

## تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان\*

B. Alijani, Ph.D  
Tarbiat Moallem University – Tehran  
M. Zahedi, Ph.D  
Tbriz University

### Statistical and synoptic analysis of Azarbaijan area rainfall

In order to study the rainfall of Azarbaijan area daily precipitation data of Tabriz station during the 1961-1995 period was obtained from the Meteorological Organization of Iran. The 12GMT surface and 500 hPa level data were extracted for the same period from the NCEP Reanalysis data of the Climatic Research Unit of the East Anglia University located in Norwich, England.

Analysis of the rain days showed that two-day sequences are the most frequent which are followed by the one-day sequences. The daily precipitation in most of the sequences was 1- 5 milimitres. Most of the one-day rains were occurred in the warm period but the longer rain periods were developed in the cold season of the year.

Surface daily weather maps were grouped according to the correlation method and then scrutinized subjectively. The procedure produced 11 final weather types. Three of these types are anticyclonic. The Zonal type was the most frequent and the Northwest Anticyclonic was the second. No significant change was observed in the weather types frequency during the study period.

**Key words:** Azarbaijan, Azarbaijan rainfall, synoptic analysis, statistical analysis, weather types, correlation classification, Tabriz

### خلاصه

به منظور مطالعه بارندگی های آذربایجان آمار روزانه بارش ایستگاه تبریز به عنوان نماینده منطقه آذربایجان در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۵ به صورت اصلاح شده از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. برای همین دوره آمار فشار ساعت ۱۲ گرینویچ در محدوده ۲۰ تا ۵۰ درجه شمالی و ۳۵ تا ۶۷/۵ درجه شرقی برای تلاقی های با فاصله ۲/۵ درجه برای سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپا سکال از اطلاعات بازسازی شده NCEP از مرکز پژوهش های اقلیم شناسی دانشگاه انگلیسای شرقی شهر نورویچ انگلستان تهیه گردید. بررسی آماری روزهای بارش نشان داد که توالی های دو روزه

\*- این مقاله نتیجه طرح پژوهشی است که با حمایت مالی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز انجام شده است.

بیشترین فراوانی را دارند و شدت بارش روزانه اکثر بارش ها ۱ تا ۵ میلی متر است. بیشتر بارش های یک روزه در دوره گرم سال رخ داده است. در صورتی که فصل فراوانی بارش های طولانی تر زمستان است. نقشه های هوای روزهای مورد مطالعه بررسی شد و با استفاده از روش همبستگی طبقه بندی شدند. در نهایت ۱۱ تیپ هوای مؤثر در بارش های تبریز شناسایی شد. از ۱۱ تیپ هوایی شناسایی شده سه تیپ ماهیت پر فشاری دارند. از نظر فراوانی تیپ مداری بیشترین فراوانی را دارد و بعد از آن تیپ پر فشار شمال غربی قرار دارد. در طول دوره مطالعه تغییرات معنی داری در فراوانی تیپ های هوایی مشاهده نشد.

**واژه های کلیدی:** آذربایجان، تحلیل آماری، تحلیل سینوپتیک، تیپ های هوایی، روش همبستگی، بارندگی آذربایجان، تبریز.

### مقدمه

اقلیم عبارت است از سنتز آماری هوا [۱] و هوا نیز توسط الگوهای فشار یا سیستم های هوا کنترل می شود [۲]. تکرار، تغییر یا تداوم سیستم های هوا در هر مکانی در تعیین و شناسایی اقلیم آن مکان اهمیتی به سزا دارد. تداوم و تغییر این سیستم ها از طریق فرآیند طبقه بندی یا تعیین تیپ های هوا، شناسایی می شوند. هر تیپ هوایی شرایط محیطی خاص خود را ایجاد می کند. برای مثال الگوهای سیکلونی عامل باران هستند و الگوهای آنتی سیکلونی سبب خشکسالی می شوند. مطالعات زیادی در زمینه اقلیم شناسی سینوپتیک و طبقه بندی اقلیم انجام شده است. کار لوند [۳] بهترین نمونه است. ایشان نقشه های هوای روزانه را براساس میزان همبستگی بین آن ها و با آستانه  $(r = 0.7)$  طبقه بندی نمود. رابطه الگوهای فشار و بارش در منطقه را نیز افراد متعددی مطالعه کرده اند [۴].

ایجاد بارش در هر منطقه ای به عامل صعود و هوای مرطوب بستگی دارد. عوامل صعود به سه گروه دینامیک، حرارتی و مکانیک تقسیم می شوند. عامل دینامیک حرکت عمودی حاصل از تغییرات چرخندگی است که خود ناشی از تغییرات الگوهای فشار و یا تیپ های هوا هستند. الگوهای فشار مسیر حرکت هوا و شدت آن را تعیین می کنند و از روی آن ها می توان شدت صعود، مقدار و منبع رطوبت ورودی را شناسایی کرد.

اقلیم شناسی سینوپتیک در ایران تقریباً جوان است و مطالعات فراوانی در این زمینه انجام نگرفته است. برای مثال علیجانی (۱۳۶۶) مسیرهای سیکلونی ایران را به صورت دستی تعیین نمود و نیز با همکاری هارمان [۵] سیستم های هوایی مؤثر در بارش ایران را شناسایی نمود. ایشان همچنین برای اولین بار بر اساس تغییرات چرخندگی، تیپ های هوایی مؤثر در بارندگی های منطقه تهران را شناسایی نمودند [۶]. محققان دیگری هم عوامل سینوپتیک بارش های

ایران را بررسی کرده‌اند. برای نمونه نجار سلیقه (۱۳۷۷) بارش‌های موسمی، عربی (۱۳۷۹) علت سینوپتیک رگبارهای تابستان، حسینی (۱۳۷۳) سیستم‌های سینوپتیک مسبب سیل‌های حبله رود را بررسی کرده‌اند. در تداوم پروژه‌های تحقیقاتی شناخت اقلیم ایران در این تحقیق تیپ‌های هوایی حاکم بر منطقه آذربایجان براساس روش همبستگی شناسایی شده و اثر آن‌ها در تغییرات مهم‌ترین عنصر اقلیمی یعنی بارش مطالعه شده است.

## داده‌ها و روش کار

به منظور شناسایی سیستم‌های فشار مؤثر در بارندگی آذربایجان، آمار بارندگی روزانه ایستگاه تبریز به عنوان ایستگاه نماینده منطقه در دوره ۹۵-۱۹۶۱ از سازمان هواشناسی کشور به صورت اصلاح شده تهیه گردید. این ایستگاه طولانی‌ترین دوره آماری را در بین ایستگاه‌های منطقه دارد. از بین روزهای بارش فقط روزهای با بارش یک میلی‌متر یا بیشتر انتخاب شدند. برای این که هدف این تحقیق شناسایی سیستم‌های سینوپتیک است و بارش‌های کمتر از یک میلی‌متر، ممکن است توسط عوامل محلی نیز رخ دهند که در مقیاس نقشه‌های سینوپتیک قابل تشخیص نیستند. پس از این که روزهای بارش انتخاب شدند، پراکندگی فشار ساعت ۱۲ گرینویچ سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در روزهای مذکور در محدوده ۲۰ تا ۵۰ درجه شمالی و ۳۵ تا ۶۷/۵ درجه شرقی برای تلافی‌های ۲/۵ درجه ای از اطلاعات فشار NCEP بازسازی شده توسط مرکز پژوهش‌های اقلیم شناسی دانشگاه انگلیای شرقی واقع در شهر نورویچ انگلستان استخراج گردید. در مجموع ۲۰۷۵ روز بارش بیشتر از یک میلی‌متر در دوره مطالعه شناسایی شد. بنابراین داده‌های فشار سطح زمین در محدوده مطالعه یک ماتریس ۲۰۷۵ ردیف (به تعداد روزهای بارش) در ۱۸۲ ستون (به تعداد تلافی‌های موجود در محدوده مطالعه) تشکیل دادند. نقشه منطقه مطالعه به همراه تلافی‌های ۲/۵ درجه ای و محل شهر تبریز در شکل ۱ نشان داده شده است.

## مراحل مطالعه

- ۱- از بین روزهای با بارش یک میلی‌متر و بیشتر تمام توالی‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ روزه استخراج شدند. این توالی‌ها به ترتیب A (یک روزه)، B, C, D, E, F, G, H, I (۹ روزه) نامیده شدند.
- ۲- برای هر کدام از توالی‌های استخراج شده در هر کدام از ماه‌های سال در طول دوره مطالعه، یک توالی با بالاترین بارش (حداقل یک روزه) استخراج شد. بدین ترتیب تعداد روزهای انتخابی برای توالی‌های یک روزه ۱۲ روز، ۶ روزه ۲۴ روز، و ۷ روزه ۸۴ روز می‌شود. این

- انتخاب بدان جهت انجام شد که سیستم‌های باران را در تمام سال منظور شوند. بدون انتخاب از هر ماه تقویمی ممکن بود فقط سیستم‌های بارش دوره سرد سال انتخاب شوند.
- ۳- داده‌های فشار سطح زمین هر روز براساس میانگین مکانی آن روز به نمرات استاندارد تبدیل شد. این تبدیل تغییرات فصلی داده‌ها را از بین برد. به عبارت دیگر مراکز پرفشار و کم فشار هر روز در مقایسه با خودش تعیین گردید.
- ۴- در روزهای انتخاب شده هر کدام از توالی‌ها، ضریب همبستگی بین پراکندگی فشار هر روز با روزهای دیگر و براساس نمرات استاندارد محاسبه گردید.
- ۵- روزهای هر کدام از توالی‌ها براساس ضرایب همبستگی بین آن‌ها و مطابق روش لوند (۱۹۶۳) گروه بندی شدند. به این صورت که ابتدا روزی که با روزهای بیشتری همبستگی  $0.8$  یا بیشتر داشت یک گروه شد. این گروه مثلاً در توالی‌های دو روزه  $B_1$  نامیده شد. پس از خارج کردن روزهای گروه  $B_1$ ، در بین روزهای باقیمانده روزی که با روزهای بیشتری ضریب همبستگی  $0.8$  یا بیشتر داشت با هم ادغام شده و گروه  $B_2$  را تشکیل دادند. این کار تا زمانی ادامه یافت که دیگر هیچ روزی با روز دیگر ضریب همبستگی  $0.8$  یا بیشتر نداشت. هر کدام از روزهای انفرادی باقیمانده نیز یک گروه تلقی شدند و به ترتیب گروه‌های  $B_3$  و ... نامگذاری شدند.
- ۶- میانگین فشار هر کدام از تلافی‌های منطقه مطالعه در روزهای ادغامی هر گروه محاسبه شد.
- ۷- همبستگی بین پراکندگی فشار گروه‌های به دست آمده محاسبه شد و براساس آستانه ضریب همبستگی  $0.7$ ، این گروه‌ها دوباره براساس روش لوند (۱۹۶۳) و به شرح بند ۵ طبقه‌بندی شدند. در این مرحله گروه‌های ادغامی جدید، به ترتیب مرحله تشکیل  $K_1$  تا  $K_n$  نامگذاری شدند. گروه‌های ادغام نشده هم با نام اولیه خود ماندند.
- ۸- میانگین فشار هر کدام از تلافی‌ها در روزهای هر گروه تشکیل شده در بند ۷ محاسبه شد و براساس این میانگین‌ها نقشه مرکب هر گروه ترسیم گردید.
- ۹- نقشه‌های مرکب ترسیم شده در بند ۸ بار دیگر به صورت چشمی مقایسه شدند و نقشه‌های مشابه با هم ادغام شدند. نقشه مرکب نهایی هر گروه یا الگو ترسیم گردید.
- ۱۰- شدت بارندگی و فراوانی ماهانه و سالانه هر کدام از الگوهای نهایی محاسبه گردید.
- ۱۱- نقشه‌های متوسط سطح  $500$  هکتوپاسکال هر کدام از الگوهای به دست آمده ترسیم شدند.

## نتایج

در دوره مطالعه ۱۹۶۱-۹۵ در شهر تبریز ۲۰۷۵ روز با بارش یک میلی‌متر و بیشتر رخ داده است. توزیع ماهانه این روزها در طول دوره در جدول ۱ و فراوانی آن‌ها بر اساس شدت در جدول ۲ درج شده‌اند.

جدول ۱ توزیع ماهانه روزهای بارش یک میلی متر و بیشتر در شهر تبریز در دوره ۹۵-۱۹۶۱

سال	D	N	O	S	A	J	M	A	M	F	J	ماه
۲۰۷۵	۱۹۳	۱۸۲	۱۸۰	۴۹	۲۵	۳۰	۱۳۱	۲۶۵	۳۳۲	۲۸۹	۱۹۵	۲۰۴
												فراوانی

جدول ۲ توزیع روزهای بارش یک میلی متر و بیشتر در شهر تبریز براساس شدت روزانه بارش در دوره ۹۵-۱۹۶۱

شدت بارش روزانه	۳۰/۱-۶۳	۲۵/۱-۳۰	۲۰/۱-۲۵	۱۵/۱-۲۰	۱۰/۱-۱۵	۵/۱-۱۰	۱-۵
فراوانی	۶	۱۱	۳۱	۶۱	۱۳۶	۳۸۴	۱۴۴۶
درصد			۱/۵	۳	۶/۵	۱۸/۵	۶۹/۷

طبق جدول ۱ بیشترین روزهای بارش در دوره سرد سال رخ داده است و طبق جدول ۲، روزهای بارش کمتر از ۱۰ میلی متر ۸۸ درصد کل روزها را شامل می شود. یعنی بیشتر روزهای بارش تبریز جزو روزهای ضعیف یا کم باران محسوب می شوند. در مقابل بارش های سنگین بسیار کم هستند. فقط در ۱۲ درصد از روزها در تبریز بارش سنگین مشاهده می شود. بالاترین بارش روزانه باریده شده در تبریز در دوره مطالعه ۶۳ میلی متر اندازه گیری شده است. متوسط روزانه دوره هم ۵ میلی متر است.

### توالی های بارش روزانه

توالی های مختلف روزهای بارش شهر تبریز در جدول ۳ درج شده اند. طبق این جدول بیشترین فراوانی روزهای بارش در توالی دو روزه است. بعد از آن توالی یک روزه و سپس توالی های سه روزه قرار دارد. فراوان تر بودن توالی های دو روزه بر حاکمیت بیشتر سیستم های سینوپتیک دلالت دارد. برای این که معمولاً سیستم های دینامیک عمر طولانی و وسعت بیشتری دارند. و در نتیجه ممکن است در هر مکانی بیشتر از یک روز اثر داشته باشند.

جدول ۳ توزیع روزهای بارش یک میلی متر و بیشتر تبریز براساس توالی های بارش

توالی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
تعداد ماه های سال	۱۲	۱۲	۱۰	۶	۶	۱	۲		۱		
جمع روزها	۵۰۲	۶۳۰	۴۳۲	۲۱۰	۱۳۵	۶۱	۵۹	۷	۱۳	۱۴	۱۲
بالاترین بارش روزانه	۳۲	۶۳	۵۳	۲۱	۲۴	۱۸	۱۷		۲۷		

توالی های ماهانه انتخاب شده برای هر کدام از ماه های سال در جدول ۴ درج شده اند. توالی های یک روزه و دو روزه در همه ماه ها مشاهده شده است. شدیدترین روزهای بارش همه توالی ها در توالی های یک و دو روزه مشاهده شده است؛ به استثنای توالی های ماه آوریل که جزو دوره های سه روزه بوده است. دوره های یک روزه بالاترین بارش های دوره گرم سال و بارش های

دو روزه بالاترین بارش‌های دوره سرد سال را به وجود آورده‌اند. چون بارش‌های یک روزه می‌تواند توسط همرفت‌های محلی هم ایجاد شوند. بنابراین امکان همرفت‌های محلی در دوره گرم سال بیشتر از دوره سرد سال است و در اثر شدت صعود و وجود رطوبت بارش‌های شدید را به وجود می‌آورد.

**جدول ۴** ماه‌های حدوث هر کدام از توالی‌های بارش به همراه بالاترین بارش روزانه آن‌ها

ماه توالی	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	جمع
روزه ۱	۱۵	۱۹	۲۲	۲۸	۳۰	۳۲	۱۵	۲۸	۲۳	۲۳/۳	۱۷	۱۲	۱۲
روزه ۲	۱۶	۲۳	۶۳	۳۱	۲۷	۱۸	۷	۶	۲۱	۲۳	۳۷	۲۹/۲	۱۲
روزه ۳	۱۲	۱۴	۲۸	۵۳	۲۰	۱۵	-	-	۱۵	۱۷	۲۱	۱۳	۱۰
روزه ۴	-	-	۲۱	۱۳	۱۹	-	-	-	-	۱۲/۶	۱۴	۱۱	۶
روزه ۵	-	۱۹	-	۲۴	-	۱۲	-	-	-	۱۹	۱۸	۱۲	۶
روزه ۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۹	۱
روزه ۷	-	-	۱۷	-	-	-	-	-	-	۱۷	-	-	۲
روزه ۹	-	-	-	۲۷	-	-	-	-	-	-	-	-	۱

اما بارش‌های دو روزه مطمئناً توسط عوامل دینامیکی شدید می‌شوند و این عوامل هم در دوره سرد سال فراوان‌تر و شدیدترند. توالی‌های سه روزه در دوره گرم سال مشاهده نشده‌اند که به جهت عدم ورود سیستم‌های دینامیک در این دوره از سال کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد. دوره‌های چهار و پنج روزه عمدتاً در پائیز و بهار مشاهده شده‌اند و در تابستان و زمستان حضور فعال نداشته‌اند. دلیل این فراوانی زمانی می‌تواند عدم حضور سیستم‌های دینامیک در دوره گرم سال و عدم امکان حدوث عامل همرفتی در دوره سرد سال باشد. اما در فصل‌های بهار و پاییز اجماع عوامل دینامیک و همرفتی ممکن است و در نتیجه سیستم‌های بارش دوره طولانی‌تری را ایجاد می‌کنند. دوره‌های طولانی‌تر از ۵ روز، بسیار نادر بوده و فقط در فصل‌های بهار و پاییز اتفاق افتاده‌اند. جدول ۴ نشان می‌دهد که بارش منطقه آذربایجان در زمستان از کمبود رطوبت و در تابستان از نبود عوامل دینامیک صعود صدمه می‌بیند و در دوره‌های معتدل سال بارش‌های طولانی‌تر را تجربه می‌کند. نکته مهم دیگری که از جدول ۴ استنباط می‌شود کاهش تدریجی شدت بارش روزانه با افزایش طول دوره بارش است. هر قدر طول مدت بارش بیشتر شود دلالت بر استقرار سیستم‌های دینامیکی چون موج‌های کوتاه یا متوسط است که شدت صعود کمتری دارند. اما در بارش‌های کوتاه مدت معمولاً عوامل همرفتی و دینامیک شدید دخالت دارند و در نتیجه شدت بارش نیز بیشتر است.

## تیپ‌های هوا

به منظور استخراج تیپ‌های فشار، همبستگی بین پراکندگی مکانی فشار سطح دریا در روزهای هر کدام از توالی‌ها محاسبه شد و براساس آستانه همبستگی  $0/8$  با هم ترکیب شدند. در نهایت ۶۹ تیپ حاصل شد. از آن جا که هر تیپ هوایی بایستی مستقل از تیپ‌های دیگر باشد، ضریب همبستگی بین پراکندگی فشار سطح زمین در روزهای ۶۹ تیپ هوایی به دست آمده محاسبه گردید و الگوهای که ضریب همبستگی بین آنها  $0/7$  و بیشتر بود با هم ادغام شدند. نتیجه این فرایند ایجاد ۲۶ الگوی فشار شد [۷].

ضریب همبستگی پراکندگی فشار تمام روزهای بارش یک میلی‌متر و بیشتر (۲۰۷۵ روز) با پراکندگی فشار ۲۶ الگوی به دست آمده محاسبه شد. براساس این همبستگی هر روز بارش جزو الگویی قرار گرفت که با آن بالاترین همبستگی را داشت. سپس میانگین فشار هر تیپ در تمام روزهای آن محاسبه شد و نقشه مرکب آن ترسیم گردید. بررسی این نقشه‌ها نشان داد که بعضی از تیپ‌ها علی‌رغم این که از نظر آماری همبستگی ندارند ولی از نظر آرایش ظاهری فشار، مشابه هستند. در نتیجه ضمن بررسی مجدد و مطابقت چشمی آن‌ها تیپ‌های مشابه ادغام شدند. تیپ‌های ادغام شده تیپ‌های نهایی هوای آذربایجان را تشکیل می‌دهند و در جدول ۵ نوشته شده‌اند.

جدول ۵ تیپ‌های نهایی هوای باران آور آذربایجان.

نشانه نهایی تیپ‌ها	نشانه قبلی تیپ‌ها	تیپ‌های ادغام شده	نام تیپ نهایی	فراوانی		شدت بارش روزانه به میلی‌متر
				۳/۷	۷۷	
EL	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub> , C <sub>3</sub>	کم فشار دراز شمال غربی - جنوب شرقی	۳/۷	۷۷	۵/۸
WH	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub> , B <sub>8</sub> , D <sub>8</sub>	پرفشار غربی	۴/۲	۸۸	۳/۷۵
SEL	C <sub>8</sub>		کم فشار جنوب شرقی	۴/۹	۱۰۵	۵/۵
SWL	D <sub>9</sub>		کم فشار جنوب غربی	۱/۳	۲۷	۵/۳
Z	K <sub>1</sub>		تیپ مداری	۳۸	۷۹۱	۴/۹
NWH	K <sub>2</sub>	K <sub>8</sub>	پرفشار شمال غربی	۱۵/۸	۳۲۸	۵
WL	K <sub>3</sub>		کم فشار غربی	۶/۲	۱۲۸	۵/۶
ZH	K <sub>4</sub>	D <sub>10</sub> , F <sub>4</sub> , G <sub>1</sub>	پرفشار مداری	۹	۱۸۸	۴/۴
IL	K <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , I <sub>2</sub>	کم فشار ایران	۹/۴	۱۹۶	۵
NL	K <sub>6</sub>	B <sub>5</sub> , G <sub>2</sub> , G <sub>6</sub>	کم فشار شمالی	۵/۵	۱۱۴	۶/۲
AZL	K <sub>7</sub>		کم فشار آذربایجان	۱/۶	۳۳	۵/۷

## نقشه‌های تیپ‌های هوا

تیپ‌های نهایی باران آور منطقه آذربایجان در شکل ۱ ترسیم شده‌اند و به شرح زیر بررسی می‌شوند. در این شکل ردیف بالا نقشه متوسط سطح زمین، و ردیف پایین نقشه متوسط سطح ۵۰۰

هکتوپاسکال می باشد.

### کم فشار دراز شمال غربی - جنوب شرقی

در این تیپ کل ایران به وسیله یک کم فشار زبانه ای شکل پوشیده شده است که از دریای سیاه تا جنوب شرقی ایران ادامه دارد. این منطقه کم فشار از سلول های مختلفی تشکیل شده است که در امتداد هم قرار دارند. پرفشار سبیری تا مرز شمال شرقی ایران گسترده شده است. منطقه عربستان و شرق دریای مدیترانه نیز زیر نفوذ یک پرفشار قرار دارد. هوای ایران در مجموع ناپایدار است. در آذربایجان بادهای شرقی می وزند. در کل دوره مطالعه فراوانی این تیپ کمتر از ۴ درصد است، ولی شدت بارش روزانه آن در بین همه تیپ ها قابل توجه و در واقع از همه تیپ های دیگر بیشتر است (جدول ۵). البته توجه به نقشه مرکب سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می دهد که فرودی بلند در شرق ترکیه و فرودی کوچک هم بر روی تبریز مستقر است. جمع این دو فرود سبب بارندگی شدید در این تیپ شده است.

### پرفشار غربی

در این تیپ زبانه ای از پرفشار مستقر در شرق مدیترانه به طرف شرق گسترش یافته و نیمه غربی ایران را از گرگان تا بندرعباس پوشانده است. نیمه شرقی ایران را منطقه کم فشار فرا گرفته است. فراوانی این تیپ در طول دوره مطالعه حدود ۴ درصد است و شدت بارش روزانه آن از همه تیپ ها کمتر است (جدول ۵). بارندگی این تیپ در واقع بر اثر جبهه های سرد سیکلون های مهاجر غربی تولید می شود که از منطقه عبور کرده اند و ابرهای باقی مانده از جبهه سرد ایجاد بارندگی می کنند. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال محور فرودی عمیق از آذربایجان می گذرد و شهر تبریز در پشت محور این فرود و در محل ریزش باران های شمال غربی واقع شده است. این قسمت از فرود محل ریزش باران ملایم است.

### کم فشار جنوب شرقی

این تیپ گسترش کم فشار را از جنوب شرقی تا شمال غرب ایران نشان می دهد. شیب فشار در این تیپ به طرف شمال شرقی خیلی بیشتر از طرف شمال غربی است. تمام ایران تقریباً زیر هوای ناپایدار است. در این تیپ شهر تبریز در پشت سیکلون مهاجر غربی قرار گرفته است. بارندگی های منطقه که از شدت روزانه قابل توجهی برخوردار است از آثار جبهه سرد این سیکلون مهاجر است. فرود این کم فشار در سطوح ۵۰۰ هکتوپاسکال ضعیف تر از دو تیپ قبلی



است و محور آن از آذربایجان می گذرد. شدت روزانه بارش های این تیپ حدود ۵ میلی متر و فراوانی آن حدود ۵/۵ درصد است.

### کم فشار جنوب غربی

در این تیپ مرکز کم فشار در شمال ایران قرار دارد ولی زبانهای به طرف جنوب غربی تا دریای سرخ کشیده شده است. می توان چنین تصور کرد که در زمان وقوع این تیپ کم فشارهای غربی با کم فشارهای سودان ترکیب شده اند. فراوانی این تیپ بسیار کم است و در واقع کمترین درصد فراوانی (۱/۳ درصد) را به خود اختصاص داده است. اما شدت بارش روزانه آن قابل توجه است (جدول ۵). فرود سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این تیپ نسبتاً قوی و عمیق است و محور آن از روی عراق عبور می کند. پرفشار سبیری در شمال شرق منطقه مطالعه با شیب فشار زیاد مستقر شده است.

### مداری

متداول ترین تیپ باران آور منطقه آذربایجان است. در نقشه هوایی سطح زمین منحنی های هم فشار تقریباً موازی مدارات هستند و مرکز پرفشار سبیری تقریباً در شمال دریای خزر قرار دارد. نیمه جنوبی ایران تقریباً زیر یک سیستم فرابار قرار دارد، در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز حالت مداری حاکم است. فقط فرود کم عمق بر روی ترکیه و سوریه مستقر است. در ۳۸ درصد از روزهای بارش ایستگاه تبریز این تیپ فشار مستقر است. شدت بارندگی روزانه نیز به طور متوسط ۴/۹ میلی متر است. فراوانی نسبتاً زیاد این تیپ در طول هر ده مطالعه نشان می دهد که در بیشتر روزها یک الگوی فشار مداری بر منطقه حاکم است. به این صورت که عرض های بالاتر به جهت مایل بودن ارتفاع خورشید انرژی کمتر می گیرند و یا عرض های پایین تر از تابش بیشتری برخوردار هستند. در این گونه موارد سامانه های غربی چرخندی اولاً کمتر تولید می شوند و ثانیاً با سرعت زیاد حرکت می کنند.

### پرفشار شمال غربی

در این تیپ یک مرکز پرفشار قوی دریای خزر مستقر شده است که به طرف ایران گسترش یافته و آذربایجان را فرا گرفته است. مرکز کم فشاری هم از جنوب شرقی وارد ایران شده است. سیستم پرفشار سبب شده است که بادهای سرد شمالی و شمال شرقی در آذربایجان بوزند. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز فرودی به طور مورب در منطقه مستقر شده است. به طوری که محور آن از شمال شرقی دریای خزر تا عراق کشیده شده است. جریان های عقب این فرود تشکیل پرفشار شمال دریای سیاه را تقویت کرده است. این تیپ با متوسط بارش روزانه ۵ میلی متر در

حدود ۱۶ درصد از دوره مطالعه اتفاق افتاده است. آرایش منحنی‌های هم‌فشار این تپ در سطح زمین استقرار یک جبهه ساکن در مرکز ایران را در جهت شمال شرقی - جنوب غربی نشان می‌دهد.

### کم‌فشار غربی

در این تپ پرفشار سبیری بسیار گسترده و قوی شده است. در نتیجه کم‌فشار مهاجر غربی بر روی ترکیه باقی‌مانده و زبانه‌هایی به طرف آذربایجان و عربستان ارسال کرده است. شدت بارش روزانه این تپ ۵/۶ میلی‌متر و فراوانی آن ۶/۲ درصد در طول دوره مطالعه است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، فرازی قابل توجه بر ایران مستولی شده و فرودهای کم‌فشار سطح زمین بر روی ترکیه مستقر است. به طوری که محور آن از دریای سیاه تا خلیج فارس امتداد دارد. در مقایسه با تپ کم‌فشار جنوب غربی می‌توان گفت که این دو تپ به صورت متوالی اتفاق می‌افتند. یعنی در روز اول تپ کم‌فشار غربی و در روز بعد تپ کم‌فشار جنوب غربی رخ می‌دهد. جا به جایی فرود سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هم چنین نظریه‌ای را تأیید می‌کند.

### پرفشار مداری

در این تپ یک پرفشار دراز زبانه‌ای شکل بر روی دریای سیاه تا دریای خزر تشکیل شده است. منحنی‌های هم‌فشار مداری جنوب این پرفشار، سبب وزش بادهای شرقی و جنوب شرقی در آذربایجان شده‌اند. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هم وجود شیب بسیار کم بین منحنی‌های هم‌ارتفاع و فرود شمال دریای خزر، وجود این الگوی سطح زمین را تأیید می‌کند. از نظر فراوانی حدوث، با ۹ درصد در درجه چهارم قرار دارد. در واقع پرفشار مداری این تپ، پیشروی پرفشارهای مهاجر اروپا را به طرف مشرق نشان می‌دهد. از طرف دیگر هم حالت مانع خوبی را نشان می‌دهد که بر منطقه قفقاز حاکم گردیده بادهای غربی را دو شاخه نموده است. با توجه به این ویژگی‌ها شدت بارندگی روزانه این تپ کمتر شده به ۴/۴ میلی‌متر رسیده است. این تپ هوایی نیز وجود جبهه ساکن را بر دامنه‌های جنوبی البرز تأیید می‌کند.

### کم‌فشار ایران

در این تپ هوایی یک مرکز کم‌فشار تمام ایران را پوشانده است به طوری که تبریز در حاشیه شمالی آن قرار دارد. فراوانی حدوث این تپ ۹/۴ درصد و شدت بارش روزانه آن ۵ میلی‌متر است. این تپ در واقع روزی را نشان می‌دهد که کم‌فشار غربی از روی ترکیه حرکت کرده و به مرکز ایران رسیده است. شهر تبریز نیز از موقعیت جلو کم‌فشار به وضعیت پشت کم‌فشار تغییر یافته است. نقشه‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود فرودی قوی را نشان می‌دهد که

محور آن تقریباً بر مرز غربی ایران منطبق است. آرایش این فرود استقرار کم فشار بر روی ایران را تأیید می کند.

### کم فشار شمالی

آرایش فشار سطح زمین ورود یک کم فشار از شمال منطقه را نشان می دهد که تا مرکز ایران گسترده شده است. این کم فشار قوی تر از همه کم فشارهای بارانزا در منطقه آذربایجان است. تقریباً تمام منطقه مطالعه زیر نفوذ این سیستم می باشد. متوسط بارندگی روزانه این سامانه بیشتر از همه تپ‌های هوا و در حدود  $6/2$  میلی متر است. فراوانی حدوث آن  $5/5$  درصد از کل روزهای بارش را در بر می گیرد (جدول ۵).

در سطح  $500$  هکتوپاسکال هم فرود به وجود آورنده این سیکلون قوی تر از همه تپ‌های دیگر است. محور فرود از شمال دریای سیاه تا کویت کشیده شده است.

### کم فشار آذربایجان

در روزهای استقرار این تپ تمام ایران زیر سلطه سامانه‌های کم فشار قرار دارد. اما این سامانه‌ها به صورت سلول‌های جدا از هم قرار دارند. یک مرکز کم فشار با کمترین مقدار فشار مرکزی بر روی آذربایجان بسته شده و سلول دیگری در مرز شرقی ایران قرار دارد. یک پرفشار قوی در منطقه شمال دریا‌های خزر و سیاه تشکیل شده است. تشکیل یک مرکز کم فشار بسته بر روی آذربایجان بارش‌های نسبتاً زیاد در تبریز ایجاد کرده است. به طوری که متوسط روزانه آن‌ها  $5/7$  میلی متر است (جدول ۵). اما از نظر فراوانی در روزهای کمتری رخ داده است. فراوانی آن در طول دوره مطالعه  $1/6$  درصد است. در سطح  $500$  هکتوپاسکال فرود قابل توجهی در غرب ایران وجود دارد که محور آن از سوریه می گذرد و سبب تشکیل کم فشار آذربایجان شده است.

### فراوانی ماهانه تپ‌های هوا

نمودارهای ردیف بالای شکل ۲ فراوانی ماهانه تپ‌های هوا را نشان می دهند. این نمودار به عبارت دیگر فراوانی روزهای بارش یک میلی متر و بیشتر را در کل دوره مطالعه نشان می دهد. بیشترین روزهای بارش به ترتیب در ماه‌های آوریل، مارس، و مه اتفاق افتاده است. در مقابل ماه‌های دوره گرم سال یعنی ژوئیه تا سپتامبر کمترین تعداد روزهای بارش را نشان داده‌اند. از نظر توزیع فصلی هم روزهای بارش فصل بهار بیشتر از همه فصول دیگر است.

تپ کم فشار زبانه‌ای بیشترین فراوانی را در آوریل و بعد از آن در ماه دسامبر دارد. در ماه‌های دوره گرم سال تقریباً اتفاق نیفتاده است. فراوانی ماهانه پرفشار غربی نیز همانند تپ

کم فشار زبانه‌ای است با این تفاوت که ماه بیشینه فراوانی آن، ماه نوامبر است. یعنی این که این تیپ در پاییز بیشتر اتفاق می افتد، که کاملاً طبیعی است برای این که کم فشارها در بهار و پرفشارها در پاییز فراوان ترند. تیپ‌های کم فشار جنوب شرقی و جنوب غربی بیشترین فراوانی خود را در فصل بهار دارند. تیپ کم فشار جنوب غربی از مارس تا ژوئن بالاترین فراوانی را دارد. فراوانی تیپ جنوب غربی در تمام ماه‌های دوره سرد سال کم و یکنواخت است. فقط ماه مارس با ماه‌های دیگر فرق چشمگیری دارد.

تیپ مداری فراوان‌ترین تیپ باران‌زای آذربایجان است. توزیع ماهانه آن همانند توزیع ماهانه کل روزهای بارش است. بیشترین فراوانی آن در ماه مارس و در فصل بهار است. در نیمه دوم سال ماه اکتبر بیشترین فراوانی را دارد. برای این که اکتبر تقریباً ماه انتقالی بین الگوهای نیمه گرم و نیمه سرد سال است و سامانه‌های اصلی هنوز به ایران وارد نشده‌اند ولی بادهای غربی وارد کشور شده‌اند. افزایش روزهای بارش دوباره در مرحله عقب نشینی بادهای غربی و رسیدن مجدد جبهه قطبی به آذربایجان شروع می شود.

تیپ پرفشار شمال غربی بر خلاف همه تیپ‌های دیگر بیشترین فراوانی خود را در ماه ژوئن دارد و از نظر فصلی هم در دوره اواخر بهار و اوایل تابستان فراوان‌تر است. فراوانی این تیپ در واقع انعکاسی از عقب نشینی بادهای غربی و سردتر شدن دریای مدیترانه است. در اواخر بهار فرود مدیترانه تقریباً ضعیف شده است و در مقابل فرود آسیا در امتداد نصف النهار ۸۰ درجه شرقی خود را نشان می دهد. این شرایط باعث می شود که پرفشار روی زمین در محدوده قفقاز تشکیل شود. ریزش هوای سرد در حاشیه شرقی این سیستم بر روی آذربایجان شیب حرارتی را بالا می برد سبب صعود بارش می گردد.

تیپ کم فشار غربی بیشینه فراوانی خود را در زمستان ایجاد کرده است و ماه ژانویه بالاترین حدوث را نشان می دهد. در دوره گرم سال اصلاً مشاهده نشده است. برای این که بادهای غربی در تابستان کلاً ایران را ترک کرده‌اند و اگر هم گاه گاهی به آذربایجان وارد شوند قدرت تولید سیکلون را ندارند.

تیپ پرفشار مداری همانند پرفشار شمال غربی در ماه اکتبر بالاترین فراوانی را دارد و این نظریه را که پرفشارها در پاییز فراوان‌ترند، تایید می کند. ماه اکتبر را می توان ماه آغاز دوره سرد سال دانست. در این ماه رودباد جبهه قطبی بادهای غربی در جایی قرار دارد که پرفشارهای جنوب آن از منطقه دریای سیاه و دریای خزر عبور می کند ولی سیکلون‌های شمال آن هنوز به ایران نرسیده‌اند. تیپ کم فشار ایران هم بیشترین فراوانی خود را در فصل بهار و به ویژه در ماه آوریل نشان می دهد. در این ماه در اکثر نقاط ایران گرمایش سطح زمین به عامل صعود دینامیک بادهای غربی در حال عقب نشینی کمک می کند و در نتیجه عامل صعود فراوان‌تر و شدیدتر می گردد.

این تیپ هوایی تنها تپیی است که در تمام دوره گرم سال تداوم دارد. چون در اکثر ماه‌های سال در قسمت‌های مرکزی ایران کم فشار (دینامیک یا حرارتی) مشاهده می‌شود. تیپ کم فشار شمالی بیشینه زمستانه دارد و در ماه دسامبر بالاترین فراوانی را نشان می‌دهد. برای این که در ماه دسامبر هنوز سامانه‌های غربی از دریای خزر عبور می‌کنند و فقط دنباله آن‌ها به صورت زبانه‌ای به ایران کشیده می‌شود. کم فشار آذربایجان همانند اکثر تیپ‌های هوایی در ماه آوریل بیشترین فراوانی را دارد و در فصول دیگر سال کمترین مقدار را دارد.

### فراوانی سالانه تیپ‌های هوا

فراوانی سالانه تیپ‌های هوا در نمودارهای ردیف پایین شکل ۲ نمایش داده شده است. فراوانی سالانه در واقع تغییرات سال به سال روزهای بارش شهر تبریز را نشان می‌دهد. براساس این نمودار تغییر چندانی در طول دوره به چشم نمی‌خورد. هیچ کدام از تیپ‌ها تغییر معنی داری در کل دوره نشان نمی‌دهند. به عبارت دیگر در طول دوره مطالعه آثاری از تغییر اقلیم مشاهده نمی‌شود.

### یافته‌های تحقیق

تحلیل آماری و سینوپتیکی روزهای بارانی آذربایجان یافته‌های زیر را به دست داده است:

۱- تیپ هوایی متداول ایجاد باران در منطقه آذربایجان تیپ مداری است. طبق این تیپ سرزمین‌های اطراف دریای خزر را هوای سرد و ایران را هوای گرم فرا گرفته است. شیب تغییرات فشار و تغییرات دما بین شمال و جنوب شدید است. چنین ویژگی برای موقعیت آذربایجان و یا ایران دور از حقیقت نیست. برای این که اولاً ایران در منطقه انتقالی بین رژیم‌های حاره و برون حاره قرار دارد و طبیعی است که بیشتر وقت‌ها شرایط انتقالی بر آن حاکم باشد. ثانیاً تجربه بر روی الگوهای سینوپتیک بارش‌های ایران نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل در بارش‌های ایران شیب شدید حرارت و یا فشار است. هر زمان و در هر مکانی که شیب حرارتی شدیدتر باشد بارندگی شدیدتر است. در تیپ مداری شیب تغییرات دما و فشار در منطقه آذربایجان شدیدتر از همه تیپ‌های دیگر است. در چنین مواردی وجود یک فرود در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال کافی است که هوای مرطوب و ناپایدار سطح زمین را صعود دهد و ایجاد بارش نماید.

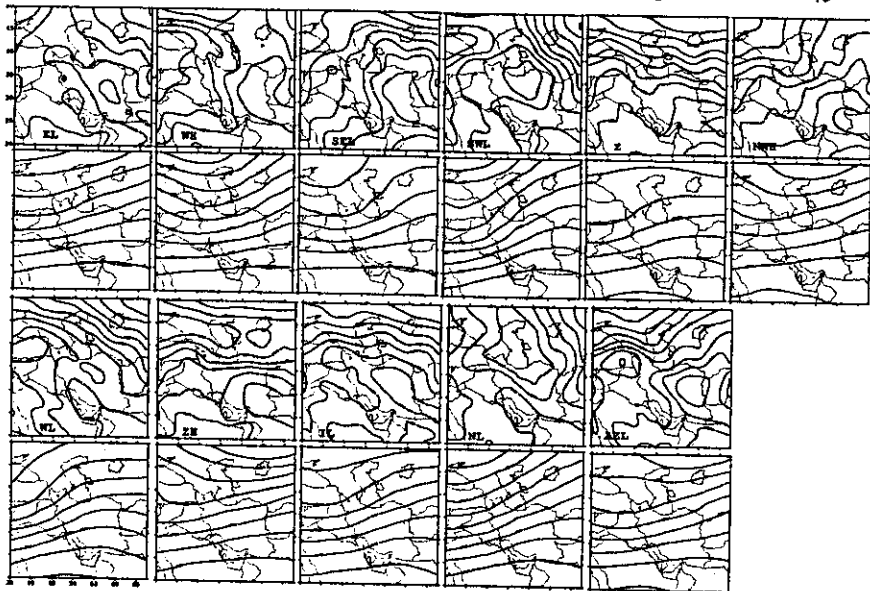
۲- فراوان‌ترین توالی‌های بارش منطقه، توالی‌های دو روزه و سه روزه است که حاکی از دینامیک بودن عامل بارش در منطقه است. همان طور که توزیع ماهانه روزهای بارش و یا تیپ‌های هوا نشان می‌دهد، بیشتر بارش‌ها در دوره سرد سال اتفاق می‌افتد که ماهیت دینامیک دارند. سیستم‌های دینامیک و سینوپتیک معمولاً چند روز دوام دارند. در نتیجه می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل صعود یا تیپ فشار ایجاد باران الگوهای سینوپتیک است.

۳- بارش های یک روزه در دوره گرم سال بیشتر از ماه های سرد سال بوده اند. برای این که ماهیت اغلب این بارش ها همرفتی است و بارش های همرفتی نیز در دوره گرم سال فراوان ترند.

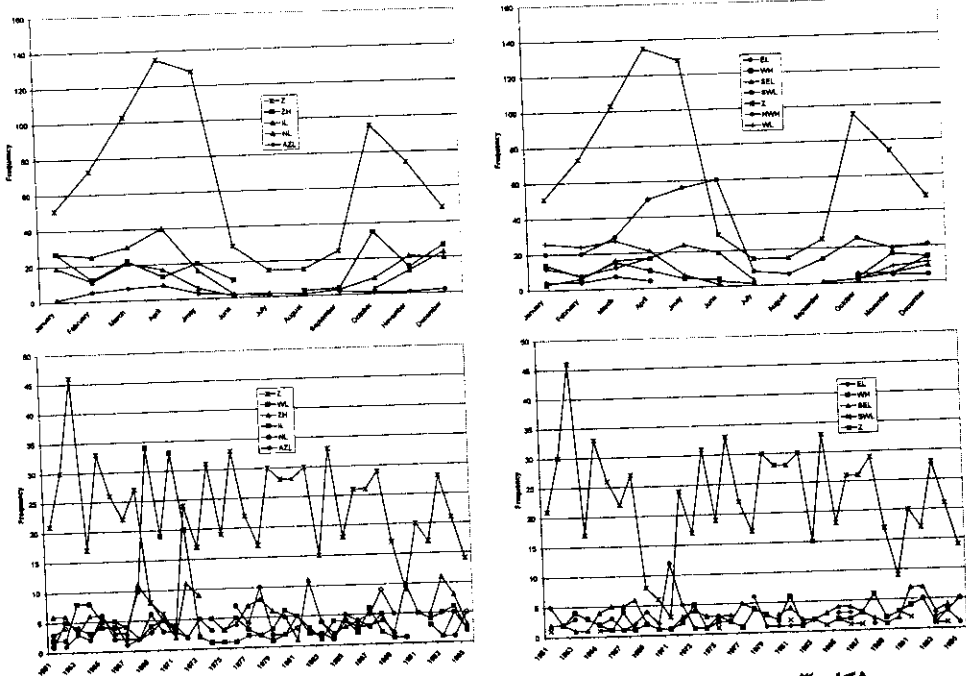
۴- اکثر تپ های هوا جایگاه کم فشارهای غربی را در مسیر آن ها نشان می دهند. برای مثال این کم فشار یا از بیرون از ایران عبور می کند و زبان های آن به آذربایجان کشیده شده است، یا بر روی عراق مستقر است و تبریز در جلو آن قرار دارد. یا این که از آذربایجان می گذرد و تبریز در پشت آن قرار می گیرد. بعضی وقت ها هم این کم فشار از جنوب عبور می کند و تبریز در شمال آن واقع می شود. به عبارت کلی می توان گفت که بعد از تپ مداری این سیکلون های غربی است که در مسیر حرکت خود به طرف شرق، بارش های تبریز را سبب می شوند.

۵- از یازده تپ هوای باران زا سه تپ پرفشار هستند. باید یاد آور شد که این پرفشارها تبریز را کاملاً فرا نگرفته اند. در هر سه حالت تبریز در حاشیه این پرفشارها قرار دارد. نقش پرفشارها عمدتاً ریزش هوای سرد به آذربایجان و تشدید شیب حرارتی منطقه است.

۶- بررسی نقشه های سطح زمین و مقایسه آن ها با سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می دهد که مهم ترین عامل صعود و بارش شدت و محل فرود سطح بالا است که در صورت شدت زیاد بر روی زمین کم فشار ایجاد می کند و در صورت ضعیف بودن هم باز به شرط وجود شیب حرارتی شدید در سطح زمین سبب صعود می شود. در تمام موارد کم فشار سطح زمین در جلو فرود سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ایجاد می شود.



شکل ۱ نقشه های مرکب سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تپ های هوایی نهایی. نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هر کدام از تپ های هوایی در زیر خودش قرار دارد. برای توضیح نشانه های لاتین نقشه ها به جدول ۵ مراجعه شود.



شکل ۳ نمودارهای تغییرات ماهانه (ردیف بالا) و سالانه (ردیف پایین) تیپ‌های هوا.

### پی‌نوشت‌ها

- 1- Oliver & Fairbridge, 1987.
- 2- Davis & Kalkstine, 1990.
- 3- Lund, 1963.
- 4- J acobite, 1987.
- 5- Alijani & Harman, 1985.

۶- علیجانی، ۱۳۸۰.

- 7- Lund, 1963.

### منابع و مآخذ

- ۱- امام هادی، ماندانا، ۱۳۸۰: «تعیین سینوپتیکی توده‌های هوا در دوره سرد سال در ایران»، رساله دوره دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی تهران.
- ۲- چوخابی زاده مقدم، محمد باقر، ۱۳۷۶: «بررسی الگوهای سینوپتیکی فرابار سیبری و اثرات آن بر دمای شمال شرق ایران»، رساله دوره دکتری، دانشگاه تهران.
- ۳- حسینی، سید علی اصغر، ۱۳۷۳: «بررسی عوامل آب و هوایی موثر در طغیان‌های حوزه حله رود»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- ۴ - حیدری، حسن - بهلول علیجانی، ۱۳۷۸: «طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره»، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۷: صص: ۷۴-۵۷.
- ۵ - عربی، زهرا، ۱۳۷۹: «تحلیل و ارایه الگوهای سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر فصل تابستان ایران»، رساله دوره دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶ - علیجانی، بهلول، ۱۳۶۶: «رابطه پراکندگی مکانی مسیرهای سیکلونی خاورمیانه با سیستم‌های هوایی سطح بالا، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴: صص ۱۴۳-۱۲۵.
- ۷ - علیجانی، بهلول، ۱۳۸۰: «شناسایی تیپ‌های هوایی باران‌آور تهران بر اساس محاسبه چرخندگی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۶۳-۶۴، صص ۱۱۴-۱۳۲.
- ۸ - نجار سلیقه، محمد، ۱۳۷۷: «بررسی سینوپتیکی بارش‌های موسمی جنوب شرقی ایران»، رساله دوره دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.

- 9- Alijani, B. 2002. "Variations of 500 hPa flow patterns and their relationship with the climate of Iran". *Theoretical and applied climatology*, 72: 41-52.
- 10- Alijani, B., and Harman J.R. 1985. "Synoptic climatology of precipitation in Iran". *Annals of Association of American Geographers*, 75: 404 - 416.
- 11- Davis R, Kalkstein L (1990) "Development of an automated spatial synoptic climatological classification". *International Journal of Climatology* 10: 769-794.
- 12- Jacokbeit, J. 1987. "Variations of trough positions and precipitation patterns in the Mediterranean area". *International Journal of Climatology* 7: 453-476.
- 13- Lund, I A. 1963. "Map pattern classification by statistical methods". *Journal of Applied Meteorology* 2: 56-65
- 14- Oliver JE, and Fairbridge RW (eds) (1987) *The Encyclopedia of climatolog*. VAN Nostran Reinhold Book: New York