

تعیین آغاز فصل تابستان در ایران بر اساس پرش ناگهانی شمال سوی جت جنب حاره بر روی خاورمیانه

جمیله قلی پور- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
سید حسین ثنائی نژاد^۱- دانشیار هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
عباس مفیدی- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
امین علیزاده- استاد هیدرولوژی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۶

چکیده

در این پژوهش، ساختار گردش بزرگ‌مقیاس جو و رفتار تابستانه جت جنب حاره در منطقه خاورمیانه در بازه زمانی ۱۶ آوریل (۲۷ فروردین) تا ۱۵ جولای (۲۴ تیر) برای دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی روزانه مؤلفه باد مداری تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در هر سال، تغییر رفتار روزانه جت به صورت تصویری و عددی مورد پایش قرار گرفت. در بررسی رفتار روزانه جت، شدت جریان و میزان جابجایی عرضی هسته جت معیارهای اصلی جهت تشخیص تغییر الگوی گردش و آغاز فصل تابستان در نظر گرفته شد. پردازش داده‌ها بر اساس رفتار جت در دو آستانه زمانی، شامل زمان آغاز و زمان خاتمه پرش شمال سو صورت گرفت. یافته‌ها بیانگر آن است که در منطقه خاورمیانه تابستان واقعی- بر اساس حقایق مبتنی بر گردش کلی جو- با لحاظ نمودن دو آستانه زمانی آغاز و خاتمه پرش شمال سو به ترتیب حدود ۲۱ روز و ۱۷ روز زودتر از تاریخ نجومی (اول تیر ماه) آغاز می‌گردد. صحت تعیین زمان آغاز تابستان توسط آزمون کای اسکور مورد تأیید قرار گرفت. بررسی روند تغییرات، نشان دهنده روندی با شیب مثبت، برای زمان آغاز تابستان در منطقه است. یافته‌ها همچنین بیانگر آن است که آغاز فصل تابستان در ۱۵ سال دوم مورد مطالعه، انحرافات و ناهنجاری‌های قابل ملاحظه‌ای در قیاس با ۱۵ سال اول دارد. ادامه داشتن این روند باعث نزدیکی زمان آغاز اقلیمی تابستان به آغاز نجومی و از طرفی کوتاه شدن طول فصل تابستان خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: جت جنب حاره، زمان آغاز تابستان، گردش بزرگ‌مقیاس جو، مؤلفه باد مداری.

۱. مقدمه

دوره زمانی مشخصی از یک سال، با توجه به مدت تابش خورشیدی و شرایط جوی حاصل از تغییرات زمانی و شدت تشعشع خورشید؛ یک فصل نامیده می‌شود (ذوالفقاری، ۱۳۸۴: ۹۱) و یک فصل طبیعی نیز دوره زمانی مشخصی از سال تقویمی است که توسط یک سری از هواهای همگن و متجانس قابل تفکیک باشد (آلسوپ^۱، ۱۹۸۹: ۸۸۹). از گذشته‌های دور تعیین دقیق فصول در نقاط مختلف کره زمین یکی از دغدغه‌های انسان بوده است. شکل هندسی سیاره زمین، حرکات وضعی و انتقالی آن به همراه تنوع ویژگی‌های جغرافیایی این سیاره، پیچیدگی قابل ملاحظه‌ای را از جهت تعداد، زمان وقوع و طول مدت تداوم هر یک از فصول برای نقاط مختلف کره زمین در پی داشته است. احتمالاً بشر اولیه تغییر فصول را بر اساس مشاهده رشد گیاهان تعیین می‌کرده است اما آنچه در حال حاضر تحت عنوان تقویم رسمی در اختیار ماست نتیجه هزاران سال آزمون و خطا در یافتن نوعی توالی منظم در روزها، هفته‌ها و سال‌ها برای تعیین فصول طبیعی می‌باشد (جاگوس^۲ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۱۲). با توجه به اهمیت تعیین فصل برای فعالیت‌هایی نظیر کشاورزی، امروزه روش‌های مختلف و بر اساس پارامترهای متنوع برای تعیین فصول طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (علیجانی، ۱۳۷۶: ۲۲). در حالت کلی تقسیم بندی و تعیین فصول به دو روش عمده صورت می‌گیرد:

روش نجومی یا تقویمی: روش تعیین فصل بر اساس حرکت ظاهری خورشید (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۵) که در آن آغاز فصول در کسری از ثانیه اتفاق می‌افتد. در نگاه اولیه می‌توان فصول هر نقطه را بر اساس علم نجوم به‌طور دقیق تعریف نمود اما واقعیت آن است که تعیین واقعی فصول هر نقطه، اطلاعات بیشتر و کامل‌تر طلب می‌نماید. در بیشتر مناطق کره زمین و عرض‌های جنب حاره، فصول طبیعی دارای هماهنگی کامل با فصول نجومی نیستند و این ناهماهنگی هم از بابت تعیین لحظه وقوع و هم طول مدت وقوع هر فصل می‌باشد؛ بنابراین امروزه علاوه بر تعریف نجومی، تعاریف دیگری بر اساس معیارهای هوا و اقلیم‌شناسی موسوم به روش اقلیمی تعیین فصول، مورد نیاز است (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۵).

روش اقلیمی: روش تعیین فصل به کمک متغیرهای اقلیمی در کنار حرکت ظاهری خورشید، بر این اساس استوار است که یک فصل، قسمتی متمایز از هر سال و بر اساس تکرار منظم یک پدیده آب و هوایی است (علیجانی، ۱۳۷۶: ۲۲). در این روش، فصول طبیعی فواصل زمانی هستند که به‌طور طبیعی توسط انواع رژیم‌های هوایی متجانس مثل تغییرات دما، باد و یا تیپ گردش کلی جو که بیانگر واقعیت‌های اقلیمی هر محل می‌باشند، قابل تشخیص باشند

1 Alsop

2 Jaagus et al

و ممکن است هم در زمان و هم در مکان، با فصول نجومی هماهنگی کامل نداشته باشد (ذوالفقاری و همکاران، ۵۵:۱۳۹۲).

در طی دهه‌های گذشته پژوهشگران متعددی سعی نموده‌اند تا نقش جت جنب حاره را بر اقلیم مناطق مختلف کره زمین مورد ارزیابی قرار دهند. در یکی از نخستین پژوهش‌ها، ین در رابطه با موضوع جالب و بحث‌انگیزی چون «آغازگری» موسمی تابستانه بر روی هند، نظریه‌ای را مطرح نمود مبنی بر این که جایجایی ناگهانی و شمال سوی جت جنب حاره از جنوب رشته‌کوه هیمالیا به جانب شمالی آن در ابتدای ماه جون، استقرار گردش تابستانه و آغازگری موسمی هند را به دنبال دارد (ین^۱، ۱۹۴۹:۳۹۳). به دنبال آن، یافته‌های پژوهشگران چینی در رابطه با تعیین و تقسیم فصول طبیعی در جنوب و به‌ویژه شرق آسیا بر اساس وردایی فصلی جت جنب حاره (اعضای آکادمی علوم چین^۲، ۱۹۵۷:۴۳۲ و ۱۹۵۸:۵۸؛ دائو و چن^۳، ۱۹۵۷:۲۱۵)، انگیزه مطالعه جت جنب حاره را در وردسپهر فوقانی بر روی مناطق مختلف آسیا توسط پژوهشگرانی چون کریشنامورتی^۴ (۱۹۶۱) و کانگ و ژانگ^۵ (۲۰۰۵) افزایش داد. به دنبال تحقیقات فوق، مطالعات متعدد و بی‌شماری نقش جت جنب حاره را بر خصوصیات اقلیمی مناطق جنوب- جنوب شرقی آسیا در فصل موسمی تابستانه مورد توجه قرار دادند و ارتباط وردایی‌های زمانی و مکانی جت جنب حاره را با آغازگری و شدت موسمی در جنوب آسیا (وبستر و یانگ^۶، ۱۹۹۲:۸۸۷؛ یانگ و همکاران^۷، ۲۰۰۴:۴۲۱۳)، توزیع زمانی- مکانی بارش در جنوب و شرق آسیا (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲:۳۰۶؛ لو^۸، ۲۰۰۴:۱۵۵) و همچنین نقش جت در تغییر فصل (ساتکلیف و بانون^۹، ۱۹۵۶:۳۱۷؛ یه و همکاران^{۱۰}، ۱۹۵۹:۲۴۹) را مورد بررسی قرار دادند.

بر اساس مطالعات فوق، در طول دوره گرم سال دو پرش شمال سو و جنوب سو در محور جت جنب حاره در محدوده شرق آسیا به وقوع می‌پیوندد که تغییر ناگهانی فصل در ماه جون و ماه اکتبر توسط همین پرش شمال سو و جنوب سو در محور جت قابل شناسایی است (یه، ۱۹۵۸:۲۵۰). تائو و همکاران آغاز و خاتمه فصل می‌یو^{۱۱} (جون تا جولای) در شرق آسیا را مرتبط با دو پرش شمال سوی جت در سرتاسر آسیا دانسته‌اند (تائو و همکاران^{۱۲}، ۱۹۵۸:۱۱۹). شنگ نیز با بیان رفتار منظم جت جنب حاره، تغییرات فصلی آن را به‌عنوان معیاری برای جدا

1 Yin

2 Staff Members

3 Dao and Chen

4 Krishnamurti

5 Kuang, and Zhang

6 Webster and Yang

7 Yang et al

8 Lu

9 Sutcliffe and Bannon

10 Yeh et al

11 Mei-yu: یک اصطلاح لغوی در زبان چینی است که افراد محلی آن را آغاز فصل تابستان می‌دانند

12 Tao et al

کردن فصول طبیعی معرفی و اقلیم کشور چین را با توجه به رفتار فصل به فصل این جت بررسی کرد (شنگ^۱، ۱۹۸۶:۸۵). کوتی و کی با معرفی یک شاخص گردش بزرگ مقیاس جو در اقیانوس هند، نشان دادند که تغییرات گردش جو عامل اصلی تغییرات اقلیم تابستانه در منطقه خاورمیانه است (کوتی و کی^۲، ۱۹۹۲:۹۹). ژانگ و همکاران در بررسی رفتار جت جنب حاره، سیر تکوین فصلی هسته جت در شرق آسیا را مورد بحث قرار دادند (ژانگ و همکاران^۳، ۲۰۰۶:۱۱۷۰۸). در منطقه خاورمیانه نیز، آغاز بارش های فراگیر زمستانه و شروع واقعی زمستان با جابجایی ناگهانی جنوب سوی هسته جت جنب حاره در محدوده شرق مدیترانه و دریای سرخ مرتبط دانسته شده است (واکر^۴، ۱۹۶۷:۱۶۱؛ قائمی، ۱۳۴۹:۷۷). همچنین از سوی برخی از محققان، مشخص ترین تغییر در الگوی گردش جو زمستان معرفی گردیده است (پرایس و همکاران^۵، ۱۹۹۸:۳۹۶۳؛ عزیززی و سفرراد، ۱۳۹۱:۶۹). مضاف بر این، مطالعات اولیه در رابطه با گردش بزرگ مقیاس جو در منطقه آسیا بیانگر آن است که تغییر ناگهانی گردش فصلی در ماه جون در جنوب و غرب آسیا با جابجایی ناگهانی شمال سوی جت غربی بر فراز خاورمیانه در ابتدای ماه جون مرتبط است (دائو و چن، ۱۹۵۷:۲۱۵؛ یه و همکاران، ۱۹۵۹:۲۴۹). سوای آن، جابجایی ناگهانی شمال سوی هسته جت جنب حاره بر روی خاورمیانه به عنوان نشانه تغییر ساختار وردایست و تغییر فصل بر روی خاورمیانه در نظر گرفته می شود (ساتکلیف و بانون، ۱۹۵۶:۳۱۷). در این راستا، مفیدی و زرین در یک ارزیابی اولیه از رفتار جت جنب حاره بر روی خاورمیانه، با بهره گیری از داده های مؤلفه باد مداری برای یک دوره ۶۱ ساله (۲۰۰۸-۱۹۴۸)، وجود یک جابجایی ناگهانی شمال سو و جنوب سو را به ترتیب در آغاز و خاتمه فصل تابستان تأیید نموده اند. براساس شاخص طراحی شده در این مطالعه، فصل تابستان در جنوب غرب آسیا در ۳ جون آغاز و در ۱۵ اکتبر به پایان می رسد (مفیدی و زرین، ۱۳۹۱:۱۵). در پی چالش های اقلیمی اخیر، پژوهشگران بی شماری ساختار گردش جو تابستانه را در مناطق جنب حاره نیمکره شمالی مورد توجه قرار داده اند و نتایج این پژوهش ها موجب تغییر نگرش جهانی در رابطه با مؤلفه های اصلی گردش جو تابستانه در مناطق جنب حاره شده است (رادول و هاسکینز^۶، ۱۹۹۶:۱۳۸۵؛ لیوو و وو^۷، ۲۰۰۴:۳۲۲؛ مفیدی و زرین، ۱۳۹۱:۱۵). علیرغم مطالعات انجام شده، ساختار و خصوصیات جت جنب حاره تابستانه بر روی خاورمیانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، با در نظر گرفتن تحقیقات گذشته، در مطالعه حاضر جابجایی ناگهانی شمال سوی جت جنب حاره و ارتباط آن با تغییر فصل و آغاز

-
- 1 Sheng
 - 2 Kutie and Kay
 - 3 Zhang et al
 - 4 Walker
 - 5 Price et al
 - 6 Rodwell and Hoskins
 - 7 Liu and Wu

فصل تابستان در ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین ترتیب، هدف اصلی از انجام تحقیق، تعیین زمان آغاز فصل تابستان با توجه به رفتار جت جنب حاره و مشخص نمودن روند تغییرات سال به سال آغاز فصل تابستان بر اساس وردایی‌های زمانی - مکانی جت جنب حاره می‌باشد.

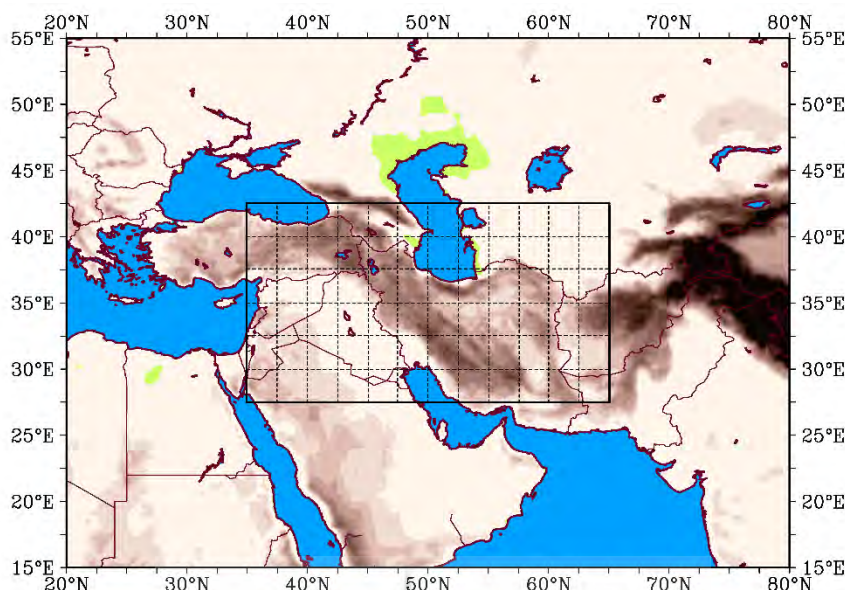
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

در این مطالعه داده‌های بازتحلیل میانگین روزانه مؤلفه باد مداری مرکز ملی پیش‌بینی محیطی - مرکز ملی تحقیقات جوی (NCEP^۱ ° NCAR) ایالات متحده آمریکا برای یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفت. تفکیک افقی این داده‌ها $2/5^{\circ} \times 2/5^{\circ}$ و تعداد ترازها در راستای قائم ۱۷ تراز می‌باشد. با توجه به اینکه در طول تابستان بیشینه شدت جت در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود (مفیدی، ۱۵:۱۳۸۶) به همین جهت تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال برای این مطالعه انتخاب و برای تعیین پرش جت جنب حاره نیز یک دوره ۹۱ روزه (۱۶ آوریل تا ۱۵ جولای) که محتمل‌ترین زمان وقوع آغاز فصل تابستان می‌باشد، برای هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه مد نظر قرار گرفت.

خاورمیانه محدوده بزرگی از جنوب غرب آسیا و شمال شرق آفریقا را شامل می‌شود اما کل منطقه برای این مطالعه لازم نیست. جهت بررسی دقیق‌تر و مناسب‌تر موقعیت جت جنب حاره نیاز است محدوده مورد مطالعه در خاورمیانه به‌طور دقیق‌تری تعیین شود تا جزئیات پژوهش بهتر نمایان شود و دقت کار بالا رود. از آنجا که ۳۰ سال داده و برای هر سال آن، ۹۱ روز مد نظر است؛ امکان مطالعه تک تک روزهای این تحقیق جهت تعیین موقعیت دقیق تحت بررسی در خاورمیانه امکان پذیر نبود، به همین دلیل به روش نمونه گیری تصادفی ساده (جدول اعداد تصادفی) تعداد ۳ سال از میان این ۳۰ سال، جهت تعیین محدوده اصلی مطالعه جت انتخاب گردید که شامل سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۰ می‌گردد. سپس برای هر یک از سه سال یادشده و برای ۹۱ روز مورد مطالعه آن سال، در منطقه‌ای بزرگتر از خاورمیانه ابتدا موقعیت روز به روز جت جنب حاره تصویر شد ($273 = 91 \times 3$ تصویر). از بررسی یادشده موقعیت اصلی و محدوده ترجیحی جت جنب حاره در زمان آغاز فصل تابستان استخراج شد که حاصل آن منطقه $27.5^{\circ}N-42.5^{\circ}N$ و $35^{\circ}E-65^{\circ}E$ برای مطالعه رفتار جت جنب حاره می‌باشد. مشخصات منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه گردیده است.

¹ National Centers for Environment Prediction- National Center for Atmospheric research (NCEP-NCAR)



شکل ۱- محدوده جغرافیایی بزرگ‌تر و محدوده جغرافیایی نهایی مورد مطالعه، همراه با مشخصات شبکه‌ها در راستای طول و عرض جغرافیایی.

۲-۲. تعیین آغاز فصل تابستان با توجه به رفتار جت جنب حاره

مطالعات قبلی این مساله را روشن کرده که پرش‌های ناگهانی جت جنب حاره در آسیا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های گردش جو برای تغییر فصل در این منطقه از جهان است (یین^۱، ۱۹۴۹:۳۹۳؛ یه و ژوو^۲، ۱۹۵۵:۷۱؛ تائو و همکاران^۳، ۱۹۵۸:۱۱۹). در قدم اول ۳۰ اسکرپیت مجزا و خروجی‌های تصویری برای ۹۱ روز مورد مطالعه هر کدام از این ۳۰ سال تهیه شد. با مشاهده این ۳۰ تصویر می‌توان به‌صورت بصری مشخص کرد که در هر سال پرش جت جنب حاره در چه زمانی اتفاق افتاده و متعاقباً آغاز تابستان را در هر سال مشخص کرد؛ اما از آنجا که خروجی‌ها تصویری هستند و عدد و رقمی نشان نمی‌دهند تجربه بیننده، گاه در برخی سال‌ها می‌تواند نتایج متفاوتی را در پی داشته باشد، به همین دلیل تدابیری اندیشیده شد که علاوه بر خروجی‌های تصویری داده‌هایی نیز به صورت عدد و رقم برای تأیید و نتیجه‌گیری بهتر و دقیق‌تر تهیه شود.

ملاک تعیین پرش جت جنب حاره این است که هر ساله در حین پیشروی دوره گرم سال، هسته جت به یکباره جهش ناگهانی شمال‌سویی به میزان ۳ تا ۵ درجه عرض جغرافیایی را تنها طی چند روز تجربه می‌کند و در موقعیت تابستانه خود قرار می‌گیرد (مفیدی و زرین، ۱۳۹۱:۱۵) و پس از این تغییر برجسته در عرض جغرافیایی-که در مدت

1 Yin

2 Yeh and Zhu

3 Tao et al

کوتاهی اتفاق می افتد- دیگر به عرض های پایین قبل از پرش برنگشته و حوالی همان عرض های بالا استقرار می یابد. در قدم بعد یک سری توابع زمین آماری تعریف شد که با معرفی مختصات طول و عرض جغرافیایی و با توجه به شبکه ای بودن داده ها، با تعریف این توابع در اسکریپت های مجزا برای ۳۰ سال مورد مطالعه، می توان یک خروجی متنی از منطقه مورد مطالعه دریافت کرد (قویدل رحیمی، ۱۳۹۱:۱۱۲؛ مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱:۱۰۸). این خروجی ها با نمایش یک سری اعداد به ما می گوید بیشینه سرعت مداری چقدر و در چه طول و چه عرضی قرار دارد که با کدشکافی اعداد این خروجی ها اطلاعات ارزشمندی حاصل می شود. این توابع به شرح زیر هستند:

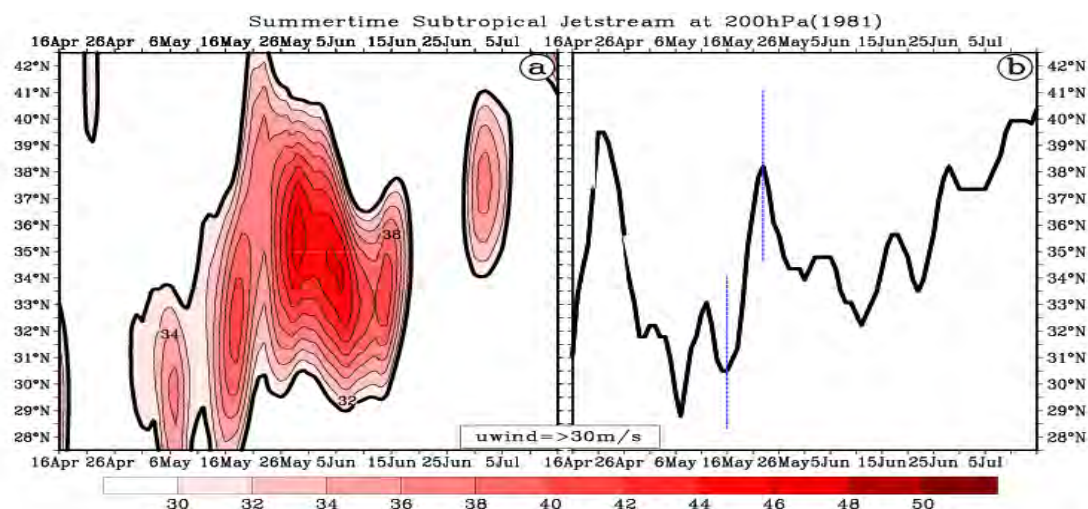
۱- تابع $amax$: معرفی این تابع در هر اسکریپت و نیز معرفی طول و عرض مورد نظر، میزان بیشینه سرعت را به صورت یک عدد برای آن مختصات، نشان می دهد. این خروجی های عددی برای ۹۱ روز موجود در هر ۳۰ سال استخراج شد.

$amax(u1,lon=35,lon=65,lat=27.5,lat=42.5)$

۲- تابع $amaxlocY$: با معرفی این تابع، محل مختصات مربوط به محور Y یعنی عرض جغرافیایی مشخص می شود. اعداد خروجی این تابع را باید به مختصات عرض جغرافیایی برگردانیم.

$amaxlocY(u1,lon=35,lon=65,lat=27.5,lat=42.5)$

بنابراین برای هر سال در ۹۱ روز مورد مطالعه ۱۸۲ عدد ($2 \times 91 = 182$) و برای کل ۳۰ سال ۵۴۶۰ عدد ($30 \times 182 = 5460$) خواهیم داشت که باید به مختصات مورد نظر تبدیل شود. اشکال دیگری با این خروجی های عددی تولید شد که با کنار هم قرار دادن این شکل ها و خروجی های تصویری می توان به طور بسیار دقیقی برای هر سال زمان پرش جت جنب حاره را مشخص کرد. نمونه ای از نتایج خروجی تصویری حاصل از گردش (نمودار هاومولر^۱) در قسمت a و نموداری حاصل از خروجی های عددی در قسمت b ، برای سال ۱۹۸۲ در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در خروجی های این سال مشاهده می شود، تابستان در تاریخ ۲۹ ماه می آغاز شده است. در این سال در ۲۹ ام ماه می محور جت جنب حاره در عرض جغرافیایی $31/5$ درجه شمالی واقع شده و طی مدت زمان ۱۱ روز، در ۸ ام ماه جون به یکباره به حوالی عرض $41/5$ درجه شمالی، پرشی شمال سو را تجربه نموده است؛ بنابراین ۲۹ می تا ۸ جون آغاز تابستان در سال ۱۹۸۲ بوده است.



شکل ۲- خروجی‌های تصویری (a) و عددی (b) جهت شناسایی پرش جت جنب حاره و آغاز تابستان (نمونه سال ۱۹۸۱) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال. a: خروجی تصویری (نمودار هاومولر) از مؤلفه باد مداری، محور افقی زمان (۱۶ آوریل تا ۱۵ جولای) و محور عمودی تغییرات عرض جغرافیایی را نشان می‌دهد. خطوط ممتد، خطوط هم بزرگی سرعت، مؤلفه مداری باد و به فواصل ۲ (متر بر ثانیه) هستند. مقادیر سرعت بیشتر از ۳۰ متر بر ثانیه که معرف وجود جت هستند در شکل به صورت رنگ‌های قرمز نمایش داده شده است. b: خروجی عددی حاصل از تابع amaxlocY، خطوط مشکی بیانگر تغییرات محور و خط چین‌های عمود آبی، نشان دهنده لحظه آغاز و خاتمه پرش تابستانه جت جنب حاره می‌باشد.

همچنین تأیید نتایج، با استفاده از آزمون آماری ناپارامتری کای اسکور، نشان می‌دهد آیا بر اثر شانس هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه تابستان بر تاریخ نجومی انطباق نداشته و یا اینکه حقیقتاً عاملی-تحت عنوان پرش ناگهانی تابستانه جت جنب حاره- در منطقه وجود داشته که بر آغاز تابستان تأثیر گذاشته است. در این آزمون N داده آماری را در C گروه طبقه بندی می‌کنیم. فراوانی مشاهده شده برای هر طبقه به ترتیب برابر 01,02,03,04,05,06,07,08,09,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30 است، هم چنین بر مبنای اصول نظری یا بعضی از فرضیات از جمله فرض صفر، فراوانی مورد انتظار در هر یک از طبقه‌ها به ترتیب e_1, e_2, \dots, e_c می‌باشد. طبق این آزمون چنانچه انحراف هر فراوانی مشاهده شده از فراوانی مورد انتظار به توان دو رسیده و به فراوانی مورد انتظار تقسیم شود و مجموع این عبارات برای تمام فراوانی‌ها بدست آید، توزیع کای اسکور است:

$$k^2 = \sum_{i=1}^c (o_i - e_i)^2 / e_i$$

o_i روز ژولیوسی برای آغاز تابستان در هر سال، e_i روز ژولیوسی مورد انتظار برای آغاز تابستان در هر سال یعنی همان تاریخ نجومی، c تعداد سال‌های مورد مطالعه و k^2 آماره آزمون کای اسکور می‌باشد. برای استفاده از این آزمون ابتدا فرض صفر و فرض یک را تعریف کرده و به محاسبه آماره آزمون می‌پردازیم. در قدم بعد با استفاده از جدول

کای اسکور نتیجه می‌گیریم که مقدار این آماره با توجه به سطح معناداری مورد نظر (α) و درجه آزادی (df) که برابر با تعداد کلاس‌های مورد آزمون منهای یک، معنی دار است یا خیر.

۳. نتایج و بحث

پس از تهیه خروجی‌های تصویری و عددی برای هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه، داده‌های نهایی زمان آغاز و خاتمه پرش در جدول ۱ گردآوری شد و روزهای آغاز و خاتمه پرش شمال سوی جت برای هر سال به روز ژولیوسی تبدیل شد و به کمک دو روش، آغاز فصل تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین شد:

الف- آغاز فصل تابستان بر اساس زمان آغاز پرش شمال سوی جت

در این روش، تنها زمان‌های آغاز پرش تابستانه جت جنب حاره برای هر یک از ۳۰ سال مورد مطالعه به روز ژولیوسی تبدیل شده و سپس میانگین گیری شد و در نهایت تاریخ ۱ جون (۳ هفته زودتر از تاریخ نجومی)، برای آغاز تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین گردید (جدول ۱).

ب- آغاز فصل تابستان بر اساس زمان خاتمه پرش شمال سوی جت

در این روش علاوه بر تعیین زمان آغاز، زمان خاتمه پرش نیز برای هر سال ژولیوسی شده و سپس میانگین گیری صورت گرفت. این روش از دقت بیشتری برخوردار است زیرا علاوه بر تاریخ آغاز، تاریخ خاتمه را نیز در نظر می‌گیرد. بر اساس این روش بازه زمانی ۱ جون تا ۹ جون محتمل‌ترین بازه زمانی برای آغاز فصل تابستان با توجه به رفتار جت جنب حاره است که میانه این بازه زمانی یعنی تاریخ ۵ جون (حدود ۱۷ روز زودتر از تاریخ نجومی) آغاز فصل تابستان در محدوده مورد مطالعه تعیین گردید.

جدول ۱- تغییرات سال به سال آغاز فصل تابستان بر اساس زمان آغاز پرش و نیز زمان خاتمه پرش شمال سو

سال	آغاز پرش	روز ژولیوسی آغاز پرش	خاتمه پرش	روز ژولیوسی خاتمه پرش	طول مدت پرش
1981	16-May	136	23-May	143	8
1982	29-May	149	08-Jun	159	11
1983	26-May	146	29-May	149	4
1984()	21-May	142	31-May	152	11
1985	25-May	145	05-Jun	156	12
1986	05-Jun	156	16-Jun	167	12
1987	27-May	147	05-Jun	156	10
1988()	06-Jun	158	12-Jun	164	7
1989	10-Jun	161	15-Jun	166	6
1990	01-Jun	152	10-Jun	161	10
1991	25-May	145	01-Jun	152	8
1992()	06-Jun	158	11-Jun	163	6
1993	05-Jun	156	10-Jun	161	6

ادامه جدول ۱

سال	آغاز پرش	روز ژولیوسی آغاز پرش	خاتمه پرش	روز ژولیوسی خاتمه پرش	طول مدت پرش
1994	31-May	151	12-Jun	163	13
1995	03-Jun	154	08-Jun	159	6
1996()	29-May	150	04-Jun	156	7
1997	09-Jun	160	17-Jun	168	9
1998	22-Jun	173	27-Jun	178	6
1999	25-May	145	31-May	151	7
2000()	17-May	137	22-May	143	6
2001	25-May	145	02-Jun	153	9
2002	10-Jun	161	17-Jun	168	8
2003	26-May	146	05-Jun	156	11
2004()	29-May	150	08-Jun	160	11
2005	25-May	145	04-Jun	155	11
2006	02-Jun	153	12-Jun	163	11
2007	31-May	151	12-Jun	163	13
2008()	26-May	147	03-Jun	155	9
2009	25-Jun	176	30-Jun	181	6
2010	19-Jun	170	29-Jun	179	11
میانگین	01-Jun	152.17	09-Jun	160	9
آغاز تابستان: زمان آغاز پرش					01-Jun
آغاز تابستان: زمان خاتمه پرش					05-Jun

۳-۱. صحت سنجی یافته‌های تحقیق با استفاده از آزمون کای اسکور

فرض صفر (H_0): آغاز تابستان در منطقه خاورمیانه منطبق بر تاریخ نجومی آن (اول تیر ماه) باشد.

فرض چاره (H_1): آغاز تابستان در منطقه خاورمیانه منطبق بر زمان نجومی آن نبوده و از عواملی دیگر از جمله پارامترهای بزرگ مقیاس گردش جو و رفتار جت جنب حاره تأثیر می‌پذیرد.

جدول ۲- آغاز تابستان و آماره آزمون کای اسکور برای سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۰

سال	روز آغاز پرش بر مبنای روز ژولیوسی (O_i)	امید ریاضی روز ژولیوسی برای وقوع پرش (آغاز تابستان نجومی یا ۱ تیر (E_i))	$O_i - E_i$	k^2
1981	136	173	-37	7.913294798
1982	149	173	-24	3.329479769
1983	146	173	-27	4.213872832
1984()	142	174	-32	5.885057471
1985	145	173	-28	4.531791908
1986	156	173	-17	1.670520231
1987	147	173	-26	3.907514451
1988()	158	174	-16	1.471264368
1989	161	173	-12	0.832369942
1990	152	173	-21	2.549132948

ادامه جدول ۲

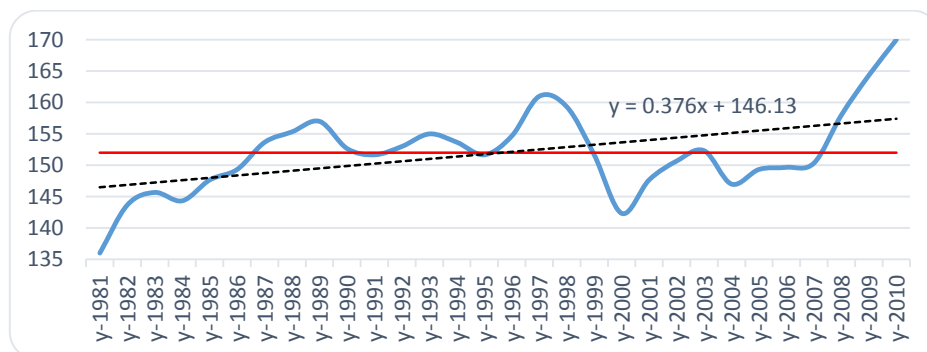
k^2	O _i -E _i	امید ریاضی روز ژولیوسی برای وقوع پرش (آغاز تابستان نجومی یا ۱ تیر (E _i))	روز آغاز پرش بر مبنای روز ژولیوسی (O _i)	سال
4.531791908	-28	173	145	1991
1.471264368	-16	174	158	1992()
1.670520231	-17	173	156	1993
2.797687861	-22	173	151	1994
2.086705202	-19	173	154	1995
3.310344828	-24	174	150	1996()
0.976878613	-13	173	160	1997
0	0	173	173	1998
4.531791908	-28	173	145	1999
7.867816092	-37	174	137	2000()
4.531791908	-28	173	145	2001
0.832369942	-12	173	161	2002
4.213872832	-27	173	146	2003
3.310344828	-24	174	150	2004()
4.531791908	-28	173	145	2005
2.312138728	-20	173	153	2006
2.797687861	-22	173	151	2007
4.189655172	-27	174	147	2008()
0.052023121	3	173	176	2009
0.052023121	-3	173	170	2010
92.37279915				نتیجه

مقدار آماره آزمون با استفاده از رابطه (۱)، برابر با $۹۲/۳۷$ می شود. برای پیدا کردن عدد مبنا در جدول کای اسکور، با توجه به سطح معنی داری ($\alpha=5\%$) و درجه آزادی ($۲۹-۱=۳۰$)، عدد مربوط به کای اسکور را از جدول آن قرائت می کنیم که برابر با $۴۲/۵۶$ می باشد. از آنجا که مقدار کای مربع محاسبه شده از کای مربع جدول بزرگتر شد ($۹۲/۳۷ < ۴۲/۵۶$)، فرض صفر که آغاز تابستان در منطقه مورد نظر را منطبق بر تاریخ نجومی آن می دانست رد شده و فرض چاره که تأثیر عامل جت جنب حاره بر آغاز تابستان را بیان می کرد پذیرفته می شود؛ یعنی اتفاقی نبوده که در ۳۰ سال مورد مطالعه تابستان بر تاریخ نجومی منطبق نیست بلکه واقعاً عامل پرش تابستانه جت جنب حاره در وقوع این تاریخ مؤثر است.

۲-۳. وردایی های زمانی - مکانی تابستانه جت جنب حاره

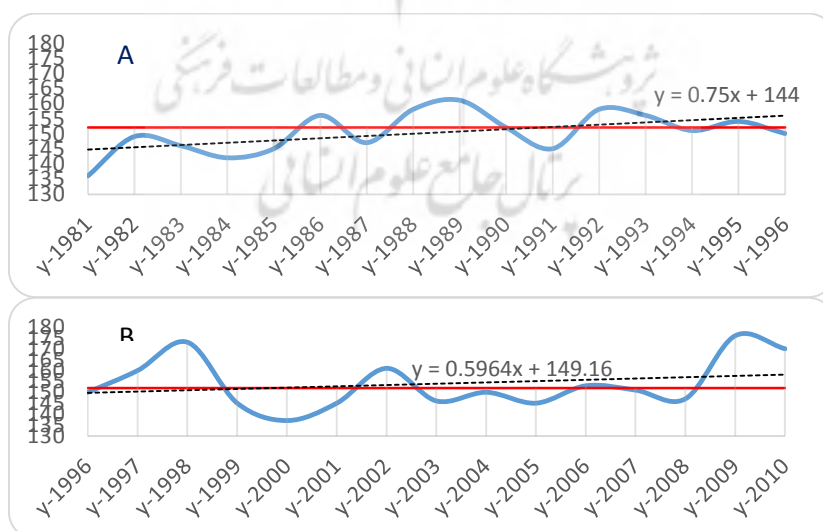
اگر روزهایی که برای شروع پرش تابستانه جت تعیین شد در کنار روز میانگین رسم کنیم شکل ۳ حاصل

می شود:



شکل ۳- وردایی‌های سال به سال زمان آغاز تابستان و روند تغییرات آن. محور افقی سال و عمودی روز ژولیوسی آغاز واقعی تابستان به روش زمان آغاز پرش، می‌باشد. خطوط به رنگ آبی معرف روزهای آغاز واقعی و خط ممند قرمز معرف میانگین بلند مدت ۳۰ ساله برای آغاز واقعی تابستان (روز ۱۵۲ ام یعنی ۱ جون) با توجه به آغاز پرش جت می‌باشد. خط چین مشکی معرف روند مشاهده شده در تاریخ آغاز تابستان می‌باشد.

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ آغاز تابستان از تاریخ‌های منظم‌تری نسبت به ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ برخوردار است. با رسم خط روند داده‌ها مشاهده می‌شود که داده‌ها دارای روندی با شیب مثبت هستند به این معنی که در ۱۵ سال دوم، عاملی روند منظم آغاز اقلیمی تابستان را متأثر ساخته که تأثیر این عامل در ۱۵ سال اول خیلی مشهود نبوده است. این بدان معنی است که در ۱۵ سال دوم، رفتار جت جنب حاره تحت تأثیر قرار گرفته و باعث به وجود آمدن تأخیر در آغاز تابستان شده یعنی تابستان را به تاریخ نجومی نزدیک‌تر ساخته است. چنانچه سال‌های مورد مطالعه را برای نتیجه‌گیری بهتر در نمودارهای زیر دو قسمت سازیم:



شکل ۴- روند مشاهده شده برای آغاز تابستان در دوره زمانی ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ (A) و ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ (B)

در نیمه اول دوره مورد مطالعه، داده‌ها روندی منظم‌تر نسبت به نیمه دوم دارند. به عبارتی گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم بر رفتار جت جنب حاره تأثیرگذار و موجب روندی در سری داده‌ها شده است و علاوه بر نامنظم‌تر شدن تاریخ آغاز واقعی تابستان، روندی با شیب مثبت در داده‌ها ایجاد کرده که باعث میل تاریخ آغاز از ۱ ام ماه جون به زمان‌هایی بعد از این روز شده است، بطوری که در پایان دوره مطالعه زمان آغاز تابستان بر اساس معادله خط روند، به روز ۱۵۷ ام (۶ جون) رسیده است.

۴. نتیجه‌گیری

زمان آغاز فصل تابستان بر اساس مؤلفه مداری باد در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال با لحاظ نمودن آستانه‌های زمانی آغاز پرش و زمان خاتمه پرش تابستانه جت جنب حاره برای سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۰ تعیین گردید. نتایج نشان داد که میانگین اقلیمی آغاز فصل تابستان بر تاریخ نجومی آن (۲۲ جون) انطباق ندارد و از حدود ۲۱ روز زودتر یعنی ۱ جون (بر اساس آستانه زمانی آغاز پرش) تا ۱۷ روز زودتر یعنی ۵ جون (بر اساس آستانه زمانی خاتمه پرش) در منطقه خاورمیانه به وقوع می‌پیوندد. محاسبه آماره آزمون کای اسکور نشان داد این تاریخ آغاز، تصادفی نبوده بلکه حقیقتاً گردش بزرگ‌مقیاس جو در منطقه به گونه‌ای حکومت دارد که باعث آغاز زودتر تابستان از تاریخ نجومی آن در منطقه فوق می‌شود. همچنین ترسیم سری زمانی تاریخ‌های آغاز تابستان نشان دهنده روندی مثبت در سری داده‌ها است که این روند در نیمه دوم دوره مورد مطالعه (۱۹۹۶-۲۰۱۰) بیشتر بوده و بی‌نظمی‌های بیشتری نسبت به دوره اول (۱۹۸۱-۱۹۹۶) دارد، به عبارتی گرم شدن جهانی کره زمین و تغییرات آب و هوایی؛ عامل ایجاد بی‌نظمی در گردش کلی جو و متعاقباً رفتار جت جنب حاره شده و باعث شده تابستان واقعی به سمت دیرتر آغاز شدن، سوق داده شود. این به تأخیر افتادن زمان آغاز باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره فصل تابستان خواهد شد.

در پایان باید خاطر نشان کرد که پژوهش حاضر بر اساس مطالعه یک دوره ۳۰ ساله تهیه شده که روند گرم شدن جهانی کره زمین که در سال‌های اخیر سرعت گرفته، در نیمه دوم آن که در این سال‌ها واقع شده مشهودتر است و برای یافتن نتایج دقیق‌تر و مطالعات جامع‌تر مطالعه سال‌های پس از ۲۰۱۰ در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد.

کتابنامه

- ذوالفقاری، حسن؛ ۱۳۸۴. بررسی فصول طبیعی در استان کرمانشاه. مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۶، صص ۹۰-۱۰۶.
- ذوالفقاری، حسن؛ معصوم پور سماکوش، جعفر؛ جلیلیان، آذر؛ فتح‌نیا، امان‌الله؛ ۱۳۹۲. تعیین الگوهای سینوپتیک و توده‌های مؤثر بر فصول اقلیمی غرب ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. صص ۵۳-۷۰.
- عزیزی، قاسم؛ سفراد، طاهر؛ ۱۳۹۱. تحلیل ویژگی‌های رودباد طی فازهای ENSO مطالعه موردی سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰. مجله پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال سوم، شماره ۹، ۸۲-۶۹.

- علیجانی، بهلول؛ ۱۳۷۶. تعیین فصول طبیعی در ایران. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۳۵، صص ۲۱-۳۳.
- قائم‌ی، هوشنگ؛ ۱۳۴۹. بادهای شدید سطوح فوقانی در منطقه خاورمیانه. نشریه نیوار. شماره فروردین ماه ۱۳۴۹، صص ۸۲-۷۷.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ ۱۳۹۱. نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار GrADS. تهران: موسسه انتشارات سها دانش، ۲۰۸ ص.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ عساکره، حسین؛ محمدی، بختیار؛ حلییان، امیرحسین؛ ۱۳۹۱. پردازش داده‌های جوی. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۸۴ ص.
- مفیدی، عباس؛ ۱۳۸۶. تحلیل گردش جو تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا و ارتباط آن با وقوع بارش‌های تابستانه در فلات ایران. رساله دکتری جغرافیای طبیعی (اساتید راهنما: دکتر بهلول علیجانی-دکتر زین العابدین جعفرپور)-گرایش اقلیم شناسی، گروه جغرافیای دانشگاه خوارزمی، ۱۶۵ ص.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۸۵. تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار. نشریه رشد آموزش زمین شناسی. شماره ۴۷، صص ۵۴-۵۸.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۹۱. بررسی ماهیت، ساختار و وردایی‌های زمانی گردش بزرگ‌مقیاس جو تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی. شماره ۱۱، صص ۱۵-۴۰.

- Alsop, T. (1989). The natural seasonal of western Oregon and washington. *Journal of climate*, 2, 888-896.
- Dao, S.Y. and Chen, L.S. 1957. The Structure of general circulation over continent of Asia in summer, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 35: 215-229.
- Jaagus, J. Jruu, J. Ahas, R. and Aasa, A. (2003). Spatial and temporal variability of climatic seasons on the east European plains in relation to large scale atmospheric circulation. *Climatic research*, 23, 111-129.
- Krishnamurti, T.N., 1961, The Subtropical Jet stream of Winter, *Journal of Meteorology*, 18(2):172-191.
- Kuang, X. Zhang, Y. (2005). Seasonal variation of the East Asian Subtropical Westerly Jet and its Association with the heating field over East Asia. *Advances in atmospheric sciences*, 22(6), 831-840.
- Kutje, H. and Kay, P.A. (1992). Recent Variations in 700hpa Geopotential Heights in Summer over Europe and the Middle East, and their influence on other Meteorological factors. *Springer verlag*, 46, 99-108.
- Liu, Y. and Wu, G. (2004). Progress in the study on the formation of the Summertime Subtropical Anticyclone. *Advances in Atmospheric Sciences*, 21(3), 322-342.
- Lu, R. 2004, Associations among the Components of the East Asian Summer Monsoon System in the Meridional Direction, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 82(1): 155-165.
- Price C., Stone, L., Huppert, A., Rajagopalan, B., and Alpert, P., 1998, A possible link between El Niño and precipitation in Israel, *Geophys. Res. Lett.*, 25(21), 3963-3966.
- Rodwell, M.J. and Hoskins, B. (1996). Monsoons and the dynamics of Deserts. Royal Meteorological Society, 122, 1385-1404.
- Sheng, C.Y. (1986). An Introduction to the climate of China (in Chinese). Sci Press Beijing, 85-89.
- Staff Members, 1957, On the General Circulation over Eastern Asia, *PartI, Tellus*, 9(4): 432-446.
- Staff Members, 1958, On the General Circulation over Eastern Asia, *PartII, Tellus*, 10(1): 58-75.

- Sutcliffe, R.C., and Bannon, J.K., 1956, Seasonal changes in upper air conditions in the Mediterranean-Middle East area, Scientific Proceeding of the international Association of Meteorology, Rome, September 1954: 317-334.
- Tao, S. and Zhao, Y. and Chen, X. (1958). The association between Mei-yu in East Asia and seasonal variation of the general circulation of atmosphere over Asia. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 29(2), 119-134.
- Walker, M.J., 1967, Some Ideas on winter atmospheric processes over South° East Asia, *Meteorological Magazine*, 96(1139):161-167.
- Webster, P.J. and Yang, S. 1992, Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 118: 877-926.
- Yang, S. Lau, K.M. Kim, K.M. (2002). Variations of the East Asian jet stream and Asian-Pacific-American winter climate anomalies. *J. Clim*, 15, 306-325.
- Yang, S., Lau, K-M., Yoo, S-H., Kinter, J.L., Miyakoda, K., and Ho, C-H., 2004, Upstream Subtropical signals preceding the Asian Summer Monsoon Circulation, *Journal of Climate*, 17: 4213-4229.
- Yeh, D.Z. and Zhu, B.Z. (1955). The onset of the transitional seasons in the Far East from the viewpoint of the general circulation (in Chinese). *Acta Meteorol. Sin.*, 26, 71-87.
- Yeh, D.Z. and Tao, S.Y. and Li, M.C. (1958). The abrupt change of circulation over Northern Hemisphere during June and October (in Chinese). *Acta Meteorol Sin*, 29(4), 250-263.
- Yeh, T.C., Dao, S-Y., Li, M-T., 1959, The abrupt change of circulation over the northern hemisphere during June and October, In: *The Atmosphere and the Sea in motion*, Edited by B. Bolin, Rockefeller Institute Press, 249-267.
- Yin, M. (1949). A synopticaerological study of the onset of the summer monsoon over India and Burma. *Acta Meteorol.*, 6, 393-400
- Zhang, Y. Kuang, X. Guo, W. and Zhou, T. (2006). Seasonal evolution of the upper tropospheric Westerly jet core over East Asia. *Geophysical Research Letters*, 33, L11708.



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی