

مطالعه همدیدی بارندگی سنگین (۲۰۰ میلیمتر یا بیشتر در مدت ۲۴ ساعت) روی
سواحل جنوبی دریای خزر ناشی از فرارفت میانگین دمای mb ۵۰۰/۱۰۰۰، در دوم اکتبر ۲۰۰۱

حسین اردکانی، محبوبه پور آتشی* و محمود خیراندیش
دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

چکیده

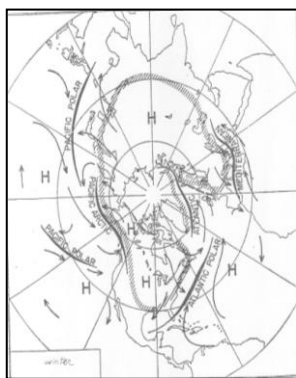
با در نظر گرفتن بارندگی‌های سالیانه سواحل جنوبی دریای خزر که بطور میانگین بین ۱۵۰۰-۱۰۰۰ میلی متر می‌باشد در نتیجه بارندگی شدید بیش از ۲۰۰ میلیمتر در مدت ۲۴ ساعت اهمیت خاصی دارد. با مراجعه به آمار ۳۰ ساله (۱۹۷۲-۲۰۰۱) در مجموع ۱۰ مورد در سواحل جنوبی دریای خزر بدست آمد که بارندگی روزانه بعضی از ایستگاه‌های دیدبانی همدیدی بیش از ۲۰۰ میلی متر بوده است. استنباط گردید یگانه سامانه‌هایی که در سواحل دریای خزر سبب بارندگی‌های شدید می‌شوند واچرخندهایی با هسته سرد هستند که منشا آنها اروپا و یا کشورهای اسکانندیناوی است. این واچرخندها با سرعت نسبتاً خوبی بطرف سواحل دریای خزر حرکت کرده و بسیار گذرا هستند و دارای فشار مرکزی حدود ۱۰۴۰ هکتوپاسکال و یا بیشترند. فرارفت هوای سرد در شرق آنها و فرارفت هوای گرم در غرب آنها قابل توجه می‌باشد. با این وضعیت واچرخندها در هنگام حرکت کاملاً توسعه یافته و بر فعالیت آنها افزوده می‌شود. واچرخندهای با سرعت حرکت کم و یا ساکن نمی‌توانند چنین بارندگی‌هایی را ایجاد نمایند. با محاسبات انجام شده بیشینه‌ی فرارفت افقی هوای سرد در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در حدود ۱۲h/۱۳°C- می‌باشد. با عبور این چنین سامانه‌های جوی بارندگی‌های منطقه در ابتدا شمال غرب و با شدت زیاد و بعداً بتدریج شمال شرق دریای خزر را دربر می‌گیرد. مدت زمان این چنین وضعیت بین ۲۴ تا ۳۶ ساعت است. بهترین فصل برای یک چنین وضعیت اوایل پاییز است و نشان داده است که این رویدادها بیشتر در ماه اکتبر می‌باشد زیرا که در ماه‌های تابستان که بیشتر نفوذ ناوه‌ای حرارتی که منشا آن کم فشار گرمایی مرکزی ایران است باعث گرم شدن آب دریا گردیده و به محض عبور این چنین واچرخندهای نوع سرد و در نتیجه فرارفت هوای سرد می‌توانند ناپایداری بسیار شدیدی را شکل دهد.

واژگان کلیدی: بارندگی، باران‌های شدید، فرارفت، واچرخند، دریای خزر

مقدمه

کشور ایران سرزمین پهناوری است که از نظر جغرافیایی دارای ویژگیهای خاص بوده و از لحاظ آب و هوا بسیار متفاوت می‌باشد. در هر سال در چندین نوبت بارندگی‌های شدید و کوتاه مدت در نواحی مختلف سواحل جنوبی دریای خزر موجب طغیان رودخانه‌ها و براه افتادن سیلاب‌های مخرب می‌شود. هر چه شدت این بارندگی‌ها بیشتر باشد سیلاب‌ها مخرب‌تر بوده و باعث خسارات سنگینی می‌شود. معمولاً در زمان واچرخندهایی که موجب بارندگی‌های ۲۴ ساعته بیش از ۲۰۰ میلی‌متر می‌شوند، آب دریای خزر به علت وزش باد شدید شمالی و جریان‌های جنوب‌رو بالا آمده و خسارات به مراتب عظیم‌تر می‌شود. بخش مهمی از بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر ناشی از ویژگی‌های جغرافیایی این منطقه است. بستر خزر و وجود رشته کوه البرز که بطرف ساحل خزر کشیده شده است عامل مهمی در ریزش بارندگی‌های فراوان در سواحل جنوبی دریای خزر محسوب می‌شوند.

توده هوای سرد از مهرماه به بعد از طریق واچرخندهای فصلی از روی دریای خزر عبور می‌کند. هوای سرد از زیر گرم می‌شود و بوسیله تبخیر آب دریا رطوبت هم به آن تزریق می‌شود. در نتیجه از بخار آب اشباع شده و درجه ناپایداری آن افزایش می‌یابد. در نتیجه دو عامل مهم برای بارندگی که رطوبت و صعود هوا می‌باشند مهیا می‌باشد. رطوبت از طریق حرکت روی دریا و صعود هوا بوسیله برخورد به رشته کوه البرز بدست می‌آید.



بنابراین فرارفت هوای سرد بر روی آب‌های دریای خزر دارای اهمیت خاصی است. نتیجه عمل فرارفت هوای سرد بر بستر یک سفره آب گرم مرطوب شدن و ناپایداری آن است. به سبب اقلیم خاص حاکم بر شمال ایران، این منطقه دارای بیشترین بارندگی در کل کشور بوده و بالتبع دارای رودهای فراوانی نیز می‌باشد، ویژگی قابل توجه در این منطقه وجود رشته کوه البرز به موازات ساحل جنوبی دریای خزر می‌باشد که بارندگی‌های کوهستانی نتیجه این ویژگی می‌باشد. در حالیکه میزان متوسط بلند مدت جمع بارندگی شهرهای شرقی از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌نماید در شهرهای واقع در سواحل جنوبی دریای خزر ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد که البته در سایر عوامل جوی نظیر دما و رطوبت و عمیره نیز می‌توان این تفاوت‌ها را ملاحظه کرد.

بیشترین بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر در فصل تاثیر نظام‌های واچرخند اتفاق افتاده است. این یافته با یافته باقری (۱۳۷۶) مطابقت دارد. میزان بارندگی در ماه اکتبر از بقیه ماه‌های سال بیشتر و تعداد روزهای بارندگی در فصل زمستان بیشتر از فصول دیگر می‌باشد. همچنین طبق نظریه پترسون (Petterssen) در این فصل یک منطقه جبهه‌ای (Frontal zone) از روی دریای خزر می‌گذرد (شکل ۱).

در تحقیقی که توسط کشاورز محمدیان (۱۳۷۸) با عنوان "بررسی و مطالعه هم‌دیدگی و فاکتورهای فیزیکی در رابطه با بارش‌های سنگین در روی سواحل دریای خزر بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در مدت ۲۴ ساعت" انجام شده وی به این نتیجه رسید که سامانه فشار زیاد اروپایی از نوع سرد با مرکز ۱۰۲۵ mb روی غرب دریای سیاه مستقر شده و شیب (Gradient) شدید فشاری قبل از ریزش بارندگی شدید در روی شمال قفقاز و شرق دریای سیاه و شرق ترکیه وجود دارد. گسترش این نظام با حرکت ناوه سطوح بالا به طرف دریای خزر دیده می‌شود و ملاحظه می‌شود که هنگام بارش شدید، جریان‌های شمالی و شمال غربی است و هم شارشی شدیدی را روی منطقه نشان می‌دهد.

همچنین راهبی (۱۳۸۲) در تحقیق خود با عنوان "بارش‌های سه روز متوالی و بیشتر با مقدار ۱۵۰ میلی‌متر در استان مازندران" به این نتیجه رسید که دلیل این بارندگی‌ها عبور سامانه پرفشار بر روی دریا و سواحل جنوبی دریای خزر

بوده که با ناهوهای در سطوح میانی و فوقانی جو همراه می‌شود و با فرارفت هوای سرد بر روی آب های گرم دریای خزر بارندگی شدید و قابل ملاحظه ای اتفاق می‌افتد. **دیدگاه همدیدی** بطور کلی واچرخندها به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- ۱- واچرخندهای با هسته گرم (دینامیکی). منطقه همگرایی سطوح بالای جو، باعث افزایش تدریجی چرخندی سطوح بالا گردیده در نتیجه مساحت پوششی توده هوا کاهش یافته و منقبض می‌شود، بنابراین در اثر این همگرایی سطح بالا، هوا بطرف پایین نزول کرده و بعلافت انباشته شدن هوا مرکز پرفشار بوجود می‌آید یا بر شدت آن افزوده می‌شود مانند پرفشارهای مهاجر.
 - ۲- واچرخندهای با هسته سرد (حرارتی) که در سطوح بالاتر ضعیف شده و سرانجام تبدیل به یک کم ارتفاع می‌شوند. این نوع بر اثر سردی هوا در منطقه ای معین بوجود می‌آیند و تا زمانی که دمای منطقه پایین باشد در آنجا مستقر هستند ولی به محض گرم شدن منطقه از بین می‌روند. البته نباید از نظر دور داشت که در تشکیل و تغییرات مکانی این واچرخندها، آرایش بادهای غربی بصورت پشته و ناهو و دمای کم خشکی ها موثر بوده و قدرت آنها را تقویت می‌کند. واچرخند های سطح زمین در تراز پایین دارای خصوصیات حرکت زیر می باشند:
 ۱. از مناطق فرارفت تاوانی مطلق زمینگرد که بیشتر حالت چرخندی با ارتفاع دارد به طرف مناطق با فرارفت تاوانی مطلق زمینگرد که حالت واچرخندی با ارتفاع دارد صورت می‌گیرد.
 ۲. از مناطق فرارفت هوای گرم توسط باد زمینگرد به طرف مناطق با فرارفت هوای سرد توسط باد زمینگرد.
 ۳. از مناطق گرم شدن متبادل^۱ به طرف مناطق سرد شدن متبادل.
- حرکت واقعی چرخند ها و واچرخند ها در روی تراز سطح زمین توسط مجموع این اثرات تعیین می‌شود.

دیدگاه دینامیکی

فرارفت افقی دما بوسیله معادله $A_T = -V \cdot \nabla T$ تعریف می‌شود.

فرارفت عامل بسیار مهمی برای تشخیص و پیش بینی محسوب می‌شود. فرارفت یکی از سه مولفه ای است که

توسط تغییرات محلی دما یعنی $\frac{\partial T}{\partial t}$ ، محاسبه می‌گردد (بولشتاین ۱۹۹۲).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -V \cdot \nabla_p T + \omega \frac{P}{R} \sigma + \frac{1}{C_p} \frac{dQ}{dt}$$

$-V \cdot \nabla_p T$ فرارفت افقی دما، $\omega \frac{P}{R} \sigma$ جمله پایداری ایستایی و $\frac{1}{C_p} \frac{dQ}{dt}$ گرم شدن متبادل هستند.

بطوریکه افزایش دما بطور محلی در نتیجه عوامل زیر اتفاق می‌افتد:

- ۱- فرارفت هوای گرمتر، ۲- حرکات پایین رو در حالت پایدار، ۳- هنگامیکه گرمای متبادل افزایش یابد مانند آزاد شدن گرمای نهان و گرم شدن باطول موج بلند، ۴- تابش خورشیدی.
- و کاهش دما بطور محلی در نتیجه عوامل زیر اتفاق می‌افتد:

۱- فرارفت هوای سردتر، ۲- حرکات بالارو در حالت ناپایدار، ۳- هنگامیکه گرمای متبادل کاهش یابد، ۴- تشعشع زمینی

هنگامیکه دوجمله آخر در معادله $\frac{\partial T}{\partial t}$ بطور عادی ثبت شوند، فرارفت دما با صحت کافی تعریف می‌شود. با فرض

$$A = -V_g \cdot \nabla T \quad \text{اینکه فرارفت گرمایی بیشتر توسط باد زمینگرد داده می‌شود:}$$

بنابراین علامت و مقدار فرارفت دما می‌تواند بوسیله رویهم انداختن نقشه‌های میدان ژئوپتانسیل و میدان دما بدست آید. اگر باد زمینگرد (Diabatic) در جهت دمای کم به زیاد باشد، فرارفت هوای سرد وجود دارد ($A < 0$) و هنگامیکه در جهت دمای زیاد به کم باشد فرارفت هوای گرم است ($A > 0$). معمولا فرارفت هوای سرد به طرف مناطق استوائی و به طرف شرق و فرارفت هوای گرم به طرف قطب و به طرف غرب از واپرخند سطح زمین وجود دارد. بنابراین اثر فرارفت دما معمولا باعث تقویت واپرخند در سطح زمین می‌گردد. در صورتیکه توجهی به مسیر حرکت واپرخند شود و در صورت تقویت تمایل دارد به طرف جنوب شرق حرکت نماید.

با توجه به آنچه ذکرگردید هدف از انجام این تحقیق بررسی همدیدی بارندگی سنگین روی سواحل جنوبی دریای خزر ناشی از فرارفت میانگین دمای ۱۰۰۰/۵۰۰ mb می‌باشد تا بر آن اساس بتوان قبل از وقوع سیل پیش‌آگهی‌های لازم به سازمان‌های ذیربط از قبیل وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، مدیریت بحران به منظور انجام اقدامات مناسب داده شود. مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای خزر شامل، بندرانزلی، رامسر، آستارا، گرگان، رشت و نوشهر بود. ابتدا بارندگی‌های روزانه بیش از ۲۰۰ میلی‌متر در مدت ۲۴ ساعت این ایستگاه‌ها در دوره مطالعه استخراج شد. در این دوره جمعا ۱۰ مورد دیده شد (جدول ۱) که بارندگی روزانه در آنها بیش از ۲۰۰ میلی‌متر بوده است. در این تحقیق به بررسی یکی از این موارد (۲۷۳ میلی‌متر در رامسر در تاریخ ۲ اکتبر ۲۰۰۱) در مدت ۳۶ ساعت پرداخته شده است.

جدول ۱ - موارد بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر در مدت ۲۴ ساعت از ۱۹۷۲-۲۰۰۱

نام ایستگاه	مقدار بارندگی (mm)	تاریخ	نام ایستگاه	مقدار بارندگی (mm)	تاریخ
بندرانزلی	۲۰۵	۱۹۷۲/۱۰/۸	بندرانزلی	۲۱۰	۱۹۷۲/۱۱/۵
بندرانزلی	۲۱۰	۱۹۷۵/۱۰/۱۴	رامسر	۲۱۰	۱۹۷۶/۱۰/۱۸
بندرانزلی	۲۴۰	۱۹۷۷/۱۰/۲۲	رامسر	۲۰۸	۱۹۹۲/۱۰/۶
نوشهر	۲۰۸	۱۹۹۴/۱۰/۲۰	رامسر	۲۲۷	۱۹۹۵/۱۰/۱۷
رامسر	۲۰۹	۱۹۹۸/۱۰/۸	رامسر	۲۷۳	۲۰۰۱/۱۰/۲

در این تحقیق نقشه‌های همدیدی و داده‌های عددی به عنوان ابزارهای اولیه جهت تحلیل و محاسبات عددی معرفی

می‌شود که از نقشه‌های سازمان هواشناسی و نقشه‌های سایت www.cdc.noaa.gov استفاده گردید. نقشه‌های همدیدی شامل نقشه‌های سطح زمین و سطوح فوقانی در ترازهای ۳۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ هکتوپاسکالی در مدت ۳۶ ساعت از ساعت ۱۲ روز قبل از بارندگی تا ساعت ۰۰ روز پس از بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. جهت تحلیل نقشه‌های همدیدی ناحیه‌ای که مورد مطالعه قرار گرفته است در محدوده عرض جغرافیایی ۲۰

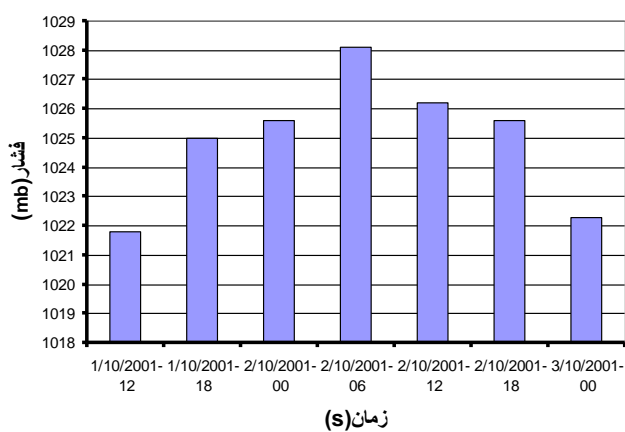
درجه تا ۶۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۳۰ درجه تا ۷۰ درجه شرقی واقع شده است. محدوده مورد نظر جهت انجام محاسبات در عرض جغرافیایی ۳۵ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۰ تا ۶۴ درجه شرقی قرار دارد. برای محاسبه فرارفت افقی دما ابتدا از روش کار پیشنهادی کشور روسیه استفاده شد. سپس در دو مورد در روز بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی متر در ساعت های ۰۰ و ۱۲ از روش کار کشور انگلیس و آمریکا جهت مقایسه با روش قبلی استفاده شد. در روش اول V_g سرعت باد زمینگرد در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی و در روش دوم V_g سرعت باد زمینگرد در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال است و T دمای میانگین لایه بین تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد و با استفاده از رابطه $\delta Z = \frac{RT}{g} \ln \frac{p_1}{p_2}$ (هولتون ۱۹۹۲، بولشتاین ۱۹۹۲) محاسبه می شود. نتایج

شکل (۲) نمودار میانگین بارندگی ۳۰ ساله در ایستگاه های جدول (۲) از سال ۱۹۷۲-۲۰۰۱ در ماه های سال را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می گردد بیشترین بارندگی به ترتیب در ماه های اکتبر، نوامبر و سپتامبر بوده است. شکل (۳) نمودار بارندگی ماهانه در سال ۲۰۰۱ را نشان می دهد. مشاهده می گردد که در این سال در شهرهای ساحلی دریای خزر مقدار بارندگی در ماه اکتبر از ماه های دیگر بیشتر است. جدول (۲) مقدار بارندگی در ماه اکتبر ۲۰۰۱، مجموع بارندگی سالانه و میزان درصد بارندگی نسبت به مجموع بارندگی سالانه را در شهرهای سواحل جنوبی دریای خزر نشان می دهد. بطوریکه مشاهده می گردد، رامسر دارای بیشترین درصد بارندگی در ماه اکتبر ۲۰۰۱ نسبت به مجموع بارندگی سالانه ۲۰۰۱ می باشد.

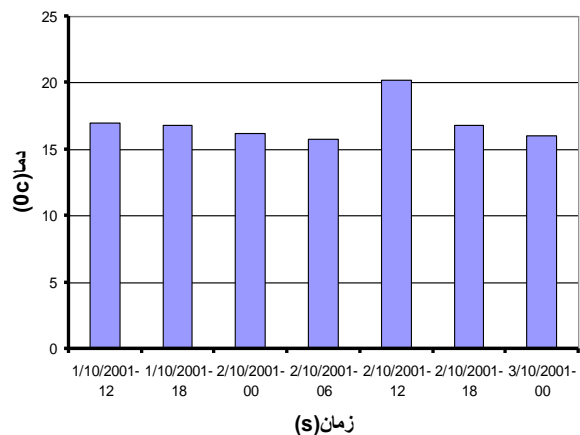
جدول ۲- مقدار بارندگی در ماه اکتبر، مجموع بارندگی سالانه و میزان درصد بارندگی نسبت به مجموع بارندگی سالانه در سال ۲۰۰۱

نام ایستگاه	مجموع بارندگی در اکتبر ۲۰۰۱	مجموع بارندگی سالانه	درصد بارندگی اکتبر به مجموع بارندگی سالانه
بندر انزلی	۴۸۰٫۳	۱۹۰۳٫۴	٪۲۵
آستارا	۴۲۹٫۶	۱۴۷۹٫۳	٪۲۹
گرگان	۲۷٫۲	۴۵۱٫۲	٪۶
نوشهر	۴۶۸٫۴	۱۳۳۹٫۵	٪۳۵
رامسر	۸۰۹٫۷	۱۷۹۴٫۴	٪۴۵
رشت	۳۵۵٫۲	۱۳۶۴٫۸	٪۲۶

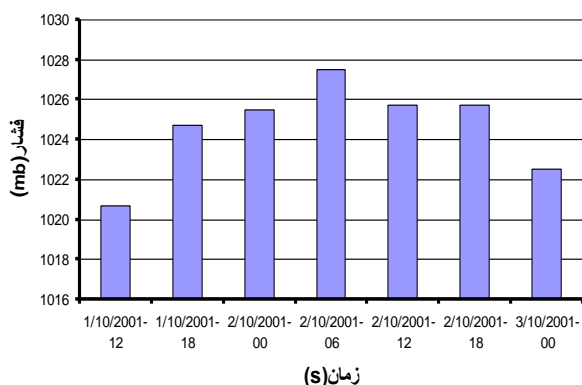
شکل (۴) و شکل (۵) نمودار تغییرات دما و فشار در مدت ۳۶ ساعت برای شهر رامسر، شکل (۶) و شکل (۷) نمودار تغییرات دما و فشار در مدت ۳۶ ساعت برای شهر نوشهر در اکتبر ۲۰۰۱ را نشان می دهد. با توجه به نمودار دما و فشار ملاحظه می شود که با نفوذ و اچرخند نوع سرد عبوری قبل از نفوذ افت فشار و افزایش دما و بعد از عبور افزایش فشار و افت دما دیده می شود (کاملاً بصورت کلاسیک).



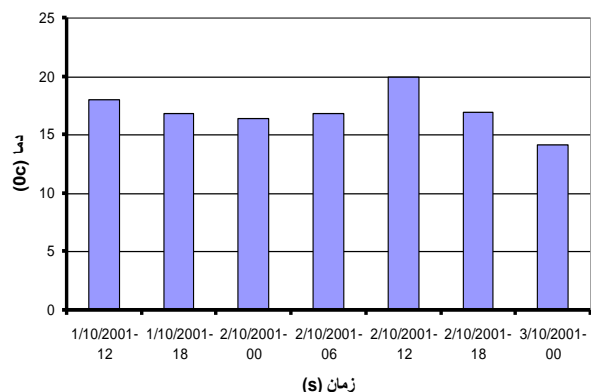
شکل ۵- نمودار تغییرات فشار در مدت ۳۶ ساعت در رامسر در اکتبر ۲۰۰۱



شکل ۴- نمودار تغییرات دما در مدت ۳۶ ساعت در رامسر در اکتبر ۲۰۰۱



شکل ۷- نمودار تغییرات فشار در مدت ۳۶ ساعت در نوشهر در اکتبر ۲۰۰۱



شکل ۶- نمودار تغییرات دما در مدت ۳۶ ساعت در نوشهر در اکتبر ۲۰۰۱

بررسی و تفسیر نقشه‌های همدیدی

در نقشه سطح زمین ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱ یک سامانه پرفشار را مشاهده می‌شود که مسیرش از سمت ممالک اسکانندیناوی بوده و در وضع حاضر در غرب دریای خزر و تا بالای دریای سیاه گسترش داشته است و مرکز آن دارای فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۴۲ درجه و عرض جغرافیایی ۴۷ درجه قرار گرفته است. در جلوی این نظام یک جبهه سرد فعال که از میان قزاقستان تا جنوب دریاچه ارال و شمال خراسان ادامه دارد دیده می‌شود و در روی ایستگاه‌های جنوبی دریای خزر وضع هوا تمام ابری و بصورت بارش پراکنده باران می‌باشد. فشار بطور متوسط در روی این ایستگاه‌ها حدود ۱۰۲۱-۱۰۲۰ هکتوپاسکال می‌باشد. همچنین شیب شدید فشاری را روی سواحل جنوبی دریای خزر با این نظام همراهی می‌کند (شکل ۸). نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال همین زمان

مرکز پراارتفاع ۱۵۶۰ متر روی دریای سیاه بطور گسترده‌ای قرار گرفته است. شیب شدید دمایی بین جنوب دریای خزر و وسط دریای خزر، شمال قفقاز وجود دارد که در فاصله مکانی ۵۵۰ کیلومتر حدود 15°C اختلاف دما وجود دارد. بنابراین دو منطقه جبهه ای سطح بالا (ULFZ Upper Level Frontal Zone) در آنجا وجود دارد و یک شکل چگال‌گرایی شدیدی روی این منطقه وجود دارد و منطقه فراچگال‌گرایی است. محور ناوه از شمال دریاچه آرال تا جنوب دریاچه آرال و جنوب دریای خزر کشیده شده است (شکل ۹). نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان مرکز پراارتفاع ۳۱۴۰ متر روی عراق بسته شده است. محور ناوه در شرق دریای خزر قرار دارد که با توجه به این محور ناوه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی شکل چگال‌گرایی جو مشاهده می‌شود. ناوه دیگری از شمال عراق تا اردن کشیده شده است. شیب شدید دمایی بین جنوب دریای خزر و وسط دریای خزر دیده می‌شود که در فاصله مکانی ۳۵۰ کیلومتری اختلاف 10°C وجود دارد که نشان دهنده دو منطقه جبهه ای سطح بالا در آن منطقه است. مشاهده می‌شود که فرارفت هوای سرد در روی قفقاز ضعیف‌تر از فرارفت نسبت به سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی است (شکل ۱۰). نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان یک ناوه عمیق از شمال دریای خزر تا قفقاز و جنوب عراق کشیده شده است. محور ناوه بصورت کجی مثبت است که ناوه در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی بسیار عمیق است (شکل ۱۱). در نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان حتی با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه از عراق و غرب ایران تا شمال شرقی ایران ادامه دارد. جت دیگری هم با سرعت ۵۰ متر بر ثانیه در روی اوکراین تا شمال دریای خزر کشیده شده است. محور ناوه از شمال خزر تا قفقاز و تا عراق بصورت عمیق کشیده شده است. (شکل ۱۲).

نقشه سطح زمین ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ یک سلول پرفشار بمقدار ۱۰۳۰ هکتوپاسکالی روی شمال دریای خزر قرار دارد که مرکزش با فشار ۱۰۳۱ هکتوپاسکالی در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و عرض جغرافیایی ۴۶ درجه قرار دارد. یک جبهه سرد از قزاقستان تا ترکمنستان سپس بصورت جبهه گرم تا خراسان و دوباره بصورت جبهه سردی تا غرب ایران ادامه دارد و از آنجا تا شمال عراق بصورت جبهه گرم وجود دارد. وضع هوا در روی ایستگاههای سواحل جنوبی دریای خزر بصورت تمام ابری همراه با بارش باران می باشد و فشار روی این ایستگاه ها ۱۰۲۵-۱۰۲۴ هکتوپاسکالی می باشد. شیب شدید فشار را روی سواحل جنوبی دریای خزر مشاهده می‌گردد (شکل ۱۳). با مقایسه با نقشه ۱۲ ساعت گذشته قابل مشاهده است که مرکز پرفشار به اندازه ۲ هکتوپاسکالی تقویت شده و به سمت شرق حرکت کرده است. همچنین شیب فشاری روی سواحل جنوبی دریای خزر تشدید شده است. در نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی مرکز پراارتفاع ۱۵۸۰ متر روی دریای خزر و شمال قفقاز بسته شده است. شیب شدید دمایی بین سواحل جنوبی دریای خزر و شمال دریای خزر است که در فاصله ۱۰۰۰ کیلومتری اختلاف دمایی 15°C وجود دارد بطوریکه دو منطقه جبهه ای سطح بالا در آن منطقه وجود دارد و شکل چگال‌گرایی شدیدی روی این منطقه وجود دارد. شیب شدید ارتفاعی هم در قسمت جنوبی دریای خزر دیده می‌شود. محور ناوه در شرق دریاچه آرال قرار دارد (شکل ۱۴). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته پراارتفاع کمی تقویت شده است و به سمت شرق حرکت کرده است و روی سواحل دریای خزر ارتفاع به مقدار حدود ۲۰ متر افزایش یافته است و دما حدود 6°C کاهش داشته است.

نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی نشان می‌دهد که مرکز کم ارتفاع ۳۱۴۰ متر در غرب ایران و عراق بسته شده است محور ناوه از روی دریاچه آرال تا شمال ترکمنستان کشیده شده است. شیب دمایی بین جنوب دریای خزر و وسط دریای خزر دیده می‌شود که در فاصله مکانی ۶۰۰ کیلومتر حدود 5°C اختلاف دمایی وجود دارد که یک منطقه جبهه ای سطح بالا در این منطقه وجود دارد (شکل ۱۵). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته پراارتفاع تقویت شده است و ارتفاع روی سواحل جنوبی دریای خزر ۱۰ متر افزایش یافته است. دما در سواحل جنوبی دریای خزر حدود 5°C کاسته شده است.

در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان محور ناوه از بالای دریاچه ارال (قزاقستان) تا دریاچه ارال و تا ترکمنستان ادامه دارد. شیب شدید ارتفاعی در شرق دریای خزر و روی ترکمنستان دیده می‌شود. با توجه به محور ناوه در این سطح و سطح ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل چگال‌گرای جو را داریم (شکل ۱۶). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی روی شمال خزر کمی افزایش یافته است. روی سواحل جنوبی دریای خزر حدود ۱۰ متر کاهش ارتفاع و 2°C کاهش دما داریم.

در نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی ساعت ۰۰ مشاهده می‌شود که محور ناوه در غرب دریاچه ارال قرار دارد و تا شمال ترکمنستان و جنوب دریای خزر کشیده شده است. ناوه دیگری هم شمال دریای سیاه تا میان دریای مدیترانه کشیده شده است. جتی با سرعت ۴۰ متربرثانیه از شرق اکراین تا شمال دریای خزر امتداد دارد (شکل ۱۷). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته محور این جت به عرض‌های بالاتر حرکت کرده است. سرعت باد هم در روی سواحل جنوبی دریای خزر کاهش یافته است.

نقشه سطح زمین ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ این نقشه یک سلول پرفشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکالی را که بطور گسترده‌ای روی شمال ترکمنستان، دریاچه آرال و شمال دریای خزر قرار دارد نشان می‌دهد. مرکز این نظام دارای فشار ۱۰۳۲ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و عرض جغرافیایی ۴۴ درجه قرار دارد. شیب شدید فشاری را در روی سواحل جنوبی دریای خزر و شمال خراسان مشاهده می‌شود. وضع هوا در روی ایستگاه‌های جنوبی دریای خزر نیمه ابری تا تمام ابری همراه با بارش پراکنده باران می‌باشد و فشار در ایستگاه‌های جنوبی دریای خزر ۱۰۲۸-۱۰۲۶ هکتوپاسکال می‌باشد (شکل ۱۸). سلول پرفشار نسبت به ۱۲ ساعت گذشته کمی تقویت شده و به سمت شرق حرکت کرده است. روی سواحل جنوبی دریای خزر شیب فشاری کاهش پیدا کرده و همینطور جریانات شمالی روی دریای خزر کاهش پیدا کرده است.

نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی مرکز پراارتفاع ۱۵۸۰ روی دریای خزر تا شرق دریای خزر و ترکمنستان بسته شده است. از شمال دریای خزر تا وسط دریای خزر در فاصله حدود ۷۰۰ کیلومتری، اختلاف دمایی حدود 10°C وجود دارد در نتیجه یک منطقه جبهه‌ای سطح بالا وجود دارد و یک شکل چگال‌گرای روی این منطقه قرار دارد. یک منطقه وسیع از هوای گرم با دمای $30^{\circ}\text{C}+$ هم در شرق ایران و روی افغانستان قرار دارد (شکل ۱۹). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته پراارتفاع تقویت شده است. شیب ارتفاعی روی سواحل جنوبی دریای خزر کاهش پیدا کرده است و ۱۰ متر افزایش ارتفاع روی سواحل خزر وجود دارد. همچنین دما $3-4^{\circ}\text{C}$ در سواحل جنوبی خزر افزایش یافته است. در نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان محور ناوه از شمال قفقاز تا ترکیه و قسمت شمالی دریای مدیترانه کشیده شده است. یک مرکز کم ارتفاع ۳۱۶۰ نیز در غرب ایران قرار دارد (شکل ۲۰). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی و دمایی روی سواحل جنوبی دریای خزر کاهش یافته است. ارتفاع روی سواحل جنوبی خزر حدود ۲۰ متر افزایش یافته و دما حدود 1°C افزایش یافته است. در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی همین زمان محور ناوه در شرق دریای خزر قرار دارد (شکل ۲۱). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی روی سواحل جنوبی خزر کاهش پیدا کرده است. شیب دمایی نیز کاهش یافته است. ارتفاع روی سواحل جنوبی خزر حدود ۱۰ متر افزایش یافته است و دما حدود 2°C افزایش داشته است. نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی جتی با سرعت ۳۰ متربرثانیه و محور جت با سرعت ۳۲ متربرثانیه از مرکز ایران تا شرق ایران کشیده شده است. محور ناوه از شمال دریاچه ارال تا قسمت شمالی دریای خزر قرار دارد (شکل ۲۲). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته سرعت در این قسمت از ایران افزایش یافته است. در سواحل جنوبی دریای خزر سرعت باد کمی افزایش یافته است.

نقشه سطح زمین ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱ یک مرکز پرفشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال در شرق دریاچه ارال قرار دارد که مرکزش دارای فشار ۱۰۳۴ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۶۵ درجه و عرض جغرافیایی ۴۷ درجه قرار دارد.

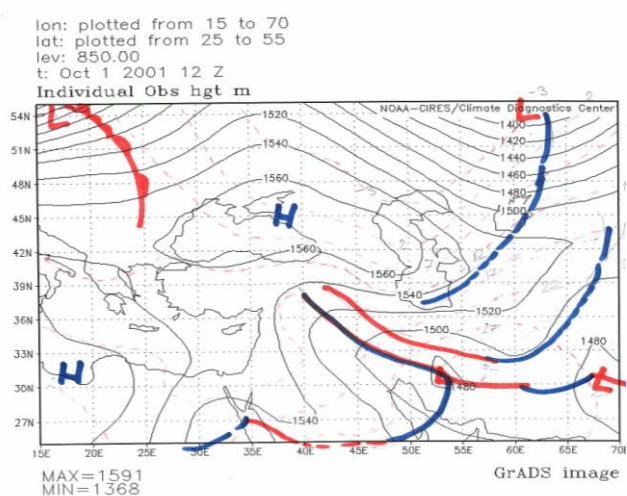
در جلوی این نظام یک جبهه سرد از ازبکستان تا ترکمنستان و شمال خراسان دیده می‌شود و از شمال خراسان بصورت جبهه گرمی تا شمال دریای خزر ادامه دارد. وضع هوا در ایستگاه‌های جنوبی دریای خزر نیمه ابری می‌باشد و فشار هوا در این ایستگاه‌ها ۱۰۲۲-۱۰۲۴ هکتوپاسکال می‌باشد (شکل ۲۳). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته مرکز پرفشار به اندازه ۳ هکتوپاسکال تقویت شده و به سمت شمال شرق حرکت کرده است. شیب فشاری روی سواحل جنوبی دریای خزر کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است و فشار روی سواحل جنوبی دریای خزر هم کاهش داشته است. در نقشه سطح ۸۵۰ فرافتی روی سواحل جنوبی دریای خزر مشاهده نمی‌شود (شکل ۲۴). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی و شیب دمایی روی دریای خزر و سواحل جنوبی دریای خزر کاهش یافته است. ارتفاع روی سواحل جنوبی خزر به مقدار ۲۰ متر کاهش یافته است و دما حدود 1°C افزایش داشته است. نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی مرکز کم ارتفاع ۳۱۴۰ متر در قسمت‌های شرقی ایران بسته شده است. محور ناوه از شمال دریای خزر تا شمال قفقاز ادامه دارد. شیب ارتفاعی در روی سواحل بسیار کم است (شکل ۲۵). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی کاهش یافته است و روی سواحل خزر ارتفاع حدود ۱۰ متر کاهش داشته است. شیب دمایی روی سواحل نیز کاهش یافته است. دما در سواحل جنوبی دریای خزر حدود 2°C افزایش یافته است. نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی (شکل ۲۶) نسبت به ۱۲ ساعت گذشته شیب ارتفاعی روی سواحل جنوبی خزر کاهش یافته است. ارتفاع روی سواحل جنوبی دریای خزر حدود ۱۰ متر کاهش داشته است. شیب دمایی نیز در سواحل کاهش یافته. دما نیز حدود 1°C افزایش یافته است. نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی حتی با سرعت محور جت ۶۰ متر بر ثانیه روی اکراین قرار دارد (شکل ۲۷). نسبت به ۱۲ ساعت گذشته سرعت باد در روی سواحل جنوبی خزر و شرق ایران کاهش یافته است.

بررسی الگوی فرارفت دما در اکتبر ۲۰۰۱

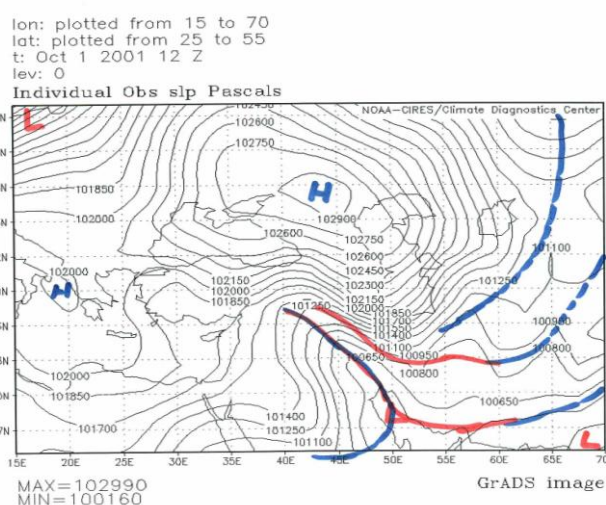
فرارفت دما بوسیله باد ۷۰۰ هکتوپاسکالی محاسبه شده است. در ساعات ۰۰ و ۱۲ روز بیشینه بارندگی فرارفت دما بوسیله باد ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی نیز محاسبه گردید و دیده شد که در روی منطقه خزر محاسبات فرارفت با باد ۱۰۰۰ هکتوپاسکال صحت بیشتری نسبت به باد ۷۰۰ هکتوپاسکال دارد. همچنین اثر فرارفت دما در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در بارندگی‌ها نسبت به تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بیشتر است.

ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱ فرارفت سرد شدیدی بطور گسترده روی شمال قفقاز، دریای خزر تا وسط دریاچه آرال دیده می‌شود. مرکز میدان فرارفت سرد در شمال خزر دارای مقدار $12^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - می‌باشد و در قسمت میانی خزر مقدار فرارفت سرد $10^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - می‌باشد. در سواحل جنوبی دریای خزر مقدار فرارفت سرد $2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - می‌باشد. همچنین فرارفت گرم در شرق دریاچه آرال با مرکز $6^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ + دیده می‌شود (شکل ۲۸). ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ الف- میدان فرارفت بوسیله باد ۷۰۰ هکتوپاسکال، در قسمت میانی و شمال دریای خزر فرارفت گرم مشاهده می‌شود. مرکز فرارفت گرم در قسمت شمالی دریای خزر با مقدار $6^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ + می‌باشد. فرارفت سرد در روی دریاچه آرال و شرق آن دیده می‌شود. مرکز فرارفت سرد با مقدار $8^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - در شرق دریاچه آرال قرار گرفته است. همچنین فرارفت سرد با مقدار $2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - در جنوب دریای خزر و سواحل جنوبی دریای خزر دیده می‌شود (شکل ۲۹). ب- میدان فرارفت بوسیله باد ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت سرد در روی دریای خزر تا روی دریاچه آرال دیده می‌شود و مرکز فرارفت سرد با مقدار $8^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - در شرق دریاچه آرال قرار دارد. روی دریای خزر مقدار فرارفت سرد $2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ - می‌باشد. در شمال غربی ایران مرکز فرارفت گرم با مقدار $6^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ + دیده می‌شود (شکل ۳۰). ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ الف- میدان فرارفت بوسیله باد ۷۰۰ هکتوپاسکال، در این ساعت مقدار فرارفت گرم روی دریای خزر نسبت به قبل کاهش یافته است. مقدار فرارفت گرم روی دریای خزر حدود $2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ + می‌باشد. در سواحل جنوبی

دریای خزر مقدار فرارفت سرد حدود $1^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ می‌باشد. در شمال شرقی دریای خزر و روی دریاچه ارال فرارفت سرد را مشاهده می‌گردد که در قسمت میانی آرال $-5^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ فرارفت سرد وجود دارد. در روی خراسان نیز به مقدار $-2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ فرارفت سرد دیده می‌شود (شکل ۳۱). ب- میدان فرارفت بوسیله باد 1000 هکتوپاسکال در این ساعت فرارفت گرمی در قسمت میانی و شمال دریای خزر و شمال قفقاز دیده می‌شود. مرکز فرارفت گرم با مقدار $+6^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ در قسمت شمالی خزر قرار دارد. در شمال غربی ایران هم فرارفت گرمی با مقدار $+2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ وجود دارد. مرکز فرارفت سرد با مقدار $-4^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ در شمال دریاچه ارال دیده می‌شود و در روی دریاچه ارال $-2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ فرارفت سرد قرار دارد (شکل ۳۲). ساعت 00 روز سوم اکتبر 2001 در این ساعت فرارفت گرم را از قسمت‌های میانی خزر تا شمال آن مشاهده می‌گردد. مقدار فرارفت گرم در قسمت‌های میانی خزر $+2^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ می‌باشد. مرکز فرارفت گرم در شمال خزر با مقدار $+8^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ قرار دارد. در منطقه مورد مطالعه روی دریای خزر و سواحل جنوبی خزر فرارفت سردی دیده نمی‌شود (شکل ۳۳).



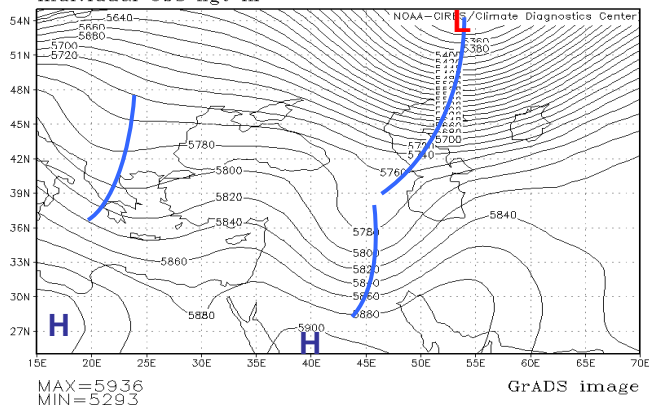
شکل ۹ : نقشه سطح 850 هکتوپاسکال ساعت 12 روز اول اکتبر 2001 توزیع میدان دما و موقعیت جبهه ها در سطح 850 هکتوپاسکال



شکل ۸ : نقشه سطح زمین ساعت 12 روز اول اکتبر 2001 و موقعیت جبهه های سطح زمین

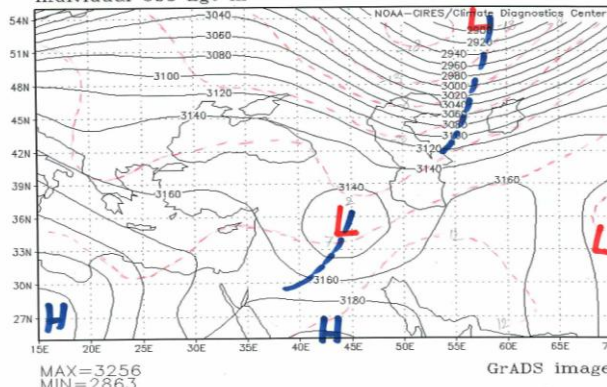
lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 500.00
t: Oct 1 2001 12 Z

Individual Obs hgt m



lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 700.00
t: Oct 1 2001 12 Z

Individual Obs hgt m

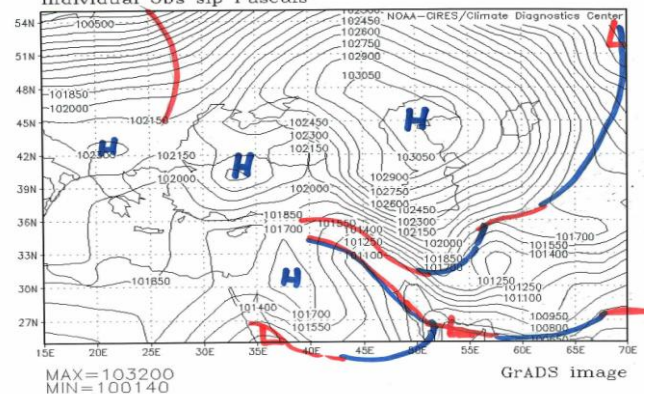


شکل ۱۱: نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱

شکل ۱۰: نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
t: Oct 2 2001 00 Z
lev: 0

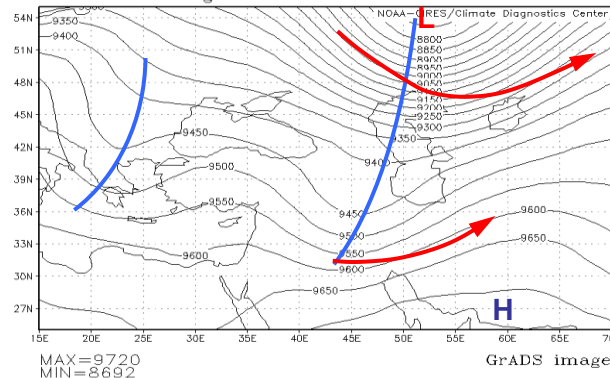
Individual Obs slp Pascals



شکل ۱۳: نقشه سطح زمین ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ و موقعیت جبهه های سطح زمین

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 300.00
t: Oct 1 2001 12 Z

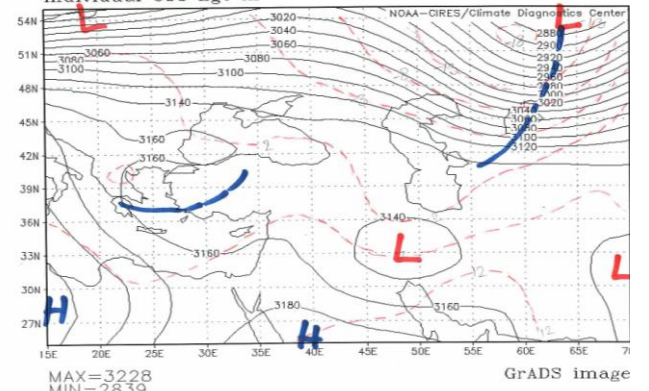
Individual Obs hgt m



شکل ۱۲: نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 700.00
t: Oct 2 2001 00 Z

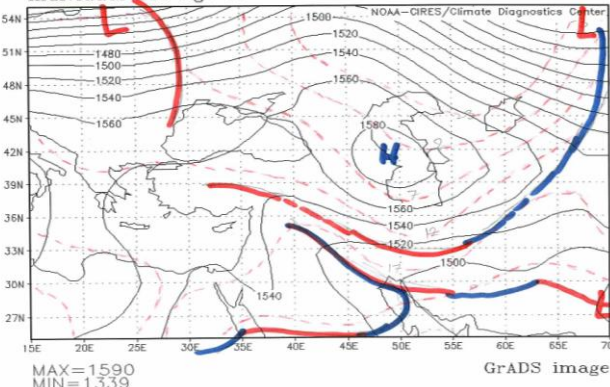
Individual Obs hgt m



شکل ۱۵: نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما در سطح ۷۰۰

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 850.00
t: Oct 2 2001 00 Z

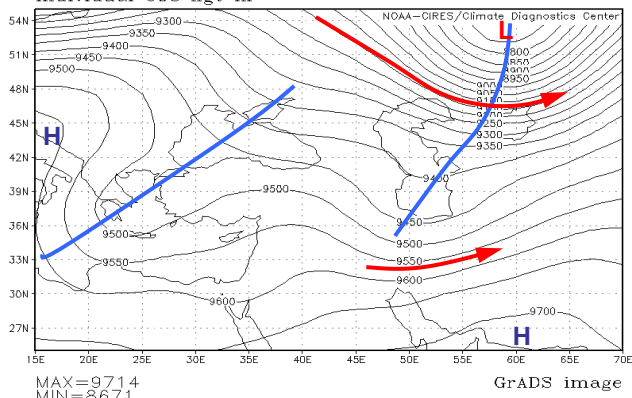
Individual Obs hgt m



شکل ۱۴: نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما و موقعیت جبهه ها در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 300.00
t: Oct 2 2001 00 Z

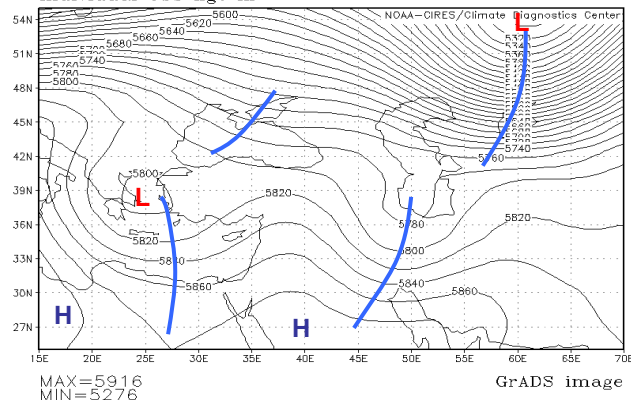
Individual Obs hgt m



شکل ۱۷ : نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 500.00
t: Oct 2 2001 00 Z

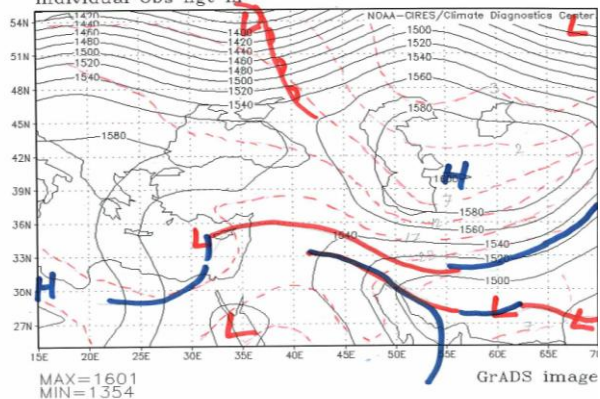
Individual Obs hgt m



شکل ۱۶ : نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
lev: 850.00
t: Oct 2 2001 12 Z

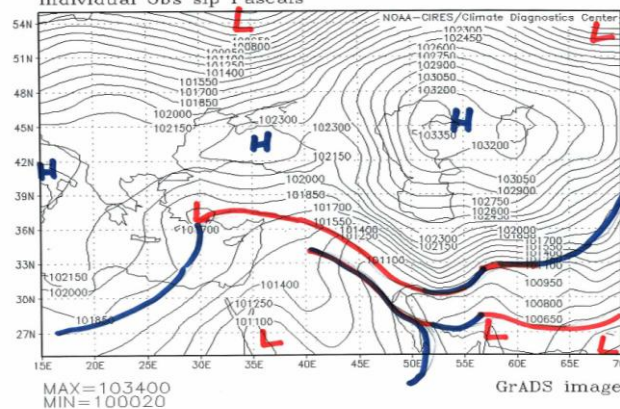
Individual Obs hgt m



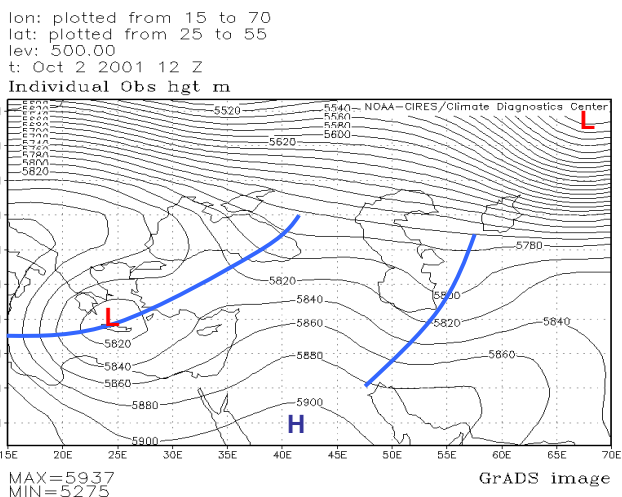
شکل ۱۹ : نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱
توزیع میدان دما و موقعیت جبهه ها در

lon: plotted from 15 to 70
lat: plotted from 25 to 55
t: Oct 2 2001 12 Z
lev: 0

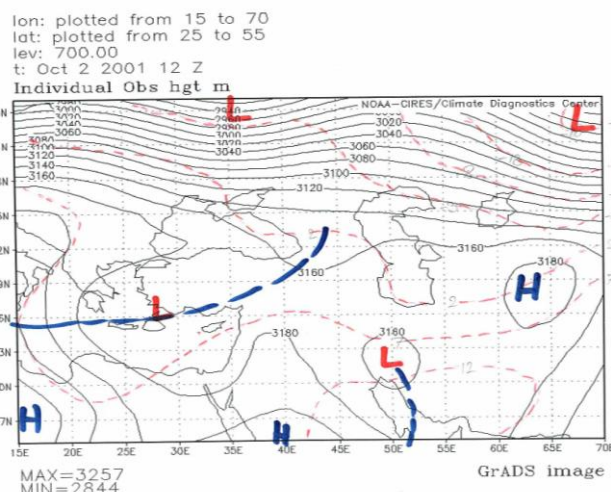
Individual Obs slp Pascals



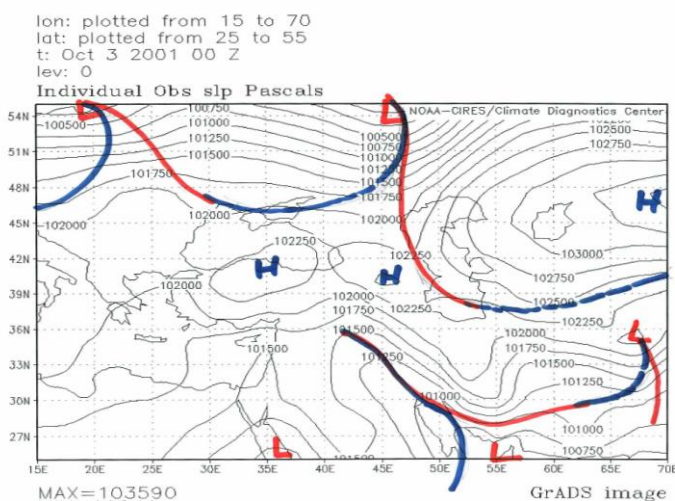
شکل ۱۸ : نقشه سطح زمین ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱
و موقعیت جبهه های سطح زمین



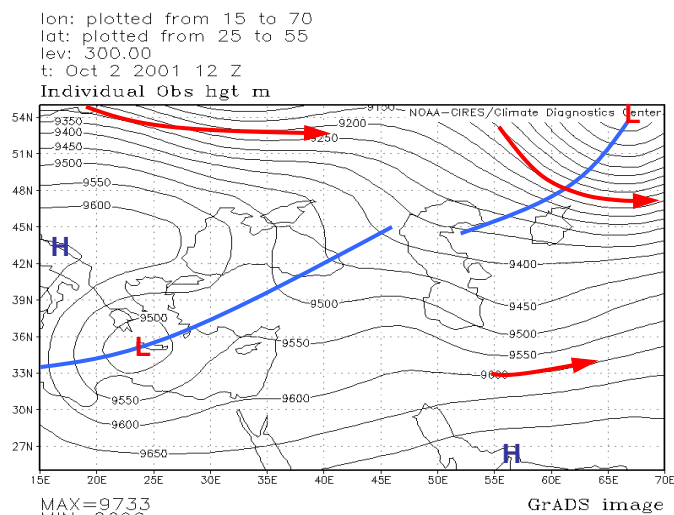
شکل ۲۱ : نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱



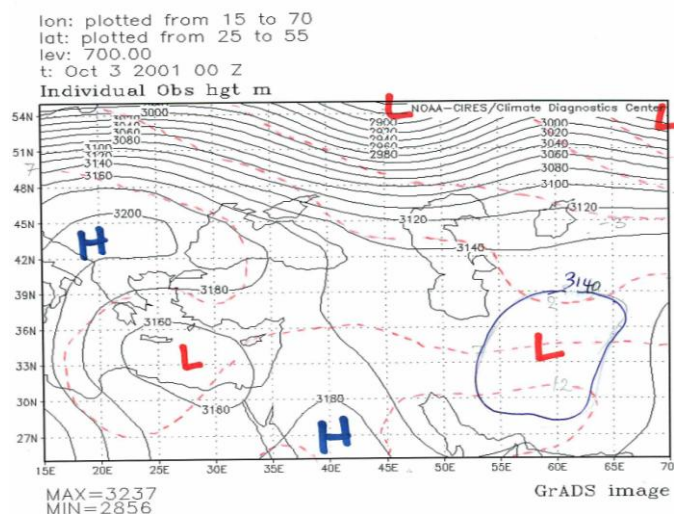
شکل ۲۰ : نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما در سطح ۷۰۰



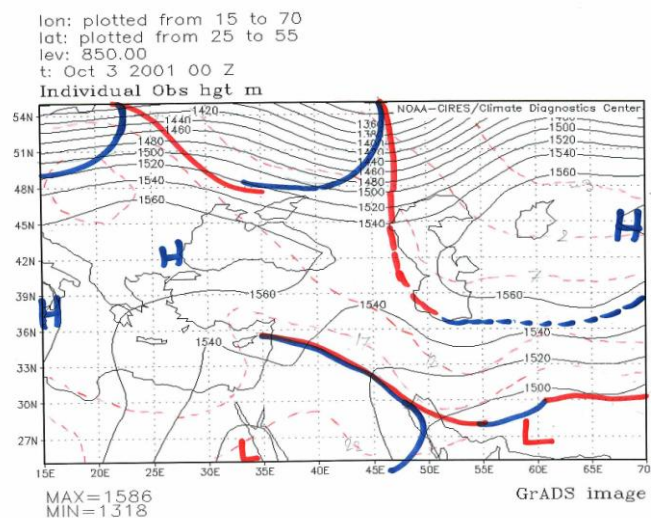
شکل ۲۳ : نقشه سطح زمین ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱ و موقعیت جبهه های سطح زمین



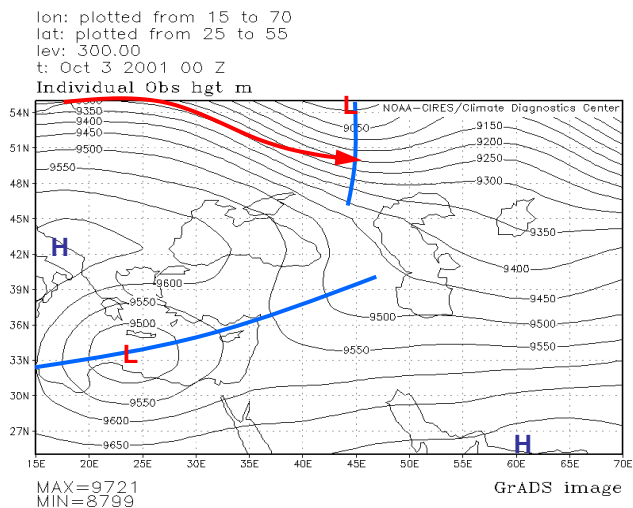
شکل ۲۲ : نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱



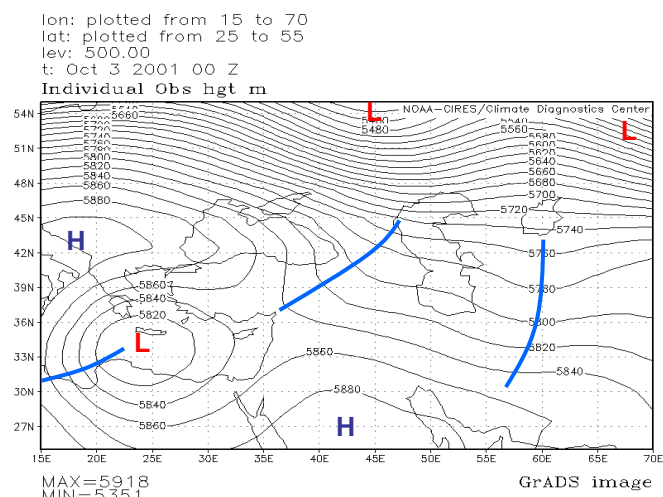
شکل ۲۵ : نقشه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال



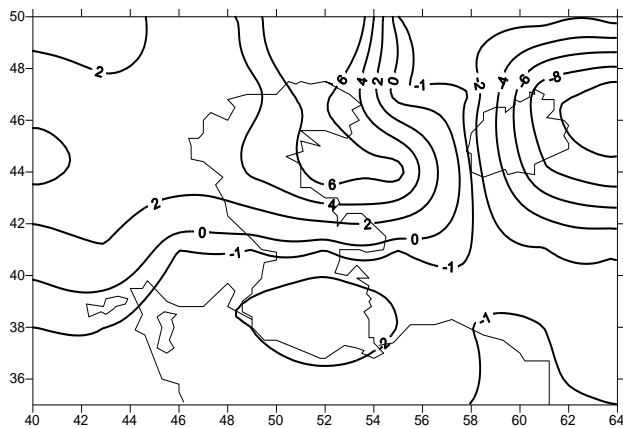
شکل ۲۴ : نقشه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱ و توزیع میدان دما و موقعیت جبهه ها در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



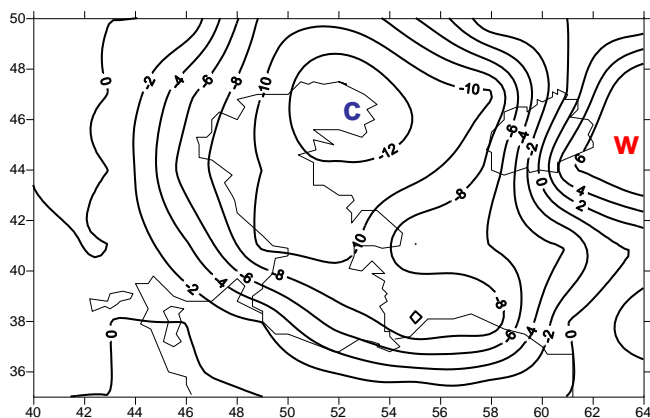
شکل ۲۷ : نقشه سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱



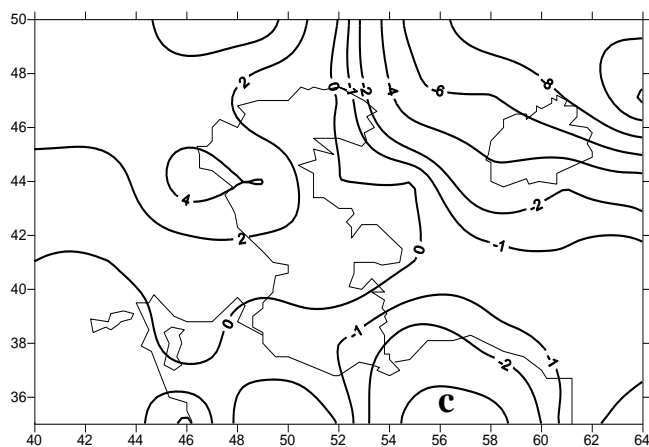
شکل ۲۶ : نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱



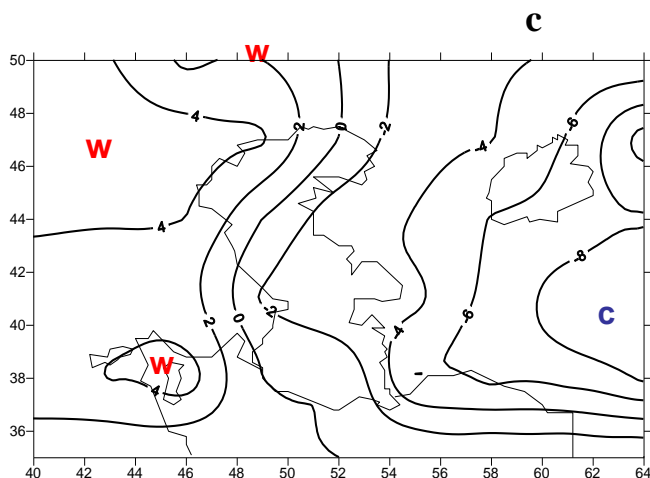
شکل ۲۹ : میدان فرارفت دما در ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال) - واحد خطوط هم‌مقدار $^{\circ}\text{C}/12\text{h}$



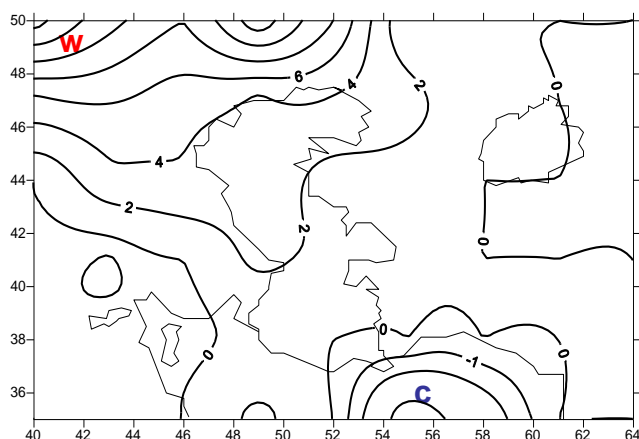
شکل ۲۸ : میدان فرارفت دما در ساعت ۱۲ روز اول اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال) - واحد



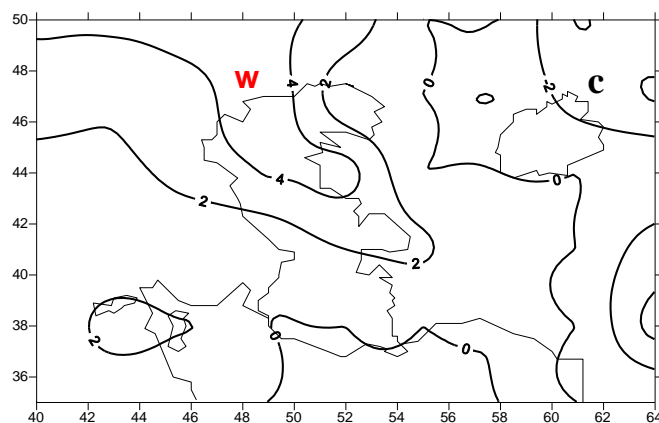
شکل ۳۱ : میدان فرارفت دما در ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال) - واحد خطوط هم‌مقدار $^{\circ}\text{C}/12\text{h}$



شکل ۳۰ : میدان فرارفت دما در ساعت ۰۰ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) - واحد خطوط هم‌مقدار



شکل ۲۳: میدان فرارفت دما در ساعت ۰۰ روز سوم اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال) -



شکل ۲۲: میدان فرارفت دما در ساعت ۱۲ روز دوم اکتبر ۲۰۰۱ (بوسیله باد سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) - واحد خطوط هم‌مقدار

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق با بررسی که روی بارندگی بیش از ۲۰۰ میلی‌متر در مدت ۲۴ ساعت در سواحل جنوبی دریای خزر انجام شد مشاهده گردید که با عبور توده های سرد در فصل پاییز سال (ماه های اکتبر ، نوامبر) از طریق واچرخندهای فصلی روی دریای خزر مسیرهای نسبتاً طولانی می‌پیماید و در تماس با آب گرم با بخار آب بسیار کافی در ضمن عبور درجه ناپایداری آن افزایش می‌یابد در نتیجه هوا مرطوب و ناپایدار می‌شود و آماده صعود می‌گردد. نتایج بررسی نشان می‌دهد یک واچرخند وسیع با فشار مرکزی ۱۰۳۵-۱۰۲۵ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر مستقر می‌باشد. در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال شیب شدید دمایی با چگال‌گرایی بسیار شدید و همچنین در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه عمیق بر روی دریای خزر واقع شده است. منشا این واچرخندهای فعال با حرکتی قابل توجه به سمت جنوب شرق و شرق از روی کشورهای اسکاندیناوی و اروپا می‌باشد و این واچرخندها با سرعت حدود km/h ۷۰ از روی دریای خزر عبور می‌کنند. پرفشارهایی که از سمت اسکاندیناوی به سمت دریای خزر می‌آیند به دلیل بالاتر بودن فشار مرکزشان نسبت به پرفشارهای اروپا و ریزش هوای سردتری روی آبهای خزر، موجب بارندگی شدیدتری در سواحل جنوبی دریای خزر می‌شوند. شدیدترین بارندگی‌ها در دوره مورد مطالعه در ماه های اکتبر و نوامبر اتفاق افتاده است. از نقطه نظر فرارفتی دما محاسبات فرارفت سرد شدید با مقدار حدود $^{\circ}C/12h$ ۱۰- را در روی قفقاز و شمال دریای خزر و تا شرق دریای خزر نشان می‌دهد.

منابع

- باقری، سعید. ۱۳۷۶. بررسی سینوپتیکی سیستم های سیل زا در شمال ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران. تهران. ایران.
- بدیعی، ربیع. ۱۳۷۸. جغرافیای مفصل ایران ، جلد اول. چاپ اقبال. تهران، ایران.
- تقیان، عزت‌اله. ۱۳۷۸. بررسی نمونه هایی از سیستم باران زا در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. تهران. ایران.

- خمامی زاده، جعفر. ۱۳۷۵. دریای خزر. انتشارات هدایت. تهران، ایران.
- خوشحال دستجردی، جواد. ۱۳۷۶. تحلیل و ارائه مدل های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارشهای بیش از صد میلی متر در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
- راهبی، علی. ۱۳۸۲. بارش های سه روز متوالی و بیشتر با مقدار ۱۵۰ میلیمتر در استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. تهران. ایران.
- قائمی، هوشنگ. ۱۳۸۲. هواشناسی عمومی. تهران، ایران.
- قشقای، قاسم. ۱۳۷۵. بررسی فرابار سیبری بر بارش های پاییزی سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم تهران. تهران. ایران.
- کشاورز محمدیان، آزاده. ۱۳۷۸. بررسی و مطالعه همدیدی و فاکتورهای فیزیکی در رابطه بارشهای سنگین در روی سواحل دریای خزر بیش از ۱۰۰ میلیمتر در مدت ۲۴ ساعت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. تهران. ایران.
- وحیدی، جهاندار. ۱۳۷۶. مطالعه و بررسی سینوپتیکی و آماری بارندگیهای سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. تهران. ایران.
- یوسفی، حسن. ۱۳۸۲. زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر و تاثیر سینوپتیکی آن بر بارش پاییزی منطقه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران. تهران. ایران.
- Ahrens, C.D. 2003. *Meteorology Today, An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Thomson Press.
- Bluestein, H.B. 1992. *Synoptic & dynamic meteorology in Mid-Latitudes, Vol 1&2*, Oxford University Press
- Carlson, T.N. 1991. *Mid-latitude weather systems*. The university press Cambridge.
- Charlsen, A.; Clemete, R.; Romuldo, R. & Sergio, A. 1997. A Diagnostic Study of Three Heavy Precipitation Episodes in the Western Mediterranean Region. *Weather and Forecasting*. 13, 102-124.
- Holton, J.R. 1992. *An Introduction to Dynamic Meteorology*, Academic Press.
- Manfred, K. & Petterssen, S. 1940. *Training Guide lined of German Meteorological Service & Synoptic Meteorology. Weather Analysis and Forecasting, Vol 1&2*, McGrew Hill.