

## شناخت سیستمهای سینوپتیکی سیل‌زا در جنوب دریای خزر

### مطالعه موردی: حوضه سفارود

#### چکیده:

جهت مطالعه سیستم‌های سینوپتیکی سیل‌زا در حوضه‌ی سفارود، دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری پونل در دوره آماری ۱۹۶۱-۱۹۹۸ مطالعه و براساس آستانه اختلاف فاحش در این حوضه ۲۰۷ روز همراه با پدیده سیل به دست آمد. با بررسی و طبقه‌بندی سیلابهای فوق، ۴۰ سیل با دبی بالا مطالعه و در نهایت ۱۷ سیل شاخص (با اطلاعات کامل) از بین این سیلابها انتخاب گردید و نقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این سیلابها برای سه روز قبل تا یک روز بعد از وقوع سیل مطالعه و براساس آن الگوهای سیل‌زا شناسایی و طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل و نتایج زیر حاصل شد:

۱- بررسی روزهای بارانی همراه با پدیده سیل، نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد سیلابها در زمانی رخ داده که حوضه‌ی سفارود فاقد بارش بوده است و با توجه به زمان وقوع این سیلابها - ماههای اسفند (مارس) و فروردین (آوریل) - این نتیجه به دست می‌آید که منشاء این سیلابها از ذوب برف است.

- ۲- ماههای شهریور، مهر و آبان بیشترین تعداد سیل را دارا بوده، این ویژگی با رژیم بارش آن تطابق دارد حدود ۴۴ درصد سیلابهای حوضه در این سه ماه دریافت می گردد.
- ۳- کمترین فراوانی سیلاب (با میزان ۱۲ درصد) به ترتیب مربوط به ۴ ماه دی (ژانویه)، تیر (ژوئیه)، مرداد (اوت) و اردیبهشت (مه) است.
- ۴- حدود ۷۰/۶٪ سیلابها زمانی ایجاد می گردد که محور ناوه مستقر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب خزر قرار گیرد. عامل ایجاد بقیه سیلابها واپرخندها (۲۵/۳٪) و چرخندهای (۵/۸۸٪) سطح زمین است. معیار این تقسیم بندی براساس الگوهای سینوپتیک در روز وقوع سیل با توجه به زمان تأخیر که در این حوضه ۱۲/۵۴ ساعت می باشد. به دست آمده است. منابع رطوبتی عمده این سیلابها دریای خزر، مدیترانه و دریاچه آرال است.

**کلید واژه ها:** سینوپتیک، سیلاب، شفارود

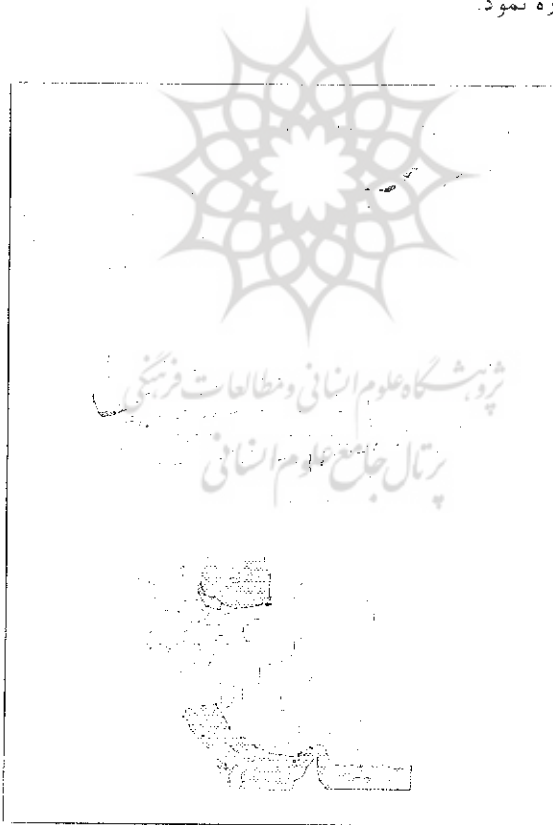
## مقدمه

سیلاب از فراوانترین و زیانبارترین بالایای طبیعی در کشور است. مطالعه‌ی این پدیده در حوضه‌های آبریز کشور، به ندرت به صورت علت و معلولی انجام شده است. بررسی‌های موجود عمدتاً در زمینه بررسی خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها و نقش آن در روندیابی سیل انجام گرفته و کمتر به سیستم‌های سیل‌زا توجه شده است. بدین جهت ضروریست که حوضه‌های آبریز کشور هم از نظر سینوپتیکی و هم از نظر هیدرولوژیکی بررسی و شناسایی شوند تا بتوان با تلفیق نتایج حاصله، به یک پیش‌بینی و پیشگیری قابل قبول دست یافت.

هدف این پژوهش نیز بررسی مکانیزم حرکت، چگونگی تکوین و تقویت سیستمهای سینوپتیکی و نقش آن در ایجاد سیل در جنوب دریای خزر و به صورت موردی در حوضه شفارود، در جنوب غربی دریای خزر در استان گیلان می باشد، که با استفاده از داده‌های

هیدرومتری روزهای سیلابی مشخص و براساس نقشه‌های سینوپتیکی الگوهای منجر به شناسایی و مطالعه شده است.

محدوده‌ی مطالعاتی شامل حوضه سفارود با مساحتی معادل  $۳۴۹/۹$  کیلومتر مربع در غرب استان گیلان و شرق ارتفاعات تالش واقع است که بین مدارهای  $۳۷$  درجه و  $۲۵$  دقیقه الی  $۳۷$  درجه و  $۳۴$  دقیقه و  $۳۰$  ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل شماره ۱). این حوضه از سمت شمال به حوضه‌ی رودخانه ییلمبر، از شرق به دریای خزر، از جنوب و جنوب غرب به حوضه‌ی چاف رود، از سمت غرب به حوضه‌ی آبریز شاهرود (سرشاخه‌های سفیدرود) در استان اردبیل محدود می‌گردد. از شهرهای مهم درون حوضه می‌توان به رضوانشهر و پونل اشاره نمود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه سفارود

## پیشینه‌ی تحقیق

مطالعات زیادی در ارتباط با سیلاب و الگوهای سینوپتیک در نقاط مختلف جهان انجام گرفته است از جمله این تحقیقات عبارتند از: استفاده‌ی آب و هواشناسی برای تعیین رخداد دبی نمونه (یارنال و فرانکس ۱۹۹۷). کاربرد اطلاعات سطح زمین و جو در تعیین آب و هوای سینوپتیکی و متغیرهای سطح زمین (کیدسون، ۱۹۹۷)، تغییرات بارش در سواحل غربی شبه جزایر منجمد جنوبی از دید سینوپتیکی (ترنر و همکاران، ۱۹۹۷)، تاثیر سیستم‌های بارش در مقیاس سینوپتیک و سیاره‌ای بر روی حوضه آبریز مکنزی (لاکمن و گیلکام ۱۹۹۶).

ترنر و همکاران (۱۹۹۷) برای تحلیل تغییرات بارش در سواحل غربی شبه جزایر منجمد جنوبی از مقادیر بارش دو ایستگاه استفاده کرده‌اند که در یکی از این ایستگاه‌ها، از سال ۱۹۵۶ به بعد یک افزایش وقوع بارش در فصل زمستان وجود داشته به طوری که ۵۰ درصد یا بیشتر وقوع بارندگی در طول دهه ۱۹۵۰ را نشان می‌دهد. در ایستگاه دیگر نیز افزایش وقوع بارش وجود داشته لیکن در سال پایه مطالعاتی وقوع بارش با دمای شبه جزایر منجمد جنوبی ارتباطی نداشته و با فعالیت سیستم‌های سینوپتیکی ارتباطی نزدیک داشته است. کنراد در بررسی بارندگی‌های سنگین جنوب شرق ایالات متحده آمریکا از ۳۱۲ بارش سنگین که ۱۴ پارامتر و ویژگی سینوپتیکی وقوع و مقدار بارش سنگین را نشان می‌دهد و یک طرح سینوپتیکی برای طبقه‌بندی وقوع بارش‌های سنگین به شمار می‌رود، با استفاده از خصوصیات و ویژگی‌های رژیم سینوپتیکی را بررسی نموده است.

در زمینه‌ی الگوهای سینوپتیکی و وقوع سیلاب در ایران و حوضه‌ی دریای خزر مطالعات محدودی انجام گرفته است. از آن جمله باقری (۱۳۷۲) به بررسی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران براساس الگوهای سینوپتیک پرداخته است. خوشحال دستجردی (۱۳۷۶) به تحلیل و آرایه‌ی مدل‌های سینوپتیک آب و هواشناسی در مورد بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته و نتیجه می‌گیرند که بارانهای بیش از ۱۰۰ میلی‌متر، در سواحل جنوبی دریای خزر، هم در اثر ورود و استقرار زبانه‌ی سیستم‌های واچرخندی و هم در اثر ورود استقرار سیستم‌های چرخندی بر روی این دریا فرو می‌ریزد. بررسی سینوپتیکی

امواج ناشی از طوفانهای دریای خزر از (آل احمد، ۱۳۷۴) این استنباط را به دست می‌دهد که طوفانهای دریای خزر به علت استقرار زبانه‌های پرفشار که سبب وزش بادهای شدید شمال و شمال غربی و یا شمال شرقی می‌باشند، به وجود می‌آیند.

همچنین تقیان (۱۳۷۸) در بررسی نمونه‌هایی از سیستم‌های باران‌زا در سواحل جنوبی دریای خزر به این نتیجه رسیده که بارندگی‌های قابل ملاحظه در سواحل جنوبی دریای خزر ناشی از سیستم‌هاچرخند حرارتی است. وحیدی (۱۳۷۶) در مطالعه و بررسی سینوپتیکی آماری بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر، نقش عوامل محیطی بویژه آب گرم دریا را در فرا رفت افقی هوای سرد مورد بررسی قرار داده است. جهانبخش و کرمی (۱۳۷۸) نیز به تحلیل سینوپتیکی تاثیر پرفشار سبیری بر بارش سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که بارشهای پاییزی جنوب خزر در اثر وزش هوای سرد سبیری و همرفت وزشی به وجود می‌آیند، در حالی که در فصل گرم بارشهای منطقه ناشی از اغتشاشات جوی از منشاء مدیترانه و همرفت حرارتی است. با توجه به ابعاد خسارت سیل و فراوانی وقوع آن بویژه در سالهای اخیر کار، گسترده و جامعی درباره منشاء و عوامل سینوپتیکی سیلابهای حوضه‌های رودخانه‌ای انجام نگرفته و در این تحقیق سعی شده تا به چنین مسأله‌ای در حوضه سفارود پرداخته شود.

### مواد و روش‌ها

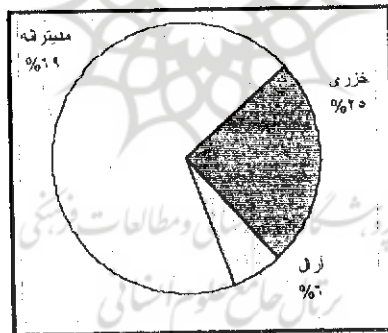
داده‌های مورد نیاز برای بررسی سیستم‌های سینوپتیکی سیل‌زا در حوضه‌ی سفارود، شامل دبی متوسط روزانه‌ی ایستگاه هیدرومتری پونل در دوره آماری ۳۷ ساله ۹۸-۱۹۶۱ میلادی (سال‌های ۱۳۴۱ تا ۱۳۷۷ ه. ش) و نقشه‌های سینوپتیک است. بدین ترتیب که با مطالعه اولیه دبی ایستگاه فوق ۲۰۷ روز همراه با پدیده‌ی سیلاب در دوره‌ی آماری موردنظر به دست آمد. با مطالعه‌ی بارش روزانه سیلابهای فوق، این نتیجه حاصل شد که ۳۱ درصد (۶۷ روز) سیلاب‌های حوضه از منشاء بارش نبوده و عمدتاً ناشی از ذوب برف است.

جدول شماره ۱ - توزیع تعداد و درصد ماهانه سیلاب‌های ایستگاه پونل (۱۹۹۸ - ۱۹۶۱)

ماه	تعداد سیل	درصد
J	۳	۱/۵
F	۱۲	۵/۸
M	۲۶	۱۲/۶
A	۲۷	۱۳
M	۹	۴/۵
J	۱۶	۷/۷
J	۵	۲/۴
A	۸	۳/۹
S	۳۱	۱۵
O	۳۳	۱۵/۹
N	۲۷	۱۳
D	۱۰	۴/۸
سالانه	۲۰۷	۱۰۰

بدین ترتیب، با بررسی بقیه سیلابها (۱۴۰ سیل باقیمانده) و عدم دستیابی به اطلاعات جامع و کامل همه‌ی این سیلاب‌ها ۴۰ سیل استخراج و مورد مطالعه قرار گرفت و از بین این سیلاب‌ها نیز ۱۷ سیلاب شاخص با اطلاعات آماری و سینوپتیکی کامل جهت تجزیه و تحلیل سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا انتخاب گردید. در جدول شماره ۱، فراوانی و درصد وقوع سیلابهای حوضه به تفکیک ماه نشان داده شده است.

در مرحله‌ی بعد با مراجعه به اطلس نقشه‌های سینوپتیکی روسیه و سازمان هواشناسی کشور، نقشه‌ی دوره‌های وقوع سیلاب برای سیلاب‌های منتخب در ۲ تراز سطح زمین و ۵۰۰ هکتویاسکال از ۳ روز قبل از تا یک روز بعد از وقوع سیلاب استخراج گردید. پس از بررسی اولیه‌ی نقشه‌های سینوپتیکی سیلاب‌های منتخب، کلیه نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار اتوکلد ۱۴ تهیه و با مبنا قراردادن نقشه‌های سطح تراز ۵۰۰ هکتویاسکال، الگوهای کلی استخراج و در ادامه‌ی الگوهای منجر به سیل براساس منشاء به سه الگوی مدیترانه‌ای، منطقه‌ی خزر و دریاچه‌ی آرال تقسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند؛ به طوری که از سیلاب‌های منتخب به ترتیب سیستم‌های فوق ۶۹ درصد از منشاء سیکلونهای مدیترانه، ۲۵ درصد منطقه‌ی خزر و حدود ۶ درصد از منشاء دریاچه‌ی آرال به دست آمد (شکل ۲).

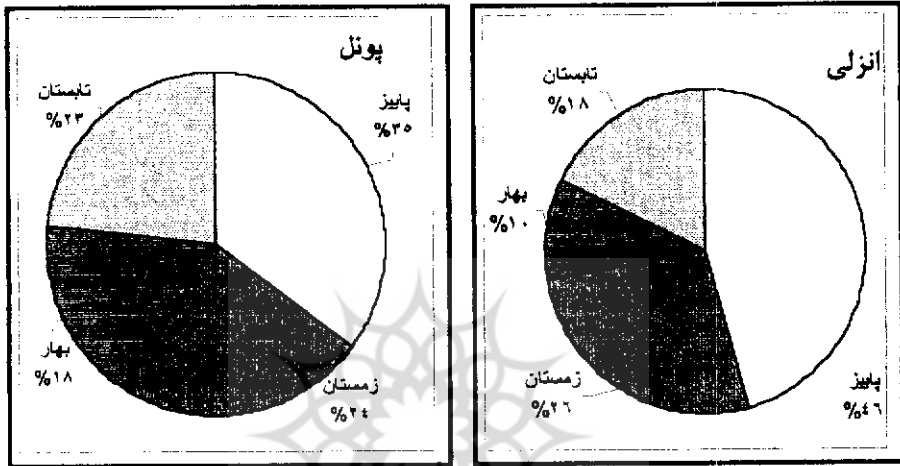


شکل ۲- فراوانی سیستمهای باران‌زا در حوضه شقارود

### رژیم بارش در حوضه‌ی شقارود

بارش حوضه‌ی شقارود همانند سواحل جنوبی دریای خزر از اوایل شهریور ماه افزایش یافته تا اواخر زمستان تداوم دارد. به طوری که فصل پاییز در این حوضه با بیش از ۳۵ درصد نزولات جوی، بیشترین و فصل بهار با ۱۷/۶ درصد کمترین میزان نزولات را داراست.

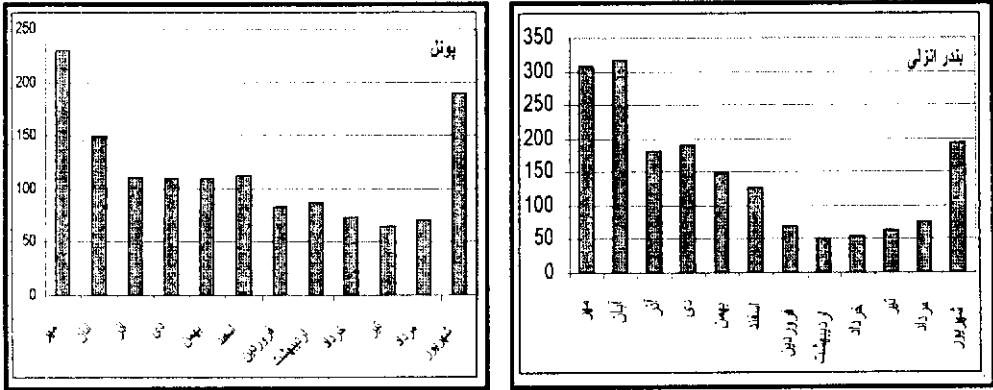
دو فصل زمستان و تابستان تقریباً دارای بارش برابر بوده با این تفاوت که بارش سه ماه زمستان تقریباً یکسان، ولی در فصل تابستان بیشترین حجم نزولات با میزان ۱۹۰ میلی‌متر در شهریور ماه متمرکز بوده است (شکل شماره ۳).



شکل ۳ - رژیم فصلی بارش حوضه

دوره‌ی نسبتاً کم باران حوضه از اواسط فروردین آغاز و تا تابستان ادامه دارد. از اواخر مرداد ماه به تدریج بر میزان بارش افزوده می‌شود و در نهایت در ماه‌های شهریور و مهر به حداکثر خود می‌رسد. در مجموع بارش حوضه در تمام ماه‌های سال بالا بوده، در هیچ ماهی به کمتر از ۶۰ میلی‌متر نمی‌رسد (شکل ۴). میزان بارش سالانه در ایستگاه پونل ۱۳۹۰ میلی‌متر و در ایستگاه بندر انزلی حدود ۱۷۵۴ میلی‌متر به دست آمده است. مقایسه بارش حوضه با سواحل جنوبی خزر نشان می‌دهد که حوضه‌ی شفارود در مجاورت تالاب انزلی و هسته‌ی پر باران جنوب دریای خزر قرار داشته و از پر باران‌ترین بخش‌های جنوبی این دریا می‌باشد.





شکل ۴- رژیم ماهانه بارش حوضه

بررسی بارش روزانه و حداکثر ۲۴ ساعته حوضه نشان می‌دهد که تعداد روزهای بارانی در داخل حوضه به طور متوسط ۹۰ روز بوده (معادل یک فصل سال) و ما بین حداقل ۵ و ۴/ روز در تیر ماه تا حداکثر ۹/۵ روز در اسفند در نوسان می‌باشد. این پارامتر در ایستگاه بندر انزلی به چهار ماه و نیم در سال افزایش می‌یابد. رطوبت کافی، فراهم بودن شرایط صعود، مسیر سیستم‌های باران‌زا، موقعیت حوضه نسبت به مسیر حرکت آنها و وجود ارتفاعات تالش از مهمترین عوامل بالا بودن میزان بارش در این حوضه است. براساس بررسی‌های انجام شده (علیچانی، ۱۳۷۵) در خط ساحل، تعداد روزهای همراه با بارش از مرکز پیشینه‌ی بندر انزلی به سمت غرب و شرق کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که به ترتیب در آستارا به ۸۵ روز و در گرگان به ۷۰ روز می‌رسد. بررسی حداکثر ۲۴ ساعته نیز نشان دهنده‌ی حجم بالای بارش روزانه در این حوضه می‌باشد، چنان‌که در ایستگاه پونل این پارامتر بین حداقل ۸۵ میلی‌متر در دوره‌ی برگشت دو ساله تا ۱۸۰ میلی‌متر در دوره‌ی برگشت ۱۰۰ ساله محاسبه شده است. داده‌های حاصل با توزیع آماری گامبل برازش مناسبی را نشان می‌دهد.

### بررسی سینوپتیکی الگوهای سیل‌زا در حوضه‌ی سفارود

با بررسی داده‌های ایستگاه هیدرومتری پونل و انطباق آن با نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این نتیجه حاصل شد که عمده‌ی سیلاب‌های منطقه از نوع سیکلونی بوده، که در بستر بادهای غربی در تراز فوق شکل می‌گیرند. مرکز این سیستم‌ها با توجه به آرایش خطوط ایزوبار در نمونه‌های مورد بررسی در روز وقوع سیلاب، در یکی از سه موقعیت مدیترانه‌ای، خزری و دریاچه‌ی آرال مستقر می‌گردند. سیستم‌های سیل‌زا از منشاء مدیترانه هم از نظر فراوانی و هم از نظر شدت سیل نسبت به دو سیستم دیگر قوی‌تر می‌باشند. سیستم‌های انتخابی دو مورد در اکتبر (مهرماه) و یک مورد مربوط به ماه اوت (مرداد) می‌باشد. آرایش خطوط فشار نیز با توجه به زمان وقوع سیل در ارتباط با سطوح بالا متغیر بوده که در زیر به بررسی این سه سیستم پرداخته می‌شود.

#### ۱- الگوهای منجر به سیل از منشاء چرخند مدیترانه

نمونه‌ی سیل مورد مطالعه برای این سیستم مربوط به ۱۷ اوت (مرداد) ۱۹۸۷ است. دبی سیلاب در این روز برابر ۱۸۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد که یکی از بالاترین سیل‌های ثبت شده در این حوضه است.

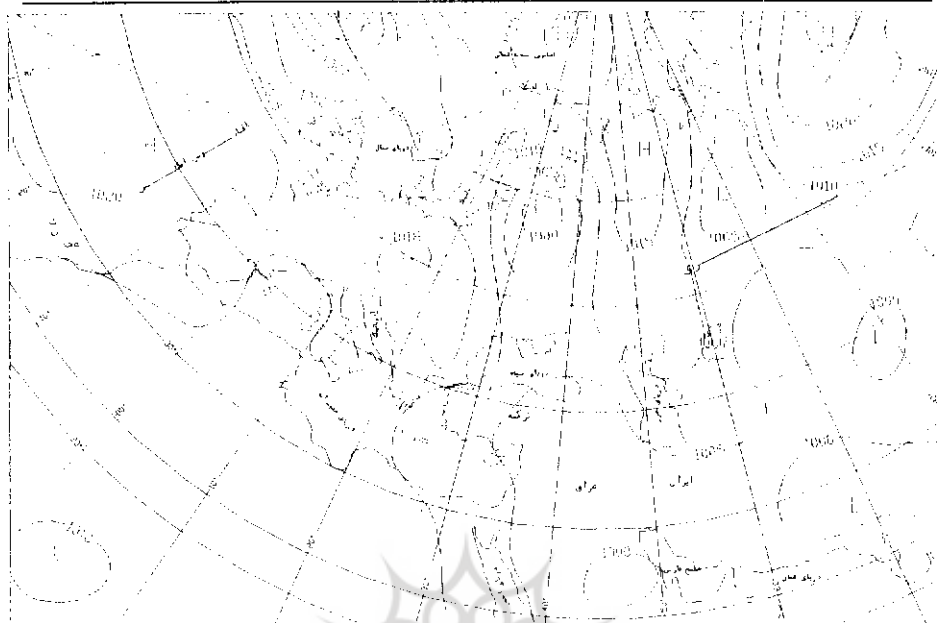
در این زمان ایران زیر نفوذ سیستم پرفشار مجاور مداری قرار دارد. اثرات این سیستم بر حوضه‌ی مطالعاتی کمتر از سایر نقاط کشور است. بر این اساس هرگاه شرایط صعود فراهم گردد، به دلیل وجود رطوبت کافی بارش‌های شدید تقریباً منجر به سیل در سطح حوضه، انجام می‌گیرد. با بررسی نقشه‌ی سطح زمین در روز ۱۵ اکتبر (۲ روز قبل از وقوع سیل) یک الگوی کم فشار با دو مرکز بر روی اقیانوس اطلس و مرکز اروپا مشاهده می‌شود.

دریای خزر در این روز متأثر از دو سیستم کم فشار مستقر بر روی خلیج فارس و زیانه‌های پرفشار مستقر بر روی دریای سیاه می‌باشد. در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک سلول واچرخندی در شرق مدیترانه و یک سیستم چرخند قوی بر روی قطب مشاهده می‌گردد. محور ناوه‌ی این سیستم تقریباً در امتداد مدار ۴۰ درجه‌ی غربی از شرق دریای سیاه عبور

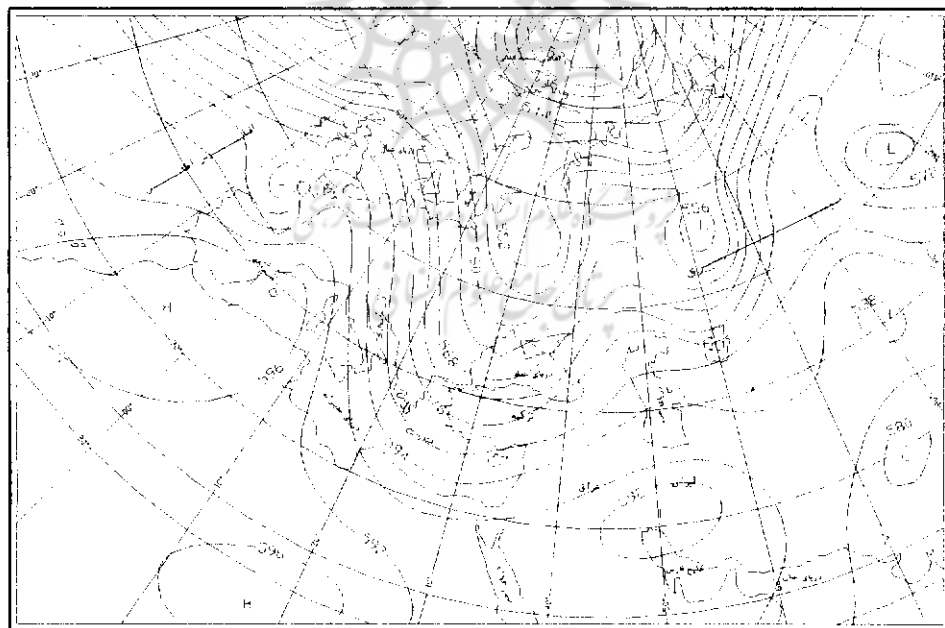
نموده، اثر این سیستم بر دریای خزر اندک و در سطح زمین نیز در ایستگاه پونل باران ثبت نشده است.

در روز ۱۶ اکتبر کمربند همگرایی حاره به سمت عرضهای بالاتر کشیده شده، سیستمهای چرخندی ناشی از آن با دو مرکز بر روی دریای سرخ و دریای عمان سبب گسترش زبانههای ناشی از آن تا جنوب البرز می‌گردد. در این روز در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ناووی قطبی با جابه جایی به سمت شرق باعث رانش هوای سرد به روی خزر می‌گردد. محور ناووی این سیستم نیمه شمالی خزر را متاثر می‌سازد. بادهای غربی نیز بالاتر از پرفشار جنب حاره از روی شرق مدیترانه عبور و حوضه‌ی شفارود را متاثر می‌سازند در این روز حدود ۲۸ میلیمتر بارش در ایستگاه پونل به ثبت رسیده است.

در روز ۱۷ اکتبر کم فشار مستقر بر روی دریای سیاه از منطقه خارج و سواحل دریای خزر تحت تاثیر دو سیستم از جهت متفاوت قرار دارد. از سمت جنوب زبانههای ناشی از کمربند همگرایی حاره تا شمال کشور امتداد داشته و در برخورد با سیستم پرفشار مستقر بر روی روسیه که محور پشته‌ی آن تا مرکز خزر کشیده شده است شرایط را در سطح زمین برای ریزش‌های شدید فراهم می‌نماید. ایستگاه پونل در این روز ۱۱۷ میلی‌متر بارش دریافت نموده است. در غرب سیستم پرفشار روسیه یک سیستم کم فشار با میزان ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی شرق اروپا و یک سیستم پرفشار در شمال مدیترانه مشاهده می‌گردند و به وقوع سیل کمک می‌نمایند. در این روز کم فشار قطبی و الگوی روز قبل کمی متمرکز کشیده شده ناووی این سیستم بین مدار ۲۰ تا ۳۰ درجه تا شرق دریای مدیترانه کشیده شده و باعث انتقال هوای گرم و مرطوب از مدیترانه در حوضه‌ی مطالعاتی می‌گردد (شکل شماره ۵ و ۶). در روز ۱۸ اکتبر با انتقال و جابجایی سیستم‌های روز قبل به سمت شرق حوضه بارش قطع و سیل متوقف می‌گردد.



شکل ۵- الگوی آرایش ایزوباری در سطح زمین در روز ۱۷ اوت ۱۹۸۷



شکل ۶- الگوی آرایش کنتوری در تراز ۵۰۰ مکتوپاسکال در روز ۱۷ اوت ۱۹۸۷

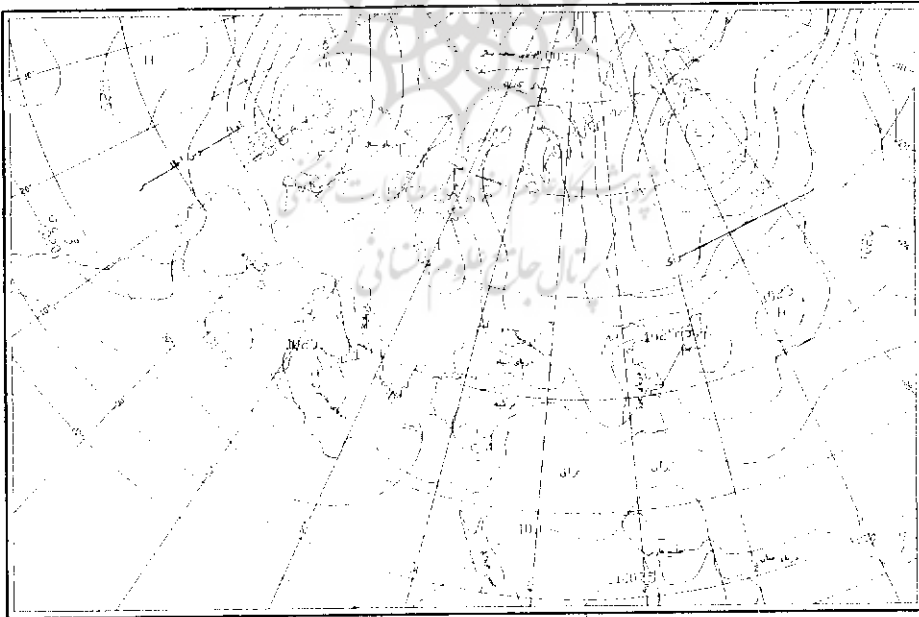
## ۲- الگوهای منجر به سیل از منشاء دریای خزر

الگوی انتخابی برای این سیستم مربوط به روز ۱۵ اکتبر سال ۱۹۷۵ با دبی ۳۵ مترمکعب در ثانیه است. در روز دهم اکتبر یک سیستم واچرخندی با دو مرکز بر روی اطلس مستقر می‌باشد که یکی مرکز آن بر روی جزایر بریتانیا و مرکز دیگر آن بر روی جنوب شرق دریای آدریاتیک قرار دارد. هر دو مرکز با ایزوبار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بسته شده‌اند، زبانه‌ی مرکز دم تا شمال غرب دریای خزر رسیده است. در شمال این سیستم یک سیستم چرخندی (چرخند قطبی) قرار گرفته که مرکز آن با ایزوبار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بسته شده است. ناوهِ این چرخند تا شمال دریاچه‌ی آرال پایین رفته است. در این روز بر روی ایران نیز یک سیستم کم فشار قرار گرفته که مرکز آن بر روی مدار ۳۰ درجه در شمال شرق خلیج فارس قرار دارد و ناوهِ معکوس آن در جهت شمال غرب خود را تا جنوب شرق دریای سیاه رسانده است. در این روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ریح (پشته) بر روی اقیانوس اطلس وجود دارد که قله‌ی آن تا مدار قطبی می‌رسد. در روزیازدهم بر روی اروپای غربی یک چرخند مشاهده می‌گردد و با آرایش موج‌های کوتاه در شمال خلیج فارس نیز یک چرخند شکل گرفته که با چرخند نقشه‌ی سطح زمین و شمال خلیج فارس تطبیق دارد با توجه به محور نزدیک به قائم این چرخند از سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی آن، و با توجه به تداوم گرما در هسته این سیستم؛ دوام چندانی نخواهد داشت. وجود جت در این تراز در شمال دریای خزر شرایط کلاسیک را برای ریزش باران در این روز به وجود آورده است.

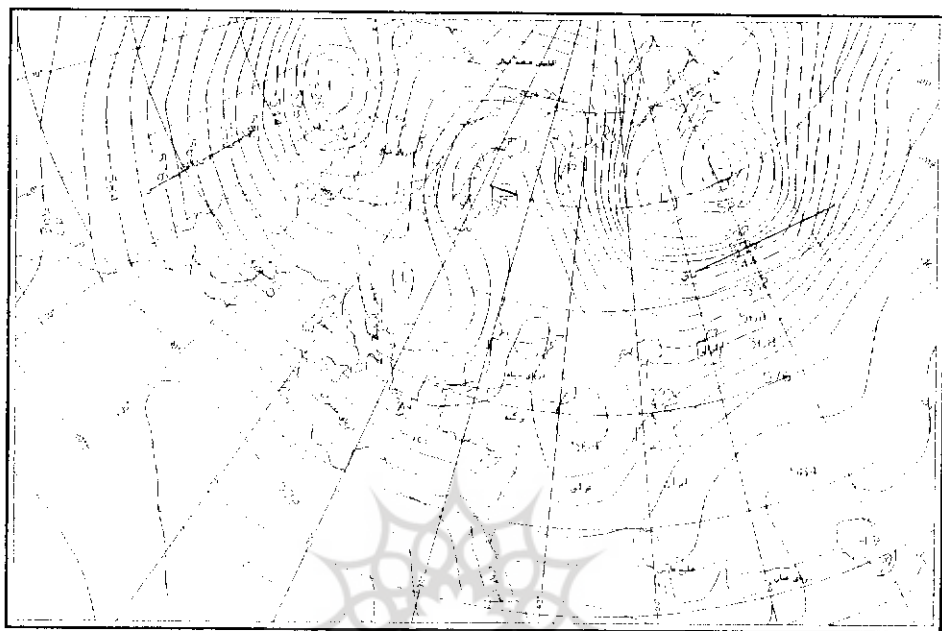
این امر موجب شده تا ایزوبار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال در جنوب دریای خزر واقع شده و گرادیان فشار در روی نصف‌النهار ۵۱-۵۰ درجه طول شرقی به حداکثر خود برسد. در این روز ۲ جبهه‌ی طویل یکی در جنوب تهران و دیگری در شمال مدار ۶۰ درجه عرض جغرافیایی بر روی خزر وجود دارد. همچنین یک سیستم چرخند محلی در جنوب شرق دریاچه‌ی آرال دیده می‌شود.

در روز سیزدهم سیستم واچرخندی اطلس باز هم به شرق حرکت کرده و به صورت تک مرکزی درآمده است. فشار مرکزی آن با ایزوبار ۱۰۳۵ هکتوپاسکال بسته شده، در شمال

دریای سیاه قرار دارد. در این روز زبانه‌ی سیستم و اچرخندی از نیمه شمالی دریای خزر گذشته و چرخند شمال شرق خلیج فارس از بین رفته و چرخند جنوب دریاچه‌ی آرال به سمت غرب کشیده شده است. در این روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و اچرخند اطلس کاملاً بر روی اروپا قرار گرفته و به صورت یک و اچرخند اروپایی خود نمایی می‌کند که دارای ۲ مرکز، یکی بر روی دریای بالتیک و دیگری بر روی شمال غرب دریای سیاه مستقر می‌باشد. همچنین ناوهای اروپایی باریکتر شده و محور آن از شمال غرب دریای خزر گذشته و به روی دریای سیاه کشیده شده است. همانگونه که انتظار می‌رود محور آن از شمال شرق خلیج فارس در این روز از بین رفت. این امر باعث شده تا ناوهای اروپایی با وجود حرکت به سمت شرق باریک‌تر شده، محورش بر روی دریای خزر قرار نگیرد و لذا فرا رفت هوای سرد از شمال به جای دریای خزر بر روی دریای سیاه ریزش نماید. این شرایط شیب ایزوباری را در نقشه‌ی سطح زمین در خط ساحلی توجیه می‌کند.



شکل ۷ - الگوی آرایش ایزوباری در سطح زمین در روز ۱۵ اکتبر ۱۹۷۵



شکل ۸- الگوی آرایش کنتوری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۵ اکتبر ۱۹۷۵

در روز چهاردهم چرخند اطلس باز هم به سمت شرق حرکت نموده و زبانهای آن در امتداد نصف النهار ۷۴ د- ط- ج گسترش یافته است. گرادیان فشار به دلیل آرایش فشرده‌تر ایزوبارها بر روی دریای خزر به شدت افزایش یافته، جهت ایزوبارها از شمال شرق به جنوب غرب از روی دریا می‌گذرد. در این روز بارش‌های شدیدی در جنوب غربی خزر و حوضه‌ی شفارود به ثبت رسیده و به طوری که دیده می‌شود، گرادیان فشار در این گوشه‌ی دریای خزر که محدوده‌ی شفارود را نیز در بر می‌گیرد به حداکثر رسیده، در حوالی منطقه‌ی رامسر به سطح دریا کشیده می‌شود و در این روز دبی رودخانه‌ی شفارود افزایش یافته که حاکی از بارش‌های شدید بوده و در ایستگاه انزلی نیز ۲۳۰ میلی‌متر بارش ثبت شده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در این روز در اثر حرکت و اچرخند اطلس به سمت شرق، در شرق دریای سیاه و در درون موج کوتاه روز قبل، یک چرخند ایجاد شده است. چرخند اروپایی نیز به سمت شرق حرکت دریای کرده و انتهای ناوه‌ی آن در شمال شرق خزر قرار دارد، به طوری که اگر

محور ناوهی آن ترسیم گردد امتداد آن از روی دریا گذشته و به محور ناوهی شرق دریای سیاه می‌پیوندد، این شرایط باعث فرا رفت هوای سرد از شمال به روی دو دریا و به خصوص دریای سیاه شده است. الگوی آرایش کنتوری این روز نیز با الگوی آرایش ایزوباری نقشه‌ی سطح زمین کاملاً تطبیق دارد.

در روز پانزدهم سیستم و اچرخندی باز هم به سمت شرق حرکت می‌کند که مرکز آن در جنوب دریاچه‌ی آرال قرار گرفته است. گرادیان فشار نسبت به روز قبل در سواحل جنوبی دریای خزر کاهش یافته ولی جهت ایزوبارها تقریباً مشابه روز ۱۴ می‌باشد. در این روز دبی حداکثر روزانه‌ی ایستگاه پونل به بالاترین میزان (۳۵ مترمکعب در ثانیه) افزایش داشته است و این شرایط حاکی از ویژگی‌های فیزیکی و پوشش گیاهی حوضه است که باعث شده دبی با فاصله یک روز به حداکثر میزان برسد. روز پانزدهم الگوی آرایش کنتوری مشابه روز چهاردهم است با این تفاوت که مرکز چرخند، شرق دریای سیاه حدود ۳ درجه‌ی عرض جغرافیایی به سمت جنوب جابه‌جا و در نتیجه ناوهی آن گسترش مداری پیدا کرده و از عمق آن کاسته شده است. به همین دلیل نیز میزان باران در این روز کمتر از روز چهاردهم می‌باشد.

در روز شانزدهم سیستم و اچرخند از بین رفته و در شرق و غرب دریای خزر در جنوب شرق دریای سیاه و دریاچه‌ی آرال دو سیستم چرخندی مشاهده می‌گردد. در سطح دریای خزر نیز ایزوبارها از هم فاصله گرفته و زبانه‌ای که از پرفشار سیبری به سمت جنوب کشیده شده، تا شمال دریای خزر امتداد یافته است. در روز شانزدهم نیز آرایش ایزوبارها مشابه روز پانزدهم بوده و فقط چرخند مستقر در شرق دریای سیاه از بین رفته و دو سیستم و اچرخند به روی اروپا در شمال دریای سیاه تقویت و به سمت شرق کشیده شده‌اند.

### ۳- الگوهای منجر به سیل از منشاء دریاچه آرال

الگوی شاخص و منتخب برای این سیستم مربوط به سیلاب روز ۱۴ اکتبر ۱۹۸۰ می‌باشد. دبی سیلاب در این روز ۴۳ مترمکعب در ثانیه ثبت گردیده، تصاویر شماره‌ی ۹ و ۱۰ نقشه‌ی سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز را نشان می‌دهد. در روز ۱۱ اکتبر بر روی بریتانیا یک سیستم چرخندی با فشار ۹۹۰ هکتوپاسکال شکل گرفته امواج ناشی از این سیستم



بر روی غرب دریای مدیترانه کشیده شده در جلوی این سیستم در شمال دریای سیاه یک سیستم چرخندی ضعیف‌تر دیگر با فشار ۹۹۵ هکتوپاسکال در موقعیت ۲۵ درجه طول شرقی و ۵۰ درجه عرض شمالی استقرار یافته است.

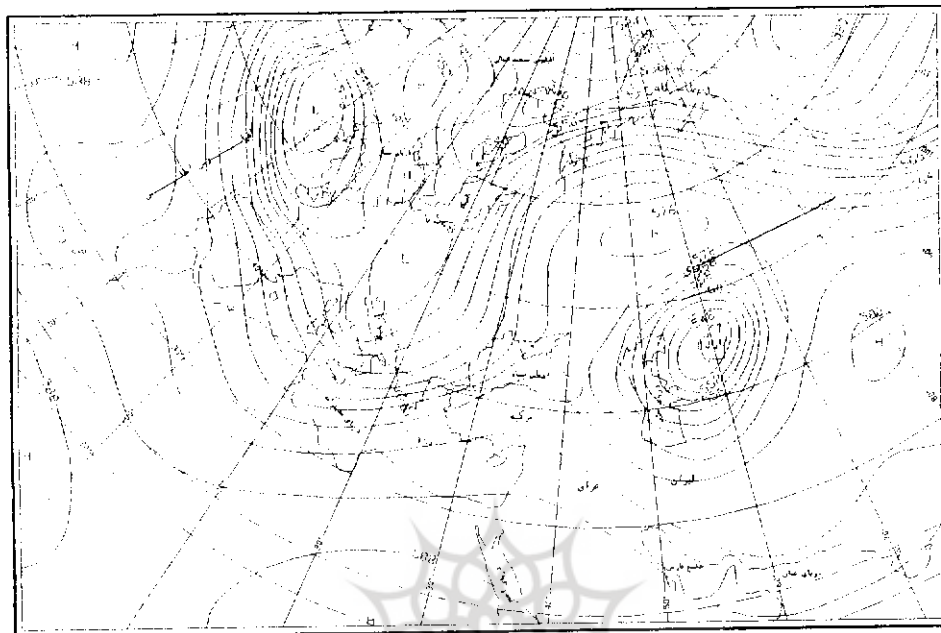
در این روز بر روی سبیری نیز یک سیستم واچرخندی با فشار ۱۰۴۵ هکتوپاسکال مشاهده می‌گردد. امواج ناشی از این سیستم با عبور از روی خزر تا مرکز ایران نفوذ نموده، بیشترین تراکم ایزوبارهای ناشی از این سیستم در سواحل غربی و جنوبی خزر در امتداد ارتفاعات البرز و تالش است. همچنین در این روز یک جبهه ساکن بر روی خزر وجود دارد. در جنوب سیستم فوق در شرق دریاچه‌ی آرال یک سیستم چرخندی با دو مرکز مشاهده می‌گردد. فشار مرکزی هر دو سیستم ۱۰۲۰ میلی‌بار بوده و به نظر می‌رسد فعالیت این سیستم متأثر از پرفشار مستقر بر روی سبیری است. در نقشه‌ی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی در این روز یک سیستم کم ارتفاع بر روی انگلستان مشاهده می‌گردد که حاکی از گسترش ارتفاعی کم فشار سطح زمین تا این سطح و حرکت واگرایی بالا است. در جنوب این سیستم بادهای غربی با ایجاد موج‌های کوتاه بر روی مدیترانه، یک سیستم واچرخندی تا غرب دریای سیاه ایجاد نموده، منحنی این سیستم با خط ۵۴۸ دکامتری بسته شده است. فعالیت این سیستم بیشتر بر روی اروپا و ترکیه بوده و منطقه‌ی مطالعاتی بیشتر تحت تأثیر سیستم چرخندی است که بر روی آرال قرار گرفته است، محور ناوه‌ی این سیستم از مرکز دریای خزر عبور نموده، تمام سطح این دریا را با ریزش هوای سرد متأثر می‌سازد. در شمال این سیستم نیز واچرخند مستقر روی سبیری با خط ارتفاعی ۵۸۰ دکامتر بسته شده است.

در روز ۱۲ اکتبر در سطح زمین سیستم چرخندی مستقر بر روی انگلستان به شمال دریای مدیترانه جا به جا شده و جبهه‌ی سرد این سیستم نیمه غربی مدیترانه و جنوب اروپا را تحت تأثیر قرار داده است حرکت این سیستم به وسیله واچرخند مستقر بر روی سبیری با فشار مرکز ۱۰۳۵ هکتوپاسکال محدود شده است. به طوری که در این روز ارتفاعات تالش، متأثر از امواج کوتاه ناشی از پرفشار سبیری و جبهه‌ی سرد آن قرار دارد. همچنین در این روز با گسترش پرفشار سبیری کم فشار مستقر بر روی آرال نیز از بین رفته است. در نقشه سطح

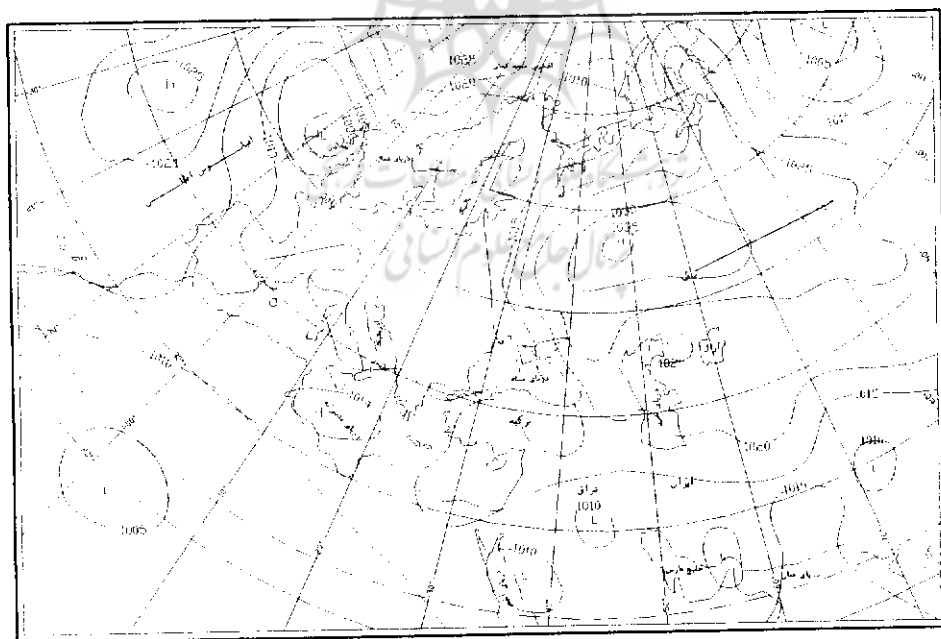
۵۰۰ هکتوپاسکال در این روز سه سیستم متفاوت در جنوب اروپا، سیبری و دریاچه‌ی آرال مشاهده می‌گردد. دو سیستم مستقر در جنوب اروپا و دریاچه‌ی آرال چرخندی و به وسیله‌ی سیستم واچرخندی مستقر بر روی سیبری که به صورت یک سیستم مانع عمل نموده، مسدود و فعالیتشان به عرضهای جنوبی‌تر محدود شده است. اثرات سیستم چرخندی مستقر بر روی آرال بر روی دریای خزر بیشتر از دو سیستم دیگر بود. چنان‌که ناوهای این سیستم با جهت شمال شرق، جنوب غرب، نیمه‌ی شمالی خزر را متأثر ساخته و نیمه‌ی جنوبی این دریا متأثر از بادهای غربی بوده که با ریزش هوای سرد بر حوضه‌های مطالعاتی منجر به ایجاد بارش شده‌اند و بیشترین تراکم ایزوبارها نیز بر روی ارتفاعات تالش و دریای خزر است.

در روز ۱۳ اکتبر یک سیستم چرخندی بر روی اقیانوس اطلس و جزایر آلتوسین با فشار ۱۰۰۰ میلی بار شکل گرفته و ناوهای این سیستم تا شمال غرب اروپا نیز کشیده شده است. علاوه بر سیستم فوق در شمال دریای مدیترانه نیز یک سیستم چرخندی با فشار ۱۰۰۰ میلی‌بار شکل گرفته است. پرفشار مستقر در روی سیبری نیز به عرض‌های بالاتر کشیده شد، اما تمام منطقه‌ی مطالعاتی تحت تأثیر این سیستم و امواج کوتاه بستر آن قرار دارد، به طوری که امتداد جبهه‌ی سرد شمال غرب ایران و شرق ترکیه نیز یک سیستم چرخندی ضعیف‌تر با فشار ۱۰۰۰ میلی‌بار مشاهده می‌گردد.

در نقشه‌های سطح بالا (۵۰۰ هکتوپاسکال) در این روز نیز سیستم فعال، سیستم کم ارتفاع مستقر بر روی آرال است که با کمی جابه‌جایی تمام محدوده‌ی مطالعاتی را متأثر ساخته و در صورت فراهم بودن سایر شرایط امکان ریزش بارش‌های شدید به صورت فرا رفت هوای سرد ناشی از این سیستم در حوضه‌ی سفارود وجود دارد. دو سیستم پرفشار سیبری و کم فشار مستقر در جنوب اروپا و شمال غرب دریای مدیترانه همچنان به عنوان سیستم‌های فعال در روی نقشه‌های این سطح مشاهده می‌گردند.



شکل ۹- الگوی آرایش ایزوباری در سطح زمین در روز ۱۴ اکتبر ۱۹۸۰



شکل ۱۰- الگوی آرایش کنتوری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ اکتبر ۱۹۸۰

در روز ۱۴ اکتبر در نقشه سطح زمین، همچنان سیستم‌های روز قبل با اندکی تغییر دیده می‌شوند، چنان‌که سیستم چرخند جنوب آئوسین به روی انگلستان جابه‌جا شده است. پرفشار سبیری نیز همچنان با فشار ۱۰۳۵ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر و کم فشار دریاچه آرال دیده می‌شود. همچنین یک جبهه‌ی فعال سرد نیز در روی نیمه‌ی جنوبی دریای خزر فعالیت دارد. در جنوب ایران نیز دو چرخند با فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال قرار دارد. در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز همچنان چرخند مستقر بر روی دریاچه آرال به عنوان سیستم فعال؛ منطقه را تحت تأثیر خود دارد. این سیستم تقریباً در این روز به صورت یک سیستم مانع بادهای غربی و امواج ناشی از کم فشار اروپایی مستقر بر روی آن را به سمت جنوب و پرفشار سبیری را به سمت شمال هدایت نموده و با ریزش هوای سرد بر روی ارتفاعات تالش و البرز همچنان به عنوان یک سیستم فعال عمل می‌نماید.

نقشه‌های روز ۱۵ اکتبر نیز بیانگر گسترش سیلکونهای اروپایی به سمت شرق و استقرار یک کم فشار در جنوب البرز و یک سیستم کوچکتر در حد فاصل دریاچه‌ی آرال و خزر می‌باشد. و پدیده خاص دیگری نیز در این روز مشاهده می‌گردد. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز همان الگوی روز قبل با اندکی جابه‌جایی و گسترش بر روی خزر قابل رویت است و سیستم غالب و تأثیر گذار بر روی دریای خزر چرخند مستقر بر روی آرال می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

با بررسی نقشه‌های سینوپتیک در راستای سیستم‌های سیلزا در حوضه‌ی شفارود این نتیجه به دست می‌آید که با توجه به موقعیت جغرافیایی حوضه و در فصول مختلف سال، سیستم‌های سیلزا متفاوت می‌باشند. به طوری که سیلاب‌های اواخر زمستان و اوایل بهار از منشاء مستقیم بارش نبوده بلکه در نتیجه‌ی ذوب برف و یا بارش اندکی است که باعث تشدید سیلاب می‌گردد حدود ۳۰ درصد سیلاب‌های منطقه در نتیجه‌ی استقرار این شرایط به وجود می‌آیند. بقیه سیلابها نیز با توجه نقشه‌های سینوپتیکی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و پی‌گیری مسیر حرکت آنها عمدتاً در نمونه‌های انتخابی از سیستمهای چرخندی مستقر در این سطح، منشاء گرفته و با توجه به موقعیت استقرار چرخند در ترکیب با سیستم‌های سطح زمین بارش‌های شدید را به وجود می‌آورند.

شدیدترین بارش‌های حوضه، عمدتاً از سیستم‌های چرخندی بوده که از شرق مدیترانه سرچشمه می‌گیرند و با عبور از روی سوریه و عراق و با انتقال هوای همراه با جریان جت استریم در سطوح بالا باعث انتقال بیشتر رطوبت به این حوضه می‌گردند. بارش‌های ناشی از این سیستم زمانی که در سطح زمین در شرق خزر سیستم چرخندی استقرار یابد و شرایط را برای انتقال رطوبت به سطوح بالا فراهم نماید، تشدید می‌یابد. معمولاً طوفان‌ها و بارش‌های سنگین ناشی از این سیستم تا ۴۸ ساعت بیشتر تداوم نداشته و معمولاً سیلاب‌های شدیدی را به همراه دارند.

دومین سیستم‌های سیلزا در این حوضه از نظر فراوانی، سیستم‌های چرخندی منطقه‌ی خزر می‌باشند که از اروپا منشاء گرفته و محور ناوه‌ی آن بر روی خزر قرار می‌گیرند همزمان با این سیستم، معمولاً یک سلول چرخندی ضعیف‌تر در غرب خزر استقرار می‌یابد، در سطح زمین نیز به دلیل آرایش فشرده‌تر ایزوبارها بر روی دریای خزر گرادیان فشار، افزایش می‌یابد و باعث انتقال بیشتر رطوبت از روی دریا به حوضه‌ی شفارود می‌گردد.

سرانجام برخی از سیستمهای منجر به سیلاب بر روی دریاچه‌ی آرال استقرار می‌یابند. در این الگو معمولاً یک سیستم چرخندی بسیار قوی در منطقه مستقر می‌گردد که مرکز آن

معمولاً بر روی دریاچه‌ی آرال بوده، با هجوم هوای سرد به صورت همرفت وزشی بارش‌های تقریباً زیادی را از منشاء خزر و آرال به حوضه وارد می‌نمایند. این سیستم‌ها با استقرار بر روی آرال و منطقه‌ی خزر به صورت شبه انسداد باعث دو شاخه شدن باهای غربی و تراکم ایزوبارهای شاخه‌ی جنوبی بر روی خزر می‌گردند.



## منابع

- ۱- آل احمد، م. (۱۳۷۴)، "بررسی سینوپتیکی امواج ناشی از طوفانهای دریای خزر" - ژئوفیزیک دانشگاه تهران، چکیده.
- ۲- باقری، س. (۱۳۷۲)، "بررسی سینوپتیکی سیستمهای سیلزا در شمال ایران". ژئوفیزیک دانشگاه تهران، چکیده.
- ۳- تقیان، ع. (۱۳۷۸)، "بررسی نمونه‌هایی از سیستم‌های باران زا در سواحل جنوبی دریای خزر" دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، چکیده.
- ۴- جهانبخش، س و کرمی، ف (۱۳۷۸)، "تحلیل سینوپتیکی تاثیر پرفشار سبیری بر بارش سواحل جنوبی دریای خزر"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۵۴ و ۵۵.
- ۵- خوشحال دستجردی، ج. (۱۳۷۶)، "تحلیل و ارزیابی مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر"، دانشگاه تربیت مدرس، چکیده.
- ۶- سازمان هواشناسی کشور، سالنامه‌های هواشناسی از سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۹۷.
- ۷- سازمان هواشناسی کشور، مرکز اسناد، نقشه‌ی سینوپتیک سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۸ بطور ناپیوسته.
- ۸- سازمان هواشناسی کشور، مرکز اسناد، نقشه‌ی ادواری، اطلس هواشناسی روسیه (شوروی سابق) از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۹ به طور ناپیوسته.
- ۹- شرکت نم آب، وزارت نیرو، آمار روزانه ایستگاه هیدرومتری پونل از سال ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۷.
- ۱۰- علیجانی، ب. (۱۳۷۵)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

- ۱۱- علیجانی، ب. (۱۳۶۶)، رابطه پراکندگی مکانی مسیرهای سیکلونی خاورمیانه با سیستم های هوایی سطح بالا، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۴.
- ۱۲- علیجانی، ب. و کاویانی، م. (۱۳۷۱)، *مبانی آب و هواشناسی*، انتشارات سمت، تهران.
- ۱۳- علیجانی، ب. (۱۳۸۱)، *آب و هواشناسی سینوپتیک*، انتشارات سمت، تهران.
- ۱۴- وحیدی، ج. (۱۳۷۶)، *مطالعه و بررسی سینوپتیکی، آماری بارندگی های سواحل جنوبی دریای خزر*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شمال تهران، چکیده.
- ۱۵- وزارت دفاع، *سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح*، نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ حوضه ی سفارود.
- 16- Yarnal B; Franks (1997) Using synoptic climatology to define representative discharge events, *International Journal of Climatology* 17 (3) 323-347.
- 17- Turner, J.S.R. Colwell, S.Harangozo (1997), Variability of precipitation over the coastal western Antarctic peninsula from synoptic observations, *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 102(12) 13999-14007.
- 18- kidson J. W., (1997), The utility of surface and upper air data in synoptic climatological specification of surface climatic variables, *International Journal of Climatology*, 17(4) 399-413.
- 19- Lackmann G. M., J. R. Gyakams (1994), The synoptic-scale and planetary-scale signatures of precipitation systems over the Mackenzie River basin *Atmosphere-Ocean*, 34(4) 647-674.