

مجله مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره چهارم، بهار 93

تاریخ دریافت مقاله: 92/05/21

تاریخ پذیرش مقاله: 93/01/26

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

دکتر کمال امیدوار¹، مهدی نارنگی فرد²، خداکرم حاتمی بهمن بیگلو³

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 محیطی به 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 7 ساله (2005-2011) و شاخص استانداردهای آلاینده‌های روزهای آلوده ($PSI > 100$) استخراج گردید؛ سپس با به کارگیری داده‌های فشاری سطح زمین و تراز 500 و 850 هکتوپاسکال، رطوبت سطح خاک و دمای تراز 1000 هکتوپاسکال الگوهای فشار در روزهای آلوده به کمک تحلیل خوشه‌ای مورد پردازش قرار گرفت. نتایج بیانگر وجود 70 روز آلوده، که بیشترین تعداد روزهای آلوده به ذرات معلق در سال 2005 با 24 روز رخ داده است، بر اساس تحلیل خوشه‌ای با محاسبه‌ی فواصل اقلیدسی و پیوند آن به روش وارد در محیط نرم‌افزار متلب چهار الگو فشاری و برای هر خوشه یک روز به عنوان روز نماینده مشخص شد. نتایج تحلیل همدید نشان می‌دهد که یک سامانه کم‌فشار حرارتی در تراز دریا و یک سامانه چرخندی در تراز 850 هکتوپاسکال به همراه استقرار و اچرخند قوی بر روی ایران در تراز 500 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 و اچرخندی (پر ارتفاع) در تراز 850 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

¹ - استاد گروه آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

² - دانشجو دوره دکتری آب و هوا شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

³ - دانشجو دوره دکتری آب و هوا شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

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، 1391: 36). نگرانی از کیفیت محیط زیست و تأثیر آن بر رفاه مردم از بحث‌های اساسی برای تصویب قوانین زیست محیطی در بسیاری از کشورها و یکی از مشخصه‌های جامعه‌های معاصر است (Pacione, 2003: 19; Ferreira et al, 2013: 1). در سال‌های اخیر، وقوع پدیده توفان‌های گرد و غبار در منطقه‌ی خاورمیانه در حال افزایش است. این توفان‌ها می‌توانند اثرات جدی روی سلامت افراد، فرسایش خاک، بیابان‌زایی و ترابری داشته باشند (کریمی و همکاران، 1390: 57). 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، 1381: 140). کاهش رطوبت سطح خاک به همراه افزایش دمای سطح زمین¹ 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.

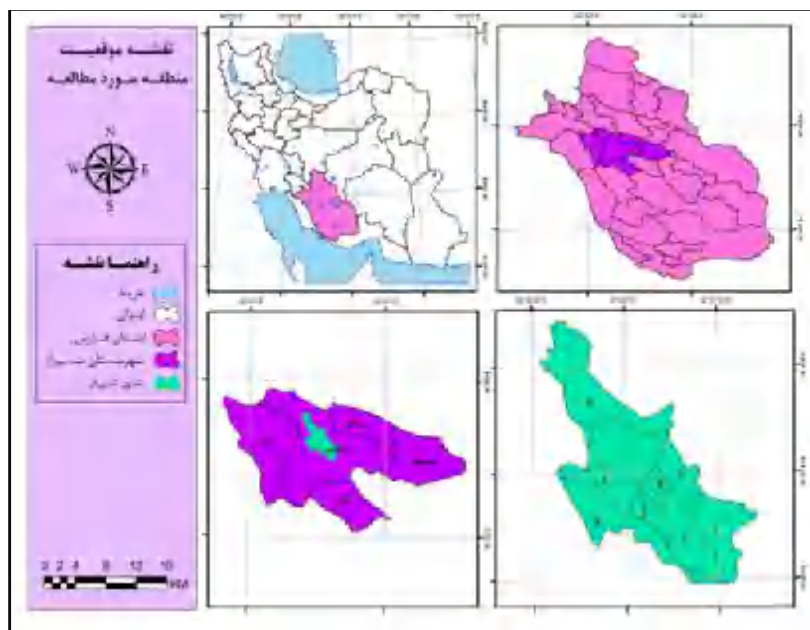
گرد و غبار تأثیر مستقیمی بر سلامت انسان داشته و میکروارگانیسم‌ها و عناصر آلاینده‌ی موجود در توفان‌های گرد و غباری، مانند باکتری‌ها، گرده‌ها و قارچ‌های حساسیت‌زا، سبب بروز مشکلاتی همچون آسم، برونشیت، بیماری‌های تنفسی، مشکلات قلبی و عروقی و بروز حساسیت‌های چشمی می‌شود (خوش اخلاق و همکاران، 1391: 100). البته توفان‌های گرد و غباری چنانچه با بارندگی همراه شوند در مواردی به افزایش باروری خاک کمک می‌کنند (براتی و همکاران، 1390: 41). 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 Tarek Khadir, 2012) اشاره کرد؛ همچنین مطالعات معطوف به رابطه سامانه‌های همدید و آلودگی در ایران نیز شامل پژوهش‌های (قسامی و همکاران 1386؛ رنجبر و محمدیان 1389؛ رنجبر قصابی 1390، اسکانی و لاله سیاه 1390؛ شمسی‌پور و صفرراد 1391) می‌باشد. همچنین بررسی‌های در زمینه توفان‌های گرد و غباری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و همدید توسط امیدوار (1385)، لشکری و کیخسروی (1387)، فرج‌زاده و بهرامی (1389)، امیدوار (1389)، فرج‌زاده و علیزاده (1389)، امیدوار و نکونام (1390)، براتی و همکاران (1390)، فتاحی و قناد (1390) کریمی و شکوهی (1390)، رنجبر و عزیزی (1391) و امیدوار و امید (1392) به صورت اختصاصی صورت گرفته است.

هدف از این پژوهش استخراج روزهای آلوده به ذرات معلق سپس تجزیه و تحلیل الگوهای فشاری جهت شناسایی علل همدید روزهای آلوده با استفاده از تحلیل خوشه‌ای است.

مواد و روش‌ها

شهر شیراز با طول جغرافیایی 52 درجه 33 دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی 29 درجه و 36 دقیقه شمالی و بر اساس آخرین سرشماری سال (1390) با جمعیتی بالغ بر 1549453 در جنوب باختری ایران واقع است. شیراز به نه

منطقه شهرداری تقسیم شده و مساحتی بالغ بر 178/89 کیلومتر مربع در بر گرفته است؛ موقعیت منطقه مورد مطالعه نیز در (شکل 1) نشان داده شده است.



شکل 1: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش نخست آمار و اطلاعات ذرات معلق (Dust)، در بازه زمانی 7 ساله 2005-2011 از سازمان حفاظت محیط زیست استان فارس اخذ گردید؛ سپس بر اساس جدول شاخص استاندارد آلاینده‌گی¹ (P.S.I) (جدول 1)، حد استاندارد آلاینده‌ها مشخص شد و روزهای آلوده به ذرات معلق در ایستگاه سنجش و پایش آلودگی دروازه کارزون به وسیله نرم افزار EXCEL فیلترگذاری و استخراج گردید.

جدول 1: 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	توصیف کننده
0-4/4	0-54	-	-	0/000-0/034	0-50	خوب
4/5-9/4	55-154	-	-	0/035-0/144	51-100	متوسط
9/5-12/4	155-254	-	0/125-0/164	0/145-0/224	101-150	غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس
12/5-15/4	255-354	-	0/165-0/204	0/225-0/304	151-200	غیر بهداشتی
15/5-30/4	355-424	0/65-1/24	0/205-0/404	0/305-0/604	201-300	خیلی غیر بهداشتی
30/5-50/4	425-604	1/25-2/04	0/405-0/604	0/605-1/004	301-500	خطرناک

جهت شناسایی الگوهای همدید تأثیرگذار بر مقدار آلاینده روزهای آلوده به ذرات معلق؛ داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 850 و 500 هکتوپاسکال، رطوبت خاک سطح زمین و دمای تراز 1000 هکتوپاسکال روزهای آلوده از تارنمای¹ مرکز ملی پیش‌بینی محیطی² و مرکز ملی پژوهش‌های هواشناسی³ دریافت گردید، سپس با تحلیل خوشه‌ای بر اساس فواصل اقلیدسی و ادغام آن به روش وارد در محیط نرم‌افزار متلب⁴ چهار الگو همدیدی در تراز 850 هکتوپاسکال مشخص گردید، سپس برای هر خوشه یک روز به عنوان روز نماینده (بر اساس بیشترین همبستگی درون گروهی) معرفی شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار GRADS نقشه‌های روزهای کلیدی ترسیم و مورد پردازش قرار گرفت.

بحث

در دوره‌ی آماری مورد نظر تعداد 69 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 2005 با 24 روز و کم‌ترین آن در سال 2011 با 3 روز رخ داده است. سال‌های 2006 و 2007 نیز هیچ روز آلوده‌ای به وقوع نرسیده است (جدول 2).

جدول 2: تعداد روزهای آلاینده در ایستگاه دروازه طی دوره آماری 2005 الی 2011

تعداد روز/ توصیف کننده	غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس	غیر بهداشتی	خیلی غیر بهداشتی	خطرناک
Dust	45	9	3	11
2005	15	4	-	5
2006	-	-	-	-
2007	-	-	-	-
2008	14	2	2	2
2009	9	2	1	4
2010	4	1	-	-
2011	3	-	-	-

توزیع ماهانه روزهای آلوده به ذرات معلق در (جدول 3) نشان داده شده است. بر اساس این جدول ماه جولای با 17 روز آلوده به ذرات معلق بیشترین فراوانی و ماه‌های ژانویه و نوامبر بدون رخداد این پدیده در بازه زمانی مورد مطالعه بوده است.

1 - www.cdc.noaa.gov

2 - National Center Environmental Prediction

3 - National Center Atmospheric Research

4 - MATLAB

جدول 3: فراوانی ماهانه روزهای آلاینده در ایستگاه دروازه طی دوره آماری 2005 الی 2011

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
فراوانی	0	3	3	5	11	11
ماه	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
فراوانی	17	7	6	2	0	4

تحلیل الگوهای همدید

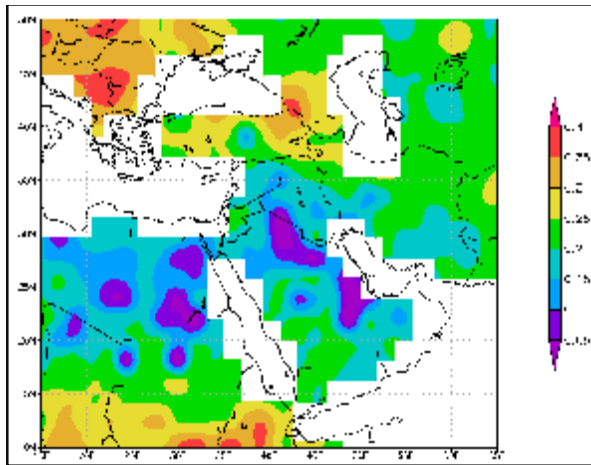
با انجام تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام وارد 4 خوشه شناسایی گردید؛ سپس با انجام تحلیل همبستگی درون گروهی یک روز به عنوان روز نماینده هر خوشه انتخاب گردید (جدول 4). بر اساس روزهای نماینده به تحلیل الگوهای همدید ترازهای مختلف جوی در روزهای آلوده به ذرات معلق پرداخته شد.

جدول 4: میزان همبستگی درون گروهی و فراوانی خوشه‌ها

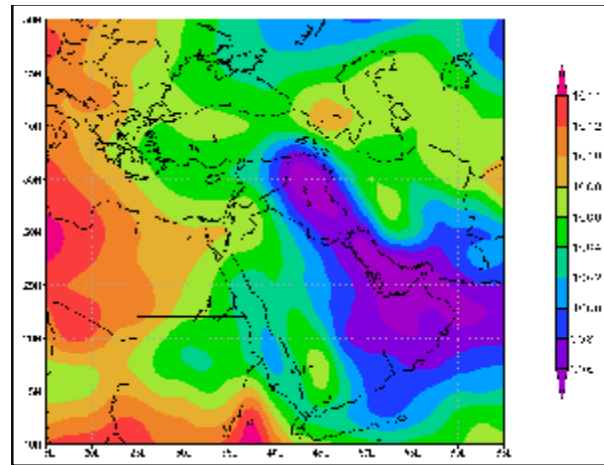
روز نماینده	همبستگی روز نماینده	همبستگی درون گروهی	فراوانی خوشه	تاریخ میلادی	تاریخ خورشیدی
1	0/8	0/71	17	2009/7/4	1388/4/13
2	0/71	0/61	16	2009/3/26	1388/1/6
3	0/53	0/43	31	2009/8/2	1388/5/11
4	0/71	0/53	5	2005/12/10	1384/9/19

روز نخست 13 تیر سال 1388:

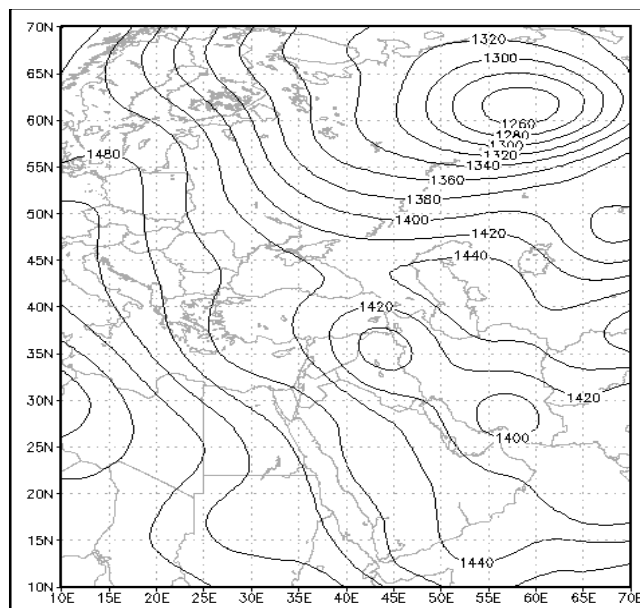
نقشه فشار تراز دریا در این روز نشان می‌دهد که یک سامانه کم‌فشار حرارتی بروی عراق و قسمت خاوری شبه جزیره عربستان با پربند بسته 996 هکتوپاسکال قابل مشاهده است، که با یک شیو¹ فشاری در راستای شمال باختری - جنوب خاوری رشته کوه زاگرس همراه می‌باشد (شکل 2)؛ رطوبت سطح خاک در ژرفای 10 سانتیمتری زمین (شکل 3) نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان رطوبت مربوط به شمال و خاور عربستان همچنین مناطق شمالی قاره آفریقا است. توزیع فضایی تراز 850 هکتوپاسکال یک سامانه چرخندی با پربند بسته 1400 ژئوپتانسیل متر بر روی عراق و خاور ایران شکل گرفته است (شکل 4).



شکل 3: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق 10 سانتی‌متر در روز 13 تیر سال 1388

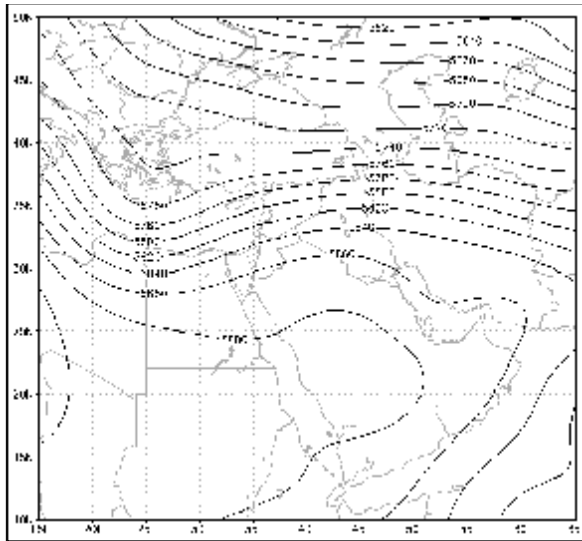


شکل 2: نقشه الگوی فشار تراز دریا در روز 13 تیر سال 1388

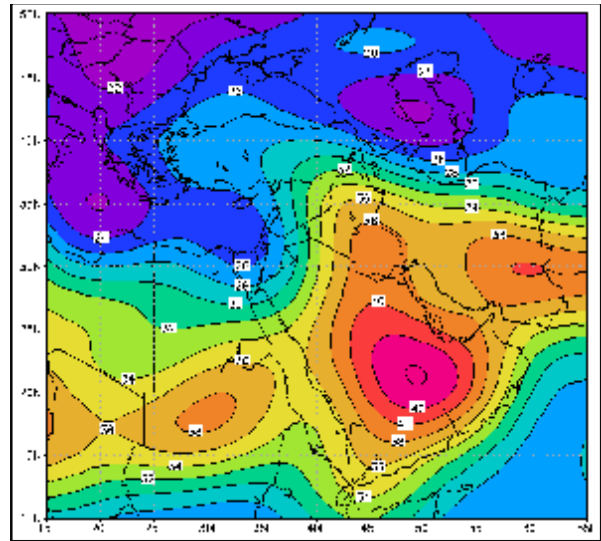


شکل 4: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 850 هکتوپاسکال روز 13 تیر سال 1388

در این روز نقشه‌ی دمای تراز 1000 هکتوپاسکال نشان می‌دهد که دامنه دمایی گرم با دمای 38 درجه سانتی‌گراد جنوب عراق تا جنوب شبه جزیره عربستان را در بر گرفته که با یک هسته گرم 42 درجه سانتی‌گراد باعث تقویت کم‌فشار سطح زمین گردیده است (شکل 5). در نقشه تراز 500 هکتوپاسکال نیز سامانه پر ارتفاع جنب حاره (واچرخندی) شبه جزیره عربستان و شمال خاوری آفریقا را در بر گرفته است (شکل 6).



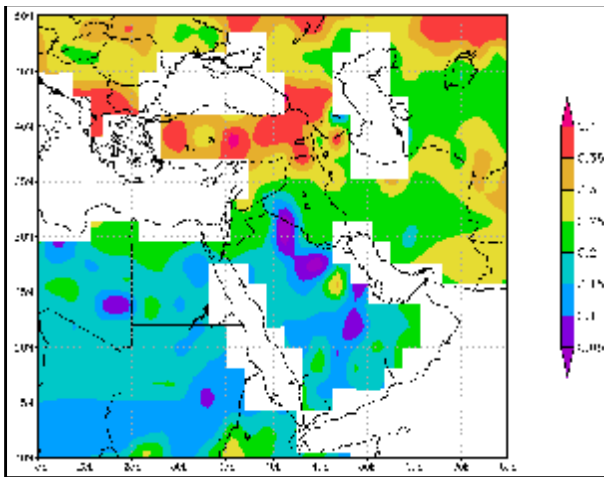
شکل 6: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 روز 13 تیر سال 1388



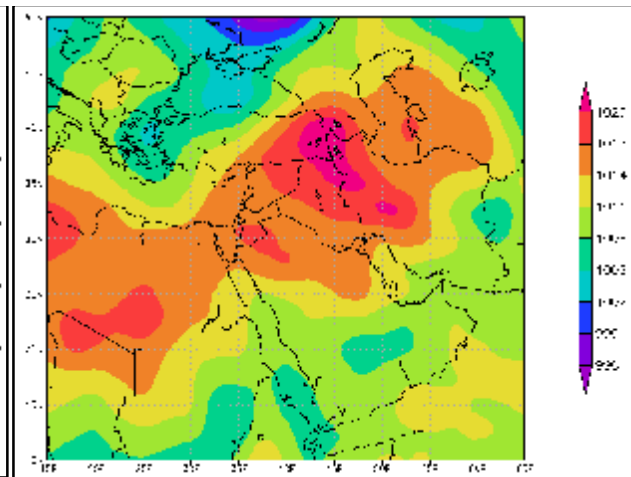
شکل 5: نقشه الگوی دمایی در تراز 1000 هکتوپاسکال روز 13 تیر سال 1388

روز دوم 6 فروردین سال 1388:

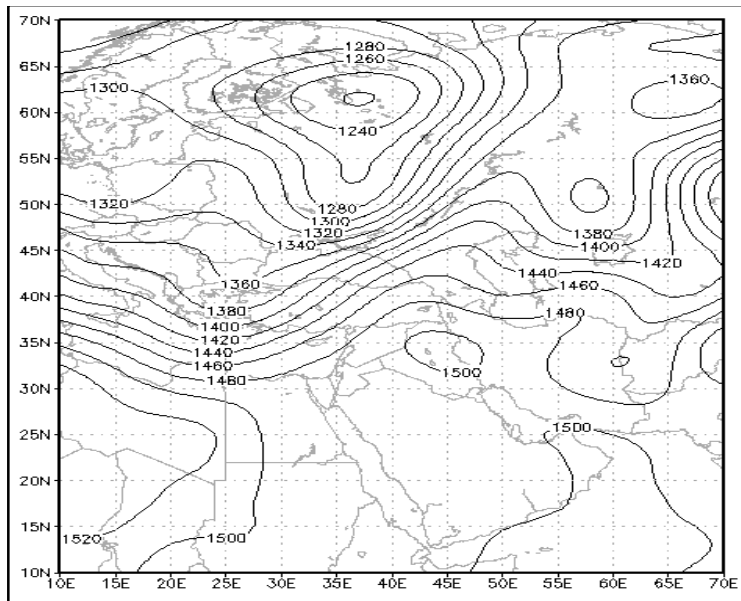
آرایش فشار تراز دریا در این روز نشان می‌دهد که یک مرکز پرفشار در مرکز و شمال باختری ایران با امتداد باختری تا نواحی شمالی قاره آفریقا است (شکل 7). وضعیت رطوبت سطح خاک در مناطق شمال شبه جزیره عربستان از کم‌ترین میزان رطوبت خاک برخوردار است (شکل 8). سامانه‌های واچرخندی با پربند بسته 1500 ژئوپتانسیل متر در تراز 850 هکتوپاسکال در مناطق باختری ایران مستقر می‌باشد (شکل 9).



شکل 8: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق 10 سانتی‌متر در روز 6 فروردین سال 1388

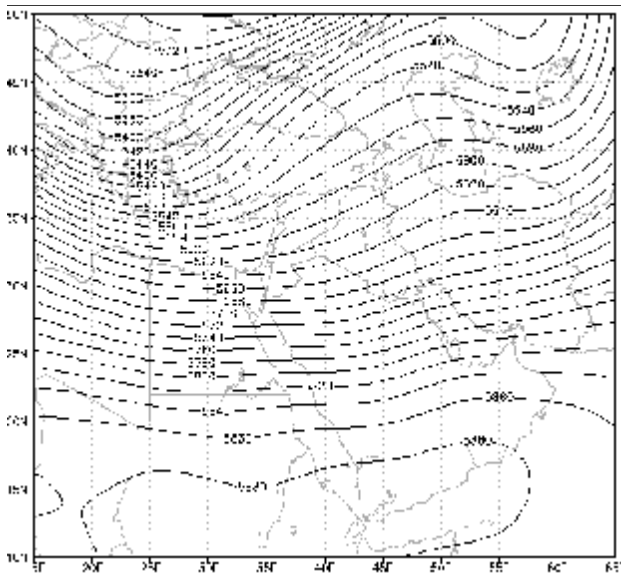


شکل 7: نقشه الگوی فشار تراز دریا در روز 6 فروردین سال 1388

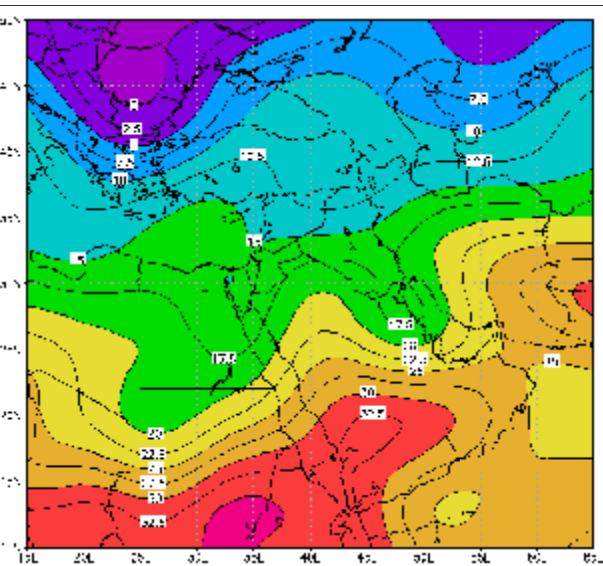


شکل 9: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 850 هکتوپاسکال روز 6 فروردین سال 1388

الگوی دمایی در این روز ریزش هوای سرد و وجود دامنه دمایی خنک با دمای 20 درجه سانتی‌گراد تا شمال شبه جزیره عربستان را نشان می‌دهد (شکل 10). در تراز پانصد هکتوپاسکال آرایش فضایی الگوها حالت مداری داشته و شرایط پایدار و جوی فشارورد¹ در کل منطقه حاکمیت دارد (شکل 11).



شکل 11: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 روز 6 فروردین سال 1388

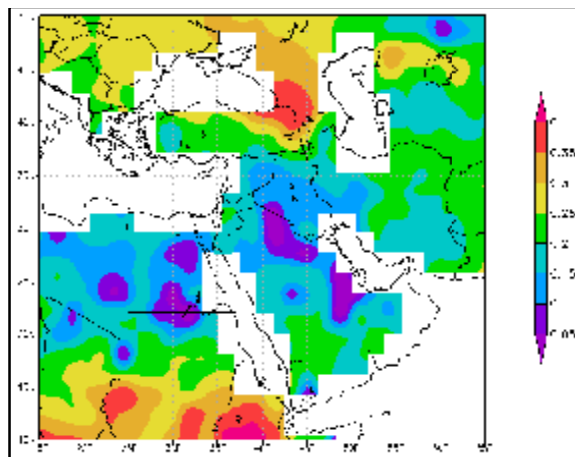


شکل 10: نقشه الگوی دمایی در تراز 1000 هکتوپاسکال روز 6 فروردین سال 1388

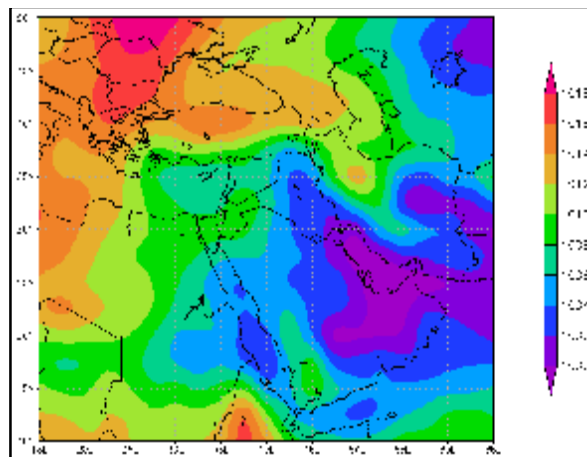
روز سوم 11 مرداد سال 1388:

در این روز سامانه کم‌فشاری با پربند بسته 1000 هکتوپاسکال بر روی خلیج فارس و نواحی خاوری عربستان مستقر می‌باشد، که زبانه این سامانه از جنوب ترکیه تا شمال سودان امتداد دارد (شکل 12). کم‌ترین میزان رطوبت خاک همچنان در مناطق شمالی عربستان و مصر دیده می‌شود (شکل 13). در تراز 850 هکتوپاسکال یک سامانه چرخندی در خاور منطقه مورد مطالعه و یک سامانه واچرخندی در باختر منطقه استقرار دارد (شکل 14).

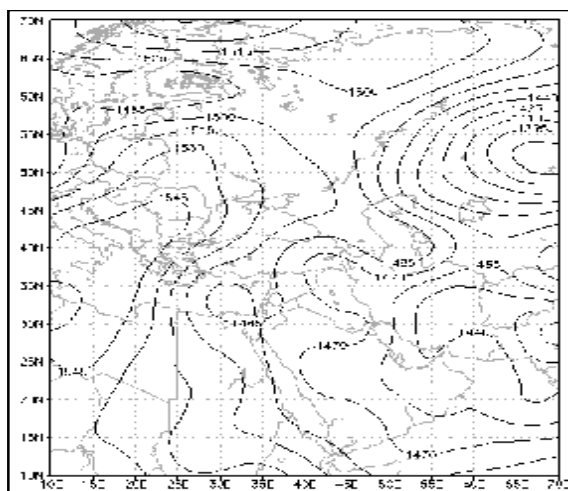
دامنه دمای 38 درجه سانتی‌گراد پهنه‌ای به گستره از مرکز عراق تا جنوب شبه جزیره عربستان و از سمت خاوری جنوب و جنوب خاوری ایران را فرا گرفته است که با دو هسته گرم 40 درجه سانتی‌گراد در مرکز عربستان و 42 درجه سانتی‌گراد در مناطق خاوری و جنوبی ایران همراه است (شکل 15). در عین حال در این روز در تراز پانصد هکتوپاسکال یک سامانه واچرخندی قوی با پربند بسته 5920 ژئوپتانسیل متر نیمه جنوبی ایران را فرا گرفته است (شکل 16).



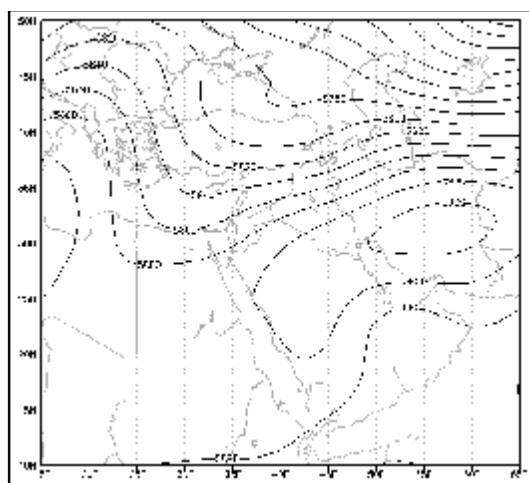
شکل 13: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق 10 سانتی‌متر روز 11 مرداد سال 1388



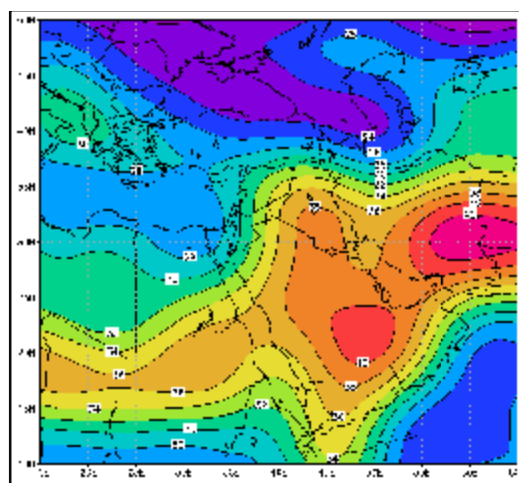
شکل 12: نقشه الگو فشار تراز دریا در روز 11 مرداد سال 1388



شکل 14: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 850 هکتوپاسکال روز 11 مرداد سال 1388



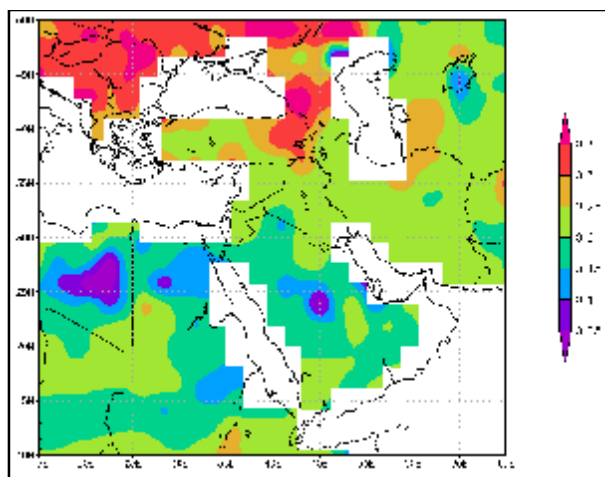
شکل 16: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 هکتوپاسکال روز 11 مرداد سال 1388



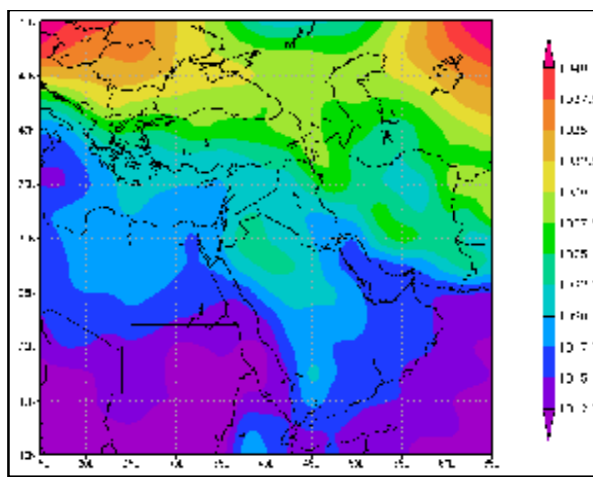
شکل 15: نقشه الگوی دمایی تراز 1000 روز 11 مرداد سال 1388

روز چهارم 19 آذر سال 1384:

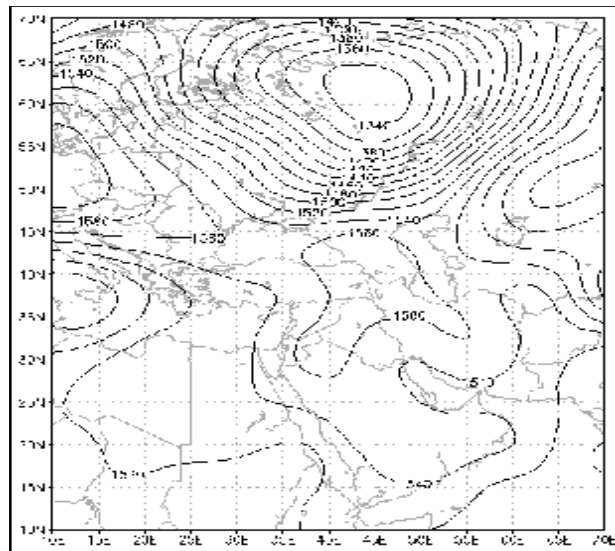
چهارمین روز نماینده در فصل زمستان در ماه سرد دسامبر است، این تغییر فصل به کلی آرایش فضایی الگوهای فشار را تحت تأثیر قرار داده است. یک سامانه پرفشار با پربند بسته 1030 هکتوپاسکال بروی منطقه و مناطق شمالی شبه جزیره عربستان حاکمیت دارد (شکل 17). به همراه یک سامانه واچرخندی با پربند بسته 1580 ژئوپتانسیل متر در نواحی شمال باختری ایران در تراز 850 هکتوپاسکال گواه تفاوت این روز نماینده با سایر روزهای نماینده است (شکل 18). اما وضعیت رطوبت سطح خاک تفاوت چندانی با روزهای دیگر ندارد (شکل 19).



شکل 18: نقشه رطوبت سطح خاک در عمق 10 سانتی متر روز 19 آذر سال 1384

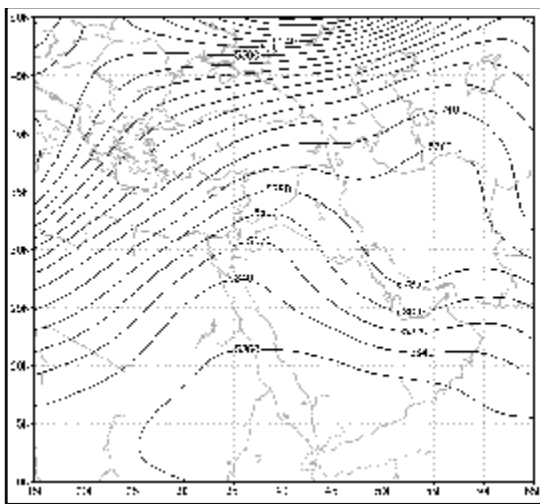


شکل 17: نقشه الگوی فشار تراز دریا روز 19 آذر سال 1384

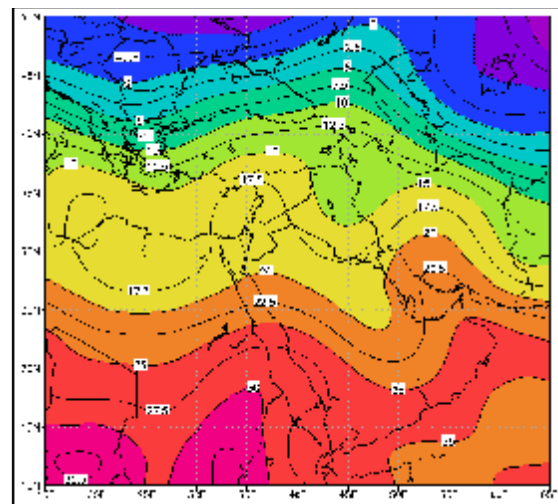


شکل 19: نقشه الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 850 هکتوپاسکال روز 19 آذر سال 1384

در این روز منحنی 21 درجه‌ی سانتیگراد از سرزمین پژوهش می‌گذرد (شکل 20)؛ نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز 500 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 21).



شکل 21: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز 500 روز 19 آذر سال 1384



شکل 20: نقشه الگوی دمایی تراز 1000 روز 19 آذر سال 1384

نتیجه‌گیری

با توجه به نقش تعیین‌کننده سامانه‌های فشاری بر میزان ذرات معلق و آلودگی هوا، به کمک تحلیل خوشه‌ای چهار الگوی همدیدی در تراز 850 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 850 هکتوپاسکال شکل می‌گیرد. دامنه‌های دمایی در تراز 1000 هکتوپاسکال نیز وجود شرایط گرم در سطوح پایین هواسپهر با هسته گرم 40 درجه سانتی‌گراد در دوره گرم را نشان می‌دهد، در مقابل این وضعیت در دوره سرد با ریزش هوای سرد عرض‌های بالا با دامنه دمایی 20 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 850 هکتوپاسکال همچنین در فصل گرم سامانه کم‌فشار حرارتی در تراز دریا و سامانه چرخندی در تراز 850 می‌باشد. همچنین در تراز 500 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 52 روز آلوده به ثبت رسیده است که ماه جولای با 17 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 17 روز آلوده ثبت شده است، که بیشترین فراوانی آن در ماه آوریل با 5 روز آلوده روی داده است. همچنین ماه‌های سرد ژانویه و نوامبر بدون رخداد روز آلوده به ذرات معلق می‌باشد.

منابع

1. اسکانی کزازی، غلام حسین، لاله سیاه پیرانی، میترا (1390). تحلیل سینوپتیکی آلودگی هوای شهر تهران، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا، شماره 4، صص 135-161.
2. امیدوار، کمال (1385). بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان، تحقیقات جغرافیایی، سال 21، شماره 81، صص 43-58.
3. امیدوار، کمال (1389). تحلیلی از رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی فضا، دوره 14، شماره 65، صص 83-105.
4. امیدوار، کمال و زری نکونام (1390). 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 76، صص 85-104.
5. امیدوار، کمال و زهرا امیدی (1392). تحلیل پدیده گرد و غبار در جنوب و مرکز استان فارس، کاوش‌های جغرافیایی در مناطق بیابانی، سال اول، شماره 1، صص 85-114.
6. براتی، غلام‌رضا، لشکری، حسن و فریبا کرمی (1390). نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخداد توفان‌های غباری استان خوزستان، جغرافیا و توسعه، شماره 22، صص 39-56.
7. خوش‌اخلاق، فرامرز، نجفی، محمد سعید و مهدی صمدی (1391). واکاوی همدید رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال 44، شماره 2 (پیاپی 80)، صص 99-124.
8. رنجبر سعادت‌آبادی، عباس و قصابی، زهرا (1390). مطالعه همدیدی گوهای جوی حاکم بر روی تهران در روزهای با آلودگی بسیار شدید هوا. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال دوم، شماره پنجم و ششم، صص 39-56.
9. رنجبر سعادت‌آبادی، عباس و قاسم عزیزی (1391). مطالعه‌ی گوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گرد و غبار و مسیر حرکت ذرات معلق برای طوفان جولای 2009، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال 44، شماره 3 (پیاپی 81)، صص 73-92.
10. رنجبر سعادت‌آبادی، عباس و لیلا محمدیان محمدی (1389). مطالعه میانگین گوهای همدیدی بر اساس رخداد غلظت‌های مختلف آلاینده CO در فصول تابستان و پاییز در تهران، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، شماره 72، صص 127-111.
11. زبردست، اسفندیار و حسین ریاضی (1391). تحلیل ارتباط بین قابلیت پیاده‌مداری محلات و آلودگی هوا مطالعه موردی: نواحی پیرامون ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران، مطالعات شهری، شماره 5، صص 35-45.
12. سازمان حفاظت محیط زیست استان فارس.
13. شمسی‌پور، علی‌اکبر و طاهر صفرراد (1391). تحلیل ماهواره‌ای- همدیدی پدیده‌ی گرد و غبار (گرد و غبار تیرماه 1388)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره 79، صص 111-126.
14. عظیم‌زاده، حمیدرضا، اختصاصی، محمدرضا، حاتمی، محسن، قالیباف، محمدآخوان (1381). مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش‌پذیری خاک و آرایه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد - اردکان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال 9، شماره 1، صص 139-151.
15. فتاحی، ابراهیم و هما قناد (1390). تحلیل گوهای سینوپتیکی توفان‌های گرد و خاک در منطقه جنوب غرب ایران، فصلنامه جغرافیا، سال 4، شماره 12، صص 49-62.
16. فرج‌زاده اصل، منوچهر و بهاره بهرامی (1389). قابلیت استفاده از داده‌های سنجش از دور در مطالعه توفان‌های گرد و خاک، سیلاب‌ها و بارش‌های شدید، جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره 8، صص 1-16.

17. فرج‌زاده اصل، منوچهر و خاطره علیزاده (1389). تحلیل زمانی و مکانی توفان‌های گرد و خاک در ایران، مدرس علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره 1، صص 65-84.
18. قسامی، طاهره، علی اکبری بیدختی، عباس علی، صداقت کردار، عبدالله، صحرائیان، فاطمه (1386). بررسی شرایط همدیدی حاکم در چند دوره بحرانی آلودگی هوای شهر تهران، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره 3، صص 229-238.
19. کریمی احمدآباد، مصطفی و کامیار شکوهی رازی (1390). اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گرد و غبار تابستانه‌ی خاورمیانه (توفان گرد و غبار تیرماه 88)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره 78، صص 113-130.
20. کریمی، خدیجه، طاهری شهر آئینی، حمید، حبیبی نوخندان، مجید، حافظی مقدس، ناصر (1390). شناسایی خاستگاه تولید توفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال دوم، شماره هفتم و هشتم، صص 57-72.
21. لشکری، حسن و قاسم کیخسروی (1387). تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (1993-2005)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره 65، صص 17-33.
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., Tarek Khadir, 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.