

واکاوی اثر عوامل محلی در الگوی جریان باد در منطقه دریاچه ارومیه

مصطفی کریمی^{۱*}، علی اکبر شمسی پور^۲، فرامرز خوش اخلاق^۳، زهرا زارعی چقابلی^۴

۱. استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران،
۲. دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران،
۳. دانشیار اقلیم‌شناسی، د گروه جغرافیای طبیعی، انشکده جغرافیای دانشگاه تهران،
۴. دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای دانشگاه لرستان

چکیده

وزش باد در هر منطقه‌ای تابع عوامل مختلفی در مقیاس‌های سیاره‌ای، منطقه‌ای و محلی است و عامل اصلی انتقال جرم (رطوبت، ذرات جامد و ..) و سایر ویژگی‌های هوا از منطقه‌ای به منطقه دیگر است. در این مطالعه، با بهره‌گیری از داده‌های سه ساعته جهت و سرعت باد در ایستگاه‌های همدید اطراف دریاچه ارومیه و با استفاده از مدل میان‌مقیاس آلودگی هوا TAPM به واکاوی اثر عوامل محلی در شکل‌گیری بادهای در این منطقه پرداخته شد. به این منظور، با انتخاب روزهای با شرایط بادهای محلی از داده‌های سه ساعته ایستگاه‌های هواشناسی (ارومیه، تبریز، خوی، مراغه و مهاباد، در ۶ روز) با تأکید بر تغییر جهت وزش در طول شبانه روز، سرعت باد، دما و رطوبت برای بادهای محلی انتخاب شد. نتایج نشان داد که در ۴ نمونه مورد بررسی ناوه کم عمقی با حاکمیت بادهای غربی در منطقه حاکم بوده که موجب ورود باد با سرعت‌های کم و سرعت تقریبی حدود ۴ متربرثانیه به منطقه گردیده است. بادهای حوضه دریاچه ارومیه تحت‌تأثیر عوامل مختلف دارای پیچیدگی زیاد و تغییرات مکانی و زمانی شدید در جهت و شدت وزش است. خروجی‌های مدل گویای این است که امتداد کوهستان‌ها بیشتر از هر عامل دیگر همچون دریاچه ارومیه در شکل‌گیری بادهای محلی مؤثر هستند و چاله دریاچه در کانالیزه کردن بادهای شمالی یا جنوبی منطقه در رابطه با بادهای محلی نقش دارد. این شرایط باعث شکل‌گیری هسته‌های متعدد واگرایی و همگرایی مطابق با راستای ارتفاعات در منطقه مطالعاتی می‌شود. همچنین شیب ارتفاعی به سمت دریاچه و اختلاف ارتفاع زیاد با کوهستان‌های پیرامون مهمترین عامل مؤثر در شکل‌گیری بادهای در زمان‌های مورد مطالعه است.

کلمات کلیدی: دریاچه ارومیه، سازوکار باد، مدلسازی اقلیمی، TAPM

۱- مقدمه

عناصر اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی بر پایه سه مقیاس سیاره‌ای ناشی از آرایش عناصر کلان گردش عمومی جو و سامانه‌های پیوندی جو - اقیانوس، مقیاس منطقه‌ای ناشی از موقعیت مناطق در مواجهه با فرایندهای مختلف جوی و عناصر فیزیکی منطقه‌ای و مقیاس محلی متأثر از آرایش ناهمواری‌ها و پهنه‌های آبی درونی و حتی ویژگی‌های کاربری اراضی قرار دارند. عوامل مؤثر در شکل‌گیری عناصر جوی در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی بیشتر پیرایش دهنده الگوهای جوی سیاره‌ای هستند. بنابراین تنوع اقلیم تحت تأثیر عوامل مؤثر بر آن قرار گرفته و منجر به تغییرات این عناصر در ابعاد محلی و منطقه‌ای می‌گردد. از میان عناصر مختلف جوی سرعت، جهت و فراوانی بادهای در ایستگاه‌های پیرامون دریاچه تفاوت‌های زیادی باهم دارند. بیشترین تعداد ورود مراکز چرخند و واپرخند دینامیکی فلات ایران در آن رخ می‌دهد. شناخت سازوکارهای شکل‌گیری بادهای حوضه دریاچه ارومیه در بخش‌های مختلف جامعه علمی، اجرایی، مدیریتی، و در بین اغلب مشاغل مردم با اهمیت است. در این مورد در سطح جهانی مطالعاتی با دیدگاه‌ها و نگرش‌های متنوع دیده می‌شود. استیون (Steven, 1992) شبیه‌سازی اثر دریاچه‌های بزرگ بر آب و هوای منطقه‌ای را با مدل MM4 به همراه مدل دریاچه در برهمکنش دو طرفه با پیکربندی تو در تو انجام داد. او شبیه‌سازی را برای ۱۰ روز از ۲۲ دسامبر ۱۹۸۵ تا اول ژانویه ۱۹۸۶ انجام داد. نیل و همکاران (Neil et al, 2003) به بررسی مدل شبیه‌سازی اثر مورفولوژی و شکل دریاچه در جهت و سرعت باد پرداختند. زوار رضا و همکاران (۲۰۰۴) به شبیه‌سازی عددی باد و ساختار دما در داخل حوضه دریاچه آلبی - دریاچه تکاپو - نیوزلند با مدل سه بعدی غیر هیدرواستاتیک (TAPM^۱) پرداختند. این مدل نشان داد که گرمای داخل حوضه و منطقه به بیرون رانده می‌شود. لووهار و هارلی (Luhar & Hurley, 2004) در پیش‌بینی نسیم دریا با استفاده از مدل TAPM دریافتند که مدلی مناسب برای پیش‌بینی چینش قائم جریان باد است و

با استفاده از داده‌های همدید می‌تواند شروع، اندازه و از بین رفتن نسیم دریا را نشان دهد. آلفسون (Olafsson, 2005) در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی عددی بادهای اوروگرافیکی پرداخته و نتیجه می‌گیرد که پستی و بلندی‌های سطحی اثر بیشتری روی بادهای محلی نسبت به بادهایی که تحت تأثیر کوهستان کاهش نیافته‌اند، دارد و مشخصات قائم بادهای اوروگرافیکی محلی متفاوت از مشخصات قائم بادهای روی زمین صاف است. علیزاده چوپری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل WRF/Chem به بررسی باد صدویست روزه سیستم و منابع اصلی گرد و خاک مؤثر بر ایران پرداختند. نتایج نشان داد که این باد از اواسط می تا اواسط سپتامبر، وقتی که پرفشارکوه‌های هندوکش افغانستان و کم-فشار حاصل در مناطق بیابانی ایران و افغانستان شیو فشاری قوی ایجاد می‌کنند، شدید است. این بادهای در اثر گذر از مجرای توپوگرافی منطقه، سریعتر می‌شوند. باروق و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از مدل MM5 به تحلیل دینامیکی جریان‌های دره لوت پرداختند. نتایج این مطالعات نشان داد که سامانه‌های همدیدی تابستانه منجر به تشکیل شیو فشاری شمال و جنوب در دره لوت می‌شود که این وضعیت می‌تواند بادهای را در دره هدایت کند. در این مطالعه جریان‌های شکل گرفته در دره لوت را از نوع جریان‌های جتی سطح پایین در نظر گرفته‌اند. خسروی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی ارتباط متقابل باد صدویست روزه سیستم و بادهای شرق خراسان پرداختند نتایج نشان داد جهت بادهای در منطقه خراسان، شمالی و تا رسیدن به منطقه سیستم تغییر جهت داده و شمال غربی می‌شود. این تغییر جهت تحت تأثیر عوامل توپوگرافی منطقه است. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل معرف این هستند که هسته پرفشار واقع بر روی دریای خزر و کم‌فشار پاکستان عامل اصلی به وجود آمدن بادهای صدویست روزه می‌باشند و تقویت کم‌فشار باعث تشدید بادهای می‌شود. مومن‌پور و همکاران (۱۳۹۳) به مطالعه سازو کار شکل‌گیری باد گرمش البرز پرداختند نتایج مطالعه آنها نشان داد که سه الگو شناسایی شد که الگوی اول رخداد باد گرمش همراه با آسمان صاف بوده، الگوی دوم فقط وجود ابرناکی در هنگام باد گرمش بود و الگوی سوم همراه با وقوع بارش در دامنه جنوبی البرز بود. مفیدی

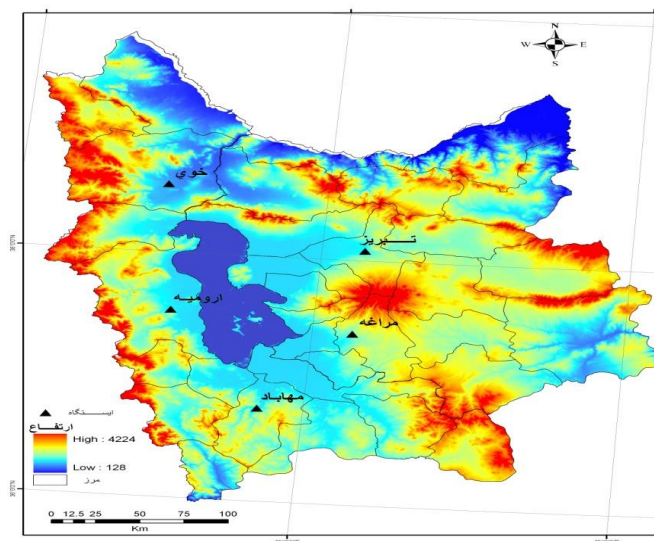
و همکاران (۱۳۹۲) به مطالعه طول دوره آغاز و پایان باد صدویست روزه سیستان پرداختند بیان داشتند که متوسط طول دوره وزش این باد ۱۶۵ روز در سال می‌باشد همچنین زمان آغاز، زمان خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان از سالی به سال دیگر تغییرات چشمگیری نشان می‌دهد. آنها تغییر ناگهانی در شدت وزش باد و آغاز و خاتمه نسبتاً ناگهانی باد سیستان را، بیانگر نقش عوامل بزرگ مقیاس و مقیاس منطقه‌ای در شکل‌گیری جریانات ترازهای زیرین و ردسپهر در شرق فلات ایران می‌دانند. شمسی پور و همکاران (۱۳۹۲) با بهره‌گیری از داده‌های سه ساعته جهت و سرعت باد در ایستگاه‌های همدید اطراف دریاچه ارومیه و با استفاده از مدل میان مقیاس آلودگی هوا (TAPM) میزان حجم ذرات معلق و الگوی پراکنش آن در منطقه را محاسبه نمودند. نتیجه بدست آمده از مدل سازی اقلیمی، نشان داد که مناطق جنوب و جنوب‌غرب دریاچه که از دسته حاصل خیزترین زمین‌های زراعی و باغی منطقه هستند، در معرض بیشترین تهدید پراکنش نمک دریاچه خواهند بود. عزیزی و قبری (۱۳۸۸) شبیه‌سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران را بر پایه الگوی باد با استفاده از مدل میان مقیاس TAPM براساس آلاینده‌های PM_{10} و CO و داده‌های باد در تراز ده متری در پنج نقطه شهر با در نظر گرفتن دو حالت با حضور شرایط سینوپتیک و بدون حضور شرایط سینوپتیک انجام دادند. بارزمان (۱۳۸۸) به ارزیابی باد منجیل با استفاده از مدل میان مقیاس TAPM پرداخت که نتایج کار نشان داد که دریای خزر در سرعت بادهای منطقه تأثیرگذار است. کاردان و همکاران (۱۳۸۸) مدل‌سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور را در حوزه آبخیز جازموریان با ایجاد دریاچه مصنوعی بررسی کردند که سناریوهای پژوهش دو دیدگاه کلی حذف شرایط سینوپتیک منطقه و بررسی وضعیت

اقلیمی با شرایط سینوپتیک بود که با ایجاد یک دریاچه بزرگ در حوضه آبخیز یاد شده به تغییرات اقلیمی منطقه‌ای از جمله تغییرات دما، سرعت باد و رطوبت نسبی منطقه در مقطع زمانی زمستانی و تابستانی پرداخته شده است. ابراری (۱۳۸۲) با فرض باد به عنوان اصلی‌ترین عامل جریان‌ساز، با استفاده از روش عددی ویژگی‌های گردش ناشی از باد در دریاچه ارومیه را بررسی کرد. مطالعات متعددی مرتبط با دریاچه ارومیه انجام شده، اما پژوهشی که اثر عوامل محلی را در شکل‌گیری باد در حوضه دریاچه ارومیه به صورت مدل‌سازی اقلیمی بیان کند کمتر دیده می‌شود. در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی متوسط مقیاس اقلیمی، سازوکار بادهای محلی حوضه دریاچه ارومیه مورد پردازش قرار می‌گیرند.

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه

دریاچه ارومیه یک چاله تکتونیک نسبتاً بزرگ و فوق‌اشباع از نمک است که در یک حوضه بسته در منطقه کوهستانی شمال‌غرب ایران در ارتفاع متوسط ۱۲۷۵ متر از سطح آب-های آزاد قرار گرفته است (شهرابی، ۱۹۹۴)، کشیدگی شمالی - جنوبی آن بین ۱۳۰ تا ۱۴۰ کیلومتر است و عرض آن از دست‌کم ۱۶ تا ۶۰ کیلومتر متغیر است. عمق آن بطور غالب بین ۵ تا ۱۶ متر و مساحتی برابر با ۵ تا ۶ هزار کیلومتر مربع دارد (شکل ۱). دریاچه دارای جریان داخلی در جهت خلاف عقربه‌های ساعت است. دمای آب دریاچه بین صفر تا ۲۰ درجه در زمستان و تا ۴۰ درجه بالای صفر در تابستان تغییر می‌کند. میانگین بارش سالانه آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر است (شایان و جنتی، ۲۰۰۷).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های همدید و توپوگرافی حوضه دریاچه ارومیه

۲-۲- داده ها

۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ این است که در مدل TAPM تنها داده‌های هواشناسی این دو سال برای ایران تهیه شده است بنابراین فرایند مدل‌سازی فقط برای این دو سال مقدور است. که مشخصات ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

در این تحقیق از داده‌های سرعت و جهت باد، دما و رطوبت نسبی هوا برای ۵ ایستگاه سینوپتیک اطراف دریاچه ارومیه در مقیاس‌های زمانی روزانه و ۳ ساعته در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ استفاده گردید دلیل استفاده از سال‌های

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی

ایستگاه هواشناسی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
تبریز	۱۴۰	۹۰	۹۰
مراغه	۱۴۰	۹۰	۹۰
خوی	۱۸۰	۳۲۰	۲۷۰
ارومیه	۱۸۰	۳۲۰	۲۷۰
مهاباد	۱۸۰-۲۲۵	۹۰	۱۸۰

۲-۳- روش

بالا در صورت هماهنگی مراکز فشار موثر بر منطقه در سطح زمین با هسته‌های کم ارتفاع و پراارتفاع در ترازهای بالا، باد منطقه‌ای است و در غیر اینصورت باید علت وقوع این باد را در عوامل محلی جستجو کرد. البته در مواقعی که در ترازهای بالای جو شرایط باروتروپیک بر منطقه حاکم باشد، یعنی منطقه در زیر محور پشته، عقب ناوه و یا در زیر هسته کم ارتفاع باشد و به بیان ساده‌تر شرایط پرفشاری حاکم شود،

برای بررسی مکانیسم شکل‌گیری بادهای محلی، پس از مطالعه پژوهش‌های قبلی و بررسی منطقه مورد مطالعه معیارهای زیر مشخص شد:

- دامنه وزش باد (تداوم وزش باد): بادهای محلی چند ساعت در روز تداوم دارند.
- هماهنگی هسته‌های فشار در سطح زمین با ترازهای بالای جو. در مقایسه نقشه‌های سطح زمین با ترازهای

در فصل‌های مختلف سال را نشان می‌دهد. با توجه به جهت‌های غالب اول و غالب دوم بدست آمده جهت‌های غالب در ماه‌های سال بصورت ساعتی جدا شد و از بین آنها روزهایی که جهت غالب اول و غالب دوم تداوم بیشتری داشت به گونه‌ای که در تمام ایستگاه‌های منتخب یکسان باشد انتخاب شد.

نمونه‌های انتخاب شده با دخالت ۴ شاخص مذکور در جدول ۲ ارائه شده است. روش واکاوی شرایط جوی در روزهای با حاکمیت عوامل محلی از طریق مدل‌سازی اقلیمی است. آزمون نتایج آن با روش‌های آماری و همدید انجام شد که در ادامه به تفصیل به چند نمونه از آنها پرداخته می‌شود.

واکاوی سازوکار شکل‌گیری بادهای با منشأ عوامل

محلی

شرایط جوی چهاردهم فوریه ۲۰۰۳ (۲۵ بهمن ۱۳۸۱) بررسی‌های آماری بر روی داده‌های جوی بویژه جهت و شدت باد ایستگاه‌های هواشناسی حوضه دریاچه ارومیه گویای کنترل عناصر جوی بوسیله عوامل محلی است. مصداق‌های این استدلال را می‌توان شرایط پایداری هوا و نوسانات منظم دمای شبانه‌روزی در نظر گرفت. مطابق جدول (۳) وضعیت وزش باد در ایستگاه‌های اطراف دریاچه همگن نیست، بطوری که از پنج ایستگاه هواشناسی مورد سنجش دو ایستگاه ارومیه و تبریز دارای باد صبحگاهی ضعیفی از غرب و شمال‌غرب بودند. در مقابل در ساعات بعد از ظهر در دو ایستگاه مراغه و مهاباد باد جنوبی و در تبریز باد شرقی ثبت شده است. همچنین ایستگاه خوی روز آرامی را ثبت کرده است. این شرایط ناهمگن گویای تاثیر شرایط محلی و اختلاف فشارهای محلی ناشی از آب و خشکی و پوشش سطح زمین می‌باشد. برای تبیین این نظر با مراجعه به نقشه تراز دریا (شکل ۲ الف و ب) زبانه کم‌فشاری از جنوب و جنوب‌غرب بر روی ایران، عراق و عربستان قرار دارد. پرفشاری بر روی اورال قرار گرفته است. در منطقه پژوهش شیب منحنی‌های فشار بسیار اندک است. در ترازهای بالاتر جریان‌های غربی تا

مکانیسم شکل‌گیری بادهای نتیجه اختلاف فشار حاصله از تضادهای حرارتی در عوامل محلی است.

- وارون‌شدگی جهت باد در شبانه روز. به دلایل عوامل محلی که منجر به اختلاف در جذب تابش سطحی شده و اختلاف فشار به وجود می‌آورند.
- سرعت وزش باد. بادهای با سرعت وزش پایین، اغلب از انواع بادهای محلی هستند.

در مرحله بعد با در نظر گرفتن ۴ معیاری که در بالا اشاره گردید، از میان روزهای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، ۴ نمونه از روزهایی که شرایط فوق در آن روزها بصورت بارز مشهود بود انتخاب گردید و به تحلیل سینوپتیک و مدل‌سازی میان مقیاس TAPM نمونه‌های منتخب پرداخته شد.

مدل TAPM

مدل مورد استفاده در این مطالعه شامل مدل‌سازی متوسط مقیاس جوی TAPM است. مدل TAPM توسط دانشمندان سازمان پژوهش صنعتی و علمی مشترک المنافع^۱ (CSIRO) در استرالیا گسترش یافت. بعنوان یک مدل سه بعدی غیر قابل تلخیص، غیر هیدرواستاتیک، و مدل معادلات ساده است، و از سیستم مختصات داده‌های زمینی استفاده می‌کند (زوارضا و همکاران، ۲۰۰۵). این مدل جزء مدل‌های منطقه‌ای است و در این نوع مدل‌ها تعیین شرایط مرزی باید لحاظ گردد که در نتیجه، در آنها ویژگی پایداری در ارتباط با عناصر جوی وجود ندارد. همچنین TAPM مدل منطقه‌ای غیرهیدرواستاتیک دینامیکی است و برای شبیه‌سازی عددی و مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا بکار برده می‌شود. مدل آلودگی هوا (TAPM) می‌تواند برای پیش‌بینی تراکم آلودگی در دوره‌های طولانی تا یک سال استفاده شود (هوللی، ۲۰۰۸). از مزایای بارز این مدل تحت ویندوز بودن آن است.

۳- نتایج و بحث

ابتدا گلباد معرف فراوانی، سرعت و جهت باد ایستگاه‌های مورد سنجش در دوره آماری (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷) رسم شد و جهت باد غالب هر یک از ایستگاه‌ها بدست آمد. جدول شماره ۱ جهت غالب باد در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

جنوب غربی در سراسر ایران و جنوب عرض ۴۰ درجه دیده می شود.

جدول ۱- جهت غالب باد در ایستگاه های هواشناسی منتخب در فصل های مختلف سال

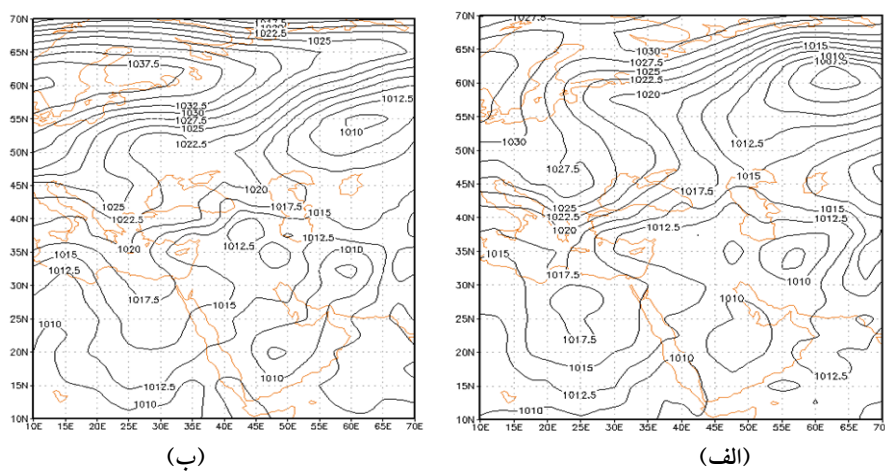
ایستگاه هواشناسی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
تبریز	۱۴۰	۹۰	۹۰	۹۰
مراغه	۱۴۰	۹۰	۹۰	۹۰
خوی	۱۸۰	۳۲۰	۲۷۰	۲۷۰
ارومیه	۱۸۰	۳۲۰	۲۷۰	۲۷۰
مهاباد	۱۸۰-۲۲۵	۹۰	۱۸۰	۱۸۰

جدول ۲- ویژگی های جوی روزهای با حاکمیت و کنترل عوامل محلی

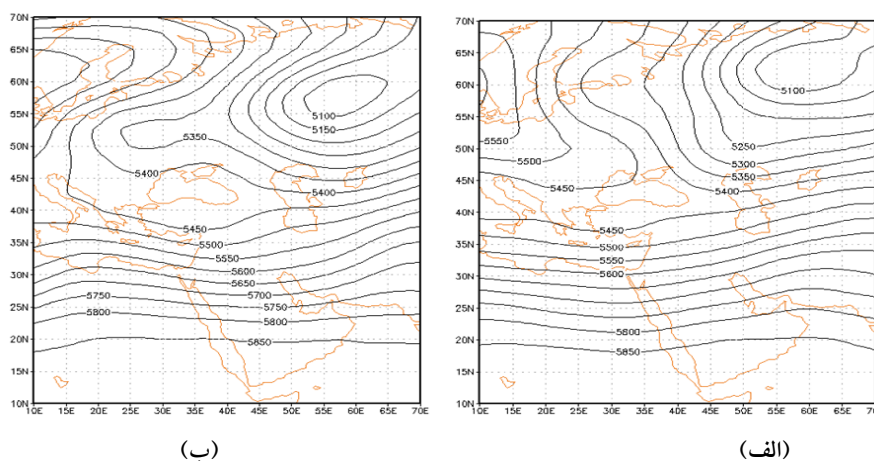
روز	ایستگاه	جهت باد به درجه	سرعت باد به نات	دمای آن روز به C	دمای روز قبل به C	رطوبت نسبی آن روزه درصد	رطوبت نسبی روز قبل به درصد
۱۴ فوریه	ارومیه	۰	۰	۰/۱	-۱/۲	۸۴	۸۰
۲۵) ۲۰۰۳	تبریز	۱۹۰	۴/۸	۰/۷	-۰/۶	۸۲	۹۳
بهمن ۱۳۸۱)	مراغه	۲۸۰	۳	۰	-۱/۱	۸۴	۷۲
	مهاباد	۰	۰	-۰/۱	-۱/۷	۸۹	۸۷
	خوی	۱۹۰	۲	۱/۷	-۰/۴	۷۷	۷۹
۲۸ جولای	ارومیه	۱۰	۵/۳	۲۴/۳	۲۳/۹	۶۰	۶۳
۲۰۰۶	تبریز	۱۹۰	۷	۲۷/۷	۲۷/۵	۲۹/۳	۳۸
(۶ مرداد	مراغه	۱۰۰	۷/۳	۲۸/۴	۲۸/۲	۳۲/۳	۳۰/۸
(۱۳۸۵	مهاباد	۳۶۰	۴/۸	۲۶/۷	۲۷/۸	۴۲	۴۱
	خوی	۱۱۰	۸/۳	۲۸/۳	۲۸	۳۰	۳۱
۱۸ اکتبر ۲۰۰۶	ارومیه	۲۶۰	۵/۳	۱۵/۴	۱۴/۵	۵۲	۶۱
(۱۶ مهر	تبریز	۳۰	۱	۱۵/۷	۱۴/۸	۴۴	۵۶
(۱۳۸۵	مراغه	۲۷۰	۴	۱۶/۸	۱۶/۱	۴۳	۵۴
	مهاباد	۳۶۰	۲/۵	۱۶/۷	۱۶	۵۱	۶۱
	خوی	۹۰	۶/۵	۱۶	۱۵	۴۷	۵۷
۱ اوت ۲۰۰۳	ارومیه	۶۰	۲/۳	۲۳/۳	-	۴۳	-
(۱۰	تبریز	۳۶۰	۱	۲۴/۷	-	۳۱	-
مرداد ۱۳۸۲)	مراغه	۸۰	۸/۸	۲۷/۸	-	۲۱/۶	-
	مهاباد	۰	۰	۲۶	-	۳۷/۵	-
	خوی	۱۰۰	۹/۵	۲۶/۹	-	۲۱/۵	-

جدول ۳- سرعت و جهت باد دیدبانی شده در روز ۱۴ فوریه ۲۰۰۳

ساعت	۰۶	۱۸	جهت	سرعت (نات)	جهت	ایستگاه
مهاباد	۰	۰	۱۸۰	۱۰	۰	۰
مراغه	۰	۰	۱۶۰	۴	۰	۰
ارومیه	۲۴۰	۴	۰	۰	۰	۰
خوی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تبریز	۳۲۰	۴	۹۰	۴	۰	۰



شکل ۲- نقشه فشار سطح دریا ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) (۱۴ فوریه ۲۰۰۳)



شکل ۳- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۴ فوریه ۲۰۰۳)

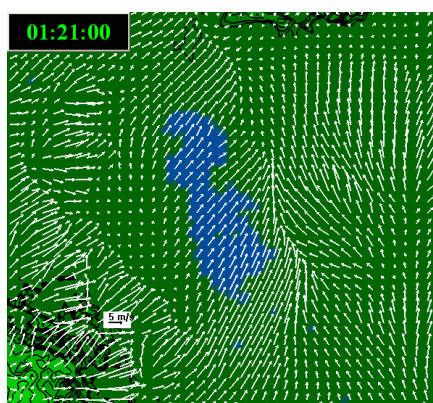
جنب قطبی شمال سیبری است. بطوری‌که منحنی‌های هم-ارتفاع در محدوده مورد مطالعه بصورت مداری قرار دارند که در مجموع شرایط یکنواخت جوی را نشان می‌دهد.

نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳ الف و ب) در روز مذکور مشخص گردید که حوضه مطالعاتی زیر نفوذ زبانه کم ارتفاع ضعیفی قرار دارد که هسته آن در مناطق

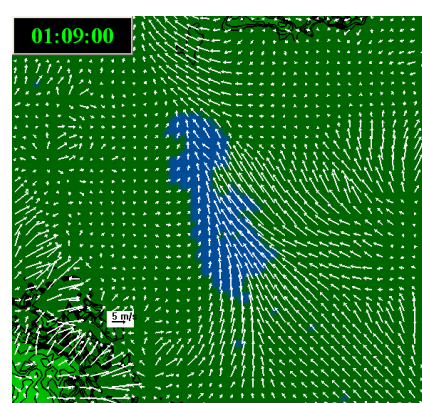
استفاده شد (شکل ۴ الف و ب). در خروجی مدل TAPM، تبعیت جهت وزش بادهای از توپوگرافی محلی و امتداد کوهستان‌ها نشان داده شده است. در ساعت ۹ بامداد کانالیزه شدن بادهای جنوبی را روی دریاچه ارومیه، و شکل‌گیری هسته‌های متعدد واگرایی و همگرایی مطابق با راستای ارتفاعات قابل توجه است. شیب ارتفاعی به سمت دریاچه و اختلاف ارتفاع زیاد با کوهستان‌های پیرامون مهمترین عامل مؤثر در شکل‌گیری بادهای در روز مورد مطالعه است. ب

حاکمیت کم ارتفاع ضعیف در ترازهای بالای جو سبب شده است تا تضادهای گرمایی محلی بعنوان تنها عامل، باعث جریان بادهای محلی شود. ناوه کم عمقی با غلبه بادهای غربی بر روی منطقه قرار گرفته که باد با سرعت متوسط وارد منطقه شده و توپوگرافی حوضه جریان باد را پیرایش کند.

برای علت‌یابی دقیق‌تر سازوکارهای وزش باد در روز ۱۴ فوریه ۲۰۰۳، از روش مدلسازی جوی متوسط مقیاس



(ب)



(الف)

شکل ۴- جهت و سرعت باد خروجی مدل در ۱۴ فوریه ۲۰۰۳ در ساعت ۰۹ (الف) و ۲۱ (ب) به وقت محلی

جدول ۴- سرعت و جهت باد دید بانی شده در روز ۲۸ جولای ۲۰۰۶

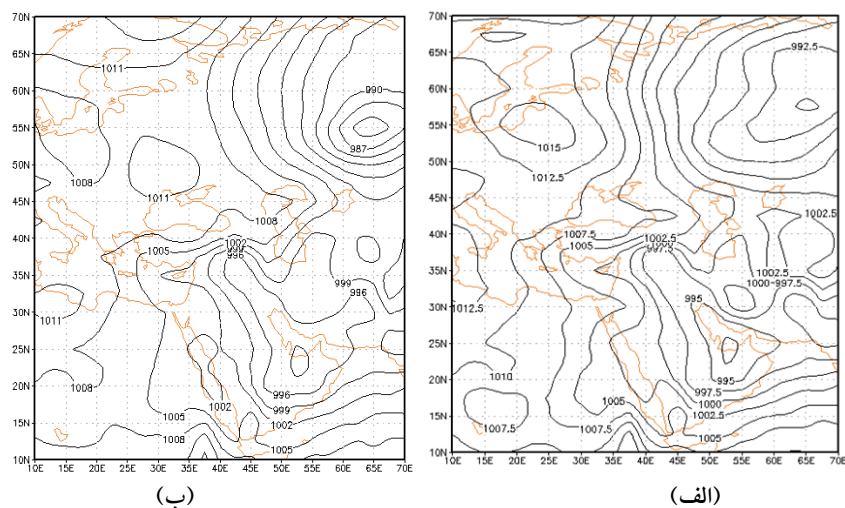
ایستگاه	ساعت ۰۶		ساعت ۱۸	
	جهت	سرعت (نات)	جهت	سرعت (نات)
مهاباد	۰	۰	۲۱۰	۱۲
مراغه	۱۱۰	۱۴	۱۱۰	۶
ارومیه	۱۰	۱۰	۰	۰
خوی	۷۰	۸	۹۰	۱۰
تبریز	۱۰۰	۱۰	۱۹۰	۴

شده است و شرایط ناهمگنی را از لحاظ جهت وزش باد اطراف دریاچه نشان می‌دهد. این ناهمگنی گویای تأثیر شرایط محلی و اختلاف فشارهای محلی کوه و دشت است. در نقشه تراز دریا (شکل ۵ الف و ب) بر روی خاورمیانه و ایران زبانه کم‌فشار گرمایی از هند - پاکستان بر روی ایران کشیده شده که وضعیت منحنی‌ها در منطقه پژوهش نشان‌دهنده جریان‌های با سرعت متوسط و جهات متغیر

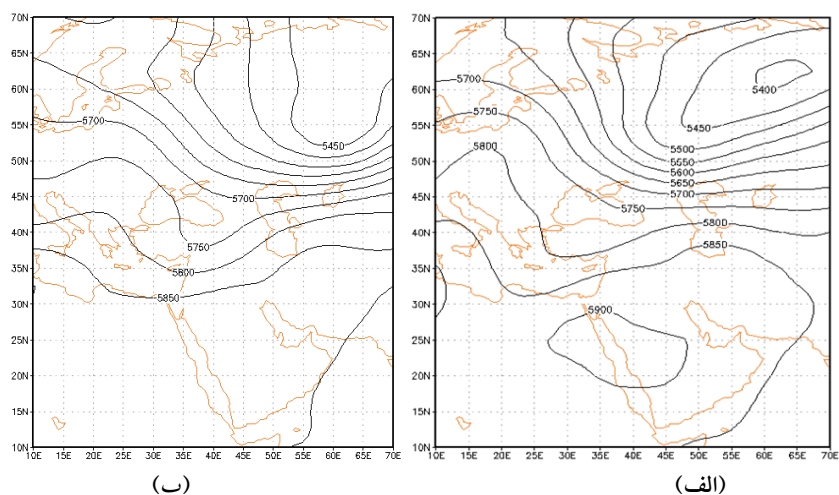
بیست و هشتم جولای ۲۰۰۶ (۶ مرداد ۱۳۸۵)

مطابق جدول (۴) وضعیت وزش باد در ایستگاه‌های اطراف دریاچه تقریباً همگن است. بطوری که از پنج ایستگاه هواشناسی مورد سنجش چهار ایستگاه ارومیه، تبریز، خوی و مراغه دارای باد صبحگاهی قوی از شمال و شرق بودند. همچنین ایستگاه مهاباد صبح آرامی را ثبت کرده است. در مقابل در ساعت‌های بعد از ظهر در همه ایستگاه‌ها باد ثبت

است. زبانه محلی پرفشار ناشی از شمال بر روی منطقه کشیده شده و سبب افزایش شیب فشاری در منطقه شده است.



شکل ۵- نقشه فشار سطح دریا ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) (۲۸ جولای ۲۰۰۶)

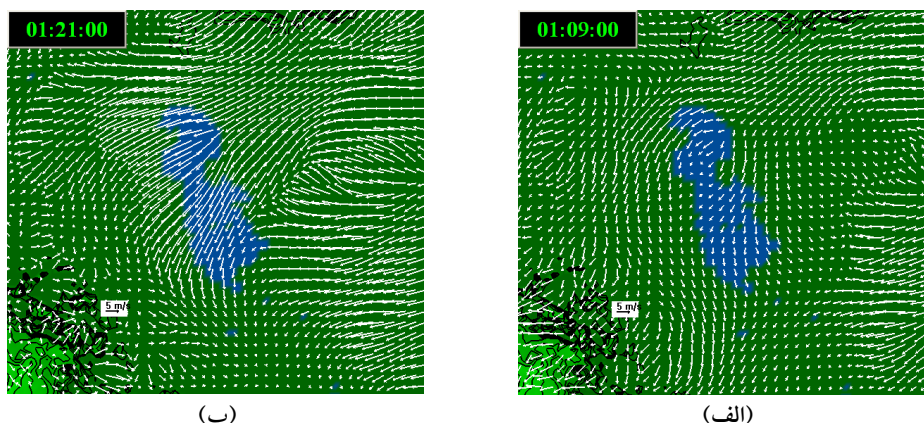


شکل ۶- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۲۸ جولای ۲۰۰۶)

خروجی مدل متوسط مقیاس جوی برای روز ۲۸ جولای (شکل ۷ الف و ب) بادهای با جهت‌های مختلف را نشان می‌دهد. بطوری که بادهای واگرای کوه به دشت (کاتاباتیک) در اطراف کوه سهند در شرق دریاچه در ساعت ۹، الگوی پیچیده بادهای در روی ارتفاعات مهاباد و غیره گویای اثر عوامل محلی در جهت‌گیری بادهای در روز مورد مطالعه است. توجه به خروجی دو ساعت ۹ و ۲۱ گویای تأثیر

راستای ارتفاعات و توپوگرافی حوضه در الگوی وزش باد نقش دارد. با مراجعه به نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶ الف و ب) در روز ۲۸ جولای مشخص گردید که حوضه مورد مطالعه، در زیر سلول پرفشار جنب حاره قرار دارد که سبب جریان‌های جنوب‌غربی ضعیفی در منطقه شده است، بطوری که منحنی‌های هم‌ارتفاع الگوی شکل‌گیری پشت بر روی منطقه را نشان می‌دهد. حوضه دریاچه ارومیه در بخش پشت ناوه ناشی از امواج تراز بالا قرار دارد.

بیشتر ناهموازی‌ها در جهت‌گیری و شدت بادهای در ساعات‌های اولیه روز نسبت به بعد از ظهر است.



(ب)

(الف)

شکل ۷- نقشه جهت و سرعت باد ۲۸ جولای ۲۰۰۶ در ساعت ۰۹ (الف) و ۲۱ (ب) به وقت محلی

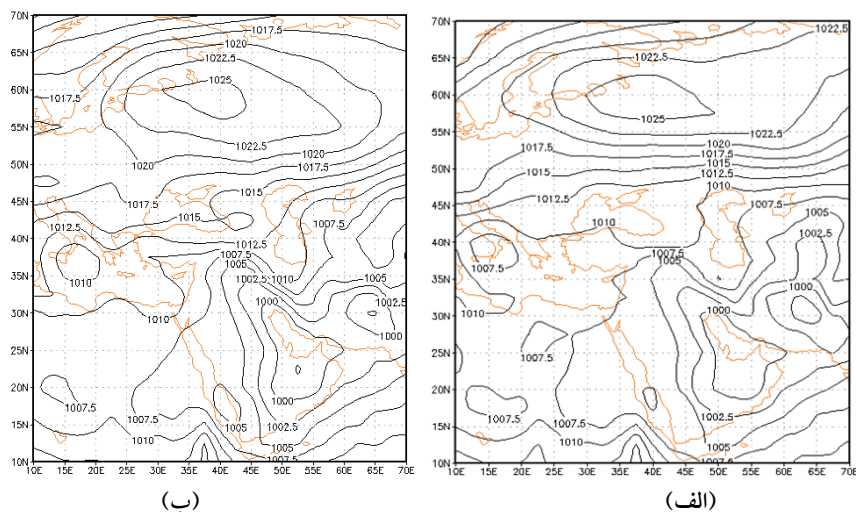
نقشه تراز دریا (شکل ۸ الف و ب) بر روی ایران شرایط کم فشار گرمایی از پاکستان تا عربستان دیده می‌شود. در منطقه پژوهش و خزر زبانه ضعیف پرفشاری از شمال حاکم شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۹ الف و ب) در این روز حوضه مطالعاتی تحت تأثیر زبانه کم ارتفاع ضعیفی قرار دارد که هسته آن در غرب ترکیه قرار گرفته است. پراارتفاع جنب حاره و زبانه آن بر روی ایران و منطقه قرار گرفته و شرایط پایداری را در سراسر ایران ایجاد کرده است که طی آن جریانات محلی غلبه دارند. پشته ضعیفی با غلبه بادهای غربی بر روی منطقه قرار دارد که باد با سرعت متوسط وارد منطقه می‌شود. توپوگرافی حوضه جریان باد را تحت کنترل قرار می‌دهد.

اول اوت ۲۰۰۳ (۱۰ مرداد ۱۳۸۲)

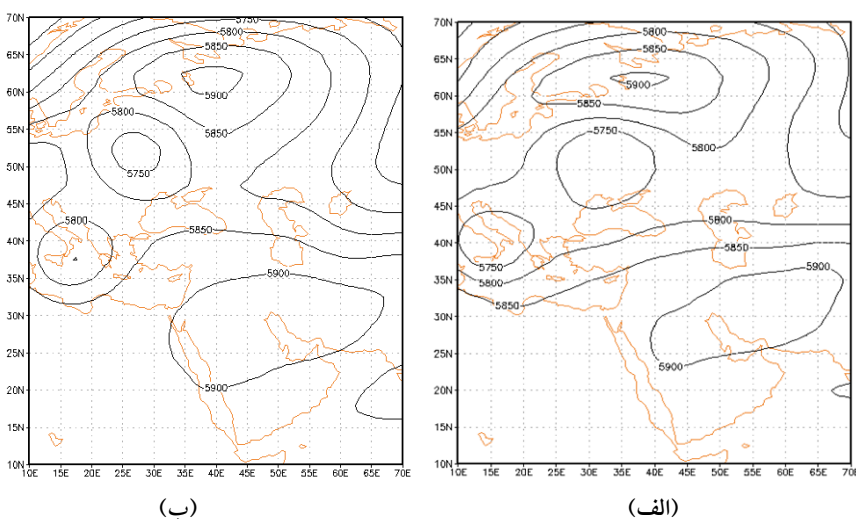
مطابق جدول (۵) وضعیت وزش باد در ایستگاه‌های اطراف دریاچه همگن نیست، بطوری که از پنج ایستگاه هواشناسی مورد سنجش دو ایستگاه ارومیه و تبریز دارای باد صبحگاهی تقریباً قوی از شمال و شرق بودند و ایستگاه مراغه باد صبحگاهی ضعیفی از سمت جنوب شرق دارد و ایستگاه مهاباد و خوی شرایط صبحگاهی آرامی دارند. در مقابل در ساعات بعد از ظهر شرایط مقداری همگن‌تر شده طوری که در سه ایستگاه مهاباد، مراغه و خوی باد با سرعت متوسطی از شمال جریان دارد. در ایستگاه تبریز باد از جهت غرب جریان دارد، همچنین ایستگاه ارومیه ظهر آرامی را ثبت کرده است. این شرایط ناهمگن گویای تأثیر شرایط محلی و اختلاف فشارهای محلی کوه و دشت می‌باشد. در

جدول ۵- سرعت و جهت باد دید بانی شده در روز اول اوت ۲۰۰۳

ایستگاه	ساعت		۰۶		۱۸	
	جهت	سرعت (نات)	جهت	سرعت (نات)	جهت	سرعت (نات)
مهاباد	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مراغه	۱۳۰	۴	۷۰	۴	۷۰	۴
ارومیه	۳۶۰	۸	۰	۸	۰	۰
خوی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تبریز	۸۰	۱۰	۱۵۰	۱۰	۱۵۰	۱۰



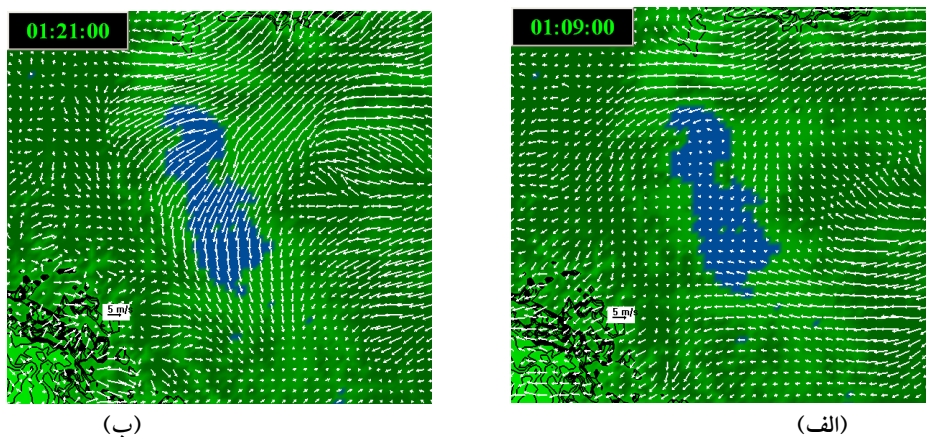
شکل ۸- نقشه فشار سطح دریا ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) (اول اوت ۲۰۰۳)



شکل ۹- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (اول اوت ۲۰۰۳)

مهاباد و غیره گویای اثر عوامل محلی در جهت‌گیری بادهای در روز مورد مطالعه است. با توجه به خروجی دو ساعت ۹ و ۲۱ اثر ناهمواری‌ها در جهت‌گیری و شدت بادهای در ساعت‌های روز نسبت به اوایل شب قابل مشاهده است.

خروجی مدل TAPM برای روز اول اوت ۲۰۰۳، (شکل ۱۰ الف و ب) بادهای با جهت‌های مختلف را نشان می‌دهد. بطوری که بادهای واگرا در اطراف کوه سهند در شرق دریاچه در ساعت ۹ الگوی پیچیده بادهای در روی ارتفاعات



شکل ۱۰- جهت و سرعت باد خروجی مدل در اول اوت ۲۰۰۳ ساعت ۰۹ (الف) و ۲۱ (ب) به وقت محلی

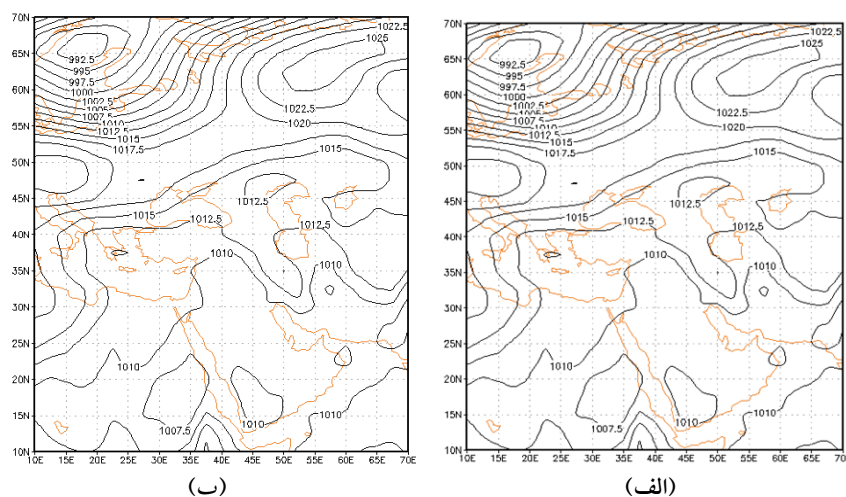
جنوبشرقی ثبت شده است. همچنین ایستگاه مهاباد روز آرامی را ثبت کرده است. این شرایط ناهمگن گویای تأثیر شرایط محلی و اختلاف فشارهای محلی کوه و دشت می-باشد. در نقشه تراز دریا (شکل ۱۱ الف و ب) زبانه کم فشار وسیع با شدت متوسط در عربستان و نیمه جنوبی ایران دیده می شود. زبانه ضعیف پرفشاری بر روی زاگرس و منطقه پژوهش با شیب ضعیف دیده می شود.

هشتم اکتبر ۲۰۰۶ (۱۶ مهر ۱۳۸۵)

مطابق جدول (۶) وضعیت وزش باد در ایستگاه های اطراف دریاچه همگن نیستند. بطوری که از پنج ایستگاه هواشناسی مورد سنجش دو ایستگاه ارومیه با جهت تقریباً غربی و تبریز با جهت شرقی دارای باد صبحگاهی ضعیفی بودند و دو ایستگاه مراغه و خوی صبح آرامی داشته اند. در مقابل در ساعات بعد از ظهر در سه ایستگاه مراغه، ارومیه و خوی باد

جدول ۶- سرعت و جهت باد دید بانی شده در روز ۱۸ اکتبر ۲۰۰۶

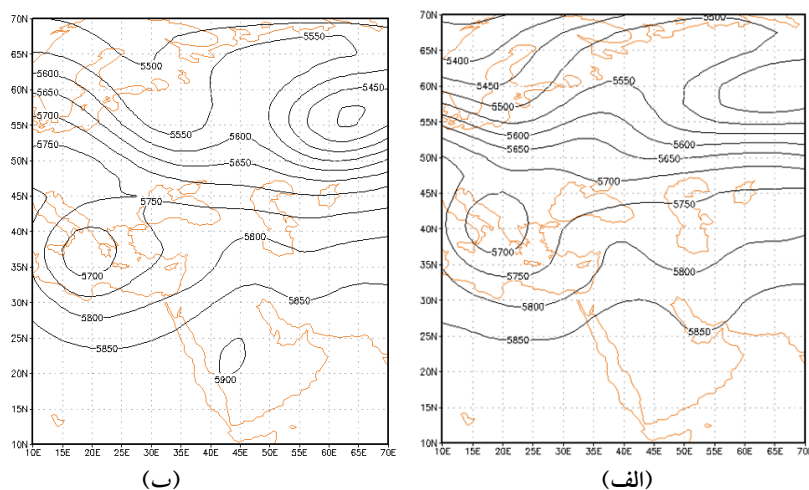
ایستگاه	ساعت		۰۳		۱۸	
	جهت	سرعت (نات)	جهت	سرعت (نات)	جهت	سرعت (نات)
مهاباد	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مراغه	۰	۰	۰	۱۰۰	۶	۶
ارومیه	۲۶۰	۶	۲۷۰	۴	۴	۴
خوی	۰	۰	۰	۲۱۰	۴	۴
تبریز	۸۰	۴	۵۰	۴	۴	۴



شکل ۱۱- نقشه فشار سطح دریا ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) (۸ اکتبر ۲۰۰۶)

روی منطقه، باد با سرعت کمی در حوضه دریاچه ارومیه جریان دارد. در این تراز جریان‌های مداری تا شمال‌غربی با شیب کم در ایران و منطقه پژوهش گسترش دارد. حاکمیت کم ارتفاع در ترازهای بالای جو سبب شده است که تضادهای گرمای محلی بعنوان تنها عامل، باعث جریان بادهای از منشأ محلی شده است.

با توجه به نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۲ الف و ب) در روز ۸ اکتبر ۲۰۰۶ مشخص گردید که حوضه مطالعاتی تحت تأثیر زیانه کم ارتفاع ضعیفی قرار دارد که هسته آن در غرب ترکیه قرار دارد، بطوری که منحنی‌های هم‌ارتفاع در محدوده مورد مطالعه بصورت پشته و ناوه کشیده شده‌اند و منطقه مورد مطالعه پشت ناوه ناشی از امواج بادهای غربی قرار گرفته است. با توجه به شیب کم فشار بر



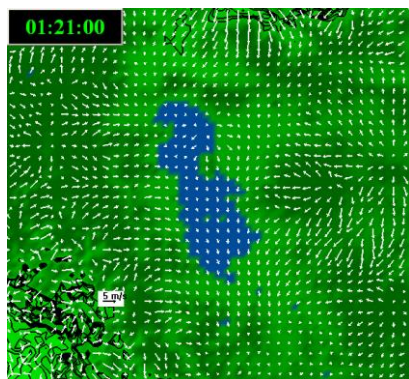
شکل ۱۲- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ساعت‌های ۰۶ (الف) و ۱۸ (ب) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۸ اکتبر ۲۰۰۶)

بطوری که بادهای واگرا در اطراف کوه سهند در شرق دریاچه در ساعت ۹، الگوی پیچیده بادهای در روی ارتفاعات مهاباد و غیره گویای اثر عوامل محلی در جهت‌گیری بادهای در روز مورد مطالعه است. با توجه به خروجی دو ساعت ۹

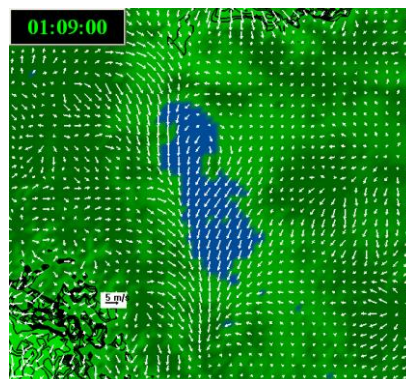
برای علت‌یابی دقیق‌تر برای سازوکار وزش باد در روز هشتم اکتبر ۲۰۰۶، از روش مدلسازی جوی متوسط مقیاس استفاده شد (شکل ۱۳ الف و ب). خروجی گرافیکی مدل TAPM، بادهای با جهت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

توپوگرافی به طور نامحسوسی جهت بادهای را منحرف کرده است ولی نسبت به ساعات شبانهگاهی اثر توپوگرافی بسیار ضعیف تر بوده است.

و ۲۱ می توان اثر بیشتر ناهمواری ها در جهت گیری و شدت بادهای در ساعات های شبانهگاهی نسبت به قبل از ظهر مشاهده کرد، بطوری که در ساعات صبح بادهایی با جهت شمالی روی دریاچه ارومیه کانالیزه شده است که در شرق دریاچه



(ب)



(الف)

شکل ۱۳- نقشه جهت و سرعت باد خروجی مدل ۸ اکتبر ۲۰۰۶ در ساعت ۰۹ (الف) و ۲۱ (ب) به وقت محلی

جهت با را به صورت معنی داری متأثر می سازد، در این تحقیق نیز مشاهده گردید که عامل اصلی شکل دهی بادهای اطراف دریاچه ارومیه ویژگی های توپوگرافیک اطراف دریاچه بوده است به نحوی شیب ارتفاعی به سمت دریاچه و اختلاف ارتفاع زیاد با کوهستان های پیرامون مهمترین عامل مؤثر در شکل گیری بادهای در زمان های مورد مطالعه است.

منابع

1. Abrari, R., 2003, water circulation in Urmia lake, Master Thesis, University of Tarbiat Modarres.
2. Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P., and Sturman, A., 2014, Mesoscale modelling of the "wind of 120 days" and associated mineral dust distribution over eastern Iran using WRF/Chem: Atmos. Res., 143, 328-341.
3. Alpers, w., Iuanov, A.Y., and Horstmann, J., 2007, Bora Events over the Adriatic Sea and Black Sea Studied by Multi-sensor Satellite Imagery, International Geosciences and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 23-28 July 2007.
4. Azizi, Gh., and Ghanbari, H.A., 2009, Numerical simulation of air pollution behavior in Tehran based on wind pattern, Physical Geography Research, 68, 15-32.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق با هدف آشکارسازی نقش عوامل محلی در شکل گیری بادهای محلی اقدام به بررسی ۴ نمونه برجسته از روزهایی که شاخص های ارزیابی در آن روزها وجود داشته با استفاده از مدل TAPM مدل سازی گردید نتایج نشان داد که در هر ۴ نمونه ناوه کم عمقی با حاکمیت بادهای غربی در منطقه حاکم بوده که موجب ورود باد با سرعت های کم و سرعت تقریبی حدود ۴ متر بر ثانیه به منطقه گردیده است. همچنین نتیجه مدلسازی با مدل TAPM نشان داد که شرایط توپوگرافی محلی باعث کانالیزه شدن جریان باد در امتداد شمالی جنوبی می شود. همچنین کانالیزه شده بادهای شمالی و جنوبی روی دریاچه ارومیه و شکل گیری هسته های متعدد واگرایی و همگرایی مطابق با راستای ارتفاعات قابل توجه است. این بخش از نتایج تحقیق در تحقیق بارزمان و همکاران (۱۳۸۹) نیز مشاهده گردید در تحقیق ایشان نیز که سرعت و جهت بادهای ناحیه دریای خزر با مدل TAPM شبیه سازی گردید، مشاهده شد که پهنه آبی دریای خزر تنها سرعت باد را تحت تأثیر قرار می دهد و تأثیر معنی داری در جهت باد غالب منطقه ایفا نمی کند در حالیکه تغییر در ناهمواری های منطقه سرعت و

- change, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6 (8), 88-112.
16. Momenpour, F., FaridMojtahedi, N., Hadinezhad-Sabouri, H., Abed, H., and Negah, S., 2014, Mechanism of Garmesh wind formation in Alborz, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 1(4), 105-123.
 17. Olafsson, H., 2005, Local Orographic Winds and Surface Roughness, *Geophysical Research Abstracts*, University of Iceland, 7, 101-186.
 18. Roebber, P.J., and Gehring, M.G., 2000, Real- Time Prediction of lake Breeze on the Western Shore of lake mishigan, *Monthly Weather review*, 15, 298-312
 19. Shahrabi, M., 1994, Geology of Iran (sea and lakes Persian), the Ministry of Mines and Metals, Geological Survey of Iran, Tehran.
 20. Shamsipour, AA., Najibzadeh, F., Zarei-Choghaleki, Z., 2013, Numerical modeling and simulation of winds on the Urmia Lake basin, *Physical Geography Research*, 45(1), 134-119.
 21. Shayan, S., and Jannati, M., 2007, Identifying peripheral boundary fluctuations and mapping the distribution of suspended solids in Urmia Lake using satellite imagery (ETM +, TM & LISSIII sensors), *Geographical Research*, 62, 25-39.
 22. Speirs, J.C., Steinhoff, D.F., McGowan, H.A., Bromwich, D.H., and Monaghan, A.J., 2010, Foehn Winds in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica: The Origin of Extreme Warming Events. *Journal of Climate*. 123, 3577-3598.
 23. Tofighi, M.A., Zeinoddini, M., and Golshanali, A., 2006, Two-dimensional hydrodynamic simulation of Urmia Lake to determine the current pattern, *Journal of Marine Engineering*, 4, 38-47.
 24. Zavar Reza, P., Simon, K. and Jamie, P., 2005, Evaluation of a year-long dispersion modelling of PM10 using the Mesoscale model TAPM for Christchurch, New Zealand, *Science of the Total Environment*, 349. 249– 259.
 25. ZavarReza, P., McGowan, H., Sturman, A., and Kossmann, M., 2004, Numerical simulation of wind temperature structure within an alpine lake, lake Tekapo, new zealand, *Meteorology and atmospheric physics*, 186, 245-260.
 5. Barough, M. S., Kashani, S. S., Bidokhti, A. A., and Ranjbar, A., 2010, the numerical study of low level jets formation in south eastern of Iran: World Academy of Science, Engineering and Technology, ICESE 2010, Singapore.
 6. Barzaman, O.K., 2009, Evaluation of Manjil wind using TAPM model, Master Thesis, University of Shahid Beheshti.
 7. Englehart, P.J., and Douglas A.V., 2004, Defining Intraseasonal Rainfall Variability within the North American Monsoon, *Journal of Climate*, 19, No.17, 4243-4253.
 8. Hoseini, M., and solatifar, S., 2009, Technological knowledge Codification extraction sodium sulfate from water The Urmia Lake, *Journal of Science - Applied Chemistry*, Semnan University, 4(13), 23-31.
 9. Hunttners, S., and Bruse, M., 2009, Numerical Modeling of the Urban Climate: a preview on ENVI-met.4, The seventh International Conference on Urban Climate ,Yakahoma, Japan.
 10. Hurley, P., 2008, TAPM V4. User Manual, CSIRO Marine and Atmospheric Research Internal Report, 5.
 11. Kardan, R., Azizi, Gh., Zavarreza, P., Mohammadi, H., 2009, Modeling the effect of the lake on adjacent areas (Case study: Climatic modeling of Jazmourian watershed with the creation of an artificial lake), *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 7, 15-22.
 12. Khosravi, M., Mofidi, A., Pourkarim-Barabadi, R., 2016, Investigating the Relationship between 120-Day Sistan and East Khorasan Winds, *Physical Geography Quarterly*, 9(31), 19-37.
 13. Laird, N.F., WalshJohn, E., and Kristovich, D.A.R., 2003, Model Simulations Examining the Relationship of Lake Effect Morphology to Lake Shape, Wind Direction, and Wind speed, *Monthly Weather review*, 131, 2102-2111.
 14. Luhar, S.K., and Hurley, P.J., 2004, Application of a prognostic model TAPM to sea-breeze flows, surface concentrations, and fumigating plumes, *Environmental Modeling & Software*, 19 , 591–601.
 15. Mofidi, A., HamidianPour, M., Saligheh, M., Alijani, B., 2013, Determining the time of beginning, ending and duration of Sistan wind using the methods of estimating the point of