

## شناسایی الگوهای گردشی پدیده یخبندان با کاربرد تحلیل مولفه های مبنا و تحلیل خوشه ای (مطالعه موردی: استان فارس)

دکتر جواد خوشحال دستجردی

عضو هیات علمی دانشگاه اصفهان Email: javadkhosshal@yahoo.com

دکتر حجت اله یزدانپناه

عضو هیات علمی دانشگاه اصفهان Email: ho\_yazdan@gmail.com

خداکرم حانمی بهمن ینگلو

دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا گرایش اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان Email: kh\_hb2002@yahoo.com

### چکیده

یخبندان یکی از پدیده های اقلیمی است که قابلیت فراوانی در ایجاد خسارت در بخش های مختلف اقتصادی بویژه کشاورزی دارد. بنابراین شناخت این پدیده در استان فارس بدلیل رونق فعالیت های کشاورزی دارای اهمیت فراوانی است. هدف از این پژوهش شناسایی الگوهای گردشی تراز های مختلف جوی در رخداد پدیده یخبندان است. که با شناسایی الگوهای گردشی می توان به ارائه پیش آگاهی از طریق نقشه های سطوح مختلف جوی پرداخت. بنابراین با استفاده از تحلیل مولفه مبنا به روش ماتریس همبستگی بر روی داده های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا در محدوده صفر تا ۷۰ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی به شناسایی عناصر اصلی تشکیل دهنده جریانات جوی پرداخته شد. سپس با کاربرد تحلیل خوشه ای به روش ادغام وارد بر روی نمرات مولفه ها الگوهای گردشی موجد یخبندان ترازهای فوق شناسایی گردید. در نتیجه با گسترش پرفشار سیبری و پرفشارهای اروپای شمال و شمال شرقی به سوی ایران علاوه بر نزول درجه حرارت در مناطق مختلف استان در ارتفاعات زاگرس، مرکز پرفشاری با فشار مرکزی بیش از ۱۰۲۵ هکتوپاسکال تشکیل می شود که در تداوم و تشدید یخبندان در استان نقش اساسی دارد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با استقرار شرق فراز (فراز غرب ایران یا فراز قوی شرق اروپا) بر روی استان فارس باعث ریزش هوای بسیار سرد عرضهای بالا به سمت عرضهای پایین می گردد و مناطق مختلف استان بویژه بخش های مرکزی، شمال و شمال غربی با افت شدید دما مواجه می گردند.

**واژگان کلیدی:** یخبندان، استان فارس، الگوهای گردشی، تحلیل مولفه مبنا، تحلیل خوشه ای.

### مقدمه

یخبندان یکی از پدیده های اقلیمی است که سالانه باعث ایجاد خسارات در مسائل کشاورزی، حمل و نقل، محیط زیست، فعالیت های عمرانی و غیره می شود. مهمترین بخشی که یخبندان هر ساله آسیب جدی و بیشترین خسارات به آن

وارد می سازد بخش کشاورزی است. گیاهان در محدوده حرارتی معین رشد می نمایند و تحمل پذیری آنان در مقابل دماهای بالا و پایین تر از آستانه معین محدود است. بیشترین آسیبی که کشاورزان هر ساله با آن مواجه اند مسئله کاهش دما از آستانه های حداقل گیاهان است. بنابراین شناخت علل وقوع یخبندان در هر ناحیه یکی از بنیادی ترین تحقیقات اقلیمی - کشاورزی است که این امر می تواند کمک شایانی به برنامه ریزان کشاورزی و کشاورزان به منظور کاهش خسارت یخبندان داشته باشد. مطالعه این پدیده در استان فارس بدلیل رونق فعالیت های کشاورزی لازم و ضروری است. در همین رابطه صندوق بیمه محصولات کشاورزی وابسته به جهاد کشاورزی استان فارس میزان خسارت حاصل از پدیده یخبندان در استان فارس را به قرار زیر اعلام نموده است (جدول ۱).

سال زراعی	نوع کشت	سطح خسارت دیده (هکتار)	مبلغ پرداخت شده (ریال)
۱۳۸۴-۸۵	باغات	۱۶۳۰۲	۷۱۲۳۶۶۲۴۲۹۱
	زراعت	۱۸۵۱۷	۱۱۷۸۶۷۸۸۵۳۱
۱۳۸۵-۸۶	باغات	۱۷۹۹۰	۵۱۰۱۳۹۹۳۰۲۰
	زراعت	۱۵۵۴۱	۹۹۹۹۸۶۵۶۸۳
۱۳۸۶-۸۷	باغات	۲۱۸۱۳	۹۹۱۹۵۳۵۲۷۵۷
	زراعت	۶۶۴۰	۷۱۸۳۶۵۹۴۴۵

جدول ۱: سطح و میزان خسارت ناشی از پدیده یخبندان محصولات کشاورزی تحت پوشش بیمه در استان فارس.

بنابراین ضرورت شناسایی ویژگی ها و علل همیدی پدیده یخبندان در استان فارس ایجاب می کند تا بتوان از این طریق با ارائه پیش آگاهی به مردم از وقوع خسارت های سنگین جلوگیری نمود. در ارتباط با ویژگیها و علل وقوع پدیده یخبندان بررسی های انجام گرفته است. در این راستا فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸: ۱۲۷) از تحلیل عاملی به روش تحلیل مولفه های مبنا با حالت S و چرخش واریمکس و از تحلیل خوشه ای به روش K-Means برای شناسایی علل همید یخبندان ایران استفاده نموده اند. هژبرپور و علیجانی (۱۳۸۶) به تحلیل همید یخبندان های خسارت بار استان اردبیل پرداخته اند. پنجعلی زاده (۱۳۸۴) به تحلیل آماری سینوپتیکی یخبندانهای فراگیر شهر اردبیل پرداخت. صادقی و رضا زاده (۱۳۸۱: ۱) در پژوهشی مدل بستگی دما- زمان آهنگ یخبندان نمونه بارانها در خلال پاییز و زمستان بررسی نمودند. خلجی (۱۳۸۰: ۱۲۶) جهت پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای برخی گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری به بررسی آماری زمان وقوع حداقل مطلق دما، آخرین و اولین دمای زیر صفر نسبت به بهار و پاییز ایستگاه های استان پرداخته است. حجازی و ناصر زاده (۱۳۸۴: ۷۶) به محاسبه ساعت های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه نویسی به زبان دلفی پرداخته اند. میل و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی یخبندان در غرب و جنوب غربی ایالات متحده آمریکا پرداخته اند. علیجانی (۱۳۷۸: ۷) تغییرات الگوی جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه خاورمیانه و اثرات آن بر اقلیم ایران در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ را بررسی نموده است. کریستی و همکاران (۲۰۰۷: ۴۴۳) پوشش برف بر روی دریای بالتیک را با استفاده از مدل های آماری با وسعت حداکثر سالانه آن در یک دوره زمستانه با دمای ساحلی ارتباط دادند. خلیلی و همکاران (۲۰۰۷: ۲۳) با تعیین عمق نفوذ یخبندان در خاک در مناطق خشک و نیمه خشک ایران با مدل های نوژی، آمریکایی و فنلاندی، مدل آمریکایی را مناسب ترجیح داده اند. دینگ (۱۹۸۷: ۱۴۲) به منظور مطالعه

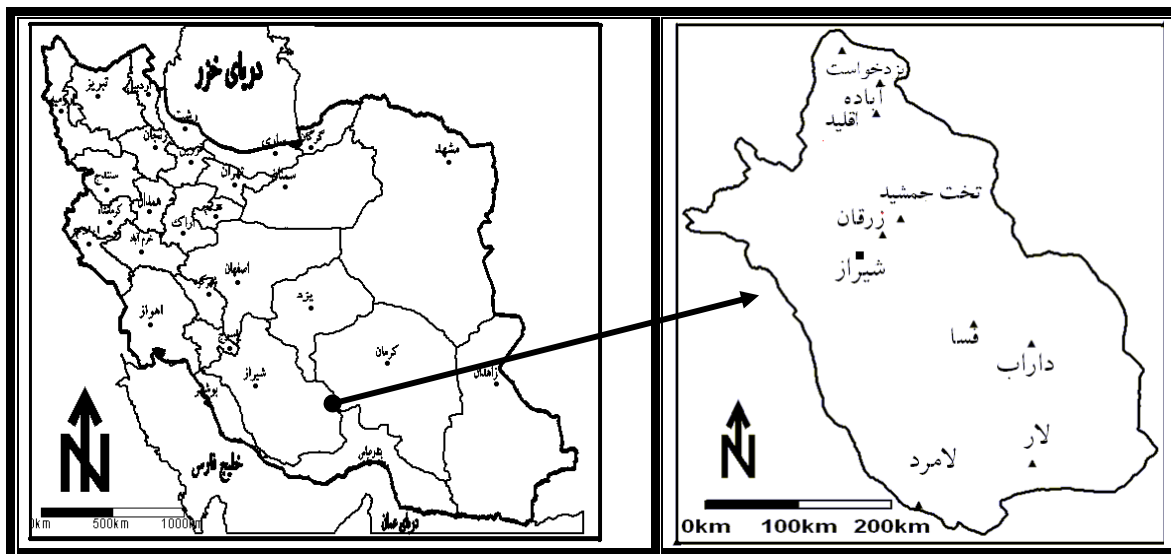
موسمی های زمستانه و ریزش هوای سرد در چین به تحلیل الگوهای بزرگ مقیاس، انتقال توده های هوای سرد و گسترش نفوذ زبانه های سرد به سمت استوا پرداخته است. ویتکوویچ (۱۹۶۳:۲۱۲) گسترش بادهای سرد شمال غربی بوسیله توده های هوایی را عامل مبنایخبندهای روسیه، اروپا و قزاقستان می داند.

شناسایی الگوهای گردشی در ترازهای مختلف جوی در روزهای یخبندان می تواند در پیش آگاهی از وقوع این پدیده کمک شایانی کرده و در کاهش خسارت آن نقش اساسی داشته باشد. بنابراین در این پژوهش با تجزیه و تحلیل داده های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح زمین برای شناسایی علل همدید پدیده یخبندان با روش تحلیل مولفه های مینا و تحلیل خوشه ای استفاده شده است.

### داده ها و روش شناسی

برای شناسایی رابطه الگوهای گردشی با وقوع پدیده یخبندان در استان فارس به سه مجموعه داده مختلف نیاز گردید:

الف- داده های دمای کمینه روزانه ایستگاهها ب- داده های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ج- داده های فشار سطح زمین. برای دستیابی به داده های مورد نیاز ابتدا داده های روزانه درجه حرارت ایستگاههای سینوپتیک از اداره کل هواشناسی استان فارس دریافت گردید. سپس با استفاده از تعریف یخبندان، یخبندان عبارت است از روزی که حداقل دمای روز در آن به زیر صفر درجه می رسد  $T_{min} \leq 0^{\circ}C$  (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۴: ۴۴۸). از میان داده های حداقل دمای روزانه روزهای یخبندان ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان که بیش از ۱۰ سال داده آماری داشتند برای بررسی یخبندان انتخاب گردیدند. این ایستگاهها عبارتند از: آباده، شیراز، تخت جمشید، داراب، اقلید، فسا، لار، لامرد، ایزدخواست، زرقان (نقشه ۱). میزان فراگیری هر روز یخبندان در میان ایستگاههای استان مشخص شد. مثال: در روز ۱۳۶۱/۰۹/۱۷ همزمان در چهار ایستگاه استان یخبندان رخ داده است. سپس به محاسبه تداوم یخبندان در ایستگاه سینوپتیک شیراز پرداخته شد. انتخاب ایستگاه شیراز جهت استخراج تداوم یخبندان بدلیل قرار گرفتن آن در مرکز استان است (نقشه ۱). تداوم یخبندان عبارتست از بقای دمای حداقل روزانه در آستانه مورد نظر یا زیر آن برای یک مدت ممتد و مشخص (مجرد قره باغ، ۱۳۷۶: ۳۰). سپس روزهایی که حداقل در چهار ایستگاه فراگیر بوده و تداوم یخبندان در آن بیش از دو روز بود از میان داده های روزانه استخراج شد. در نتیجه ۱۷۲ دوره یخبندان شناسایی شد (جدول ۲). دوره یخبندان در این پژوهش دوره ایست که یخبندان حداقل در چهار ایستگاه فراگیر بوده و تداوم آن حداقل دو روز باشد. این فرایند به این منظور انجام پذیرفت که یخبندان های انتقالی (سینوپتیکی) از یخبندانهای تشعشی متمایز گردد. هدف از انتخاب دوره های طولانی تر از دو روز اجتناب از یخبندانهای تابشی است. فرض بر این است که یخبندانهای انتقالی طولانی تر هستند (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶: ۹۳). در مجموع ۶۲۸ روز یخبندان را شامل گردید. سپس با بررسی این روزها، روزهایی که فراگیری آنها کمتر از ۴ ایستگاه بود از میان داده ها حذف گردید. در نتیجه ۶۲۵ روز یخبندان برای انجام مراحل بعدی تحقیق استفاده گردید. دوره های یخبندان از ۱۹ آبان تا ۸ فروردین هر سال در دوره آماری ۱۳۶۱/۰۹/۱۷ تا ۱۹۸۲/۱۲/۰۸ (۱۳۸۶/۱۲/۰۵ تا ۲۰۰۸/۰۲/۲۴) در سطح استان شکل گرفته اند



نقشه ۱- موقعیت جغرافیایی استان فارس در ایران و ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه در استان.

در نرم افزار متلب MATLAB برای روزهای یخبندان ماتریسی به ابعاد ۶\*۶۲۵ تشکیل شد. بر اساس این روز ها داده های روزانه فشار سطح زمین و داده های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از سال ۱۹۸۲ تا سال ۲۰۰۸ میلادی از پایگاه داده CDC.NOAA.GOV که با تفکیک مکانی ۲/۵\*۲/۵ سنجش می گردد با استفاده از نرم افزار GRADS استخراج گردید.

جدول ۲: نمونه ای از دوره ، تداوم و فراگیری یخبندان استان فارس.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
دوره یخبندان	سال شمسی	ماه شمسی	روز شمسی	سال میلادی	ماه میلادی	روز میلادی	تعداد ایستگاه فراگیر	حدافل دما	دوام
1	1361	9	17	1982	12	8	4	-4	2
2	1361	11	1	1983	1	21	4	-3	3
3	1361	11	6	1983	1	26	4	-1	9
4	1361	11	16	1983	2	5	4	-1.4	2
167	1386	10	22	2008	1	12	8	-0.6	2
168	1386	10	25	2008	1	15	7	-1	7
169	1386	11	5	2008	1	25	8	-2.2	2
170	1386	11	8	2008	1	28	8	-1.2	3
171	1386	11	12	2008	2	1	7	-2.6	11
172	1386	12	3	2008	2	22	7	-3.2	3

قلمرو ۰ تا ۷۰ درجه طول شرقی و ۲۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی برای شناسایی الگوهای گردشی انتخاب شد. بنابر این برای هر روز در راستای طول جغرافیایی ۲۹ یاخته و در راستای عرض جغرافیایی ۱۷ یاخته وجود دارد. بدین ترتیب آرایه داده ها به ابعاد ۶۲۵\*۴۹۳ برای دو سطح مورد نظر آماده شد. در واقع این آرایه ۴۹۳ مکان (نقطه) را در طی ۶۲۵ روز یخبندان از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۸ میلادی برابر با ۱۳۶۱ شمسی لغایت ۱۳۸۶ شمسی در بردارد. بنابراین ماتریس داده ها در حالت S تنظیم گردید. مکانها در روی ستون و روزها بر روی سطر ماتریس واقع شدند. در گام بعد میانگین و انحراف معیار داده های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا هر روز محاسبه و بر مبنای آن داده ها استاندارد سازی شد. مثال:

$$Shgt(i, j) = [hgt(i, j) - M(i)] / std(i)$$

$Shgt(i,j)$  مقدار ارتفاع ژئوپتانسیل استاندارد شده برای روز  $i$  ام روی نقطه  $j$  ام،  $hgt(i,j)$  مقدار ارتفاع ژئوپتانسیل برای روز  $i$  ام روی نقطه  $j$  ام،  $M(i)$  میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل برای روز  $i$  ام و  $Std(i)$  انحراف معیار ارتفاع ژئوپتانسیل برای روز  $i$  ام است. (مسعودیان، ۱۳۸۵: ۴). این مراحل برای داده های فشار سطح دریا انجام گرفت. برای شناسایی علل سینویتیکی یخبندانها از روشهای آماری تحلیل مولفه مبنا<sup>۱</sup> و تحلیل خوشه ای<sup>۲</sup> استفاده شده است. هدف از تحلیل مولفه مبنا از یک سو کاهش حجم داده ها و از سوی دیگر شناسایی مهمترین الگوهای زمانی و الگوهای مکانی تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا در قلمرو مورد بررسی بوده است.

تحلیل مولفه های مبنا دارای سه برونداد است: الگوهای مکانی (آرایه بارهای مولفه ها)، الگوی زمانی (آرایه نمرات مولفه ها) و آرایه درصد تبیین مولفه ها (آرایه بارهای مولفه ها). برای انتخاب مهمترین مؤلفه ها اصل تبیین بیش از یک درصد مد نظر قرار گرفت. بر این اساس تنها مؤلفه هایی را برای تحلیل های بعدی مورد استفاده قرار گرفت که بیش از یک درصد تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا را تبیین میکردند.

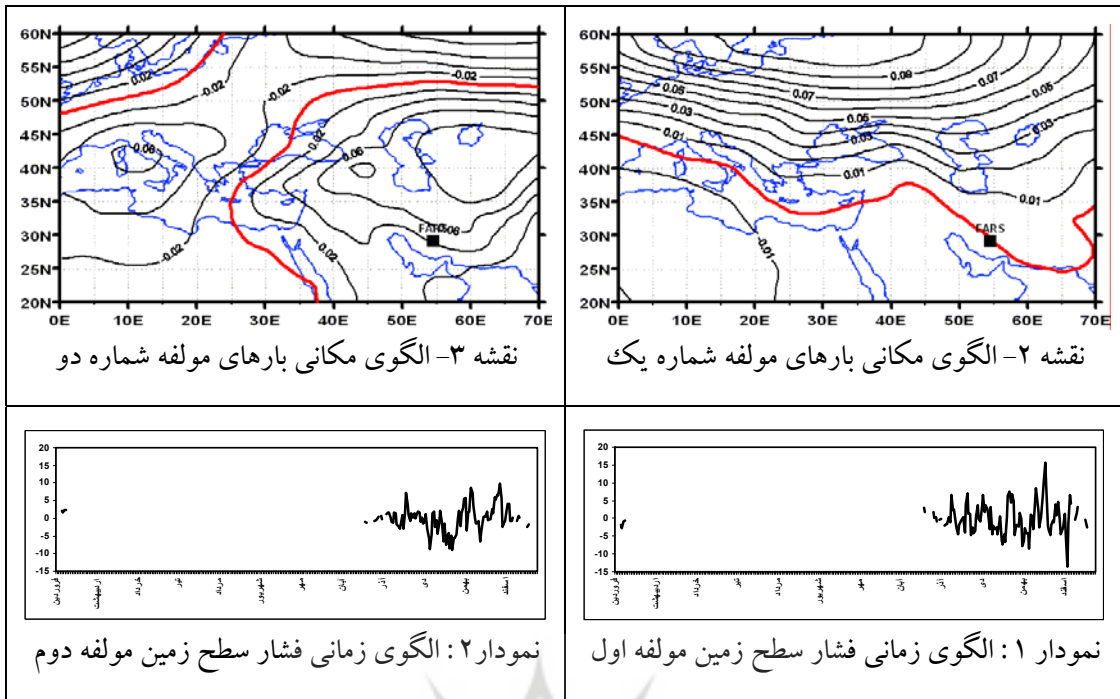
با انجام یک تحلیل خوشه ای به روش ادغام وارد (ward) بر روی نمرات مولفه ها بر اساس تحلیل همبستگی که گرادیان پراش بر آن اثری ندارد و سبب حذف شدت فشار می گردد در هر خوشه یک روز بعنوان روز نماینده یا الگوی گردشی معرفی شد. سپس با استفاده از نرم افزار GRADS نقشه های روزهای کلیدی یا الگوهای گردشی در چهارچوب مختصات معرفی شده استخراج و مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت.

### تحلیل مولفه های مبنا بر روی فشار سطح دریا

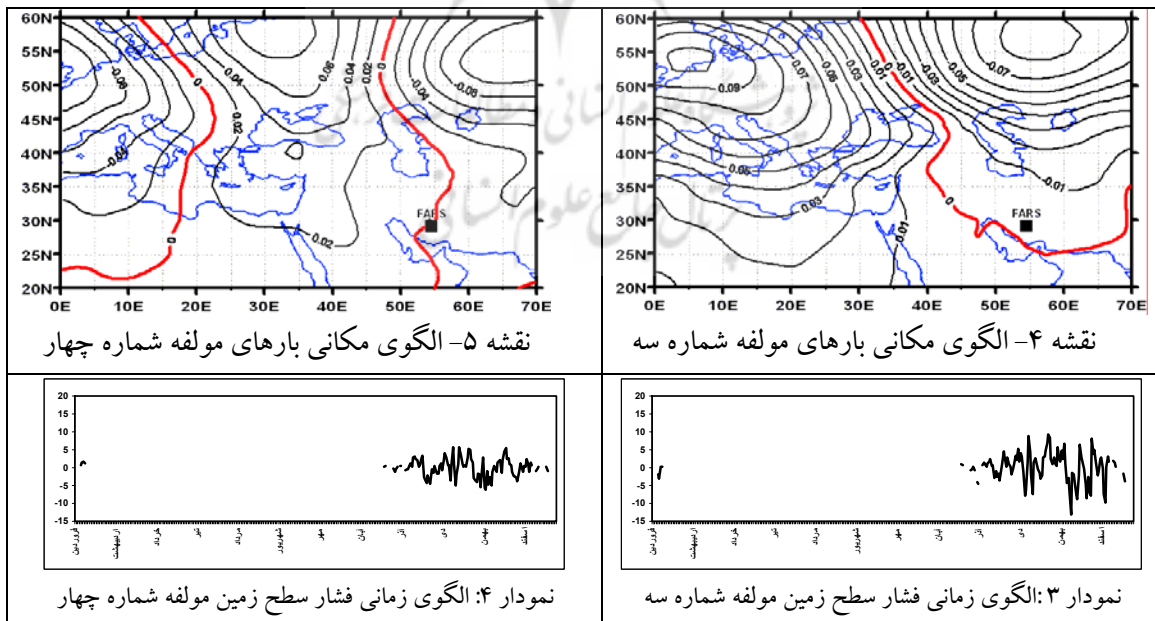
مولفه ها آرایش توپوگرافی جریانهای تشکیل شده در محدوده مورد مطالعه را در دوره آماری نشان می دهند. الگوهای مکانی (بار مؤلفه ها) این تحلیل نشان داد که با ۹ مؤلفه میتوان ۹۴ درصد تغییرات داده ها را تبیین کرد (جدول ۳). بارهای مؤلفه ۹\*۴۹۳ در نرم افزار Surfer 8.0 بر روی چهارچوب صفر تا هفتاد درجه طول شرقی و بیست تا شصت درجه عرض شمالی با یاخته های ۲/۵\*۲/۵ درجه و به روش نزدیکترین همسایه به نقشه تبدیل شد و خطوط هم مقدار آن ترسیم شد. به این ترتیب نه نقشه بدست آمد که به ترتیب اهمیت، معرف آرایش های فشار سطح دریا هستند. آرایه نمرات مؤلفه ها (الگوی زمانی) به ابعاد ۹\*۶۲۵ نشان میدهد که ارزش هر مؤلفه در هر روز چه مقدار بوده است. این آرایه در نرم افزار اکسل به ۹ نمودار تبدیل شد

**مولفه اول:** نزدیک به ۳۳ درصد تغییرات را فشار را تبیین می کند. آرایش توپوگرافی منحنی های فشار نشان از گسترش پرفشار جنب قطبی (شمال اروپا) بصورت مداری که با ورود زبانه های آن بسوی ایران و استان فارس شرایط نزول دما و ایجاد یخبندان را فراهم می سازند. در این مولفه در جنوب دریای مدیترانه، شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان کم فشار حاکمیت دارد (نقشه ۲). الگوی زمانی این مولفه نشان می دهد که سیستم های پرفشار و کم فشار در ماههای آبان، آذر و دی بصورت متناوب ظاهر گردیده اند. در بهمن ماه الگوی پرفشار از قاطعیت بیشتری بر خوردار بوده است (نمودار ۱).





**مولفه دوم:** این مولفه ۲۵ درصد تغییرات فشار را تبیین می کند. گسترش پرفشار سبیری بر روی ایران و شرق مدیترانه و استقرار یک کم فشار در غرب مدیترانه را نشان می دهد. این مولفه با آرایش توپوگرافی خود استان فارس را تحت تاثیر قرار می دهد (نقشه ۳). الگوی زمانی این مولفه سه اوج حاکمیت پرفشار را در ماههای آذر و بهمن نشان می دهد. کم فشارها با یک روند افزایشی در فصل پاییز مشاهده می شود (نمودار ۲).



**مولفه سوم:** آرایش توپوگرافی بارهای مولفه ها نشان میدهد که پرفشاری با هسته مرکزی شمال غرب اروپا به سمت شرق دریای سیاه گسترده شده است و شرایط هجوم هوای سرد را به سوی ایران مهیا می نماید. یک سیستم کم فشار بر روی منطقه سبیری و شمال ایران در این مولفه حادث شده است (نقشه ۴). این مولفه بیش از ۱۶ درصد تغییرات را تبیین می کند (جدول ۳). الگوی زمانی این مولفه نشان از افزایش پرفشار در ماه دی و ورود سیستم های کم فشار در ماههای بهمن و اسفند است (نمودار ۳).

**مولفه چهارم:** نزدیک به ۸ درصد تغییرات فشار را تبیین می کند. در این مولفه دو هسته کم فشار وجود دارد اول: کم فشاری است که در روی سبیری تا شمال دریای خزر و شرق ایران گسترده شده است دوم: کم فشار واقع در شمال غرب آفریقا و غرب اروپا. در میان این دو منطقه کم فشار مرکز پرفشاری وجود دارد که توده هوای سرد قطبی را به عرض های پایین هدایت می کند که به کم فشار قطبی نیز موسوم است. با ظهور این مولفه شرایط یخبندان در استان فارس فراهم می شود (نقشه ۵). الگوی زمانی آن نشان از نوسان اندکی است که در ورود کم فشارها و پرفشارها در فصول پاییز و زمستان مشاهده می شود. (نمودار ۴).

جدول ۳- درصد پراش تبیین شده توسط هر یک از مولفه های مبنا بر اساس فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل (منبع: نویسنده)

درصد پراش تبیین شده توسط هر یک از مولفه های مبنا بر اساس فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل											
شماره مولفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
درصد تبیین فشار سطح دریا	۳۳	۲۵	۱۶	۸	۴	۳	۲	۲	۱	-	-
درصد تبیین ارتفاع ژئوپتانسیل	۲۵	۲۴	۱۲	۱۱	۷	۵	۳	۳	۲	۱	۱

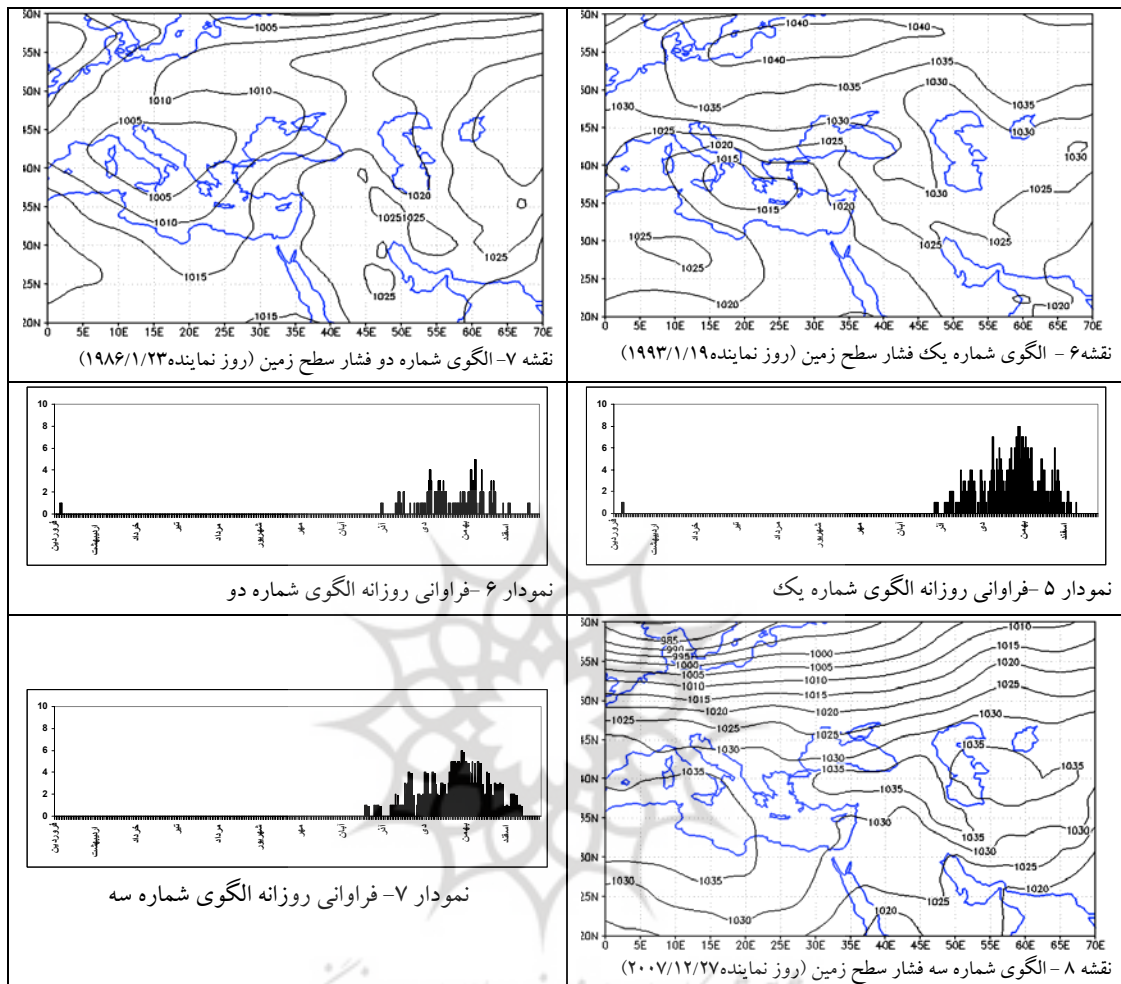
به منظور رعایت اختصار مولفه هایی که بیش از ۵ درصد داده های فشار را تبیین می نمودند در این پژوهش تفسیر و تحلیل شده است.

با انجام تحلیل خوشه ای به روش ادغام وارد بر روی نمرات مولفه ها  $۹ * ۶۲۵$ ، سه خوشه شناسایی گردید. سپس با انجام تحلیل همبستگی یک روز بعنوان روز کلیدی (روز نماینده هر خوشه) یا الگوی گردشی در هر خوشه انتخاب شد. با استخراج نقشه روز های کلیدی با استفاده از نرم افزار GRADS به تفسیر و تشریح الگوهای گردشی موجد یخبندان پرداخته شده است.

**الگوی گردشی شماره یک:** روز نماینده این الگو ۱۹/۱/۱۹۹۳ است. این الگو ۴۸ درصد در سال ظاهر می شود. بررسی نقشه این روز نشان می دهد که مرکز پرفشار شمال شرق اروپا با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال تشکیل می گردد و زبانه های این پرفشار با ۱۰۲۵ هکتوپاسکال به سطح استان فارس کشیده می شود که باعث نفوذ هوای سرد عرضهای بالا به سوی منطقه مورد مطالعه می شود و شرایط نزول درجه حرارت و ایجاد یخبندان را در استان فراهم می سازد (نقشه ۶). فراوانی روزانه این الگو نشان می دهد که از اوایل آذرماه فعالیت این الگو شروع می شود و در ماه بهمن به بیشترین فراوانی می رسد و در اوایل اسفند خاتمه می یابد (نمودار ۵).

**الگوی گردشی شماره دو:** روز نماینده این الگو ۲۳/۱/۱۹۸۶ است. بررسی آرایش توپوگرافی فشار در این روز نشان می دهد که از شمال شرق ایران زبانه پرفشار سبیری وارد کشور شده و در ارتفاعات زاگرس مراکز پرفشار با فشار

مرکزی ۱۰۲۵ هکتوپاسکال تشکیل می گردد. این الگو با ۱۸ درصد ظهور در دوره آماری باعث شکل گیری یخبندان در ایستگاههای استان می شود (نقشه ۷). دوره فعالیت این الگو نشان از ظهور پراکنده در طول سال است. فراوانی آن در ماههای دی و بهمن افزایش می یابد. در اوایل فروردین نیز مشاهده می شود (نمودار ۶).

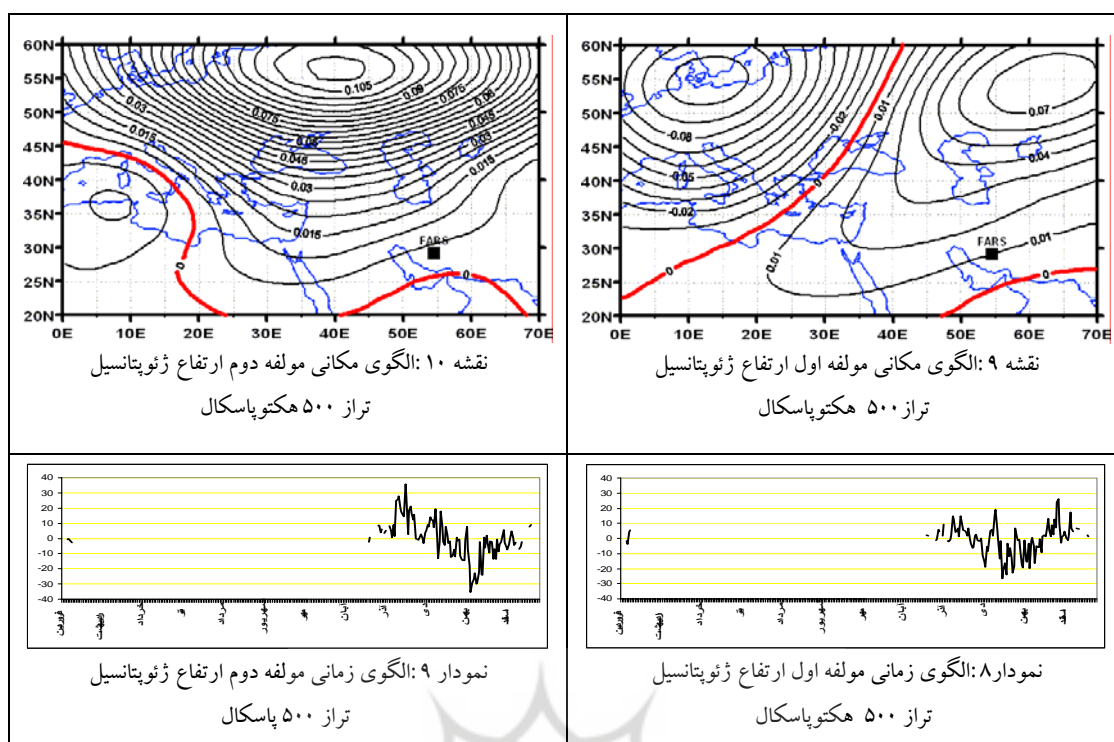


**الگوی گردشی شماره سه:** روز نماینده این الگو ۲۰۰۷/۱۲/۲۷ است. در این روز مراکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال در سه منطقه دیده می شود. اول: روی دریای خزر - جنوب دریاچه آرال دوم: گسترش مداری از جنوب دریای سیاه به سوی کوههای زاگرس. سوم: شمال غرب آفریقا. استقرار مراکز فشار در سطح ایران و گستردگی آنها به عرض های جغرافیایی پایین تر سبب نفوذ هوای سرد عرض های بالا می شود و ایستگاههای استان فارس با پدیده یخبندان مواجه می گردند (نقشه ۸). فراوانی روزانه این الگو نشان از فعالیت آن در ماههای دی و بهمن است (نمودار ۷). این الگو با ۳۴ درصد ظهور در سال فعالیت دارد.

### تحلیل مولفه های مبنا بر روی داده های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

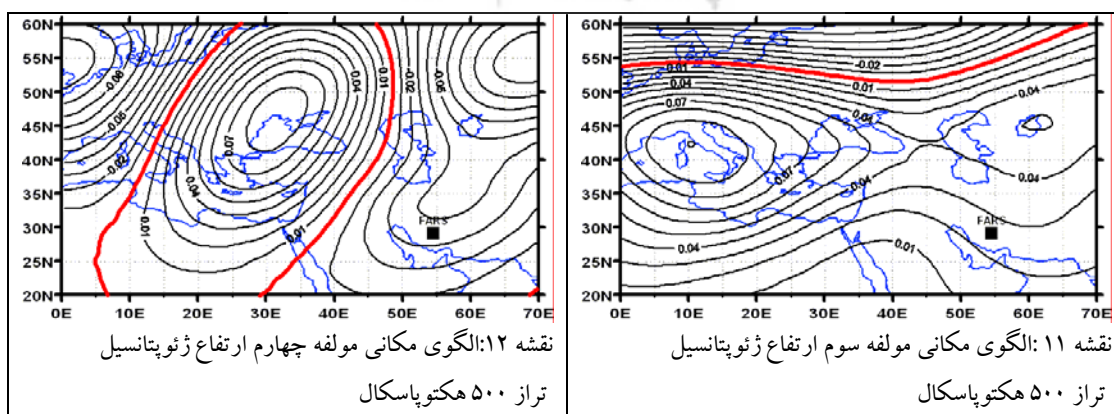
تحلیل مولفه مبنا بر روی نمرات مولفه های داده های ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که با یازده مؤلفه میتوان ۹۴ درصد تغییرات داده ها را تبیین کرد (جدول ۳). دو آرایه به ترتیب به ابعاد ۱۱\*۴۹۳ برای الگوهای مکانی و ۱۱\*۶۲۵ برای الگوهای زمانی بدست آمد.

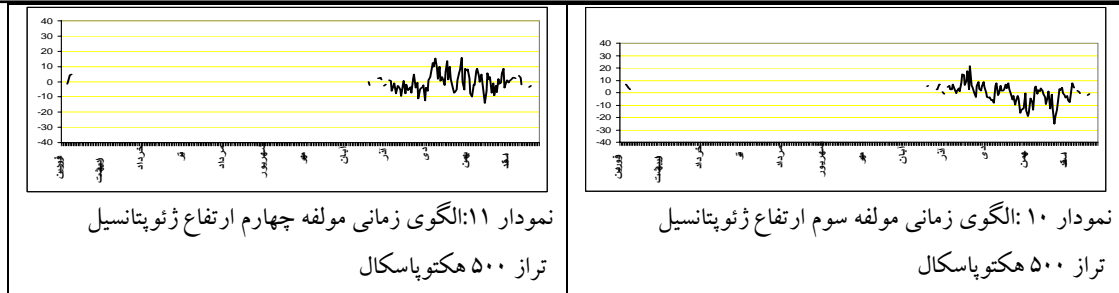




**مولفه اول:** آرایش توپوگرافی بارهای مولفه ها نشان میدهد که مرکز پرارتفاعی با محوریت سیری- دریای سرخ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از سیری تا شرق مدیترانه و دریای سیاه با پوشش کامل بر سطح ایران وجود دارد. کم ارتفاعی با مرکزیت شمال غرب اروپا در این مولفه مشاهده می شود (نقشه ۹). این مولفه بیش از ۲۵ درصد تغییرات جریانهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را تبیین می کند. الگوی زمانی این مولفه نشان از میزان کاهش این مولفه در دی ماه و افزایش در اواخر بهمن است (نمودار ۸).

**مولفه دوم:** این مولفه ۲۴ درصد تغییرات الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را تبیین می کند. گستردگی پرارتفاعی با مرکزیت شمال دریای سیاه را نشان می دهد که زبانه های آن جنوب ایران را تحت تاثیر قرار می دهد. که باعث شارش هوای سرد اروپای شمالی و قطبی به عرض های پایین می شود. در این مولفه مرکز کم ارتفاعی در غرب مدیترانه مستقر است (نقشه ۱۰). الگوی زمانی این مولفه نشان می دهد که در ماه آذر تاثیر بیشتری بر محدوده مورد مطالعه دارد (نمودار ۹).

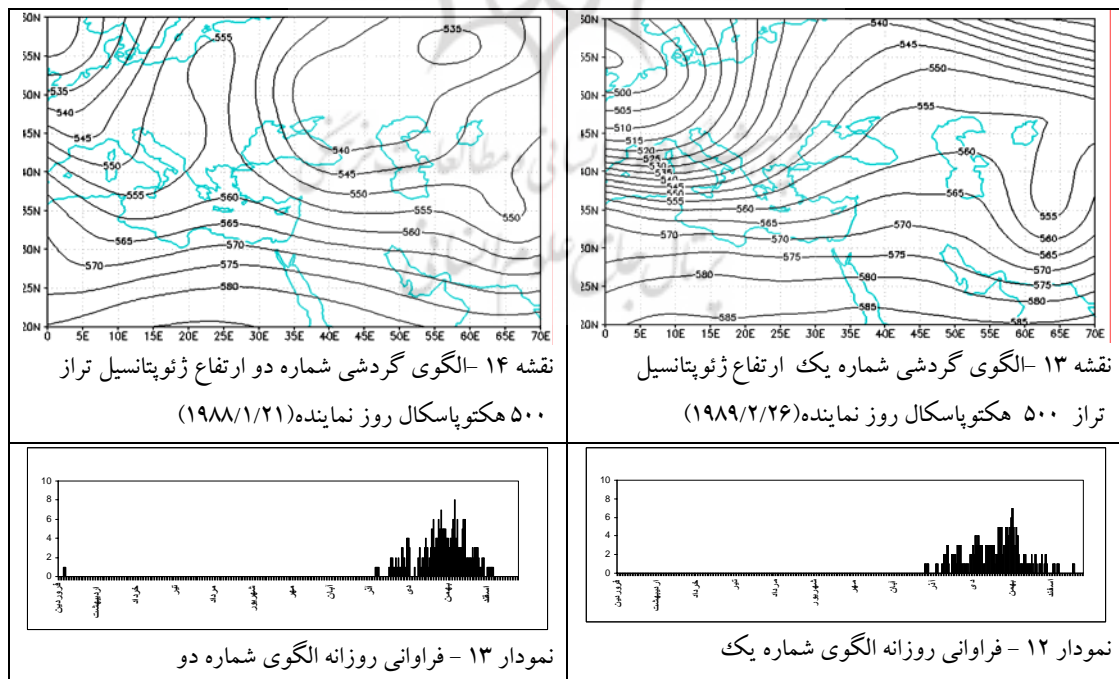




**مولفه سوم:** آرایش توپوگرافی بارهای مولفه ها ارتفاع ژئوپتانسیل نشان می دهد که بر روی اروپا مرکز پر ارتفاع حاکم است و زبانه های آن در شرق با هسته پراارتفاع سیبری بر روی دریاچه آرال ادغام می گردد. این ادغام باعث تشدید سرما و یخبندان در استان فارس می گردد (نقشه ۱۱). این مولفه ۱۲ درصد تغییرات الگوهای جریانی را تبیین می کند. الگوی زمانی این مولفه نشان از افزایش در ماه آذر است (نمودار ۱۰).

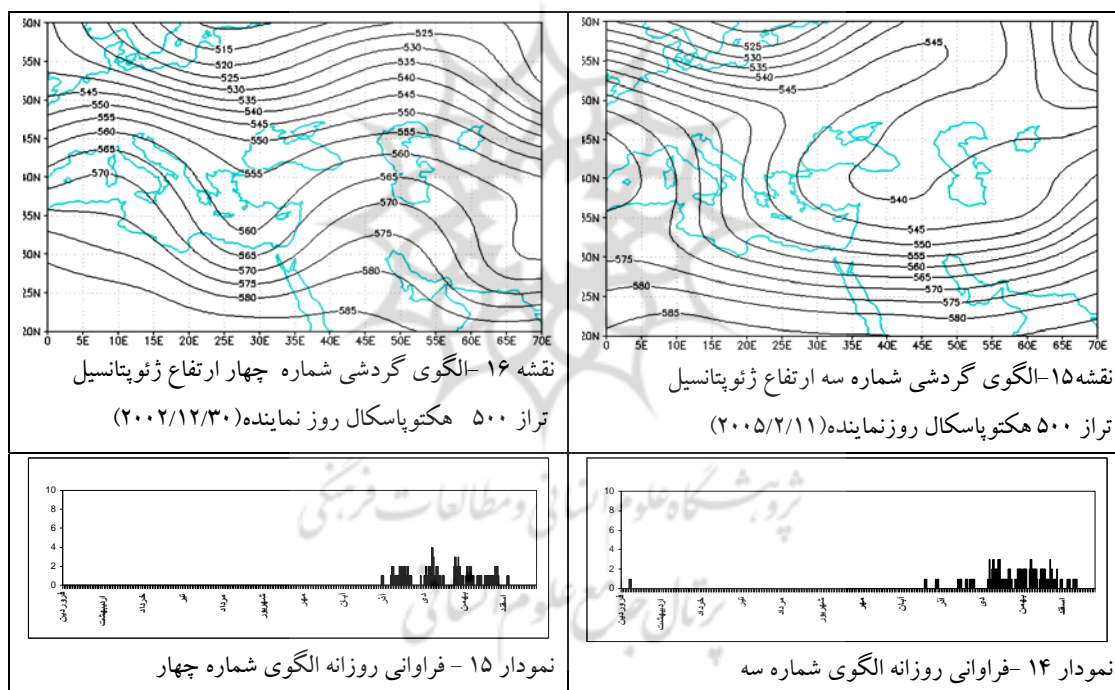
**مولفه چهارم:** ۱۱ درصد تغییرات الگوهای جریانی را تبیین میکند و نماینده حاکمیت دو کم ارتفاع عمیق با کشیدگی نصف النهاری است که مرکز یکی از آنها در شمال غرب اروپا و دیگری در شمال سیبری واقع است. در بین این دو کم فشار مرکز پراارتفاعی بر روی دریای سیاه بصورت نصف النهاری مستقر است. (نقشه ۱۲). این مولفه در فصل زمستان از روند افزایشی برخوردار است (نمودار ۱۱).

با انجام تحلیل خوشه ای به روش ادغام وارد بر روی نمرات مولفه ها  $11 * 625$  چهار خوشه شناسایی گردید. سپس با انجام تحلیل همبستگی یک روز بعنوان روز کلیدی (روز نماینده هر خوشه) یا الگوی گردشی انتخاب شد. با استخراج نقشه های روز های کلیدی از نرم افزار GRADS به تفسیر و تشریح الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال موجد یخبندان پرداخته شده است.



**الگوی گردشی شماره یک:** روز نماینده این الگو ۱۹۸۹/۲/۲۶ است. این الگو در طول سال دارای فراوانی ۳۲ درصد است. آرایش توپوگرافی این الگو نشان میدهد که در روی مدیترانه فرود عمیق و در روی ایران فرازی با محوریت دریای خزر - دریای سرخ مستقر می گردد. در این الگو استان فارس در شرق فراز (غرب فرود) واقع می شود که این شرایط باعث می شود که هوای سرد عرضهای بالا به عرضهای پایین منتقل شود و استان فارس در ایامی که این وضعیت در تراز یاد شده برقرار است یخبندان و نزول درجه حرارت در اکثر ایستگاهها مشاهده می شود (نقشه ۱۳). این الگو از اواسط ماه آذر تا اواخر ماه بهمن بطور پیوسته امکان ظهور آن وجود دارد و در اوایل بهمن از فراوانی بسیار زیادی برخوردار است (نمودار ۱۲).

**الگوی گردشی شماره دو:** روز نماینده این الگو ۱۹۸۸/۱/۲۱ است. در این الگو مرکز پرارتفاعی با ۵۳۵ دکامتر در شمال دریاچه آرال مستقر است. فرود غرب اروپا به همراه فراز شرق دریای مدیترانه وجود دارد. در این حالت هوای سرد عرضهای بالا به سوی ایران و منطقه مورد مطالعه سرازیر می گردد (نقشه ۱۴). این الگو با ۳۶ درصد ظهور شرایط سرد و یخبندانی را در استان فارس پدید می آورد. در ماه دی و بهمن از فراوانی زیادی برخوردار است و در اوایل بهار باعث ایجاد یخبندانهای دیررس بهاره می شود (نمودار ۱۳).



**الگوی گردشی شماره سه:** روز نماینده این الگو ۲۰۰۵/۲/۱۱ است. این الگو نشان می دهد که فرازی در روی اروپا شکل گرفته که محور آن در امتداد روسیه - غرب دریای مدیترانه است. این الگو با ۱۷ درصد فعالیت در طول سال باعث شارش هوای سرد و یخبندان اروپای شمال شرقی به سوی استان فارس است (نقشه ۱۵). دوره زمانی ظهور آن بصورت پراکنده در فصول پاییز و زمستان است. در فروردین امکان ظهور آن وجود دارد (نمودار ۱۴).

**الگوی گردشی شماره چهار:** روز نماینده این الگو ۲۰۰۲/۱۲/۳۰ است. این الگو با ۱۵ درصد ظهور خود باعث نزول درجه حرارت در استان فارس می شود. آرایش توپوگرافی آن فرود عمیق شرق مدیترانه و فراز دریای خزر را نشان می دهد و محور فراز آن در امتداد دریای خزر - غرب خلیج فارس است. در این حالت با قرار گیری منطقه مورد مطالعه

در غرب فرود که فعالیت آنتی سیکلونی در آن برقرار است. باعث ریزش هوای سرد به عرضهای پایین گردیده و شرایط اقلیمی ایستگاهها با یخبندان مواجه می شود (نقشه ۱۶). فراوانی روزانه این الگو نشان می دهد که فراوانی کمی نسبت به سایر الگوها دارد و بصورت پراکنده در طول سال ظاهر می شود (نمودار ۱۵).

### نتیجه گیری

طبقه بندی الگوهای گردشی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح زمین به کمک تحلیل مولفه مبنا و تحلیل خوشه ای از توانایی زیادی در تبیین پدیده یخبندان برخوردار است. تجزیه و تحلیل مولفه ها نشان داد که پرفشارهای شمال و شمال شرق اروپا و پرفشار سیبری در سطح زمین و تشکیل مراکز پرفشار بر روی سیبری و شمال و شمال شرق اروپا (جنب قطبی) و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در غرب فرود عامل مهم ایجاد یخبندان در استان فارس می باشند. در همین راستا نتایج تحلیل خوشه ای نشان داد که الگوهای حاکم بر سطح زمین در دوره های فراگیر با تداوم دو روز را می توان به دو دسته طبقه بندی نمود. اول: توده هوایی که در دوره سرد سال در شمال و شمال شرق اروپا شکل گرفته و به سوی عرضهای پایین و ایران سرازیر می شوند. دوم: ورود زبانه های پرفشار سیبری به جنوب ایران و منطقه مورد مطالعه است. با ورود این سامانه ها شرایط تشکیل مرکز پرفشار قوی در روی ارتفاعات زاگرس می گردد که این وضعیت در تشدید و تداوم یخبندان ها در استان فارس تاثیر بسزایی دارد. بررسی الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حاصل از تحلیل خوشه ای در زمان رخداد یخبندان ها بیشتر به دو شکل ظاهر می شوند. اول: استقرا فراز قوی در غرب ایران که محور آن در امتداد دریای خزر-اروند رود است. دوم: فراز مستقر بر شرق اروپا که محور آن در امتداد شمال شرق اروپا-غرب مدیترانه به حالت اریب کشیده می شود. در هر دو حالت فوق استان فارس در شرق فراز (منطقه آنتی سیکلونی) واقع می گردد که این وضعیت باعث شارش هوای سرد عرضهای بالا بسوی منطقه مورد مطالعه گردیده و باعث نزول درجه حرارت در استان فارس می شود.

### منابع و مآخذ

۱. براتی، غلامرضا، (۱۳۷۵): طراحی و پیش بینی الگوهای سینوپتیک یخبندانهای بهاره ی ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۲. پنجعلی زاده، محمد، (۱۳۸۴): تحلیل آماری و سینوپتیکی یخبندانهای فراگیر شهر اردبیل، رساله کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد اردبیل.
۳. -حجازی زهرا، ناصرزاده محمدحسین، (۱۳۸۴): محاسبه و تجزیه و تحلیل ساعت های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه نویسی به زبان دلفی، مطالعه موردی؛ استان لرستان، تحقیقات جغرافیایی، بهار؛ ۲۰(۱) پیاپی ۱۳۹:۷۶-۱۵۰.
۴. -خلجی مهدی (۱۳۸۰): پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری، نهال و بذر شهریور ۱۷(۲):۱۲۶-۱۳۹.
۵. صادقی حسینی سیدعلیرضا، رضازاده مریم (۱۳۸۱): مطالعه آهنگ یخبندان قطره های باران در اثر هسته بندی ناهمگن (در منطقه گیلان) نشریه تحقیقاتی فیزیک زمین و فضا پیاپی (۱) ۲۸، ۱-۱۲.
۶. علیجانی، بهلول، (۱۳۷۸): بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱، مجله نیوار شماره ۴۵-۴۴، صص ۲۹-۷.

۷. فتاحی ابراهیم و صالحی پاک تهمینه، (۱۳۸۸): تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندانهای زمستانه ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۲۷-۱۳۶.
۸. قطره سامانی، سعید، (۱۳۸۳): تحلیل همدید شروع و خاتمه یخبندان در استان چهارمحال بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
۹. کاویانی، محمد رضا و علیجانی بهلول، (۱۳۷۸): مبانی آب و هواشناسی، تهران، انتشارات سمت.
۱۰. مجرد قره باغ، فیروز، (۱۳۷۶): تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذربایجان، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۱. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۵): زیج الگوی سی ساله الگوهای گردش تراز میانی جو ایران، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۲۱، ۵-۱.
۱۲. هژبرپور قاسم، علیجانی بهلول، (۱۳۸۶): تحلیل همدید یخبندان های استان اردبیل، جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان، (پیاپی ۱۰): ۸۹-۱۰۶.
13. -A.Khalili, H.Rahimi, Z. Agha Shariatmadari (2007): Validation of air freezing index (AFI), for determination of frost penetration depth in typical arid and semi-arid zones of Iran ,BIABAN (Desert Journal), 23-31.
14. A. Meehl, C. Tebaldi and D. Nychka (2004): Changes in frost days in simulations of twenty-first century climate, Climate Dynamics Journal, Springer Berlin/ Heidelberg, 495-511.
15. kiristi jylha, Stefan Fronzeki, Heikki Tuomenvirta, Timothy R. Carterand, Kimmo Ruosteenoja (2007): Changes In Frost, Snow and Baltic Sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe, Springer Netherlands, 441-462.
16. Ding, y and T. N krishnamurti (1987): "Heat Budget of the Siberian High and winter Monsoon" Monthly weather Review; vol. 115.
17. Vithkevich, V. I. (1963): "Agricultural Meteorology, Jerusalem; PP. 183-305.