نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۲، بهار ۹۳

تحلیل همدیدی تغییرات غلظت ازون تروپوسفری کلانشهر تهران

دریافت مقاله: ۹۱/۱۰/۲۰ پذیرش نهایی: ۹۲/۸/۵
صفحات: ۲۶-۷

صادق کریمی: استادیار آب و هواشناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان[۱]
Email: karimi.s.climatologist@uk.ac.ir

چکیده

اگرچه ازون تروپوسفری به مقدار متعارف در تروپوسفر وجود دارد ولی تشکیل مقادیر نامتعارف این مولکول طی فرآیندهای فتوشیمیایی اتمسفر، آن را به یکی از مهمترین آلاینده‌های هوای شهرها تبدیل نموده است. در این پژوهش با تکیه بر رویکرد محیطی به گردشی، اقدام به شناخت وضعیت ازون تروپوسفری در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۱ گردید. مقادیر ازون تروپوسفری و مقادیر عناصر آب و هوایی از طریق مرکز پایش آلودگی محیط زیست استان تهران وابسته به سازمان محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران وابسته به شهرداری دریافت گردید. داده‌های جو بالا نیز از طریق پایگاههای NCAR/ NCEP تهیه شد. به دنبال آن الگوهای گردشی تبیین‌کننده بیشنه این آلاینده به کمک تحلیل خوشه‌ای، استخراج و طبقه-بندی گردید. نتایج نشان می‌دهد بیشترین تمرکز و شدت این آلاینده در دوره گرم سال یعنی ماههای ژوئیه و اوت اتفاق می‌افتد که مهمترین الگوهای گردشی تبیین-کننده آن کم‌فشار سطحی و پرفشار جنب حاره هستند. اگرچه در فصول دیگر سال نیز بیشینه ازون مشاهده شده است. به طور کلی آنچه باعث تراکم ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران می شود پایداری سطحی است. چراکه پایداری، فرآیندهای فتوشیمیایی جو و متعاقب آن غلظت ازون تروپوسفری را افزایش می‌دهد. عوامل بوجود آورنده این پایداری، الگوهای پرفشار دینامیکی فوقانی نظیر پرفشار جنب حاره در تابستان و همچنین الگوهای پرفشار حرارتی در سطح زمین نظیر پرفشار سیبری در زمستان هستند.

کلیدواژگان: ازون تروپوسفری، بیشینه ازون، الگوهای گردشی، تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** کرمان- دانشگاه شهید باهنر- بخش جغرافیا- اتاق ۲۰۶ – کد پستی: ۷۶۱۶۹۱۴۱۱۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

ازون تروپوسفری (O3) مولکول سه اتمی اکسیژن و یک ترکیب ثانویه است که به وسیله واکنش‌های فتوشیمایی دی‌اکسید نیتروژن و یا هیدروکربن‌های نسوخته در مجاورت اشعه فرابنفش خورشید، در تروپوسفر شکل می‌گیرد (هویت و همکاران، ۱۹۹۰: ۴۷۹).

به طور طبیعی، مقدار بسیار ناچیزی مولکول ازون در لایه تروپوسفر وجود دارد که طی فرآیندهای فتوشیمیای طبیعی و یک چرخه منظم در این لایه حفظ می‌شود. نقش این ترکیب مفید در تروپوسفر، محافظت از بیوسفر در برابر ورود بیش از اندازه UV-A و UV-B خورشید است. اما امروزه به واسطه افزایش NO و NO2 به عنوان پیش‌عناصر این ترکیب، تحت تأثیر افزایش فعالیت‌های صنعتی در داخل و اطراف شهرها، به عنوان یکی از آلاینده‌های هوایی خطرناک شهری، مطرح است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۱۳). نتایج تحقیقات اخیر نشان می‌دهد با افزایش و تقویت پوشش محافظتی ازون در دوره‌های بیشینه این ترکیب در تروپوسفر کلانشهر تهران، شاخص فرابنفش خورشید به شدت افت می‌نماید (کریمی، ۱۳۹۱: ۱۶۹). این امر دلالت بر نقش فیلتر کردن اشعه فرابنفش خورشید توسط این ترکیب دارد.

با وقوع انقلاب صنعتی ازون تروپوسفری به یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های هوای شهرها تبدیل شد که توانست بر زندگی انسان، جانوران، پوشش گیاهی و ... اثرات منفی بگذارد. افزایش غلظت این ملکول در تروپوسفر، به دلیل خاصیت اکسیدانی و سمّی که برای بافت‌های حیاتی و هر ماده بیولوژیکی دارد، مضرّ و بسیار خطرناک است (غیاث‌الدین، ۱۳۸۵: ۳۳۴).

بسیاری از پالایشگاهها و نیروگاههایی که سوخت‌های فسیلی می‌سوزانند، منبع ترکیبات آلی فرار و موتور احتراقی وسایل نقلیه هم منبع اصلی اکسیدهای نیتروژن است. بنابراین تراکم زیاد صنایع و وسایط نقلیه در مناطق شهری، این نقاط را منبع اصلی تولید پیش عناصر ازون و در نهایت تولید خود ازون ساخته است (یارنال، ۱۹۹۳: ۱۷۴).

با گذشت زمان طی انتقالات میان‌برد (نسبتاً دور) پیش عناصر ازون می‌توانند از سرچشمه های خود دور شده و و صدها یا هزارها کیلومتر دورتر تجمع پیدا کرده و به ازون تبدیل شوند. اگر شهری که محل تجمع ازون‌های انتقالی است، خود نیز مولّد ازون باشد، کیفیت هوا بسیار بحرانی می‌شود. به عنوان مثال ازون حاصل از پیش عناصری که در جنوب ایالات متحده و دره رودخانه اُهایو تولید شده، همراه با ازون و پیش عناصری که از پیتزبورگ می‌آیند سبب تخریب جنگل‌های غرب پنسیلوانیا می‌شود (کومری و یارنال، ۱۹۹۲: ۳۱۲). بنابراین ابعاد زمانی و مکانی انتقالات دوربرد و میان‌برد ازون تروپوسفری، مقیاس همدید است (یارنال، ۱۹۹۳: ۱۷۴).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

میانگین بیشینه غلظت ازون تروپوسفری و مقدار تجمعی آن با توجه به فراوانی تیپ‌های همدید تغییرات سالانه زیادی دارند. می‌توان گفت انتقالات دوربرد و میان‌برد ازون و پیش‌عناصر آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی است که در مقیاس همدید قابل بررسی است (یارنال، ۱۹۹۳: ۱۷۴).

با آغاز تشکیل دوره‌های بحرانی متداوم این آلاینده در شهرهای بزرگ، بررسی‌های همدیدی در خصوص این نوع آلاینده آغاز گردید که نتایج این تحقیقات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تغییرات ماهانه میزان ازون تروپوسفری شهرهای فنیکس، دنور و لوس‌آنجلس با هم کاملاً متفاوت است. از آنجا که لوس‌آنجلس تمایل به داشتن شرایط جوی پایدار دارد و در اواخر تابستان و اوایل پاییز دارای ابرهای کمتری است، غلظت‌های بیشینه ازون تروپوسفری در ماههای اوت، سپتامبر و اکتبر مشاهده می‌شود. اما این وضعیت در شهر فنیکس، طی ماههای می و ژوئیه و در شهر دنور تنها در ماه ژوئیه، حکمفرماست (به نقل از پرکینز، ۱۳۶۷: ۱۲۴).

مطالعات انجام شده بر اساس داده‌های روزانه آلاینده ۸۷-۱۹۷۸ منطقه جنوب‌غرب ایالت پنسیلوانیا نشان داد که تغییرات روزانه تراکم ازون تروپوسفری شهرها با تغییرات دما هماهنگی کامل دارد. به طوری که مقدار آن در روزهای آفتابی و آنتی‌سیکلونی افزایش می‌یابد. در شرایط آنتی‌سیکلونی، اولاً سرعت بادها کمتر است و ثانیاً صعودی وجود ندارد و در نتیجه ازون بر بالای منطقه متوقف می‌شود (کومری، ۱۹۹۰: ۲۹۵).

تحقیقات بعدی با ارائه یک طبقه‌بندی نه گانه از الگوهای گردشی دوره ۸۷-۱۹۷۸ منطقه جنوب‌غربی پنسیلوانیا و سپس محاسبه میانگین تراکم، فراوانی و انحراف معیار مقدار کل ازون تروپوسفری در این دوره‌ها، نتایجی قوی‌تری به دست داد. نتایج نشان داد که غلظت‌های بالای ازون بوسیله الگوهای پشت آنتی‌سیکلون و آنتی‌سیکلون دراز و غلظت‌های پایین ازون به وسیله الگوهای سیکلونی و پیش آنتی‌سیکلون مرطوب ایجاد می‌شوند (کومری و یارنال: ۱۹۹۲: ۳۰۱).

تنوع الگوهای گردشی در میزان و غلظت آلودگی چهار شهر مختلف ایالات متحد آمریکا شامل بیرمینگام، کلیولند، فیلادلفیا و سیاتل تأثیر داشته و تفاوت معناداری بین بارِ آلودگی این شهرها با الگوهای گردشی مختلف وجود دارد (گرین و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۶۳).

تحلیل همدیدی در حوزه تایچونگ نشان داد که غلظت‌های بالای ازون تروپوسفری، طی دو الگوی گردشی رخ می‌دهد. نوع اول، یک آنتی‌سیکلون قاره‌ای نشأت گرفته از سرزمین اصلی چین است که بخش جنوبی آن توسط باد شرقی، تایوان را فرا می‌گیرد. الگوی دوم، یک فرود حاره‌ایِ در حال حرکت به سوی شمال منطقه است که بخش شمالی آن از طریق بادهای شرقی، تایوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (چنگ، ۲۰۰۱: ۴۹۷۱).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

افزایش غلظت ازون سطحی در زمان شروع واکنش ثانویه در فرآیند فتوشیمیایی به دلیل شروع واکنش NO2 با فوتون‌های نوری منجر به کاهش غلظت NO یا همان اکسید نیتروژن طی واکنش می‌شود. به طوری که در زمان وقوع بیشینه‌های غلظت ازون سطحی شهر تهران، مقدار دی‌اکسید نیتروژن به حداقل می‌رسد (شهرتاش و شهرتاش، ۱۹۹۲: ۸۳).

افزایش قابل ملاحظه ازون سطحی از نوع فتوشیمیایی طی دهه اخیر در تهران مرکزی دلیل بر افزایش آلودگی شدید هوا در روزهای معینی از سال است. به طوری که مقادیر این آلاینده از ۴۵- ۲۴ قسمت در بیلیون طی سال‌های ۷۱-۱۳۶۹به ۶۵- ۴۵ قسمت در بیلیون در سال‌های ۷۹-۱۳۷۸رسیده است (شهرتاش، ۱۳۸۲: ۵۵).

بررسی تغییرات روزانه ازون سطحی در ایستگاه ژئوفیزیک تهران در سال ۲۰۰۲ نشان داد که طی روز، فرارفت هوای آلوده ازون‌دار توسط باد دشت به کوه به محل ایستگاه روی می‌دهد و با افزایش شدت باد، مقدار ازون افزایش می‌یابد. بیشینه کوچک ثانویه در اواخر بعد از ظهر برخی ماههای تابستان به علت تغییر در رژیم باد از دشت به کوه و کوه به دشت به وقوع می‌پیوندد. این مقادیر بالا در فصول دیگر ضعیف می‌شود (بیدختی و شرعی‌پور، ۱۳۸۶: ۶۳).

بین تغییرات ازون و ترکیبات متغیرهای هواشناختی و آلاینده‌های جوی، همبستگی‌های معنادار وجود دارد. نتایج بیشتر مدل‌های رگرسیونی چندگانه و همچنین توابع متعامد تجربی بدست آمده نشان‌دهنده سهم عمده دما، رطوبت و تابش کلی در تشکیل ازون سطحی شهر اصفهان است (اسعدی، ۱۳۸۸: ۲).

علیرغم مطالعات مفیدی که در زمینه شناخت ازون تروپوسفری صورت گرفته، اما تاکنون تحقیق مدوّنی درباره ارتباط الگوهای گردشی با تغییرات آلاینده ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران انجام نشده است. این مهم محقِّق را بر آن داشت تا گامی نوین در جهت شناخت دقیق‌تر ارتباط تغییرات غلظت ازون تروپوسفری به عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های هوایی کلانشهر تهران با گردش اتمسفری در مقیاس همدید بر دارد. پرسش اصلی که در اینجا مطرح می‌شود، آن است که: الگوهای گردشی که زمینه و شرایط آب و هوایی لازم را برای ایجاد غلظت‌های بیشینه ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران فراهم می‌کنند، کدامند؟

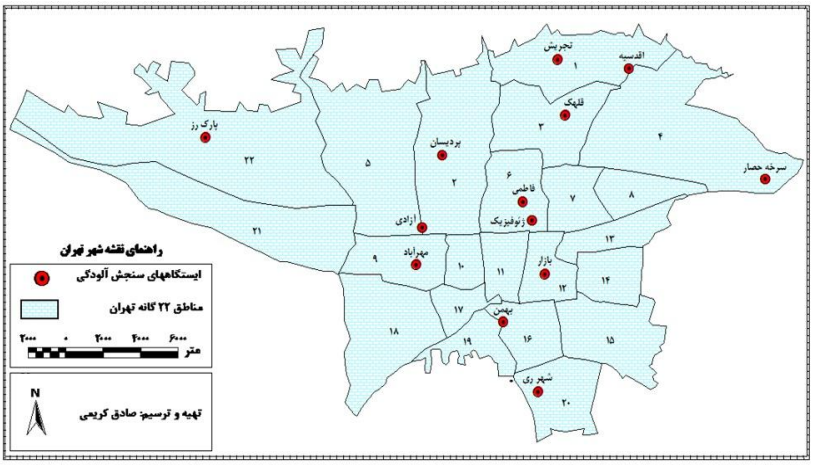
داده‌ها و روش‌شناسی

نحوه اکتساب و پردازش داده‌ها

داده‌های ساعتی ازون تروپوسفری ۱۳ ایستگاه پایش آلودگی هوای موجود در کلانشهر تهران برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۱ از طریق شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران (ایستگاههای بازار،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

مهرآباد، اقدسیه، ژئوفیزیک، شهر ری، پارک رز و فاطمی) و اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران (ایستگاههای قلهک، تجریش،آزادی، پردیسان، بهمن و سرخه‌حصار) دریافت گردید. لازم به توضیح است که داده‌های ایستگاه فاطمی تنها محدود به پنج سال اولیه فعالیت آن بوده است شکل(۱) توزیع این ایستگاهها را در سطح شهرتهران نشان می‌دهد.



شکل (۱) مناطق ۲۲گانه و موقعیت ایستگاههای سنجش آلودگی هوای کلانشهر تهران

با توجه به اینکه داده‌های دریافتی، نامنظم و با واحدهای مختلف ثبت شده بود، لذا عملیات پردازش داده‌ها به منظور آماده‌سازی و بکارگیری آنها در تجزیه و تحلیل‌های آماری صورت گرفت. به این معنا که مقادیر صفر و منفی بر طبق نظر کارشناسان سازمان‌های مذکور حذف شدند. چراکه مقادیر صفر و منفی در این ساعات، نشان‌دهنده کالیبره نبودن دستگاههای اندازه‌گیری است. همچنین واحدها بر حسب قسمت در بیلیون[1] یکسان‌سازی گردید.

در ادامه با استفاده از روش میانگین‌گیری (رابطه۱) متوسط ازون تروپوسفری ساعتی برای شهر تهران محاسبه و به صورت یک‌کاسه در یک ستون نرم‌افزار Excel با ۸۷۶۴۸ ردیف ذخیره گردید که مبنای محاسبات بعدی قرار گرفت.

$$\mu(x)_{Hour} = \sum_{1}^{i=13} [x_i]/13 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، x معرّف مقادیر ازون تروپوسفری ساعتی و i معرف ایستگاه است.

[1]- Part per Billion (ppb)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

داده‌های ساعتی عناصر اقلیمی رطوبت نسبی (به درصد)، دمای متوسط (به درجه سلسیوس) و تابش (به کیلو وات در متر مربع) همین ایستگاهها به اضافه دو ایستگاه رسالت و تهرانسر برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۱ نیز از طریق همین ادارات دریافت گردید. داده‌های عناصر اقلیمی این ایستگاهها نیز به روش میانگین‌گیری، یک‌کاسه شد و به صورت ساعتی در سه ستون مجزای نرم‌افزار اِکسل با ۸۷۶۴۸ ردیف ذخیره گردید که مبنای محاسبات بعدی قرار گرفت.

داده‌های اشعه فرا بنفش خورشید در سطح زمین (بر مبنای شاخص UVI) برای مرکز شهر تهران، از طریق مرکز جهانی محاسبه و اندازه‌گیری اشعه ماوراء بنفش[1] به صورت روزانه دریافت و پس از پردازش در تجزیه و تحلیل‌ها بکار گرفته شد. داده‌های روزانه فشار تراز دریا نیز بر حسب هکتوپاسکال و داده‌های تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال[2] بر حسب متر از پایگاه داده‌ای NCEP/NCAR برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۱ میلادی با دقت مکانی ۲/۵ در ۲/۵ برداشت گردید. این داده‌ها، به صورت فایل‌های خودتوصیف بوده که توسط نرم‌افزارهای Matlab و Surfer قابل بازخوانی و تبدیل به نقشه می‌باشند. علاوه بر این امکان خروجی گرفتن از داده‌های خام این فایل‌ها وجود داشته و امکان تجزیه و تحلیل آنها را در سایر محیط‌های نرم‌افزاری فراهم می‌نماید (نظری‌پور، ۱۳۹۰: ۶۵).

چارچوبی که برای مطالعه متغیرهای جوی مورد نظر در این پژوهش انتخاب گردید، مناطق بین طول جغرافیایی صفر تا ۱۲۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی صفر تا ۸۰ درجه شمالی را در بر می‌گیرد. دلیل انتخاب این محدوده، شناسایی پدیده‌های همدید و وضعیت سامانه‌های جوی است تا بتوان از طریق این چارچوب، آگاهی بیشتری نسبت به تشکیل سامانه‌های همدید مقیاس، مسیر حرکت آنها، چگونگی گسترش و اثرگذاری آنها بر روی ایران و محدوده مورد مطالعه بدست آورد.

روش‌شناسی

در مطالعات همدیدی، دو رویکرد شناختی مورد توجه است که عبارتند از: رویکرد گردشی به محیطی و رویکرد محیطی به گردشی (یارنال، ۱۹۹۳، ۱۰). روش تحقیق در این پژوهش، رویکرد شناختی محیطی به گردشی است. انتخاب این رویکرد امکان می‌دهد تا بر روی مقادیر بیشینه ازون تروپوسفری و در نتیجه الگوهای همدیدی به وجود آورنده این پدیده که با هم در ارتباط هستند، متمرکز شد.

[1]- http://www.uvawareness.com
[2]- 850 hpa

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

پس از میانگین‌گیری داده‌های ساعتی ازون سطحی ۱۳ ایستگاه سنجش و پایش آلودگی سطح کلانشهر تهران و یک‌کاسه شدن آنها در یک ستون، یک سری زمانی تکی از داده‌های ساعتی ازون تروپوسفری برای شهر تهران بدست آمد. انحراف معیار این سری محاسبه گردید. ساعاتی که مقادیر ازون تروپوسفری آنها بالاتر از چهار برابر انحراف معیار داده‌ها (70.6ppb≥) بود، به عنوان ساعات بیشینه ازون انتخاب شدند. این ساعات در نرم‌افزار Excel با عدد یک مشخص شدند. فراوانی ساعات بیشینه ازون که از این طریق به دست آمد، ۱۷۱۵ ساعت بوده که در ۴۳۳ روز پراکنده شده بودند. وضعیت میانگین، حداکثر، حداقل و تداوم این ساعات در روزهای مختلف به کمک نرم‌افزار مذکور محاسبه و تجزیه و تحلیل گردید.

در ادامه به کمک تحلیل خوشه‌ای و با روش ادغام «وارد» و بر اساس معیار فاصله اقلیدسی، ابتدا الگوهای تراز دریا و تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال در ۴۳۳ روز دارای ازون بیشینه شناسایی و سپس طبقه‌بندی الگوها بر اساس بارزترین الگوها صورت گرفت. انتخاب روش وارد برای ادغام به این دلیل است که تضمین کننده کمترین پراش درون‌گروهی است. به همین دلیل همگنی درون‌گروهی بیشینه و گروههای حاصل می‌گردد که از یکدستی درونی بالاتری برخوردارند (مسعودیان، ۱۳۸۵: ۴). با استفاده از نرم‌افزار Surfer، نقشه‌های میانگین الگوهای استخراج شده برای روزهایی که الگوهای یکسان داشته‌اند، ترسیم گردید. معیار طبقه‌بندی الگوها، فاصله اقلیدسی داده‌های هر نقطه از چارچوب انتخاب شده، نسبت به همدیگر بوده است. شش الگوی تراز سطح دریا و متناظر با این الگوها، پنج الگوی تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز استخراج گردید.

به منظور بررسی تأثیرات هماهنگ الگوهای فشار تراز دریا و تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال در توجیه وقوع بیشینه ازون کلانشهر تهران، الگوهای ترکیبی SLP-850 hpa به کمک یک تکنیک ابداعی، استخراج گردید. به این نحو که سه ستون مجزا در Excel شامل ستون الگوهای فشار تراز دریا، ستون الگوهای تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال و ستون روزهای بیشینه ازون که هر کدام ۴۳۳ ردیف داشته‌اند، ایجاد شد (لازم به توضیح است که این فایل، خروجی نرم‌افزار Matlab پس از استخراج الگوها بوده است). سپس الگوهای فشار تراز دریا از کوچک به بزرگ با توجه به شماره‌های ۱ تا ۶ مرتب گردید که طی این فرآیند مشخص شد هر الگوی فشار تراز دریا با چه الگوهایی از تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال هماهنگ است. با توجه به هماهنگی خاص این دو الگو در این تحقیق، نحوه استخراج این الگوها به با استفاده از رابطه(۲) صورت گرفت.

رابطه (۲) $(SLP \times 10) + 850\ hp.H$

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

نحوه شکل‌گیری نه الگوی ترکیبی غالب و چگونگی تأثیرگذاری هر الگو در توجیه بیشینه ازون شهر تهران مورد بررسی مفصل قرار گرفت. سپس فراوانی وقوع ماهیانه و میانگین ازون بیشینه در ساعات و روزهای هر الگوی ترکیبی نیز استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از آن مهمترین الگوهای مرتبط با بیشینه ازون شهر تهران شناسایی و به صورت ماهیانه نیز تحلیل گردید. وضعیت عناصر اقلیمی هشت‌گانه نیز طی حاکمیت این الگوها تحلیل شد.

شیوه تجزیه و تحلیل اطلاعات در این پژوهش شناختی از نوع آماری و شامل تکنیک‌ها و تحلیل‌های مختلف آماری است که به کمک نرم‌افزارهای SPSS ، Excel و Matlab محقَق گردید. تکنیک‌ها و تحلیل‌های آماری بکار گرفته شده در این تحقیق عبارتند از: تحلیل فراوانی، تحلیل میانگین، تحلیل انحراف معیار، تحلیل خوشه‌ای.

مباحث و یافته‌ها

استخراج الگوهای فشار تراز دریا (SLP)

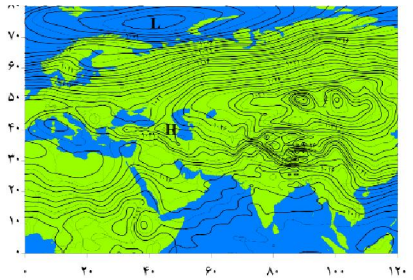
شش الگوی فشار تراز دریا برای ۴۳۳ دارای ساعات با ازون بیشینه، استخراج و بر اساس موقعیت جغرافیایی مرکز استقرار هر الگو، نام‌گذاری گردید (جدول۱).

الگوی شماره یک با فراوانی وقوع ۲۱۷ روزه و توجیه ۸۳۲ ساعت از مجموع ۱۷۱۵ ساعت با مقادیر ازون بیشینه، الگوی دوم با فراوانی وقوع ۵۸ روزه توجیه ۲۳۳ ساعت از مجموع ۱۷۱۵ ساعت با مقادیر ازون بیشینه، بالاترین فراونی‌ها را داشته‌اند. کمترین فراوانی وقوع مربوط به الگوی ۶ با فراوانی وقوع ۲۳ روزه بوده است.

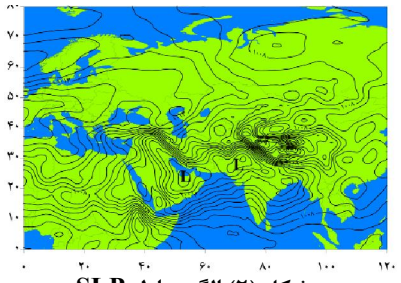
جدول (۱) درصد فراوانی وقوع الگوهای فشار تراز دریا در روزهای با ازون بیشینه

شماره الگو	نام قراردادی الگو	فراوانی روزانه	درصد فراوانی	فراوانی ساعتی	میانگین ازون
۱	کم‌فشار خلیج‌فارس- پاکستان	۲۱۷	۵۰/۱	۸۳۲	۸۰/۴
۲	پرفشار سیبری- قفقاز	۵۸	۱۳/۴	۲۳۳	۸۴/۲
۳	پرفشار سیبری- دریای مازندران	۳۵	۸/۱	۱۲۶	۸۰/۵
۴	پرفشار زاگرس	۵۰	۱۱/۶	۲۱۷	۸۱/۴
۵	پرفشار بهاره دریای مازندران	۵۰	۱۱/۶	۲۱۷	۸۴/۴
۶	پرفشار سیبری	۲۳	۵/۳	۹۰	۷۸/۲

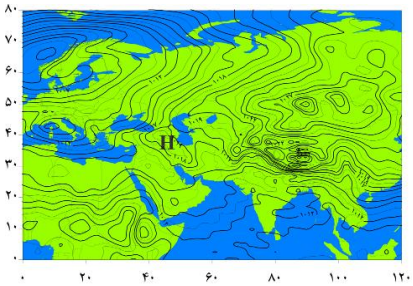
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]



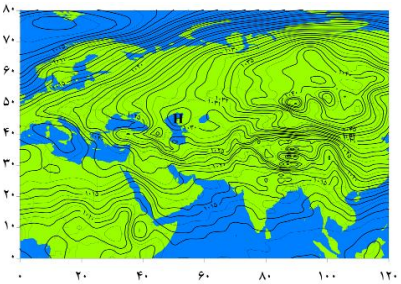
شکل (۳) الگوی دوم SLP



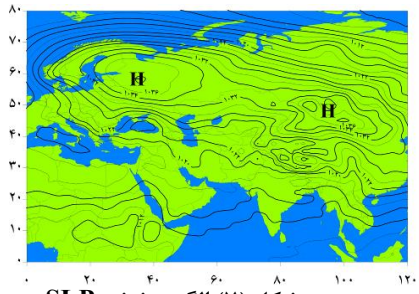
شکل (۲) الگوی اول SLP



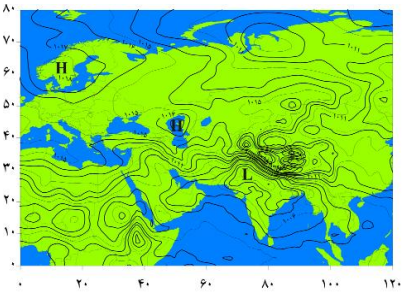
شکل (۵) الگوی چهارم SLP



شکل (۴) الگوی سوم SLP



شکل (۷) الگوی ششم SLP



شکل (۶) الگوی پنجم SLP

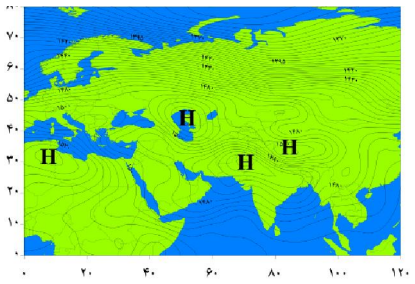
استخراج الگوهای تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال (850hpa)

پنج الگوی تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال برای ۴۳۳ روزی که مقادیر ازون آنها حداقل برای یک ساعت و بیشتر بالای چهار برابر انحراف معیار داده‌ها بوده نیز استخراج گردید (جدول ۲). بالاترین فراوانی وقوع الگوهای 850hpa مربوط به الگوی اول با فراوانی وقوع ۱۵۷ روز از ۴۳۳ روز بوده است. الگوی سوم با ۱۳۴ روز از ۴۳۳ روز در رتبه دوم قرار گرفته است. این دو الگو جمعاً بالغ بر ۶۷ درصد روزهای با ازون بیشینه کلانشهر تهران را توجیه نموده‌اند.

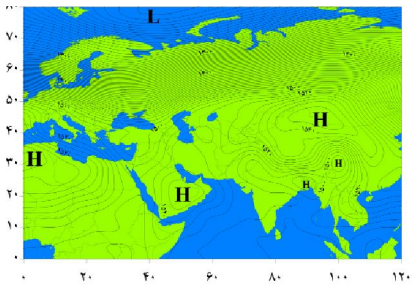
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

جدول (۲) درصد فراوانی وقوع الگوهای تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال در روزهای با ازون بیشینه

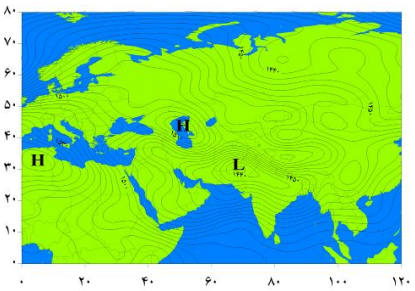
نوع سیستم	شماره الگو 850hpa	فراوانی وقوع در دوره	درصد فراوانی
فراز	۱	۱۵۷	۳۶.۳
فراز	۲	۴۵	۱۰.۴
فراز	۳	۱۳۴	۳۰.۹
فراز	۴	۵۸	۱۳.۴
فرود	۵	۳۹	۹
جمع کل		۴۳۳	۱۰۰



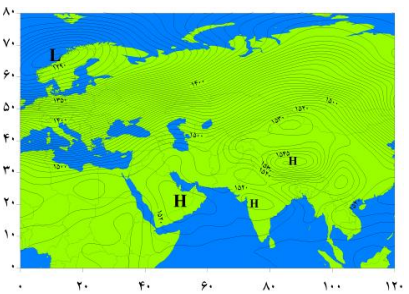
شکل (۸) الگوی اول 850hpa



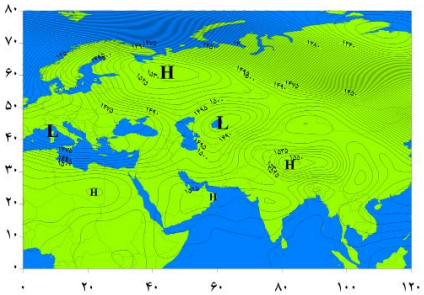
شکل (۹) الگوی دوم 850hpa



شکل (۱۰) الگوی سوم 850hpa



شکل (۱۱) الگوی چهارم 850hpa



شکل (۱۲) الگوی پنجم 850hpa

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

استخراج الگوهای ترکیبی SLP-850hpa

به منظور آشکارسازی بهتر و دقیق‌تر تأثیر وضعیت جو بالا در تغییرات غلظت‌های بیشینه ازون تروپوسفری شهر تهران و بر اساس هماهنگی و همراهی هر کدام از الگوهای تراز فشاری ۸۵۰ با الگوهای فشار تراز دریا در طی ۴۳۳ روز دارای ازون بیشینه شهر تهران، ۲۲ الگوی ترکیبی SLP-850hpa استخراج گردید.

با توجه به تنوع الگوهای به دست آمده، از بین ۲۲ الگوی اکتشافی نه الگوی ۱۳، ۱۱، ۲۲، ۴۴، ۵۱، ۶۵، ۳۴، ۵۳ و ۲۵ که فراوانی وقوع بالای ۱۰ روز در طول دوره مورد مطالعه داشتند جهت تجزیه و تحلیل انتخاب شدند (جدول ۳) بالاترین فراوانی الگوهای ترکیبی به ترتیب مربوط به الگوی ۱۳ با ۱۰۹ روز از ۴۳۳ روز دارای ازون بیشینه (۲۴/۹درصد)، الگوی ۱۱ با ۱۰۱ روز (۲۳/۳ درصد) و الگوی ۲۲ با ۳۹ روز (۹/۰۱ درصد) بوده است.

جدول (۳) فراوانی وقوع نه الگوی ترکیبی مهم در ماههای مختلف

الگوی ترکیبی	فراوانی روزانه	درصد فراوانی	فراوانی وقوع در هر ماه (بر حسب روز)											
			ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۱۳	۱۰۹	۲۴/۹۴							۶۳	۴۳	۳			
۱۱	۱۰۱	۲۳/۳۳					۳		۳۱	۴۹	۱۸			
۲۲	۳۹	۹/۰۱	۴	۳		۱	۱	۱۵	۱	۱	۱		۸	۴
۴۴	۳۸	۸/۷۸		۸	۱۲			۸				۱	۵	۴
۵۱	۳۰	۶/۹۳				۱۵	۱۵							
۶۵	۱۷	۳/۹۳		۱			۱	۱۲	۱	۱	۱			
۳۴	۱۵	۳/۴۶		۱			۱	۱۱		۱		۱		
۵۳	۱۵	۳/۴۶					۱۵							
۲۵	۱۴	۳/۲۳		۶	۲								۵	۱

نکته: الگوهای مذکور بر اساس فراوانی وقوع در دوره مورد مطالعه مرتب شده‌اند.

تجزیه و تحلیل الگوهای ترکیبی SLP-850hpa

معرفی و تبیین الگوهای ترکیبی

الگوی ترکیبی ۱۳ (کم‌فشار خلیج‌فارس- پاکستان/ فرود پاکستان)

الگوی ترکیبی ۱۳ که از هماهنگی الگوی اول SLP با الگوی سوم 850hpa ایجاد شده، در ۱۰۹ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماههای ژوئیه (با ۶۳ روز) و اوت (با ۴۳ روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

ترکیبی ۱۳ که در ۱۰۹ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۲۴/۹ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که بیش از ۹۷ درصد این روزها در دو ماه ژوئیه و اوت قرار گرفته‌اند. بنابراین به طور قطعی می‌توان گفت این الگو مختص فصل تابستان است. شکل‌های (۲) و (۱۰)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۱۱ (کم‌فشار خلیج‌فارس- پاکستان/ فراز دریای مازندران)

الگوی ترکیبی ۱۱ که از هماهنگی الگوی اول SLP با الگوی اول 850hpa ایجاد شده در ۱۰۱ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماههای اوت (با ۴۹ روز)، ژوئیه (با ۳۱ روز) و سپتامبر (با ۱۸ روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۱۱ که در ۱۰۱ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۲۳/۳ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که بیش از ۹۷ درصد این روزها در سه ماه اوت، ژوئیه و سپتامبر قرار گرفته‌اند. بنابراین این الگو نیز مختص فصل تابستان است. شکل‌های (۲) و (۸)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۲۲ (پرفشار سیبری- ارتفاعات غرب مازندران/ فراز عربستان)

الگوی ترکیبی ۲۲ که از هماهنگی الگوی دوم SLP با الگوی دوم 850hpa ایجاد شده، در ۳۹ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماههای ژوئن (با ۱۵روز)، نوامبر (با ۸ روز)، دسامبر (با ۴ روز) و فوریه (با ۴ روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۲۲ که در ۳۹ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۹/۰۱ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که نزدیک به ۸۰ درصد این روزها در چهار ماه ژوئن، نوامبر، دسامبر و ژانویه قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو بهار و زمستان است. شکل‌های (۳) و (۹)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۴۴ (پرفشار زاگرس/ فراز عربستان- جنوب هند)

الگوی ترکیبی ۴۴ که از هماهنگی الگوی چهارم SLP با الگوی چهارم 850hpa ایجاد شده، در ۳۸ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماههای مارس (با ۱۲روز)، فوریه (با ۸ روز)، ژوئن (با ۸ روز)، نوامبر (با ۵ روز) و دسامبر (با ۴روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۲۲ که در ۳۸ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۸/۷۸ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که بیش از ۹۷ درصد این روزها در پنج ماه مارس، فوریه، ژوئن، نوامبر و دسامبر قرار گرفته‌اند. بنابراین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو، زمستان و بهار است. شکل‌های (۵) و (۱۱)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۵۱ (پرفشار بهاره دریای مازندران / فراز دریای مازندران)

الگوی ترکیبی ۵۱ که از هماهنگی الگوی پنجم SLP با الگوی اول 850hpa ایجاد شده، در ۳۰ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماههای آوریل (با ۱۵) و می (با ۱۵روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۵۱ که در ۳۰ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۶/۹۳ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که ۱۰۰ درصد این روزها در دو ماه آوریل و می قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو بهار است. شکل‌های (۶) و (۸)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۶۵ (پرفشار سیبری / فرود آرال-مدیترانه)

الگوی ترکیبی ۶۵ که از هماهنگی الگوی ششم SLP با الگوی پنجم 850hpa ایجاد شده، در ۱۷ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماه ژوئن (با ۱۲ روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۶۵ که در ۱۷ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۳/۹۳ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که نزدیک به ۷۱ درصد این روزها در ماه ژوئن قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو بهار است. شکل‌های (۷) و (۱۲)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۳۴ (شمال دریای مازندران / فراز عربستان- جنوب هند)

الگوی ترکیبی ۳۴ که از هماهنگی الگوی سوم SLP با الگوی چهارم 850hpa ایجاد شده، در ۱۵ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) این الگو بیشترین فراوانی را در ماه ژوئن (با ۱۱ روز) داشته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۳۴ که در ۱۵ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۳/۴۶ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که بیش از ۷۳ درصد این روزها در ماه ژوئن قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو بهار است. شکل‌های (۴) و (۱۱)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۵۳ (پرفشار بهاره مازندران / فرود پاکستان)

الگوی ترکیبی ۵۳ که از هماهنگی الگوی پنجم SLP با الگوی سوم 850hpa ایجاد شده، در ۱۵ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) تمامی فراوانی این الگو

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

در ماه می (با ۱۵ روز) قرار گرفته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۵۳ که در ۱۵ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۳/۴۶ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که ۱۰۰ درصد این روزها در ماه ژوئن قرار گرفته‌اند. می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو بهار است. شکل‌های (۶) و (۱۰)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

الگوی ترکیبی ۲۵ (پرفشار سیبری- ارتفاعات غرب دریای مازندران / فرود آرال- مدیترانه)

الگوی ترکیبی ۲۵ که از هماهنگی الگوی دوم SLP با الگوی پنجم 850hpa ایجاد شده، در ۱۴ روز از ۴۳۳ روز مورد مطالعه حضور داشته است. بر اساس جدول(۳) بالاترین فراوانی این الگو در ماههای فوریه (با ۶ روز) و نوامبر (با ۵ روز) قرار گرفته است. می‌توان گفت الگوی ترکیبی ۲۵ که در ۱۴ روز از روزهای مورد مطالعه حضور داشته، ۳/۲۳ درصد روزهای دارای ازون بیشینه را توجیه می‌نماید که نزدیک ۷۹ درصد این روزها در ماههای فوریه و نوامبر قرار گرفته‌اند. می‌توان گفت فصل ظهور بارز این الگو زمستان و پاییز است. شکل‌های (۳) و (۱۲)، نقشه‌های SLP و 850hpa این الگوی ترکیبی را نشان می‌دهند.

تجزیه و تحلیل الگوهای ترکیبی غالب در ماههای مختلف

همانطور که جدول (۴) نشان می‌دهد، بالاترین فراوانی وقوع روزهای دارای ازون بیشینه شهر تهران به ترتیب مربوط به ماههای ژوئیه، اوت و ژوئن به ۹۶، ۹۵ و ۷۰ روز است (البته از نظر فراوانی ساعات این سه ماه کمی با هم اختلاف دارند). پایین‌ترین فراوانی مربوط به ماه ژانویه با ۸ روز است. این امر نشان می‌دهد که الگوی فراوانی روزهای دارای ازون بیشینه شهر تهران تا حدودی مطابق با سیکل ماهانه ازون است.

جدول(۴) همچنین بارزترین الگوهای ترکیبی را که در ماههای مختلف، زمینه ایجاد ازون‌های بیشینه کلانشهر تهران را فراهم کرده‌اند، نشان می‌دهد. بنابراین در این جدول، الگوهای ترکیبی کم اهمیت که درصد پایینی از فراوانی وقوع را در ماههای مختلف داشته‌اند، نادیده گرفته شدند. به عنوان مثال در ماه ژانویه، دو الگوی ۲۳ و ۳۳، هر کدام با فراوانی وقوع ۴ و ۴ روز، بارزترین الگوهای ترکیبی این ماه بوده‌اند که مجموعاً در ۸ روز از ۴۳۳ روز دارای ازون بیشینه شهر تهران، حضور داشته‌اند. این الگوها، هر کدام به ترتیب ۱۸ و ۱۸ ساعت از ۱۷۱۵ ساعت دارای ازون بیشینه شهر را توجیه می‌نمایند.

مثال دیگر مربوط به ماه ژوئیه در فصل تابستان است. الگوهای ترکیبی غالب در این ماه، الگوهای ۱۳ و ۱۱ هستند که به ترتیب در ۶۳ و ۳۱ روز از ۴۳۳ روز دارای ازون بیشینه شهر تهران، حضور داشته‌اند. این دو الگو، به ترتیب ۲۲۷ و ۱۳۰ ساعت از ۱۷۱۵ ساعت دارای ازون بیشینه شهر تهران را توجیه می‌نمایند. وضعیت الگوهای ترکیبی در ماه اوت نیز شبیه ماه ژوئیه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

است. در ماه اوت نیز به ترتیب الگوهای ترکیبی ۱۱ و ۱۳، به عنوان الگوهای غالب این ماه شناخته شده‌اند. در این بین ماه ژوئن دارای متنوع‌ترین الگوهای ترکیبی مرتبط با ازون بیشینه شهر تهران شناخته شده است. در این ماه پنج الگوی ۲۲، ۶۵، ۳۴، ۴۴، ۳۱ و ۶۱ حضور داشته که بالاترین فراوانی حضور را الگوی ۲۲ با ۱۱۵ روز حضور به خود اختصاص داده است. در حالی که ماههای مارس، سپتامبر و اکتبر هر کدام تنها دارای یک الگوی ترکیبی تکی بوده‌اند.

جدول (۴) توزیع فراوانی الگوهای ترکیبی غالب در ماههای مختلف سال (دوره۲۰۱۱-۲۰۰۱)

ماه	فراوانی روزهای دارای ازون بیشینه	ردیف اول هر ماه: شماره الگوی ترکیبی ردیف دوم هر ماه: فراوانی روزانه الگوی ترکیبی					
ژانویه	۸	۲۲	۳۳				
		۴	۴				
فوریه	۲۰	۴۴	۲۵				
		۸	۶				
مارس	۱۵	۴۴					
		۱۲					
آوریل	۲۷	۵۱	۵۵				
		۱۵	۵				
می	۳۸	۵۱	۵۳				
		۱۵	۱۵				
ژوئن	۷۰	۲۲	۶۵	۳۴	۴۴	۳۱	۶۱
		۱۵	۱۲	۱۱	۸	۸	۶
ژوئیه	۹۶	۱۳	۱۱				
		۶۳	۳۱				
اوت	۹۵	۱۱	۱۳				
		۴۹	۴۳				
سپتامبر	۲۵	۱۱					
		۱۸					
اکتبر	۵	۱۲					
		۳					
نوامبر	۲۲	۲۲	۲۵	۴۴			
		۸	۵	۵			
دسامبر	۱۲	۲۲	۴۴				
		۴	۴				

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت همراهی و هماهنگی الگوهای متنوعی از SLP و 850hpa عامل توجیه روزهای با ازون بالا در ماههای مختلف هستند. پس علیرغم آنکه شش الگوی SLP در ازون‌های بیشینه شناخته شدند، اما همراهی هر الگوی SLP با الگوهای 850hpa خاصی است

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

که ازون‌های بیشینه کلانشهر تهران را در ماههای مختلف توجیه می‌نماید. لذا می‌توان گفت هر پدیده محیطی که قرار است با الگوهای فشار تحلیل گردد، می‌بایست با در نظر داشتن وضعیت ستون جو صورت گیرد. چراکه یک الگوی فشار سطحی در ارتباط با الگوهای فشار فوقانی‌تر شرایط محیطی متضادی را ایجاد می‌نماید.

تجزیه و تحلیل میانگین عناصر اقلیمی در الگوهای ترکیبی

میانگین عناصر اقلیمی در طول حاکمیت تمامی الگوهای ترکیبی با میانگین بلندمدت اقلیمی تک‌تک این عناصر در دوره مورد مطالعه متفاوت است (جدول ۵). به عنوان مثال در حالی که میانگین بلندمدت اقلیمی رطوبت نسبی شهر تهران در دوره مورد مطالعه ۳۸/۷ درصد بوده، میانگین رطوبت نسبی در تمامی الگوهای ترکیبی کمتر از این مقدار بوده است. یا در حالی که بلندمدت تابش شهر تهران در دوره مورد مطالعه ۲۶۵ وات بر متر مربع بوده میانگین تابش در تمامی الگوهای ترکیبی بطور فاحشی بیشتر از این مقدار بوده است.

دمای هوا نیز وضعیت مشابهی را داشته است. به طوری که میانگین بلندمدت اقلیمی دمای شهر تهران در دوره مورد مطالعه ۱۷/۸ درجه سانتیگراد بوده میانگین تابش در تمامی الگوهای ترکیبی بیشتر از این مقدار بوده است. از آنجا که برای تشکیل ازون آستانه دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد در تمامی الگوهای ترکیبی، میانگین دمای هوا بالاتر از این مقدار است. اما بایستی در نظر داشت که این به معنای دمای بالاتر، مقدار ازون بالاتر نیست. چراکه عوامل تأثیرگذار دیگر نیز در افزایش مقدار ازون دخیل هستند. بنابراین نبایست انتظار داشت که بین تغییرات دمای الگوها با تغییرات میانگین ازون بیشینه ارتباط معنادار قطعی وجود دارد.

سرعت باد نیز شرایط مشابهی را داراست. به طوری که میانگین سرعت باد ارتفاع ۱۰ متری در دوره مورد مطالعه، ۱/۱۳ متر بر ثانیه بوده در حالی که میانگین آن در طول حاکمیت تمامی الگوهای ترکیبی کمتر از این مقدار بوده است.

در حالی که سرانه بارش روزانه شهر تهران ۰/۷ میلی‌متر است و بر همین اساس انتظار می‌رفت طی ۴۳۳ روز مورد مطالعه حداقل ۳۰۳ میلی‌متر بارش اتفاق می‌افتاد، تنها ۶۹ میلی‌متر بارش رخ داده است (از بین ۴۳۳ روز مورد مطالعه تنها ۱۶ روز بارش داشت که مجموع بارش این روزها ۶۹ میلی‌متر بوده است). پایین بودن مقدار بارش در روزهای با ازون بیشینه، از نظر علمی امر مسلم است. چراکه وجود بارش با ورود سیکلون‌ها و صعود هوا قابل توجیه است، امری که مقدار ازون و حتی سایر آلاینده‌ها را به شدت کاهش می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

جدول (۵) میانگین عناصر اقلیمی و عناصر آلاینده در الگوهای ترکیبی

دوره	وضعیت میانگین عناصر آب و هوایی و آلاینده‌ها							
	O3 (ppm)	NO (ppm)	NO2 (ppm)	RH (درصد)	تابش (w/m^2)	دما (^{c}.)	باد (m/s)	بارش (mm)
۴۳۳ روز مورد مطالعه	۹۶/۶	۴۵/۴	۱۸	۲۴/۷	۵۶۰/۳	۲۵/۸	۰/۸	۶۹/۱
بلندمدت تهران	۲۱/۴	۵۶/۶	۵۷/۱	۳۸/۷	۲۶۵	۱۷/۸	۱/۱۳	۳۰۳

نتیجه‌گیری

همراهی و هماهنگی الگوهای متنوعی از SLP و 850hpa عامل توجیه روزهای با ازون بالا در ماههای مختلف هستند. پس علیرغم آنکه ۶ الگوی SLP در ازون‌های بیشینه شناخته شدند، اما همراهی هر الگوی SLP با الگوهای 850hpa خاصی است که ازون‌های بیشینه کلانشهر تهران را در ماههای مختلف توجیه می‌نماید. لذا می‌توان گفت هر پدیده محیطی که قرار است با الگوهای فشار تحلیل گردد، می‌بایست با در نظر داشتن وضعیت ستون جو صورت گیرد. چراکه یک الگوی فشار سطحی در ارتباط با الگوهای فشار فوقانی‌تر، شرایط محیطی متضادی را ایجاد می‌نماید. نتایج تحلیل همدیدی تغییرات ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران نشان داد، مهمترین الگوهای تبیین‌کننده بیشینه این آلاینده به ترتیب اهمیت عبارتند از:

-الگوی ۱۳ با نام قراردادی کم‌فشار خلیج‌فارس- پاکستان/ فرود پاکستان. این الگو نیز در ماههای ژوئیه و اوت (فصل تابستان) مشاهده شده است.

-الگوی ۱۱ با نام قراردادی کم‌فشار خلیج‌فارس- پاکستان/ فراز دریای مازندران. این الگو در ماههای اوت، ژوئیه و سپتامبر (فصل تابستان) مشاهده شده است.

-الگوی ۲۲ با نام قراردادی پرفشار سیبری- ارتفاعات غرب مازندران/ فراز عربستان. این الگو در ماههای ژوئن، نوامبر، دسامبر و ژانویه (فصل بهار و زمستان) مشاهده شده است.

-الگوی ۴۴ با نام قراردادی پرفشار زاگرس/ فراز عربستان- جنوب هند. این الگو در ماههای مارس، فوریه، ژوئن، نوامبر و دسامبر (فصل زمستان و بهار) مشاهده شده است.

-الگوی ۵۱ با نام قراردادی پرفشار بهاره دریای مازندران / فراز دریای مازندران. این الگو در دو ماه آوریل و می (فصل بهار) مشاهده شده است.

-الگوی ۶۵ با نام قراردادی پرفشار سیبری / فرود آرال-مدیترانه. این الگو در ماه ژوئن (فصل بهار) مشاهده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

-الگوی ۳۴ با نام قراردادی شمال دریای مازندران / فراز عربستان- جنوب هند. این الگو در ماه ژوئن (فصل بهار) مشاهده شده است.

-الگوی ۵۳ با نام قراردادی پرفشار بهاره مازندران / فرود پاکستان. این الگو در ماه ژوئن (فصل بهار) مشاهده شده است.

-الگوی ۲۵ با نام قراردادی پرفشار سیبری- ارتفاعات غرب دریای مازندران / فرود آرال- مدیترانه. این الگو در ماههای فوریه و نوامبر (فصل زمستان و پاییز) مشاهده شده است.

به طور کلی پایداری سطحی در نتیجه‌ی حاکمیت پرفشارهای دینامیکی فوقانی نظیر پرفشار جنب حاره در تابستان و همچنین پرفشارهای حرارتی در سطح زمین نظیر پرفشار سیبری در حبس و تراکم ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران تا رسیدن آن به مقادیر بیشینه، نقش اساسی دارد. چراکه در وضعیت پایداری جوی، شرایط برای تشدید فرآیندهای فتوشیمیایی و رسیدن ازون تروپوسفری به مقادیر بیشینه در کلانشهر تهران فراهم شده است.

منابع و مآخذ

۱- اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران، مرکز آمار کنترل و پایش هوا (۱۳۹۰).

۲- اسعدی اسکویی، ابراهیم (۱۳۸۸) **ارائه مدل برای برآورد غیر مستقیم غلظت ازون سطحی**، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی پرویز ایران‌نژاد، دانشگاه تهران.

۳- بیدختی، عباسعلی و زهرا شرعی‌پور (۱۳۸۶) **بررسی تغییرات ازون در محدوده ایستگاه سینوپتیک مؤسسه ژئوفیزیک برای سال ۲۰۰۲**، مجله محیطی‌شناسی، شماره ۴۳، صص ۷۴-۶۳.

۴- پرکینز، هنری (۱۳۶۷) **آلودگی هوا**، ترجمه منصور غیاث‌الدین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول (۵۰۹ صفحه)، تهران.

۵- شهرتاش، فاطمه ماه‌منیر (۱۳۸۲) **فرآیند فتوشیمیایی ازون سطحی**، مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ۲۹، صص ۵۸-۵۵.

۶- شهرداری تهران، مرکز آمار و انفورماتیک شرکت کنترل کیفیت هوا (۱۳۹۰).

۷- غیاث‌الدین، منصور (۱۳۸۵) **کتاب جامع بهداشت عمومی- فصل چهارم، گفتار پنجم: طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا**، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی، تهران.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

۸- کریمی، صادق (۱۳۹۱) **بررسی پیوند بین گردش اتمسفری در مقیاس همدید و تغییرات غلظت ازون تروپوسفری در کلانشهر تهران**، رساله دکتری آب و هواشناسی دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۹- کریمی، صادق، حسین نگارش، تقی طاوسی و بهلول علیجانی (۱۳۹۲) **تحلیل سیستماتیک چرخه ازون تروپوسفری در سیستم سیبرنتیک آب و هوا**، فصلنامه جغرافیا، سال ۱۱، شماره ۳۷، صص ۲۱۵-۱۸۹.

۱۰- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۵) **مرزبندی مناطق آبی ایران به کمک شاخص آشفتگی بارش**، مجله علوم انسانی دانشگاه اصفهان، جلد ۲۰، شماره ۱، صص ۱۴-۱.

۱۱- نظری‌پور، حمید (۱۳۹۰) **تحلیل همدید تداوم بارش ایران**، پایان‌نامه مقطع دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

۱۲- یارنال، بی (۱۹۹۳) **اقلیم‌شناسی همدید**، ترجمه سید ابوالفضل مسعودیان سال، چاپ اول (۱۳۸۵)، انتشارات دانشگاه اصفهان.

Cheng, Wan-Li, (2001) ***Synoptic Weather Patterns and their Relationship to High Ozone Concentrations in the Taichung Basin***, Atmospheric Environment, Volume 35, Issue 29, October 2001, Pages 4971-4994.

Comrie, A. C, (1990) ***The Climatology of Surface Ozone in rural Areas: A Conceptual Model***, Progress in Phys. Geogr.; Vol. 14, pp. 295-316.

Comrie, A. C. and B. Yarnal, (1992) ***Relationship between Synoptic-Scale Atmospheric Circulation and Ozone Concentrations in Metropolitan Pittsburgh, Pennsylvania***, Atmospheric Environment. Vol. 26b, pp 301-312.

Greene J S, Kalkstein L S, Ye H, Smoyer K, (1999) ***Relationships between Synoptic Climatology and Atmospheric Pollution at 4 US Cities***, Theoretical and Applied Climatology, Volume: 62, Issue: 3-4, Publisher: Springer Wien, Pages 163-174.

Hewitt, C., P. Lucas, A. Wellburn, and R. Fall, (1990) ***Chemistry of ozone damage to plants***, Chem. Ind., 15, 478– 481.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

Shahrtash F.M and S.M.Shahrtash (1992) ***Radiation reduction via water Vapour, Dust and Aerosol in the urban area of Tehran***, J.The earth and Space Physics, 20, No 1, 81-87.

http://www.uvawareness.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]