

تأثیر عوامل همدیدی بر نوسانات روزانه ازن کلی پایگاه اصفهان

علی اکبر سبزی پرور* و مسعود لبافی میرقوامی**

* دانشگاه بوعلی سینا همدان - گروه کشاورزی.

** دانشگاه رازی - کرمانشاه.

چکیده

تحقیقات سال‌های اخیر نشان می‌دهد که مقدار ازن کلی (TCO) جو می‌تواند دارای تغییرات روزانه باشد. این تغییرات روزانه علاوه بر علل فتوشیمیایی ممکن است علل همدیدی را نیز دربر گیرد. تغییرات همدیدی ازن ممکن است ناشی از نوسانات ارتفاع وردایست، عبور سیستم‌های فشاری، جبهه‌های جوئی، نوسانات رودبادهای و دیگر عوامل باشد. در کشور ایران با توجه به کوهستان‌های مرتفع و اندرکنش آن با عوامل همدیدی یاد شده، وجود تغییرات شدید روزانه ازن کلی را می‌توان انتظار داشت.

در این پژوهش با انتخاب یک دوره یکساله از داده‌های روزانه ازن کلی ایستگاه ازن‌سنجی مرکز اصفهان و داده‌های ازن ماهواره 7-Nimbus (TOMS) و همچنین با به‌کارگیری نقشه‌های همدیدی سطح زمین و سطوح بالا در دوره مشابه، علل همدیدی نوسانات روزانه ازن کلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که تغییرات روزانه ازن کلی همخوانی با نوسانات ارتفاع وردایست و جابه‌جایی رودبادهای قطبی و جنب‌حاره‌ای دارد. این در حالی است که تغییرات روزانه فشار سطحی و نوع جبهه‌های ورودی رابطه قانونمندی را با مقدار ازن کلی روزانه نشان ندادند.

کلیدواژه: تغییرات روزانه ازن کلی، شرایط همدیدی، ارتفاع وردایست، رودباد، جبهه‌ها

۱ مقدمه

بر عکس فرا رفت آن از جنوب منجر به کاهش ازن خواهد شد. علاوه بر این وی اظهار نمود که فرونشینی هوا در صورت همراه بودن با ناوه سطوح بالا موجب افزایش ازن و صعود هوا در حضور پشته سطوح بالا کاهش ازن را به دنبال خواهد داشت. بعد از وی دانشمندان دیگری اثرات چرخندها، واچرخندها، رودبادهای ارتفاع وردایست را روی مقدار روزانه TCO مورد مطالعه قرار دادند. از جمله شوبرت و مانیتو همبستگی مطلوبی را بین ازن کلی و ارتفاع وردایست نشان دادند. وافن و پرایس نیز در سال ۱۹۹۱ ادعا نمودند که حداقل نیمی از تغییرات ازن کلی را می‌توان به نوسانات ارتفاع وردایست نسبت داد.

بعد از کشف رودباد و شکستگی وردایست معلوم شد که در عرض‌های میانی بین هوای وردسپهر و آرام‌سپهر انتقال صورت می‌گیرد (دابسون، ۱۹۶۸). امروزه ازن در آرام‌سپهر به‌عنوان یک ردیاب برای مشخص کردن انتقال هوای آرام‌سپهر به داخل

شاید به جرات بتوان گفت که دابسون و همکارانش نخستین کسانی بودند که در سال ۱۹۲۹ به ارتباط بین تغییرات روز به روز ازن کلی (TCO) و وضعیت جوئی پی بردند. آنها دریافتند که حداکثر افزایش مقدار ازن روزانه (نسبت به میانگین ماهیانه) عموماً در پشت سیستم‌های کم‌فشار کم عمق (غرب مراکز چرخندی) اتفاق می‌افتد در حالی که حداکثر تغییرات منفی پشت واچرخندهای کم عمق رخ می‌دهد. همچنین آنها نشان دادند که عبور جبهه‌های سرد موجب افزایش ازن و عبور جبهه‌های گرم با کاهش ازن همراه است. رید مدلی را برای توصیف ارتباط میان توزیع ازن کلی و الگوهای جوئی برای نیمکره شمالی پیشنهاد نمود. وی نشان داد که توزیع ازن تابع حرکات افقی یا عمودی یا ترکیبی از هر دو نوع حرکت که از یک موج کم‌فشار ایجاد شده، است. طبق این تئوری و نظر به این که مقدار ازن کلی به طرف قطب‌ها افزایش می‌یابد، فرارفت هوا از شمال باعث افزایش ازن و

بر تاثیر ارتفاع وردایست، اثر تغییر روزانه فشار ایستگاه، عبور جبهه‌های جوئی و نقش جابه‌جایی رودبادهای بر مقدار TCO روزانه ایستگاه اصفهان مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲ داده‌ها

اطلاعات مورد نیاز TCO روزانه از دو مرکز زمینی و ماهواره‌ای در سال ۱۹۹۷ میلادی تهیه شد. داده‌های مرکز زمینی توسط ایستگاه ازن‌سنجی اصفهان که در شبکه بین‌المللی ازن‌سنجی با کد ۳۳۶ (E ۴۰ ۵۱ ۳۷N, ۳۲) به ثبت رسیده است تامین شد. داده‌های ماهواره‌ای از اطلاعات ازن روزانه اصلاح شده ماهواره Nimbus-7 در نزدیک‌ترین نقاط شبکه همجوار به ایستگاه زمینی، درونیابی شد و مورد استفاده قرار گرفت.

مقادیر ازن روزانه ایستگاه زمینی اصفهان توسط یک دستگاه ازن‌سنج از نوع دابسون در طول روز در شرایط جوئی مناسب تا ۱۷ بار در روز اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری شده بعد از انتقال به رایانه میانگین‌گیری و به‌عنوان میانگین روزانه ثبت می‌شوند. به‌منظور بررسی اثرات پدیده‌های همدیدی روی تغییرات ازن کلی، نقشه‌های سطح زمین، سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی و سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی موارد تعیین شده در طول سال ۱۹۹۷ مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های مورد نیاز ارتفاع وردایست در روزهای مورد نظر از گزارشات سطوح فوقانی ساعت 12:00 GMT ایستگاه‌های جوئی بالای اصفهان و تهران استخراج شد. علاوه بر داده‌های فوق، کلیه اطلاعات روزانه ایستگاه همدیدی اصفهان با توجه به نیاز مورد استفاده قرار گرفت.

۳ روش کار

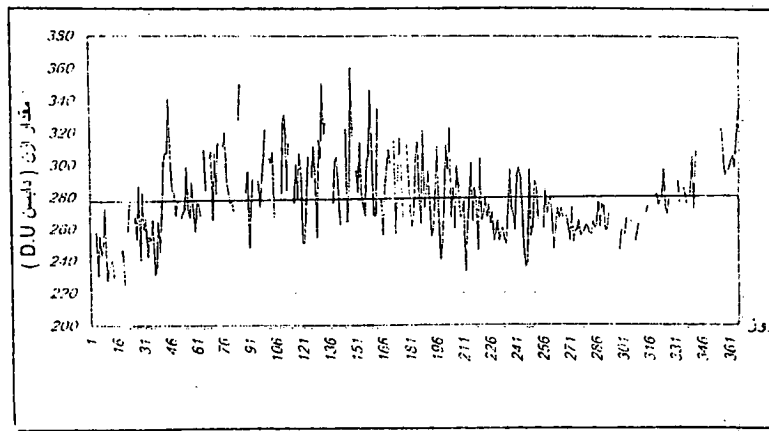
به‌منظور انتخاب موارد مطالعاتی، ابتدا داده‌های روزانه ازن کلی روزهای سال ۱۹۹۷ (شکل ۱) از پایگاه ازن‌سنجی اصفهان دریافت شد. همان‌طور که در شکل (۱) ملاحظه می‌شود تغییرات فصلی ازن اصفهان از الگوی تغییرات فصلی ازن عرض‌های میانی

وردسپهر یا برعکس استفاده می‌شود. وردایست مرز انتقالی بین هوای فعال و مرطوب لایه وردسپهر و هوای خشک آرام‌سپهر است. لایبترکی و وان‌لون (۱۹۹۵) در مطالعات خود نشان دادند که بین مقدار ازن کلی و دوره‌های ۱۱ ساله خورشیدی همبستگی معنی‌داری وجود دارد و بیشترین همبستگی در محدوده عرض‌های ۵ الی ۳۰ درجه هر دو نیمکره اتفاق می‌افتد. لازم به ذکر است که ارتفاعات ژئوپتانسیلی وردایست عرض‌های جنب حاره در زمان بیشینه دوره ۱۱ ساله خورشیدی بیشتر از ارتفاعات آن در زمان کمینه دوره است. این امر ممکن است انتقال ازن تولید شده در عرض‌های جنب حاره‌ای به عرض‌های بالاتر را محدود نماید.

مطالعات انجام گرفته در سال‌های اخیر ثابت نموده است که حضور کوهستان‌های مرتفع قادر است میانگین روزانه و اقلیمی ازن کلی را نیز تحت تاثیر قرار دهد. در این رابطه هان‌زو (۱۹۹۶) با استفاده از اطلاعات ماهواره Nimbus-7 نشان داد که مناطق مرتفع فلات تبت نسبت به نواحی همجوار کم ارتفاع مقدار ازن کم‌تری را نشان می‌دهند. با توجه به اهمیت جهانی لایه ازن، مطالعات همدیدی اولیه‌ای نیز در این ارتباط در ایران انجام گرفته است. از جمله شالفروش (۱۳۶۸) رابطه بین مقدار ازن کلی و دمای آرام‌سپهر را مورد بررسی قرار داد. همچنین موسوی بایگی (۱۳۷۰) مطالعاتی برای استخراج رابطه ازن کلی و عوامل مختلف موجود در وردسپهر و آرام‌سپهر انجام داد. وی نشان داد که افزایش دما در آرام‌سپهر پایین با افزایش ازن کلی همراهی می‌کند در حالی که ارتفاع وردایست و فشار ایستگاه با مقدار ازن کلی جوئی رابطه معکوس دارند. به این معنی که افزایش ارتفاع وردایست و افزایش فشار ایستگاه به کاهش ازن کلی منجر خواهد شد.

در اغلب مطالعات انجام شده در ایران به نقش رودبادهای جنب حاره‌ای و قطبی در انتقال ازن اشاره‌ای نشده است. همچنین تاثیر عبور جبهه‌های مختلف جوئی در تغییر ازن کلی ایران مورد بررسی قرار نگرفته است (میرقوامی، ۱۳۷۸). در این مقاله علاوه

تأثیر عوامل همدیدی در نوسانات روزانه ازن کلی پایگاه اصفهان



شکل ۱. منحنی تغییرات روزانه مقدار ازن کلی در سال ۱۹۹۷ در پایگاه اصفهان.

جدول ۱. اطلاعات کلی موارد مطالعاتی انتخاب شده ایستگاه اصفهان در سال ۱۹۹۷.

تاریخ	TCO (DU)	TOMS (DU)	فشار ایستگاه (mb)	TRI (gpm)	تاریخ	TCO (DU)	TOMS (DU)	فشار ایستگاه (mb)	TRI (gpm)
۹۷/۱/۹	۲۷۳	۲۷۱	۸۴۸	۱۱۲۳۲	۹۷/۷/۲	۳۱۵	۲۹۹	۸۴۲	NA
۹۷/۱/۱۰	۲۲۷	NA	۸۴۷	۱۲۰۲۰	۹۷/۷/۸	۳۴۷	۲۸۱	۸۴۳	۱۲۹۸۲
۹۷/۱/۲۳	۲۷۶	۲۹۵	۸۴۷	۱۲۳۴۶	۹۷/۷/۱۲	۳۳۶	۲۷۳	۸۴۳	۱۳۶۹۸
۹۷/۱/۳۰	۲۸۳	NA	۸۴۱	۸۳۳۱	۹۷/۷/۲۲	۲۵۶	۲۸۳	۸۴۲	۱۵۷۷۲
۹۷/۲/۲	۲۴۲	۲۷۲	۸۴۳	۱۴۹۰۹	۹۷/۷/۷	۳۲۲	۲۸۲	۸۳۷	۱۶۶۵۷
۹۷/۲/۶	۳۳۱	۲۷۶	۸۴۲	۷۸۸۶	۹۷/۷/۱۵	۳۱۲	۲۶۹	۸۴۴	۱۶۷۹۷
۹۷/۲/۱۱	۳۰۲	۳۰۸	۸۴۳	۱۰۳۶۲	۹۷/۷/۲۰	۳۱۳	۲۶۶	۸۳۷	NA
۹۷/۲/۱۴	۳۴۲	۳۱۲	۸۳۳	۱۲۲۱۲	۹۷/۷/۳۱	۲۳۳	NA	۸۳۵	۱۶۸۰۲
۹۷/۳/۶	۳۱۰	۳۲۰	۸۳۷	۱۰۲۱۹	۹۷/۸/۳	۳۰۳	۲۶۸/۵	۸۳۷	NA
۹۷/۳/۱۱	۲۶۵	۲۹۷	۸۵۰	۱۰۸۳۶	۹۷/۸/۷	۲۴۶	۲۷۲/۵	۸۳۸	NA
۹۷/۳/۲۶	۳۲۸	۳۰۶	۸۳۷	۹۲۱۱	۹۷/۸/۸	۳۰۵	۲۷۴/۵	۸۴۰	NA
۹۷/۳/۲۷	۳۵۱	۳۶۳	۸۴۳	۹۳۹۹	۹۷/۸/۲۹	۲۹۴	۲۷۰	۸۴۳	NA
۹۷/۴/۱۰	۳۲۳	۲۸۹	۸۳۹	۱۰۰۷۸	۹۷/۹/۵	۲۹۸	۲۶۴	۸۴۳	۱۵۵۵۹
۹۷/۴/۱۷	۲۲۷	۲۸۲	۸۴۶	۱۱۶۹۸	۹۷/۹/۸	۱۹۲	۲۷۵	۸۴۳	NA
۹۷/۴/۲۰	۳۲۸	NA	۸۴۴	۱۱۳۵۳	۹۷/۱۰/۱۴	۲۷۸	۲۷۸	۸۴۶	۱۴۳۷۵
۹۷/۴/۲۸	۲۷۹	۲۷۷	۸۴۳	۱۲۲۷۸	۹۷/۱۰/۱۶	۲۷۶	NA	۸۴۷	۱۳۶۹۸
۹۷/۵/۱	۲۵۱	۲۸۵	۸۴۳	۱۰۷۳۸	۹۷/۱۱/۴	۲۵۲	۲۶۴	۸۴۹	۱۴۷۵۷
۹۷/۵/۳	۲۷۶	۲۹۲	۸۴۳	NA	۹۷/۱۱/۲۰	۲۹۸	۳۰۴	۸۴۴	۱۰۴۰۲
۹۷/۵/۹	۳۵۴	NA	۸۴۶	۱۰۵۲۸	۹۷/۱۲/۷	۲۷۳	NA	۸۴۶	۱۱۹۷۳
۹۷/۵/۱۰	۳۱۶	۳۰۶	۸۴۶	۱۱۶۱۸	۹۷/۱۲/۷	۳۱۰	NA	۸۴۵	۱۳۴۳۰
۹۷/۵/۲۶	۳۶۴	۲۷۰	۸۴۵	۱۲۳۰۵	۹۷/۱۲/۳۱	۳۳۵	۳۱۵	۸۴۵	۱۲۱۱۹
۹۷/۵/۲۸	۳۶۱	NA	۸۴۵	۱۲۶۰۹					۱۲۱۹۳

مقایسه و ارتباط منطقی که منجر به نوسانات روزانه ازن در پایگاه اصفهان شده بود استخراج شد. با توجه به این که تعداد نقشه‌ها و Skew-T های موارد مطالعاتی در این تحقیق متجاوز از ۱۷۰ مورد است، از درج آنها در این مقاله صرف نظر می‌شود و صرفاً به نتایج استخراج شده اشاره می‌شود.

۴ بحث و نتایج

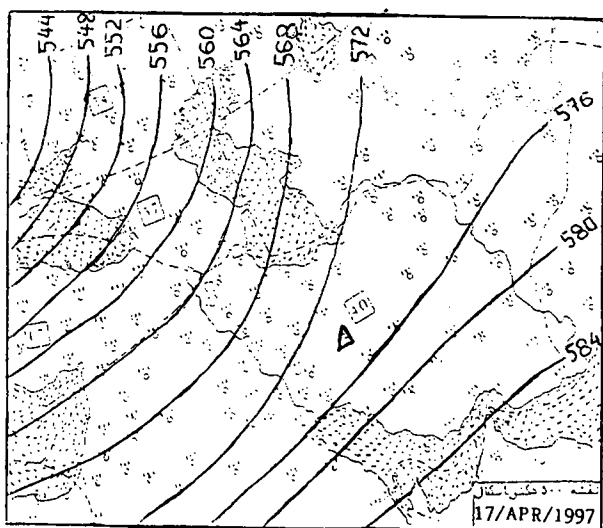
با توجه به اهداف این پژوهش که بررسی رابطه تغییرات روزانه ازن کلی با شرایط همدیدی موجود در منطقه است، عواملی که در این راستا در انتقال هوای غنی از ازن یا فاقد ازن به منطقه اصفهان نقش داشته‌اند مورد بررسی قرار گرفت. بدیهی است عوامل همدیدی دیگری که در تغییرات روزانه ازن نیز می‌توانند ایفای نقش نمایند (نظیر فرایندهای فتوشیمیایی، تاثیر دوره‌های ۱۱ ساله خورشیدی و تاثیر نوسانات شبه دو ساله (بانگ و تانگ، ۱۹۹۵)) موضوع مورد بحث این مقاله نیست.

بررسی سیستم‌های فشاری نقشه‌های روزانه سطح زمین نشان داد که فقط در ۳۳ درصد موارد عبور مراکز و زبانه‌های کم فشار سطح زمین با افزایش TCO روزانه همراه است. در بقیه موارد این سازگاری برقرار نبود. به طوری که در ۳۵ درصد از موارد مطالعاتی بدون این که تغییری در فشار سطحی ایستگاه رخ داده شده باشد، تغییر محسوسی در ازن کلی روزانه اصفهان مشاهده شد. این ناسازگاری برای ماه‌های گرم سال که سیستم‌های فشاری ایران از عمق کم تری برخوردارند، مشهودتر بود. لذا به نظر می‌رسد که تغییرات روزانه فشار سطحی ایستگاه شاخص مناسبی برای پیش‌بینی مقدار ازن روزانه نیست. البته اظهار نظر قطعی در این مورد به بررسی همزمان عوامل دینامیکی بستگی دارد.

بررسی فوق نیز برای مطالعه اثر جبهه‌های عبوری بر مقدار TCO روزانه به کار برده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که سازگاری مطلوبی در این مورد وجود ندارد به طوری که در برخی از روزها، عبور جبهه گرم با افزایش ازن و در روزهای دیگری با کاهش ازن

پیروی می‌کند بگونه‌ای که بیشینه آن در فصل بهار و کمینه آن در فصل پاییز به وقوع می‌پیوندد. پس از انجام مراحل لازم، ۴۳ مورد مطالعاتی از کل روزهای موجود در سال ۱۹۹۷ به شرح زیر انتخاب شد (جدول ۱). انتخاب موارد ذکر شده بر اساس انحراف معیار روزانه داده‌های ازن انجام گرفت. چون در مطالعات آماری تغییرات کم‌تر از دو برابر انحراف معیار (نسبت به میانگین آماری) غیر قابل ملاحظه و نزدیک به نرمال در نظر گرفته می‌شود و در این کار هدف بررسی تغییرات قابل ملاحظه ازن است، لذا روزهایی که اختلاف مقدار ازن کلی روزانه (TCO) آنها نسبت به میانگین روزانه و ماهیانه ازن تقریباً از دو برابر انحراف معیار (2SD) بیشتر بود، به عنوان موارد مطالعاتی برگزیده شدند. لازم به ذکر است که در تعدادی از روزهای سال ۱۹۹۷ به دلایل مختلف، اندازه‌گیری ازن انجام نگرفته بود که این روزها از آمار حذف شد. گرچه اطلاعات ازن کلی روزانه ماهواره TOMS به دلیل حذف قسمتی از ازن و ردسپهر دارای درصدی خطا است، اما به منظور کنترل و حذف خطاهای فاحش، اطلاعات ازن پایگاه زمینی با داده‌های ماهواره ذکر شده مورد مقایسه قرار گرفت و روزهایی که روند تغییرات ازن روزانه این دو منبع غیر همخوانی داشت از آمار موجود حذف شد. بعد از کنترل کیفی داده‌ها و انتخاب موارد مطالعاتی، نقشه‌های همدیدی کلیه سطوح در روزهای مربوطه بررسی شد.

پس از انجام مراحل فوق، اطلاعات همدیدی حذف که شامل تغییرات روزانه فشار ایستگاه، وضعیت جوی، موقعیت جبهه‌های عبوری از روی ایستگاه، موقعیت مراکز فشاری سطح زمین، وضعیت خطوط اجرایی، ترافیک‌ها و پشته‌های پربند ۵۰۰ هکتوپاسکالی، موقعیت رودبادهای جنب حاره‌ای و قطبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این خصوص، تغییرات قابل ملاحظه‌ای که در وضعیت همدیدی روزهای مورد مطالعه ایجاد شده بود با تغییراتی که در مقدار TCO روزانه حادث شده بود مورد مقایسه قرار گرفت.

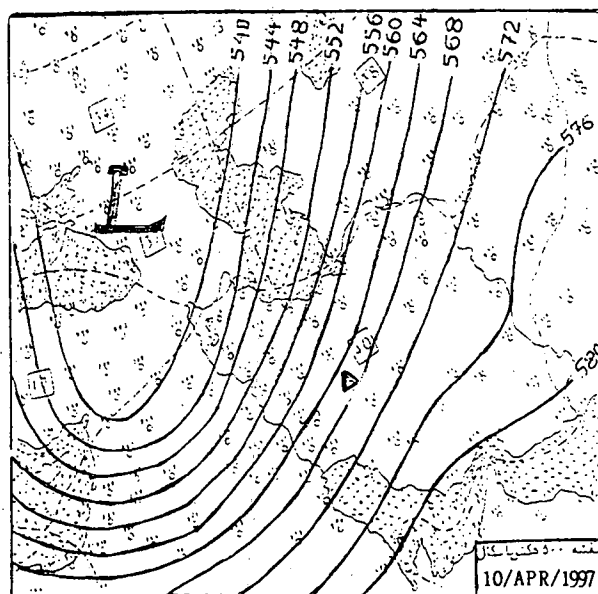


شکل ۳. پربندهای ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی در روز ۱۷ آوریل سال ۱۹۹۷ که موجب انتقال هوای کم ازن منطقه حاره به پایگاه اصفهان شده است. محل پایگاه روی نقشه با علامت Δ نمایش داده شده است.

بررسی نقشه‌های سطوح فوقانی نشان می‌دهد که با دور شدن از سطح زمین، همخوانی بین تغییرات روزانه ازن کلی و سیستم‌های همدیدی بیشتر می‌شود، به طوری که در پربند سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی موقعیت رودبادهای جنب حاره‌ای و قطبی سازگاری بهتری را در مقایسه با سطوح زیرین نشان می‌دهند. علت این امر را می‌توان به کاهش تاثیرپذیری سیستم‌های سطوح فوقانی از عوامل زمینی نظیر نیروی اصطکاک سطحی و انرژی گرمایی زمین نسبت داد. حضور چنین نیروهایی به دلیل اندرکنش‌های متقابل الگوهای همدیدی را پیچیده‌تر می‌نماید. این سازگاری به گونه‌ای بود که با نزدیک شدن محور هر یک از رودبادهای ذکر شده به منطقه، تغییر محسوسی در مقدار ازن کلی روزانه مشاهده شد. به طور نمونه در روز ۱۰ آوریل نزدیک شدن محور رودباد قطبی به پایگاه اصفهان، موجب تزریق هوای غنی از ازن به منطقه شد. این امر افزایش نسبی ازن را به دنبال داشت (شکل ۴). بر عکس در روزهایی که جریان‌های رودبادهای جنب حاره‌ای خود را به منطقه نزدیک نموده است، انتقال هوای کم ازن مناطق حاره‌ای، کاهش محسوسی در مقدار ازن روزانه به همراه

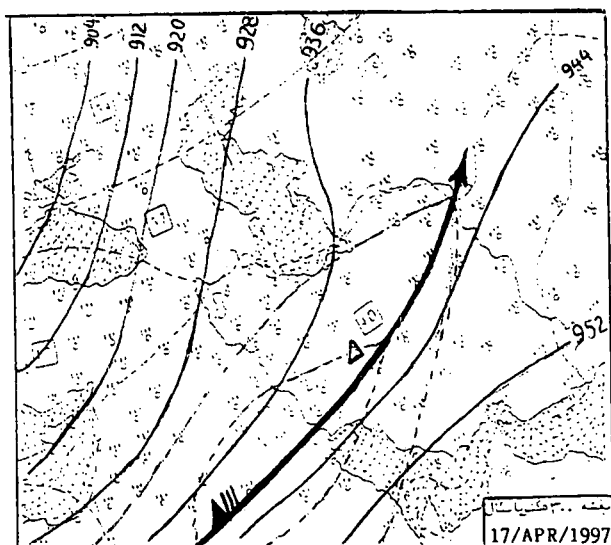
همراه بود. لذا عبور جبهه‌های جوئی در سال ۱۹۹۷ عموماً نیز همخوانی قابل قبولی با تغییرات ازن ثبت شده نداشت. علت این امر را می‌توان به نامناسب بودن تراکم شبکه ایستگاه‌های هواشناسی که مطالعه دقیق دینامیکی و سینوپتیکی را دچار اختلال می‌کند، نسبت داد.

بر خلاف عوامل همدیدی سطح زمین، پربندهای ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی سازگاری خوبی با تغییرات روزانه TCO نشان می‌دهند، به طوری که در اغلب موارد، عبور پربندهای ارتفاع ناوه‌های عمیق اطلس شمالی با تزریق هوای غنی از ازن منطقه جنب قطبی به روی پایگاه اصفهان موجبات افزایش ازن این پایگاه را فراهم نموده است (شکل ۲). بر عکس، با دور شدن ناوه فوق و انتقال آن به سمت عرض‌های بالاتر، پشته جنب حاره‌ای خود را به سوی منطقه کشانده (شکل ۳) که در این صورت قادر است هوای کم ازن منطقه جنب حاره را روی پایگاه بریزد و به دنبال خود موجب کاهش ازن شود.

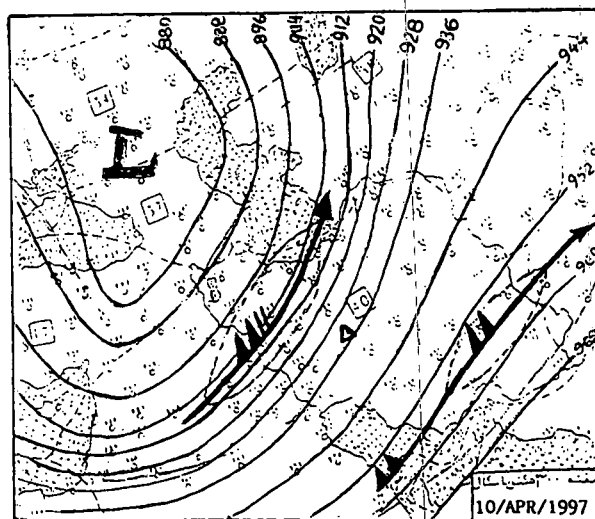


شکل ۲. پربندهای ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی در روز ۱۰ آوریل سال ۱۹۹۷ که موجب انتقال هوای غنی از ازن منطقه قطبی به پایگاه اصفهان شده است. محل پایگاه روی نقشه با علامت Δ نمایش داده شده است.

داشته است. به طور مثال، در روز ۱۷ آوریل سال ۱۹۹۷ با نزدیک شدن رودباد جنب حاره‌ای و مستقر شدن آن در جنوب پایگاه ازن‌سنجی، کاهش محسوسی در مقدار ازن روزانه منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵. موقعیت رودباد جنب حاره‌ای در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی در روز ۱۷ آوریل سال ۱۹۹۷ که موجب انتقال هوای کم ازن منطقه حاره به پایگاه اصفهان شده است. محل پایگاه روی نقشه با علامت Δ نمایش داده شده است.



شکل ۴. موقعیت رودباد در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی در روز ۱۰ آوریل سال ۱۹۹۷ که موجب انتقال هوای غنی از ازن منطقه قطبی به پایگاه اصفهان شده است. محل پایگاه روی نقشه با علامت Δ نمایش داده شده است.

ذکر است که ممکن است در برخی از روزهای خاص، قیف وردیست در پایگاه اصفهان تشکیل شده باشد، ولی به علت دسترسی نداشتن به اطلاعات رادیوسوند دیگر ایستگاه‌های جو بالای منطقه، امکان بررسی این موضوع فراهم نشد.

در مجموع، گرچه اطلاعات همدیدی بررسی شده در این پژوهش زمینه‌ای را برای ارائه الگوهای پیش‌بینی مقدار ازن کلی روزانه فراهم می‌کند، اما برای ارائه الگوهای دقیق‌تر، عوامل دیگری نظیر: دمای پتانسیل، تاوایی پتانسیل (PV) و سطوح همدرگشت را به‌ویژه در ارتفاعات ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکالی باید مورد بررسی قرار داد. لازمه این امر در اختیار داشتن شبکه مترکم‌تری از ایستگاه‌های جو بالا است. که در این صورت محاسبه دقیق پارامترهای دینامیکی ذکر شده، امکان پذیر می‌شود.

تشکر و قدردانی

داده‌های روزانه ازن کلی مورد نیاز در این پژوهش توسط پایگاه ازن‌سنجی اصفهان تامین شد که بدین وسیله از مسئولین این پایگاه

بررسی کلیه نقشه‌های همدیدی در سال ۱۹۹۷ نشان می‌دهد که با تداوم زمانی حضور رودبادها در منطقه، تغییرات روزانه ازن کلی، دامنه گسترده‌تری به خود می‌گیرد.

در آخرین مرحله نیز تغییرات روزانه ارتفاع وردیست (TRI) پایگاه اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه این تغییرات روزانه با تغییرات روزانه TCO حاکی از این مطلب است که در ۵۹٪ از موارد مطالعه شده، افزایش ارتفاع وردیست موجب کاهش ازن و برعکس، کاهش ارتفاع آن، ازدیاد ازن کلی روزانه را به همراه داشته است. علت افزایش ازن روزانه را می‌توان به ضخیم‌تر شدن لایه آرام‌سپهر در منطقه نسبت داد که این امر باعث انتقال ازن از مناطق دیگر لایه آرام‌سپهر به منطقه مورد مطالعه می‌شود. این موضوع با نتایج به دست آمده توسط شالفروش (۱۳۶۸) و موسوی بایگی (۱۳۷۰) کاملاً مطابقت دارد. لازم به

- Barsby, A., and Diab, R. D., 1995, Total ozone and synoptic weather relationships over Southern Africa and Surrounding Oceans: Jour. Geophys. Res., **100**, 3023-3032.
- Dobson, G. M. B., 1968, Exploring the atmosphere: 2nd ed. University of Oxford, Clarendon Press.
- Halenska, T., Lastovicka, J., and Redicella, S., 1994, The effect of the passage of cold fronts on the vertical distribution of ozone at the CHMI observatory at Prague -Libus: Q.J.R. Meteorol. Soc., **120**, 1415-1422.
- Han, Zou, 1996, Seasonal Variation and trends of TOMS ozone over Tibet: Geophys Res. Lett. **23**, 1029-1032.
- Labitzke, K., and Vanloon, H., 1997, Total ozone and the 11-year sunspot cycle: Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, **59**, 9-19.
- Vaughan, G. and Price, J. D., 1991, Statistical studies of cut-off low systems: Ann. Geophysiae, **10**, 96-102.
- Yang, H., and Tung, K., 1995, On the phase propagation of extratropical ozone Quasi-Biennial Oscillation (QBO) in observational data: Geophys. Res. Lett. **100**, 9091-9100.

تشکر می‌شود. همچنین با سپاس از سازمان هواشناسی کل کشور که نقشه‌های همدیدی و اطلاعات جوّ بالا را در اختیار این تحقیق قرار دادند. داده‌های ماهواره Nimbus-7 (TOMS) ازن کلی نیز از مرکز NASA تهیه شد. در خاتمه از زحمات داوران محترم که با نکات علمی خود کیفیت مقاله حاضر را بهبود بخشیدند قدردانی می‌شود.

منابع

- شالفروش، م.، ۱۳۶۸، ضریب همبستگی ازن در آرام‌سپهر: پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- موسوی‌بایگی، م.، ۱۳۷۰، ارتباط ازن کلی و پارامترهای جوّی در وردسپهر و آرام‌سپهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- میرقوامی، م.، ۱۳۷۸، بررسی نقش عوامل همدیدی تغییرات ازن کلی اصفهان: پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.