

واکاوی سینوپتیکی و تصاویر رادار در سیل اسفند 97 استان مازندران

محمدعلی ملکی¹، رحیم یوسفی زاده²، احمد اسدی تلوکی³، مهدی پاشائیان⁴

¹ کارشناس ارشد ریاضی کاربردی، رئیس گروه تحقیقات هواشناسی اداره کل هواشناسی مازندران، m_ali_malaki@yahoo.com
³ کارشناس ارشد اقلیم شناسی، کارشناس گروه تحقیقات هواشناسی اداره کل هواشناسی مازندران، yousefizadeh55@gmail.com
² کارشناس ارشد هواشناسی، معاون توسعه و پیش بینی اداره کل هواشناسی مازندران، asadi_a2004@yahoo.com
⁴ کارشناس ارشد هواشناسی، رئیس اداره رادار هواشناسی اداره کل هواشناسی مازندران، pashaeian_m@yahoo.com

چکیده

رخداد بارش سنگین و سیل مازندران در روزهای ۲۷ لغایت ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ از کم سابقه ترین بارش های این منطقه بوده که موجب ایجاد سیلاب های کم سابقه و وسیع به ویژه در نواحی شرقی استان شده است. در این پژوهش پارامترهای جوی و الگوهای سینوپتیکی و تصاویر رادار خزر شرقی روزهای ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ مورد بررسی و تحلیل دقیق قرار گرفت. بررسی ها نشان داد با استقرار سامانه کم فشار قوی بر روی دریای خزر و حرکت شرق سوی آن بارندگی ها در ۲۸ اسفند ۹۷ در منطقه وسیعی به اوج خود رسید و بتدریج از ۲۹ اسفند سامانه بارشی تضعیف شده و از استان خارج شد. همچنین بررسی محصولات تصاویر رادار به ویژه محصول PAC (بارش تجمعی ۴۸ ساعته)، بارش شدید در مناطق شرقی مازندران و استان گلستان را تأیید نموده که موجب خسارات فراوان مالی و تعدادی کشته شد.

واژه های کلیدی: سیل، رادار هواشناسی، PAC، نقشه ها (الگوها)ی سینوپتیک، استان مازندران.

Survey of Synoptic and radar images in the flood of esfand 97 in Mazandaran province

Mohammad ali maleki¹, Rahim yousefizadeh², Ahmad asdai talouki³, Mehdi pashaeian⁴

¹ Master of Applied Mathematics, Head of Meteorological Research Department of Mazandaran Meteorological Office, m_ali_malaki@yahoo.com

² Master of Climatology, Expert of Meteorological Research Department of Mazandaran Meteorological Office, yousefizadeh55@gmail.com

³ Master of Meteorology, Deputy Director of Development and Forecasting of Mazandaran Meteorological Office, asadi_a2004@yahoo.com

⁴ Master of Meteorology, Head of Meteorological Radar Department of Mazandaran Meteorological Office, pashaeian_m@yahoo.com

Abstract

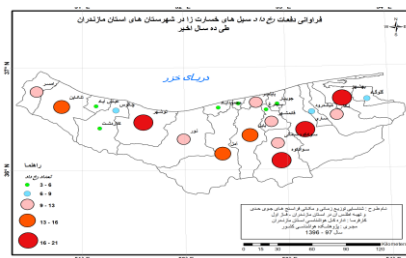
Heavy rainfall and floods in Mazandaran during the period 27-28 esfand 1397 are one of the most unprecedented rainfall in the region which has caused extensive and unprecedented floods especially in the eastern parts of the province. In this study, atmospheric parameters and synoptic patterns and radar images of the Caspian Sea were investigated and analyzed. Surveys showed that with the establishment of a low pressure system on the Caspian Sea and the eastward movement of the rainfalls peaked in a wide area on March 28 and gradually weakened the precipitation system on March 29 and exited the province. Investigations of radar images, especially PAC (48-hour cumulative precipitation), confirmed heavy rainfall in the eastern areas of Mazandaran and Golestan province, causing considerable financial losses and a number of deaths.

Keywords: flood, Weather Radar, Synoptic maps, Mazandaran Province

1 مقدمه

سیل یکی از زیانبارترین بلایای طبیعی است که متأسفانه همیشه با خسارتهای اقتصادی و در برخی موارد با تلفات انسانی همراه می باشد. طبق آمار سازمان های تخصصی سازمان ملل متحد در یک دهه در 130 مورد رخداد سیلاب های بزرگ بیش از 64103 نفر تلفات انسانی و 9/06 میلیارد دلار خسارت اقتصادی محسوس به همراه داشته است (رضوانی، 1377) [1]. نوسان های رژیم بارش در ایران، شرایط اقلیمی از جمله بارش های کوتاه مدت و رگباری، سالیانه سیلاب های مخربی را بر جای گذاشته است. سیل هر ساله در گوشه و کنار کشور جان تعدادی از انسان ها را می گیرد و هزاران متر مکعب آب شیرین و هزاران تن خاک ارزشمند را از دسترس خارج ساخته و خرابی های فراوانی بر جای می گذارد. همچنین طبق آمار بین المللی، تلفات انسانی آن در سال 2001 در دنیا مرتبه اول را داشته است. با توجه به این موضوع شناخت الگوهای سینوپتیکی منجر به بارش های سیل زا از مهمترین عواملی است که می تواند راهبردهای مناسب را در اختیار برنامه ریزان و مسئولان قرار دهد. در سال های اخیر مطالعات زیادی در ارتباط با بارش های سنگین و سیل آسا در کشورهای مختلف از جمله به وسیله اقلیم شناسان و هواشناسان به روش سینوپتیکی و با استفاده از نقشه های سطوح مختلف جو، صورت گرفته است [2].

مطابق بررسی های این پژوهش، در بازه زمانی سال های 1388 تا 1397، 329، 1397 مورد سیل در استان مازندران رخ داده است که از این تعداد، 44562 واحد مسکونی، 110924 هکتار از اراضی کشاورزی، تعداد 12515268 واحد تأسیسات زیر بنایی و 200370 رأس دام و تأسیسات دامی از جمله خساراتی است که به بخش های مختلف استان وارد نموده است و متأسفانه 38 نفر در سیل های یاد شده جان خود را از دست داده اند [3]. عوامل مؤثر بر قدرت تخریب سیل به دو دسته عوامل اقلیمی و حوضه ای تقسیم می شود [4] که هر یک به سهم خود تأثیر بسزایی در تشکیل سیلاب دارند. بارش کم سابقه و سنگین با وسعت زیاد که خارج از توان و ظرفیت حجم و خصوصیات حوضه بوده از یکسو و تغییرات کاربری در نواحی بالادست و پائین دست، تصرف حریم رودخانه ها و ایجاد پل های نامناسب باعث طغیان رودخانه های منطقه و در نتیجه سیل شده است. وقوع سه سیلاب ویرانگر در 18 سال اخیر در آبان ماه سال های 73، 82 و 91 در شهرستان های نوشهر و چالوس، همچنین مهر 94، تیر 96، مهر 97 در غرب مازندران خسارت های جبران ناپذیری در بخش های مختلف زیربنایی، تأسیسات، راه و مخابرات و بویژه واحدهای مسکونی و تجاری وارد کرده است. بررسی فراوانی دفعات رخداد سیل های خسارت زا در شهرستان های استان مازندران طی ده سال اخیر (97-1389) نشان می دهد در اکثر شهرستان های استان طی دوره مذکور سیل رخ داده که بیشترین فراوانی آن در نواحی مرکزی و شرقی استان بوده است (شکل 1).



شکل 1- فراوانی رخداد سیل (97-1388) در استان مازندران. (مأخذ: آمار: اداره کل مدیریت بحران مازندران)

2 روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

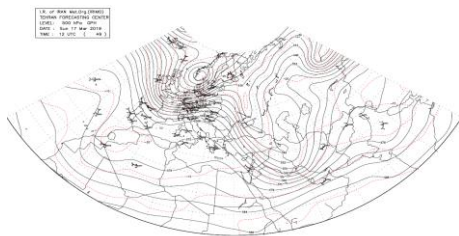
در این پژوهش از 9 ایستگاه سینوپتیکی (بابلسر، قراخیل، ساری، دشت ناز، بندرامیرآباد، گلوگاه، آلاشت پل سفید و کیاسر)، 5 ایستگاه بارانسنجی (تلوک قائمشهر، سوخته سرا، بازیار خیل، تاکام و زارم رود) استفاده شد. محدوده بررسی پژوهش مطابق شکل 2، از نیمه استان به سمت شرق بوده که سیلاب ها در آن واقع شده است.



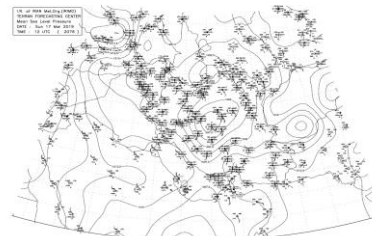
شکل 2. محدوده بارش و سیلاب 27 و 28 اسفند 97 در استان مازندران

الف) بررسی سینوپتیکی: جهت روشن شدن علل سینوپتیکی این رخداد و نیز به لحاظ اختصار، در اینجا صرفاً الگوهای جوی و رفتار آنها را از تاریخ 26 مارس 2019 (روز قبل از سیل) مورد بررسی و توضیح قرار گرفته است. الگوهای سینوپتیکی حاکم بر مازندران با توجه به نحوه آرایش سیستم‌های فشاری در روزهای 26، 25، 27 اسفند 1397 (16، 17 و 18 مارس 2019) به شرح ذیل می‌باشد:

1- الگوهای سینوپتیکی روز یکشنبه 26 اسفند 97 (17 مارس 2019) ساعت 12z (قبل از وقوع بارش) بیانگر استقرار سامانه کم فشار قوی با فشار مرکزی 1000 میلی بار، شکل‌گیری جریانات جنوبی و در نتیجه افزایش محسوس دما بود، از یکشنبه شب با حرکت مرکز سامانه کم فشار به سمت شرق خزر و به دنبال آن نفوذ سامانه پرفشار بر روی سواحل جنوبی دریای خزر و با توجه به موقعیت مکانی سامانه‌های فشاری فوق و نوع چرخش آن‌ها، شاهد شکل‌گیری جریانات مرطوب شمالی و شروع بارندگی در استان بودیم. (شکل 3 و 4)

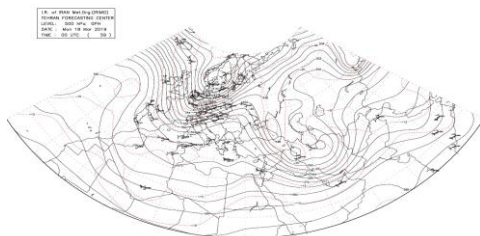


شکل 4. نقشه تراز 500 میلی باری ساعت 12z یکشنبه 17 مارس 2019

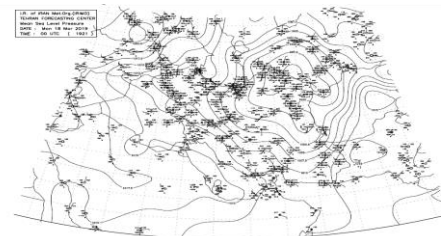


شکل 3. نقشه سطح زمین ساعت 12z یکشنبه 17 مارس 2019

2- الگوی سینوپتیکی روز دوشنبه 27 اسفند 97، 18 مارس 2019 (زمان فعالیت سامانه بارش زا): از بامداد دوشنبه 27 اسفند با تقویت سامانه پرفشار با گرادیان فشاری مناسب و در نتیجه ایجاد وزش باد شمالی تا شمال غربی با سرعت بیش از 60 کیلومتر بر ساعت و بصورت مداوم روی دریا سبب انتقال رطوبت بسیار زیاد از روی دریای خزر به سمت نیمه شرقی مازندران و استان گلستان گردید (شکل 5 و 6).



شکل 6. نقشه تراز 500 میلی باری ساعت 00z دوشنبه 18 مارس 2019

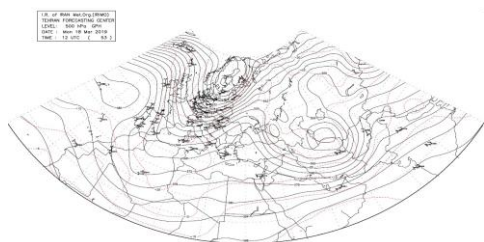


شکل 5. نقشه سطح زمین ساعت 00z دوشنبه 18 مارس 2019

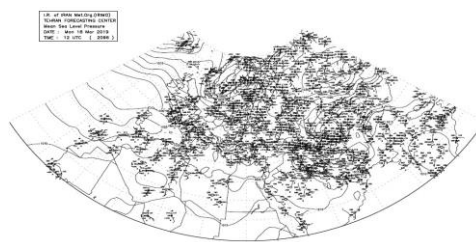
در نقشه تراز 500 میلی باری دو موج شمالی و جنوبی، موج شمالی در شرق دریای سیاه با کنتور مرکزی 5400 ژئوپتانسیل متر و خط همدمای 25- درجه و موج جنوبی واقع در جنوب غرب کشور با کنتور مرکزی 5520 ژئوپتانسیل متر و خط همدمای 20- درجه مشاهده می‌شود (شکل 6).

با گذشت زمان موج جنوبی با حرکت شمال شرق سو به سمت شمال شرق کشور جابجا شده و در آن مکان، ناوه بسته (Cut Off Low) شکل گرفت. موج شمالی نیز هم با گذشت زمان به صورت ناوه بسته در آمد و حرکت آن به سمت غرب کند شد و در نتیجه دو موج بسته یکی در شرق دریای خزر و دیگری در غرب دریای خزر استقرار پیدا کرد. بسته

شدن ناوه مستقر در شرق خزر سبب شد تا اولاً جریانات مرطوب صعودی تقویت شده و ثانیاً این صعود هوای مرطوب تداوم داشته باشد و در نتیجه بارندگی به تناوب تا 29 اسفند ادامه پیدا کند (شکل 7 و 8).

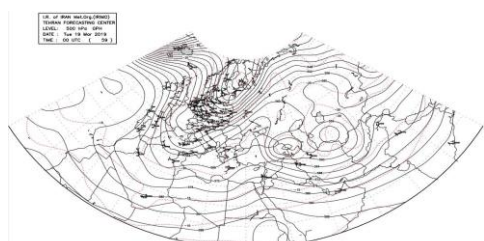


شکل 8. نقشه تراز 500 میلی باری ساعت 12Z دوشنبه 18 مارس 2019

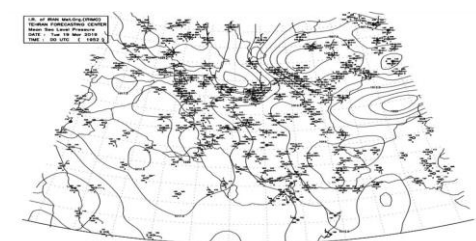


شکل 7. نقشه سطح زمین ساعت 12Z دوشنبه 18 مارس 2019

3- الگوی سینوپتیکی روز دوشنبه 28 اسفند 98 (19 مارس 2019) :
با تداوم استقرار زبانه پرفشار (با فشار حدود 1022 تا 1025 میلی بار)، بارش در روزهای 28 و 29 اسفند کم و بیش ادامه داشت. (شکل 9 و 10)



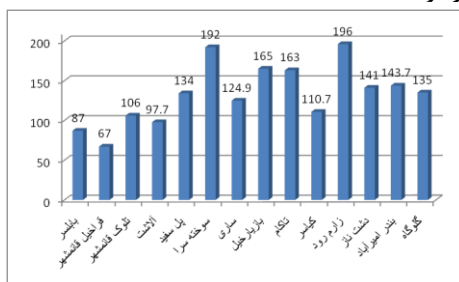
شکل 10. نقشه تراز 500 میلی باری ساعت 00Z دوشنبه 18 مارس 2019



شکل 9. نقشه سطح زمین ساعت 00Z سه شنبه 19 مارس 2019

ب) بررسی آماری :

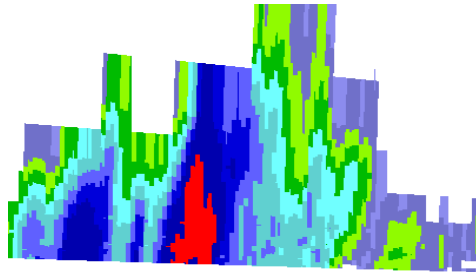
طی روزهای 25 تا 27، دمای حداقل افزایش نسبی و دمای حداکثر کاهش 8 تا 10 درجه سانتیگراد داشته است و حداقل رطوبت طی روزهای 25 تا 27 افزایش چشمگیر داشته است. حداکثر سرعت باد در روز 26 (ورود سامانه) افزایش یافته، بطوریکه بیشترین سرعت باد در دشت ناز (25 متر بر ثانیه)، بندر امیرآباد (18 متر بر ثانیه) و گلوگاه (17 متر بر ثانیه) بوده است و حداکثر سرعت باد در روز 27 اسفند، کاهش یافته است. بیشترین میزان مجموع بارندگی روزهای 26 و 27 اسفند ماه 1397 مربوط به زارم رود (196 میلی متر)، سوخته سرا (192 میلی متر)، بازارخیل (165 میلی متر) بوده است (شکل 11). بارش های این سامانه، در مناطق کوهستانی با برف همراه بوده که بیشترین ارتفاع برف در کیاسر (82 سانتی متر) و آلاشت (77 سانتی متر) بوده است.



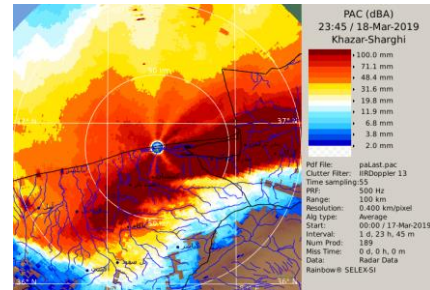
شکل 11. مجموع بارندگی از ابتدا تا پایان سامانه (26 و 27 اسفند 97)

پایش تصاویر رادار نشان میدهد که بارندگی از ساعت 20:00 محلی روز یکشنبه آغاز شده، و به تدریج بر شدت آن

افزوده شده است. شکل 12، پرتوهای بازتابیده از هسته بارش را نشان میدهد و نقاط قرمز رنگ هسته‌های بارش را مشخص می‌نمایند و محورهای عمودی و افقی جمع فاکتورهای بازتابش در ارتفاعات مختلف را نشان میدهد [4 و 5]. شکل 13، برشی عمودی از هسته بارش را در منطقه بهشهر نشان میدهد. تصاویر رادار (PAC) مربوط به بارش تجمعی 48 ساعته سامانه بارشی می باشد [6 و 7]، این تصویر مربوط به 23:45 UTC (03:15 بامداد محلی)، می باشد، نشان‌دهنده بارش شدید در مناطق شرقی مازندران و استان گلستان می باشد که در شهرستان ساری و بهشهر و برخی از شهرهای گلستان خسارات فراوان جانی و مالی به جای گذاشت.



شکل 13. برش عمودی از هسته بارش در منطقه بهشهر دوشنبه 18 مارس 2018



شکل 12. محصول PAC رادار بندر امیرآباد (23:45UTC)

3 نتیجه‌گیری

بررسی نقشه‌های هواشناسی روز شنبه 25 اسفند 97 استقرار سامانه کم فشار قوی را روی دریای خزر نشان می‌دهد که طی روز یکشنبه 26 اسفند 97، موجب شکل‌گیری جریانات جنوبی و افزایش محسوس دما گردید بطوریکه دمای بیشینه شهرهای مرکزی و شرقی استان بین 22 تا 23 درجه سانتی‌گراد رسید. ضمن حرکت سامانه کم فشار به سمت شرق خزر و نفوذ پرفشار بر روی سواحل جنوبی دریای خزر چرخش سامانه، موجب شکل‌گیری جریانات مرطوب شمالی که پیامد آن وزش باد، افزایش رطوبت، بارندگی و کاهش دما شد، از بامداد دوشنبه 27 اسفند با تقویت سامانه پرفشار و ایجاد وزش باد مداوم شمالی تا شمال‌غربی با سرعت بیش از 60 کیلومتر بر ساعت، روی دریا سبب انتقال رطوبت بسیار زیاد از روی دریای خزر بسمت نیمه شرقی مازندران و استان گلستان شد که بعنوان قویترین و موثرترین عامل در ایجاد بارش‌های شدید با شدت بیش از 100 میلی‌متر طی 24 ساعت در نیمه شرقی مازندران و استان گلستان گردید. البته بررسی دمای حداکثر، رطوبت حداقل و حداکثر، سرعت باد روزهای 26 و 27 اسفند 1397 نشان‌دهنده کاهش دمای حداکثر، افزایش حداقل رطوبت و کاهش سرعت باد در مناطق مرکزی و شرقی طی این دو روز می‌باشد. بیشینه مجموع بارش طی روزهای 26 و 27 اسفند 1397 در ایستگاههای زارم رود (196 میلی‌متر)، سوخته سرا (192 میلی‌متر)، بازیرخیل (165 میلی‌متر) گزارش شده است، با عبور این سامانه از استان و تضعیف آن، بارندگی‌ها به تناوب تا 29 اسفند ادامه پیدا کرد. نقشه‌های سینوپتیکی از روزهای قبل، برای زمان وقوع سیل بررسی شد که بیانگر وقوع بارش شدید بود و محصولات رادار نیز منطقه فعالیت شدید سامانه بارشی را آشکار می‌کرد. پیش‌بینی میان مدت و کوتاه مدت با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی درکنار محصولات رادار خزر شرقی انجام گردید اما اطلاع از وضعیت حوضه‌های آبریز (هیدرولوژی) منطقه و تجهیز سامانه هشدار سیل می‌توانست به اتخاذ تصمیمات صحیح پیش از وقوع سیل و جلوگیری از خسارت‌های جبران‌ناپذیر در بخش‌های مختلف منجر شود.

پیشنهادات

- 1- طراحی، توسعه و عملیاتی نمودن سامانه هشدار سیل حوضه‌های آبریز منتهی به استان مازندران
- 2- برآورد میزان دبی آب در حوضه‌های آبریز استان با استفاده از GIS و محصول بارش تجمعی رادار

منابع

1. امیدوار کمال؛ مخاطرات طبیعی؛ دانشگاه یزد، 1390.
 2. خوشحال دستجردی، ج.؛ تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیکی و کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از صد میلیمتر در سواحل جنوبی دریای خزر؛ پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، چکیده، 1376.
 3. آمار 17 ساله (97-1382) خسارات بلایای طبیعی، اداره کل مدیریت بحران مازندران.
 4. مرادی، ح.؛ تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های ساحل جنوبی دریای خزر در شش ماه سرد سال. 1381؛ مدرس علوم انسانی، ش. 30.
5. R. E. Rinehart, "Radar for Meteorologists", Rinehart Publications, 5th edition, 2010.
6. R. J. Doviak and D. S. Zrnic, "Doppler Radar and Weather Observations", Academic Press, 2nd edition, 1993.
7. Atlas (1990) Radar in Meteorology, AMS (Battan Memorial Volume)