلاب، بیشینه نم ویژه بر روی منطقه شمال‌غرب کشور به میزان ۱٦ گرم بر کیلوگرم(شکل ٤ ت) رخ داده است. شکل (۳ پ و ت) به‌ترتیب ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۵۰۰ میلی‌باری را در ساعت ۰۰ و ۰٦ z روز ١٤ آوریل (۲۰۱۷) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود منطقه شمال‌غرب کشور در ٦ تا ۱۲ ساعت قبل از وقوع سیلاب رخ داده، ناوه کم ارتفاعی با پربند ۵۷۲۰ تا ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر را تجربه کرده است. در ساعت ۱۲ z همین ناوه در حدود ۵۰ ژئوپتانسیل متر (۵٦۷۵ تا ۵۷۲۵ ژئوپتانسیل متر) افت ارتفاع را تجربه می‌کند. در مقابل مقادیر امگا در سطح ۵۰۰ میلی‌باری در ساعت ۰۰ (۱۲ ساعت قبل از رخداد سیلاب) در نواحی مرزی غرب شمال‌غرب ۰/۱- و در مرکز و شرق منطقه شمال‌غرب ۰/۱+ تا ۰/۳+ بوده است. این مساله نشان می‌دهد که در ۱۲ ساعت قبل از رخداد سیلاب، جو میانی منطقه شمال‌غرب، کاملا پایدار بوده است. در ساعت ۰٦ هسته منفی امگا که بر روی عراق قرار گرفته بود به سمت شمال‌غرب کشور جا به جا شده و تمام منطقه شمال‌غرب امگای منفی ۰/۲ تا۰/۳ را تجربه کرده است. همین امر نشان می‌دهد که ناپایداری شدید از ساعت ۰٦ z به بعد رخ داده است. به همین منظور در ذیل به‌تفصیل شرایط جوی همزمان با بارش‌های شدید و رخداد سیلاب فراگیر منطقه شمال‌غرب کشور در ساعت z۱۲ روز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ (۲۵ فروردین ۱۳۹٦) پرداخته می‌شود.



شکل ۳: نم ویژه و فشار تراز دریا (الف و ب) ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح ۵۰۰ میلی‌باری (پ و ت) روز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ در ساعت ۰۰ و ۰٦ z

Figure 3: Specific humidity and sea level pressure (A and B) Geopotential Height and omega in level of 500 Hpa (P and T) on April 14, 2017 at 00z and 06z

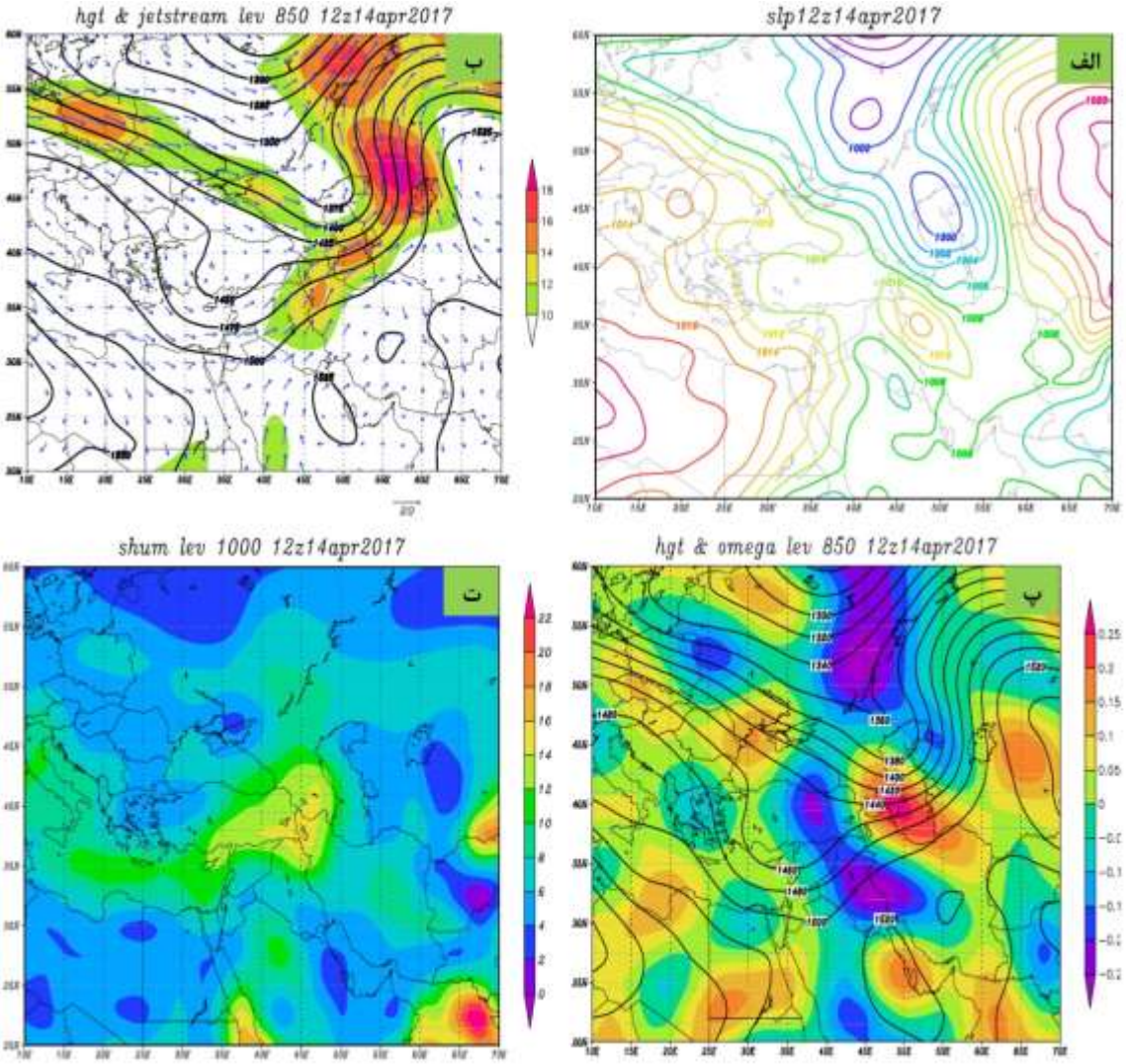
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل (٤ الف) فشار تراز دریا را در روز ١٤ آوریل (٢٠١٧) در ساعت z١٢ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می شود در این روز تمام نواحی غرب و شمال‌غرب کشور تحت تاثیر جریانات واچرخندی قرار گرفته است. واچرخندی محلی با منحنی هم‌فشار مرکزی با فشار ١٠١٤ میلی‌بار بر روی محدوده غرب کشور شکل گرفته است. بیش‌تر مناطق شمال‌غرب کشور تحت تاثیر زبانه‌های این سامانه با منحنی هم‌فشار ١٠١٢ تا ١٠١٠ میلی‌بار واقع شده است. در مقابل زبانه‌های جنوب سوی مرکز چرخندی قوی که بر روی شمال دریای خزر بسته شده است با منحنی هم‌فشار ١٠٠٨ میلی‌باری، شرق منطقه شمال‌غرب کشور (محدوده استان اردبیل) را تحت تاثیر و گرادیان نسبتا شدیدی را با توجه به وجود زبانه‌های واچرخند پیش‌گفته در منطقه، ایجاد کرده است. شکل (٤ ب) ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد سطح ٨٥٠ میلی‌باری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشینه سرعت باد در منطقه شمال‌غرب کشور در جلوی ناوه با ارتفاع ١٤٥٠ تا ١٤٧٥ ژئوپتانسیل متر و به میزان ١٢ تا ١٦ متر بر ثانیه قابل مشاهده است. این میزان سرعت باد در این تراز فشاری، نسبتا بالا است که خود سبب صعود شدید هوا به علت چینش عمودی باد افقی نسبتا بالا رخ داده است. شکل (٤ پ) ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا را در سطح ٨٥٠ میلی‌باری نشان می‌دهد. در این تراز فشاری، محور ناوه‌ای که شمال‌غرب کشور را تحت تاثیر قرار داده است، در شرق دریای مدیترانه واقع شده و شمال‌غرب کشور، پربند جلوی این ناوه با ارتفاع ١٤٦٠ تا ١٤٨٠ ژئوپتانسیل متر همانند شکل (٤ ب) را تجربه کرده است.

در مقابل ناوه فوق‌الذکر، در حوالی عرض ٤٠ درجه شمالی در محدوده دریای خزر، پشت ناوه‌ای با پربندهای ١٣٨٠ تا ١٤٤٠ ژئوپتانسیل متر استقرار یافته است. همین شرایط سبب شده است تا مرکز دریای خزر و نواحی جنوبی آن، امگای مثبت ٠/٠٥ تا ٢/٢٥ پاسکال بر ثانیه را تجربه کرده است. در مقابل منطقه غرب کشور، امگای ٢- تا ٢/٢٥- پاسکال بر ثانیه را تجربه می‌کند. در نواحی جنوبی و غربی منطقه شمال‌غرب کشور، امگای منفی ٠/٠٥ تا ١- قابل مشاهده است. با توجه به این‌که مقدار این پارامتر بر روی نیمه غربی کشور منفی بوده و سبب شده جریانات هوا در این منطقه صعودی، پادساعتگرد، درون‌سو، و همگرا شود. در مقابل جریانات هوا بر روی دریای خزر (به‌ویژه نیمه جنوبی آن) با توجه به مقادیر امگای مثبت در این ناحیه، نزولی، ساعتگرد، برون‌سو و واگرا می‌باشد. همین امر سبب شده است، جریان همگرایی پایینی (واقع در غرب کشور) و جریانات واگرایی پایینی (در نیمه جنوبی دریای خزر) در منطقه شمال‌غرب کشور هم‌جهت و به عبارتی شمال‌سو شود و همین امر سبب شده جو لایه زیرین منطقه شمال‌غرب، با وجود داشتن امگای مثبت در نیمه شرقی، شرایط ناپایداری مناسبی را به‌ویژه در نیمه غربی خود تجربه کند. شکل (٤ ت) مقادیر نم ویژه را در سطح ١٠٠٠ میلی‌باری در روز ١٤ آوریل (٢٠١٧) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشینه نم ویژه به مقدار ١٤ تا ١٦ گرم بر کیلوگرم از ٣٠ درجه تا ٧٠ درجه شمالی و از ٠ تا ٦٠ درجه شرقی، در منطقه شمال‌غرب کشور مشاهده می‌شود. این مقدار نم ویژه بیش از ٢ برابر نم ویژه بر روی خلیج‌فارس است. مقدار این پارامتر با توجه به این‌که در ماه اول فصل بهار و در منطقه سردسیر شمال‌غرب کشور رخ داده است، نشان‌دهنده رطوبت بسیار بالا در لایه زیرین جو است که در صورت مساعد بودن شرایط جو بالا، امکان رخ داد بارش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

های شدید، بسیار بالا خواهد بود. در این روز دیگر مناطق مختلف کشور نم ویژه ۲ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم را تجربه کرده‌اند.



شکل ٤: فشار تراز دریا(الف)؛ ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد در سطح ۸۵۰ میلی‌باری (ب)؛ ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح ۸۵۰ میلی‌باری(پ) و نم ویژه در سطح ۱۰۰۰ میلی‌باری(ت) در روز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ ساعت ۱۲ z

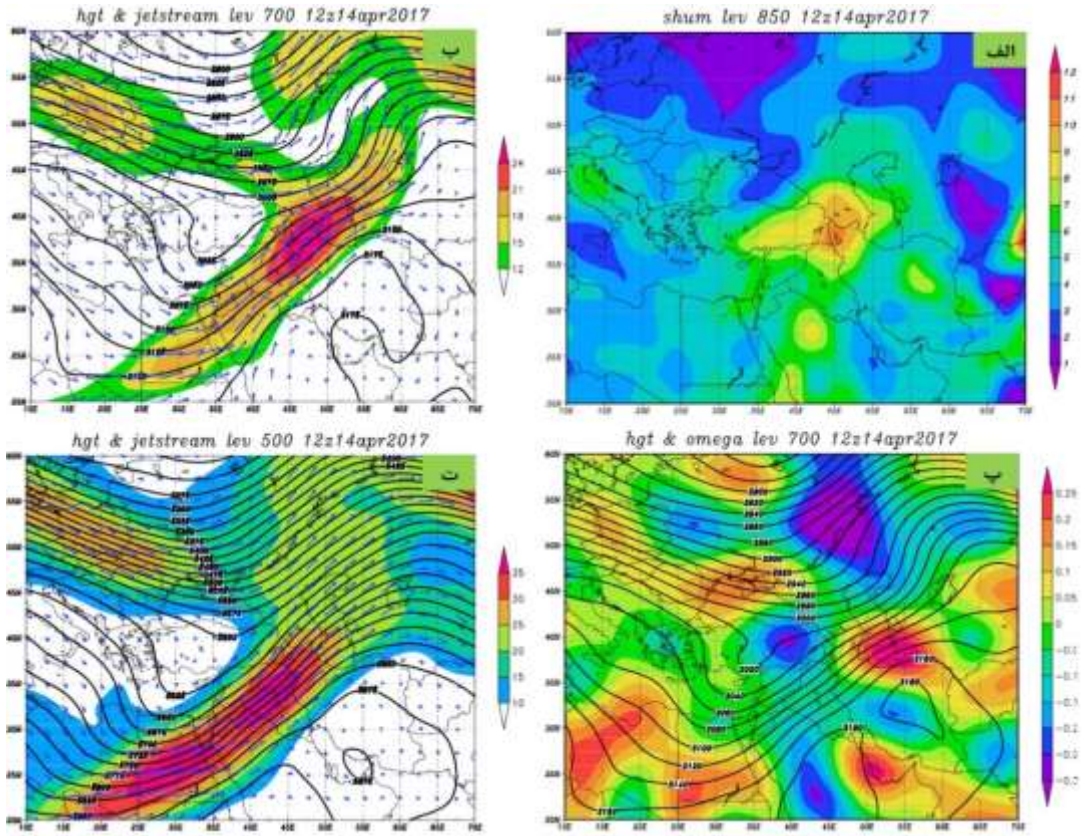
Figure 4: Sea level pressure (a); Geopotential Height and Jetstream at level of 850 Hpa (b); Geopotential Height and omega at level of 850 Hpa (p) and specific humidity at 1000 Hpa (t) on April 14, 2017 at 12 z

شکل (۵ الف) مقادیر نم ویژه را در سطح ۸۵۰ میلی‌باری در روز ١٤ آوریل (۲۰۱۷) نشان می‌دهد. نقشه نم ویژه این تراز فشار در همانگی کامل با نقشه نم ویژه تراز فشاری ۱۰۰۰ میلی‌باری است. همان‌طور که مشاهده می‌شود همچنان

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بیشینه نم ویژه از ۲۰ تا ٦۰ درجه شمالی و از ۱۰ تا ٦۵ درجه شرقی در منطقه شمال‌غرب کشور (به‌ویژه نیمه غربی آن) مشاهده می‌شود. بیشینه نم ویژه در این تراز فشاری در حوالی دریاچه ارومیه به ۱۱ گرم بر کیلوگرم و در تمام منطقه شمال‌غرب کشور ۹ تا ۱۱ گرم بر کیلوگرم متغیر است. دیگر مناطق مختلف کشور نم ویژه ٤ تا ۸ گرم بر کیلوگرم را تجربه می‌کنند. شکل (۵ ب) ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد را در سطح ۷۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز جوی در هماهنگی کامل با نقشه سطح ۸۵۰ میلی‌باری (شکل ٤ ب) است که نشان‌دهنده چینش عمودی شدید باد افقی است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این تراز فشاری، بیشینه سرعت باد در جلوی ناوه با ارتفاع ۳۰۷۵ تا ۳۱۰۰ ژئوپتانسیل‌متر و در منطقه شمال‌غرب کشور به حدود ۲۱ تا۲٤ متر بر ثانیه رسیده است که نشان‌دهنده وزش شدید جریانات نصف‌النهاری در این منطقه است. این جریانات شدید در این تراز جوی با توجه به داشتن جهت جنوب‌غربی ـ شمال‌شرقی، شرایط بسیار مناسبی را برای صعود شدید هوا از لایه زیرین به لایه‌های بالایی فراهم کرده است. شکل (۵ پ) ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا را در سطح ۷۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری در هماهنگی کامل با نقشه سطح ۸۵۰ میلی‌باری شکل (٤ پ) می‌باشد. همچنان که مشاهده می‌شود جهت محور ناوه از شرق دریای مدیترانه به سمت شمال به صورت شمالی–جنوبی و به سمت عرض‌های جنوبی‌تر در محدوده شمال آفریقا به صورت جنوب‌غربی–شمال شرقی درآمده است. در این تراز فشاری، جلوی ناوه با پربند ۳۰٦۰ تا ۳۰۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی منطقه مورد مطالعه واقع شده است. در این تراز فشاری غرب منطقه شمال‌غرب کشور، مقادیر امگای ۰/۰۵ـ تا ۱ ـ پاسکال بر ثانیه و شرق آن، مقادیر ۰/۰۵ تا ۱ مثبت پاسکال بر ثانیه را تجربه می‌کند. مقدار مثبت این پارامتر به‌ویژه بر روی دریای خزر بدین معنی است که جریانات جوی در این تراز فشاری در این منطقه، نزولی، ساعتگرد و به عبارتی سبب انتقال رطوبت از دریای خزر به سمت مناطق شرقی شمال‌غرب کشور شده است. شکل ۵ (ت) ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد را در سطح ۵۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری نیز در هماهنگی با نقشه سطح ۷۰۰ میلی‌باری (شکل ۵ ب) است؛ تنها کمی هسته بیشینه سرعت که در سطح ۷۰۰ میلی‌باری بر روی شمال‌غرب کشور قابل مشاهده بود، در این تراز فشاری، کمی جنوب‌غرب سو تر و بر روی عراق قرار گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشینه سرعت باد بر روی مرکز عراق و در جلو ناوه با ارتفاع ۵۷۰۰ تا ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر و به حدود ۳۵ متر بر ثانیه می‌رسد. سرعت باد در بیش‌تر مناطق شمال‌غرب کشور در حدود ۳۰ متر بر ثانیه قابل مشاهده است. با توجه به نصف‌النهاری بودن رودباد (به‌ویژه دارای جهتی جنوب‌غربی–شمال‌شرقی) و سرعت بالای آن، چینش بسیار شدیدی را در این منطقه ایجاد کرده که سبب شده، ناپایداری‌های حاصله از آن، با توجه به رطوبت بسیار بالا در لایه زیرین جو، با بارش های شدید و سیلاب‌های مخرب همراه باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



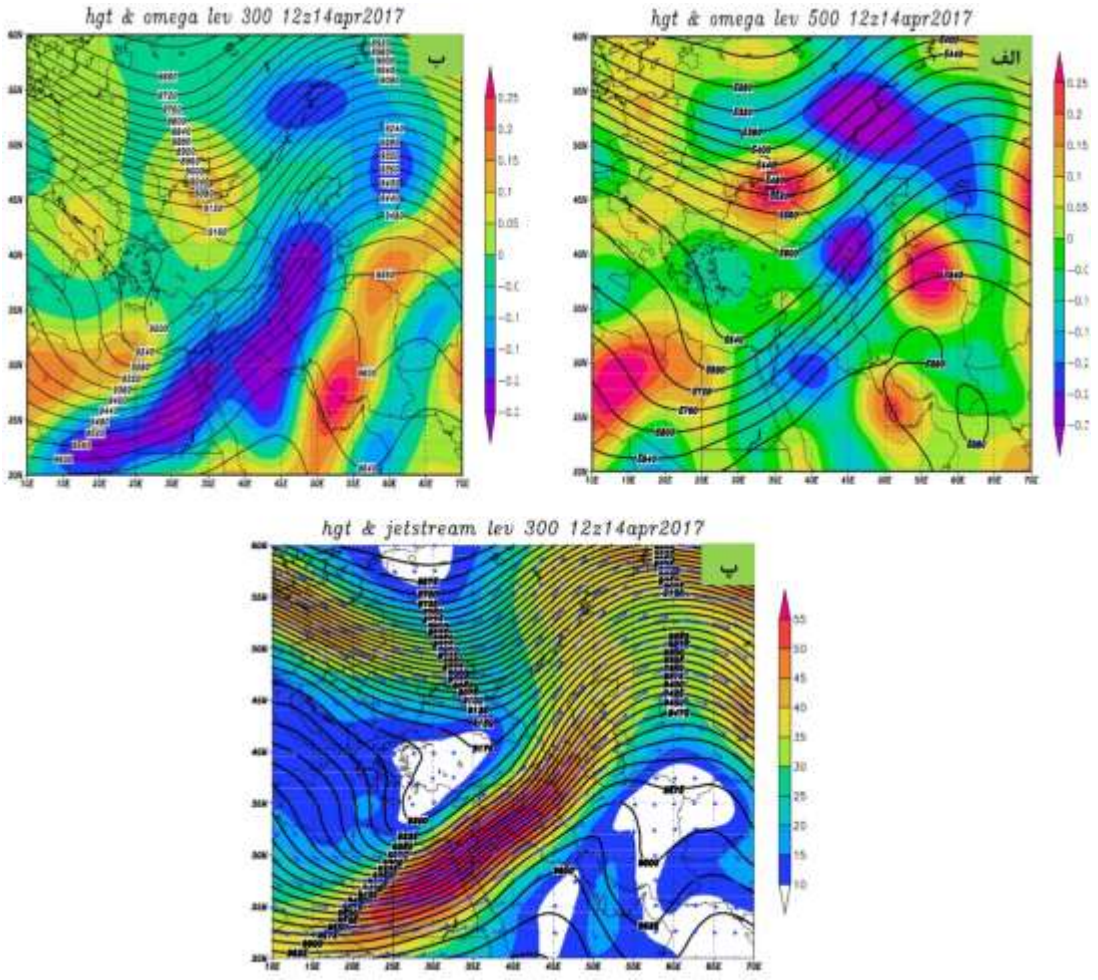
شکل ۵: نم ویژه در سطح ۸۵۰ میلی‌باری (الف) ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد در سطح ۷۰۰ میلی‌باری (ب)؛ ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح ۷۰۰ میلی‌باری، (پ) و ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد در سطح ۵۰۰ میلی‌باری(ت) در روز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ ساعت ۱۲ z

Figure 5: Specific humidity at level of 850 Hpa (A); Geopotential height and jetstream at level of 700 Hpa (b); Geopotential height and omega at level of 700 Hpa, (p); Geopotential height and Jetstream at level of 500 Hpa (t) on April 14, 2017 at 12 z

شکل (٦ الف) ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا را در سطح ۵۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری در هماهنگی کامل با سطح ۷۰۰ میلی‌باری (شکل ۵ پ) می‌باشد. در این تراز فشاری نیز جهت محور ناوه از مرکز دریای مدیترانه در جهت عرض‌هایی جغرافیایی بالا به صورت شمالی–جنوبی و در جهت عرض‌های جغرافیایی پایین به صورت جنوب‌غربی–شمال‌شرقی می‌باشد. منطقه شمال‌غرب کشور ناپایداری ناشی از پربندهای جلوی ناوه با ارتفاع ٥٦٨۰ تا ۵۷۲۰ ژئوپتانسیل‌متر را تجربه می‌کند. مقادیر امگای منفی ۱ تا ۲/۵ پاسکال بر ثانیه در شمال‌غرب کشور، نشان از صعود شدید هوا در این تراز فشاری دارد. شکل (٦ ب) ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر امگا را در سطح ۳۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز فشاری در هماهنگی کامل با سطح ۵۰۰ میلی‌باری شکل (٦ الف) می‌باشد. همچنان محور ناوه از مرکز مدیترانه به سمت عرض‌های پایین در جهت جنوب غرب متمایل شده و جلوی ناوه با جهتی نصف‌النهاری (جنوب‌غربی–شمال‌شرقی) با ارتفاع ۹۳٦۰ تا ۹٤۸۰ ژئوپتانسیل‌متر، کاملا شمال‌غرب کشور را در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بر گرفته است. مقدار امگای منفی در این تراز فشاری در شمال‌غرب کشور ۲ پاسکال بر ثانیه بوده است. مقدار منفی این پارامتر نشان‌دهنده تداوم صعود شدید هوا از ترازهای زیرین تا این تراز فشاری است. شکل (٦ پ) ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد را در سطح ۳۰۰ میلی‌باری نشان می‌دهد. نقشه این تراز جوی نیز در هماهنگی با نقشه سطح ۵۰۰ میلی‌باری (شکل ۵ ت) است. هسته جت با سرعت باد ۵۰ تا ۵۵ متربر ثانیه از شمال‌شرق آفریقا تا غرب عراق امتداد یافته است. منطقه شمال‌غرب کشور سرعت باد ٤٠ تا ٤٥ متر بر ثانیه و در جلوی ناوه با ارتفاع ۹٤۰۰ تا ۹٤۷۵ ژئوپتانسیل‌متر واقع شده است. افزایش سرعت باد به همراه جریانات جوی نصف‌النهاری، سبب تشدید چینش عمودی باد افقی در ناحیه شمال‌غرب کشور شده است. همین عامل به همراه رطوبت بسیار بالا در ترازهای زیرین جو، سبب شده ناپایداری‌های حاصله، همراه با بارش‌های شدید و سیلاب‌های فراگیر در مناطق مختلف شمال‌غرب کشور گردد.

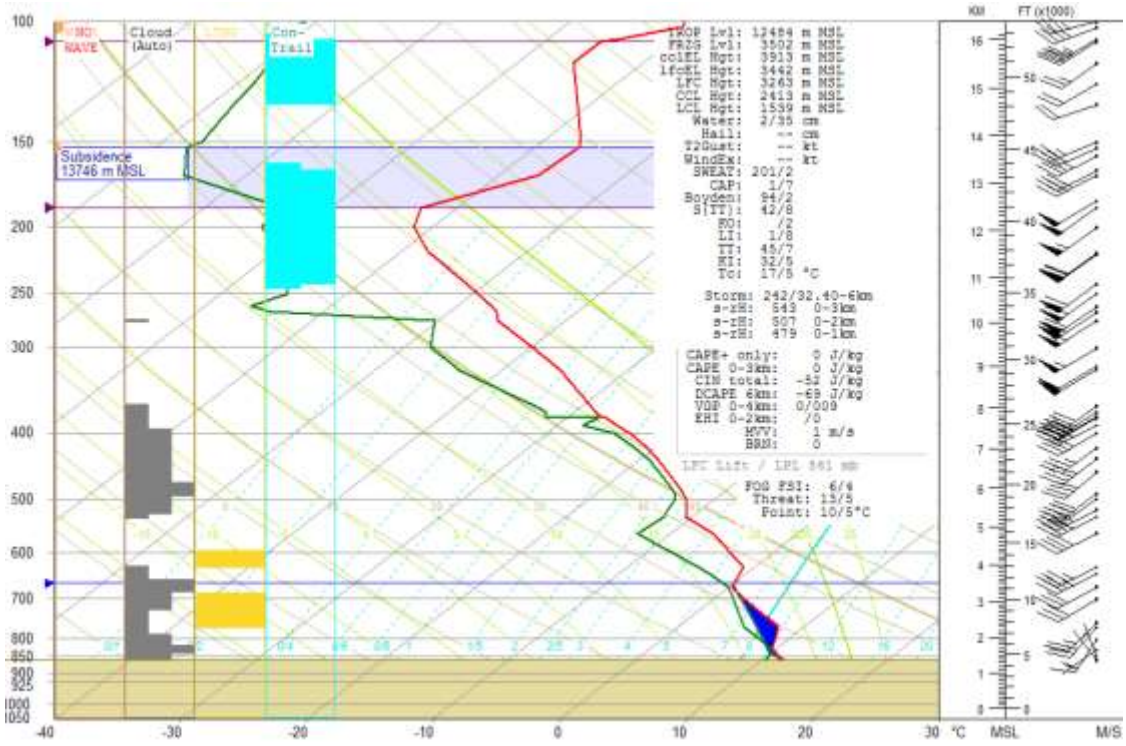


شکل ٦: ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در سطح ۵۰۰ میلی‌باری (الف)؛ ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد در سطح ۵۰۰ میلی‌باری، (ب)؛ ارتفاع ژئوپتانسیل و رودباد در سطح ۳۰۰ میلی‌باری، (پ) در روز ١٤ آوریل ۲۰۱۷ ساعت ۱۲z

Figure 6: Geopotential height and omega at level of 500 Hpa (a); geopotential height and Jetstream at level of 500 Hpa (b); geopotential heights and Jetstream at level of 300 Hpa (p) on April 14, 2017 at 12z

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل (۷) نمودار اسکیوتی تبریز را در روز ۱٤ آوریل (۲۰۱۷) ساعت ۱۲ z نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود پارامتر دما و دمای نقطه شبنم از سطح ۸۵۰ میلی‌باری تا حدود سطح ٦۷۰ میلی‌باری (نم ویژه ٦ تا ۹ گرم بر کیلوگرم) بسیار به هم نزدیک بوده و این بدین منظور است که جو در این محدوده علاوه بر رطوبت بالا، شرایط چگالش مناسبی را فراهم آورده است. همچنین از سطح ۵۰۰ میلی‌باری تا ٤۰۰ میلی‌باری (نم ویژه ۱/۵ تا ۲ گرم بر کیلوگرم) دو پارامتر دما و دمای نقطه شبنم مماس بر هم شده که شرایط رطوبتی مناسب را در این ترازها فراهم آورده است. سطح یخبندان در حدود سطح ٦۷۰ میلی‌باری (۳۵۰۰ متری از سطح زمین) واقع شده است، در این روز مقدار شاخص K ۳۲/۵ درجه سانتی گراد که نشاندهنده رطوبت بالا و آب قابل بارش ۲۳/۵ میلی‌متر، سبب شده تا سطح تراکم هوای بالارونده که نشان‌دهنده تشکیل ابر است در ارتفاع ۱۵۳۹ متری و ابرهای کومولونیمبوس در دو سطح فشاری ۸۵۰ تا ٦۳۰ میلی‌باری و ۵۳۰ میلی‌باری تا ۳٦۰ میلی‌باری تشکیل شود. همچنین آذرخش حاصله از این ابرها در سطح ۸۰۰ تا ٦۰۰ میلی‌باری رخ داده است. در مقابل شرایط رطوبتی، شرایط دینامیکی از جمله چینش عمودی شدید باد از لایه‌های زیرین جو تا سطح ۲۵۰ میلی‌باری کاملا مشهود است. همین چینش قائم باد، یکی از عوامل اصلی صعود شدید هوا در این روز بر روی منطقه در کل لایه ورد سپهر بوده است. تمامی شرایط دینامیکی و ترمودینامیکی فوق‌الذکر سبب شده است تا شرایط مناسب جهت رخداد بارش‌های سنگین سیلاب ساز فراهم شود.



شکل ۷: نمودار اسکیوتی تبریز در روز ۱٤ آوریل ۲۰۱۷ ساعت ۱۲ z

Figure 7: Tabriz Skew T graph on April 14, 2017 at 12 z

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتیجه‌گیری

بارش‌های سیلاب‌ساز، یکی از پرمخاطره آمیزترین پدیده‌های جوی منطقه شمال‌غرب کشور است؛ این سیلاب‌های مخرب، همه ساله خسارات فراوانی را در این منطقه از کشور از خود به جای می‌گذارد. بدین منظور در این پژوهش، عوامل جوی اصلی مسبب سیلاب مخرب ١٤ آوریل (٢٠١٧) شناسایی گردیده که نتایج آن در چند بند زیر خلاصه می‌شود:

- وجود گرادیان نسبتا شدید در منطقه شمال‌غرب کشور به دلیل گسترش زبانه‌های واچرخندی در بیش‌تر مناطق شمال‌غرب و در مقابل گسترش زبانه چرخندی در نیمه شرقی و شمالی منطقه شمال‌غرب کشور.

- میزان رطوبت بالا در منطقه؛ به طوری که در سطح ۱۰۰۰ میلی‌باری ۱۲ تا ١٦ گرم بر کیلوگرم و در سطح ۸۵۰ میلی باری ۹ تا ۱۱ گرم بر کیلوگرم تجربه شده است. این مقدار رطوبت در ماه آوریل برای منطقه شمال‌غرب کشور، بسیار بالا بوده به طوری که در تمام پهنه کشور، بیش‌ترین مقدار را کسب کرده است.

- تمام منطقه شمال‌غرب کشور از سطح ۸۵۰ میلی‌باری تا سطح ۳۰۰ میلی‌باری در جلوی ناوه‌های غربی قرار گرفته است، مقدار امگای منفی نسبتا زیاد از سطح ۵۰۰ میلی‌باری به بالا، نشان‌دهنده صعود شدید هوا در این منطقه است.

- از سطح ۸۵۰ میلی‌باری تا سطح ۳۰۰ میلی‌باری سرعت باد بر روی منطقه شمال‌غرب کشور به طور محسوسی در حال افزایش بوده است. این افزایش شدید سرعت باد به ویژه از تراز زیرین جو، نشاندهنده چینش عمودی شدید باد افقی است که ناپایداری‌های شدیدی را در تمام وردسپهر در پهنه شمال‌غرب کشور سبب شده است.

- قرارگیری رودباد با جهتی جنوب غربی-شمال‌شرقی (بهترین موقعیت برای صعود شدید هوای زیرین) از شمال شرق آفریقا تا دریای خزر و وجود رطوبت بسیار بالا در لایه زیرین جو بر روی منطقه شمال‌غرب کشور، سبب شده هر دو عامل هوای مرطوب و صعود شدید را برای رخداد بارش‌های سنگین سیلاب‌ساز در منطقه شمال‌غرب کشور فراهم آید.

- تمامی شرایط مناسب فوق‌الذکر، سبب تشکیل ابرهای کومولونیمبوس با کف ارتفاعی ۱۵۰۰ متر و سقف ارتفاعی حدود ۸۰۰۰ متر و با آب قابل بارش ۲۳/۵ میلی‌متر در روز ١٤ آوریل (٢٠١٧) در ساعت z١٢ در ایستگاه هواشناسی تبریز شده است.

- اثر چینش قائم بالاسو (در مناطق برون‌حاره‌ای که تحت تاثیر ناوه‌های عمیق غربی، چرخندهای قوی، جت جنب‌حاره‌ای و قطبی و غیره ایجاد می‌گردد)، در صورت وجود رطوبت کافی (که هر دو شرایط در منطقه شمال غرب کشور وجود داشته است) به عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد و تشدید ناپایداری در یافته‌های محققانی از قبیل (Kumar, 2010; Sano and Tsuboki, 2006: 613; Bunkers, 2002: 854; Pastushkov,1975: 281) به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در تشکیل ابرهای تندری ابرسلولی و همچنین در رخداد بارش‌های سنگین توسط (Chen et al., 2006: 3190; Wingo and Cecil, 2009: 645) مورد تایید قرار گرفته است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Ahrens, D. C., (2009), "***Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment***", 9th Ed, Published By Cengage Learning: London.
- Ardakani, H., Moradi, M., Ghaemi, H., (2005), "Estimation of precipitation by vertical velocity and Precipitated water", ***Geographic Quarterly***, 78: 50-65. [In Persian].
- Azizi, Gh., Nabavi, S. O., Abbasi, I., (2010), "Synoptic analysis of distribution of spatial and temporal extreme rainfall in Razavi and Northern Khorasan provinces", ***Journal of Geographic Survey***, 5 (12): 95-115. [In Persian].
- Azizi, Gh., Samadi, Z., (2007), "Synoptic pattern analysis of the flood October 28, 2003 Gilan and Mazandaran provinces", ***Geographical Research***, 60: 74-61. [In Persian].
- Barry, R. G., Chorley, R. J., (2010), "***Atmosphere, weather and climate***", Rutledge, London and New York.
- Bridgman, H. A., (2005), "Australia and New Zealand, climate of", In: Oliver, J. E., (ed), Encyclopedia of World Climatology, Springer: Berlin, pp 137-154.
- Bunkers, M. J., (2002), "Vertical wind shear associated with left-moving supercells" ***Weather and forecasting***, 17 (4): 845-855.
- Chen, S. S., Knaff, J. A., Marks Jr, F. D., (2006), "Effects of vertical wind shear and storm motion on tropical cyclone rainfall asymmetries deduced from TRMM", ***Monthly Weather Review***, 134 (11): 3190-3208.
- Doswell, C. A., Brooks, H. A., Maddox, R. A., (1996), "Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology", ***Weather. Forecasting***, 11: 560-581.
- Ghavidel Rahimi, Y., (2011), "Mapping and analyzing the convergence of the humidity flow of the atmospheric during extra heavy rainfall during caused by the hurricane storm of the fet in the Chabahar shores", ***Journal of Spatial Planning and Design (Human Sciences modares)*** 15 (12): 118 101. [In Persian].
- Hejazizadeh, Z., Roordeh, H., (2003), "Determination of moisture resources in the precipitation of the South coast of the Caspian sea", ***Geography Quarterly***, 1: 91-106. [In Persian].
- Khoshhal dastjerdi, J., Ali Zadeh, T., (2010), "Investigation of the synoptic and thermodynamic rain causes flood in Khorasan Razavi province", ***Journal of Human Sciences modares***, 14 (4): 87-109. [In Persian].
- Khoshhal Dastjerdi, J., Khosravi, M., Nazari pour, M., (2009), "Identification of the origin and humidity route of extra heavy rainfall in Bushehr province", ***Journal of Geography and Development***, 16: 7-16. [In Persian].
- Kumar, P., (2010), "Hailstorm with very low vertical wind shear and tilt over Trivandrum", 25th conference on severe local storms, American Meteorological Society, University of Nebraska, pp 3-7.
- Laing, A., (2004), "Cases of heavy precipitation and flash floods in the Caribbean during El Nino winters", ***Journal of hydrometeorology***, 5: 577-594.
- Lashkari, H., Asgharpour, M., Matkan, A. A., (2008), "Synoptic analysis factors of causes of flooding precipitation in Golestan province", ***Journal of Human Sciences modares***, 12 (2): 181-211. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Lashkari, H., Khazaei, M., (1393), "Synoptic analysis of heavy rainfall in Sistan & Baluchistan province", ***Geographical Data Quarterly (SEPEHR)***, 23 (90-91): 70-79. [In Persian].
- Modori, M., Khazaei, M., Modiri, E., (1393), "Synoptic analysis of the summer severe rainfall on Astara", ***Geography Quarterly (Regional Planning)***, 4 (2): 7-21. [In Persian].
- Mofidi, A., Zarrin, A., Janbaz Ghobadi, Gh., (2007), "Determination of synoptic patterns of severe and extreme precipitation in autumn on the South coast of the Caspian sea", ***Journal of Earth and Space Physics***, 33 (3): 131-154. [In Persian].
- Mohammadi, B., Masoodian, S. A., (2010), "Synoptic analysis of heavy rainfall of Iran, case study: November 1994", ***Geography and Development Quarterly***, 8 (19): 47-70. [In Persian].
- Moradi, H. R., (2005), "Prediction of floods based on the situations of systems in the northeast of Iran", ***Geographic Quarterly***, 75: 54-70. [In Persian].
- Nicholls, N., (2001), "Atmospheric and climatic hazards: improved monitoring and prediction for disaster mitigation", ***Natural Hazards***, 23 (2-3): 137-155.
- Pastushkov, R. S., (1975),"The effects of vertical wind shear on the evolution of convective clouds", ***Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society***, 101 (428): 281-291.
- Saligheh, M., (2006), "Rainfall mechanisms in the South East of Iran", ***Geographical Research***, 55: 1-13. [In Persian].
- Sano, T., Tsuboki, K., (2006), "Structure and evolution of a cumulonimbus cloud developed over a mountain slope with the arrival of sea breeze in summer", ***Journal of the Meteorological Society of Japan***", 84 (4): 613-640.
- Seibert, P., Frank, A., Formayer, H., (2007), "Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria", ***Theoretical and applied climatology***, 87 (1): 139-153.
- Shutts, G. J., Palmer, T. N., (2007), "Convective forcing fluctuations in a cloud-resolving model: Relevance to the stochastic parameterization problem", ***Journal of climate***, 20 (2): 187-202.
- Terry, J. P., (2007), "***Tropical cyclones: climatology and impacts in the South Pacific***" Springer Science & Business Media, Suva, Fiji Islands.
- Valero, F., Luna, M. Y., Martin, M. L., (1997), "An overview of a heavy rain event in southeastern Iberia: the role of large-scale meteorological conditions", ***Gephysicae***, 15: 494-502.
- Wingo, M. T., Cecil, D. J., (2010), "Effects of vertical wind shear on tropical cyclone precipitation", ***Monthly Weather Review***, 138 (3): 645-662.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]