

جغرافیا و توسعه شماره ۳۵ تابستان ۱۳۹۳

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۲۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۳/۱۰

صفحات: ۸۳-۹۶

## بررسی همدیدی کنش‌های چرخندی ترازهای مختلف جوی ایران در سال ۱۳۶۹

دکتر محمود خسروی<sup>۱</sup>، دکتر سعید موحدی<sup>۲</sup>، سید کرامت هاشمی‌عنا<sup>۳</sup>، بهروز حیدری<sup>۴</sup>

### چکیده

پژوهش حاضر به بررسی همدیدی کنش‌های چرخندی در ترازهای مختلف جوی ایران پرداخته است. مناطق چرخندزایی و مسیرهای حرکتی آن‌ها را می‌توان توسط الگوریتم‌های مشخصی تعیین کرد. این پژوهش در راستای شناسایی موقعیت زمانی و مکانی چرخندهای تأثیرگذار بر ایران در مقیاس ماهانه و فصلی انجام شده است. برای شناسایی چرخندها، داده‌های ۶ ساعته‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل (HGT) تراز ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال برای مختصات ۳۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی و ۰ تا ۸۰ درجه شمالی برای سال ۱۳۶۹ از پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR استخراج گردید. با بررسی آماری چرخندهای ترازهای مختلف این نتایج به دست آمد: تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ۲۲۸۴ چرخند در سال ۱۳۶۹ در کل محدوده‌ی مورد مطالعه بیشترین تعداد چرخند را بین همه‌ی ترازها داشته و کمترین فراوانی نیز مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بوده که تنها ۹۹۰ چرخند را داشته است. بطور کلی در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دوره اوج فعالیت چرخندهای مدیترانه‌ای آذر و بهمن‌ماه بوده است و در کل دوره‌ی سرد سال بر روی کشور ایتالیا یک مرکز چرخندی وجود داشته است. مرکز چرخندی دوم در شرق ایتالیا از یونان تا قبرس کشیده شده است. در فصل زمستان مراکز چرخندزایی ایتالیا به نیمه شرقی دریا و روی قبرس، سوریه و ترکیه منتقل می‌شود. این مکان‌ها کانون‌های اصلی چرخندزایی فصل زمستان را تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی به نظر می‌رسد محدوده‌ی گسترش چرخندهای دینامیکی از تراز ۵۰۰ تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد و تنها در حالتی که چرخندی خیلی قوی باشد در ترازهای پایین‌تر از ۷۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. کلیدواژه‌ها: چرخند، ارتفاع ژئوپتانسیل، همدید، یاخته، مدیترانه، ایران.

khosravi@gep.usb.ac.ir  
s.movahedi@geo.ui.ac.ir  
K.hashemi@usb.ac.ir  
b.h1363@yahoo.com

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

۳- دانشجوی دکترای اقلیم و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسؤول)

۴- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

## مقدمه

شناسایی موقعیت و شدت مسیرهای سیکلونی از اهمیت فراوانی برای اجتماعات بشری برخوردار است. جهت روشن تر شدن اهمیت موضوع به ذکر مواردی پرداخته می شود، برای مثال بادهای جنوب غربی در جلوی چرخندهای عرضهای میانه اغلب با هوایی تعدیل شده و درجه حرارت های تعدیل شده همراه هستند و این در حالی است که سیکلون های شدید ممکن است با تندبادهای سهمگین و بارش سنگین همراه باشند از سویی دیگر پدیده و اچرخند شرایط هوایی آرام با درجه حرارت های حداکثر را در پی دارد (گرما در تابستان، سرما در زمستان) لذا بخش های اقتصادی از جمله کشاورزی و صنعت بیمه، پیش بینی های هوایی طولانی مدت مناطق را از روی دوره های زمانی کوتاه مدت به سختی پذیرا می شوند. ژائوژین و همکاران (۲۰۰۷)، معتقدند که شناسایی مناطق چرخندزایی می تواند به ما در آشکارسازی رفتارهایی که این چرخندها در مقیاس های ماهانه و فصلی از خود نشان می دهند به لحاظ شدت آنها در زمان شکل گیری و تأثیر منطقه چرخندزایی بر ویژگی های بارشی آنها کمک کند (Xiaojie Zhu Jilin Sun et al, 2007: 34-53).

## پیشینه

آلپرت و همکاران (۱۹۹۰)، در مقاله ای با عنوان تغییرات ماهانه مسیرهای چرخندی در مدیترانه به محاسبه برون سوی مسیرهای ماهانه چرخندها در مدیترانه پرداخته اند، به نظر می رسد تغییرات ماهانه در هر یک از فصول خیلی مهم می باشند که مخصوصاً در دسامبر - ژانویه، آوریل - می و جون - جولای محسوس می باشند. در این مقاله آلپرت و همکاران به این نتایج می رسند که مسیرهای چرخندی منطقه مدیترانه تغییرات ماهانه معناداری را نشان می دهند و بین گذار فصلی دسامبر - ژانویه و آوریل - می و ژوئن - جولای این

تغییرات ماهانه در بین تصاویر فصلی گم می شود. برای مثال مسیر چرخندی از دریای اژه تا دریای سیاه اغلب در ژانویه مهم است اما در دسامبر و فوریه قدری ضعیف تر می شود (Alpert et al, 1990: 1474-1478).

بلندر و اسچوبرت (۱۹۹۹)، در مقاله ای با عنوان تفکیک زمانی و مکانی مسیرهای گوناگون چرخندی، چگونگی ارتباط مسیرهای چرخندها با مدل های خروجی را به وسیله استفاده از نقشه های تهیه شده از مجموعه داده های واکاوی شده (۱۲۵×۱۲۵×۱ و ۲h) در مکان ها (تابع مثلثی) و زمان های مختلف تعیین کرده اند، سه دسته مقایسه برای مطالعه ی تأثیر افزایش زمانی، مکانی و تحلیل مکانی زمانی آنها انجام شده است. مشخص شد که با داده های ۲۴ منطقه فقط حدود ۴۵ درصد از چرخندها را در سری های زمانی ۲

ساعته می توان شناسایی نمود

(Blender & Schubert, 1999: 18-29)

مهمت کاراکا و همکاران (۲۰۰۰)، در مقاله ای با عنوان تغییرپذیری مسیرهای چرخندی بر روی ترکیه همراه با اقلیم منطقه ای این گونه عنوان می کنند که یک مجموعه از فراوانی های چرخندی تهیه گردیده و مسیرهای غالب چرخندی در یک ناحیه از جهان که قبل به طور دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته استخراج شده است. تحلیل ها آشکار نمود که تأثیرات آنها در پنج مسیر غالب صورت می گیرد بررسی تغییرات فصلی فراوانی چرخندها نشان می دهد که بالاترین مقادیر چرخندها در زمستان اتفاق می افتد تغییرات عرض جغرافیایی رودباد جنب حاره به وسیله ی رگرسیون چندمتغیره شامل تعداد چرخندها، تعداد وقوع پرفشارهای مهاجر پایدار مدیترانه، گسترش پرفشار آزر و دوره های آنها مطالعه شده است

(Mehmet Karaca et al, 2000: 20)

نمونه هایی از این قبیل تلاش ها در مقاله هایی توسط روس مورای و سیموندز (۱۹۹۱)، مارک سنکлер (۱۹۹۷)،

ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (HGT) برای مختصات ۳۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی و ۰ تا ۸۰ درجه شمالی برای سال ۱۳۶۹ از پایگاه اقلیمی CEP/NCAR استخراج گردید. محدوده‌ی مذکور به‌گونه‌ای انتخاب شده تا حداکثر مراکز چرخندی که با توجه به مطالعات اقلیمی گذشته، بر اقلیم ایران تأثیرگذار هستند را در برگیرد. درجه تفکیک داده‌ها ۲/۵×۲/۵ و تعداد کل یاخته‌های ما ۱۴۸۵ یاخته در کل محدوده‌ی مورد مطالعه است (شکل ۱).

واحد اندازه‌گیری ارتفاع ژئوپتانسیل، ژئوپتانسیل متر، و دقت اندازه‌گیری ۱ متر است. در این پژوهش از داده‌های شش‌ساعته استفاده شد و چون در این روش هر ۲۴ ساعت چهار دیده‌بانی دارد تعداد کل این دیده‌بانی‌ها در سال ۱۳۶۹ برابر با ۱۴۶۰ دیده‌بانی بوده است. داده‌های مربوط به زمان که ۱۴۶۰ داده می‌باشد بر روی سطرها و داده‌های مکانی که ۱۴۸۵ داده می‌باشد بر روی ستون‌ها قرار می‌گیرد، که از ضرب این دو تعداد کل داده‌ها به‌دست می‌آید.

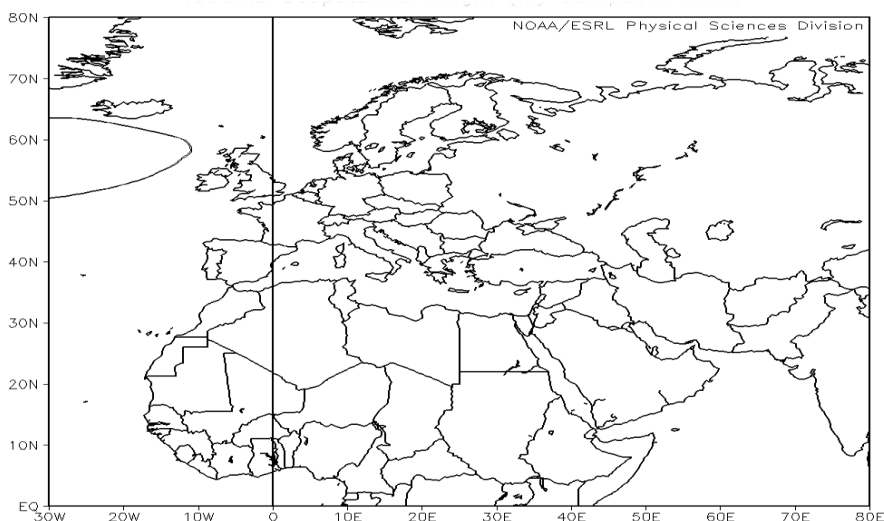
آلپرت و اوسیتینکسی (۲۰۰۴)، پیکرنل و همکاران (۲۰۰۱)، سی‌سی رابیل و همکاران (۲۰۰۸)، ژوان کامپینز و همکاران (۲۰۰۶)، اسپانوس و همکاران (۲۰۰۳)، فلوکاس و همکاران (۲۰۰۱)، ماهراس و فلوکاس (۲۰۰۲) انجام گردیده است

(*Ross Murray & Simmonds, 1991:39-67*), (*Mark R.Sinclair, 1997: 56-72*), (*Alpert & osetinsky, 2004:587-596*), (*picornell et al, 2001:335-354*), (*C.C.Raible et al, 2008:32-49*), (*Joan Campins et al, 2006:22-31*), (*spanos et al, 2003:167-178*), (*Flocas et al, 2001:1759-1778*), (*Maheras & Flocas, 2002: 56-69*).

احمد گیوی و نجیبی (۱۳۸۳)، صداقت (۱۳۸۵)، مسعودیان (۱۳۸۴) و همچنین علیجانی (۱۳۶۶)، در تحقیقی راجع به چرخندهای خاورمیانه نشان داده است که بیشتر سیکلون‌های خاورمیانه در چهار مرکز اصلی سیکلون‌زایی، در دریای آدریاتیک، دریای یونان، جزیره قبرس و جنوب‌شرق زاگرس ایجاد می‌شوند.

#### – داده‌ها

هدف این پژوهش مشخص نمودن موقعیت زمانی و مکانی چرخندهای تأثیرگذار بر ایران است. برای شناسایی چرخندها، داده‌های ۶ساعته ارتفاع ژئوپتانسیل



شکل ۱: منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)

### روش‌شناسی

برای شناسایی چرخندها، بر اساس کارهای ماهراس (۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) و بلندر (۱۹۹۹)، از روش ۸ همسایگی استفاده شد. این روش در اکثر کارهای مربوط به شناسایی چرخندها به کار گرفته شده و تنها تفاوت‌های ناچیزی در اصل روش در بعضی کارها وجود دارد. در مرحله‌ی اول داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل استخراج شد و در هر پنجره که شامل ۹ نقطه‌ی شبکه‌ای است نقطه‌ای به عنوان چرخند در نظر گرفته شد که دارای کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل نسبت به ۸ همسایه‌ی خود بوده است. اما این شرط به تنهایی برای شناسایی چرخندها کافی نیست و از آستانه‌ای نیز برای شیو ارتفاع ژئوپتانسیل استفاده شد.

این آستانه همان شرط دوم می‌باشد که از کار بلندر و اسچوبرت (۱۹۹۹)، اقتباس شده است. بلندر دلیل استفاده از این آستانه برای شیو ژئوپتانسیل را وارد کردن چرخندهای قوی در محاسبات دانسته است. نابراین تنها نقاطی به‌عنوان چرخند انتخاب می‌شوند که هم ارتفاع ژئوپتانسیل آن‌ها کمینه باشد و هم شیو ارتفاع ژئوپتانسیل منطقه‌ای آن‌ها مساوی یا بالاتر از ۱۰۰ متر به ازای هر ۱۰۰۰ کیلومتر باشد (Blender & Schubert, 1999:18-29).

پس برای شناسایی مراکز چرخندی دو شرط مد نظر قرار داده شد که به شرح زیر است:

- یاخته‌هایی که ارتفاع ژئوپتانسیل آن‌ها نسبت به هر ۸ همسایه پیرامون کمینه باشد

- میانگین منطقه‌ای بزرگی شیو ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی ۹ یاخته‌ی موجود در پنجره کرنل دست کم ۱۰۰ متر بر ۱۰۰۰ کیلومتر باشد.

شیوارتفاع ژئوپتانسیل به‌طریق معادله (۱) محاسبه می‌شود: در تابع زیر  $\partial X$  بیانگر مختصات متریک طول

جغرافیایی، و  $\partial y$  بیانگر مختصات متریک عرض جغرافیایی می‌باشد.

$$(1) GF = -\partial\varphi\partial xi + \partial\varphi\partial yj$$

در معادلات جوی از مختصات متریک طول و عرض جغرافیایی استفاده می‌شود، و مقدار متریک عرض جغرافیایی متناسب با مقدار  $\cos$  مختصات کروی عرض جغرافیایی است، که مقدار آن در هر مدار متفاوت است بنابراین به هر عرض جغرافیایی وزن متناسب با مقدار متریک آن داده شده است. و سپس میانگین وزنی شیو ارتفاع ژئوپتانسیل کرنل مربوط محاسبه شد. میانگین وزنی از فرمول زیر محاسبه می‌شود (معادلات ۲ و ۳).

$$(2) -wi = +12\cos\varphi s + \cos\varphi N$$

$$(3) -GF = 1i = 19wi * i = 19wi GF i$$

$\varphi S$  = مدار گذرنده از جنوب یاخته

$\varphi N$  = مدار گذرنده از شمال یاخته

$GF i$  = میانگین شیب ژئوپتانسیل

$W i$  = وزن هر یاخته

جدول ۱: نقطه‌ی کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال در ساعت 00 Z

مختصات	۳۰ غربی	۲۷/۵ غربی	۲۵ غربی
۲۷/۵ شمالی	۵۸۷۹	۵۸۷۸	۵۸۷۵
۳۰ شمالی	۵۸۵۲	۵۸۵۰	۵۸۵۳
۳۲ شمالی	۵۸۷۵	۵۸۷۶	۵۸۷۸

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

شکل زیر مربوط به داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ می‌باشند، در این مثال یاخته‌ی مرکزی کمترین ارتفاع ژئوپتانسیل را به خود اختصاص داده و همچنین

آوردن نقشه‌های ماهانه و فصلی برای هر تراز خودداری شد. در تحلیل نقشه سعی شد با قرار دادن چند سؤال بر روی هر نقشه به تحلیل این نقشه‌ها پرداخته شود که این سؤالات به شرح زیر است:

- ۱- بررسی آماری چرخندها در هر تراز؛
- ۲- فراوانی ماهانه، فصلی و سالانه چرخندها؛
- ۳- عمق قوی‌ترین چرخندها به هکتوپاسکال؛
- ۴- موقعیت هسته کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل؛
- ۵- شدت سیکلون در ماه و فصل به لحاظ گسترش عمودی.

#### بحث

برای دستیابی به یک نقشه‌ی کامل که مراکز چرخندزایی را به خوبی نشان دهد لازم بود که ابتدا این کار به صورت ماهانه انجام شود، و در مرحله‌ی بعد نقشه‌ی فصلی هر تراز رسم شود تا با ترکیب این نقشه‌ها بتوان نقشه‌ی چرخندزایی هر تراز را به صورت سالانه رسم کرد. این کار را برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال انجام شد و یک نقشه‌ی سالانه برای کل چرخندهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در سال ۱۳۶۹ رسم شده است و با این کار مراکز چرخندی را که بر روی ایران می‌توانند به طور مستقیم تأثیرگذار باشند، مشخص شد (شکل ۳).

در کل محدوده‌ی مورد مطالعه در این تراز ۱۶۷۷ چرخند نمایان شد که بخشی از این تعداد بر روی حوضه‌ی دریای مدیترانه شکل گرفته است. که این قرارگیری به لحاظ موقعیت به این شکل است که:

- ۱- یک مرکز چرخندی بر روی مرکز دریای مدیترانه شکل گرفته است.
- ۲- بر روی جنوب دریای مدیترانه مرکز چرخندی دوم مشاهده می‌شود.
- ۳- در حاشیه‌ی شرقی دریای مدیترانه مرکز چرخندی سوم شکل گرفته است.
- ۴- در حاشیه‌ی شرقی عراق نیز یک مرکز چرخندزایی قابل مشاهده است که در دوره‌ی گرم‌سال

میانگین وزنی شیوار تفاع ژئوپتانسیل بیشتر (یا مساوی) از مقدار آستانه‌ی مذکور بوده است، بنابراین نقطه به عنوان یک چرخند شناخته‌شده و با کد ۱ مشخص شده است و چنانچه شروط مذکور را نداشته باشد با کد صفر مشخص می‌شود.

.	.	.
.	.	.
.	.	.

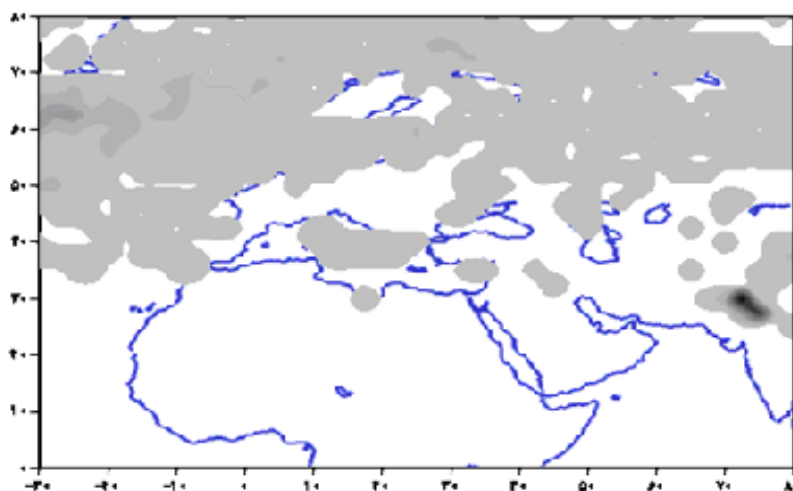
شکل ۲: نحوه‌ی کدگذاری در هر پنجره

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

با اعمال این دو شرط در برنامه اسکریپت در نرم‌افزار Grads مراکز چرخندی شناسایی شدند. این برنامه شامل چهار خروجی است که عبارتند از: ۱- مراکز چرخندی، که با کد صفر و یک مشخص می‌شدند به این صورت که هر یاخته با داشتن این دو شرط به عنوان مرکز چرخند و با کد یک، و بقیه یاخته‌های که این دو شرط یا یکی از آن‌ها را نداشتند با کد صفر آشکارسازی شدند. ۲- فشار مرکزی هر یاخته. ۳- بزرگی شیو ژئوپتانسیل. ۴- موقعیت جغرافیایی. در مرحله‌ی بعد داده‌های خروجی به نرم‌افزار متلب انتقال داده و فراوانی مراکز چرخندی به صورت درصد محاسبه و سپس فراوانی ماهانه، فصلی و سالانه چرخندها مشخص و نمودار فصلی آن‌ها ترسیم شد. در ادامه داده‌های فشار مرکزی و بزرگی شیو فشار یاخته‌هایی را که دارای چرخند بودند جدا، و هیستوگرام هر کدام به صورت جداگانه ترسیم و سپس واکاوی شد. در نهایت داده‌های درصد فراوانی ماهانه، فصلی و سالانه محاسبه شده را به نرم‌افزار Surfer انتقال داده و نقشه‌های فراوانی ماهانه فصلی و سالانه چرخندها با توجه به موقعیت جغرافیایی آن‌ها، برای سال‌های مورد مطالعه ترسیم و تفسیر شد، به دلیل پرهیز از اطاله‌ی کلام از

قوی‌ترین چرخند این تراز با توجه به کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل آن در ماه‌های مختلف سال شناسایی گردید (جدول ۲ و شکل ۴).

جهت جنوبی پیدا می‌کند. ۵- مرکز چرخندزایی دریای خزر. ۶- مرکز چرخندزایی دریای سیاه که به همراه مرکز چرخندزایی دریای خزر به چرخندهای برون حاره متصل‌اند (شکل ۳). در پایان تحلیل‌های این تراز

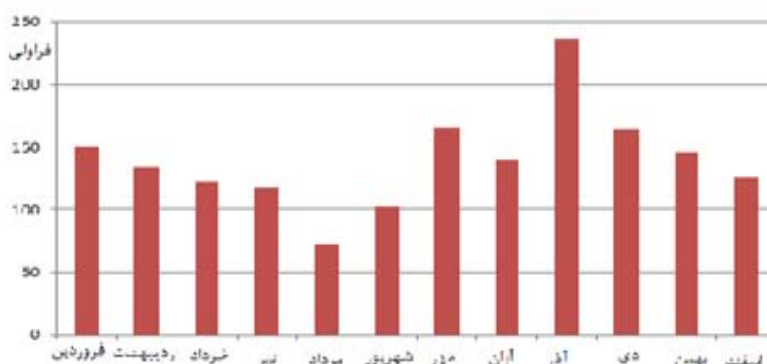


شکل ۳: چرخند های سالانه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال  
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

جدول ۲: قوی‌ترین چرخند تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل	بزرگی شیو فشار
-۱۰	۶۷/۵	-۴۸۶	۱۶۲/۳

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹



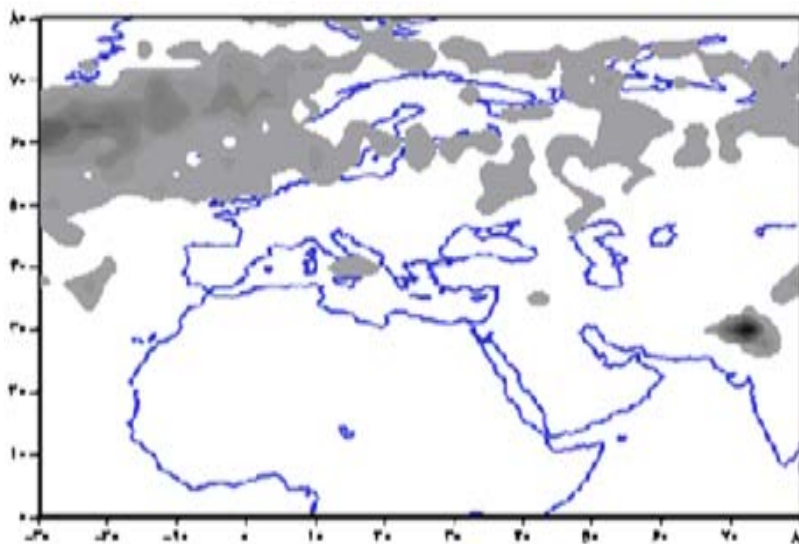
شکل ۴: فراوانی ماهانه چرخندهای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

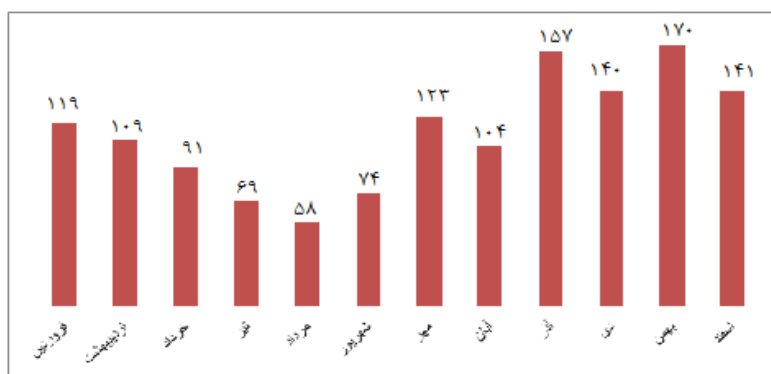
شده است (شکل ۵). از این تعداد بیشترین چرخند را فصل زمستان با ۴۵۱ چرخند و بهمن‌ماه بیشترین فراوانی ماهانه را با ۱۷۰ چرخند داشته است (شکل ۶).

### تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال

فراوانی سالانه کل چرخندهای سال ۱۳۶۹ در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال محاسبه و آشکار شد که در این سال در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال ۱۳۵۴ چرخند تشکیل



شکل ۵: چرخندهای سالانه تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹



شکل ۶: فراوانی ماهانه چرخندهای تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

نیز در کل سال قابل مشاهده است. در پایان تحلیل‌های این تراز قوی‌ترین چرخند این تراز مشخص گردید (جدول ۳).

بر روی کشور ایتالیا یک مرکز چرخندی نمایان و در غرب ایران بر روی کشور عراق نیز یک مرکز چرخندی دیده می‌شود. این کم فشار در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز قابل مشاهده است، کم فشار پاکستان در این تراز

جدول ۳: قوی ترین چرخند تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ژئوپتانسیل	بزرگی شیو فشار
-۲۲/۵	۶۲/۵	۳۳۵	۱۷۲/۹

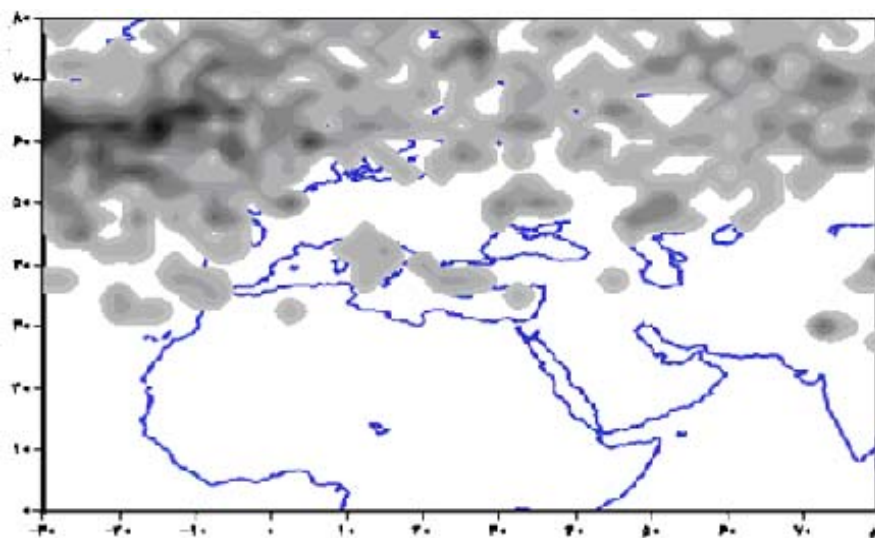
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

### تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

نقشه‌های ماهانه و فصلی این تراز مورد بررسی قرار گرفت و این نتایج به دست آمد:

- ۱- تعداد کل چرخندهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در این سال ۹۹۰ چرخند بوده است. ۲- پاییز دوره اوج فعالیت مراکز چرخندزایی مدیترانه بوده است. ۳- در شمال غرب ایران یک مرکز چرخندزایی قابل مشاهده

است. به نظر می‌رسد این مرکز چرخندزایی همان مرکزی است که در ترازهای پایین تر با کمی جابجایی به طرف جنوب در حاشیه‌ی جنوب غربی ایران قابل مشاهده است. ۴- کم فشار پاکستان تا این تراز نیز کشیده شده است. ۵- همچنین مشخص شد که مرکز چرخندزایی شمال دریای خزر با چرخندهای برون حاره در ارتباط می‌باشد.



شکل ۷: چرخندهای سالانه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

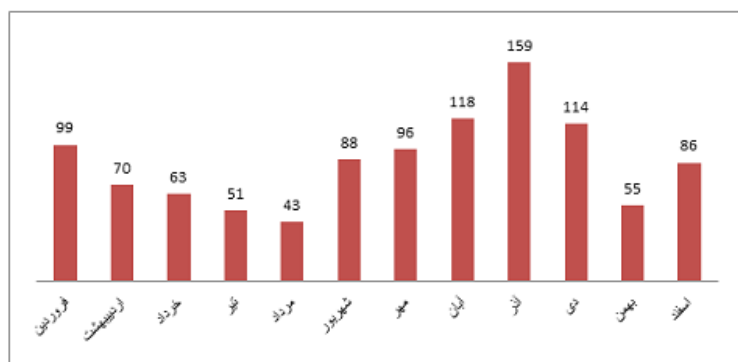
در پایان قوی ترین چرخند این تراز شناسایی و در جدول (۴) مشخصات آن ذکر شده است، همچنین نمودار فراوانی ماهانه‌ی چرخندهای این تراز رسم گردید و در شکل شماره ۸ مشخص است.

جدول ۴: قوی ترین چرخند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ژئوپتانسیل	بزرگی شیو فشار
-۲۲/۵	۶۲/۵	۱۰۱۹	۱۴۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹





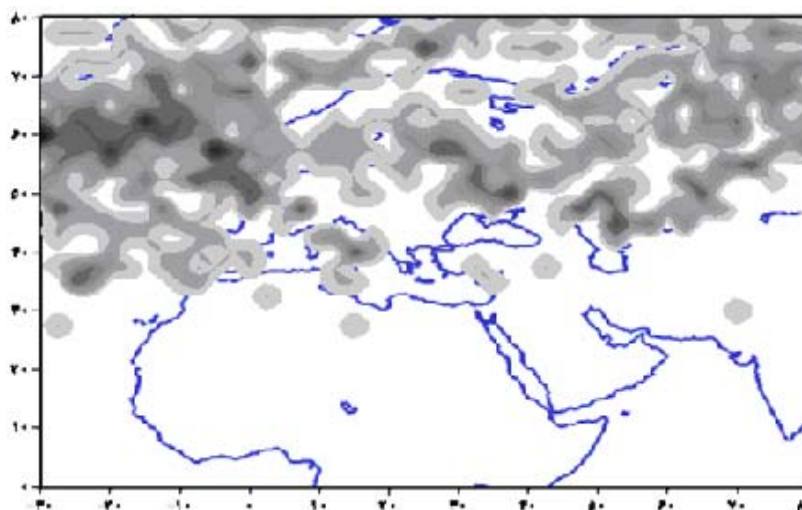
شکل ۸: فراوانی ماهانه چرخندهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

و لیبی مراکز چرخندزایی دیده می‌شود. ۴- در شمال غرب ایران یک مرکز چرخندزایی نمایان است، مرکزی که در ترازهای پایین‌تر نیز دیده می‌شود. ۵- بر روی دریای خزر یک مرکز چرخندزایی دیده می‌شود. ۶- مرکز چرخندزایی بر روی پاکستان دیده می‌شود که مربوط به دوره‌ی سرد سال می‌باشد و همان‌طور که گفته شد باید بیشتر تحقیق کرد که چرا در دوره‌ی سرد سال در همان مکانی که در دوره‌ی گرم سال کم فشار پاکستان قرار دارد این مرکز چرخندی شکل گرفته است. در پایان قوی‌ترین چرخند و موقعیت قرارگیری آن مشخص شد (جدول ۵).

### تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

فراوانی آماری تعداد چرخندهای کل سال ۱۳۶۹ برای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال محاسبه و آشکار شد که در این تراز تعداد ۱۰۴۸ چرخند شکل گرفته که نسبت به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال این تعداد افزایش یافته است. در نقشه شماره ۹ که برای کل چرخندهای این تراز در سال مورد مطالعه رسم شده این نتایج به دست آمده: ۱- کشور اسپانیا یکی از مراکز چرخندزایی مهم در حاشیه‌ی اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه است. ۲- مرکز چرخندزایی ایتالیا در دریای مدیترانه در این تراز نیز نمایان است. ۳- بر روی کشورهای الجزایر



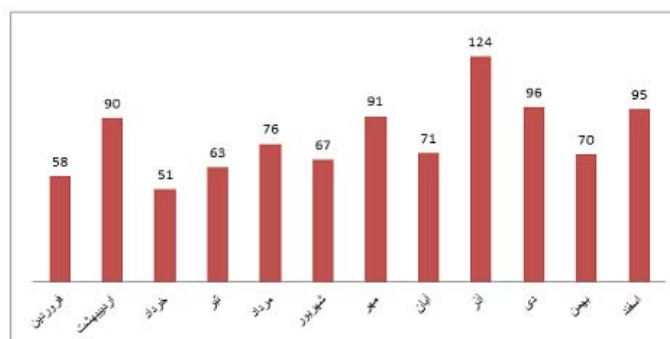
شکل ۹: چرخندهای سالانه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

جدول ۵: قوی ترین چرخند تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ژئوپتانسیل	بزرگی شیو فشار
-۲۲/۵	۶۲/۵	۲۵۴۳	۱۰۰/۲۱۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹



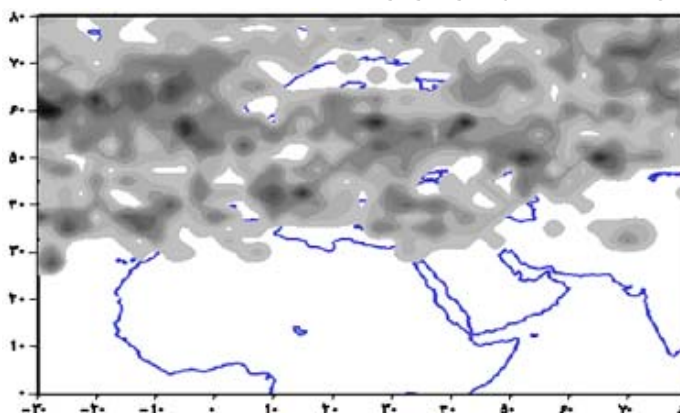
شکل ۱۰: فراوانی ماهانه چرخندهای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

چرخندزایی مدیترانه‌ای دو مرکز چرخندی دیگر نیز در دوره‌ی سرد سال در اطراف ایران شکل می‌گیرد. مرکز چرخندزایی شمال غرب ایران که به مراکز چرخندزایی شرق مدیترانه متصل است و دیگری مرکز چرخندزایی پاکستان در جنوب شرق ایران. دوره‌ی سرد سال دو مرکز اصلی چرخندزایی بر روی مدیترانه شکل می‌گیرد: مرکز چرخندزایی ایتالیا که در فصل پاییز دوره‌ی اوج فعالیت آن است و مرکز چرخندی یونان تا سوریه فصل زمستان دوره‌ی اوج فعالیت این مرکز است.

### تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

فراوانی چرخندهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال محاسبه و نمایان شد که در این تراز تعداد ۲۲۸۴ چرخند در کل محدوده مورد مطالعه شکل گرفته است. بیشترین فراوانی ماهانه در این تراز متعلق به اردیبهشت‌ماه با ۲۴۳ چرخند و بیشترین فراوانی فصلی متعلق به فصل بهار با ۶۲۵ چرخند می‌باشد. دوره‌ی اوج فعالیت مراکز چرخندی مدیترانه‌ای در بهمن آذرماه می‌باشد (شکل ۱۲). با مطالعه‌ی مراکز چرخندزایی در محدوده‌ی مورد مطالعه این نتیجه حاصل شد که علاوه بر مراکز



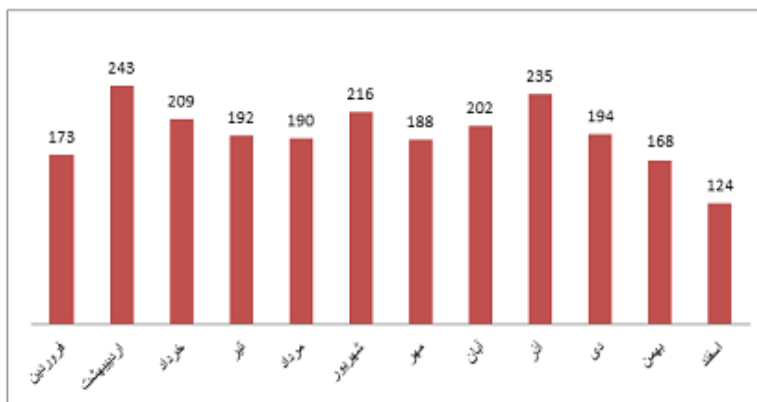
شکل ۱۱: چرخندهای سالانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

جدول ۶: قوی‌ترین چرخند تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ژئوپتانسیل	بزرگی شیو فشار
-۵	۸۰	۴۸۲۱	۹۵/۴۲

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹



شکل ۱۲: فراوانی ماهانه چرخندهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۹

### نتیجه

بطور کلی در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دوره اوج فعالیت چرخندهای مدیترانه‌ای آذر و بهمن‌ماه بوده است، در کل دوره‌ی سرد سال بر روی کشور ایتالیا یک مرکز چرخندی وجود داشته است، منظور این است که یکی از بادوام‌ترین مراکز چرخندزایی دریای مدیترانه بر روی کشور ایتالیا شکل می‌گیرد. مرکز چرخندی دوم در شرق ایتالیا از یونان تا قبرس کشیده شده است. این دو مرکز از مراکز مهم چرخندزایی بر روی دریای مدیترانه می‌باشند، جابه‌جایی این مراکز به این صورت است که در فصل پاییز مراکز چرخندزایی اصلی بر روی کشور ایتالیا شکل می‌گیرد و از آنجا به سمت شرق حرکت می‌کند ولی در فصل زمستان این مراکز به نیمه شرقی دریا و روی قبرس، سوریه و ترکیه منتقل می‌شود. این مکان‌ها کانون‌های اصلی چرخندزایی فصل زمستان را تشکیل می‌دهند. در این مرحله چرخندهایی را که بیشترین ستبرای داشتند

شناسایی، که به قرار زیر می‌باشند: ۱- مرکز چرخندزایی واقع بر روی ایتالیا در فروردین ماه در همه‌ی ترازها قابل مشاهده است. ۲- مرکز چرخندزایی شمال دریای خزر از تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال با کمی تغییر مکان در همه‌ی ترازها در اردیبهشت‌ماه دیده می‌شود. ۴- مرکز چرخندزایی ایتالیا در آذرماه در همه‌ی ترازها فعال بوده است. ۵- مرکز چرخندی پاکستان در دی‌ماه در همه ترازها مشاهده می‌شود. بطور کلی به‌نظر می‌رسد محدوده گسترش چرخندهای دینامیکی از تراز ۵۰۰ تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد، و تنها درحالتی که چرخندی خیلی قوی باشد در ترازهای پایین‌تر از ۷۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. کمترین تعداد چرخندها مربوط به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال می‌باشد، به‌این دلیل که تنها کم فشارهای خیلی قوی می‌تواند به این تراز برسد از طرف دیگر چرخندهای دینامیکی نیز باید خیلی قوی باشند تا بتوانند به این تراز برسند به همین دلیل این تراز کمترین تعداد

- Alpert, P., B. U. Neeman, Y. Shay-El (1990). Intermonthly Variability of Cyclone Tracks in the Mediterranean. *Journal of. Climate*, 3, 1474-1478.
- Alpert, P., I. Osetinsky, B. Zivb and H. Shafira (2004). A new seasons definition based on classified daily synoptic systems: an example for the eastern Mediterranean, *International Journal of Climatology*, Volume 24, Issue 8, 1013-1021.
- Blender and M. Schubert (1999). Cyclone Tracking in Different spatial and Temporal Resolutions. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 377-384
- Campins, Joan, Jansà, Agustí; Genovés, Ana (2006). Three-dimensional structure of western Mediterranean cyclones *International Journal of Climatology*, Vol. 26, 323-343.
- Flocas, H.A., Maheras, P., Karacostas, T.S., Patrikas, I. and Anagnostopoulou, C (2001). 'A 40-year climatological study of relative vorticity distribution over the Mediterranean', *International Journal of Climatology*, 21, 1759-1778.
- Heini Wernli and Huw C. Davies (1997). A Lagrangian-based analysis of extratropical cyclones. I: The method and some applications. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 123.
- Krichak, S. O., M. Tsidulko, and P. Alpert (2000). Monthly Synoptic Patterns Associated with Wet/Dry Conditions in the Eastern Mediterranean. *Theor. Appl. Climatol.* 65, 215-229.
- Maheras, P., H. A. Flocas, Chr. Anagnostopoulou, I. Patrikas (2002). Chr. Anagnostopoulou, and I. Patrikas: On the vertical structure of composite surface cyclones in the Mediterranean region, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol 71, 199-217.
- Mehmet Karaca, Ali Deniz and Mete Tayanc (2004). Cyclone Track Variability over Turkey in Association With Regional Climate, *International Journal of Climatology*, Vol 20, 1225-1236.

چرخندها را در کل محدوده‌ی مورد مطالعه در بین همه‌ی ترازها داشته است. بر روی کشور پاکستان در جنوب شرق ایران در دوره‌ی گرم سال در ترازهای پایینی کم فشار پاکستان شکل می‌گیرد. در همان مکان در دوره‌ی سرد سال در ترازهای بالایی یک مرکز چرخندزایی شکل می‌گیرد، مرکزی که نمی‌توان آن را یک مرکز حرارتی دانست چون این چرخند در دوره‌ی سرد سال در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. پیشنهاد می‌گردد این موضوع توسط محققان بعدی در آینده مورد بررسی قرار گیرد.

#### منابع

- احمدگیوی، فرهنگ؛ یونس جیبی فر (۱۳۸۳). مطالعه چرخندزایی در پشت به باد کوه‌های آلپ و اثر آن بر آب و هوای خاورمیانه برای یک دوره یک ساله، مجله فیزیک زمین و فضا. جلد ۳۰. شماره ۲. مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ای‌مارتین، جاناتان (۲۰۰۵). دینامیک جو در عرض‌های میانه، ترجمه دکتر سید ابوالفضل مسعودیان. چاپ اول. دانشگاه اصفهان.
- صداقت، مهدی (۱۳۸۵). مسیریابی رقومی سیکلون‌های خاورمیانه در دوره‌ی سرد سال، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما دکتر زهرا حجازی‌زاده. مشاور دکتر زین‌العابدین جعفرپور. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- علیجانی، بهلول (۱۳۶۶). مسیره‌های سیکلونی مدیترانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴. آستان قدس رضوی مشهد.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ محمدرضا کاویانی (۱۳۸۶). آب و هوای ایران، چاپ اول. دانشگاه اصفهان.

- Detection and Tracking Methods and Different Reanalyses. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 880–897.
- Sinclair, Mark R (1994). An Objective Cyclone Climatology for the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 2239–2256.
  - Sinclair, Mark R (1997). Objective Identification of Cyclones and Their Circulation Intensity, and Climatology. *Wea. Forecasting*, 12, 595–612.
  - Spanos, S, P. maheras, T. karacostas, and P. pennas (2003). objective climatology of 500-hpa cyclones in central and east Mediterranean region during warm-dry period of the year. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol 75, 167-178
  - Zhu, Xiaojie, Jilin Sun, Zhengyu Liu, Qinyu Liu, Jonathan E. Martin (2007). A Synoptic Analysis of the Interannual Variability of Winter Cyclone Activity in the Aleutian Low Region. *Journal of Climate*, 20, 1523–1538.
  - Murray . Ross J. , Ian Simmonds (1991). A numerical scheme for tracking cyclone centres form digital data Part I: development and operation of the scheme. *Aust. Met. Mag* 39, 155-166.
  - Murray. Ross J. , Ian Simmonds (1991). A numerical scheme for tracking cyclone centers form digital data Part II: application to January and July general circulation model simulations. *Aust. Met. Mag* 39, 167-180.
  - Osetinsky, I and P. Alpert (2006). Calendaricities and multimodality in the Eastern Mediterranean cyclonic activity, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 587-596.
  - Picornell, M.A, A. Jansa, A. Genoves and J. Campins (2001). Automated database of mesocyclones from the HIRLAM(INM)-0.5° analyses in the western Mediterranean., *International Journal of Climatology* Vol 21, 335–354.
  - Raible, C. C., P. M. Della-Marta, C. Schwierz, H. Wernli, R. Blender (2008). Northern Hemisphere Extratropical Cyclones: A Comparison of