نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال چهاردهم | شماره پنجاه و ششم | زمستان ۱۴۰۲
وصول: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳
صص ۱۲۹-۱۰۷

شناسایی رابطه شدت- مدت بارش‌ها با دبی جریان در رودخانهٔ دز تحت تاثیر بارش‌های فوق سنگین (سیلاب سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹)

سارا بنی نعیمه[۱]، حسن لشکری*[۲]، جبرئیل قربانیان[۳]، جعفر مرشدی[۴]
۱- دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی، واحد اهواز، دانشگاه ازاد اسلامی، اهواز.
۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۳ و ٤- استادیار گروه اقلیم شناسی، واحد اهواز، دانشگاه ازاد اسلامی، اهواز.

چکیده

بارش مهمترین و موثرترین منبع آب یک حوضه ابریز می‌باشد که با توزیع نابرابر مکانی و زمانی در سطح حوضه تغییر می‌کند. در این پژوهش دو بارش سنگین که منجر به بروز سیلاب در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹ شد به منظور آگاهی و شناخت سازو کارهای موثر بر رخداد این بارش‌ها و شناسایی رابطه شدت مدت بارش با دبی جریان مورد بررسی واقع گردید. جهت تحلیل این روابط رویکرد محیطی به گردشی انتخاب شد. بعد از ترسیم نقشه های سطوح بالای جوی و تشخیص سامانه موثر در ایجاد بارش‌های فوق سنگین، دبی سیل ایجاد شده ناشی از سامانه های مذکور از داده های ثبت شده استخراج گردید. سامانه مؤثر در ایجاد بارش های فوق سنگین، سامانه کم فشار سودانی می باشد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که دبی اوج سیلاب‌ها با تاخیری ۱۲ تا ۲۴ ساعته از روز اوج بارش‌ها بوده است و روند افزایشی رواناب ارتباط بسیار تنگاتنگی با افزایش شدت و تداوم بارش ها دارد. مقادیر دبی بدلیل بارش‌های فوق سنگین با مجموع بارش‌های بیش از ۱۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر در برخی از ایستگاه‌ها بصورت تصاعدی هندسی در ایستگاه‌های هیدورومتری ثبت شده‌اند.

کلید واژه‌ها: **شدت- مدت، بارش فوق سنگین، رواناب سطحی.**

* نویسنده مسئول: 02129902638
Email: h-lashkari@sbu.ac.ir

مقدمه

بارش پدیده ی حاصل از اندرکنش‌های پیچیده‌ی جو است. در میان رویدادهای اقلیمی، با توجه به نقش حیاتی آن اهمیت ویژه‌ای دارد؛ و نسبت به پدیده های اقلیمی دیگر از پیچیدگی رفتاری چشمگیرتری برخوردار است. اهمیت بررسی پدیده‌ی بارش زمانی آشکارتر است که یک مکان شاهد ریزش ناچیز یا قابل توجه و یا ناگهانی حجم زیادی از بارش باشد. ایران از جمله مناطقی است که شاهد رفتار ناهنجار و بی‌قاعده‌ی بارش است. بارش‌های ابر سنگین اغلب بر روی قلمروهای‌کوچک رخ می‌دهند با این حال ممکن است این رویدادها درون سامانه‌های بزرگ مقیاسی لانه‌کرده باشند و همچنین انرژی و رطوبتشان را از مناطق دور دست دریافت کنند. بیشتر محققان توجه خود را یا به شناسایی شرایط همدید به وجود آورنده‌ی این رویدادها معطوف داشته اند، یا پیامدهای این رویدادهای فرین را مطالعه کرده اند. وقوع بارش‌هایی با شدت زیاد، به‌طوری که میزان آن از ظرفیت نفوذ خاک بیش‌تر باشد، موجب ایجاد رواناب و بروز سیل می‌شود. حال اگر این بارش‌های رگباری و شدید در نواحی شهری اتفاق بیفتد، با خطرهای بیش‌تری همراه است، زیرا نفوذپذیری در مناطق شهری کم‌تر از نواحی خارج از شهر است و مقدار در خور توجهی از چنین بارش‌هایی در نواحی شهری به رواناب و سیل تبدیل شده، موجب خسارت دیدن اماکن و ابنیه و تاسیسات شهری می‌شود.

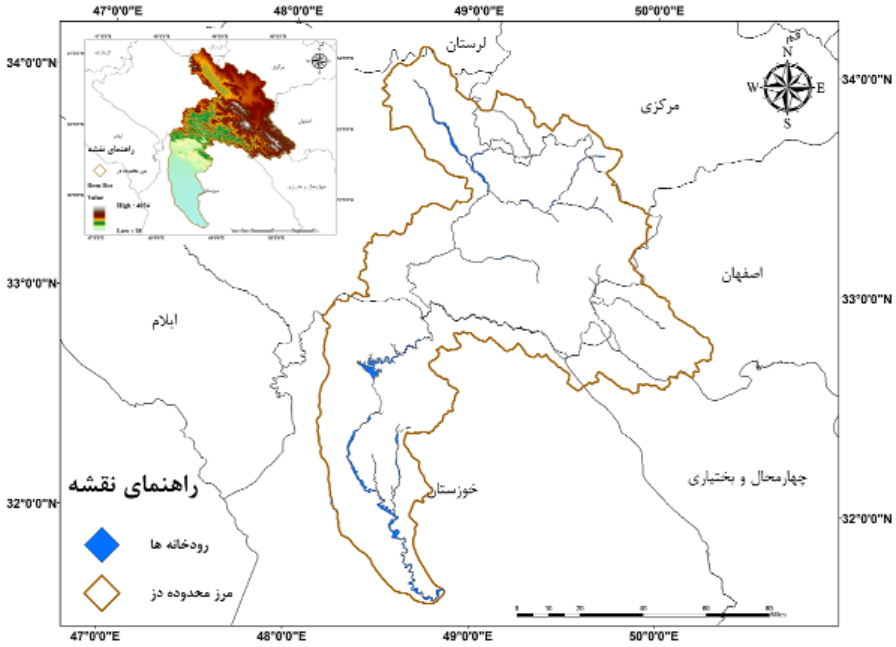
در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بارش‌های سنگین، سیل‌آسا و پتانسیل سیل‌خیزی به روش همدید و با کمک نقشه‌های سطوح مختلف جو در سطح جهان و ایران انجام شده است.

بررسی نقشه های همدیدی در زمان های متفاوت نشان می‌دهد که وقوع بارش های سنگین عموما تحت تاثیر کنش های چرخندی از جمله جبهه زایی، ناهنجاری های شدید در تراز میانی جو، تقویت جت های جنب قطبی و حاره ای و برخی موارد دیگر مرتبط با این پدیده است. از این رو بررسی دینامیکی این پدیده ها برای شناخت ساختار و امکان پیش بینی آنها حائز اهمیت ویژه است احمدی گیوی(۱۳۸٦). رودیر و همکاران (۲۰۰۵) به تعیین الگوهای همدیدی بارش های سنگین در ایتالیا پرداخته و اذعان داشتند که شرایط توپوگرافی محلی در رخداد این بارش ها نقش مهمی را ایفا می کنند. همچنین می‌توان به پژوهش لشکری (۱۳۸۱) اشاره کرد. ایشان با بررسی‌های انجام شده بر روی ۲۰۰ سامانه بارشی در یک دوره آماری ۲۰ ساله نشان داد که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوهای سینوپتیکی از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و باعث بارندگی می‌شوند. به‌طوری‌که در دو مسیر به‌صورت ادغامی با چرخندهای مدیترانه‌ای و در سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد کشور می‌شوند. در پژوهشی دیگر لشکری (۱۳۸۲) به بررسی کم فشار سودانی و نقش آن در بارش‌های جنوب و جنوب‌غرب ایران پرداخته است. وی سامانه کم فشار سودانی را به‌عنوان یکی از عناصر سازنده گردش عمومی جو در شمال آفریقا معرفی می‌کند که در بیش‌تر ایام سال بر روی غرب اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود و چهار الگوی کلی ناشی از نحوه آرایش سامانه‌های سیبری، واچرخند شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان و ناوه شمال آفریقا و کم فشار سودان در سطح‌های زیرین و میانی جو، منجر به رخداد بارش‌های سنگین در جنوب و جنوب غرب ایران می‌شوند. تحلیل علت بارش های شدید منجر به سیل مورد بررسی خیلی از مطالعات و تحقیقات حوزه هوا و اقلیم بوده است. کامسوی و سلیک (۲۰۱۳) با تحلیل سیل روزهای ۷تا۱۰ سپتامبر ۲۰۰۹ در ترکیه مشخص کردند که اصلی ترین علت جوی وقوع سیل، فراوانی هوای سرد در جو بالا و وجود یک ناوه عمیق است. رضایی و همکاران (۱۳۹٦) به واکاوی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر بر رخداد بارش های مداوم و سنگین تبریز طی دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۳ پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که استقرار سردچال و سه الگوی اصلی فشار در رخداد این پدید مؤثر بوده است. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۹) به واکاوی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر بر رخداد بارش های مداوم و سنگین تبریز طی دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۳ پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که استقرار سردچال و سه الگوی اصلی فشار در رخداد این پدید مؤثر بوده است. منطقه مورد مطالعه ایستگاههای سینوپتیک و باران سنجی واقع در زیرحوضه دز می‌باشد رژیم بارشی زمستانه و خشک فصل گرم سال باعث شده است که منطقه دارای آب و هوایی سیلابی باشد. بدین معنی حجم بالای بارش‌های سالانه طی یک یا دو توفان در منطقه رخ دهد و همین امر موجب شکل‌گیری سیلاب‌های بزرگ گردد. تحقیقات ذکرشده صرفاً واکاوی و تحلیل همدید بر روی سازوکار، تقویت، تضعیف دینامیکی و چگونگی گردش عمومی جو منطقه تحت تأثیر

این سامانهٔ مؤثر در دورهٔ سرد سال بر روی کشور ایران است. این تحقیق بدنبال شناسایی الگوهای همدیدی و ساختار دینامیکی و ترمودینامیکی سامانه‌هایی است که بر روی حوزه منجر به بارش‌های فوق سنگین می‌کردد. شناسایی الگوهای همدید پدید آورنده بارش‌های شدید موجد سیلاب نه تنها ساز و کار پیدایش آن‌ها را آشکار می‌سازد بلکه برای پیش‌بینی و آمادگی رویارو شدن با آن‌ها نیز سودمند است. با شناسایی زمانی و مکانی اینگونه بارش‌ها و الگوهای همدید ایجادکننده آن، می‌توان با برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های دقیق خسارات احتمالی در بخش منابع آب را در آینده به حداقل رساند.

مواد و روش ها

روش مطالعه در این پژوهش روش آماری- تحلیلی است. تحقیق از نوع کاربردی است. این تحقیق با استفاده از روش‌های علمی متداول و کتابخانه‌ای و تحلیل آماری بر اساس داده‌های بارش در طول دوره آماری موجود در سایت سازمان هواشناسی کشور و محاسبات نرم افزار انجام می‌گردد. اخذ داده جوی فشار، امگا، نم ویژه و جریان برای ترازهای جوی اشاره شده طی یک دوره۳۳ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۷) از تارنمای(NCEP/NCAR) استفاده گردید که اطلاعات بارش این پایگاه در سلول‌های ۲/۵در۲/۵ درجه می باشد و فرمت این داده ها به صورت پیش فرض NetCDF است. تعیین سنگین‌ترین بارش‌های رخداده در حوضه رودخانه دز با روش شاخص پایه صدک ۹۸ درصد و سپس تعیین بادوام‌ترین امواج بارشی (امواج شاخص) در هر سال و با در نظرگرفتن دوام روزهای بارشی طی دوره آماری ۳۳ساله (۱۹۹۰- ۲۰۱۷) و ترسیم نقشه‌های هوا با استفاده نرم افزارهای GRADS و SURFER و انجام روش تحلیل عاملی و خوشه‌ای و تحلیل چشمی برای شناسایی الگوهای جوی رخداد بارش‌های سنگین و طولانی مدت و تحلیل همدیدی الگوهای جوی بارش‌های ابر سنگین و بادوام و بررسی و تحلیل سیر تاریخی بارش‌های ابر سنگین و طولانی مدت و بررسی و تحلیل میزان همبستگی یا رابطه شدت بارش‌ها و شدت رواناب سطحی و انتخاب عاملی‌که بیشترین شدت بارندگی را بیان می‌کند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه دز را نشان می‌دهد. در جدول شماره (۱) مشخصات ایستگاه‌های همدید و هیدرومتری منتخب جهت بررسی وضعیت بارش و رواناب ذکر شده است. در این بین ایستگاه‌های تله زنگ، سد دز، حرمله و تنگ پنج بختیاری از نوع هیدرومتری وزارت نیرو و ایستگاه‌های سپید دشت، دزفول، حسینیه، الیگودرز، بروجرد و ملایر نیز از نوع همدید است.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دز

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و همدیدی مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع(m)	دوره آماری	سال تاسیس ایستگاه
		عرض/دقیقه/درجه	طول/دقیقه/درجه			
۱	تله زنگ	۳۲.٤۹	٤۸.٤٦	٤٤۰	٤۰	۱۳۳٤
۲	دزفول	۳۲.۲٤	٤۸.۲٤	۱۵۰	٤۰	۱۳۳٤
۳	حرمله	۳۱.۵۷	٤۸.۳۳	۳۸	۳۸	۱۳٤۲
٤	دز	۳۱.٤۱	٤۸.٤۱	۲۰	۳۸	۱۳٤۲
۵	تنگ پنج بختیاری	۳۲.۵٦	٤۸.٤٦	٦۰۰	٤۰	۱۳٤٦
٦	سپید دشت	۳۳.۲۱	٤۸.۸۸	۱۰۵۵	۸	۱۳۸۸
۷	حسینیه	۳۲.٦۷	٤۸.۲٤	۳۸۵	۱۵	۱۳۸٤
۸	الیگودرز	۳۳.۳۹	٤۹.٦۹	۱۹۷۲	۳۳	۱۳٦۵
۹	بروجرد	۳۳.۸۹	٤۸.۷۵	۱۵۷۲	۳۰	۱۳٦۸
۱۰	ملایر	۳٤.۲۹	٤۸.۸۲	۱۷٤۸	۲۷	۱۳۷۱
۱۱	کشور	۳۳.۰۸	٤۸.۳۸	۷۷۰	۵۰	۱۳٤۵

به‌منظور بررسی سیلاب‌های حوضه دز از دیدگاه اقلیم‌شناسی همدید دبی‌های روزانه ایستگاه تله‌زنگ به عنوان ورودی رودخانه دز در دوره آماری ۹۹-۱۳٤۳ با توزیع آماری گوسن نرمال سازی گردید و سپس سیلاب‌ها با بالاترین مقدار مثبت (Z) انتخاب شدند. لازم به ذکر است که دو سیلاب مورد مطالعه از بین ده‌ها سیل بوقوع پیوسته در دوره آماری انتخاب گردید و استانداردکردن داده‌ها از رابطه (۱) بر روی این ده‌ها سیل انجام شد تا از میان آنها دوسیل انتخاب گردیده است:

رابطه (۱):

$$SFI = \frac{X_{iF} - \bar{X}_F}{S_{DF}}$$

در این رابطه:

SFI: شاخص استاندارد سیلاب، X_{iF}:دبی روزانه، $\overline{X}_F$: متوسط دبی روزانه، S_D:انحراف معیار دبی روزانه است. در ادامه هیدروگراف‌های ساعتی سیلاب منتخب ترسیم و ضمن بررسی شرایط هیدرولوژی و اقلیمی بارش‌های منجر به سیلاب شرایط همدید هر سیلاب بررسی گردید. پس از انجام اقدامات و فعالیت‌های فوق از میان ده‌ها بارش و سیل مورد مطالعه دو مورد سیل با روزهای بارشی و مقادیر بارش آنها انتخاب گردید تا مورد تجزیه و تحلیل و تشریح قرار گیرند.

نتایج و بحث

یافته‌های این تحقیق در دو بخش جداگانه ارائه شده است. در بخش اول الگوهای همدیدی منجر به بارش‌های فوق سنگین انتخابی ارائه خواهد شد. در بخش دوم دبی سیل حاصل از این بارش‌های فوق سنگین تحلیل شده است. بر اساس آرایش مکانی و عملکرد سامانه‌ها در دو لایه زیرین و میانی وردسپهر الگوهای همدیدی منجر با شکل‌گیری این بارش‌های فوق سنگین شناسایی گردید. در تحلیل هیدروگراف سیل ضمن نمایش دبی سیل ناشی از این بارش در طول آبدهی رودخانه در سال آبی، هیدروگراف ساعتی سیل ناشی از این بارش نیز ترسیم و تحلیل شده است.

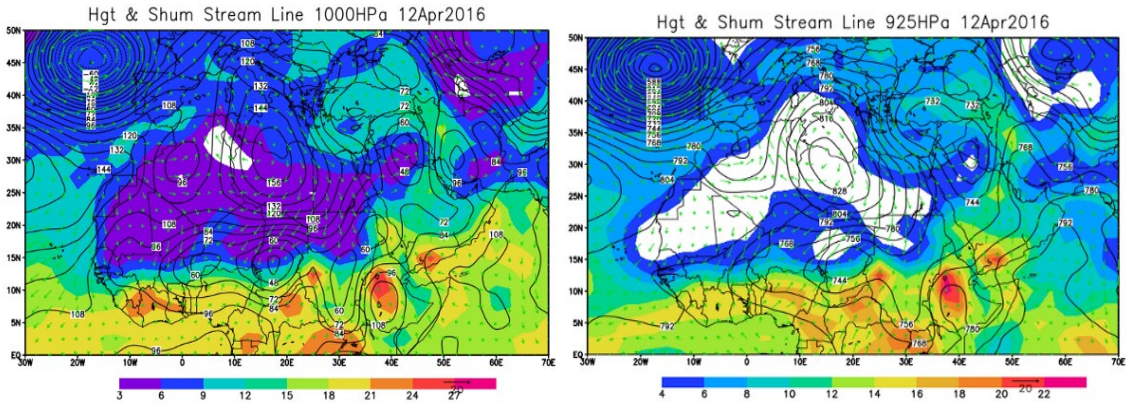
الگوی همدیدی کم فشار سودان-واچرخند آفریقا (سیلاب ۱٤ آوریل ۲۰۱٦)

سامانه‌های مؤثر و ایجادکننده بارش‌های فوق سنگین منجر به سیلاب روز ۱٤ آوریل ۲۰۱٦ گردید، سامانه‌ای ترکیبی از کم فشار سودان و واچرخند آفریقا بوده است. اشکال ۲ تا ٦ الگوی همدیدی حاکم در ترازهای زیرین و میانی جو را در روزهای مختلف فعالیت سامانه را نشان می‌دهند. این سامانه به مدت ٦ روز بر روی حوزه آبریز دز فعالیت داشته است. اوج بارشی این سامانه در روزهای چهارم و پنجم فعالیت سامانه رخ داده است. در این روز ایستگاه تله زنگ با دریافت ۱۱۸ میلی‌متر پربارش‌ترین ایستگاه بر روی حوزه بوده است. در این سامانه

روز ١٤ آوریل شدیدترین روز بارشی و روز ١٥ آوریل گسترده‌ترین روز بارشی بوده است.

تراز زیرین وردسپهر(روز ١٢ آپریل ٢٠١٦ دو روز قبل از وقوع سیلاب)

شکل ٢ آرایش سامانه‌های مؤثر بربارش حوزه را در روز اول بارش سامانه نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود دو سامانه اصلی مؤثربرایجاد بارش فوق سنگین منجر به سیلاب را کم فشار سوانی و واچرخند آفریقا می‌باشد. سامانه سودانی درروز اول بارش با جابجایی شمال‌سو بر روی عراق استقرار دارد. این الگوی همدیدی سبب شکل‌گیری گردشی چرخندی در محدوده غرب ایران تا شرق دریای مدیترانه شده است. این در حالی است که مرکز واچرخندی عربستان در یک گردش واچرخندی رطوبت دریاهای گرم عرب و عمان را بر روی عربستان وجنوب دریای سرخ و سودان فرارفت نموده و این رطوبت در گردشی چرخندی بوسیله جریانات جنوب–جنوب‌شرقی ضلع شرقی‌کم‌فشار سودان بر روی جنوب غرب و غرب ایران فرارفت شده است. هسته رطوبتی ١٨ گرم بر کیلوگرم در تراز ١٠٠٠ هکتوپاسکال و ١٤ گرم بر کیلوگرم در تراز ٩٢٥ هکتوپاسکال نشان دهنده این پدیده است. در این الگو سامانه واچرخندی آفریقا نقش فرارفت سرد عرض‌های جنب قطبی را به پشت سامانه چرخندی سودان دارد. در این روزهسته مرکزی واچرخند آفریقا در شمال کشور لیبی شکل گرفته و پشته واچرخندی آفریقا با گسترش شمال سو پس از عبور از روی دریای مدیترانه تا شمال اروپا گسترش یافته است. این الگوی گسترش با فرارفت سرد عرض‌های جنب قطبی به دامنه غربی کم فشار سودان شیو دمایی را تشدید نموده است.



شکل ٢–ارتفاع ژئوپتانسیل(کانتور)، میدان باد(بردار) و رطوبت(سایه‌دار) در تراز ٩٢٥ و١٠٠٠ هکتوپاسکال روز ١٢ آوریل ٢٠١٦

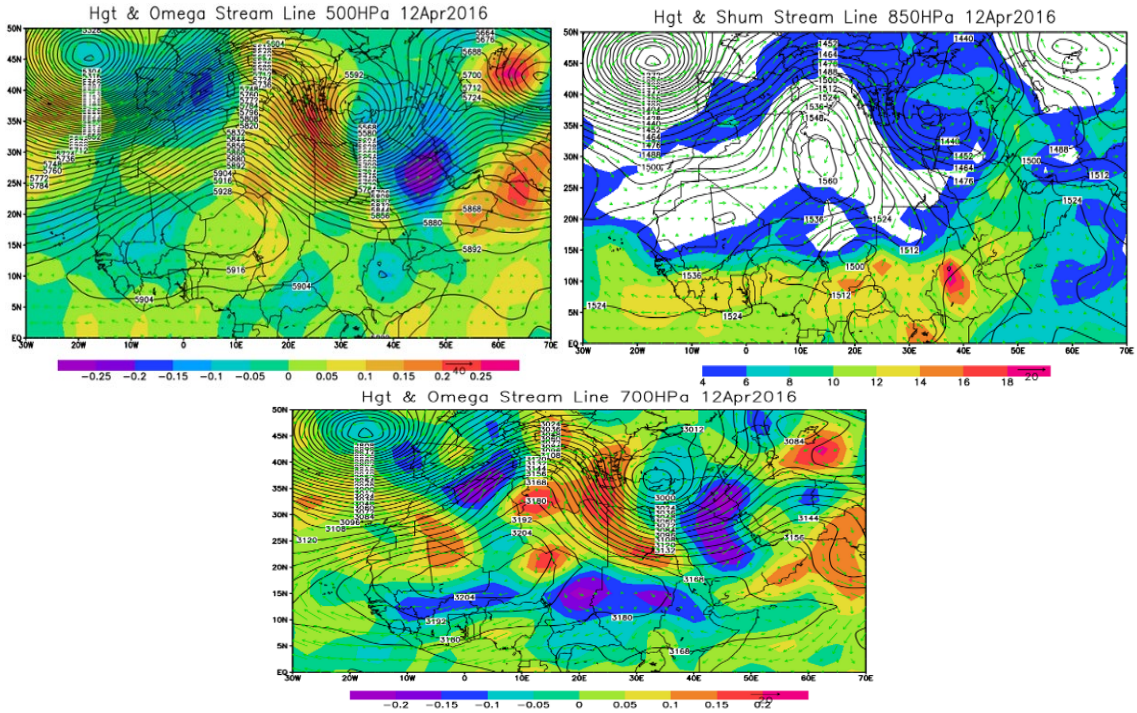
لایه مرزی و وردسپهر میانی(روز ١٢ آپریل ٢٠١٦ دو روز قبل از وقوع سیلاب)

اشکال ٤ تا ٦ نقشه ترکیبی جریان، ارتفاع ژئوپتانسیل و نم ویژه (تراز ٨٥٠ هکتوپاسکال و نقشه جریان، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگای ترازهای ٧٠٠ و ٥٠٠ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. با دور شدن از واداشت‌های سطحی لایه زیرین وردسپهرو اثرات توپوگرافی در لایه مرزی و با تداوم فرارفت سرد عرض‌های جنب قطبی به بدرون چرخند سودانی مرکز کم ارتفاع بریده‌ای در شمال قبرس و بخش شمال شرقی مدیترانه تکوین پیدا کرده است. شیو دمایی حاصل از فرارفت گرم و مرطوب عرض‌های جنوبی به جلو چرخند سودانی و تداوم فرارفت سرد جنب قطبی به پشت این سامانه چرخندی سبب شکل‌گیری ناوه عمیقی درمحدوده غرب ایران مدیترانه شرقی شده است. به طوری که دامنه جنوبی این ناوه با راستای شمالی– جنوبی تا جنوب دریای سرخ گسترش دارد. نتدبادهای شمالی حاکم در پشت ناوه بیانگر این شیو دمایی و پتانسیلی حاکم در آسیای غربی می‌باشد. همچنان فرارفت رطوبتی مناسب در جلو ناوه آنرژی ترمودینامیکی لازم را برای تداوم جریانات بالا سوی قوی فراهم نموده است. در تراز میانی وردسپهر بدلیل تداوم فرارفت سرد جنب قطبی و غلبه جریانات نصف النهاری و تزریق تاوایی مناسب به پشت ناوه مرکز کم ارتفاع بریده‌ای قوی در درون ناوه شکل گرفته است. فرارفت گرم و مرطوب مناسب به جلو ناوه و تداوم فرارفت سرد در پشت ناوه سبب تعمیق ناوه و گسترش جنوب سوی

آن گردیده است. شرایط مناسب انرژی ترمودینامیکی در جلو ناوه سبب شده است جریانات بالا سوی قوی در غرب و جنوب غرب ایران شکل بگیرد. وجود یک میدان بزرگ با امگای منفی با بزرگای ۰.۲- در تراز ۷۰۰ و ۰.۲۵- پاسکال بر ثانیه در جنوب غرب ایران و حوزه دز بیانگر وجود جریانات بالاسوی قوی بر روی منطقه است. به این ترتیب فرارفت رطوبت مناسب در لایه زیرین وردسپهر و جریانات بالاسوی قوی در لایه میانی شرایط مناسبی را برای بارش‌های سنگین بر روی حوزه دز فراهم نموده است. جدول ۲ روز دوم از شروع فعالیت بارشی حوزه است. بالاترین مقدار بارش در این روز به مقدار ۷۸ میلی‌متر از ایستگاه شول آباد گزارش شده است.

جدول۲. روز دوم از شروع فعالیت بارشی در ایستگاه‌های منتخب روز ۱۲ آوریل ۲۰۱۶

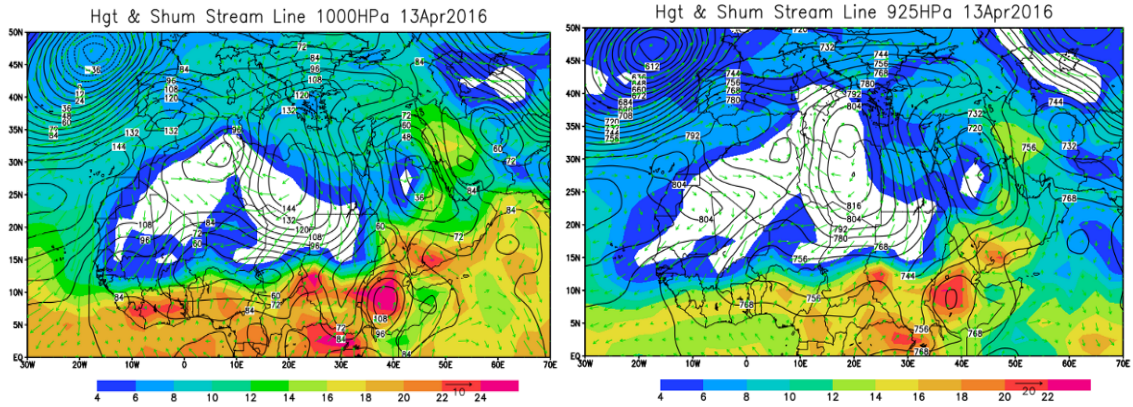
۱۲ آوریل۲۰۱۶			
ایستگاه	بارش	ایستگاه	بارش
تله زنگ	28	ایلام	41.20
سپید دشت	8.6	خرم اباد	15.7
سد دز	8.4	یاسوج	9.4
دزفول	4	الیگودرز	19.3
حرمله	1	حسینیه	9
تنگ پنج	12.1	دزفول	8.1
حسینیه	10.8	پل دختر	27
الیگودرز	19.3	کوهدشت	12
بروجرد	37	شول آباد	78
ملایر	10.3	سپیددشت	32
اهواز	0.8	بروجرد	37.1



شکل ٤- ارتفاع ژئوپتانسیل(کانتور)، میدان باد(بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز۵۰۰و۷۰۰و۸۵۰ هکتوپاسکال روز۱۲آوریل ۲۰۱۶

تراز زیرین وردسپهر(روز ۱۳آپریل ۲۰۱۶ روز قبل از وقوع سیلاب)

اشکال ۷ و ۸ آرایش سامانه‌ای روز دوم بارشی سامانه را در ترازهای ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال نشان می‌دهند. همان‌طور که دیده می‌شود، ترکیبی از چند سامانه چرخندی و واچرخندی که در بهترین شرایط همدیدی برای ایجاد یک بارش خوب و فراگیر را در غرب و جنوب غرب ایران فراهم نموده‌اند. استقرار سامانه واچرخندی عربستان بر روی آب‌های گرم جنوبی شرایط مناسبی را برای فرارفت رطوبتی در یک گردش واچرخندی به جلو کم فشار سودانی فراهم نموده است. هسته‌های رطوبتی قوی ایجاد شده بر روی جنوب شبه جزیره عربستان وجنوب سودان و الگوی جریان حاکم بر روی این دریاهای گرم بیانگر انتقال رطوبت در یک شار واگرا از روی دریای عمان و عرب می‌باشد. همان طور که دیده‌ی شود سامانه سودانی در یک الگوی استقرار مناسب بر روی غرب عربستان و جنوب عراق رطوبت فرارفت شده را در گردشی چرخندی بوسیله جریانات جنوبی بر روی جنوب غرب و غرب ایران فرارفت نموده است. هسته رطوبتی ایجاد شده بر روی این منطقه با مقادیر ۱۶تا ۱۸ گرم بر کیلو گرم در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالو۱۲ تا ۱۴ گرم بر کیلوگرم در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال بیانگر این فرارفت رطوبتی می‌باشد. این هسته‌های رطوبتی موتور مناسبی برای تأمین انرژی ترمودینامیکی جریانات بالاسو بر روی منطقه غربی ایران و حوزه دز می‌باشد. در این روز نیز همچنان واچرخند آفریقایی در موقعیت روز قبل بر روی کشور لیبی و ساحل جنوبی مدیترانه استقرار دارد. گستره شمالی این واچرخند با راستایی جنوبی– شمالی تا شرق اروپا امتداد پیدا کرده ست. این الگوی گسترش واچرخند سبب تشدید جریانات شمالی در دامنه شرقی این پشته شده است. تند بادهای ایجاد شده در ضلع غربی چرخند سودان بیانگر شیو دمائی و ارتفاعی شدید بر روی این منطقه است.



شکل ۷. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان‌باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳ آوریل ۲۰۱۶

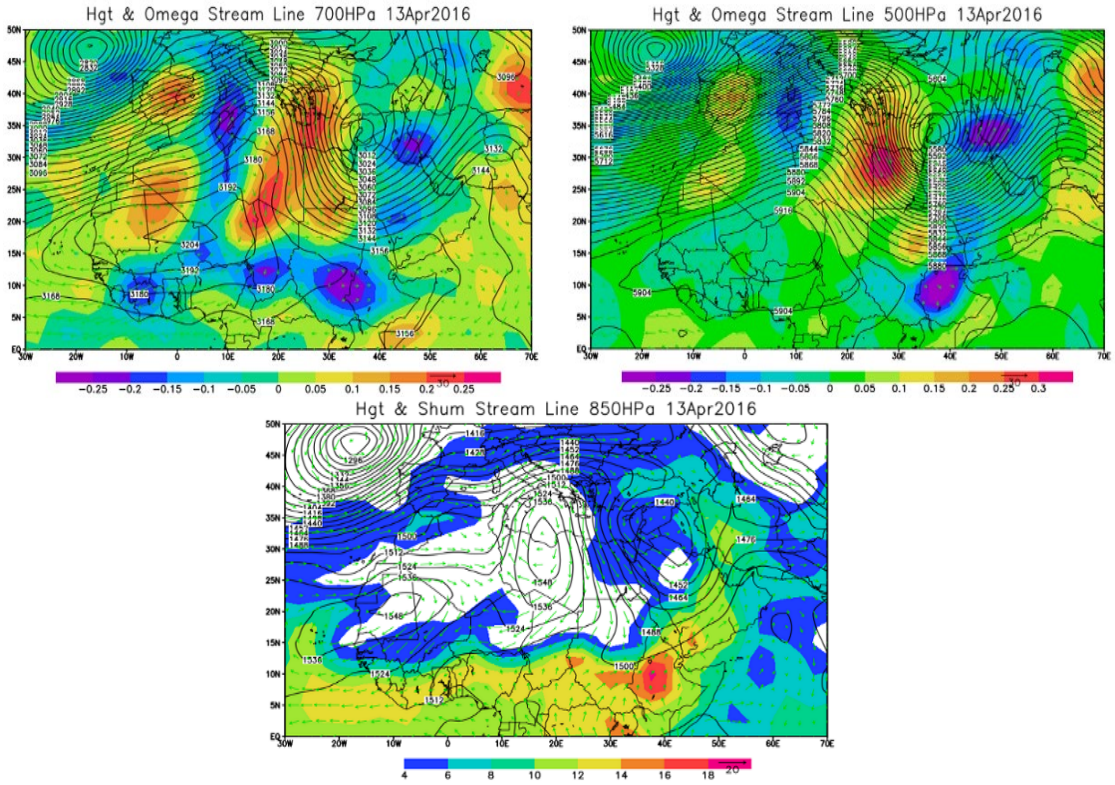
لایه مرزی و وردسپهر میانی(روز ۱۳ آپریل ۲۰۱۶ روز قبل از وقوع سیلاب)

اشکال۹ تا۱۰ الگوی همدیدی این ترازها را نشان می‌دهد. در تراز مرزی بدلیل تداوم فرارفت سرد عرض‌های جنب قطبی و دورشدن از واداشت‌های زمینی مرکز کم ارتفاع بریده کاملاً تقویت شده و ناوه عمیقی را در غرب آسیا ایجاد نموده است. با تشدید جریانات جنوبی در جلو ناوه و فرأفت مناسب رطوبت از روی دریاهای گرم جنوبی، حتی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هسته‌های رطوبتی بیش از ۱۲ گرم بر کیلوگرم بر روی جنوب غرب ایران شکل گرفته است. در ترازمیانی مرکز کم ارتفاع بریده در هر دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ضمن تقویت جابجایی جنوب سوپیدا کرده است. این جابجایی جنوب سو مرکز کم ارتفاع منجر به تقویت ناوه شده و همچنان به سمت عرض‌های جنوبی گسترش یافته است. فرارفت سرد جنب قطبی از طریق جریانات شمالی پشت ناوه بر روی هوای گرم حاره‌ای شیو دمایی و ارتفاعی شدیدی را ایجاد کرده است. تزریق تاوایی مناسب بوسیله جریانات نصف النهاری سبب ایجاد جریانات بالاسوی قوی در جلو ناوه و درست بر روی جنوب غرب ایران و بخصوص حوزه دز گردیده است. میدان امگای منفی با بزرگای بیش از ۰.۲۵- پاسکال بر ثانیه در هر دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی حوزه بیانگر حاکمیت ناپایداری شدید و جریانات بالا

سوی قوی بر روی منطقه است. این جریانتا بالا سوی شدید به همراه تزریق رطوبت قابل ملاحظه از روی دریاهای گرم جنوبی در لایه زیرین ردسپهر زمینه وقوع بارش‌های همرفتی شدید بر روی حوزه را فراهم نموده است. جدول۳ مقادیر بارش ثبت شده بر روی ایستگاه‌های نمونه انتخابی بر روی حوزه را نشان می‌دهد. به طوری که در٦ ایستگاه از ایستگاه‌های بارشی بیش از ۵۰ میلی‌متر ثبت شده است. هسته بارشی در این روز بر روی ایستگاه تنگ پنج به میزان ٦۵ میلی‌متر قرار داشته است. همان طور که بر روی نقشه‌های رطوبتی نیز دیده می‌شود هسته رطوبتی در این روز در بخش شرقی حوزه قرار دارد.

جدول ۳: مقادیر بارش ثبت شده بر روی ایستگاه‌های نمونه انتخابی

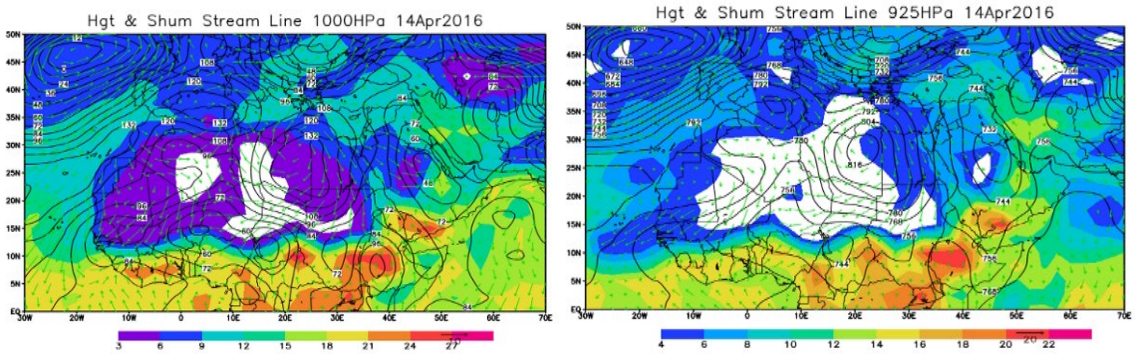
۱۳آوریل۲۰۱٦			
ایستگاه	بارش	ایستگاه	بارش
تله زنگ	53	اهواز	3
سپید دشت	58	ایلام	1.5
سد دز	41	خرم اباد	48.1
دزفول	16	شهرکرد	11.6
حرمله	7	یاسوج	23.4
تنگ پنج	65	الیگودرز	20
حسینیه	23.2	حسینیه	16
الیگودرز	20	دزفول	2
بروجرد	70	کوهدشت	30
ملایر	61	سپیددشت	58



شکل ۹. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز۵۰۰و۷۰۰و۸۵۰هکتوپاسکال روز۱۳آوریل ۲۰۱٦

تراز زیرین وردسپهر(روز ١٤ آپریل ٢٠١٦ روز وقوع سیلاب)

در این روز هسته مرکزی کم فشار در تراز زیرین وردسپهر درجنوب غرب خلیج فارس (بر روی شمال ریاض) استقرار دارد. زبانه این کم فشار بصورت یک ناوه وارون با راستای جنوب شرقی– شمال غربی تمام پهنه شبه جزیره عربستان، عراق و بخش‌هایی از غرب ایران را در برگرفته است. هسته مرکزی واچرخند آفریقا همچنان بر روی لیبی قرار دارد. این واچرخند در یک گسترش شمالی مدیترانه مرکزی را تا جنوب یونان را در بر گرفته است. این الگوی همدیدی و آرایش مکانی این دو سامانه همچنان شرایط مناسبی را برای فرارفت رطوبت بر روی منطقه مطالعاتی فراهم نموده است. رطوبت فرارفت شده بر روی جنوب عربستان و و یمن در یک گردش چرخندی بوسیله جریانات جنوب- جنوب شرقی جلو (بردارهای باد) زبانه کم فشار بر روی حوزه دز فرارفت شده است. به طوری که هسته مرطوبی با نم ویژه بیش از ۱۸ گرم در کیلوگرم در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (١٤گرم بر کیلوگرم) در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال، درست بر روی حوزه دز و مناطق اطراف آن شکل گرفته است. این ذخیره رطوبتی همچنان منبع بسیار مناسبی برای تأمین انرژی ترمودینامیکی برای جریانات بالاسوی حاکم بر روی حوزه می‌باشد. این در حالی است که همچنان در این روز فرارفت سرد دامنه غربی زبانه کم فشار و ضلع غربی پشته واچرخندی بر روی شرق مدیترانه تا غرب عربستان شرایط بسیار مناسبی را برای ایجاد شیو دمایی بر روی منطقه فراهم نموده ست. (بردارهای باد غرب عربستان).



شکل ۱۲- ارتفاع ژئوپتانسیل(کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت(سایه‌دار)در تراز ۹۲۵ و ۱۰۰۰هکتوپاسکال روز١٤آوریل ٢٠١٦

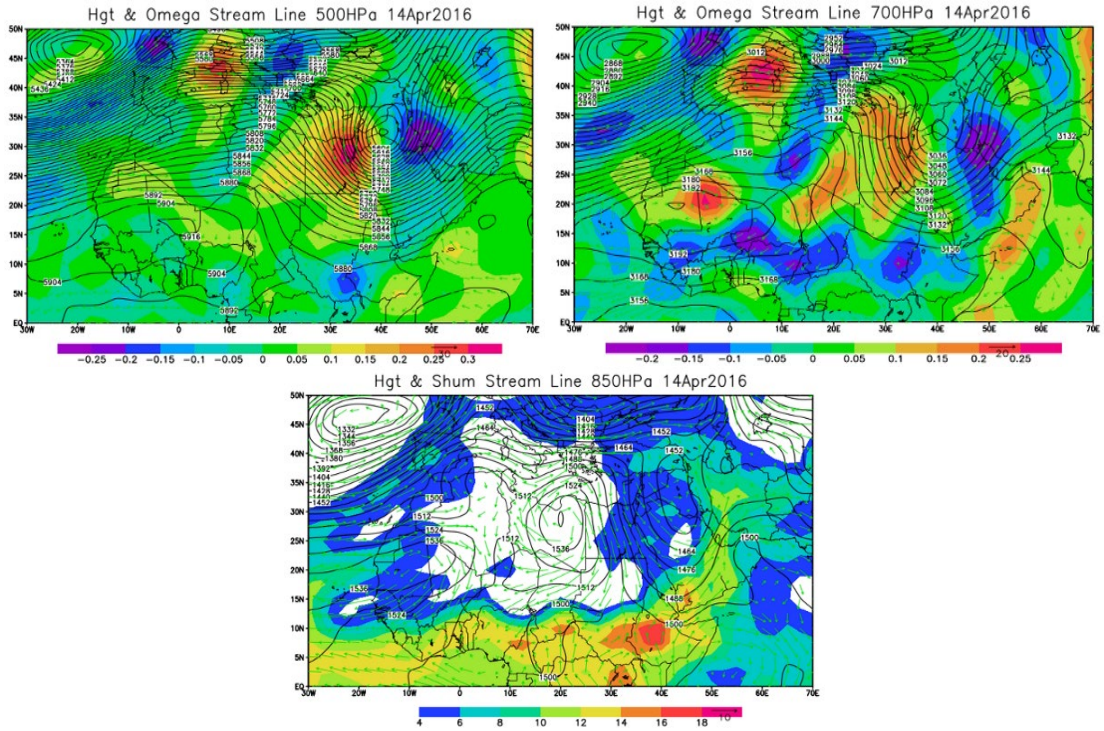
لایه مرزی و وردسپهر میانی(روز ١٤ آپریل ٢٠١٦ روز وقوع سیلاب)

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ناوه غرب آسیا نسبت به روز قبل ضمن جابجایی شرق سوی، گسترش جنوب سوی بیشتری نیز پیدا کرده است. این پدیده بیانگر تقویت هرچه بیشتر سامانه بدلیل تزریق تاوایی مناسب بدرون سامانه در طی روزهای گذشته می‌باشد. در این روزدامنه جنوبی ناوه تا جنوب دریای سرخ گسترش پیدا کرده است. ماندگاری واچرخند آفریقا و پشته آن بر روی اروپای شرقی و تداوم فرارفت هوای سرد جنب قطبی بدرون هوای گرم حاره‌ای کم فشار سودانی سبب تقویت هرچه بیشتر ناوه گردیده است. این ناوه گسترده در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ضلع شرقی خود با فرارفت گرم رطوبت فراوان انتقالی بر روی سودان بر روی منطقه غرب و جنوب غرب ایران ضمن تأمین رطوبت جریانات همرفتی منطقه انرژی ترمودینامیک سامانه را نیز تأمین کرده است. تندبادهای پشت ناوه که گاه سرعت آن در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به بیش از ۲۰ نات نیز می‌رسد بیانگر شیو دمایی و گزفشاریشدید حاکم بر روی منطقه غربی آسیا است. هسته‌های رطوبتی بر روی منطقه حتی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بیش از ۱۲ تا ١٤ گرم در کیلوگرم می‌باشد. همچنان که دیده می‌شود مرکز کم ارتفاع بریده درون ناوه در هر دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال جابجایی شرق و جنوب سوی داشته‌اند. به طوری که هسته مرکزی مرکز کم ارتفاع بریده در هر دو تراز ارتفاعی تا غرب کشورعراق جابجا شده است. به عبارت دیگر مرکز کم ارتفاع بریده نسبت به روز قبل حدود ۵ درجه جابجایی شرق سو داشته است. میدان امگای منفی جلو ناوه همچنان بر روی جنوب غرب ایران قرار دارد. بزرگای میدان امگا در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بر

روی منطقه ۰.۲- و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیش از ۰.۲۵- پاسکال بر ثانیه است. به عبارتی جریانات بالا سوی قوی همچنان بر روی منطقه حاکم است. در نتیجه جریانات همرفتی شدید همچنان بر روی منطقه حاکمیت دارد. همان‌طور که در نقشه‌های رطوبتی نیز ملاحظه شده در این روز نیز فرارفت رطوبتی قابل ملاحظه‌ای از روی دریاهای گرم جنوبی انجام شده است. این رطوبت قابل ملاحظه انرژی ترمودینامیکی لازم را برای بارش‌های همرفتی منطقه جنوب غرب ایران فراهم نموده است. جدول ٤ پراکنش بارش را بر روی ایستگاه‌های نمونه انتخابی از روی حوزه دز را نشان می‌دهد. این روز به لحاظ بارشی شدیدترین روز بارشی دوره فعالیت سامانه می‌باشد. شدیدترین مقدار بارش به مقدار ۱۱۸ میلی‌متر از ایستگاه تله زنگ گزارش شده است. در مجموع هسته بارشی در محدوده شرقی حوزه قرار دارد. همان طور که دیده می‌شود میدان امگای منفی و بالاترین جریانات بالا سوی درست بر روی حوزه آبریز قرار دارد.

جدول ٤. پراکنش‌بارش‌برروی‌ایستگاه‌های‌نمونه انتخابی۱٤آوریل۲۰۱٦

۱٤آوریل۲۰۱٦			
ایستگاه	بارش	ایستگاه	بارش
تله زنگ	118	بروجرد	74
سپید دشت	78	ملایر	73
سد دز	80.2	ایلام	28.3
دزفول	14.5	خرم اباد	89
حرمله	20	یاسوج	4.9
تنگ پنج	63.3	الیگودرز	32
حسینیه	116.1	دزفول	21
الیگودرز	32	پل دختر	4



شکل ١٤- ارتفاع ژئوپتانسیل(کانتور)،میدان باد(بردار)و رطوبت(سایه‌دار) در تراز۵۰۰و۷۰۰و۸۵۰هکتوپاسکال روز۱٤آوریل ۲۰۱٦

الگوی همدیدی سیکلون مدیترانه-واچرخند آفریقا (سیلاب مارس ۲۰۱۹)

در این الگو سامانه‌های اصلی مؤثر بر شکل‌گیری سامانه بارشی فوق سنگین و سیلابی دو سامانه مدیترانه و آفریقا می‌باشند. این دو سامانه در یک آرایش مناسب در لایه زیرین و میانی وردسپهر شرایط ایجاد یک سامانه سیلابی را فراهم نموده‌اند. البته این الگو نیز در ادامه با ورود سامانه سودانی بیش از پیش تقویت شده است. آرایش سامانه‌ها در ترازهای مختلف و روزهای فعالیت سامانه بصورت زیر بوده است. جدول۵ پراکنش بارشی این سامانه را بر روی ایستگاه‌های نمونه گزینش شده از حوزه را نشان می‌دهد. این سامانه چهار روزه می‌باشد که اوج بارش آن در روز اول آپریل رخ داده است. توجه داشته باشیم که این سامانه بعد از یک سامانه بارشی شدید که در روز ۲۸ مارس خاتمه یافته است شروع شده و در روز ۲۹ نیز بارش‌های پراکنده‌ای در برخی از ایستگاه‌های حوزه رخ داده است.

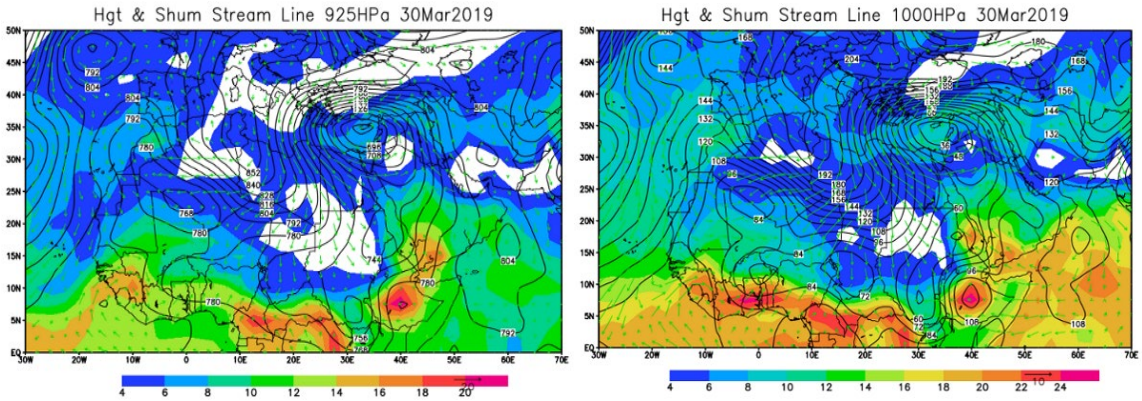
جدول ۵. ایستگاه‌های نمونه گزینش شده از حوزه ۳۰ مارس ۲۰۱۹ تا ۲ آوریل ۲۰۱۹

ایستگاه	۳۰مارس	۳۱مارس	۱آوریل	۲آوریل
تله زنگ	1.6	12.8	31.8	۲۲.۲
سپید دشت	1.9	11.9	31.6	۳۹.۷
سد دز	1.5	7.5	30	۱۶.۲
دزفول	0	10.7	31.9	۷.۹
حرمله	2	13	10	۵.۹
تنگ پنج	5	20	50	30
حسینیه	0	8.8	41.1	17
بروجرد	1.9	0	22.5	23
پل دختر	0	55.6		
کوهدشت	0.1	55	96	
شول اباد	4	57	103	
سپیددشت	0.01	25	73	
خرم اباد	0.01	52	85.4	
الیگودرز	3	14.5	40.2	۵۱.۵
اهواز	0.1	5.01	2.4	
ملایر	0.2	42	88	۲۴.۲

الگوی همدید لایه زیرین وردسپهر(روز ۳۰ مارس۲۰۱۹)

شکل ۱۷ آرایش دو سامانه اصلی تأثیرگذار در تکوین و فعالیت سامانه سیل‌زا را در لایه زیرین وردسپهر نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود چرخند مدیترانه‌ای با چندین منحنی هم ارتفاع بسته در شرق مدیترانه و محدوده اطراف قبرس شکل گرفته است. این سامانه در یک گسترش نصف النهاری تمام محدوده جنوب غرب آسیا و شرق اروپا را در بر گرفته است. زبانه شمال- شمال غربی این سامانه تمام پهنه شرق و جنوب اروپا را در برگرفته است. زبانه جنوبی آن با راستایی شمالی جنوبی تمام پهنه غرب ایران تا شرق مدیترانه و در ادامه با کم فشار سودان ادغام شده است. این الگوی گسترش مناسب‌ترین الگو برای فرارفت دما و رطوبت از عرض‌های جنوبی و دریاهای گرم جنوبی که پتانسیل رطوبت فرستی بالایی را دارند، فراهم می‌کند. در مقابل مرکز واچرخندی آفریقا در این الگو بر روی شرق لیبی و محدوده بین الجزایر و مدیترانه بسته شده است. در این الگو زبانه‌های واچرخند آفریقا گسترش شمالی و جنوبی قابل ملاحظه دارد. به طوری که امتداد جنوبی آن تمام پهنه صحرای آفریقا را در بر گرفته و در مقابل زبانه شمال آن بخش عمده‌ای از اروپای مرکزی و در ادامه با چرخش به سمت شرق تا دریای سیاه

امتداد یافته است. این الگوی گسترش سبب ایجاد جریانات شمال – شمال غرب در ضلع شرقی پشته و دامنه غربی چرخند مدیترانه شده است. با فرارفت سرد شدید به پشت سامانه چرندی و امتداد آن تا منطقه حاره‌ای تند بادهای شدیدی را در مدیترانه مرکزی و شمال غرب صحرا ایجاد کرده است. به طوری که در لایه زیرین وردسپهر تندی باد به بیش از ۲۰ تا ۳۰ نات می‌رسد. این پدیده بیانگر شیو ارتفاعی و دمایی شدید بر روی منطقه و به تبع تشدید ناپایداری‌های همرفتی بر روی منطقه است. بدلیل استقراریک مرکز واچرخندی بر روی دریای عمان و عرب در امتداد زبانه پرفشار سیبری رطوبت این دریاهای گرم در گردشی واچرخندی بر روی اتیوپی، جنوی شبه جزیره عربستان و دریای سرخ شده است. میدان‌های رطوبتی شکل گرفته بر روی این مناطق بیانگر این فرارفت رطوبتی می‌باشد. ولی هنوز انطباق خوبی بین جریانات جلو چرخند مدیترانه‌ای با جریانات جلو کم فشار سودانی برای انتقال رطوبت دریاهای جنوبی بر روی منطقه فراهم نشده است. جریانات ورودی بر روی منطقه جنوب غرب ایران هنور از جنوب ایران عبور می‌کنند. لذا رطوبت مناسبی بر روی حوزه دز در وردسپهر زیرین انجام نشده است. هسته‌های رطوبتی ایجاد شده بر روی جنوب غرب و غرب ایران مقادیری بیش از ۸ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم نمی‌باشد.

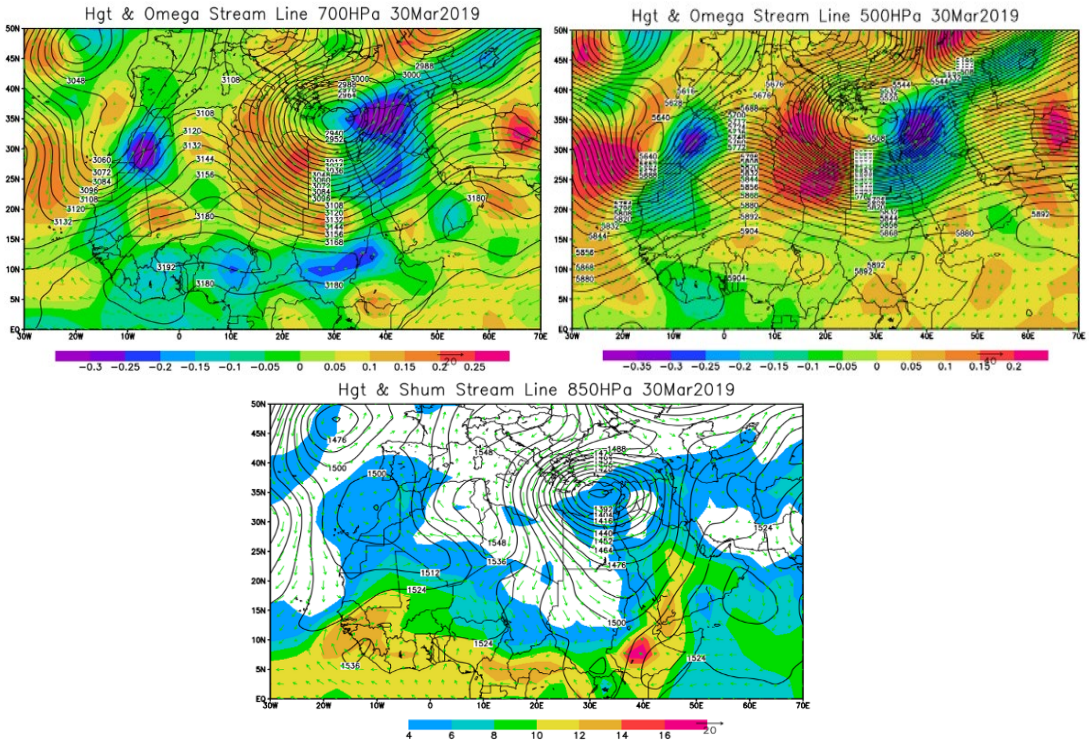


شکل۱۷.ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز۹۲۵ و۱۰۰۰هکتوپاسکال روز۳۰ مارس۲۰۱۹

الگوی همدید لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر(روز۳۰ مارس ۲۰۱۹)

همان طور که اشکال ۱۸ بر روی نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود، با دور شدن از تربولانس‌های سطحی و واداشت‌های دمایی متأثر از لایه سطحی، چرند مدیترانه بصورت یک چرخند قوی با چندین منحنی بسته بر روی قبرس شکل گرفته است. زبانه‌های این چرخند تمام پهنه مدیترانه شرقی تا غرب ایران را در بر گرفته است. سامانه غالب جنوب غرب آسیا سامانه چرخندی مدیترانه می‌باشد. کم فشار سودانی با توجه به ماهیت حرارتی آن در این تراز بصورت سامانه مستقل پدیدار نشده است. ولی امتداد جنوبی زبانه چرخندی مدیترانه که تا جنوب سودان و فراتر از آن گسترش یافته است، بیانگر ادغام این دو سامانه بر روی شمال غرب آفریقا می‌باشد. با وجود این که در این تراز جریانات دامنه شرقی چرخند یکپارچه شده و تمام پهنه شبه جزیره عربستان و دریای سرخ را در بر گرفته است. ولی هنوز انتقال رطوبتی مناسبی بر روی منطقه مورد مطالعه انجام نشده است. با وجود این که مقادیر نم ویژه بر روی هسته‌های رطوبتی روی اتیوپی، جنوب دریای سرخ و یمن و جنوب عربستان بیش از ۱۰ تا ۱۲ گرم بر کیلوگرم می‌باشد. مقدار رطوبت بر روی میدان‌های رطوبتی شکل گرفته بر روی منطقه مطالعاتی بیش از ٤ گرم بر کیلو گرم نیست. در ترازهای میانی وردسپهر در امتداد مرکز کم ارتفاع بریده مستقر بر روی قبرس ناوه عمیقی با راستای تقریباً شمالی- جنوبی بر روی صحرای آفریقا و شراق این صحرا شکل گرفته است. طوری که انتهای جنوبی این ناوه تا جنوب عرض ۱۵ و ۱۰ درجه شمالی (مرکز سودان) گسترش یافته است. با توجه به موقعیت استقرار ناوه میدان امگای منفی یا هسته‌های جریانات بالا سوی بر روی سوریه و عراق قرار دارند. بر روی منطقه مطالعاتی هنوز جریانات همرفتی شدید شکل نگرفته است. در عین این که

هنوز فرارفت رطوبتی مناسبی بر روی منطقه فراهم نیست. در واقع بارش‌های سامانه در منطقه شروع شده است. جدول ٦ پراکنش بارشی این روز را بر روی ایستگاه‌های انتخابی نشان می‌دهد. این روز اول بارش گسترده سامانه می‌باشد.



شکل ۱۸–ارتفاع‌ژئوپتانسیل(کانتور)،میدان‌باد(بردار) و رطوبت(سایه‌دار)در تراز ۵۰۰و ۷۰۰و۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۳۰مارس۲۰۱۹

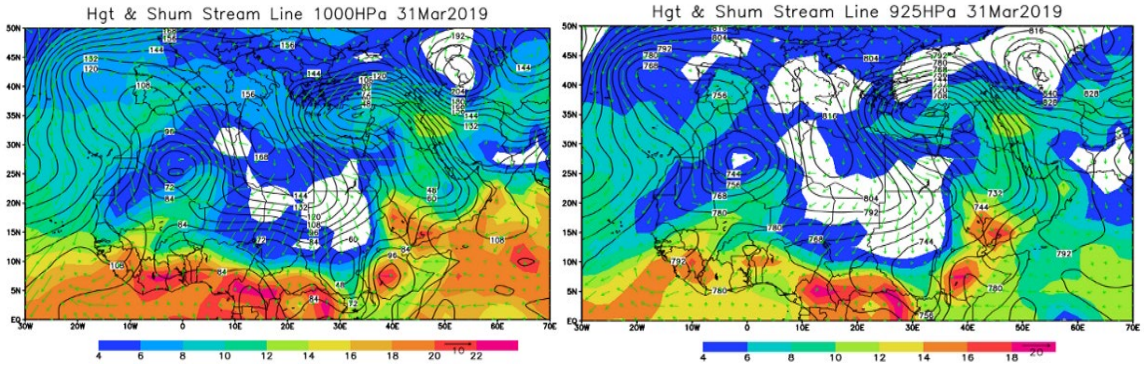
جدول ٦. پراکنش بارش روز ۳۰ مارس ۲۰۱۹ روی ایستگاه‌های انتخابی

ایستگاه	۳۰مارس	ایستگاه	۳۰مارس
تله زنگ	1.6	کوهدشت	0.1
سپید دشت	1.9	شول اباد	4
سد دز	1.5	بروجرد	1.9
دزفول	0	خرم اباد	0.01
حرمله	2	الیگودرز	3
تنگ پنج	5	اهواز	0.1
حسینیه	0	ملایر	0.2

الگوی همدید لایه زیرین وردسپهر(روز۳۱ مارس۲۰۱۹)

اشکال ۱۹ نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل، جریان و نم ویژه تراز زیرین وردسپهر را نشان می‌دهد. در این روز چرخند مدیترانه‌ای ضمن جابجایی شرق سو با سامانه سودانی ادغام شده است. به عبارت دیگر هر دو سامانه در موقعیت مستقل خود قرار دارند، ولی زبانه‌های این دو سامانه کاملاً در محدوده عراق و شرق عربستان با هم ادغام شده است. در نتیجه تمام محدوده دریای سیاه تا شمال غرب صحرای آفریقا (سودان و مصر) بصورت یک سامانه هلالی شکل تحت تأثیر این سامانه ادغام شده قرار دارد. همچنان مرکز واچرخندی در امتداد زبانه پرفشار سیبری و در حالت ادغام شده با این واچرخند بر روی دریای عرب و عمان استقرار دارد. این سامانه نقش اصلی را در فرارفت رطوبتی بدرون سامانه ادغام شده سودان و مدیترانه دارد. در نتیجه هسته‌های رطوبتی قوی در اثر شار رطوبتی حاصل از واچرخند عربستان بر روی جنوب عربستان و دریای سرخ شکل گرفته است. مقادیر نم

ویژه در هسته‌های این میدان‌های رطوبتی به بیش از ۱۸ تا ۲۲ گرم بر کیلوگرم می‌رسد. هم سو شدن جریانات در دامنه شرقی زبانه ادغامی کم فشار سودان و مدیترانه (بر خلاف روز قبل) بر روی شبه جزیره عربستان فرارفت رطوبتی مناسبی بر روی منطقه شکل گرفته است. به طوری که میدان‌های رطوبتی قوی و گسترده‌ای بر روی شمال استان خوزستان و ایلام شکل گرفته است. مقادیر نم ویژه در درون این میدان‌های رطوبتی به بیش از ۱۲ گرم نیز می‌رسد. با تداوم فرارفت سرد از عرض‌های شمالی در دامنه غربی چرخند مدیترانه و ضلع شرقی پشته واچرخند آفریقا تندبادهای شدید همچنان در مدیترانه شرقی و و شمال غربی صحرای آفریقا حاکم است. به‌طوری که سرعت تند باد در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در بخش‌هایی از آن به بیش از ۲۰ نات می‌رسد. این تند بادها تا جنوب سودان و در واقع تا پشت سامانه سودانی تداوم دارند. این پدیده نشان دهنده شیو دمایی و فشاری شدید بر روی منطقه می‌باشد. فشردگی منحنی هم ژئوپتانسیل در غرب ایران بیانگر شیو ارتفاعی و دمایی شدید و ناپایداری شدید حاکم بر منطقه غربی ایران است. تند بادها بر روی عراق و سوریه کاملاً غربی شده و عمود بر منحنی‌های هم ارتفاع میوزند، که بیانگر مهیا شدن شرایط ترمودینامیکی برای شکل‌گیری شرایط سلونوئیدالی شدید در منطقه غربی ایران و عراق می‌باشد.



شکل ۱۹- ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۳۱ مارس ۲۰۱۹

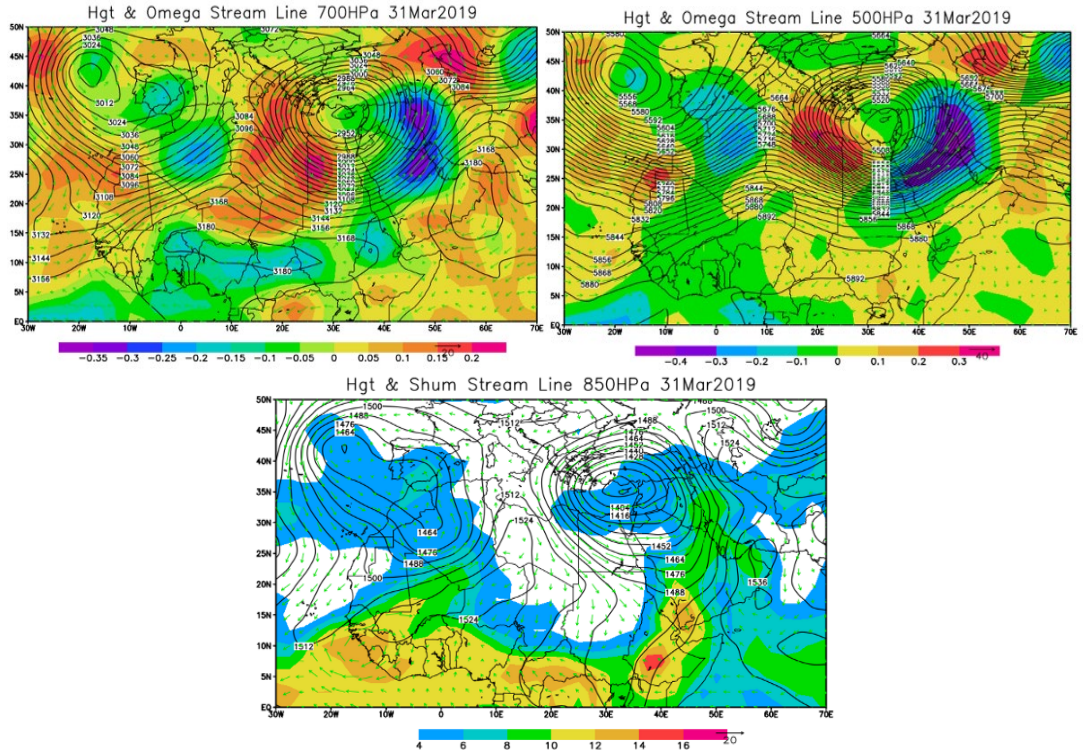
الگوی همدید لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر(روز ۳۱ مارس ۲۰۱۹)

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در اشکال ۲۰ در تراز مرزی هسته مرکزی چرخند مدیترانه‌ای همچنان بر روی شرق مدیترانه و شمال قبرس قرار دارد. ولی بدلیل فرارفت گرم و مرطوب به جلو چرخند و انرژی ترمودینامیکی حاصل از آن گسترش شرق سوی قابل توجهی پیدا کرده است. به طوری که تمام محدوده غربی ایران تحت تأثیر ناپایداری‌های دامنه شرقی چرخند قرار دارد. در عین حال زبانه جنوبی آن همچنان تا جنوب سودان و اتیوپی گسترش دارد. با تقویت جریانات جنوبی در جلو چرخند فرارفت رطوبتی از هسته‌های مرطوبی واقع بر روی اتیوپی و جنوب دریای سرخ بر روی منطقه تشدید شده است. به‌طوری که بر روی منطقه مطالعاتی هسته‌هایی با نم ویژه بیش از ۸ گرم بر کیلو گرم شکل گرفته است. کانال رطوبتی ایجاد شده با راستای جنوب غربی - شمال شرقی فرارفت رطوبتی را از منابع رطوبتی دریاهای گرم جنوبی را نشان می‌دهد. در تراز میانی نیزهسته مرکزی کم ارتفاع بریده همچنان بر روی قبرس قرار دارد. ولی دامنه شرقی ناوه با گسترش شرق سو کاملاً منطقه غربی ایران را در بر گرفته است. در واقع منطقه مورد مطالعه در مناسب‌ترین موقعیت جلو ناوه قرار گرفته است. همان‌طور که دیده می‌شود میدان امگای منفی (میدان جریانات بالاسو) که روز قبل بر روی عراق قرارداشت هم اکنون کاملاً بر روی غرب ایران و منطقه مورد مطالعه قرار دارد. بزرگای مقدار امگا در تراز ۷۰۰ به ۰.۳۵- و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به ۰.٤- می‌رسد که رقم قابل توجهی می‌باشد. جدول ۷ پراکنش بارش ایستگاه‌های نمونه حوزه آبریز را در این روز نشان می‌دهد. چند نکته در پراکنش بارش‌های این روز نسبت به روز قبل بچشم می‌خورد. اولاً بارش‌ها در تمام ایستگاه‌های نمونه رخ داده است. شدت بارش‌ها نسبت به روز قبل بسیار تشدید شده است. همان‌طور که بر روی نقشه‌های همدیدی نیز دیدیم در این روز اولاً فرارفت رطوبتی بر روی منطقه بشدت

افزایش یافته و همین طور میدان‌های امگای منفی که روز قبل بر روی کشور عراق قرار داشت کاملاً بر روی حوزه منتقل شده است. در این روز در ٤ ایستگاه بارش بیش از ۵۰ میلی‌متر ثبت شده و ایستگاه شول آباد با ۵۷ میلی‌متر شدیدترین بارش را گزارش کرده است.

جدول۷.پراکنش بارش ایستگاه‌های نمونه حوزه آبریز ۳۱ مارس ۲۰۱۹

ایستگاه	۳۱مارس	ایستگاه	۳۱مارس
تله زنگ	12.8	ملایر	42
سپید دشت	11.9	پل دختر	55.6
سد دز	7.5	کوهدشت	55
دزفول	10.7	شول اباد	57
حرمله	13	سپیددشت	25
تنگ پنج	20	خرم اباد	52
حسینیه	8.8	الیگودرز	14.5
بروجرد	46	اهواز	5.01

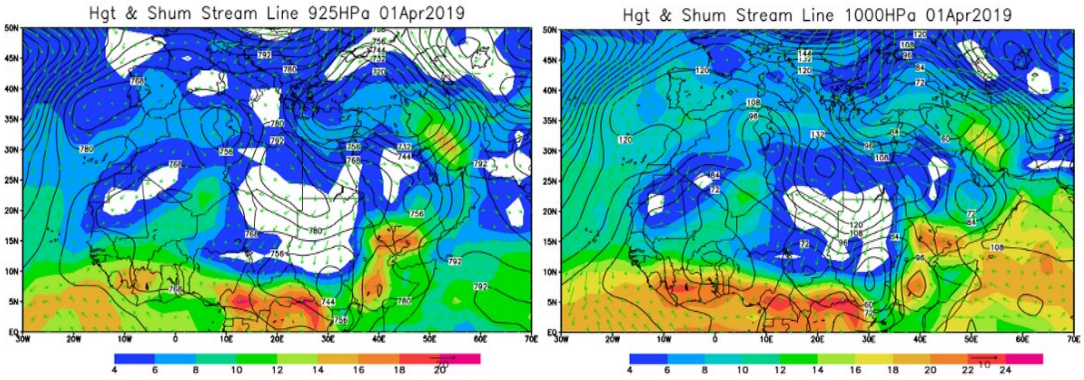


شکل ۲۰- ارتفاع ژئوپتانسیل(کانتور)، میدان باد(بردار) و رطوبت (سایه‌دار)در تراز۵۰۰و۷۰۰و۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۳۱ مارس ۲۰۱۹

الگوی همدید لایه زیرین وردسپهر (۱آوریل۲۰۱۹)

اشکال ۲۱شرایط همدیدی روز سوم فعالیت سامانه را بر روی منطقه نشان می‌دهد. همان طور که می‌بینیم برخلاف دو روز قبل که هسته‌مرکزی سامانه جابجایی شرق سوی چندانی نداشت در این روز در لایه زیرین وردسپهر جابجایی شرق سوی قلبل توجهی دارد. هسته مرکزی سلول چرخندی با جابجایی حدود ۱۰ درجه‌ای در مرزهای غربی ایران و بر روی استان‌های کرمانشاه و اقلیم کردستان عراق قرار داردایگوی گسترش زبانه کاملاً مداری شده و از شرق ایتالیا تا شمال شرق ایران تحت سیطره این سامانه قرار دارد. برخلاف روز

قبل سامانه سودانی بصورت سلول جداگانه‌ای بر روی جنوب خلیج فارس و مرکز عربستان ظاهر شده است. با وجود آنکه هسته مرطوبی خوبی بر روی مطقه جنوب- جنوب غرب و بخصوص بر روی استان‌های فارس، شرق خوزستان و چهار محال و بختیاری قرار دارد. ولی فرارفت رطوبت از منابع رطوبتی جنوب بسیار ضعیف شده است. بدلیل گسترش شرق سوی قابل توجه زبانه شرقی واچرخند آفریقا ضمن رانش شرق سوی سامانه‌های چرخندی مدیترانه و سودان ارتباط رطوبتی سامانه با دریاهای و منابع رطوبتی جنوب قطع شده است.



شکل ۲۱. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد(بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱ آوریل ۲۰۱۹

الگوی همدید لایه مرزی و تراز میانی وردسپهر (۱ آوریل ۲۰۱۹)

اشکال ۲۲ آرایش سامانه‌ها را در لایه زیرین وردسپهر نشان می‌دهد. در این تراز نیز هسته مرکزی چرخند با جابجایی شرق سو در محدوده شرقی کشور ترکیه و شمال غرب ایران استقرار پیدا کرده است. در این تراز نیز واچرخند الگویی مداری دارد و تمام محدودهیونان تا شمال شرق ایران در حوزه گسترش این سامانه قرار دارد. در این تراز نیز با وجود این که هسته رطوبتی قوی بر روی جنوب غرب ایران و بخصوص بخش شرقی استان خوزستان و فارس و چهارمحال و بختیاری قرار دارد. ولی تداوم تغذیه رطوبتی سامانه از دریاهای جنوبی قطع شده است. این بیانگر تضعیف و قطع بارش سامانه در روزهای بعد می‌باشد. در تراز میانی وردسپهرنیز ناوه جابجایی شرق سوی قابل توجهی داشته و در عین حال مرکز کم ارتفاع بریده ضمن جابجایی شمال سو تصعیف شده است. به طوری که هسته مرکزی کم ارتفاع بریده از روی قبرس به شرق ترکیه جابجا شده است. مرکز کم ارتفاع بریده در تراز۷۰۰هکتوپاسکال از۲۹٤٤ ژئوپتانسیل به ۲۹٦۸ژئوپتانسیل افزایش یافته و در تراز۵۰۰ هکتوپاسکال از ۵۵۰۸ به۵۵۳۲ ژئوپتانسیل‌متر افزایش یافته است. منطقه مورد مطالعه در مناسب‌ترین موقعیت از جلو ناوه قرار دارد. میدان امگای منفی در هر دو تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی جنوب غرب و غرب ایران قرار دارد. بزرگی امگا منفی(جریان بالاسو) در تراز ۷۰۰ به ۰.۳۵- و در تراز ۰.٤- پاسکال بر ثانیه است که جریان بالا سوی مناسبی برای تشدید جریانات همرفتی بر روی منطقه می‌باشد.

جدول۸ پراکنش بارش را در این روز بر روی ایستگاه‌های نمونه منتخب حوزه دز نشان می‌دهد. این روز شدیدترین روز فعالیت سامانه بارشی بوده است. ۷ ایستگاه بارشی بیش از ۵۰ میلی‌متر را گزارش کرده‌اند و ایستگاه شول‌آباد با ثبت بارش ۱۰۳ میلی‌متر بالاترین فرین بارشی را داشته است. هسته رطوبتی شکل گرفته بر روی نیمه شرقی حوزه و ناپایداری‌های شدید شکل گرفته دقیقاً بر روی حوزه توجیه کننده این شدت بارش می‌باشد.

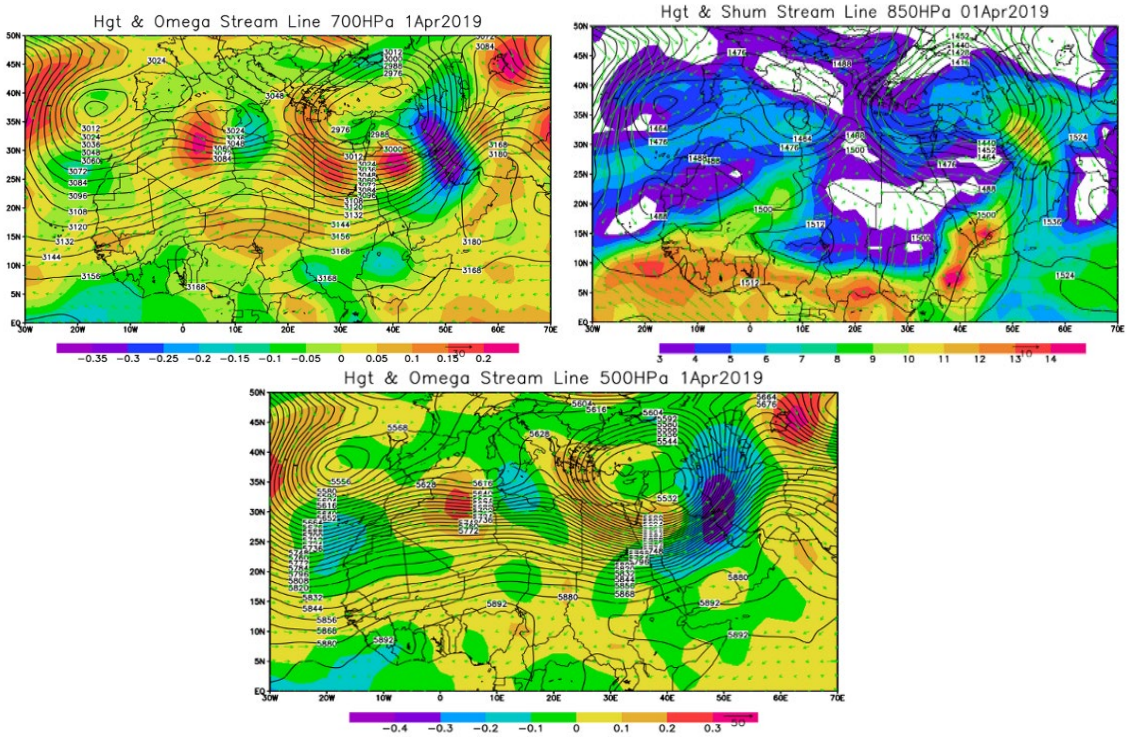
تحلیل آبدهی سیلاب‌های انتخابی

تحلیل هیدروگراف روزانه رودخانه دز در ایستگاه تله زنگ نشان داد که میزان آوردهٔ این رودخانه به عنوان ورودی سد دز 244 مترمکعب بر ثانیه طی دوره 1343-1399 است. تقویم زمانی آبدهی رودخانهٔ دز نشان میدهد که کمترین میزان آبدهی در مهر بین 73 تا 79 متر مکعب بر ثانیه است. این روند با کاهش دما، کاهش مصرف آب کشاورزی در

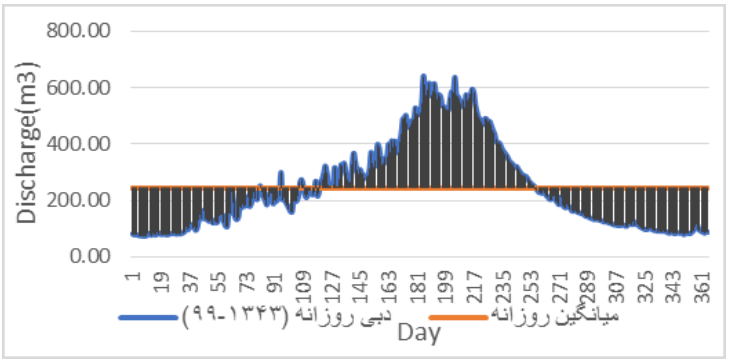
حوضه های بالادست و شروع بارندگی های منطقه از اواخر مهر روند افزایشی گرفته و از اواسط آذر میزان آبدهی به بالاتر از میانگین سال (۲٤٤متر مکعب بر ثانیه) می رسد. این روند تا پایان بهمن ادامه داشته تا اینکه از اواخر اسفند تا اوایل فروردین به بالاترین مقدار خود (بین 500 تا 600 متر مکعب) رسیده سپس از اواسط خرداد روند کاهشی آن شروع شده و در پایان شهریور به کمترین مقدار خود می‌رسد آبدهی بلندمدت رودخانه از روز 100 ام (۱۰ دی) تا روز ۲٦۰ ام (۲۰ خرداد) میزان آبدهی بیشتر از میانگین آبدهی سالانه است و از حدود 20 ام خرداد تا ۱۰ام دی میزان آبدهی از متوسط بلندمدت آبدهی رودخانه کمتر است(شکل۲۳). بررسی زمانی سیلاب‌ها نشان می‌دهد بیش از ۹۰ درصد سیلاب‌های سنگین رودخانه دز نیز در همین دوره زمانی اتفاق افتاده است (جدول ۹)

جدول ۸ .پراکنش بارش روز۱ آوریل بر روی ایستگاه‌های نمونه منتخب حوزه

۱آوریل۲۰۱۹			
ایستگاه	بارش	ایستگاه	بارش
تله زنگ	31.8	حسینیه	41.1
سپید دشت	31.6	بروجرد	93
سد دز	30	ملایر	133
دزفول	31.9	کوهدشت	96
حرمله	10	شول اباد	103
تنگ پنج	50	خرم اباد	85.4
اهواز	2.4	الیگودرز	40.2



شکل ۲۲. ارتفاع ژئوپتانسیل (کانتور)، میدان باد (بردار) و رطوبت (سایه‌دار) در تراز۵۰۰و ۷۰۰و ۸۵۰ هکتوپاسکال روز۱آوریل۲۰۱۹



شکل۲۳. هیدروگراف روزانهٔ رودخانهٔ دز ایستگاه تله زنگ (۱۳۹۹-۱۳٤۳)

جدول۹ .سیلاب‌های سنگین منتخب در حوضه دز در دوره آماری

تاریخ سیل شمسی	تاریخ سیل میلادی	دبی سیلاب	سیلاب استاندارد شده
۱۳۹۵/۱/۲٦	۲۰۱٦/٤/۱٤	۱۰۵۱۰	۱۳/٦
۱۳۹۸/۱/۱۰	۲۰۱۹/۳/۳۰	٤۱۵۸	٦/٦

سیلاب۱۳۹۵/۱/۲٦ شمسی(۲۰۱٦/۰٤/۱٤ میلادی)

این سیلاب ناشی از بارش سامانه با الگوی همدیدی کم فشار سودان – واچرخند آفریقا می‌باشد. این سامانه از طولانی‌ترین سامانه‌های منجر به سیل در طول دوره آماری می‌باشد. این سامانه ٦ روز بر روی حوزه فعالیت داشته و تقریباً ۵ روز از فعالیت سامانه عمده ایستگاه‌های حوزه درگیر بارش بوده‌اند. سال آبی ۹۵-۱۳۹٤ با متوسط دبی سالانه ۱۹۷ متر مکعب بر ثانیه نسبت به میانگین بلندمدت آبدهی رودخانه دز (۲٤٤ متر مکعب) سال نسبتاً کم آبی است. این سال آبی با شاخص استاندارد ۱٤/۷ و دبی لحظه‌ای ۱۰۵۱۰ متر مکعب برثانیه جز سیلاب‌های بزرگ رودخانه دز در ایستگاه تله زنگ محسوب می‌شود. تحلیل هیدروگراف روزانه این سیلاب بیانگر این است که این سال آبی برخلاف سال‌های سیلابی دیگر رودخانه دز تقریباً تا اواسط بهمن ماه (زمان رخداد سیلاب)دارای آبدهی کمتر از میانگین بلندمدت داشته و از روز ۱۸۱ام تا روز ۲٤۱ام سال آبی(۳۰ام اردیبهشت ماه)به مدت ٦۰ روز دبی بالاتر از متوسط را داشته است(شکل ۲٤). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت سیلاب مذکور نتیجه ریزش بارش سنگین در مقطع زمانی کوتاه بوده است. بررسی بارش‌های و هیدروگراف ساعتی ایستگاه تله زنگ نشان می‌دهد که بارش تجمعی در سه ایستگاه تنگ پنج و تله زنگ در طول بارش‌های منجر به افزایش دبی روزانه و دبی لحظه‌ای ایستگاه تله زنگ شده است به ترتیب برابر با ۱۹۹و ۱٤۵ میلیمتر بوده است. مدت زمان تداوم سیلاب نیز حدود ۱۹٦ ساعت بوده است. علاوه برآن مدت زمان اوج سیلاب ۵۱ ساعت است(شکل ۲۵).

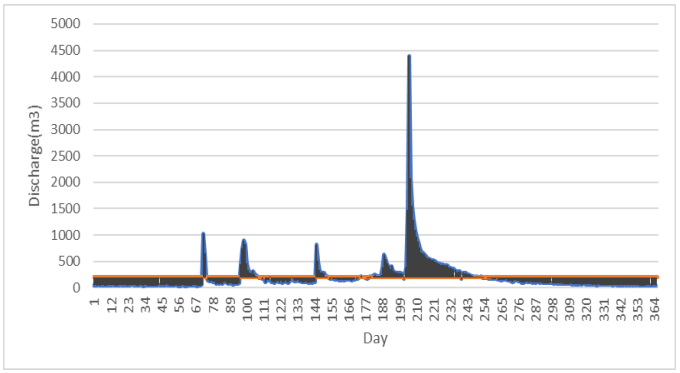
سیلاب ۱۳۹۸/۰۱/۰٦ شمسی(۲۰۱۹/۰۳/۲٦)

این سیلاب ناشی از بارش سامانه الگوی همدیدی سیکلون مدیترانه- واچرخند آفریقا می‌باشد این سامانه بارشی به مدت ٤ روز بر روی حوزه فعالیت داشته است. مقدار بارش این سامانه در روز ٦ فروردین ماه به اوج خود رسیده است. بالاترین مقدار بارش ثبت شده در این روز به مقدار ۱۳۳ و ۱۰۳ میلی‌متر در ایستگاه‌های ملایر و شول آباد رخ داده است. سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ با متوسط دبی سالانه ۳۹۵ متر مکعب بر ثانیه نسبت به میانگین بلندمدت آبدهی رودخانه دز(۲٤٤ متر مکعب) سال نسبتاً پرآبی است. این سال آبی با شاخص استاندارد ۱۱/۷ و دبی لحظه‌ای ٤۵۰۳ متر مکعب برثانیه جز سیلاب‌های بزرگ رودخانه دز در ایستگاه تله زنگ محسوب می‌شود. تحلیل هیدروگراف روزانه این سیلاب بیانگر این است که این سال آبی تا روز ۱۵۷ام سال آبی(هفتم بهمن ماه) بجز در روزهای ۷۵ام، ۹۰ام و ۱۲۳ام دارای آبدهی کمتر از میانگین بوده است. از هفتم بهمن ماه روند افزایش دبی شروع گردید و در روزهای ۷ و ۸ام بهمن ماه شروع شده و تا سیزدهم خرداد ماه به مدت ۹۸ روز بیشتر از میانگین سالانه تداوم داشته است. دبی روزانه ٤ الی ۱۲ام فروردین ماه با

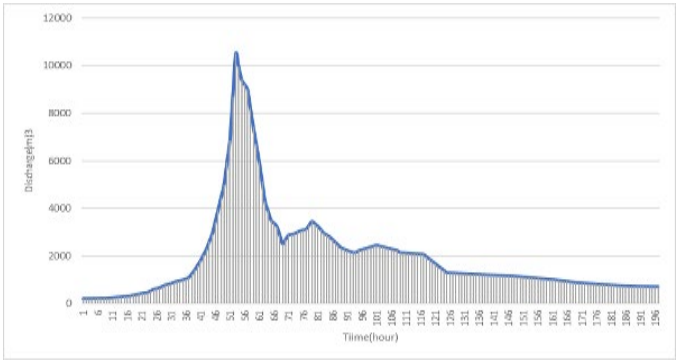
مقدار روزانه ٤٥٠٣ متر مکعب به اوج خود رسیده است(شکل شماره٢٦). بررسی بارش‌های و هیدروگراف ساعتی ایستگاه تله زنگ نشان می‌دهد که بارش تجمعی در ایستگاه شول آباد و خرم آباد در طول بارش‌های منجر به افزایش دبی روزانه و دبی لحظه‌ای ایستگاه تله زنگ به ترتیب برابر با ١٦٤،١٣٧ میلیمتر بوده است. مدت زمان تداوم سیلاب نیز حدود ١٩٣ ساعت بوده است. علاوه برآن مدت زمان اوج سیلاب ١٥ ساعت (از ساعت ٢٥ام تا ساعت ٤٠ام است. بررسی‌های آماری بارش نشان می‌دهد که بارش‌ها در این سال بر روی حوزه دز از دی ماه ٩٧ روند افزایشی داشته و طی ٢٨ اسفند ١٣٩٧ تا ٦ فروردین ١٣٩٨ به اوج خود رسیده است. مدت زمان تداوم سیلاب نیز حدود ١٨٣ ساعت و دبی اوج سیلاب لحظه‌ای ایستگاه تله زنگ برابر با ٤٥٠٣ متر مکعب درثانیه بوده است.

جدول۱۰. سیلاب۱۳۹۵/۱/۲٦ شمسی (۲۰۱٦/۰٤/۱٤ میلادی) و مقدار بارش ایستگاه‌های منطقه

ایستگاه	۱۱فوریه	۱۲آوریل	۱۳آوریل	۱٤آوریل	۱۵ اوریل	۱٦اوریل
	۲۳فروردین	۲٤فروردین	۲۵فروردین	۲٦فروردین	۲۷ فروردین	۲۸فروردین
تله زنگ		28	53	118	21.5	11
سپید دشت		8.6	58	78	75	5.7
سد دز		8.4	41	80.2	47.3	3.1
دزفول		4	16	14.5	12	0.5
حرمله		1	7	20	92.7	0
تنگ پنج		12.1	65	63.3	58.9	6.7
حسینیه		10.8	23.2	116.1	48.4	3.6
الیگودرز		19.3	20	32	105.5	0.1
بروجرد		37	70	74	102.3	0
ملایر		10.3	61	73	98.4	0
اهواز		0.8	3		23	
ایلام	5.80	41.20	1.5	28.3	22.2	8.9
خرم اباد	11.3	15.7	48.1	89	32	95
شهرکرد			11.6		63.2	1.8
یاسوج		9.4	23.4	4.9	21.31	5.7
الیگودرز	0.01	19.3	20	32	17.5	0.5
حسینیه	0	9	16		18	0
دزفول	0	8.1	2	21	0.01	0
پل دختر	1	27		4	11	0
کوهدشت	6.1	12	30		21.1	3
شول آباد	1.2	78			43	17
سپیددشت	0.5	32	58		21	5
بروجرد	0.2	37.1			5.1	0.2
جمع				۸٤۸.۳		



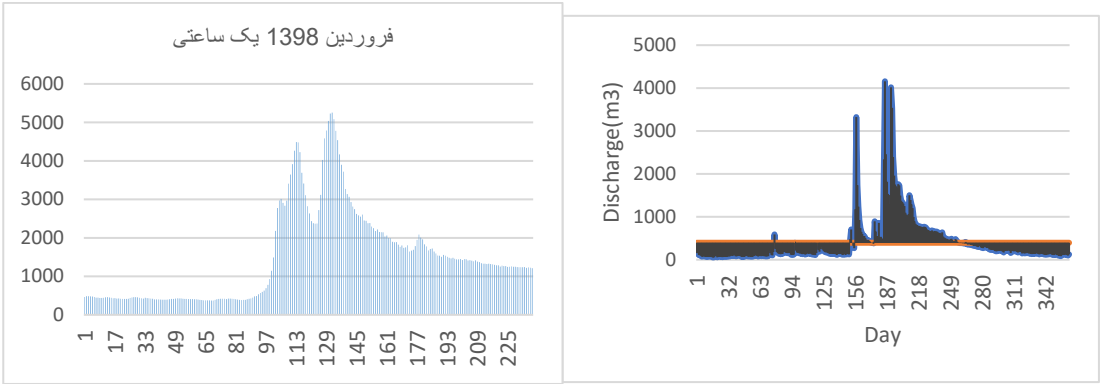
شکل۲٤. هیدروگراف روزانه ایستگاه تله زنگ سال آبی۹٦-۱۳۹۵



شکل۲۵. هیدروگراف ساعتی سیلاب فروردین ۱۳۹۵ایستگاه تله زنگ

جدول۱۱. سیلاب ۲۰۱۹/۰۳/۲٦ (۱۳۹۸/۱/٦)و مقدار بارش ایستگاههای منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	۳۰مارس	۳۱مارس	۱آوریل	۲آوریل
	فروردین٤	فروردین۵	فروردین٦	٦فروردین
تله زنگ	1.6	12.8	31.8	۲۲.۲
سپید دشت	1.9	11.9	31.6	۳۹.۷
سد دز	1.5	7.5	30	۱٦.۲
دزفول	0	10.7	31.9	۷.۹
حرمله	2	13	10	۵.۹
تنگ پنج	5	20	50	۳۰
حسینیه	0	8.8	41.1	۱۷
پل دختر	0	55.6		
کوهدشت	0.1	55	96	
شول اباد	4	57	103	
سپیددشت	0.01	25	73	
خرم اباد	0.01	52	85.4	
الیگودرز	3	14.5	40.2	۵۱.۵
اهواز	0.1	5.01	2.4	
بروجرد	0.7	46	93	۲۳
ملایر	0.2	42	88	۲٤.۲



شکل ۲۶. هیدروگراف ساعتی سیلاب ۱۳۹۸/۱/۱۰ و هیدروگراف روزانه ایستگاه تله زنگ سال آبی۹۸-۱۳۹۷

در تمام سیلاب های شدید اتفاق افتاده در طول دورهٔ آماری چند ویژگی همدیدی در تمام بارش های فوق سنگین تکرار شده است. تحلیل شرایط همدید الگوهای گردش جوی، در شناسایی عوامل موثر بر وقوع بارش های سنگین بسیار حائز اهمیت است؛ به ویژه آنکه این نوع بارش زمانی که به رواناب تبدیل می گردد، میتواند سبب سیلاب و پیامدهای ناگواری شود. زمانی که این مجموعه عوامل، در قویترین حالت خود ظهور کنند، بارش های سنگین و سیل‌آسایی شکل می‌گیرد که می‌تواند بر روی محیط طبیعی و انسانی اثرات مختلفی بگذارد. برای روز نماینده نقشه‌های مختلف در سطوح گوناگون جوی ترسیم گردید و هریک از این نقشه‌ها تحلیل و تفسیر شده اند تا شرایط ایجاد بارش‌های فوق سنگین و مداوم در حوضه دز شناسایی‌گردد. برای اینکه مشخص گردد بارش‌های فوق سنگین مشخص شده چقدر در تولید رواناب و ایجاد دبی‌های سیلابی نقش داشته اند، هیدروگراف مربوط الگو معین شده نیز ترسیم گردیدند. این هیدروگراف حجم آبدهی حوضه دز را در شرایط بارش سنگین مشخص می نمایند. اصولاً سامانه‌های بارشی با ویژگی حاره‌ای ساختاری شدید و رگباری دارند. این به دلیل دسترسی به منابع رطوبتی دریاهای گرم و ساختار دینامیکی و همدیدی سامانه‌های بارشی می‌باشد. در تمام سیلاب‌های شدید اتفاق افتاده در طول دوره آماری چند ویژگی همدیدی در تمام بارش‌های فوق سنگین تکرار شده است. در تمام سامانه‌های منجر به بارش‌های سنگین سامانه سودانی در لایه زیرین وردسپهر با گسترش شمال و شمال شرق سوی عامل اصلی فرارفت رطوبتی بر روی حوزه بوده است. این سامانه با توجه به ویژگی حرارتی مستعد دریافت رطوبت قابل ملاحظه‌ای از دریاهای گرم اطرف بوده است. این سامانه در بیشتر سامانه‌های انتقالی بصورت مستقل و در تعداد کمتری در حالت ادغام شده با سامانه‌مدیترانه‌ای شرایط لازم برای ایجاد ناپایداری‌های سطحی را فراهم نموده است. در تمام سامانه‌های منجر به بارش سنگین سامانه واچرخندی در تراز زیرین وردسپهر در حالت ادغام شده با زبانه پرفشار سیبری نقش اساسی را در فرارفت رطوبت دریاهای‌گرم عرب و عمان در گردشی واچرخندی بدرون سامانه سودانی داشته است. به همین دلیل در تمام سامانه‌های انتخابی هسته بسیار مرطوبی بر روی کشورهای سودان و اتوپی تشکیل شده بود. این رطوبت در لایه زیرین وردسپهر بوسیله سامانه سودانی پس از تقویت بر روی دریای سرخ بر روی حوزه فرارفت شده است. در نمونه‌های انتخابی در لایه میانی وردسپهر با جابجایی شرق سوی بر روی دریای عمان و شرق شبه جزیره عربستان شرایط مناسبی را برای گسترش جنوب سوی ناوه مدیترانه فراهم نموده است. در نتیجه در تمام سامانه‌های بررسی شده ناوه عمیقی در غرب آسیا بر روی غرب ایران و عراق شکل گرفته است. با عمیق شدن ناوه بر روی این منطقه و فرارفت تاوایی مناسب میدان‌های گسترده‌ای با امگای منفی بر روی حوزه آبریز شکل گرفته است. وجود این جریانات بالا سوی قوی و وجود رطوبت فراوان فرارفت شده در لایه زیرین وردسپهر جریانات همرفتی شدید بر روی حوزه شکل گرفته است. در تمام سامانه‌های بارشی واچرخند آفریقا بر روی کشورهای لیبی و الجزایر استقرار دارد. در تمام سامانه‌های سیل‌زا پشته‌ای از این واچرخند با گسترش شمال سوی تمام بخش‌های مدیترانه مرکزی و شرق اروپا سبب تشدید جریانات شمالی در شرق مدیترانه و غرب عراق

گردیده است. این جریانات شمالی با فرارفت سرد جنب قطبی و فرارفت تاوایی مناسب سبب ایجاد شیو دمایی و ژئوپتانسیلی در غرب آسیا شده است. جدول های ١٤و١٥ مشخصات سیل‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲. مشخصات سیل‌های انتخابی از جهت تداوم و دبی

تاریخ سیل	دوره فعالیت سامانه(روز)	دبی اوج(متر مکعب در ثانیه)	تداوم سیلاب(ساعت)	مدت زمان رسیدن به اوج(ساعت)	تأثیر بر دبی کل(روز)
۱۳۹۸	٤	٤٥٠٣	۱۹۳	۱۵	۹۸
۱۳۹۵	٦	۱۰۵۱۰	۱۹٦	۵۱	٦۰

جدول ۱۳-مشخصات سیل‌های انتخابی از نظر مدت زمان شروع و خاتمه

تاریخ	زمان شروع	زمان خاتمه	مدت سیل
فروردین ۱۳۹۵	ساعت ۰ روز ۱۱ فروردین	ساعت ٢٤ روز ۲۰ فروردین	۱۰روز
فروردین ۱۳۹۸	ساعت ۰ روز ۱ فروردین	ساعت ٢٤ روز ۹ فروردین	۹ روز

بالاترین دبی اوج به مقدار ۱۰۵۱۰ متر مکعب به سامانه فروردین ماه سال ۱۳۹۵ تعلق دارد. این سامانه به مدت ۱۰روز تدوام داشته است. مدت زمان رسیدن به اوج سیل ۵۱ ساعت بوده است که طولانی‌ترین زمان رسیدن به اوج در میان سامانه‌های انتخابی بوده است. ولی تداوم سیل این سامانه تفاوت زیادی با سایر سیل‌ها نداشته است. و در عین حال تأثیری که بر دبی بعد از سیل داشته است کمتر از سایر سامانه‌ها بوده است. یعنی این سیل فقط ٦۰ روز بعد از وقوع سیلاب دبی رودخانه را بالاتر از دبی میانگین نگه داشته است. توجه به جدول بارش این سامانه نشان می‌دهد که با وجود این که تداوم این سامانه بیشتر از سایر سامانه‌های انتخابی می‌باشد ولی حجم و مقدار بارش‌ها در ایستگاه‌ها از شدت کمتری برخوردار بوده است. نتایج این بررسی با مطالعات (Mohammadi et al.,2021; Mohammadi and Lashkari, 2018) همخوانی دارد.

نتیجه گیری

در بررسی لایه میانی وردسپهر در تمام سامانه‌های منجر به سیل سال ۲۰۱۹ ملاحظه شد سلول واچرخند عربستان با جابجایی شرق سوی بر روی دریاهای عرب و عمان و شرق شبه جزیره عربستان استقرار داشته است. در همین شرایط ناوه بسیار عمیقی در غرب ایران شکل گرفته است که انتهای جنوبی ناوه تا جنوب سودان و شمال اتیوپی گسترش داشته است. بنابراین جابجایی شرق سوی پرفشار عربستان و گسترش جنوب سوی قابل توجه ناوه مدیترانه‌ای و تشکیل یک مرکز کم ارتفاع بریده بر روی عراق مناسب‌ترین الگو برای بارش‌های ابر سنگین حوضه دز می‌باشد.این یافته منطبق با یافته های لشکری و کامسوی و سلیک می‌باشد. بر روی نقشه‌های همدیدی ترازهای زیرین و میانی وردسپهر سامانه ۲۰۱٦ ، واچرخند آفریقایی با گسترش شمال‌سوی قابل توجه بر روی شرق اروپا سبب بلوکه شدن ناوه غرب ایران شده است. در نتیجه دوره فعالیت سامانه با بیش از ٤ روز افزایش یافته است. بنابراین واچرخند آفریقا و توقف آن در شرق اروپا عامل اصلی طولانی شدن دوره فعالیت سامانه‌های بارشی منجر به سیل بر روی حوزه شده است. بنابراین سامانه آزرورس نقش چندانی در طولانی شدن دوره فعالیت سامانه ها بر روی حوزه نداشته است. یافته مذکور همسو با یافته‌های رضایی و همکاران و همچنین یافته رضایی بنفشه و همکاران است. در بررسی دبی سیل سامانه‌های بارشی فوق‌سنگین ملاحظه شد در تمام سامانه‌های بارشی منتخب دبی اوج سیلاب‌ها با تأخیری ۱۲ تا ٢٤ ساعته از روز اوج بارش‌های سامانه دبی بسیار شدیدی را ایجاد کرده‌اند. به‌طوری که در سیلاب‌های سال‌های ۲۰۱۹ با دبی اوج ٤٥۰۳ متر مکعب در ثانیه، سیل سال ۲۰۱٦ با دبی اوج۱۰۵۱۰ متر مکعب بر ثانیه ضمن این که از سیل‌های بسیار سنگین دوره مطالعاتی بوده‌اند. مقادیر دبی بدلیل بارش‌های فوق سنگین کوتاه مدت با شدت‌های بیش از ۱٦۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر در برخی از ایستگاه‌ها بصورت تصاعدی هندسی در ایستگاه‌های هیدورومتری ثبت

شده‌اند. بنابراین روند افزایشی رواناب سطحی نسبت با افزایش شدت بارش‌ها روند تصاعدی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از سازمان آب و برق خوزستان دفتر پژوهش‌های کاربردی و دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز که اطلاعات مورد نیاز این پژوهش که مستخرج از رساله اینجانب می‌باشد را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاسگزاری می شود.

منابع

1- Ahmadi Givi, Farhang; Mirzaei, Mohammad. (2006) Dynamic investigation of the shear front of rough surfaces in three circulation systems over Iran and the Middle East. Earth and Space Physics Magazine, Volume 33, Number 2.
2- Komuscu, A. u., & celik, S. (2013). Analysis of the Marmara flood in Turkey, 7–10 September 2009: an assessment from hydrometeorological perspective. Natural hazards, 66(2): 781-808. DOI: 10.1007/s11069-012-0521-x
3- Lashkari, H. (1381). Routing the entry of Sudanese low-pressure systems to Iran, space planning and preparation. 6(2): 157-133.
4- Lashkari, H. (1382). Mechanism of formation, strengthening and development of Sudan low pressure center and its role on rainfall in South and Southwest of Iran, Geographical Research, 46: 88-52.
5- Rezaei Banafsheh, M., Jafari Shandi, F., Alipour, H., and Jezi, F. (2016). Collaborative analysis of pressure patterns related to blockages affecting the occurrence of continuous and heavy rains in Tabriz (during the years 1330 to 1392). Geography and Planning, 24(71): 105-123.
6- Rudari, R., Entekhabi, D., Roth, G. 2005. Large-scale atmospheric patterns associated with mesoscale features leading to extreme precipitation events in Northwestern Italy, Advances in Water Resources. 28. pp: 601–614.