



عباس مفیدی

گردش جو تابستانه در وردسپهر فوقانی بر روی جنوبغرب آسیا و وردایی زمانی آن در طی نیم قرن گذشته

عباس مفیدی^۱، آذر زرین^۲، جان فاسولو^۳

چکیده

در این پژوهش ساختار گردش بزرگ مقیاس جو بر روی جنوبغرب آسیا در طول دوره گرم سال مورد توجه قرار گرفت. ابتدا ویژگی‌های بنیادی و ماهیت گردش بزرگ مقیاس جو بررسی شد و سپس وردایی زمانی آن برای یک دوره ۶۱ ساله (۲۰۰۸-۱۹۴۸) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پژوهش حاضر تصویر جدیدی از گردش بزرگ مقیاس شبه ساکن جو بر روی جنوبغرب آسیا ارائه نموده که با تصویر اقلیمی موجود تفاوت دارد.

یافته‌های این تحقیق بیانگر آنست با آغازگری گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا یک جریان غرب سوی مداوم در وردسپهر فوقانی شکل می‌گیرد که محل اصلی همگرایی آن چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا و شرق مدیترانه است. شکل‌گیری و تداوم جریان مداری غرب سوی، جنوبغرب آسیا را محل همگرایی و نزول مداوم هوای منشأ یافته از موسمی جنوب و جنوبشرق آسیا می‌سازد. تداوم نزول بزرگ مقیاس هوا ضمن ایجاد شیب معکوس نصف‌النهاری دما، پیدایش یک گردش هدلی معکوس را در امتداد نصف‌النهاری بر روی جنوبغرب آسیا موجب می‌گردد. با بهره‌گیری از شاخص‌های طراحی شده در این پژوهش زمان آغاز، خاتمه، طول مدت و شدت گردش تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا تعیین گردید. بر اساس شاخص فیزیکی، بطور متوسط فصل تابستان در جنوبغرب آسیا در روز ۷ جون آغاز و پس از ۱۱۳ روز در ۲۸ سپتامبر به پایان می‌رسد. بررسی وردایی زمانی گردش جو بیانگر کاهش قابل ملاحظه‌ی طول فصل تابستان در طی دهه‌های اخیر بر روی منطقه می‌باشد. بر اساس نتایج، اگرچه زمان آغاز تابستان بر روی جنوبغرب آسیا در روند درازمدت خود تنها تغییرات بسیار ناچیزی را تجربه نموده (تنها ۱ روز)، اما خط روند یک کاهش ۸ تا ۹ روزه را در طی دوره مطالعه برای طول فصل تابستان نشان می‌دهد. یافته‌ها بیانگر آنست که کوتاه شدن طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا (از ۱۱۷ روز به ۱۰۹ روز) ناشی از پایان زودرس فصل تابستان در دهه‌های اخیر می‌باشد. یافته‌های تحقیق همچنین نشان‌دهنده آنست که در طول دوره ۶۱ ساله گردش بزرگ مقیاس تابستانه در هر دو منطقه جنوبغرب آسیا و منطقه موسمی یک روند کاهشی مشابهی را در شدت خود تجربه نموده است. شواهد بیانگر آنست که پایان زود هنگام و کوتاه شدن فصل تابستان، همچنین کاهش شدت گردش بر روی جنوب غرب آسیا با کوتاه شدن فصل موسمی و کاهش شدت گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا در ارتباط است.

واژگان کلیدی: جنوب غرب آسیا، گردش جو تابستانه، گردش موسمی، میدان واگرایی، وردایی اقلیمی.

۱- گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد abbasmofidi@gmail.com

۲- مرکز پژوهش اقلیمی، دانشگاه ویسکانسین-مدیسن-

۳- بخش تحلیل اقلیمی، مرکز ملی پژوهش جو (NCAR)



مقدمه:

گردش جو بعنوان یک عامل بلافصل در تعیین شرایط اقلیمی هر منطقه نقش مهمی ایفاء می کند. در واقع الگوی غالب گردش جو در هر منطقه ای بیانگر شرایط اقلیمی غالب در آن مکان است (مفیدی و زرین، ۱۳۸۵). جنوبغرب آسیا بواسطه قرارگیری در منطقه جنب حاره در طول سال محل برهمکنش سیستم های گردش حاره ای و برون حاره ای محسوب می گردد. در طول تابستان گردش جنب حاره ای بر روی جنوبغرب آسیا بواسطه وجود شدت تابش بالا، مناطق کوهستانی مرتفع و وسیع، درهم تنیدگی خشکی و دریا و استقرار قویترین گردش موسمی جهان در مجاورت منطقه، ساختار پیچیده ای پیدا می نماید که با پدیدار شدن مؤلفه های گردشی مقیاس همدید منحصربفردی در ترازهای مختلف وردسپهر همراه است. در چنین شرایطی، الگوی غالب جریان هوا در ترازهای فوقانی، میانی و زیرین از ماهیتی متمایز و شبه ایستا برخوردار شده که قویاً پدیده های اقلیمی سطحی را کنترل می نماید (مفیدی، ۱۳۸۶). می توان گفت در جنوبغرب آسیا وقوع پدیده های جوی مخرب در مقیاس محلی و منطقه ای اساساً تابع استقرار و بردایی زمانی - مکانی یک یا چند مؤلفه ای منطقه ای گردش جو تابستانه است.

با توجه به گزارش های علمی موجود، شکل گیری و تکوین این گردش نه تنها در پیدایش ویژگی های خاص اقلیمی در مقیاس محلی و منطقه ای نقش دارد، بلکه ساختار گردش جو در مناطق اقلیمی مجاور و یا دور دست را نیز از خود متأثر می سازد (بین، ۱۹۴۹؛ یانگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ اینوموتو و همکاران، ۲۰۰۳؛ اینوموتو، ۲۰۰۴).

علیرغم نقش انکارناپذیر گردش جو تابستانه در کنترل منطقه ای اقلیم در جنوبغرب آسیا، پژوهش های انجام شده در این زمینه تنها حجم بسیار کوچکی از مطالعات اقلیم شناسی و هواشناسی را به خود اختصاص داده اند (واکر، ۱۹۷۵؛ آراکوا، ۱۹۸۱؛ زاپچیک و همکاران، ۲۰۰۷).

شرایط سخت طبیعی، آب و هوای نامساعد، نبود داده های جوی مناسب و دراز مدت، همراه با انگیزه پایین پژوهشگران علوم جو به مطالعه مناطق خشک بویژه فصول خشک و کم بارش موجب گردیده تا بسیاری از ویژگی ها و قانونمندی های حاکم بر جو مناطق جنب حاره از شناخت مناسب و کافی برخوردار نباشد.

مجموعه عوامل فوق سبب ناشناخته ماندن ساختار و ماهیت گردش جو تابستانه در منطقه جنوبغرب آسیا و نبود شناخت کافی از مؤلفه های منطقه ای گردش آن گردیده است. در سال های اخیر در پی افزایش خسارات ناشی از بروز برخی پدیده های مخرب محیطی و جوی همچون توفان های حاره ای، بارش های شدید، بادهای شدید، امواج گرمایی، توفان های خاک و طرح بحث هایی چون گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، کاستی های علمی موجود در تبیین بسیاری از این رخدادها در منطقه خاورمیانه کاملاً مشهود است.

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 سازوکارهای تشکیل پرفشارهای جنب حاره تابستانه و بطور کلی مؤلفه های اصلی گردش جو تابستانه در مناطق جنب حاره ای گردیده است.

اما ماهیت گردش جو تابستانه و ویژگی های مؤلفه های اصلی آن در منطقه جنوبغرب آسیا به نسبت بالایی ناشناخته باقی مانده و درعین حال نگرش موجود در بین پژوهشگران منطقه در برخی موارد با نگرش حاصل از یافته های اخیر دارای تفاوت بنیادی می باشد (زرین و همکاران، ۲۰۱۰). بر همین اساس هدف اصلی پژوهش حاضر تبیین ساختار و ماهیت بزرگ مقیاس گردش جو تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا و بررسی بردایی زمانی آن می باشد.

در واقع سؤالاتی که پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخی برای آنهاست عبارتند از: ۱- گردش جو تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا از چه ساختاری برخوردار است؟ ۲- آیا در طی نیم قرن گذشته مؤلفه های اصلی گردش منطقه ای جو بردایی هایی را تجربه نموده اند یا خیر؟

مواد و روش:

جهت تبیین ساختار گردش جو تابستانه و بررسی بردایی زمانی آن در جنوبغرب آسیا پژوهش در دو مرحله اصلی به انجام رسیده است. در مرحله نخست هدف اصلی تحقیق آشکار سازی ویژگی های بنیادی و ماهیت گردش بزرگ مقیاس جو بوده است و در مرحله



دوم تغییرات سال به سال در زمان آغاز، پایان، مدت و شدت گردش بزرگ مقیاس مورد توجه قرار گرفته است. برای انجام تحقیق از داده های روزانه دوباره تحلیل شده مرکز ملی پژوهش جو (NCEP/NCAR) با قدرت تفکیک افقی ۲/۵ درجه (کالی و همکاران، ۱۹۹۶) برای یکدوره ۶۱ ساله (۲۰۰۸-۱۹۴۸) استفاده شد. مراحل انجام پژوهش به شرح زیر می باشد:

- در نخستین گام با استفاده از مقادیر تابش زمین تاب (OLR) مناطق چشمه و چاه انرژی مورد بررسی قرار گرفت.
- با محاسبه میدان واگرایی افقی و باد واگرا ارتباط بین مناطق چشمه و چاه انرژی در محدوده جنوب و جنوبغرب آسیا بررسی شد. در این مرحله با بهره گیری از میدان واگرایی و باد واگرا ماهیت گردش بزرگ مقیاس در امتداد مداری، نصف النهاری و همچنین در نیمرخ قائم برای منطقه جنوبغرب آسیا برای دوره ای از ابتدای ماه آوریل تا پایان ماه اکتبر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در واقع در این مرحله از تحقیق الگوی گردشی غالب بر روی جنوبغرب آسیا به تصویر کشیده شد.

- برای تعیین طول فصل تابستان و شدت گردش جو دو شاخص گردشی برای جنوبغرب آسیا طراحی شد. این دو شاخص که بیانگر جنبه های فیزیکی و دینامیکی گردش جو در ترازهای فوقانی و ردسپهر می باشند، امکان ارزیابی زمان آغاز (آغازگری)، شدت و زمان به پایان رسیدن گردش تابستانه جو بر روی منطقه جنوبغرب آسیا را فراهم می آورند. مضاف بر این، شاخص های یاد شده مقایسه ی تکوین منطقه ای گردش جو بر روی جنوبغرب آسیا با گردش موسمی را ممکن می سازند.

- شاخص فیزیکی جنوبغرب آسیا، بیان کننده تفاوت دمای روزانه جو در نیمه فوقانی و ردسپهر (۲۰۰-۶۰۰ هکتوپاسکال) در امتداد نصف النهاری می باشد. در این شاخص تفاوت دمای روزانه بین منطقه حاره ای (محدوده ی عرض $5^{\circ}N$ تا $15^{\circ}S$ و طول $35^{\circ}E$ تا $70^{\circ}E$ شرقی) و جنوبغرب آسیا (محدوده ی عرض $15^{\circ}N$ تا $35^{\circ}N$ و طول $35^{\circ}E$ تا $70^{\circ}E$ شرقی) محاسبه شده و شیب نصف النهاری دما از ابتدای آوریل تا انتهای اکتبر مورد بررسی قرار گرفت.

- شاخص دینامیکی در واقع نتیجه بررسی ها و تجزیه و تحلیل های اولیه گردش بر روی جنوبغرب آسیاست. در این شاخص برای تعیین آغاز و پایان گردش تابستانه، همچنین بیان شدت آن از مقادیر روزانه تاوایی نسبی استفاده شد. استفاده از مقادیر تاوایی نسبی جهت تعیین زمان آغاز، پایان و طول فصل تابستان بر این اصل استوار است که هر ساله و در حین پیشروی دوره گرم بر روی جنوبغرب آسیا، در یک بازه زمانی خاص در ترازهای فوقانی و ردسپهر گردش چرخندی (تاوایی مثبت) در مقیاس منطقه ای به گردش واچرخندی (تاوایی منفی) تغییر می یابد. گردش واچرخندی در تمام طول تابستان تداوم یافته تا در نهایت در پیشروی دوره گرم در یک بازه زمانی خاص مجدداً به گردش چرخندی مبدل گردد.

بر این اساس در تحقیق حاضر زمان بین آغاز شدن و پایان یافتن گردش واچرخندی بر روی جنوبغرب آسیا بعنوان فصل تابستان در نظر گرفته شد. برای محاسبه این شاخص (شاخص دینامیکی) از مقادیر متوسط روزانه تاوایی نسبی در محدوده ی عرض $40^{\circ}N$ - $30^{\circ}N$ شمالی و طول $60^{\circ}E$ - $40^{\circ}E$ شرقی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال استفاده شد.

محدوده و تراز یاد شده در طول دوره گرم سال در برگیرنده منطقه بیشینه تاوایی منفی در جنوبغرب آسیا می باشد. بدین ترتیب ضمن تهیه شاخص های گردشی مناسب جهت شناسایی زمان آغاز، پایان و طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا، امکان مطالعه وردایی زمانی آن برای دوره ۶۱ ساله فراهم گردید.

- با توجه به اینکه بررسی های اولیه بیانگر وجود یک نوع ارتباط بین گردش موسمی تابستانه و گردش تابستانه جو بر روی جنوبغرب آسیاست، برای آشکارسازی این ارتباط، از شاخص موسمی «آگرویر و همکاران، ۲۰۰۷» که امکان تعیین شدت گردش موسمی، همچنین زمان آغاز و پایان آن را فراهم می آورد استفاده شد. دلیل انتخاب شاخص یاد شده آنست که علاوه بر اینکه در تعیین شدت گردش موسمی همبستگی بالایی را با سایر شاخص های معتبر موسمی همچون شاخص دینامیکی «وبستر-یانگ» (وبستر و یانگ، ۱۹۹۲؛ وبستر و همکاران، ۱۹۹۸)، «شاخص بارش موسمی تابستانه کل هند» (پارتاساراتی و همکاران، ۱۹۹۲) و «شاخص تابش زمین تاب» (لی و یانای، ۱۹۹۶) نشان می دهد، در عین حال در قیاس با شاخص هیدرولوژیکی ارائه شده توسط «فاسولو و وبستر، ۲۰۰۳» در تعیین زمان آغازگری و عقب نشینی گردش موسمی و شناسایی طول فصل موسمی از دقت بیشتری برخوردار است.

در شاخص موسمی مقادیر متوسط روزانه دما، متوسط گیری شده برای ترازهای ۶۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب در دو منطقه مجزا یکی منطقه حاره (محدوده ی عرض $5^{\circ}N$ - $15^{\circ}S$ و طول $100^{\circ}E$ - $40^{\circ}E$) و دیگری منطقه موسمی جنوب-جنوب شرق





آسیا (محدوده ی عرض 35°N - 15°N و طول 100°E - 40°E) مورد استفاده قرار می گیرد. از تفاضل گیری دمای متوسط روزانه بین دو منطقه یاد شده میزان تفاوت دمای بین منطقه موسمی و منطقه حاره آشکار می گردد. بر این اساس در پیشروی دوره گرم سال و در نیمه فوقانی و ردسپهر روزی که دمای متوسط روزانه منطقه موسمی از منطقه حاره ای پیشی گیرد و شاخص موسمی مقادیر مثبت را نشان دهد آغاز گردش موسمی بر روی جنوب و جنوب شرق آسیا قلمداد می گردد. با توجه به شاخص موسمی تا زمانیکه شیب معکوس دمایی در امتداد نصف النهاری وجود داشته باشد فصل موسمی ادامه خواهد یافت. شدت گردش موسمی نیز از مجموع مقادیر تفاوت دمای روزانه برای تمامی روزهایی که شاخص موسمی شیب معکوس دما (مقدار مثبت) را نشان می دهد محاسبه می گردد. شاخص فیزیکی جنوبغرب آسیا نیز از ویژگی هایی مشابه با شاخص موسمی برخوردار است تنها با این تفاوت که برای محدوده ی طول 35°E تا 70°E شرقی طراحی شده است.

وردایی زمانی گردش بزرگ مقیاس جو تابستانه برای یکدوره ۶۱ ساله (۲۰۰۸-۱۹۴۸) به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت. - با بهره گیری از مؤلفه های گردش تابستانه ابتدا زمان آغازگری، زمان خاتمه و طول فصل تابستان برای تمامی سالهای مورد مطالعه تعیین شد و سپس وردایی آن در طی دوره ۶۱ ساله مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از دو شاخص فیزیکی و شاخص دینامیکی (مقادیر تاوایی نسبی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال) استفاده شد.

- شدت گردش تابستانه جو بر روی جنوبغرب آسیا نیز با بهره گیری از شاخص های فیزیکی و دینامیکی تعیین گردید. در این راستا از یک سو با بهره گیری از مقادیر متوسط روزانه تفاوت دما در امتداد نصف النهاری، مجموع مقادیر مثبت در شاخص فیزیکی (برای تمامی روزهای دارای شیب معکوس دمایی) بعنوان شدت فصلی گردش بزرگ مقیاس در نظر گرفته شد، و از سوی دیگر با استفاده از مجموع مقادیر تاوایی نسبی بین زمان آغاز و پایان گردش و اچرخندی (شاخص دینامیکی) شدت گردش تابستانه برای هر سال از دوره مطالعه تعیین شد. پس از تهیه میانگین درازمدت برای هر یک از شاخص های فوق، میزان انحراف استاندارد هریک از سالهای مورد مطالعه از شدت متوسط دوره تعیین شد و نمودار وردایی زمانی برای هر یک از شاخص ها تهیه شد.

- برای مقایسه ی بین گردش جو در جنوبغرب آسیا و گردش موسمی از شاخص فیزیکی اگزاویر و همکاران (۲۰۰۷) که بیانگر طول فصل موسمی و شدت گردش موسمی است و شاخص فیزیکی طراحی شده برای جنوبغرب آسیا استفاده شد. جدول ۱ بیانگر محدوده، تراز و نوع متغیر بکارگرفته شده برای هر یک از مؤلفه ها می باشد.

جدول ۱: محدوده، تراز و متغیر مورد استفاده برای بررسی شدت و وردایی مؤلفه های اصلی گردش جو تابستانه

نام مؤلفه	طول	عرض	تراز فشاری	نوع متغیر
شاخص فیزیکی (جنوبغرب آسیا)	35°E - 70°E	$(15^{\circ}\text{N} - 35^{\circ}\text{N}) - (15^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N})$	۲۰۰-۶۰۰ ه.پ	دما
شاخص دینامیکی	40°E - 60°E	$30^{\circ}\text{N} - 40^{\circ}\text{N}$	۲۰۰ ه.پ	تاوایی نسبی
شاخص موسمی TTD	40°E - 100°E	$(15^{\circ}\text{N} - 35^{\circ}\text{N}) - (15^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N})$	۲۰۰-۶۰۰ ه.پ	دما

نتایج

الف - ساختار بزرگ مقیاس گردش جو تابستانه در جنوبغرب آسیا

در طول فصل تابستان تمامی مناطق واقع در جنوبغرب آسیا در و ردسپهر فوقانی تحت تسلط یک گردش و اچرخندی قرار دارند. و اچرخندی بزرگ به شکل شبه ساکن بر روی مناطق گسترده ای از جنوبغرب آسیا استقرار می یابد. بطوریکه مرکز آن بطور متوسط در جنوب ایران و در عرض 25° شمالی جای می گیرد (شکل ۱-الف).

در این دوره از سال جت جنب حاره نیز با استقرار در منطقه دریای خزر شمالی ترین موقعیت سالانه خود را تجربه می کند. بیشینه سرعت در هسته جت در قیاس با همتهای زمستانی آن بر روی شمالشرق آفریقا بطور محسوس کاهش یافته و همانطوریکه کریشنامورتی (۱۹۶۱) نیز به آن اشاره دارد جت عمدتاً در محدوده تاج پشته به بیشینه سرعت خود دست می یابد (شکل ۱-الف).

بررسی حاضر بیانگر آنست که برخلاف دوره سرد سال بیشینه سرعت بین هسته های جت غرب و شرق آسیا یکسان بوده و در عین حال در طول تابستان در موارد بیشماری بیشینه سرعت در منطقه دریای خزر از همتهای شرقی آن در شرق فلات تبت پیشی

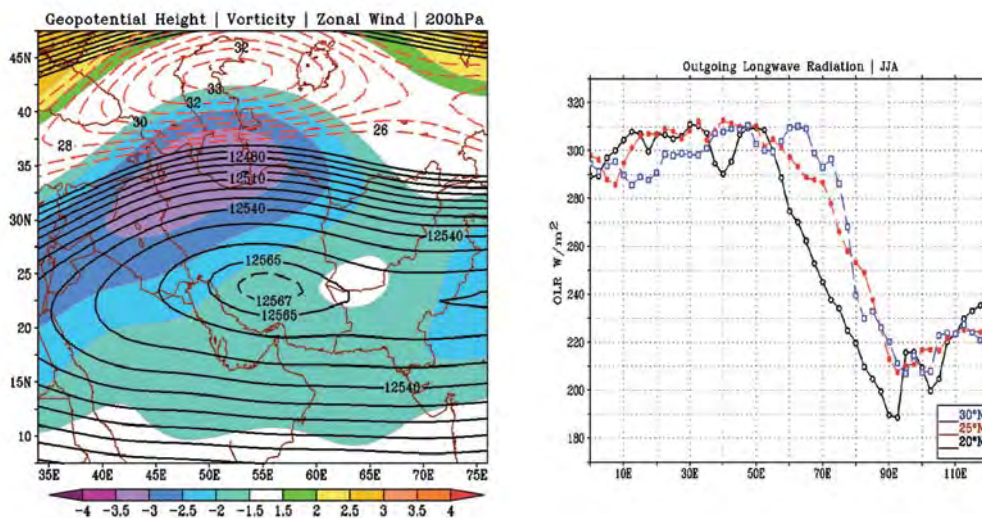


می‌گیرد. چنین تصویری از شرایط همدیدی تابستانه نتیجه وجود برخی روابط فیزیکی و دینامیکی خاص حاکم بر گردش بزرگ مقیاس جو در جنوبغرب آسیا است که در ادامه با رعایت تقدم تشریح می‌گردد.

برخی از مطالعات کلاسیک مناطق خشک جنوبغرب آسیا و شمال آفریقا را در طول تابستان منطقه چاهه انرژی دانسته شده اند که به همین جهت الزاماً بایستی از یک نزول دینامیک برخوردار باشند تا به یک تعادل انرژی دست یابند (چارنی، ۱۹۷۵؛ وبستر و همکاران، ۱۹۹۰؛ ۱۹۹۴؛ ۱۹۹۸). برای درک صحت و سقم این تئوری، میزان تابش زمین تاب (OLR) برای ماههای تابستان مورد بررسی قرار گرفت. همانطوریکه در شکل ۱-ب مشاهده می‌شود تمامی مناطق واقع در غرب طول 80° شرقی خروج انرژی برابر یا بیشتر از 300 وات بر مترمربع را در طول تابستان تجربه می‌کنند.

بدین ترتیب مناطق خشک و بیابانی جنوب غرب آسیا، سرمایش تابشی خالصی را بویژه در وردسپهر فوقانی به رغم گرمایش شدید تراز زیرین جو در تابستان تجربه می‌کنند.

از نظر تئوریک سرمایش ایجاد شده بایستی بواسطه‌ی فرارفت قائم به توازن برسد (وبستر، ۱۹۸۳). به عبارت دیگر، جهت ایجاد توازن در سرمایش تابشی حاصله، فرونشینی هوا بر روی مناطق خشک وسیع و بدون ابر جنوب غرب آسیا ضروری است (وبستر و همکاران، ۱۹۹۸). بدین ترتیب می‌توان نظریه‌ی چارنی (۱۹۷۵) را مبنی بر وجود «چاهه گرمایی» بر روی مناطق خشک و بیابانی دنیا در رابطه با منطقه جنوبغرب آسیا صادق دانست. از نظر فیزیکی هر چاهه گرمایی نیازمند دریافت انرژی از منطقه چشمه از طریق فرارفت انرژی می‌باشد. نکته جالب اینکه منطقه چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا درست در شرق قویترین چشمه گرمایی نیمکره شمالی جای گرفته است (شکل ۱-ب).



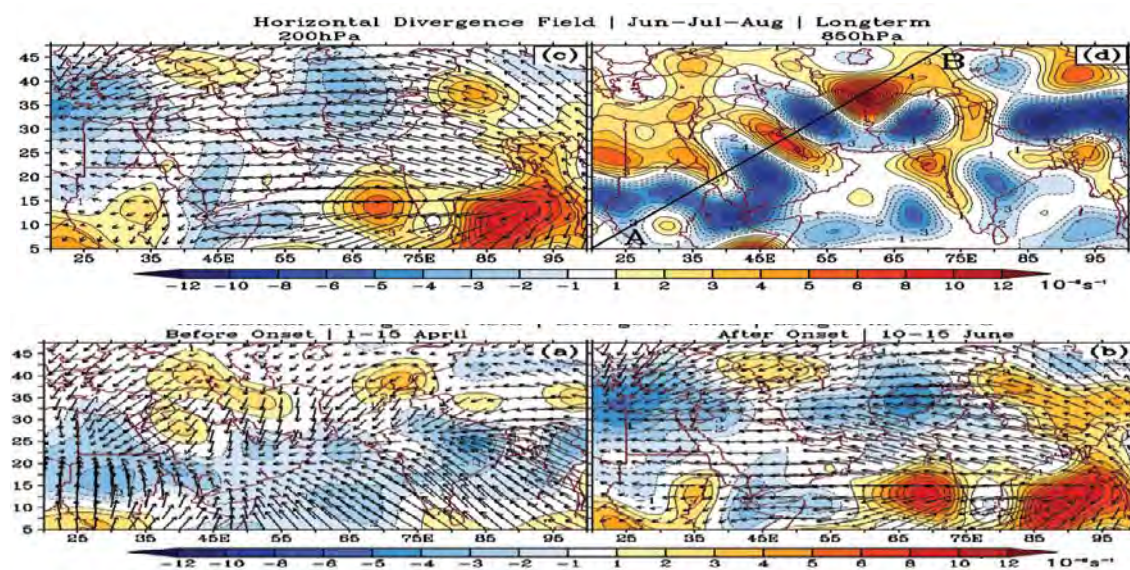
شکل ۱: الف) متوسط درازمدت (۲۰۰۸-۱۹۷۹) تابش زمین تاب جو در امتداد عرض‌های 25° ، 30° و 35° شمالی برای فصل تابستان برحسب وات بر مترمربع. ب) وضعیت همدیدی متوسط تابستانه جو (۲۰۰۰-۱۹۷۱) بر روی جنوبغرب آسیا در تراز 200 هکتوپاسکال. تاوایی نسبی برحسب 10° و ارتفاع ژئوپتانسیل و سرعت باد مداری به ترتیب برحسب متر و متر بر ثانیه می‌باشد.

با توجه به شکل ۱-ب میزان شیب مداری تابش زمین تاب تنها در یک محدوده 15° تا 20° درجه ($85^{\circ}E$ - $65^{\circ}E$) به بیش از 100 وات بر مترمربع بالغ می‌گردد. شکل ۲ رابطه مناطق چشمه و چاهه گرمایی را برای جنوبغرب آسیا در مقیاس بزرگ نشان می‌دهد. در این شکل با بهره‌گیری از مقادیر متوسط درازمدت میدان واگرایی افقی و باد واگرا مناطق چشمه و چاهه انرژی در منطقه جنوب و جنوبغرب آسیا و تکوین زمانی آن در طول فصل گرم به نمایش درآمده است. با توجه به شکل ۲ در نیمه نخست ماه آوریل منطقه اصلی همگرایی جریان هوا (چاهه انرژی) در وردسپهر فوقانی، یک کمربند مداری در حدفاصل شمالشرق آفریقا- جنوب شبه جزیره عربستان و شبه قاره هند پایین تراز عرض 25° شمالی است (مقادیر منفی در شکل ۲-الف). این در حالی است که با در نظر گرفتن باد واگرا، از یک سو مناطق میانی و شمالی جنوبغرب آسیا و از سوی دیگر عرض‌های پایین تراز 5° شمالی نقش چشمه انرژی را برای کمربند یاد شده بازی می‌کنند. چنین الگویی از جریان در منطقه جنوبغرب آسیا تا اواخر ماه می تداوم می‌یابد.



اما در ابتدای ماه جون و در پی آغازگری (Onset) گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا، الگوی یادشده بطور کامل تغییر یافته و همانطوریکه شکل ۲-ب نشان می دهد تمامی مناطق واقع در جنوبغرب آسیا تا مرکز مدیترانه، به محل همگرایی جریانات منشأ یافته از منطقه موسمی جنوب و جنوب شرق آسیا مبدل می گردد. بدین ترتیب می توان گفت با شکل گیری گردش موسمی تابستانه منطقه جنوب-جنوبشرق آسیا بعنوان یک چشمه انرژی بزرگ مقیاس عمل نموده (مقادیر بیشینه میدان واگرایی مثبت در شکل ۲-ب و ۲-ج) و در مقابل مناطق واقع در جنوبغرب آسیا و مدیترانه شرقی محدوده اصلی همگرایی این جریان و در واقع چاهه های گرمایی محسوب می گردند. منطقه مرکزی افغانستان و شرق مدیترانه با کمینه همگرایی ۵- واحد، چاهه های گرمایی اصلی در ابتدای فصل موسمی محسوب می گردند (شکل ۲-ب).

به نظر می رسد بخش عمده ای از مناطق مرکزی و شمالی جنوبغرب آسیا و مدیترانه شرقی عمدتاً محل همگرایی هوای منشأ یافته از موسمی جنوب و جنوبشرق آسیاست. در حالیکه بخش های عمده ای از شبه جزیره عربستان توسط هوای برخاسته از غرب شبه قاره هند تغذیه می گردد. چنین الگویی همانطوریکه شکل ۲-ج نشان می دهد، الگوی غالب گردش بزرگ مقیاس جو بر روی جنوبغرب آسیا در طول تابستان محسوب می گردد. نتیجه این تحقیق، نتایج حاصل از برخی مطالعات گذشته را مورد تأیید قرار می دهد (کریشنامورتی، ۱۹۷۱الف؛ ۱۹۷۱ب؛ هی و همکاران، ۱۹۸۷؛ یانای و همکاران، ۱۹۹۲؛ ویستر، ۱۹۹۴؛ لی و همکاران، ۲۰۰۱). با این تفاوت که برخلاف تحقیقات گذشته، گردش مداری غرب سو تنها به مناطق حاره ای غرب منطقه موسمی آسیا محدود نشده و در عین حال برخلاف یافته کریشنامورتی (۱۹۷۱ب) منطقه اصلی چاهه انرژی گردش غرب سو، مناطق میانی اقیانوس اطلس نبوده بلکه جنوبغرب آسیا و شرق مدیترانه است.

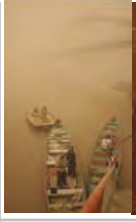


شکل ۲: متوسط درازمدت میدان واگرایی افقی و باد واگرا. (الف) قبل از استقرار گردش موسمی (۲۰۰۰ پ.ب). (ب) بعد از آغازگری گردش موسمی (۲۰۰۰ پ.ب). (ج) و (د) متوسط فصل تابستان برای ترازهای ۲۰۰ و ۸۵۰ پ.ب. نقشه ها برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۷۱) تهیه شد. میدان واگرایی افقی برحسب $10^{-5} s^{-1}$ و خط AB نشاندهنده منطقه بکار رفته در شکل ۳-ج می باشد.

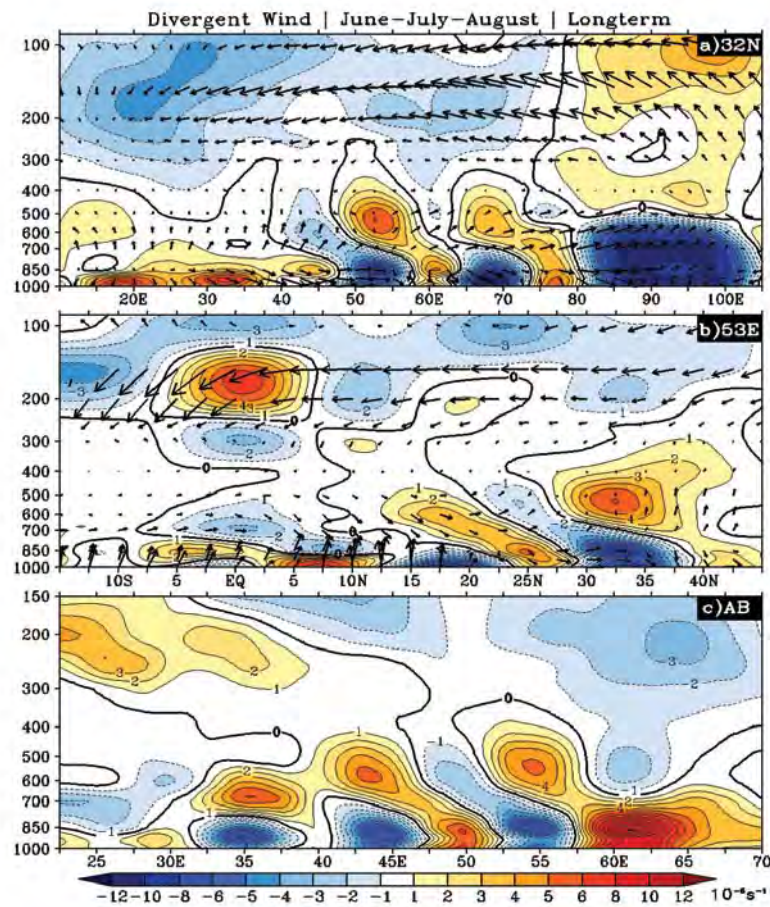
جهت فراهم نمودن یک دید جامع تر از ماهیت گردش تابستانه جو بر روی جنوبغرب آسیا، نیمرخ قائم میدان واگرایی و باد واگرا در امتداد عرض 32° شمالی و طول 53° شرقی تهیه شد.

در واقع نیمرخ های یادشده به شکل مناسب تری امکان ارزیابی الگوی غالب گردش تابستانه بر روی منطقه مطالعه را فراهم می آورند. با توجه به شکل ۳-الف منطقه جنوبغرب آسیا و شرق مدیترانه در طول تابستان یک جریان شرقی (غرب سو) غالب را در بردسپهر فوقانی (تراز 300 هکتوپاسکال و بالاتر) تجربه می کنند.

جریان غرب سو با منشأ موسمی، بواسطه شیب مداری موجود، بیشینه شدت خود را در حداصل تراز 150 تا 100 هکتوپاسکال (پوش سپهر تحتانی) تجربه می کند و مناطق بیشینه واگرایی و کمینه همگرایی یا چشمه ها و چاهه های اصلی انرژی با الگوی



ارائه شده در شکل ۲-ب و ۲-ج مطابقت دارند. نکته برجسته تر زمانی آشکار می گردد که ساختار نصف النهاری گردش جو مورد بررسی قرار گیرد. همانطوریکه شکل ۳-ب نشان می دهد در طول فصل تابستان برخلاف تصور موجود، جنوبغرب آسیا یک گردش نصف النهاری معکوس را تجربه می کند. به عبارتی دیگر گردش جو به جای آنکه از جنوب به شمال بوده و تداعی کننده ی گردش هدلی کلاسیک باشد، جنوب سو (از شمال به جنوب) می باشد. جریان جنوب سو در بالاتر از تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال تسلط یافته و کمی بالاتر از تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال بیشینه شدت خود را تجربه می کند. بطور واضح تر باید گفت در طول تابستان منطقه جنوبغرب آسیا همچون منطقه موسمی جنوب و جنوبشرق آسیا یک گردش بزرگ مقیاس معکوس را تجربه می کند. چنین ساختار گردشی معکوسی بایستی بواسطه شکل گیری یک شیب معکوس دما بین مناطق حاره و جنب حاره ایجاد شده باشد.



شکل ۳: نیمرخ قائم متوسط میدان واگرایی افقی و باد واگرا (جون، جولای و آگوست). (الف) در امتداد عرض ۳۲° شمالی. (ب) در امتداد طول ۵۳° شرقی. (ج) در امتداد خط AB نشان داده شده در شکل ۲-د. شکلها برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۷۱) تهیه شد و میدان واگرایی برحسب $10^{-8} m s^{-1}$ می باشد.

بر اساس یافته های اولیه فلون (۱۹۵۷)، گرمایش بر روی فلات تبت علاوه بر ایجاد پرفشار در ترازهای فوقانی، معکوس شدن شیب دما و فشار را در امتداد نصف النهاری در پی داشته و در نهایت موجب تغییر گردش بزرگ مقیاس جو بر روی جنوب و شرق آسیا و آغاز گردش موسمی تابستانه بر روی شبه قاره هند می گردد.

در مطالعه حاضر برای تبیین معکوس شدن گردش تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا از اصول فیزیکی طرح شده توسط فلون و بکار رفته در شاخص گاسومی و همکاران (۲۰۰۵) و اگزاویر و همکاران (۲۰۰۷) بهره برده شد.

بر این اساس گردش معکوس تابستانه جو بر روی جنوبغرب آسیا (شکل ۳-ب) زمانی آغاز خواهد شد که دما در وردسپهر فوقانی و در امتداد نصف النهاری بر روی منطقه جنوبغرب آسیا از منطقه حاره ای مشابه آن پیشی گیرد.

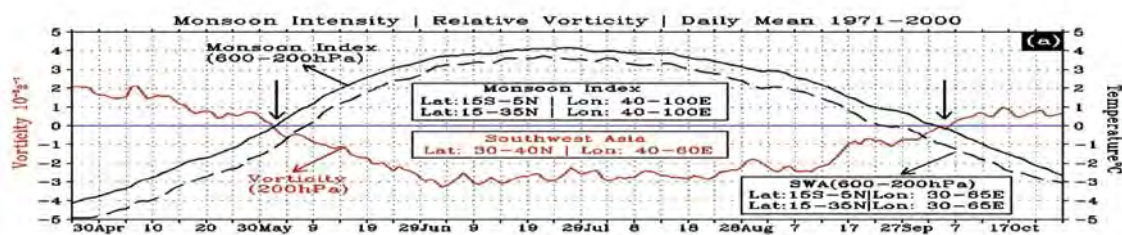
به همین ترتیب گردش تابستانه ی معکوس بر روی جنوبغرب آسیا زمانی پایان خواهد یافت که شیب دمایی معکوس پایان یابد (شکل ۴). برای این منظور با استفاده از مقادیر دمای ثبت شده در امتداد نصف النهاری، یک شاخص فیزیکی برای تبیین تغییرات





گردش تابستانه طراحی شد. در طراحی شاخص از شاخص ارائه شده توسط اگزاویر و همکاران (۲۰۰۷) استفاده گردید. بکارگیری همزمان دو شاخص یاد شده، امکان ارزیابی گردش جو بر روی جنوبغرب آسیا و مقایسه آن با گردش موسمی را در دوره گرم سال فراهم نموده است.

بر اساس شاخص فیزیکی و با استفاده از داده های یکدوره ۶۱ ساله، بطور متوسط فصل تابستان در جنوبغرب آسیا در روز ۷ جون آغاز و پس از ۱۱۳ روز در ۲۸ سپتامبر به پایان می رسد. این در حالیست که بر روی منطقه موسمی جنوب-جنوبشرق آسیا مدت متوسط فصل موسمی تابستانه ۱۳۳ روز و در حد فاصل ۲۹ می (آغازگری) تا ۸ اکتبر (پایان موسمی) می باشد (جدول ۲).



شکل ۴: شدت متوسط روزانه و طول دوره گردش موسمی (شاخص موسمی-خط ممتد سیاه) و گردش جنوبغرب آسیا (شاخص فیزیکی-خط چین سیاه؛ شاخص دینامیکی-خط قرمز) متوسط گیری شده برای یکدوره ۳۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰). مشخصات مربوط به هر یک از شاخص ها در داخل شکل، همچنین جدول ۱ آمده است.

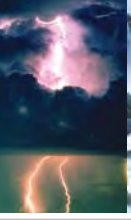
شکل ۴ با بهره گیری از داده های متوسط گیری شده برای یکدوره ۳۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰) نحوه آغاز، پایان و تغییرات شدت شاخص ها را در طول دوره گرم سال به تفکیک برای جنوبغرب آسیا و منطقه موسمی نشان می دهد. برای فراهم نمودن درک مناسب تر، مقادیر تاوایی نسبی نیز با استفاده از شاخص دینامیکی برای جنوبغرب آسیا محاسبه گردید و در شکل ۲ و جدول ۲ آورده شد. با توجه به فرآیندهای فیزیکی و دینامیکی حاکم بر گردش تابستانه جو، می توان نحوه ارتباط بین شاخص ها را به شکل زیر تشریح نمود.

جدول ۲: زمان متوسط آغاز، پایان و طول فصل تابستان برای یکدوره ۶۱ (۱۹۴۸-۲۰۰۸) به همراه جداها.

نام شاخص	زمان آغازگری	زمان پایان	طول تابستان	زودترین آغاز	دیرترین آغاز	زودترین پایان	دیرترین پایان
شاخص فیزیکی (جنوب غرب آسیا)	۷ جون	۲۸ سپتامبر	۱۱۳	۲۰۰۰-۱۹۵۶ (می ۲۴)	۱۹۹۲ (جون ۱۸)	۱۹۷۴ (سپتامبر ۱۲)	۱۹۸۳-۱۹۷۱ (اکتبر ۱۷)
شاخص دینامیکی (جنوب غرب آسیا)	۱ جون	۱۱ اکتبر	۱۳۳	۱۹۵۶ (می ۱۲)	۱۹۶۹ (جون ۲۲)	۱۹۵۷ (سپتامبر ۱۲)	۱۹۵۹ (اکتبر ۲۷)
شاخص موسمی	۲۹ می	۸ اکتبر	۱۳۳	۱۹۵۶ (می ۱۲)	۱۹۹۲ (جون ۱۱)	۱۹۹۴ (اگوست ۲۱)	۱۹۷۵ (اکتبر ۲۴)

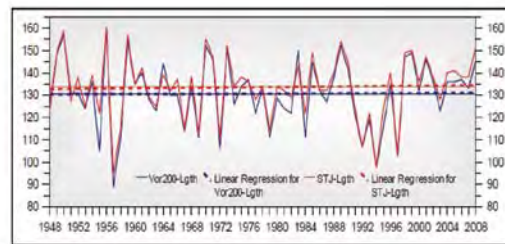
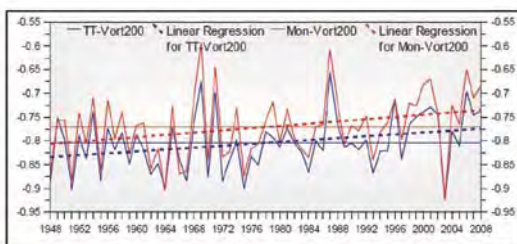
با آغازگری گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا یک جریان غرب سوی مداوم در وردسپهر فوقانی شکل می گیرد که محل اصلی همگرایی و فرونشینی آن چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا و شرق مدیترانه است (شکل ۲ و شکل ۳). متعاقب آن و تنها پس از چند روز، گردش واچرخندی گسترده ای بر روی جنوبغرب آسیا آغاز می گردد و ترازهای فوقانی وردسپهر را تحت تسلط خود در می آورد (شکل ۱-الف و شکل ۴). نزول مداوم هوا با منشأ موسمی و تداوم گردش واچرخندی، موجب گرمایش وردسپهر فوقانی در منطقه جنوبغرب آسیا می شود. در نهایت همانطوریکه شکل ۴ و جدول ۲ نشان می دهند، بطور متوسط حدود ۱۰ روز پس از آغازگری گردش موسمی، شیب نصف النهاری دما در منطقه جنوبغرب آسیا معکوس می گردد (شکل ۴-خط چین سیاه). شکل ۵ روابط موجود بین شاخص های مورد استفاده در تحقیق را نشان می دهد. با توجه به شکل، تغییرات روزانه مقادیر تاوایی نسبی بر روی جنوبغرب آسیا (شاخص دینامیکی)، دارای همبستگی بالایی هم با شاخص گردش موسمی (متوسط ۰/۷۷-) و هم با شاخص فیزیکی جنوبغرب آسیا (متوسط ۰/۸۰-) می باشد. در واقع چنین همبستگی بالایی بین شاخص ها، وقوع فرآیندهای فیزیکی و دینامیکی فوق الذکر را مورد تأیید قرار می دهد. یافته های فوق، نتایج بدست آمده توسط هی و همکاران (۱۹۸۷) و یانای و همکاران (۱۹۹۲) را تأیید





می نماید. در حقیقت محققان یاد شده در تشریح تکوین فصلی گردش موسمی، وقوع سازوکاری مشابه را عاملی جهت تقویت و گسترش موسمی دانسته اند.

از سوی دیگر، شیب معکوس نصف النهاری دما بر روی جنوبغرب آسیا کمی قبل از پایان فصل موسمی (عقب نشینی گردش موسمی) به پایان می رسد. زمان متوسط این تغییر با توجه به شکل ۴ و جدول ۲ حدود ۱۰ روز پیش از به پایان رسیدن تابستان موسمی است. این در حالی است که تا چند روز پس از پایان گردش موسمی تابستانه، جنوبغرب آسیا همچنان گردش و اچرخندی را تجربه می نماید (جدول ۲). در نهایت می توان گفت، شاخص فیزیکی معرف مناسبی برای تعیین زمان آغاز، پایان و طول فصل گردش تابستانه در منطقه جنوبغرب آسیا به شمار می آید. در عین حال، شاخص دینامیکی ارتباط شاخص فیزیکی را با گردش موسمی به نحو مناسبی تبیین می نماید.



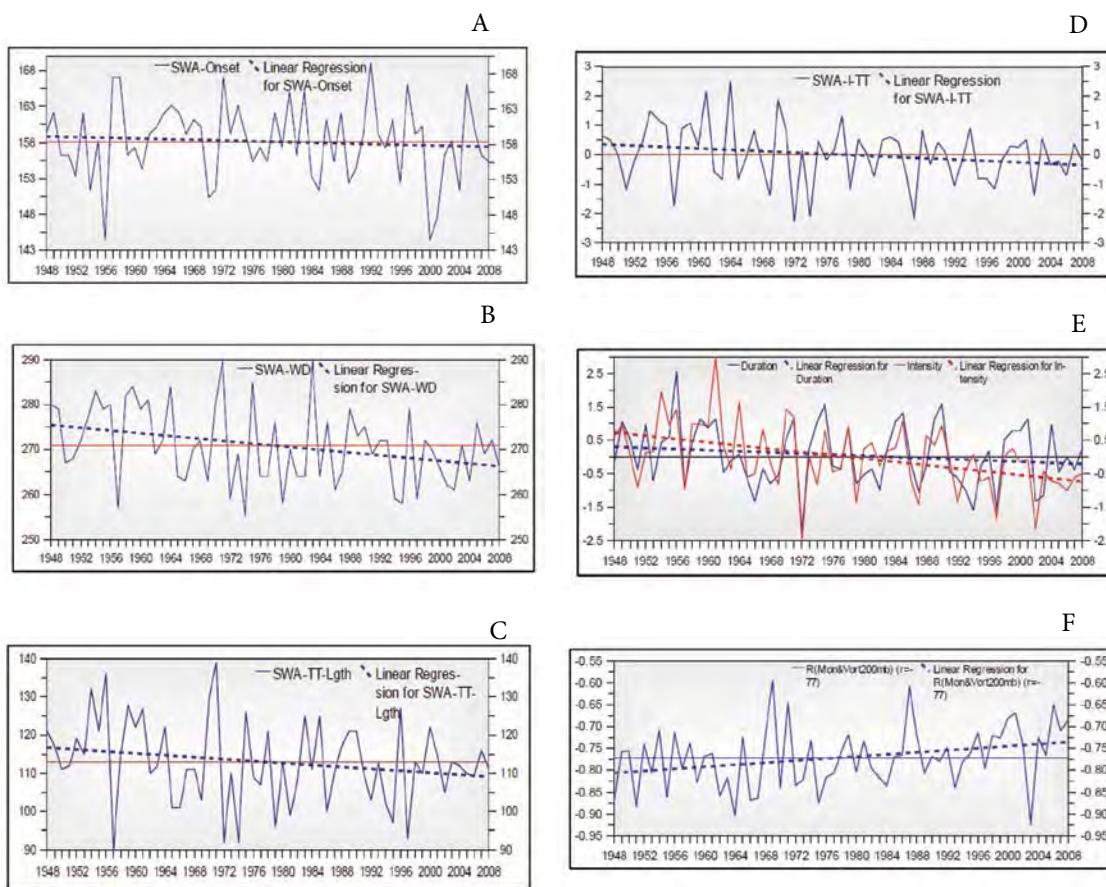
شکل ۵. الف) میزان همبستگی روزانه شاخص های گردش (۱۹۴۸-۲۰۰۸). خط آبی و قرمز به ترتیب بیانگر همبستگی بین شاخص دینامیکی و شاخص موسمی و با شاخص فیزیکی جنوبغرب آسیاست. محاسبه همبستگی با استفاده از داده های روزانه از ابتدای آوریل تا پایان اکتبر صورت گرفت. ب) طول مدت تابستان بر روی جنوبغرب آسیا با استفاده از شاخص دینامیکی (خط آبی) و شاخص جت (خط قرمز). در نمودارها خطوط روند و میانگین در از مدت با رنگی مشابه نشان داده شده اند.

ب-وردایی زمانی گردش جو تابستانه

بررسی های انجام شده جهت تبیین ساختار گردش جو تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا این امکان را فراهم نمود تا با تعیین معیارها و شاخص های مناسب، وردایی زمانی گردش جو تابستانه مورد مطالعه قرار گیرد.

شکل ۶-الف وردش سال به سال زمان آغاز فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا را با استفاده از شاخص فیزیکی (جدول ۲) نشان می دهد. با توجه به شکل، زمان متوسط برای شروع فصل تابستان در دوره مورد مطالعه (۱۹۴۸-۲۰۰۸) روز یکصد و پنجاه و هشتم از سال (۷ جون-جدول ۲) می باشد. بر اساس این شاخص، اگرچه آغاز تابستان بر روی جنوبغرب آسیا در روند درازمدت خود تنها تغییرات ناچیزی را تجربه نموده، اما وردش های سال به سال آن بسیار قابل ملاحظه بوده است. به عبارتی دیگر، در سالهای اخیر تابستان در جنوبغرب آسیا تنها حدود ۱۰ روز زودتر از شمال اقلیمی آغاز گردیده است. در مقابل، زمان پایان فصل تابستان تغییر روند آشکاری را بر روی منطقه نشان می دهد. با در نظر گرفتن خط روند در شکل ۶-ب، جنوبغرب آسیا کاهشی حدود ۱۰ روز (روز ۲۷۵ در آغاز دوره و ۲۶۵ در پایان آن) را در زمان پایان یافتن فصل تابستان تجربه نموده است. این کاهش معنی دار عمدتاً ناشی از پایان یافتن زودهنگام فصل تابستان در طی دو-سه دهه اخیر و بطور مشخص تر سالهای پس از ۱۹۸۳ می باشد. نتیجه کلی آنکه طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا کاهش قابل ملاحظه ای را در طی دهه های اخیر تجربه نموده است. با توجه به شکل ۶-ج، در حالیکه متوسط طول تابستان بر روی جنوبغرب آسیا حدود ۱۱۳ روز است، اما خط روند یک کاهش ۸ تا ۹ روزه را در طول دوره ۶۱ ساله نشان می دهد. بررسی وردایی سال به سال طول تابستان بیانگر آنست که سال های پس از آغاز دهه ۱۹۷۰ عمدتاً در مقایسه با سالهای قبل از آن تابستان های کوتاه تری را تجربه کرده اند. با مقایسه سه نمودار ۶-الف تا ۶-ج می توان چنین نتیجه گیری کرد که کوتاه شدن طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا (از ۱۱۷ روز به ۱۰۹ روز) ناشی از پایان زودرس فصل تابستان در دهه های اخیر می باشد. از نظر فیزیکی می توان چنین استدلال نمود که پایان زودرس تابستان بر روی جنوبغرب آسیا بواسطه پایان زودهنگام شیب معکوس نصف النهاری دما در طی دو-سه دهه اخیر بوده است.

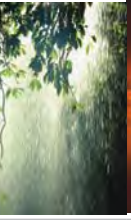




شکل ۶. الف تا د) به ترتیب زمان آغاز، پایان، طول فصل تابستان و شدت گردش تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا با استفاده از شاخص فیزیکی (جدول ۱)، (ه) نمره استاندارد شدت گردش موسمی و طول فصل موسمی بر اساس شاخص فیزیکی اگزاویر و همکاران (۲۰۰۷)، (و) میزان همبستگی بین شدت گردش موسمی جنوب-جنوب شرق آسیا با گردش تابستانه جنوب غرب آسیا بر اساس شاخص های فیزیکی طراحی شده. برای محاسبه همبستگی از مقادیر روزانه دما از ابتدای ماه آوریل تا پایان اکتبر استفاده شد.

شدت گردش تابستانه جو ویژگی دیگری است که بردایی زمانی آن مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۶-د بردایی شدت گردش تابستانه جو را بر روی جنوب غرب آسیا در دوره ۶۱ ساله نشان می دهد. بر اساس شکل، گردش تابستانه در طول دوره ۶۱ ساله یک روند کاهشی را در شدت خود تجربه نموده است. انحراف استاندارد محاسبه شده میزان کاهشی حدود ۰/۸ تا ۰/۹ را برای کل دوره نشان می دهد. در این رابطه و در توافق با روند کاهشی طول فصل تابستان، عمدتاً سال های پس از آغاز دهه ۱۹۷۰ در مقایسه با سالهای قبل از آن از شدت گردش کمتری برخوردار بوده اند. این نکته زمانی جالب تر می گردد که با طول فصل موسمی و شدت گردش آن در جنوب-جنوب شرق آسیا مقایسه گردد. همانطوریکه شکل ۶-ه نشان می دهد، طول فصل موسمی و شدت گردش ای روند کاهشی مشابه ای را در طول دوره ۶۱ ساله نشان می دهند. در واقع چنین مشابهتی بیانگر ارتباط دینامیکی گردش منطقه ای بر روی جنوب غرب آسیا با گردش موسمی می باشد. مقایسه شکل های ۶-د و ۶-ه بیانگر آنست که میزان کاهش شدت گردش در سیستم موسمی بطور محسوسی از کاهش شدت گردش در جنوب غرب آسیا بیشتر است.

با توجه به نقشی که گردش موسمی در شکل گیری گردش تابستانه بر روی جنوب غرب آسیا دارد، تعیین ارتباط بین تغییرات در شدت گردش موسمی و شدت گردش جو بر روی جنوب غرب آسیا می تواند نکات دیگری را آشکار سازد. شکل ۶-و بیانگر میزان همبستگی بین شدت گردش موسمی و گردش تابستانه بر روی جنوب غرب آسیاست. با توجه به شکل، میزان متوسط همبستگی بین دو گردش یادشده به ۰/۷۷- بالغ می گردد. علیرغم این ارتباط بسیار قوی، همبستگی سال به سال مؤلفه های فوق یک روند کاهشی را در طول دوره ۶۱ ساله نشان می دهد. بطوریکه خط روند کاهشی حدود ۰/۰۸- (۸۱- در ابتدای دوره و حدود ۰/۷۳- در پایان آن) را برای دوره مطالعه به نمایش می گذارد.



نتیجه گیری

نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر ساختار متفاوتی را برای گردش بزرگ مقیاس جو در منطقه جنوبغرب آسیا به نمایش می‌گذارد. در واقع یافته‌های پژوهش حاضر تصویر جدیدی از ساختار گردش برای منطقه مورد مطالعه ارائه نموده که با تصویر اقلیمی موجود در جنبه‌های مختلف دارای تفاوت می‌باشد. در ادامه مهمترین نتایج بدست آمده ارائه می‌گردد. یافته‌های این تحقیق بیانگر آنست که در طول تابستان منطقه چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا درست در غرب قویترین چشمه گرمایی نیمکره شمالی جای گرفته است. با آغازگری گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا یک جریان غرب سوی مداوم در وردسپهر فوقانی شکل می‌گیرد که محل اصلی همگرایی و فرونشینی آن چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا و شرق مدیترانه است. از نظر فیزیکی سرمایش تابشی اولیه در چاهه گرمایی جنوبغرب آسیا، بواسطه فرونشینی هوای برخاسته از منطقه موسمی به توازن می‌رسد. در پیروی از ویژگی یادشده، جنوبغرب آسیا در طی دوره گرم سال گردش بزرگ مقیاس شبه ساکنی را تجربه می‌کند. شکل‌گیری و تداوم یک جریان مداری غرب سو، جنوبغرب آسیا را محل همگرایی و نزول مداوم هوای منشأ یافته از موسمی جنوب و جنوبشرق آسیا می‌سازد. تداوم نزول بزرگ مقیاس هوا شکل‌گیری شیب معکوس نصف النهاری دما را در پی داشته که در نهایت یک گردش هدلی معکوس را در امتداد نصف النهاری بر روی جنوبغرب آسیا موجب می‌گردد. با بهره‌گیری از شاخص‌های طراحی شده در این پژوهش زمان آغاز، خاتمه، طول مدت و شدت گردش تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا تعیین گردید. بر اساس شاخص فیزیکی، بطور متوسط فصل تابستان در جنوبغرب آسیا در روز ۷ جون آغاز و پس از ۱۱۳ روز در ۲۸ سپتامبر به پایان می‌رسد. این در حالیست که مدت متوسط فصل موسمی تابستانه ۱۳۳ روز و در حد فاصل ۲۹ می (آغازگری) تا ۸ اکتبر (پایان موسمی) محاسبه گردیده است.

بررسی‌های زمانی مؤلفه‌های اصلی گردش جو تابستانه بر روی جنوبغرب آسیا نشان داد که در طی دهه‌های اخیر طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا کاهش قابل ملاحظه‌ای را تجربه نموده است. اگرچه زمان آغاز تابستان در روند درازمدت خود تنها تغییرات بسیار ناچیزی را تجربه نموده (تنها ۱ روز)، اما خط روند یک کاهش ۸ تا ۹ روزه را در طی دوره مطالعه برای طول فصل تابستان نشان می‌دهد. بررسی‌ها بیانگر آنست که کوتاه شدن طول فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا (از ۱۷ روز به ۱۰۹ روز) ناشی از پایان زودرس فصل تابستان در دهه‌های اخیر می‌باشد. از نظر فیزیکی می‌توان چنین استدلال نمود که پایان زودرس تابستان بر روی جنوبغرب آسیا بواسطه پایان زود هنگام شیب معکوس نصف النهاری دما در طی دو-سه دهه اخیر بر روی منطقه بوده است. یافته‌های تحقیق بیانگر آنست که گردش بزرگ مقیاس تابستانه در طول دوره ۶۱ ساله در هر دو منطقه جنوبغرب آسیا و منطقه موسمی یک روند کاهشی مشابهی را در شدت خود تجربه نموده است و پایان زود هنگام و کوتاه شدن فصل تابستان بر روی جنوبغرب آسیا با کوتاه شدن فصل موسمی و همچنین کاهش شدت گردش موسمی در جنوب و جنوبشرق آسیا در ارتباط است.

مراجع:

- ۱- مفیدی، ع. و زرین، آ. (۱۳۸۵): تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار: (قسمت اول و دوم)، رشد آموزش زمین‌شناسی، ۴۶: ۴۷-۵۳ و ۵۴-۵۸.
- ۲- مفیدی، ع. (۱۳۸۶): تحلیل گردش جو تابستانه بر روی ایران و ارتباط آن با بارش‌های تابستانه فلات ایران، رساله دکتری جغرافیای طبیعی-گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم.
- 3-Arakawa, H. and Takahashi, K. (1981): Climates of Southern and Western Asia, In: World Survey of Climatology, 9, Elsevier Scientific Publications, 183-229.
- 4-Charney, J.G. (1975): Dynamics of Deserts and Drought in the Sahel, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 101:193-202.
- 5-Enomoto, T. Hoskins, B. and Matsuda, Y. (2003): The formation mechanism of the Bonin High in August, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 129:157-178.
- 6-Enomoto, T. (2004): Interannual variability of the Bonin High Associated with the propagation of Rossby waves along the Asian Jet., Journal of the Meteorological Society of Japan, 82(4): 1019-1034.
- 7-Fasullo, J. and Webster, P.J. (2003): A hydrological definition of Indian monsoon onset and





- withdrawal. *J. Climate* 16: 3200–3211.
- 8-Flohn, H.H. (1957): Large-Scale aspects of the “Summer Monsoon” in south and East Asia, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 35: 180-186.
- 9-Goswami B.N. and Xavier P.K. (2005): ENSO control on the South Asian monsoon through the length of the rainy season, *Geophys. Res. Lett.* 32 (L18717). DOI:10. 1029/2005GL023 216.
- 10-He, H. McGinnis, J.W. Song, Z. and Yanai, M. (1987): Onset of the Asian Summer Monsoon in 1979 and the effect of the Tibetan Plateau, *Monthly Weather Review*, 115: 1966-1995.
- 11-Kalnay, E. and 21Co-authors, (1996): The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77: 437-471.
- 12-Krishnamurti, T.N. (1961): The Subtropical Jet stream of Winter, *Journal of Meteorology*, 18(2):172-191.
- 13-Krishnamurti, T.N. (1971a): Tropical east-west circulations during the northern summer, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 28: 1342-1347.
- 14-Krishnamurti, T.N. (1971b): Observational study of the tropical upper tropospheric motion field during the northern hemisphere summer, *Journal of Applied Meteorology*, 10: 1066-1096.
- 15-Li, C. and Yanai, M. (1996): The onset and interannual variability of the Asian summer monsoon in relation to land-sea thermal contrast, *Journal of Climate*, 9: 358-375.
- 16-Li, W. Chineke, T. Liu, X. and Wu, G. (2001): Atmospheric diabatic heating and summertime circulation in Asia-Africa Area, *Advances in Atmospheric Sciences*, 18(2):257-268.
- 17-Parthasarathy, B. Munot, A.A. and Kothawale, D.R. (1992): Indian summer monsoon rainfall indices: 1871–1990, *Meteorological Magazine*, 121: 174–86.
- 18-Walker, M.J. (1975): On summer atmospheric processes over South-West Asia, *Tellus*, 27(5): 491-496.
- 19-Webster, P.J. (1983): Large-Scale structure of tropical atmosphere, In: *Large-Scale Dynamical processes in the atmosphere*, Edited by B. Hoskins and R. Pearce, Academic Press, 235-275.
- 20-Webster, P.J. (1994): The role of hydrological processes in Ocean-Atmosphere interactions, *Reviews of Geophysics*, 32(4): 427-476.
- 21-Webster, P.J. and Yang, S. (1992): Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 118: 877-926.
- 22-Webster, P.J. Magana, V.O. Palmer, T.N. Shukla, J. Tomas, R.A. Yanai, M. and Yasunari, T. (1998): Monsoons: Processes, predictability and the prospects for prediction, *Journal of Geophysical Research*, 103(C4): 14451-14510.
- 23-Xavier, P.C. Marzina, C. and Goswami, B.N. (2007): An objective definition of the Indian summer monsoon season and a new perspective on the ENSO–monsoon relationship, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 133: 749–764.
- 24-Yanai, M. Li, C. and Song, Z. (1992): Seasonal heating of the Tibetan plateau and its effects on the evolution of the Asian summer monsoon, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 70(1): 319-351.
- 25-Yang, S. and Webster, P.J. (1990): The effect of summer tropical heating on the location and intensity of the extra-tropical westerly Jet streams, *Journal of Geophysical Research*, 95(D11):18705-18721.
- 26-Yang, S. Webster, P.J. and Dong, M. (1992): Longitudinal heating gradient: Another possible factor influencing the intensity of the Asian Summer Monsoon Circulation, *Advances in Atmospheric Sciences*, 9(4): 397-410.
- 27-Yin, M-T. (1949): A synoptic-Aerologic study of the onset of the summer monsoon over India and Burma, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 6: 393-400.
- 28-Zaitchik, B.F. Evans, J.P. and Smith, R.B. (2007): Regional impact of an elevated heat source: The Zagros Plateau of Iran, *Journal of Climate*, 20: 4133-4146.
- 29-Zarrin, A. Ghaemi, H. Azadi, M. and Farajzadeh, M. (2010): Analysis of the spatial pattern of summertime subtropical anticyclones over Asia and Africa, *A Climatological Review, International Journal of Climatology*, 30(2): 159-173.

مجموعه
مقالات
چهارمین کنفرانس
منطقه‌ای تغییر اقلیم
۲۹ آذرالی ۱۳۸۹
تهران - ایران



آدرس دبیرخانه: تهران،
خیابان ولیمصر
بالانوار تقاطع شهید
چشم‌مران، خیابان
خیام، پلاک ۲ صندوق
پستی: ۷۴۶-۱۹۶۱۵
تلفن: ۰۲۱-۲۲۶۶۸۸۳۱-۲
نماینده: ۰۲۱-۲۲۶۶۸۷۱۲
SECRETARIAT: NO.
2, KHAYYAM ST.,
NORTH OF SHAHEED
CHAMRAN CROSS-
ROAD, VALI-E-ASR
AVE., TEHRAN - IRAN
PO BOX: 19615-746
TEL: +98212266831-2
FAX: +982122668712
4 R C C C . I R I M O . I R
E M A I L : 4 R C C C @
I R I M O . I R