



DOI:10.52547/GeoSpa.23.3. 225

* تهمینه چهره آرا ضیابری^۱
علیرضا حسینی

بررسی ساختار جوی پدیده فون در زمان رخداد آتش سوزی جنگل‌های شمال ایران مطالعه موردی: ۲۵ تا ۳۱ ژانویه ۲۰۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۹/ ۷/ ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: ۲۷/ ۲/ ۱۴۰۰

چکیده

به منظور بررسی سازوکارهای جوی حاکم بر رخداد پدیده فون در زمان رخداد آتش سوزی جنگل‌های شمال ایران از چهار نوع داده در تحقیق استفاده شد. در ابتدا با اخذ آمار آتش‌سوزی‌ها جنگل‌های شمال دوره مورد نظر شناسایی گردید. در ادامه به بررسی داده‌های دیده بانی شده دما، فشار و باد در دامنه‌های رو و پشت به باد رشته کوه البرز پرداخته شد، و همچنین از داده‌های شبکه‌بندی‌شده مربوط به مراکز ملی پیش‌بینی محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) و مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جوی (ECMWF) برای تبیین ساختار جو استفاده شد. و برای بررسی دمای سطح زمین از تصاویر سنجنده مودیس و برای ردیابی توده هوا از مدل پسگرد ذرات معلق بهره گرفته شد. بررسی‌ها نشان داد با تشکیل پرفشاری واقع در جنوب کشور و کمفشاری در شمال دریای خزر، گرادیان شدید فشار به وجود آمده و سبب می‌شود تا جریانات جنوبی مناطق شمالی ایران تحت تاثیر قرار گیرد. به طوری که با عروج توده هوا بر روی رشته کوه البرز و تخلیه رطوبت آن و سپس عبور بسته هوا از روی کوهستان و گرمایش بی دررو حاصل از آن توده هوایی گرم و خشک وارد منطقه شده، این شرایط با وزش بادهای شدید همراه گشته و مناطق مستعد برای آتش سوزی را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد اختلاف شدید دمایی نیز بین مناطق رو به باد و پشت به باد کوهستان وجود دارد که این حالت ناشی از کاهش و افزایش بی دررو بسته هوا در منطقه می‌باشد. ردیابی بسته هوا نیز نشان می‌دهد سرمنشأ اصلی جریان وارد شده به منطقه در محدوده شمال خلیج فارس و شمال شرق آفریقا می‌باشد.

کلید واژگان: بادفون، آتش سوزی، گرادیان فشار، شمال ایران

t.chehrehara@pnu.ac.ir

^۱ * استادیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، ایران (نویسنده مسئول)

دانش آموخته دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران، تهران

مقدمه

گرمباد پدیده‌ای میان مقیاس به صورت باد شدید، گرم و خشکی است که در شرایط خاصی از الگوهای همدیدی از کوه به سمت دشت می‌وزد و آثار خود را در نواحی باد پناه کوهستان بر جای می‌گذارد (Gaffin, 2002). زمانی که در دامنه رو به باد هوای مرطوب به صورت بی‌دررو به سمت قله کوهستان صعود می‌کند، در صورت داشتن رطوبت کافی اشباع شده و پس از تشکیل ابر با ریزش باران رطوبت خود را از دست داده، خشک می‌شود و با گذر از کوهستان در دامنه پشت به باد، نزول و به صورت بی‌دررو گرم شده و خشک‌تر و گرم‌تر از هوای اولیه در دامنه رو به باد خواهد شد (Azizi and adullah, 2008) در اثر این پدیده، ضمن کاهش نم نسبی افزایش ناگهانی دما به اندازه ۱۰ الی ۱۵ درجه سلسیوس در مناطق تحت تأثیر (باد پناه کوهستان) روی می‌دهد که طی چند ساعت اتفاق می‌افتد (McGowan and Sturman, 1996) شارش شکل گرفته بصورت یک توده هوای نزول کننده از روی شیب سلسله جبال که از ارتفاعات به سمت دامنه کوهستان جریان می‌یابد، اولین بار توسط Hun در سال ۱۸۶۶ بر روی کوه‌های آلپ مشاهده و آن را وسیعاً مورد بررسی قرار داد (Shirzadi, 2012). پیدایش این پدیده توأم با باد گرم و خشک بوده که با سرعتی نسبتاً زیاد در دامنه و دشت‌های منتهی به شیب کوهستان همراه با دیدافتی بسیار خوب ظاهر می‌گردد. افزایش دمای ناشی از این پدیده زیاد بوده، بطوریکه که گاهی در مدت کمتر از چندین ساعت در یک منطقه وسیعی افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی گراد گزارش می‌شود. این افزایش دما توأم با باد شدید و خشکی زیاد توده هوای مذبور، سبب زهکش شدن منابع رطوبتی منطقه مورد تهاجم، می‌گردد که این امر خود سبب کاهش شدید نم نسبی منطقه تا زیر ۱۰ درصد خواهد شد (Shirzadi, 2012). اما (Klemp and Lilly, 1975) تحلیل کاملی از حرکات دامنه‌ای قوی باد توسط امواج تشکیل شده در جوار بادپناه کوهستان ارائه دادند. نظریه آنها به این اصل اشاره می‌کند که تنها در صورتی می‌توان به اطلاعات بیشتری در این زمینه رسید که جریانات بالاسوی باد و نیمرخ قائم هوا توسط مقادیر محدود و محتمل توجیه شوند. از این رو مکانیزم‌های متفاوت با توجه به ۳ عامل دما، رطوبت نسبی و نیمرخ قائم باد می‌توانند باعث جریان حرکت نزولی هوا در قسمت بادپناه کوهستان شود. هواشناسان باید این اصل را بپذیرند که دامنه کاملی از مکانیزم‌های فیزیکی برای توجیه فون لازم است. زیرا این پدیده در شرایط مختلف رخ می‌دهد به گونه‌ای که وقتی گرادیان فشار بسیار بالا در دو طرف کوهستان بوجود آید، ابرهای باران را از سمت بادگیر کوه به طرف بادپناه کشیده می‌شوند. شرایط جوی در قسمت بادگیر آرام و بارانی می‌باشد اما با عبور از کوهستان و رسیدن به سطح زمین، سبب بوجود آمدن طوفان‌های شدید می‌گردد. این گونه از فون را فون تیره‌وتار یا مه گونه نیز می‌گویند. این پدیده برای اولین بار در نیمه اول قرن پیش توسط محققین سوئیسی کشف شد. از ویژگی‌های این گرمباد می‌توان به سرعت بالای باد و جابجایی گردوغبار اشاره کرد (Richner and Gutermann, 2007) (شکل های ۱).



شکل ۱: نمای کلی از وضعیت هوا در زمان رخداد فون

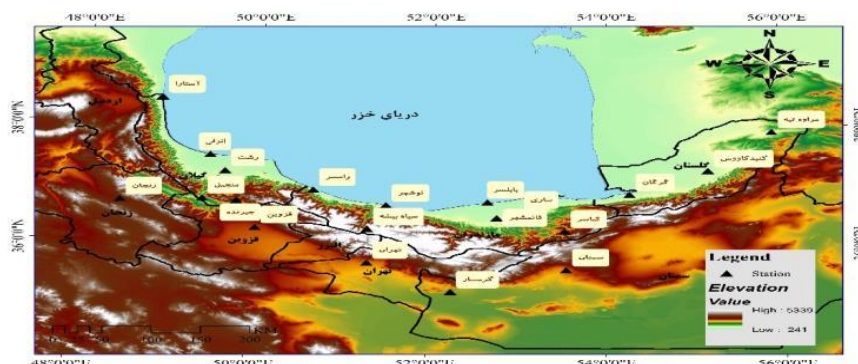
Figure 1::: Overview of the weather conditions at the time of the Föhn event

از سایر تحقیقات صورت پذیرفته در جهان در زمینه ساختار و اثر فون می توان به کار (Drobinski et al, 2003; Keeley, 2004; Richner & Gutermann, 2007; Mofidi, 2015; Ghavidel et al, 2016; Grosvenor, 2014) و در ایران نیز (Shirzadi 2012; Parnian, 1999; Hasanpour Chamachai, 2006; Azizi and Yadullah, 2008; Ranjbarsaadabadi and Pourmirza, 2014) اشاره نمود.

از تحقیقات اخیر نیز می توان به تحقیق (Haji Mohammadi et al, 2016) با عنوان بررسی ساختار جو در زمان رخداد آتش سوزی در شمال ایران اشاره کرد. رخداد این پدیده در نواحی شمالی کشور می تواند سبب آتش سوزی های گسترده ی جنگل ها و مراتع شده که با توجه به اهمیت این منابع طبیعی، مطالعه سازوکار حاکم و پیش بینی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

–منطقه مورد مطالعه

جنگل های شمال ایران که به جنگل های رویشی هیرکانی یا خزری شهرت دارند. در استان های گیلان، مازندران و گلستان قرار دارند این جنگل ها که به برکت رطوبت ناشی از دریای خزر رشد و تکامل یافته اند، به صورت نواری با طول تقریبی ۸۰۰ کیلومتر و عرض ۲۰ تا ۷۰ کیلومتر و با مساحتی حدود ۱.۸۴ میلیون هکتار، نیمرخ شمالی البرز از آستارا تا گلیداغی را در بر می گیرند.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در تحقیق

Figure 2: Geographical location of the study area and meteorological stations used in the research

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل داده‌های آتش‌سوزی و هواشناسی است. اطلاعات مربوط به توزیع زمانی، مکانی و سطح آتش‌سوزی‌ها از اداره کل منابع طبیعی استان‌های گیلان، مازندران و گلستان در دوره ۲۵ تا ۳۱ ژانویه ۲۰۰۷ اخذ و داده‌های مربوط به عناصر روزانه جوی ایستگاه‌های همدیدی شامل دما، رطوبت، باد و فشار برای سه استان شمالی گیلان، مازندران و گلستان و سه استان دامنه جنوبی البرز سمنان، تهران و قزوین از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. همچنین برای تحلیل شرایط سینوپتیکی روزهای آتش‌سوزی داده‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، دمای هوا، رطوبت نسبی، مؤلفه‌های مداری و نصف النهاری باد از تارنمای متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR^۳) و مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت جوی (ECMWF^۴) استفاده شد. پس از بررسی شرایط آب‌وهوایی در دامنه‌های جنوبی و شمالی البرز اقدام به تهیه نقشه‌های سینوپتیکی شد. برای محاسبه دمای سطح زمین نیز از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس یا تفکیک ۲۵۰ متر و در نهایت برای بررسی و شناخت منشأ توده‌هوای واردشده به منطقه در زمان رخداد آتش‌سوزی از مدل لاگرانژی (HYSPLIT^۵) به روش پسگرد از روز دوم تا روز پایانی آتش‌سوزی استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

جهت بررسی وضعیت سیستم‌های سینوپتیک در زمان رخداد پدیده فون که همراه با حریق بوده، مطالعات به چهار بخش تقسیم شد. در ابتدا با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های شمالی و جنوبی وضعیت پارامترهای هواشناختی مورد پایش قرار گرفت. در ادامه به بررسی سیستم‌های فشار در منطقه پرداخته شد تا مشخص گردد در سطح زمین و ترازهای میانی جو آرایش الگوهای فشار به چه صورت بوده و به بررسی و تبیین ساختار جو پرداخته

3 - National centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research

4 - European Center for Medium – Range Weather Forecasts

5 - HYbrid-Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT)

شد. در مرحله بعد سعی شد برای ۶ ایستگاه نماینده در دامنه شمالی البرز مدل پسگرد ذرات معلق اعمال گردید تا منشا و مسیر توده هوای ورودی به منطقه شناسایی گردد. در نهایت با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس دمای سطوح مشخص شود.

وضعیت پارامترهای جوی در دامنه های شمالی و جنوبی البرز

به منظور بررسی شرایط هواشناسی در زمان وقوع گرم باد، اقدام به بررسی وضعیت عناصر آب و هوایی در ایستگاه-های منتخب شد (جدول ۱ و ۲). بررسی ها نشان داد متوسط پارامترهای دمایی دامنه های جنوبی نسبت به شمالی بسیار کمتر بوده و تقریباً اختلافی بیش از ۵ درجه سانتی گراد وجود دارد. از طرفی فشار در ایستگاه های نماینده در دامنه جنوبی به دلیل صعود هوا کاهشی است. در دامنه های شمالی با نزول هوا و افزایش دما کم فشار سطحی ایجاد و در نتیجه کاهش فشار مشاهده می شود. در قسمت بادپناه کوهستان از روز دوم رطوبت نسبی رو به کاهش بوده که در روز ۲۸ ژانویه به کمترین مقدار خود رسیده است.

جدول ۱- میانگین عناصر جوی در دامنه جنوبی البرز

Table 1.- Average atmospheric elements in the southern slope of Alborz

روزها	متوسط سرعت باد	فشار سطح ایستگاه	دمای خشک	دمای تر	میانگین دمای روزانه	دمای نقطه شبنم	رطوبت نسبی
۲۵ ژانویه ۲۰۰۷	۱.۵	۸۸۵.۶	۴.۶	۱.۶	۵	-۳.۲	۵۹.۷
۲۶ ژانویه ۲۰۰۷	۱.۲۵	۸۸۲.۳	۴.۸	۱.۹	۵.۸	-۲.۹	۵۹.۳
۲۷ ژانویه ۲۰۰۷	۰.۳۶	۸۷۹.۳	۵.۲	۱.۳	۶.۱	-۵.۴	۵۰.۴
۲۸ ژانویه ۲۰۰۷	۱.۸۳	۸۷۴.۸	۶.۴	۱.۹	۶.۵	-۵.۹	۴۴.۳
۲۹ ژانویه ۲۰۰۷	۷.۱	۸۷۰.۱	۷.۴	۲.۲	۷.۵	-۶.۹	۳۶.۶
۳۰ ژانویه ۲۰۰۷	۳.۹	۸۷۰	۸.۳	۳.۴	۹	-۵	۳۹.۱
۳۱ ژانویه ۲۰۰۷	۴	۸۷۱	۶.۹	۳.۳	۷.۲	-۲.۱	۵۳.۶

جدول ۲- میانگین عناصر جوی در شمال البرز

Table 2- Average atmospheric elements in North Alborz

روزها	متوسط سرعت باد	فشار سطح ایستگاه	دمای خشک	دمای تر	میانگین دمای روزانه	دمای نقطه شبنم	رطوبت نسبی
۲۵ ژانویه ۲۰۰۷	۶.۵	۱۰۲۱	۱۰.۷	۷.۵	۱۱.۳	۳.۱	۶۸
۲۶ ژانویه ۲۰۰۷	۲.۵	۱۰۰۵	۱۱.۴	۷.۶	۱۲.۹	۲.۹	۶۰.۷
۲۷ ژانویه ۲۰۰۷	۳.۷	۱۰۰۲	۱۰.۸	۷.۵	۱۲	۳.۱	۶۴
۲۸ ژانویه ۲۰۰۷	۱۲.۵	۹۹۴.۵	۱۴.۱	۸.۳	۱۴.۹	۰.۵	۴۷.۵
۲۹ ژانویه ۲۰۰۷	۱۲.۹	۹۹۶.۷	۱۰.۶	۷.۵	۱۴.۱	۰.۴	۶۴
۳۰ ژانویه ۲۰۰۷	۵.۱	۹۹۷	۹.۴	۶.۴	۱۰.۲	۴.۱	۷۲
۳۱ ژانویه ۲۰۰۷	۹.۹	۹۹۶	۱۱.۶	۸.۵	۱۳.۶	۴.۸	۶۸.۸

وضعیت فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فرارفت دما

با بررسی وضعیت فشار در تراز دریا در روز نخست مشخص شد سلول پرفشاری بر روی نیمه غربی ایران تشکیل شده که ضمن تشکیل آن، جریان ساعتگردی بر منطقه حاکم شده که بیشینه این وضعیت مستقر بر جنوب کشور می‌باشد. در شرق اروپا سلول کم‌فشار قوی تشکیل شده که فشار مرکزی آن کمتر از ۱۰۰۴ هکتوپاسکال بوده که زبانه‌ای از این کمفشار تا جنوب دریای خزر کشیده شده است. این شرایط سبب شده تا جریان تاوایی مثبتی از شمال دریای خزر تا شمال شرق کشور بوجود آید. با گرادیان فشاری که بین دو سامانه ایجاد شده، جریان جنوبی در نیمه شمالی ایران ایجاد و شرایط برای انتقال هوای عرض‌های پایین تر به عرض‌های بالا صورت پذیرد. در تراز میانی بر روی کشور پشته قوی تشکیل شده که سبب شده در غرب این سامانه جریان غربی از حالت مداری خارج و به نصف‌النهاری منحرف شده که ضمن آن بر روی دریای سرخ کم ارتفاعی تشکیل و همراه با تاوایی مثبت همراه شده است. با عروج هوا از روی مناطق غرب و جنوب غرب و انتقال آن با همگرایی فوقانی که بر روی پشته ایجاد شده، با فرونشست هوا و واگرایی سطحی شرایط برای عبور بسته هوا از روی البرز فراهم شود (شکل ۳). در روز ۲۶ ژانویه پشته تراز میانی قوی‌تر شده و کل محدوده کشور را در بر گرفته است. از طرفی در شرق و غرب این سامانه ناوهای حاصل از این پشته نیز عمیق‌تر شده و همراه با تاوایی قوی مثبت می‌باشند. با جریان واچرخندی بوجود آمده بر روی ایران سبب شده تا با عبور پرند ۵۷۶۰ ژئوپتانسیل متر از روی ساواحل خزری شرایط را برای فرونشست بسته هوا فراهم نماید. در سطح زمین کمفشار واقع در شرق اروپا به طرف شمال روسیه منتقل شده و جریان بسیار قوی تاوایی مثبت را به همراه دارد. از طرفی در سطح زمین هسته تاوایی مثبت واقع بر جانب شمال دریای خزر قوی‌تر و متمرکزتر شده است. این شرایط باعث شده تا شاخه شمالی جریانات شمال آنتی‌سیکلون واقع در غرب و جنوب‌غرب کشور به سوی نواحی خزری شارش یابد (شکل ۴). در روز بعد از شدت جریان ساعتگرد واقع در غرب و شمال‌غرب کاسته شده که این شرایط در قسمت‌های شمالی نیز با تضعیف نسبی کمفشار واقع بر روی منطقه همراه شده است. اما با ورود زبانه‌ای از کمفشار بسیار قوی واقع در عرض‌های جنب قطبی شرایط برای جریان سیکلونی در منطقه فراهم شود. در تراز میانی نیز هسته پر ارتفاع متمرکزتر و معطوف به نیمه شمال‌شرقی کشور شده و در قسمت جنوبی خود ناوه بسیار عمیقی را تجربه می‌نماید. به‌طوریکه دو هسته بسیار قوی ناپایداری یکی بر روی خلیج فارس و دیگری بر شرق پاکستان منطبق می‌باشد (شکل ۵).

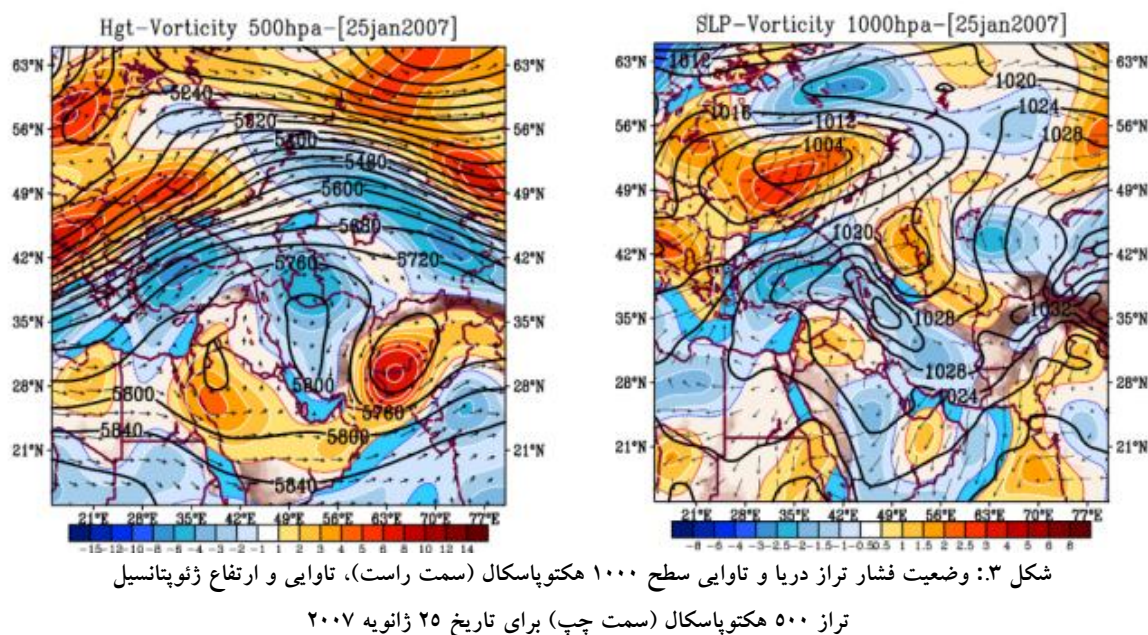


Figure ۳: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right side), surface temperature and geopotential height of 500 hPa (left side) for January 25, 2007

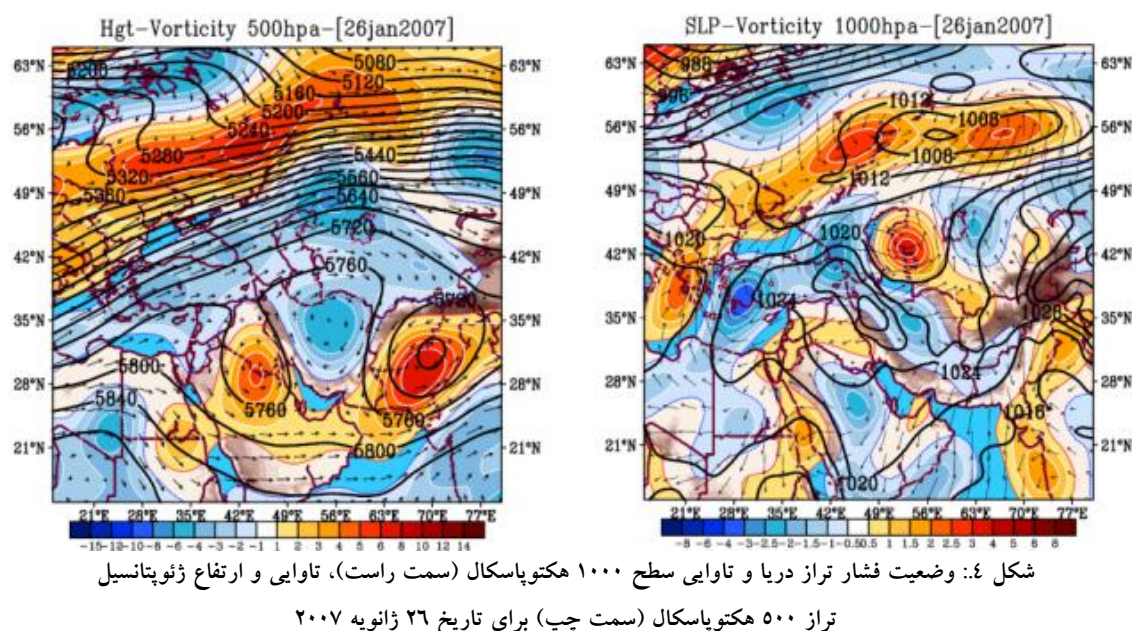
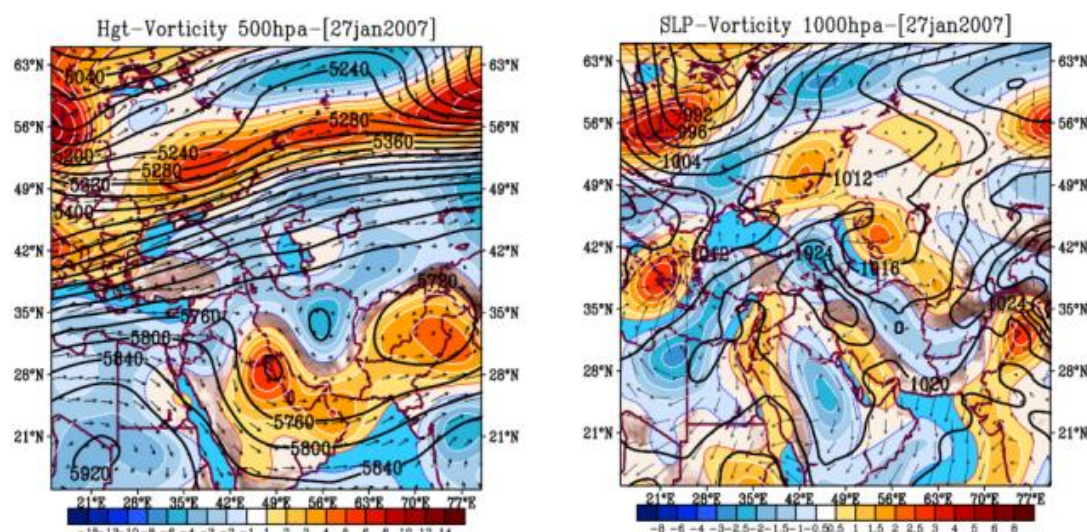


Figure 4: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right), temperature and geopotential height of 500 hPa (left) for January 26, 2007

با حرکت جنوب سوی کمفشار قطبی زبانه‌ای از آن تا جنوب دریای خزر وارد شده که این شرایط باعث شده با برخورد زبانه کمفشار مذکور با پرفشار واقع بر روی زاگرس، گرادیان شدید فشاری بر شمال غرب ایران و نواحی غرب خزری ایجاد گردد. با این وضع شرایط آنتی سیکلونی محدوده یاد شده را در بر گرفته است. در سمت مقابل و

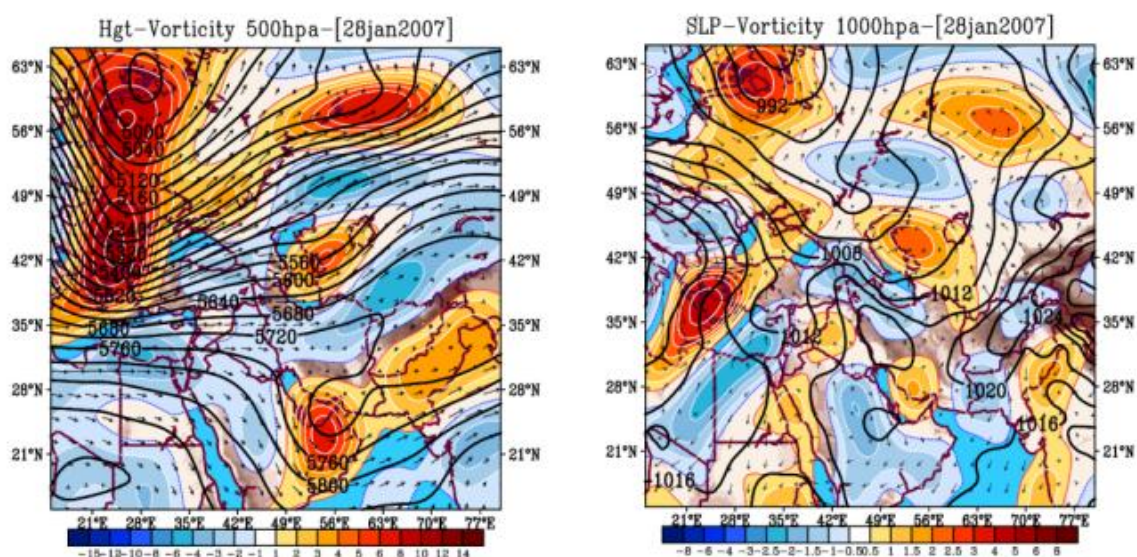
از جانب شمال و شرق خزر هسته تاوایی مثبتی بوجود آمده و ناپایداری حاصل از این فرآیندها را به همراه خود برای منطقه به همراه دارد. در تراز میانی به موازات تغییرات فشار تراز دریا، ناوه عمیقی در محدوده طول‌های ۲۰ تا ۲۸ درجه شرقی و ۳۵ تا ۷۰ درجه شمالی بوجود آمده است. بر روی ناحیه خزری نیز موج کوتاهی ایجاد شده که سبب شده هسته ناپایداری بین دریای خزر و دریاچه آرال بوجود آمده است (شکل ۶).



شکل ۵: وضعیت فشار تراز دریا و تاوایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (سمت راست)، تاوایی و ارتفاع ژئوپتانسیل

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ) برای تاریخ ۲۷ ژانویه ۲۰۰۷

Figure 5.: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right), surface temperature and geopotential height of 500 hPa (left) for January 27, 2007



شکل ۶: وضعیت فشار تراز دریا و تاوایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (سمت راست)، تاوایی و ارتفاع ژئوپتانسیل

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ) برای تاریخ ۲۸ ژانویه ۲۰۰۷

Figure 6.: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right), surface temperature and geopotential height of 500 hPa (left) for January 28, 2007

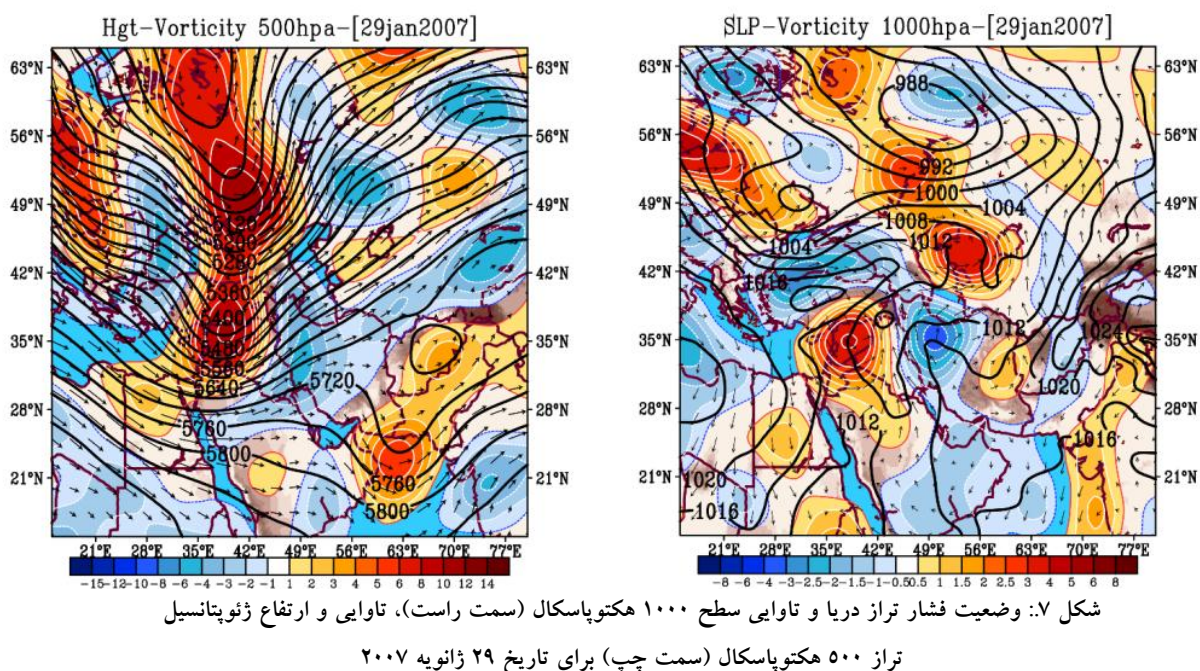


Figure 7: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right), temperature and geopotential height of 500 hPa (left) for January 29, 2007

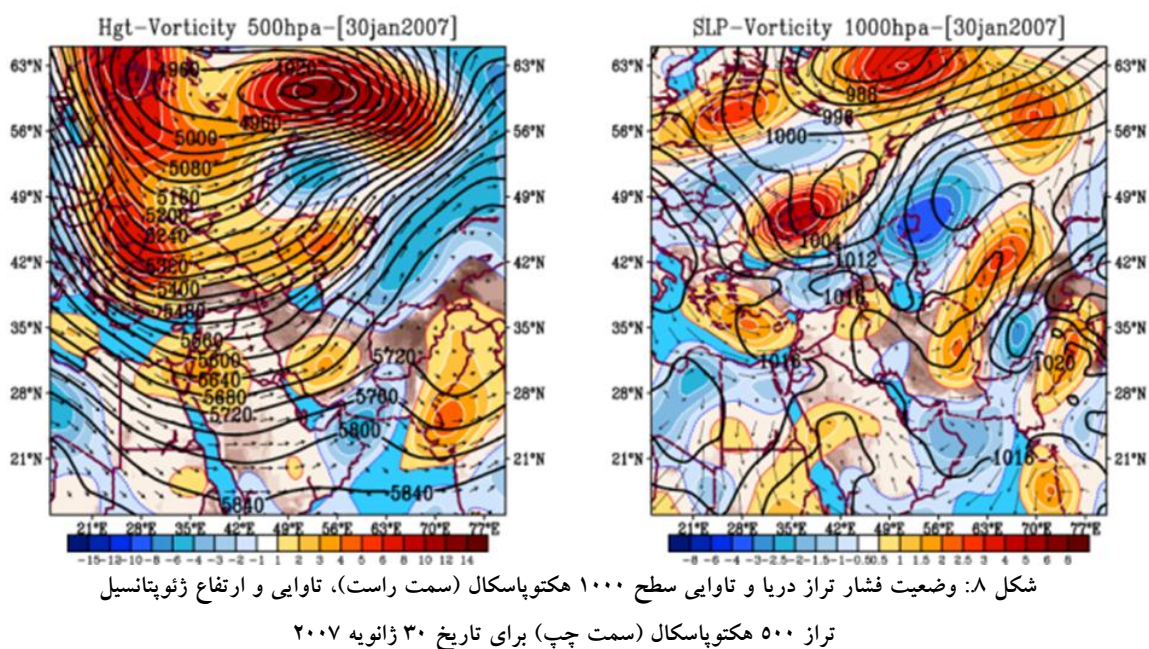
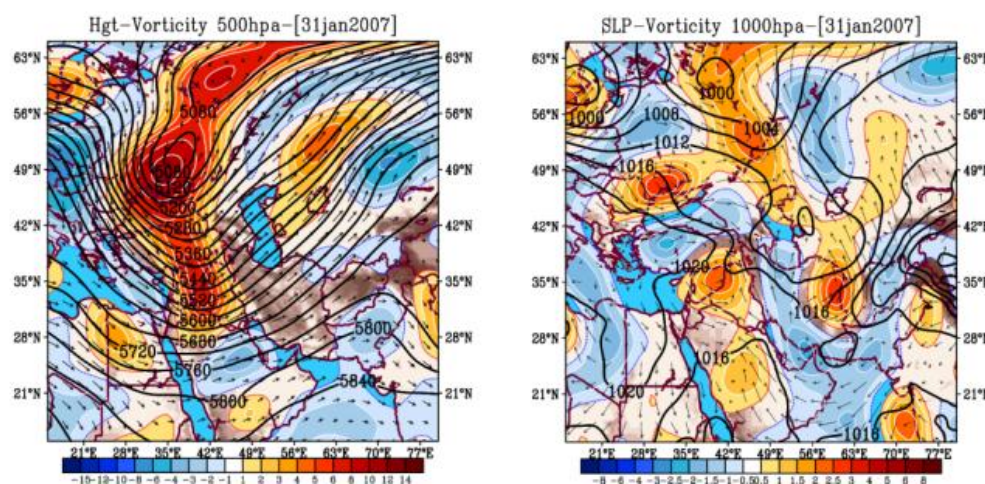


Figure 8: The state of sea level pressure and surface temperature of 1000 hPa (right), temperature and geopotential height of 500 hPa (left) for January 30, 2007

در روز ۲۹ ژانویه در دامنه‌های جنوبی البرز جریان تاوایی منفی بسیار قوی در سطح زمین بوجود آمده که با جریان تاوایی منفی واقع در شمال دریای مدیترانه ترکیب شده‌اند. از طرفی در دامنه‌های شمالی به دلیل نفوذ زبانه کم‌فشار جریان تاوایی مثبت بسیار قوی در محدوده بوجود آمده که همگرایی سطحی را به همراه دارد. با جنوبی شدن جریانات بر روی منطقه خزری ضمن تسهیل در عبور توده هوا از روی کوهستان، با نزول خود در دامنه‌های شمالی با افزایش دما بصورت بی‌دررو هوای گرم همراه با وزش باد را به همراه دارد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز ناوه حاصل از کم‌فشار قطبی بر روی منطقه عمیق‌تر شده و در ضلع شرقی این ناوه جریان ساعتگرد قوی منطبق بر جنوب رشته کوه البرز تشکیل و تقویت شده است (شکل ۷). در روز ۳۰ ژانویه ناوه مذکور قوی‌تر شده و منطقه وسیعی را تحت استیلای خود دارد. محور ناوه به گونه‌ای است که سبب شده تا بر روی دریای سرخ و خلیج فارس جریان مثبت تاوایی ایجاد و ضمن آن جهت باد به سمت شمال باشد. همین امر در عبور هوا از روی البرز نقش مهمی را ایفا می‌کند. در سطح زمین با تشکیل پرفشاری در جنوب دریای سیاه و ورود آن به نواحی خزری، جریان قوی تاوایی منفی بر روی دریای خزر بوجود آمده است. با بررسی بردار باد مشخص شد که با فرونشست هوا بر روی منطقه جریان قوی واگرایی سطحی نیز بوجود آمده و جریان شمالی را برای ناحیه خزری ایجاد کرده است.

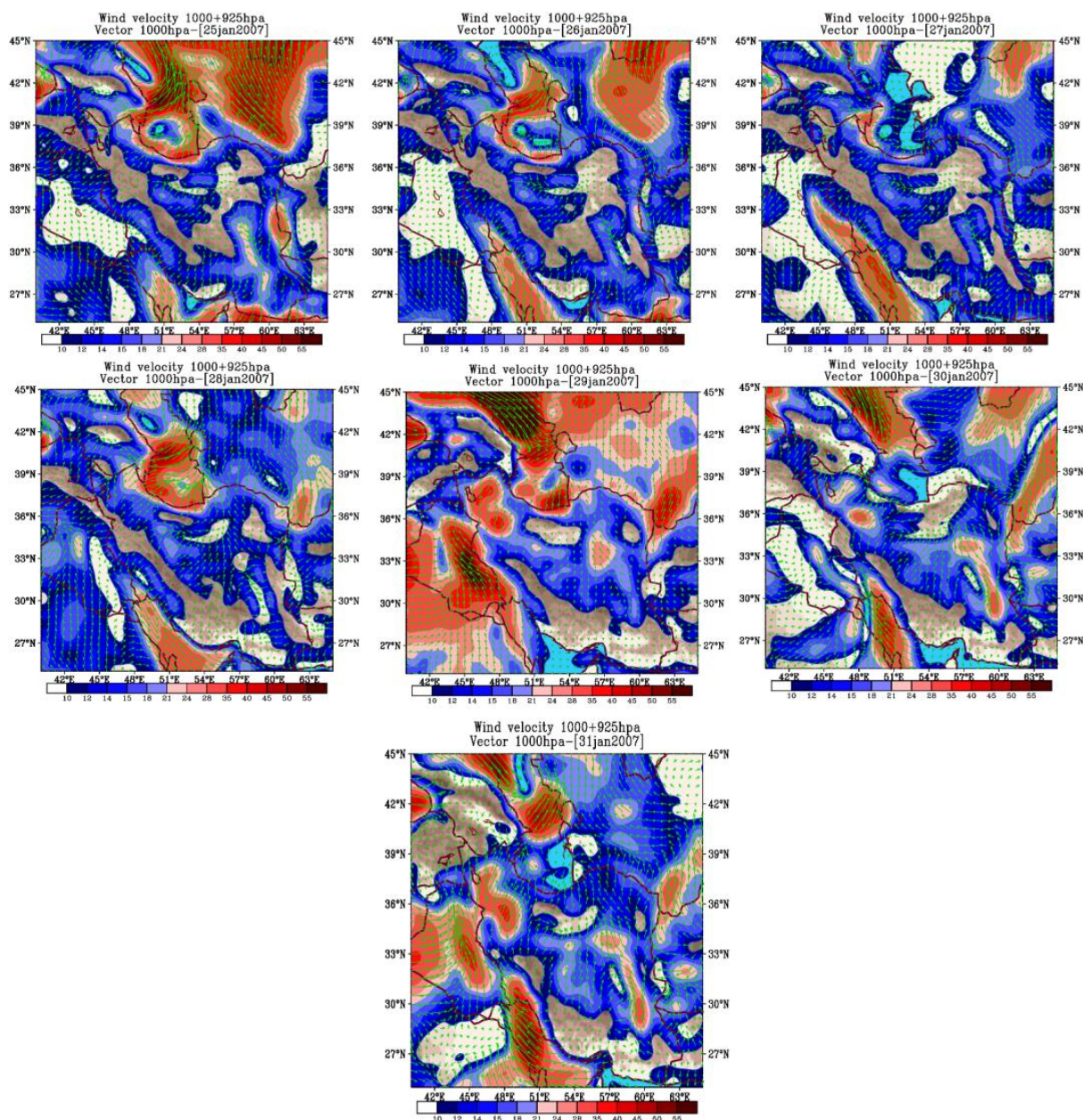


-وضعیت سرعت باد در لایه های زیرین جو

با بررسی سرعت باد در لایه های زیرین جو مشخص شد که متوسط سرعت باد در روز نخست آتش سوزی در محدوده خزری به بیش از ۲۸ متر بر ثانیه رسیده است. این وضعیت از شرق استان اردبیل شروع و تا شرق استان گلستان ادامه دارد. در روز دوم دو هسته جداگانه بیشینه سرعت باد یکی منطبق بر استان مازنداران و دیگری بر روی استان گیلان است که ادامه این وضعیت بر روی مناطق مرکزی دریای خزر به بیش از ۳۵ متر بر ثانیه می رسد. در روز ۲۷ ژانویه از شدت هسته های تشکیل شده کاسته شده ولی همچنان سرعت وزش باد در منطقه بالا می باشد. در روز ۲۸ ژانویه با تشکیل هسته سرعت باد که از شمال غرب کشور تا ایران مرکزی ادامه دارد، با نزدیک شدن به رشته کوه البرز به جز در مناطقی همچون استان تهران، به بیش از ۱۴ متر بر ثانیه رسیده که با عبور از کوهستان در دامنه های پشت به باد، نزدیک به ۳۰ متر بر ثانیه رسیده است. روز ۲۹ ژانویه به شدت بادهای دامنه های رو به باد افزوده شده است. بدین گونه که در محدوده شمال استان یزد و آذربایجان دو هسته قوی سرعت باد تشکیل و با هجوم به سمت عرض های بالاتر، از محدوده شرق استان گیلان تا شرقی ترین نقطه استان گلستان را تحت تاثیر خود قرار داده است. ملاحظه می شود که در استان مازنداران بیشینه سرعت باد با بیش از ۴۵ متر بر ثانیه منطقه را در نوار ساحلی درنوردیده است. در روز ۳۰ ژانویه از شدت بادهای منطقه خزری جز در نیمه غربی این ناحیه کاسته شده و بیشتر منطبق بر نوار ساحلی می باشد. در روز ۳۱ ژانویه نیز با سرعت گرفتن باد در مناطق غرب کشور، جریانات وارد منطقه خزری شده بیشترین تاثیرگذاری را در غرب ناحیه خزری می توان مشاهده نمود. با حرکت از مناطق غربی به شرق از سرعت باد کاسته شده است (شکل ۱۰).

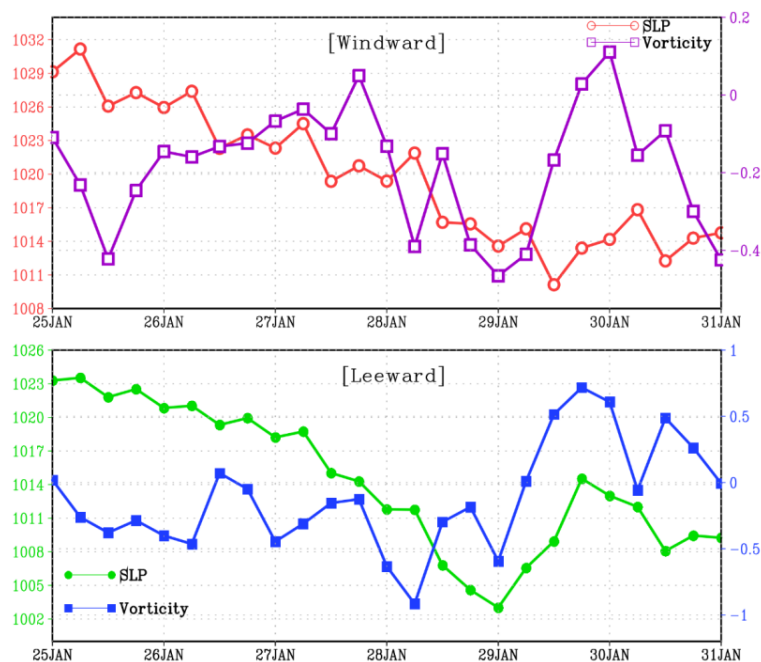
-وضعیت فشار تراز دریا و تاوایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در محدوده روبه باد و پشت به باد کوهستان

به منظور بررسی وضعیت فشار تراز دریا و تاوایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در محدوده رو به باد و پشت به باد کوهستان از متوسط منطقه ای این دو پارامتر بصورت ساعتی (هر ۶ ساعت یکبار) برای دوره ۲۵ تا ۳۱ ژانویه ۲۰۰۷ استفاده شد. بررسی ها نشان داد در محدوده روبه باد کوهستان فشار تراز دریا از ۱۰۳۲ هکتوپاسکال در روز نخست تا ۱۰۱۴ هکتوپاسکال متغیر بوده و از روز اول تا روز پایانی با کاهش نسبی فشار همراه بوده است. وضعیت تاوایی نیز جز در روز ۳۰ ژانویه در ساعت ۰۰ گرینویچ هرگز مثبت نبوده و همواره در طول دوره منفی می باشد. در دامنه های پشت به باد نیز تغییرات فشار در روزهای نخست روندی ملایم داشته و در روز ۲۸ ژانویه با شیبی تند و ناگهانی از مقدار آن کاسته شده است. طی این وضعیت تاوایی از حالت منفی خارج و مثبت شده که بیشینه آن در ۲۹ ژانویه ساعت ۱۸ گرینویچ می باشد. با مقایسه فشار تراز دریا در سوی کوهستان مشخص می شود که طی کاهش فشار در دامنه های رو به باد در طی دوره آتش سوزی، فشار در مناطق پشت به باد با افزایش ۸ هکتوپاسکالی همراه شده است.



شکل ۱۰: وضعیت سرعت باد در لایه های زیرین جو (متوسط گیری شده برای تراز ۱۰۰۰ تا ۹۲۵ هکتوپاسکال) از ۲۵ تا ۳۱ ژانویه ۲۰۰۷

Figure 10.: The state of wind speed in the lower layers of the atmosphere (averaged for the level of 1000 to 925 hPa) from January 25 to 31, 2007

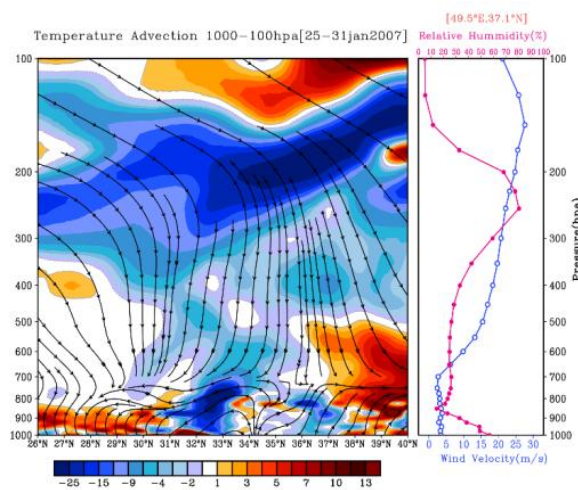


شکل ۱۱: وضعیت فشار تراز دریا و تاوایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در محدوده رو به باد و پشت به باد کوهستان (متوسط گیری شده برای طول های ۴۸ تا ۵۷ درجه شرقی برای هر دو سمت عرض جغرافیایی برای محدوده رو به باد ۳۰ تا ۳۵ و برای پشت به باد کوهستان ۳۶ تا ۴۰ درجه شمالی)

Figure 11.: The state of sea level pressure and air pressure at 1000 hPa areas of the mountain windward and Leeward (averaged for longitudes 48 to 57 degrees east for both sides -latitudes for the area windward 30 up to 35 and for the leeward 36 to 40 degrees north)

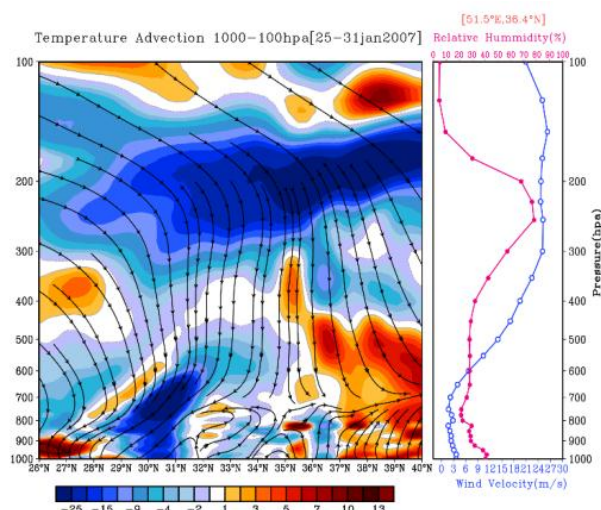
-وضعیت دما و رطوبت

به منظور بررسی تغییرات دما و رطوبت در منطقه خزری اقدام به تهیه نیمرخ مقطع قائم جو برای پارامتر فرارفت دما و رطوبت نسبی شد. در همین راستا سه طول جغرافیایی به عنوان نماینده انتخاب و تغییرات دما در راستای نصف النهارات از عرض ۲۶ تا ۴۰ درجه شمالی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف متوسط کل دوره محاسبه گردید. در شکل (۱۳) در محدوده رو به باد کوهستان جز در پاره ای از مناطق، از ۳۱ تا ۳۶ درجه شمالی و از تراز ۱۰۰۰ تا ۱۵۰ هکتوپاسکال فرارفت سرد رخ داده که بیشینه آن در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال با ۲۵- درجه سانتی گراد بود. اما با فرونشست هوا، مابین طول های ۳۷ تا ۴۰ درجه شمالی، از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال فرارفت مثبتی بوقوع پیوسته که بیشینه آن در تراز ۹۰۰ هکتوپاسکالی با بیش از ۱۲ درجه سانتی گراد در کل دوره است. با بررسی نمودار نقطه ای نیز مشاهده شد بیشینه رطوبت نسبی بین ترازاها ۳۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال بوده و با کاهش ارتفاع از مقدار رطوبت نسبی نیز کاسته شده که از تراز ۸۰۰ هکتوپاسکال تا سطح ۱۰۰۰ با نرخ افزایشی همراه شده است. نتایج حاصل از بررسی سرعت باد نیز نشان داد از تراز ۱۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال سرعت باد تقریباً ثابت بوده اما از آن به بعد سرعت باد به بیش از ۲۵ متر بر ثانیه رسیده است.



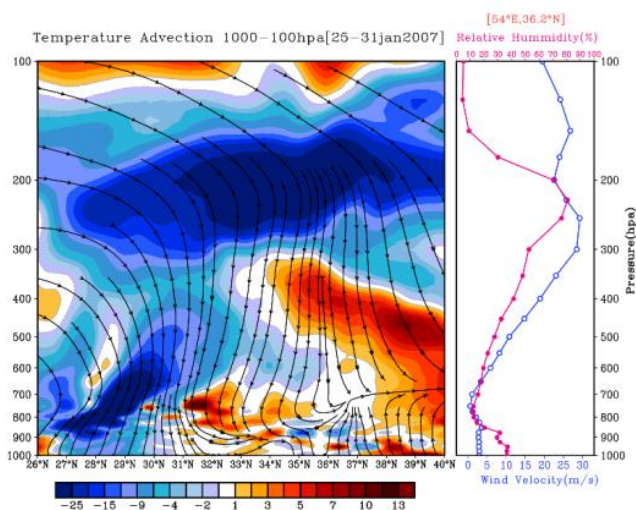
شکل ۱۲: نمودار مقطع قائم فرارفت دما برای طول ۴۹.۵ درجه شرقی و عرض ۲۶ تا ۴۰ درجه شمالی (سمت چپ)، نمودار مقطع قائم تغییرات رطوبت و سرعت باد برای نقطه ۴۹.۵ درجه شرقی و ۳۷.۱ درجه شمالی (سمت راست) - متوسط گیری شده برای کل دوره

Figure 12.: Vertical section diagram of temperature advection for longitude 49.5 degrees east and latitude 26 to 40 degrees north (left), vertical section diagram of changes in humidity and wind speed for point 49.5 degrees east and 37.1 degrees north (right) - averaged For the whole period



شکل ۱۳: نمودار مقطع قائم فرارفت دما برای طول ۵۱.۵ درجه شرقی و عرض ۲۶ تا ۴۰ درجه شمالی (سمت چپ)، نمودار مقطع قائم تغییرات رطوبت و سرعت باد برای نقطه ۵۱.۵ درجه شرقی و ۳۶.۴ درجه شمالی (سمت راست) - متوسط گیری شده برای کل دوره

Figure 13.: Vertical section diagram of temperature advection for longitude 51.5 degrees east and latitude 26 to 40 degrees north (left), vertical section diagram of changes in humidity and wind speed for point 51.5 degrees east and 36.4 degrees north (right) - averaged For the whole period



شکل ۱۴: نمودار مقطع قائم فرارفت دما برای طول ۵۴ درجه شرقی و عرض ۲۶ تا ۴۰ درجه شمالی (سمت چپ)، نمودار مقطع قائم تغییرات رطوبت و سرعت باد برای نقطه ۵۴ درجه شرقی و ۳۶.۲ درجه شمالی (سمت راست) - متوسط گیری شده برای کل دور

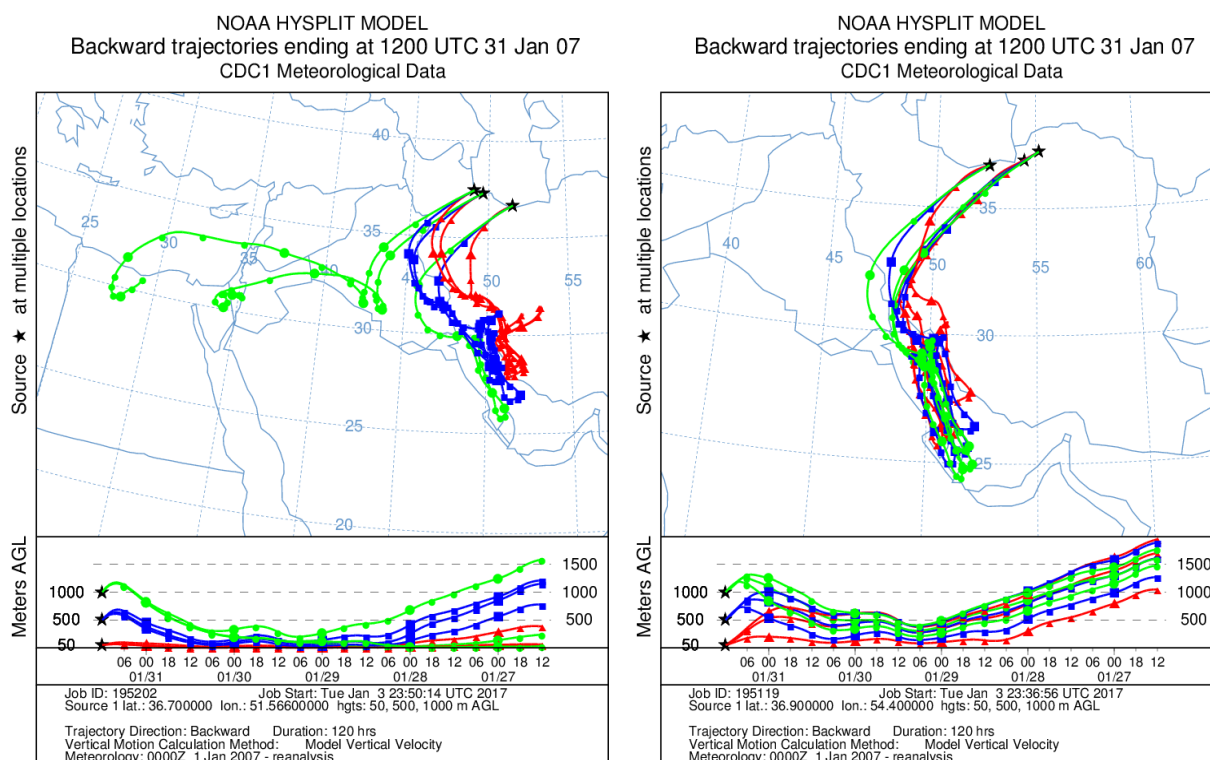
Figure 14.: Vertical section diagram of temperature advection for longitude 54 degrees east and latitude 26 to 40 degrees north (left), vertical section diagram of changes in humidity and wind speed for point 54 degrees east and 36.2 degrees north (right) - averaging for the entire period

در شکل (۱۳) نیز وضعیت تقریباً به مانند شکل (۱۲) است. در برخی نقاط مقادیر فرارفت مثبت دما با انتقال به ترازهای بالاتر، از تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال شروع و تا سطح زمین ادامه دارد. جریان پایین سو حاکم نشان می دهد که از طول ۳۴ درجه به بالاتر جریان جنوب سویی در لایه های زیرین بوجود آمده که ضمن آن با عبور بسته هوا از روی کوهستان و سرازیر شدن آن در دامنه های پادپناه به دلیل نرخ افزایش دما با نزول آن بسته هوا نسبت به شرایط اولیه خود تا بیش از ۸ درجه سانتی گراد افزایش دما دارد. تغییرات رطوبت نسبی و باد نیز به ترتیب بیشینه این دو در ترازهای بالاتر از ۴۰۰ هکتوپاسکال رخ داده است.

در شکل (۱۴) هسته فرارفت منفی دما واقع در ترازهای فوقانی منطقه وسیعی از عرض ۲۸ تا ۳۸ درجه را مابین ترازهای ۳۰۰ تا ۱۵۰ هکتوپاسکال را در بر گرفته است. از طرفی از ۳۴ درجه به بالاتر و از تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال تا سطح زمین فرارفت گرمی صورت پذیرفته که دارای دو بیشینه یکی در تراز ۴۰۰ و دیگری مابین تراز ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال می باشد. در دامنه های جنوبی نیز با جنوبی شدن جریانات در پاره ای از مناطق فرارفت گرم صورت پذیرفته ولی به مانند شرایط پشت به باد کوهستان نیست. تغییرات نمایه قائم رطوبت نسبی و سرعت باد نیز نشان داد از تراز ۴۰۰ تا سطح زمین جوی نسبتاً خشک در منطقه حکمفرماست. از طرفی این خشکی با وزش بادهای شدید همراه بوده که با نزدیک شدن به سطح زمین از مقدار آن کاسته شده است.

–ردیابی توده های هوای وارد شده به منطقه

برای ردیابی توده های هوا در ناحیه خزری، ۶ ایستگاه به عنوان نماینده انتخاب شد. به این صورت که در هر استان ۲ ایستگاه انتخاب و از روز دوم آتش سوزی (۲۶ ژانویه) تا ۳۱ ژانویه مسیریابی شد. بررسی ها در سه لایه ۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری صورت پذیرفت. در سه ایستگاه غربی کانون اصلی خلیج فارس بوده و مسیری که توده هوا طی کرده و به منطقه رسیده از جنوب غرب می باشد. گسترش عمودی حرکتی این بسته هوا حداکثر تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری است. در ایستگاه های غربی جریان وارد شده به منطقه در ارتفاع ۵۰ متری، از ایران مرکزی حرکت به جنوب داشته و دوباره با جهتی جنوب غربی وارد منطقه ساحلی شده است. در ارتفاع ۵۰۰ متری نیز بسته هوا از روی خلیج فارس و مناطق ساحلی آن حرکت کرده و با عبور از مناطق غربی ایران به منطقه مورد مطالعه سرازیر شده است. در ایستگاه مرکزی (بابلسر) بسته هوا از مناطق جنوبی ایران مسیریابی شد در حالی که در دو ایستگاه رشت و انزلی از شمال دریای سرخ و جنوب مدیترانه وارد مناطق شمالی ایران شده است (شکل ۱۵).

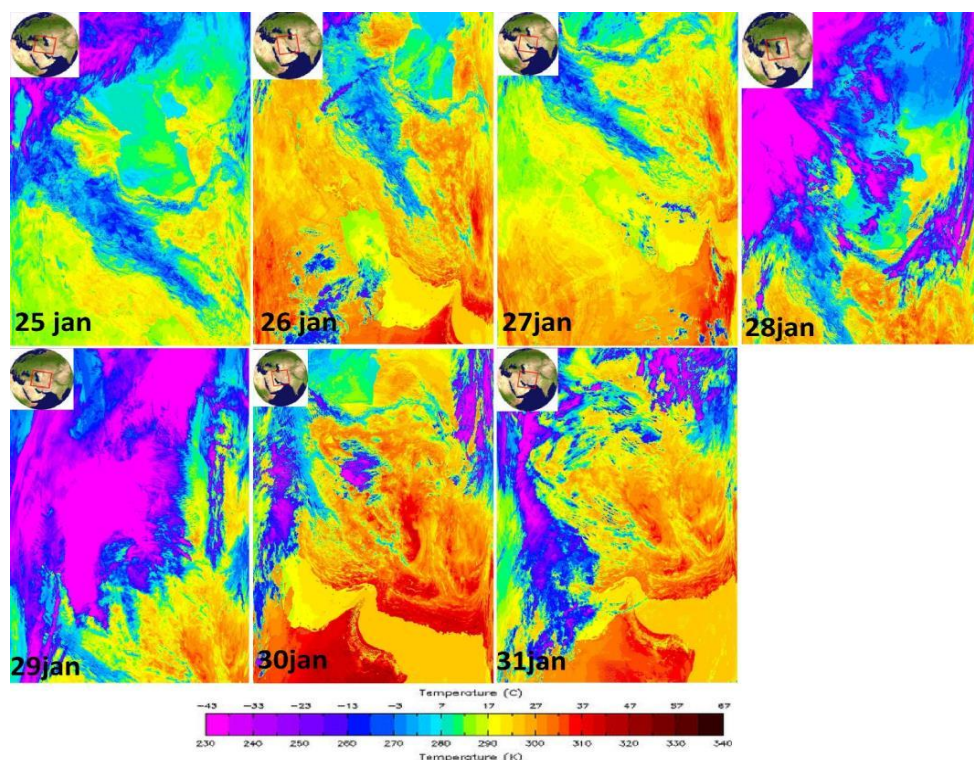


شکل ۱۵: مسیریابی توده های هوای وارد شده به منطقه خزری با استفاده از مدل پسگرد ذرات معلق در ۶ نقطه از ۲۶ تا ۳۰ ژانویه ۲۰۰۷

Figure 15: Routing of air masses entering the Caspian region using the retrograde model of suspended particles in 6 points from January 26 to 30, 2007

وضعیت دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر مودیس

به منظور بررسی وضعیت دمای سطح زمین از تصاویر سنجنده مودیس استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد در دامنه‌های جنوبی البرز و در مناطقی چون استان‌های قزوین، تهران و سمنان دمای سطح بالا می‌باشد. با حرکت بسته هوا به سمت عرض‌های بالاتر، ضمن صعود از دامنه‌های رو به باد کوهستان، دمای بسته هوا کاهش یافته و به پایین تر از ۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است. این حالت در بررسی وضعیت فرارفت دما مشخص شد. بدین صورت که در دامنه‌های جنوبی و بر روی ارتفاعات دمای هوا افت محسوس داشته است. با نزول هوا به قسمت پادپناه کوهستان، با افزایش بیش از ۱۰ درجه‌ای سانتی‌گراد همراه شده و ناحیه خزری را متاثر ساخته است. این وضعیت در ۷ روز همراه با آتش‌سوزی مشهود بود. با بررسی دقیق‌تر در دامنه‌های جنوب مناطقی که با کاهش شدید دما همراه شده نشان از تشکیل ابر است که این وضعیت در روزهای ۲۸ تا ۳۰ مشاهده می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶: وضعیت دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر مودیس

Figure 16: Earth surface temperature status using MODIS images

نتیجه گیری

نتایج نشان داد در زمان رخداد این پدیده در پای دامنه های رو به باد کوهستان دما کاهش و با عبور بسته هوا از روی کوهستان و نزول آن بر دامنه های شمالی با افزایشی ۵ درجه ای همراه شده و که این افزایش با کاهش رطوبت نسبی همراه شده است. از سامانه های جوی می توان به پرفشار سطحی در ایران مرکزی و پشته قوی در تراز میانی جو اشاره نمود. در سمت بادپناه کم فشاری تشکیل شده که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز ناوهای با محور شمال-جنوب همراه بوده که سبب شده تا گرادیان فشاری بین پرفشار ایران مرکزی و کم فشار واقع در شمال دریای خزر جریانات جنوب بر منطقه حاکم گردد. در طی یک دوره مرطوب و بارانی در جبهه جنوبی البرز به شرطی که در جبهه شمالی آن سامانه کم فشار مدیترانه و یا بارش خزری موجود نباشد شیب فشاری حاصله در امتداد البرز و عبور هوای ترازهای جوی از طریق سامانه جنوبی به سمت شمال از طریق البرز گرمابدها حاکمیت می یابند. لازم به توضیح است که این وضعیت برای نیمه شرقی ناحیه خزری حاکم بوده ولی برای نیمه غربی و به خصوص برای ارتفاع ۱۰۰۰ متری، جریاناتی از سوی شمال آفریقا و دریای سرخ حرکت کرده و وارد منطقه می شوند.

در نهایت لازم به ذکر است که در تحقیقات انجام شده قبلی در محدوده مورد مطالعه عمدتاً به جنبه های همدیدی باد فون پرداخته شده است در حالی که در این مطالعه علاوه بر بررسی همدیدی از مدل لاگرانژی (HYSPLIT) به روش پسگرد برای مسیریابی توده های هوا و از تصاویر سنجنده مودیس به منظور بررسی وضعیت دمای سطح زمین در زمان رخداد باد فون استفاده شد.

References

- Azizi, Q., Yadullah, Y. (2008). Garmbad (Bad Fon) and forest fire in Mazandaran and Gilan provinces (example: fire on December 25-30, 2014), Geographical Research Quarterly. No. 92. Pages 15407-15434. [In Persian].
- Drobinski, P., Haeberli, C., Richard, E., Lothon, M., Dabas, A. M., Flamant, P. H., Furger, M., and Steinacker, R.: (2003) Scale interaction processes during the MAP IOP 12 south fohn event in the Rhine Valley, Q. J. Roy. Meteor. Soc., 129, 729–753, <https://doi.org/10.1256/qj.02.35>.
- Ghavidel, Y., Farajzadeh, M. & Khaleghi Babaei, M. Synoptic backgrounds of the widest wildfire in Mazandaran Province of Iran during December 11–13, 2010. Meteorol Atmos Phys 128, 763–777 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0443-3>
- Ghavidel, Y., Farajzadeh, M. & Khaleghi Babaei, M. Synoptic backgrounds of the widest wildfire in Mazandaran Province of Iran during December 11–13, 2010. Meteorol Atmos Phys 128, 763–777 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0443-3>.
- Grosvenor DP, King JC, Choularton TW, Lachlan-Cope T, (2014). Downslope fohn winds over the Antarctic Peninsula and their effect on the Larsen ice shelves. Atmos. Chem. Phys. 14: 9481–9509, doi:10.5194/acp-14-9481-2.
- Haji Mohammadi, H., Baaqideh, Mohammad., Falah Qalhari, G.A (2016). Investigating the structure of the atmosphere at the time of the fire incident in the north of Iran. Journal of Geographical Survey of Space, 7(25), 187-206. [In Persian].
- Hasanpour Chamachai, R. (2006). Synoptic survey of hot wind and its effect on fire in the forest areas of Gilan province, master's thesis. Islamic Azad University, Rasht branch. Department of Geography. [In Persian].
- Keeley JE, (2004) Impact of antecedent climate on fire regimes in coastal California, International journal of Wildland Fire, No13, pp 173-182. International Journal of Wildland Fire 13(2) 173-182 <https://doi.org/10.1071/WF03037>.
- Klemp, J. B., and D. R. Lilly, 1975: The Dynamics of Wave-Induced Downslope Winds. J. Atmos. Sci., 32, 320–339, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1975\)032<0320:TDOWID>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1975)032<0320:TDOWID>2.0.CO;2).
- McGowan, H.A., Sturman, A.P. Regional and local scale characteristics of foehn wind events over the South Island of New Zealand. Meteorol. Atmos. Phys. 58, 151–164 (1996). <https://doi.org/10.1007/BF01027562>.
- Mofidi, A., Soltanzadeh, I., Yousefi, Y. et al. Modeling the exceptional south Foehn event (Garmij) over the Alborz Mountains during the extreme forest fire of December 2005. Nat Hazards 75, 2489–2518 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1440-9>.
- Parnian, A. (1999). The conditions for the creation of the Fon (Garmabad) phenomenon in Gilan and Mazandaran provinces, expert thesis. Azad University of north tehran. Faculty of Marine Sciences and Techniques. Department of Physics. [In Persian].
- Ranjbarsaadabadi, A., Pourmirza, J. (2014). Meteorological study of Garmbad phenomenon in Gilan province, Quarterly of Geography and Development. No. 40. Pages 69-90.. 10.22111/GDIJ.2015.2099 [In Persian].

- Richner, H., & Gutermann, T. (2007). Statistical analysis of foehn in Altdorf, Switzerland. Météo France (Vol. 2, pp. 457-460). http://www.cnrm.meteo.fr/icam2007/ICAM2007/extended/manuscript_216.pdf
- Richner, H., Hächler, P. (2013). Understanding and Forecasting Alpine Foehn. In: Chow, F., De Wekker, S., Snyder, B. (eds) Mountain Weather Research and Forecasting. Springer Atmospheric Sciences. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4098-3_4.
- Shirzadi, H. (2012). Investigating the synoptic and physical conditions of the von phenomenon and its destructive effects in Iran, master's thesis. University of Tehran. Institute of Geophysics. [In Persian].

Investigation of the atmospheric structure of the foehn phenomenon at the time of forest fires in northern Iran Case study: January 25-31, 2007

Tahmine chehreara ziahari*- Assistant Professor, Department of Hydrology and Meteorology, Faculty of Social Sciences, Payam Noor University

Alireza Hosseini Ph.D. in Hydrology and Meteorology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract : In order to investigate the atmospheric mechanisms governing the occurrence of the Von phenomenon at the time of forest fires in northern Iran, four types of data were used in the research. First, by taking the statistics of fires, the forests of the north of the period were identified. The monitored data of temperature, pressure, and wind in the front and back slopes of the Alborz mountain range were examined, as well as the networked data related to the National Environmental Forecasting / Atmospheric Science Centers (NCEP / NCAR). The European Center for Atmospheric Prediction (ECMWF) was used to explain the structure of the atmosphere. Modis sensor images were used to investigate the surface temperature and a suspended particle regression model was used to track the air mass. Studies have shown that with the formation of hypertension in the south of the country and low pressure in the north of the Caspian Sea, a strong pressure gradient is created and causes the southern currents in the northern regions of Iran to be affected. So that with the rising of the air mass on the Alborz mountain range and evacuation of its moisture and then passing the air package over the mountain and the heatless heat resulting from that hot and dry air mass has entered the region, these conditions are accompanied by strong winds and areas Susceptible to fire. Studies show that there is a sharp temperature difference between the windward and backward areas of the mountains, which is due to the unreasonable decrease and increase of air closure in the region. Airborne tracking also indicates that the main source of current entering the region is in the northern Persian Gulf and Northeast Africa.

Keywords: Foehn wind, fire, pressure gradient, northern Iran

Introduction: The Foehn phenomenon is a mesoscale weather event characterized by strong, warm, and dry winds that, under specific conditions, descend from mountain patterns towards the plains and leave their effects in the wind-sheltered mountainous areas (Gaffin, 2002). When moist air ascends the windward slope of the mountain and becomes saturated with sufficient moisture, it loses its moisture after forming clouds and raining. It then becomes dry and, as it passes over the mountain into the leeward slope, descends without precipitation and becomes warmer and drier than the initial air on the windward slope (Azizi and Abdullah, 2008). As a result of this phenomenon, a sudden increase in temperature of 10 to 15 degrees Celsius occurs in the affected areas (mountain wind shelter) over a few hours (McGowan and Sturman, 1996).

Data and Methodology: The data used in this study included wildfire and meteorological data. The temporal, spatial, and surface distribution information of the wildfires during the period of January 25th to 31st, 2007 was obtained from the Natural Resources Department of Gilan, Mazandaran, and Golestan provinces. The daily meteorological data, including temperature, humidity, wind, and pressure for the three northern provinces (Gilan, Mazandaran, and Golestan) and the three southern provinces of the Alborz mountain range (Semnan, Tehran, and Qazvin), were obtained from the

National Meteorological Organization. Additionally, sea-level pressure, geopotential height, air temperature, relative humidity, meridional and zonal wind components for the days of the wildfires were analyzed using data from the National Centers for Environmental Prediction/NCAR (NCEP/NCAR) and the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). After examining the weather conditions in the southern and northern slopes of the Alborz mountain range, synoptic maps were prepared. Satellite images from the MODIS sensor with a resolution of 250 meters were used to calculate the surface temperature. Finally, to investigate and understand the origin of the air masses entering the region during the occurrence of the wildfires, the Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) model with a retrograde method was used from the second day to the end of the wildfire period.

Conclusion: The results showed that during the occurrence of this phenomenon, a decrease in temperature was observed at the foot of the windward mountain slopes, and with the passage of the air mass over the mountain and its descent onto the northern slopes, a 5-degree increase accompanied by a decrease in relative humidity occurred. From the weather systems, a surface high-pressure system in central Iran and a strong ridge at the mid-level of the atmosphere were noted. A low-pressure system formed on the wind-sheltered side, which was also associated with a north-south axis trough at the 500hPa level, resulting in the establishment of a pressure gradient between the surface high-pressure system in central Iran and the low-pressure system located to the north of the Caspian Sea, governing the southern currents over the region. During a moist and rainy period in the southern front of the Alborz, provided that there is no Mediterranean low-pressure system or Caspian precipitation in the northern front, the resulting pressure gradient along the Alborz and the passage of air masses through the southern system towards the north through the Alborz lead to the dominance of Foehn winds. It should be noted that this situation applies mainly to the eastern half of the Caspian region, but for the western half and especially at an altitude of 1000 meters, currents move from North Africa and the Red Sea and enter the region.

Finally, it is worth mentioning that in previous studies conducted in the study area, mainly the synoptic aspects of Foehn winds were addressed, while in this study, in addition to synoptic analysis, the Lagrangian model (HYSPLIT) with a retrograde method for air mass trajectory modeling and MODIS sensor images for examining surface temperature conditions during the occurrence of Foehn winds were used.