

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال سوم، شماره چهارم، بهار ۹۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۰۱/۲۶

شناسایی الگوهای همدید روزهای آلوده به ذرات معلق به روش واکاوی خوشهای شهر شیراز

۲۳ | خداکرم حاتمی بهمن بیگلو^۱، مهدی نارنگی فرد دکتر کمال امیدوار

چکیده

آلودگی در سطح کلانشهرها به شدت کیفیت زندگی شهروندان را تهدید میکند. این پدیده در سالهای اخیر به یک معضل اساسی زیست محیطی تبدیل شده است. به منظور مطالعه ویژگی الگوهای همدید روزهای آلوده به ذرات معلق در شهر شیراز با استفاده از رویکرد محیطیه گردشی، شرایط حاکم بر این الگوها مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این پژوهش نخست با استفاده از داده‌های آلاینده ذرات معلق در بازه زمانی ۷ ساله (۲۰۰۵-۲۰۱۱) و شاخص استانداردهای آلاینده‌های آلوده ($PSI > 100$) استخراج گردید؛ سپس با به کارگیری داده‌های فشاری سطح زمین و تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، رطوبت سطح خاک و دمای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال الگوهای فشار در روزهای آلوده به کمک تحلیل خوشهای مورد پردازش قرار گرفت. نتایج بیانگر وجود ۷۰ روز آلوده، که بیشترین تعداد روزهای آلوده به ذرات معلق در سال ۲۰۰۵ با ۲۴ روز رخ داده است، بر اساس تحلیل خوشهای با محاسبه فواصل اقلیدسی و پیوند آن به روش وارد در محیط نرم افزار متلب چهار الگو فشاری و برای هر خوشه یکروزه عنوان روز نماینده مشخص شد. نتایج تحلیل همدید نشان میدهد که یک سامانه فشار حرارتی در تراز دریا و یک سامانه چرخندی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به همراه استقرار واچرخند قوی بر روی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم در روزهای آلوده شکل می‌گیرد و در مقابل وجود یک سامانه پرفشار در تراز دریا با ریزش هوای سرد به همراهی یک سامانه واچرخندی (پر ارتفاع) در تراز ۸۵۰ با حاکمیت جو فشارورد در تراز پانصد در دوره سرد عوامل اصلی الگوهای همدید روزهای آلوده به ذرات معلق میباشد.

کلید واژه‌ها: ذرات معلق؛ تحلیل خوشهای؛ الگوهای همدید، شیراز.

پژوهش‌های علمی و مطالعات فرسنگی
پرتال جامع علوم انسانی

^۱ - استاد گروه آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد

^۲ - دانشجو دوره دکتری آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد

^۳ - دانشجو دوره دکتری آب و هوا شناسی، دانشگاه اصفهان

مقدمه

آلودگی هوا با به وجود آمدن کلان‌شهرها زاده شد، اما منشا آلودگی همیشه شهرهای بزرگ نیست، بلکه این پدیده نوظهور با منشا منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای نیز رخ می‌دهد.

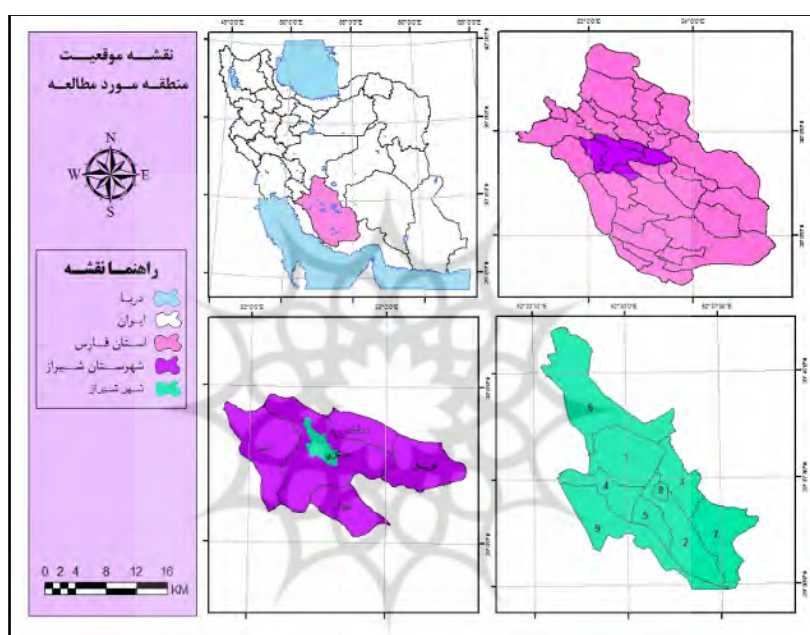
آلودگی هوا از معضلات شایع کلان‌شهرها، به ویژه کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران محسوب می‌شود. آلودگی هوا و ارتباط آن با سلامت عمومی را، به دلیل مطرح بودن مقیاسهای مختلف جغرافیایی و گوناگونی منابع آلاینده، میتوان موضوعی چالش برانگیز دانست (زبردست و ریاضی، ۱۳۹۱: ۳۶). نگرانی از کیفیت محیط زیست و تأثیر آن بر رفاه مردم از بحث‌های اساسی برای تصویب قوانین زیست محیطی در بسیاری از کشورها و یکپاز مشخصه‌های جامعه‌های معاصر است (Pacione, 2003: 19; Ferreira et al, 2013: 1). در سالهای اخیر، وقوع پدیده توفانهای گرد و غبار در منطقه خاورمیانه در حال افزایش است. این توفانها میتوانند اثرات جدی روی سلامت افراد، فرسایش خاک، بیابانزایی و ترابری داشته باشند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۷). چهار منطقه عمده شامل سودان، بخشهایی از عربستان، عراق و پاکستان و بخشهایی از ایران و افغانستان که با بیشترین فراوانی در سودان همراه میباشد، منشا اصلی توفانهای گرد و غباری در خاورمیانه است (Rezazadeh et al, 2013: 103). توفان‌های بزرگ هنگامی ایجاد می‌شوند که خشکی طولانی مدت رخ داده، سطح خاک کاملاً خشک باشد و باد با سرعت قابل ملاحظه‌ای بوزد (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱: ۱۴۰). کاهش رطوبت سطح خاک به همراه افزایش دمای سطح زمین[□] در مناطق خشک و نیمه خشک پیرامونی ایران در فصول گرم با همراهی وزش باد (بیش از آستانه فرسایش) زمینه مناسبی جهت بروز این‌گونه رویدادها فراهم میکند.

گرد و غبار تأثیر مستقیمی بر سلامت انسان داشته و میکروارگانیسمها و عناصر آلاینده‌ی موجود در توفانهای گرد و غباری، مانند باکتریها، گردهها و قارچهای حساسیتزا، سبب بروز مشکلاتی همچون آسم، برونشیت، بیماریهای تنفسی، مشکلات قلبی و عروقی و بروز حساسیتهای چشمی میشود (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰۰). البته توفانهای گرد و غباری چنانچه با بارندگی همراه شوند در مواردی به افزایش باروری خاک کمک میکنند (براتی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۱). پژوهشهای انجام گرفته در زمینه آلودگی هوا و ارتباط آن با سامانههای همدید میتوان به مطالعات (Kalkstein and Valimont, 1987; Hadad et al, 2003; Gao et al, 2011; Adame et al, 2012; khedairia And TarekKhadir, 2012) اشاره کرد؛ همچنین مطالعات معطوف به رابطه سامانههای همدید و آلودگی در ایران نیز شامل پژوهشهای (قسامی و همکاران ۱۳۸۶؛ رنجبر و محمدیان ۱۳۸۹؛ رنجبر قصابی ۱۳۹۰، اسکانی و لاله سیاه ۱۳۹۰؛ شمسپور و صفرراد ۱۳۹۱) میباشد. همچنین بررسیهای در زمینه توفانهای گرد و غباری با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور و همدید توسط امیدوار (۱۳۸۵)، لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷)، فرج‌زاده و بهرامی (۱۳۸۹)، امیدوار (۱۳۸۹)، فرج‌زاده و علیزاده (۱۳۸۹)، امیدوار و نکونام (۱۳۹۰)، براتی و همکاران (۱۳۹۰)، فتاحی و قناد (۱۳۹۰) کریمی و شکوهی (۱۳۹۰)، رنجبر و عزیزی (۱۳۹۱) و امیدوار و امیدی (۱۳۹۲) به صورت اختصاصی صورت گرفته است.

هدف از این پژوهش استخراج روزهای آلوده به ذرات معلق سپس تجزیه و تحلیل الگوهای فشاری جهت‌شناسایی عللهمدید روزهای آلوده با استفاده از تحلیل خوشه‌ای است.

مواد و روش‌ها

شهر شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۳ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و بر اساس آخرین سرشماری سال (۱۳۹۰) با جمعیتی بالغ بر ۱۵۴۹۴۵۳ در جنوب باختری ایران واقع است. شیراز به نه منطقه شهرداری تقسیم شده و مساحتی بالغ بر ۱۷۸/۸۹ کیلومتر مربع در بر گرفته است؛ موقعیت منطقه مورد مطالعه نیز در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش نخست آمار و اطلاعات ذرات معلق (Dust)، در بازه زمانی ۷ ساله ۲۰۱۱-۲۰۰۵ از سازمان حفاظت محیط زیست استان فارس اخذ گردید؛ سپس بر اساس جدول شاخص استاندارد آلاینده‌گی (P.S.I) (جدول ۱)، حداستاندارد آلاینده‌ها مشخص شد و روزهای آلوده به ذرات معلق در ایستگاه سنجش و پایش آلودگی دروازه کازرون به وسیله نرم‌افزار EXCEL فیلتر گذاری و استخراج گردید.

جدول ۱: طبقات غلظت آلاینده‌ها جهت محاسبه شاخص استاندارد آلودگی هوا (USEPA, 1999)

Co(ppm)	Dust($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PSI	توصیف‌کننده
۰-۴/۴	۰-۵۴	-	-	۰/۰۰۰-۰/۰۳۴	۰-۵۰	خوب
۴/۵-۹/۴	۵۵-۱۵۴	-	-	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۵۱-۱۰۰	متوسط
۹/۵-۱۲/۴	۱۵۵-۲۵۴	-	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۱۰۱-۱۵۰	غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس
۱۲/۵-۱۵/۴	۲۵۵-۳۵۴	-	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۱۵۱-۲۰۰	غیر بهداشتی
۱۵/۵-۳۰/۴	۳۵۵-۴۲۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۲۰۱-۳۰۰	خیلی غیر بهداشتی
۳۰/۵-۵۰/۴	۴۲۵-۶۰۴	۱/۲۵-۲/۰۴	۰/۴۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۰۵-۱/۰۰۴	۳۰۱-۵۰۰	خطرناک

جهتشناسایی الگوهای همدید تأثیرگذار بر مقدار آلاینده روزهای آلوده به ذرات معلق؛ داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت خاک سطح زمین و دمای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روزهای آلوده از تارنمای مرکز ملی پیشبینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های هواشناسی دریافت گردید، سپس با تحلیل خوشه‌های بر اساس فواصل اقلیدسی و ادغام آن به روش وارد در محیط نرم‌افزار متلب چهار الگو همدیدی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مشخص گردید، سپس برای هر خوشه‌یکروزه عنوانروز نماینده (بر اساس بیشترین همبستگی درون گروهی) معرفی شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار GRADS نقشه‌های روزهای کلیدیترسیمو مورد پردازش قرار گرفت.

بحث

در دوره‌ی آماری مورد نظر تعداد ۶۹ روز آلوده به ذرات معلق در ایستگاه‌های سنجش و پایش آلودگی دروازه کازرون شیراز به ثبت رسیده است. بیشترین تعداد روزهای آلوده به ذرات معلق در سال ۲۰۰۵ با ۲۴ روز و کمترین آن در سال ۲۰۱۱ با ۳ روز رخ داده است. سالهای ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ نیز هیچ روز آلوده‌ای به وقوع نرسیده است (جدول ۲).

جدول ۲: تعداد روزهای آلاینده در ایستگاه دروازه طی دوره آماری ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۱

تعداد روز / توصیف کننده	غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس	غیر بهداشتی	خیلی غیر بهداشتی	خطرناک
Dust	۴۵	۹	۳	۱۱
۲۰۰۵	۱۵	۴	-	۵
۲۰۰۶	-	-	-	-
۲۰۰۷	-	-	-	-
۲۰۰۸	۱۴	۲	۲	۲
۲۰۰۹	۹	۲	۱	۴
۲۰۱۰	۴	۱	-	-
۲۰۱۱	۳	-	-	-

توزیع ماهانه روزهای آلوده به ذرات معلق در (جدول ۳) نشان داده شده است. بر اساس این جدول ماه جولای با ۱۷ روز آلوده به ذرات معلق بیشترین فراوانی و ماههای ژانویه و نوامبر بدون رخداد این پدیده در بازه زمانی مورد مطالعه بوده است.

جدول ۳: فراوانی ماهانه روزهای آلاینده در ایستگاه دروازه طی دوره آماری ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۱

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
فراوانی	۰	۳	۳	۵	۱۱	۱۱
ماه	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
فراوانی	۱۷	۷	۶	۲	۰	۴

تحلیل الگوهای همدید

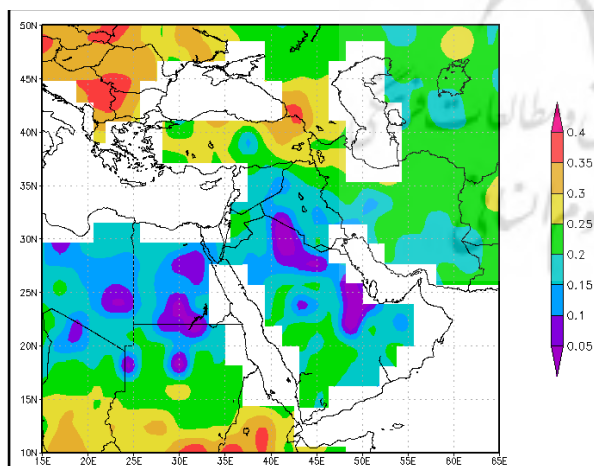
با انجام تحلیل خوشه‌های پهن‌رود و شادغام موارد خوشه‌شناسایی گردید؛ سپس با انجام تحلیل همبستگی درون گروهی یک‌روزه با عنوان روز نماینده هر خوشه انتخاب گردید (جدول ۴). بر اساس روزهای نماینده به تحلیل الگوهای همدید ترازهای مختلف جوی در روزهای آلوده به ذرات معلق پرداخته شد.

جدول ۴: میزان همبستگی درون گروهی و فراوانی خوشه‌ها

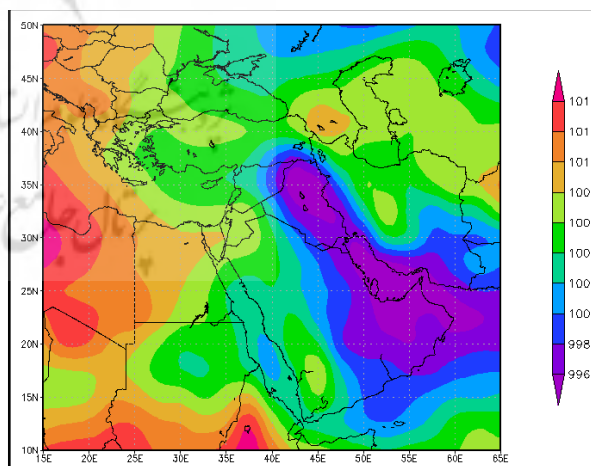
روز نماینده	همبستگی روز نماینده	همبستگی درون گروهی	فراوانی خوشه	تاریخ میلادی	تاریخ خورشیدی
۱	۰/۸	۰/۷۱	۱۷	۲۰۰۹/۷/۴	۱۳۸۸/۴/۱۳
۲	۰/۷۱	۰/۶۱	۱۶	۲۰۰۹/۳/۲۶	۱۳۸۸/۱/۶
۳	۰/۵۳	۰/۴۳	۳۱	۲۰۰۹/۸/۲	۱۳۸۸/۵/۱۱
۴	۰/۷۱	۰/۵۳	۵	۲۰۰۵/۱۲/۱۰	۱۳۸۴/۹/۱۹

روز نخست ۱۳ تیر سال ۱۳۸۸

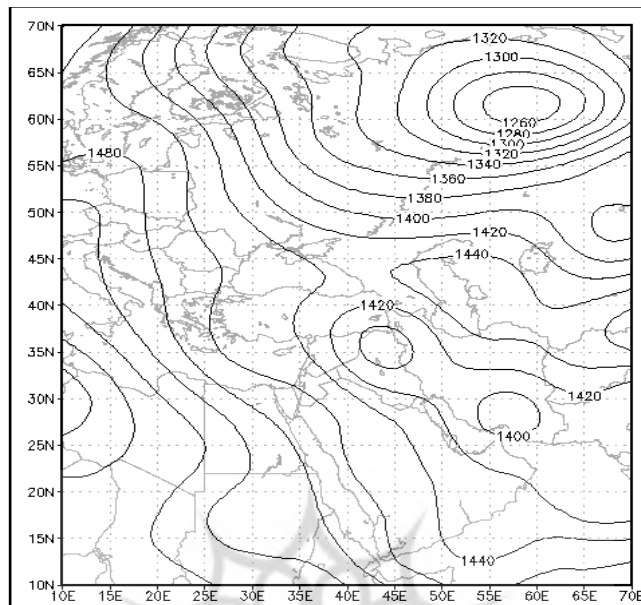
نقشه فشار تراز دریا در این روز نشان می‌دهد که یک سامانه کمفشار حرارتی بروی عراق و قسمت خاوری شبه جزیره عربستان با پربند بسته ۹۹۶ هکتوپاسکال قابل مشاهده است، که با یک شیو^۱ فشاری در راستای شمال باختری- جنوب خاوری رشته کوه زاگرس همراه می‌باشد (شکل ۲)؛ رطوبت سطح خاک در ژرفای ۱۰ سانتیمتری زمین (شکل ۳) نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان رطوبت مربوط به شمال و خاور عربستان همچنین مناطق شمالی قاره آفریقا است. توزیع فضایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک سامانه چرخندی با پربند بسته ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی عراق و خاور ایران شکل گرفته است (شکل ۴).



شکل ۳: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق ۱۰ سانتیمتر در روز ۱۳ تیر سال ۱۳۸۸

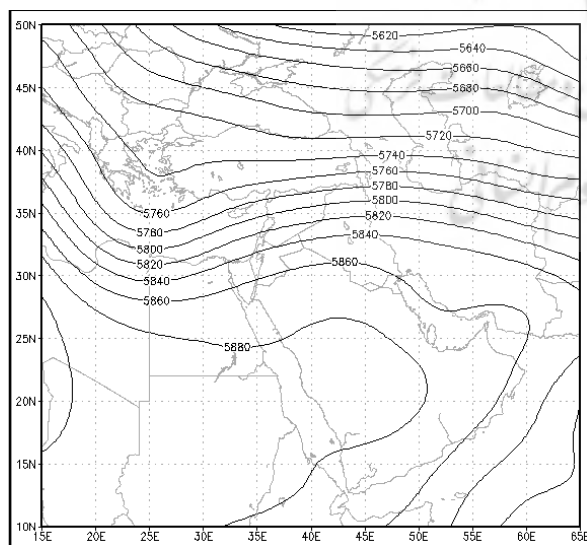


شکل ۲: نقشه الگوی فشار تراز دریا در روز ۱۳ تیر سال ۱۳۸۸



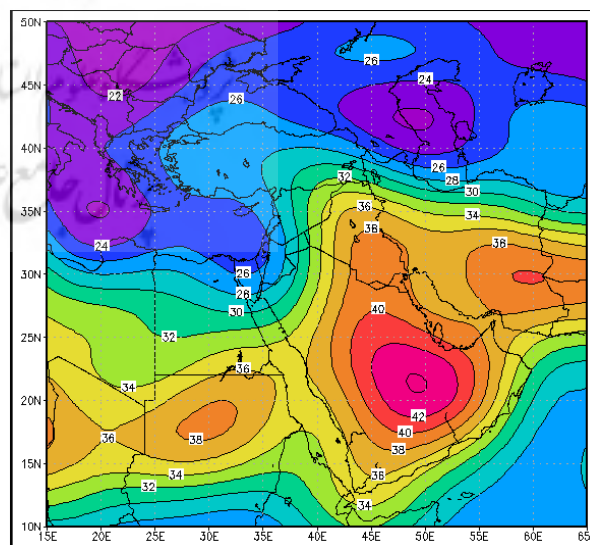
شکل ۴: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۳ تیر سال ۱۳۸۸

در این روز نقشه‌ی دمای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که دامنه دمایی گرم با دمای ۳۸ درجه سانتیگراد جنوب عراق تا جنوب شبه جزیره عربستان را در بر گرفته که با یک هسته گرم ۴۲ درجه سانتیگراد باعث تقویت کم‌فشار سطح زمین گردیده است (شکل ۵). در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز سامانه پر ارتفاع جنب حاره (واچرندی) شبه جزیره عربستان و شمال خاوری آفریقا را در بر گرفته است (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

روز ۱۳ تیر سال ۱۳۸۸

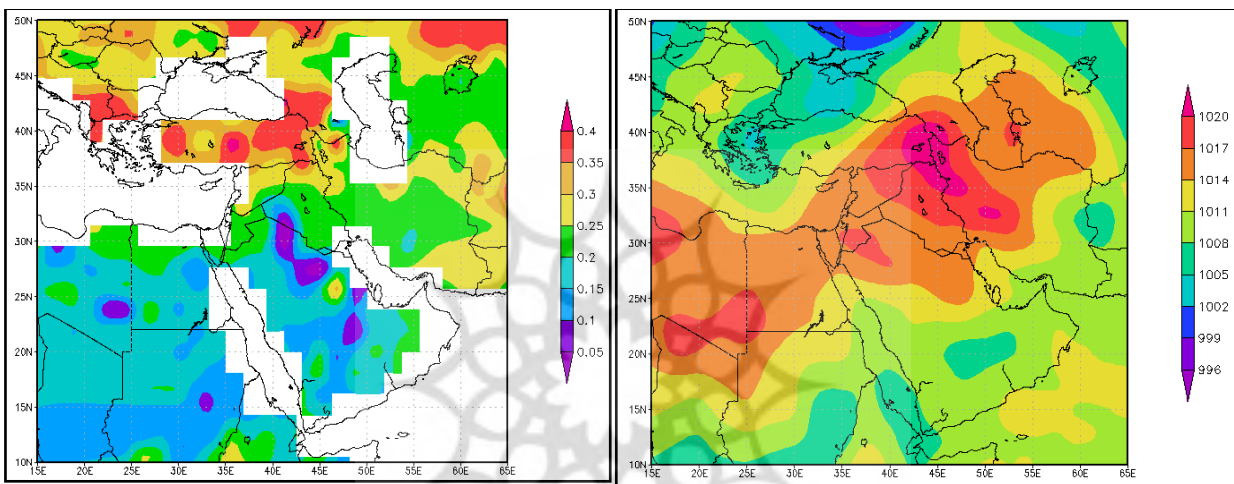


شکل ۵: نقشه الگوی دمایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳ تیر

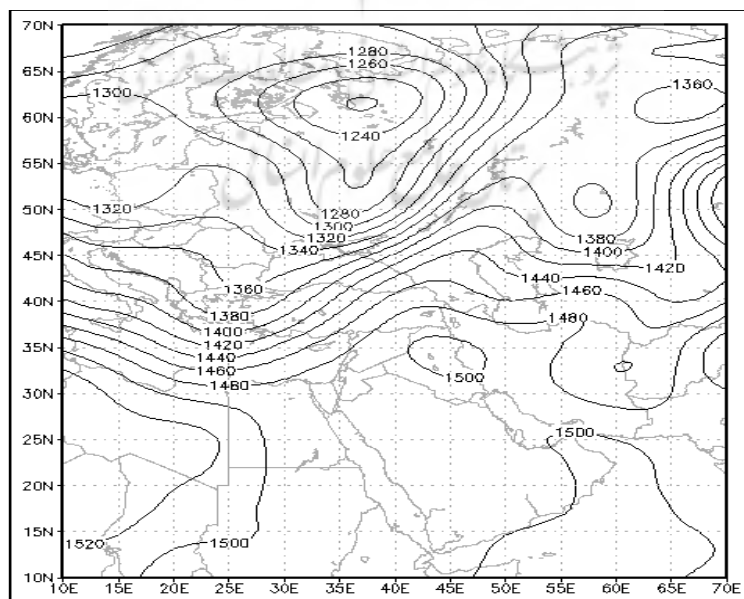
سال ۱۳۸۸

روز دوم ۶ فروردین سال ۱۳۸۸:

آرایش فشار تراز دریا در این روز نشان می‌دهد که یک مرکز پرفشار در مرکز و شمال باختری ایران با امتداد باختری تا نواحی شمالی قاره آفریقا است (شکل ۷). وضعیت رطوبت سطح خاک در مناطق شمال شبه جزیره عربستان از کمترین میزان رطوبت خاک برخوردار است (شکل ۸). سامانه‌های واچرخندی با پربند بسته ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در مناطق باختری ایران مستقر می‌باشد (شکل ۹).

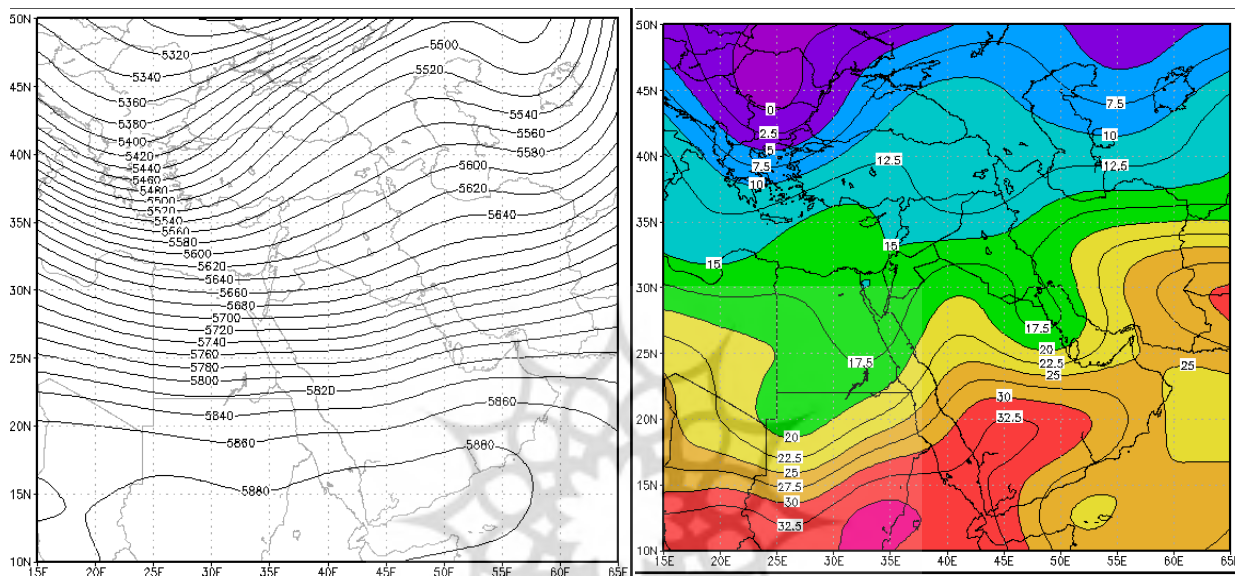


شکل ۷: نقشه الگوی فشار تراز دریا در روز ۶ فروردین سال ۱۳۸۸
شکل ۸: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق ۱۰ سانتیمتر در روز ۶ فروردین سال ۱۳۸۸

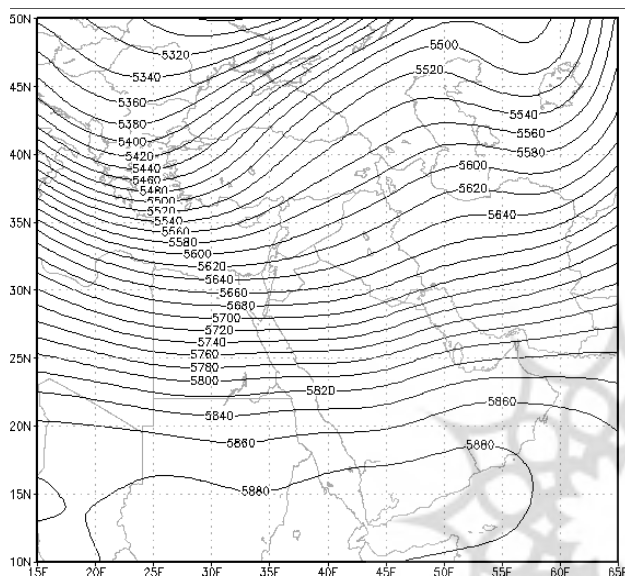


شکل ۹: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۶ فروردین سال ۱۳۸۸

الگوی دمایی در این روز ریزش هوای سرد و وجود دامنه دمایی خنک با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا شمال شبه جزیره عربستان را نشان می‌دهد (شکل ۱۰). در تراز پانصد هکتوپاسکال آرایش فضایی الگوها حالت مداری داشته و شرایط پایدار و جوی فشارورد[□] در کل منطقه حاکمیت دارد (شکل ۱۱).



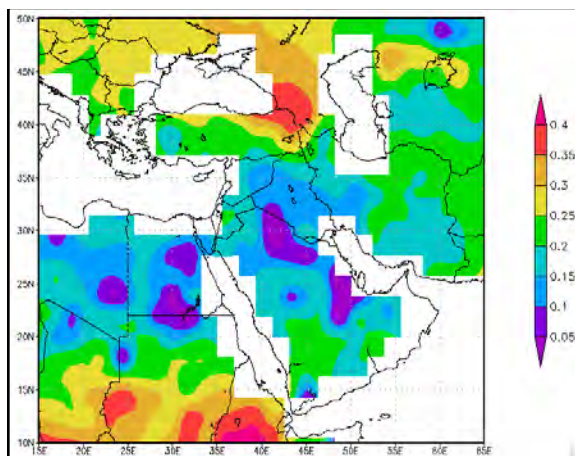
شکل ۱۰: نقشه الگوی دمایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۶ فروردین سال ۱۳۸۸



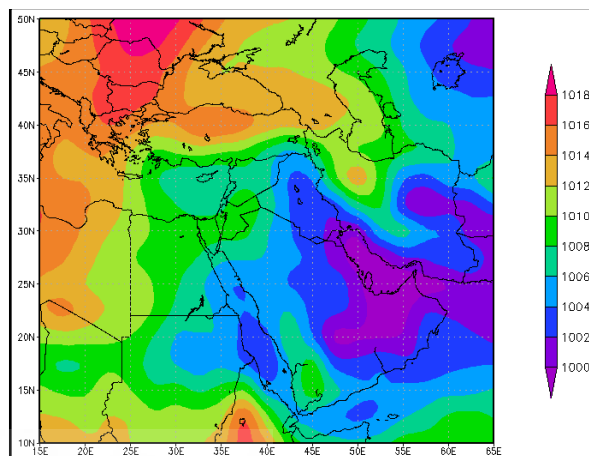
شکل ۱۱: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ روز ۶ فروردین سال ۱۳۸۸

روز سوم ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸

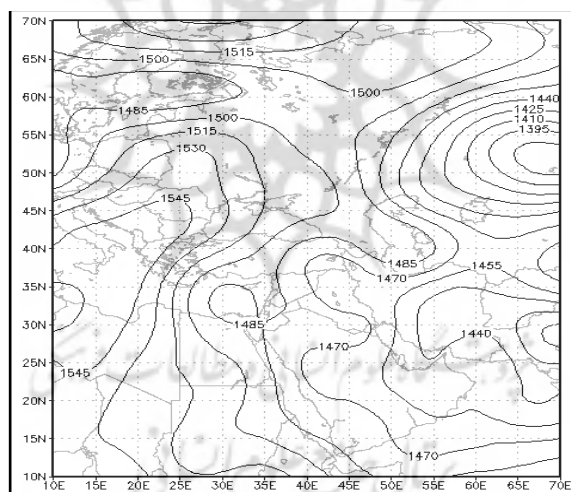
در این روز سامانه کمفشاری با پربند بسته ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی خلیج فارس و نواحی خاوری عربستان مستقر می‌باشد، که زبانه این سامانه از جنوب ترکیه تا شمال سودان امتداد دارد (شکل ۱۲). کمترین میزان رطوبت خاک همچنان در مناطق شمالی عربستان و مصر دیده می‌شود (شکل ۱۳). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک سامانه چرخندی در خاور منطقه مورد مطالعه و یک سامانه واچرخندی در باختر منطقه استقرار دارد (شکل ۱۴). دامنه دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد پهنه‌ای به گستره از مرکز عراق تا جنوب شبه جزیره عربستان و از سمت خاوری جنوب و جنوب خاوری ایران را فرا گرفته است که با دو هسته گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد در مرکز عربستان و ۴۲ درجه سانتی‌گراد در مناطق خاوری و جنوبی ایران همراه است (شکل ۱۵)، در عین حال در این روز در تراز پانصد هکتوپاسکال یک سامانه واچرخندی قوی با پربند بسته ۵۹۲۰ ژئوپتانسیل متر نیمه جنوبی ایران را فرا گرفته است (شکل ۱۶).



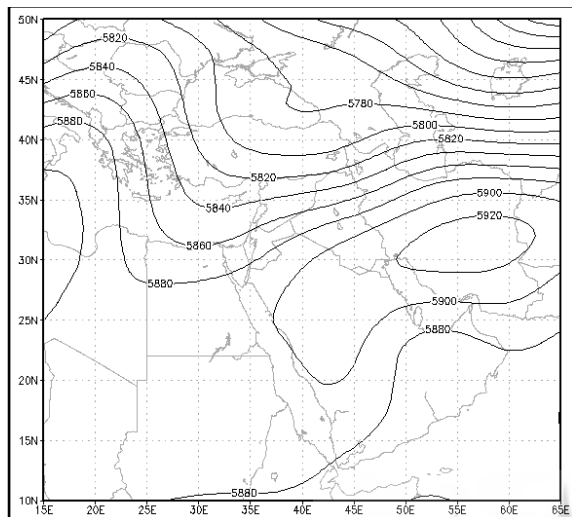
شکل ۱۳: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق ۱۰ سانتیمتر روز ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸



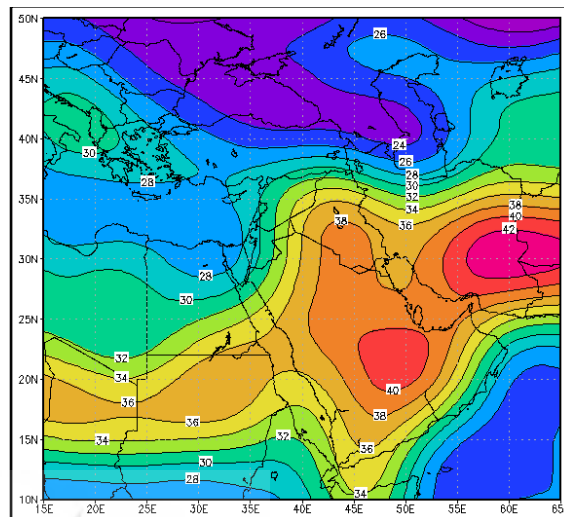
شکل ۱۲: نقشه الگو فشار تراز دریا در روز ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸



شکل ۱۴: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸



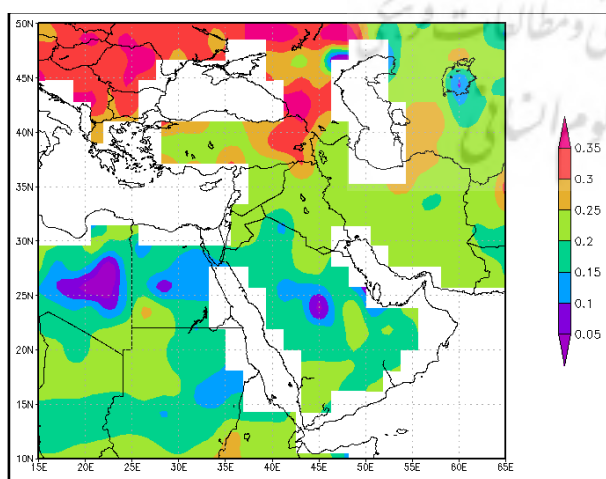
شکل ۱۶: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸



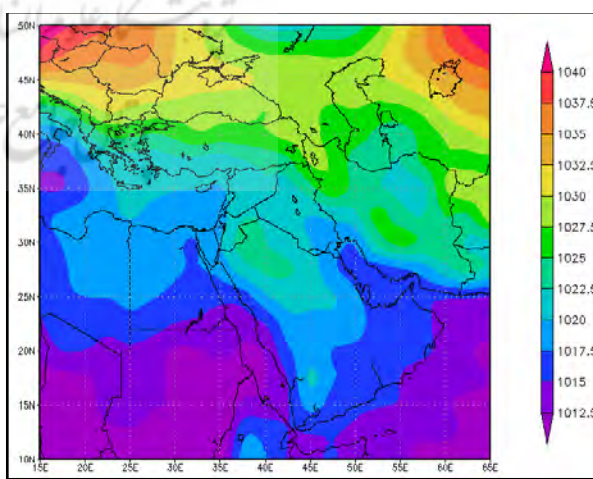
شکل ۱۵: نقشه الگوی دمای تراز ۱۰۰۰ روز ۱۱ مرداد سال ۱۳۸۸

روز چهارم ۱۹ آذر سال ۱۳۸۴

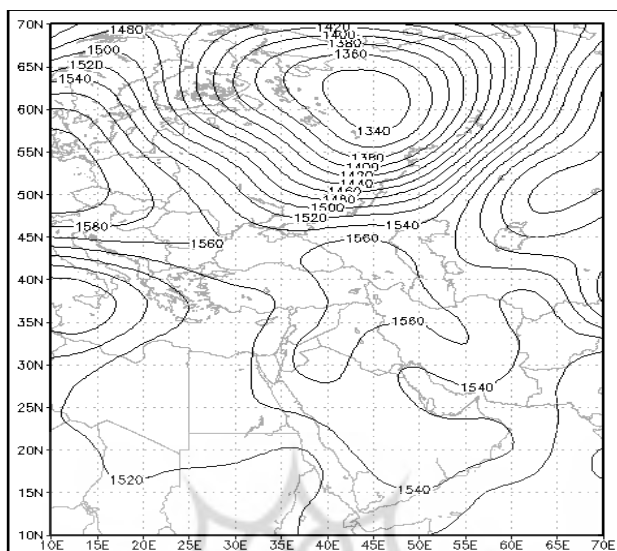
چهارمین روز نماینده در فصل زمستان در ماه سرد دسامبر است، این تغییر فصل به کلی آرایش فضایی الگوهای فشار را تحت تأثیر قرار داده است. یک سامانه پرفشار با پربند بسته ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بروی منطقه و مناطق شمالی شبه جزیره عربستان حاکمیت دارد (شکل ۱۷). به همراه یک سامانه واچرخندی با پربند بسته ۱۵۸۰ ژئوپتانسیل متر در نواحی شمال باختری ایران در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال گواه تفاوت این روز نماینده با سایر روزهای نماینده است (شکل ۱۸). اما وضعیت رطوبت سطح خاک تفاوت چندانی با روزهای دیگر ندارد (شکل ۱۹).



شکل ۱۸: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق ۱۰ سانتیمتر روز ۱۹ آذر سال ۱۳۸۴

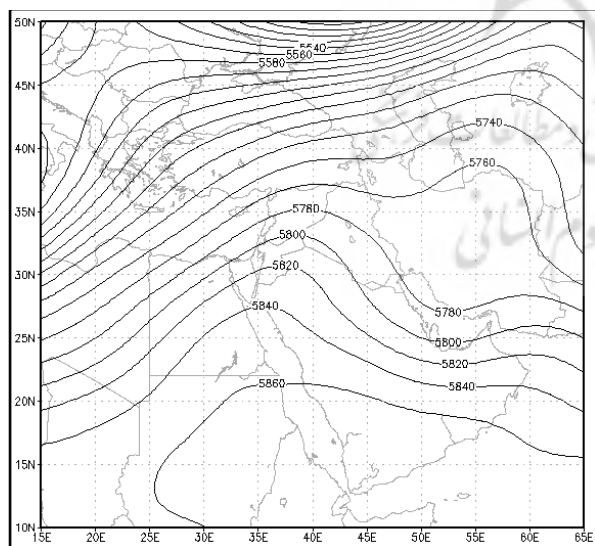


شکل ۱۷: نقشه الگوی فشار تراز دریا روز ۱۹ آذر سال ۱۳۸۴



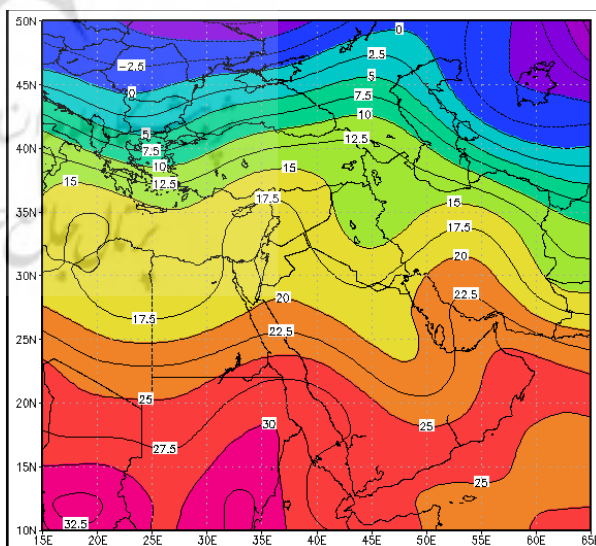
شکل ۱۹: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۹ آذر سال ۱۳۸۴

در این روز منحنی ۲۱ درجه‌ی سانتیگراد از سرزمین پژوهش می‌گذرد (شکل ۲۰)؛ نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که بر روی ایران یک کانون بندالی قرار دارد و سرزمین پژوهش در شرق فراز دریای سرخ قرار دارد و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا را نشان می‌دهد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ روز ۱۹ آذر سال

۱۳۸۴



شکل ۲۰: نقشه الگوی دمایی تراز ۱۰۰۰ روز ۱۹ آذر سال ۱۳۸۴

نتیجه

با توجه به نقش تعیین کننده سامانه‌های فشاری بر میزان ذرات معلق و آلودگی هوا، به کمک تحلیل خوشه‌های چهار الگوی همدیدی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در فصول گرم و سرد سال شناسایی شد. در هر خوشه روزی که بالاترین همبستگی در میان روزهای هر خوشه داشت به عنوان روز نماینده انتخاب گردید. تحلیل نقشه‌های ترسیمی نشان داد که دو سامانه کمفشار حرارتی در الگوهای فشاری دوره گرم (ماه‌های تیر و مرداد) و دو سامانه پرفشار در دوره سرد (ماه‌های فروردین و آذر) در تراز دریا به همراه دو سامانه چرخندی و واچرخندی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل می‌گیرد. دامنه‌های دمایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز وجود شرایط گرم در سطوح پایین هواسپهر با هسته گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دوره گرم را نشان میدهد، در مقابل این وضعیت در دوره سرد با ریزش هوای سرد عرض‌های بالا با دامنه دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد همراه است. اما میزان رطوبت سطح خاک در تمام روزهای نماینده نسبتاً از الگوی یکسانی برخوردار است. به بیان کلی عامل اصلی و موثر ایجاد آلودگی در فصل سرد وجود سامانه پرفشار در تراز دریا و سامانه واچرخندی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال همچنین در فصل گرم سامانه کمفشار حرارتی در تراز دریا و سامانه چرخندی در تراز ۸۵۰ میباشد. همچنین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم با همراهی پر ارتفاع قوی جنب حاره در تیر ماه و استقرار کامل واچرخند بر روی ایران در مرداد ماه می‌باشد که در مقابل در دوره سرد سال شرایط پایدار به همراه جو فشارورد (باروتروپیک) در این تراز حاکمیت دارد. به طور کلی باید اشاره کرد در دوره گرم سال ماه می تا سپتامبر ۵۲ روز آلوده به ثبت رسیده است که ماه جولای با ۱۷ روز آلوده به ذرات معلق بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که در دوره سرد سال ماه اکتبر تا آوریل ۱۷ روز آلوده ثبت شده است، که بیشترین فراوانی آن در ماه آوریل با ۵ روز آلوده روی داده است. همچنین ماه‌های سرد ژانویه و نوامبر بدون رخداد روز آلوده به ذرات معلق میباشد.

منابع

- ۱ - اسکانی کزازی، غلام حسین ؛ لاله سیاه پیرانی، میترا (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی آلودگی هوای شهر تهران، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا. شماره ۴۰۱۶۱- ۱۳۵.
- ۲ - امیدوار، کمال (۱۳۸۵). بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفانهای ماسه در دشت یزد- اردکان، تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۱. شماره ۸۱. ۴۳-۵۸.
- ۳ - امیدوار، کمال (۱۳۸۹). تحلیلی از رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی فضا . دوره ۱۴. شماره ۶۵. ۱۰۵-۸۳.
- ۴ - امیدوار، کمال و زری نکونام (۱۳۹۰). کاربرد گلباد و گل غبار در تحلیل پدیده گرد و خاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه موردی: شهر سبزوار)، پژوهشهای جغرافیایی طبیعی . شماره ۷۶. ۱۰۴-۸۵.
- ۵ - امیدوار، کمال و زهرا امیدی (۱۳۹۲). تحلیل پدیده گرد و غبار در جنوب و مرکز استان فارس، کاوشهای جغرافیایی در مناطق بیابانی. سال اول. شماره ۱. ۱۱۴-۸۵.
- ۶ - براتی، غلامرضا، لشکری، حسن و فریبا کرمی (۱۳۹۰). نقش همگرایی سامانههای فشار بر رخداد طوفانهای غباری استان خوزستان، جغرافیا و توسعه. شماره ۲۲، ۳۹-۵۶.
- ۷ - خوشحلاق، فرامرز ؛ نجفی، محمد سعید ؛ صمدی، مهدی (۱۳۹۱). واکاوی همدید رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران، پژوهشهای جغرافیای طبیعی . سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، ۹۹-۱۲۴.
- ۸ - رنجبر سعادت آبادی، عباس و قصابی، زهرا (۱۳۹۰). مطالعه همدید الگوهای جویحاکم بر رویتهران در روزهای آلودگی بسیار شدید هوا، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی. سال دوم. شماره پنجم و ششم. ۵۶-۳۹.
- ۹ - رنجبر سعادت آبادی، عباس و قاسم عزیزی (۱۳۹۱). مطالعه الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گرد و غبار و مسیر حرکت ذرات معلق بر ایتو فوجولای ۲۰۰۹، پژوهشهای جغرافیای طبیعی . سال ۴۴. شماره ۳ (پیاپی ۸۱). ۷۳-۹۲.
- ۱۰ - رنجبر سعادت آبادی، عباس و لیلا محمدیان محمدی (۱۳۸۹). مطالعه میانگین الگوهای همدید بر اساس رخداد غلظت‌های مختلف آلاینده CO در فصول تابستان و پاییز در تهران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی . شماره ۷۲. ۱۱-۱۲۷.
- ۱۱ - ژبردست، اسفندیار و حسین ریاضی (۱۳۹۱). تحلیل ارتباط بین قابلیت پیاده‌مداری محلات و آلودگی هوا مطالعه موردی: نواحی پیرامون ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران، مطالعات شهری. شماره ۵. ۴۵-۳۵.
- ۱۲ - سازمان حفاظت محیط زیست استان فارس.
- ۱۳ - شمسیپور، علیاکبر ؛ صفرراد، طاهر (۱۳۹۱). تحلیل ماهواره‌ای- همدید پدیده گرد و غبار (گرد و غبار تیرماه ۱۳۸۸)، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص ۱۱۱-۱۲۶.
- ۱۴ - عظیم‌زاده، حمیدرضا؛ اختصاصی، محمدرضا ؛ حاتمی، محسن ؛ قالیباف، محمداخوان (۱۳۸۱). مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش‌پذیری خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد - اردکان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۹. شماره ۱. ۱۳۹-۱۵۱.
- ۱۵ - فتاحی، ابراهیم؛ قناد، هما (۱۳۹۰). تحلیل الگوهای سینوپتیکی طوفان‌های گرد و خاک در منطقه جنوب غرب ایران، فصلنامه جغرافیا. سال ۴. شماره ۱۲. ۴۹-۶۲.

- ۱۶ فرجزاده اصل، منوچهر؛ بهرامی، بهاره (۱۳۸۹). قابلیت استفاده از داده‌های سنجش از دور در مطالعه توفانهای گرد و خاک، سیلابها و بارشهای شدید، جغرافیای طبیعی . سال سوم. شماره ۸. ۱۶-۱.
- ۱۷ فرجزاده اصل، منوچهر و خاطره علیزاده (۱۳۸۹). تحلیل زمانی و مکانی توفانهای گرد و خاک در ایران، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا. شماره ۱. ۸۴-۶۵.
- ۱۸ قسامی، طاهره؛ علی اکبری بیدختی، عباس علی؛ صداقت کردار، عبدالله؛ صحرائیان، فاطمه (۱۳۸۶). بررسی شرایط همدیدی حاکم در چند دوره بحرانی آلودگی هوای شهر تهران، علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۳. ۲۳۸-۲۲۹.
- ۱۹ کریمی احمدآباد، مصطفی و کامیار شکوهی رازی (۱۳۹۰). اندرکنشگردشجو و پوشش سطحزمیندرا سازو کارتشکیلوگسترش توفانهایگرد و غبارتابستانهی خاورمیانه (توفان گرد و غبارتیرماه ۸۸)، پژوهشهایجغرافیایطبیعی. شماره ۷۸. ۱۳۰-۱۱۳.
- ۲۰ کریمی، خدیجه، طاهری شهر آئینی، حمید، حبیبی نوخندان، مجید، حافظی مقدس، ناصر (۱۳۹۰). شناسایی خاستگاه تولید توفانهای گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، پژوهشهای اقلیمشناسی . سال دوم. شماره هفتم و هشتم. ۷۲-۵۷.
- ۲۱ لشکری، حسن؛ کیخسروی، قاسم (۱۳۸۷). تحلیل آماری سینوپتیکی توفانهای گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۱۹۹۳-۲۰۰۵)، پژوهشهایجغرافیای طبیعی . شماره ۶۵. ۳۳-۱۷.
- 22- Adame, J.A. Hernandez-Ceballos, M.A. Bolívar, J.P., De la Morena, B (2012). Assessment of an air pollution event in the southwestern Iberian Peninsula, *55*, 245–256.
- 23- Ferreira, Susana., Akay, Alpaslan., Brereton, Finbarr., Cunado, Juncal., Martinsson, Peter., Moro, Mirko., Ningal, Tine F (2013). Life satisfaction and air quality in Europe, *Ecological Economics*, Vol 88, Pp 1-10.
- 24- Gao, Huiwang., Chen, Jing., Wang, Bin., Tan, Sai-Chun., Lee, olin M., Yao, Xiaohong., Yan, Han., Shi, Jinhui (2011). A study of air pollution of city clusters, *45*. 3069–3077.
- 25- Hadad, K., Mehdizadeh, S., Sohrabpour, M (2003). Impact of different pollutant sources on Shiraz air pollution using SPM elemental analysis, *Environment International*, 29, 39– 43.
- 26- <http://www.cdc.noaa.gov>
- 27- Kalkstein, I.s and Valimont, k.m (1987). Climate effects on human health, EPA Science and Advisory committee monographno.2538, 122-52.
- 28- Khedairia, Soufiane., TarekKhadir, Mohamed (2012). Impact of clustered meteorological parameters on air pollutants concentrations in the region of Annaba, Algeria, *113*, 89–101.
- 29- Pacione, M (2003). Urban environmental quality and human wellbeing - A social geographical perspective, *Journal of Landscape and Urban Planning*, Vol 65, No 2, Pp 19-30.
- 30- Rezazadeh, M. Irannejad, P. Shao, Y. (2013). Climatology of the Middle East dust events. *Aeolian Research*, Vol 10, Pp 103-109.
- 31- USEPA (1999). Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health, Environmental Protection Agency, Washington, DC. P 14.