مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال نهم/ شماره مسلسل سی و یکم/ بهار ۱۳۹۸

تحلیل فضایی رابطهٔ مؤلفه‌های جوی با بارش دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل شمالی ایران

محمدصالح گرامی[۱*]، علی محمدپور زیدی[۲]
[۱]دانشجو دکتری دانشگاه تهران
[۲]دانشجو دکتری دانشگاه خوارزمی
تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۲

چکیده

شناخت روابط بین مؤلفه‌های جوی و میزان بارش می‌تواند ازجمله راه‌های مناسب در پیش‌بینی دوره‌های بارشی باشد. هدف از این تحقیق شناخت عوامل مؤثر بر ایجاد دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل دریای خزر است. بدین‌جهت برای تحلیل فضایی روابط بین مؤلفه‌های جوی در دوره‌های خشک و مرطوب سواحل شمالی ایران الگو همدیدی آن، موردبررسی قرار گرفت. داده‌های بارش ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله از سال ۱۳۶۱ تا ۱۳۸۵ (۱۹۸۱-۲۰۰۵) با بررسی ۷ ایستگاه در سواحل جنوبی خزر که از شرق تا غرب آن را در برمی‌گیرند مورد پردازش قرار گرفت. با بررسی توزیع زمانی بارش، تعدادی ماه خشک و مرطوب شناسایی شد و ۵ ماه خشک و ۵ ماه مرطوب، انتخاب گردید. برای تحلیل ساختار جوّ و شناسایی سازوکار حاکم بر آن، از داده‌های بارشی APHRODITE با تفکیک ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه و داده‌های جوی دوباره تحلیل‌شده مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی (NCEP/NCAR) با تفکیک افقی ۲/۵×۲/۵ درجه استفاده شد است. در این تحقیق به‌منظور تحلیل فضایی روابط بین مؤلفه‌های جوّی در دوره‌های خشک و مرطوب سواحل شمالی ایران از چندین متغیر برای درک بهتر موضوع استفاده گردید. ازجمله مؤلفه‌های مورد بررسی در این تحقیق، فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نم ویژه، مؤلفه باد مداری و نصف‌النهاری، امگا و بارش است که نقشه‌های همبستگی آن‌ها و بارش تولید شد. مطالعه وضعیت همدیدی منطقه، همبستگی معناداری را بین بارش و استقرار پشته بر روی دریای سیاه نشان می‌دهد؛ همچنین وجود نم ویژه و صعودی بودن هوا و وزش بادهای شمالی را می‌تواند به‌صورت زنجیره‌ای قلمداد نمود که وجود این متغیرها در کنار هم می‌تواند موجب شروع دوره مرطوب در منطقه شود. ایجاد پرفشار بر روی دریای عمان و خلیج‌فارس و تقویت بادهای جنوبی می‌تواند نویددهنده دوره خشک در سواحل شمالی کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: همبستگی، تحلیل فضایی، مؤلفه‌های جوی، ماه خشک و مرطوب، سواحل جنوبی دریای خزر

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین و متغیرترین عناصر اقلیمی است که در بستر زمان و مکان به‌شدت تغییر می‌کند (عساکره و همکاران، ۸۵:۱۳۹۳). تغییر زمانی و مکانی بارش تغییرات اقتصادی فراوانی دارد و همین تغییرپذیری در مقیاس‌های مختلف دلیل اصلی سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها به شمار می‌آید (نیک‌اندیش، ۳:۱۳۹۵). محدوده مورد مطالعه، حدفاصل سواحل جنوبی دریای خزر و کوه‌های البرز در شمال ایران است که به‌عنوان کوچک‌ترین ناحیه اقلیمی کشور محسوب می‌شود (علیجانی، ۱۳۷۶). گذر پشته‌ها و ناوه‌های امواج غربی، نزدیکی با قوی‌ترین مرکز پرفشار نیمکره شمالی و مجاورت با بزرگ‌ترین پیکره آبی داخلی سیاره زمین موجب پیدایش یکی از متنوع‌ترین نواحی اقلیمی ایران در سواحل جنوبی خزر شده است. اولین شاخصی که از سواحل شمالی کشور در ذهن خطور می‌کند، ویژگی بارشی این محدوده است. این محدوده از کشور، بیشترین میزان بارش را به خود اختصاص داده است و می‌توان گفت که در کلیه فصول دارای حجم قابل توجه از بارش است. بیشترین میزان بارش در این محدوده در فصل پاییز و

*نویسنده مسئول: m.saleh133@gmail.com

کمترین میزان آن در فصل بهار ریزش می‌کند؛ چنین ویژگی‌هایی موجب شد تا در این مطالعه رابطه تحلیل فضایی مؤلفه‌های جوی با بارش‌های سواحل شمالی کشور بررسی گردد.

استان‌های شمالی کشور به‌عنوان قطب کشاورزی کشور محسوب می‌شوند؛ همچنین کمترین ناهنجاری (افزایش دوره خشک و یا مرطوب) ممکن، می‌تواند به‌طور مستقیم بر معیشت این بخش از کشور تأثیرگذار باشد؛ همچنین وقوع چنین ناهنجاری‌های (منفی) می‌تواند به‌طور غیرمستقیم در ابعاد کشوری بحران‌ساز بوده و موجب کاهش محصولات استراتژیکی چون برنج، دانه‌های روغنی کلزا، مرکبات و... گردد. با توجه به موارد ذکرشده (فوق) بررسی سازوکار حاکم بر جو در این محدوده از کشور اهمیت زیادی داشته و ضرورت انجام این تحقیق را توجیه می‌کند. بر این اساس هدف از این مطالعه تحلیل فضایی روابط مؤلفه‌های جوی با بارش دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل شمالی ایران می‌باشد.

پیشینهٔ تحقیق

به‌منظور تحلیل فضایی روابط بین مؤلفه‌های جوّی در دوره‌های تر و خشک، سواحل شمالی کشور، ابتدا به مطالعه آثار اقلیم شناسان می‌پردازیم و شرایط همدیدی بین دوره‌های تر و خشک را موردبررسی قرار می‌دهیم. قابل ذکر است به دوره‌ای دوره‌تر گفته می‌شود که بیشتر از میانگین سالانهٔ بارش دریافت می‌کند و همچنین دوره خشک، دوره ایست که کمتر از میانگین بارش سالانه آن منطقه بارش دریافت می‌کند (گرامی، ۱۳۹۴: ۵۳). کوتیل[1] و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی همبستگی فشار جولای با زمان تأثیر در دو نقطه از مدیترانه، به‌منظور تعریف و پایش چرخندها در شرق مدیترانه و رابطه آن با تغییرات دوره‌های خشک و مرطوب، احتمالات مختلفی را با توجه به ضریب همبستگی بالا در هر فصل به دست دادند و دیدگاه‌های مطالعات قبلی را قوت بخشیدند.

کوک[2] و همکاران (۲۰۰۴) دوره‌های خشک و تر در تابستان‌های آفریقای جنوبی را به روش همدیدی مطالعه نمودند. بررسی‌ها نشان داد با تقویت کمربند همگرایی حاره‌ای در تابستان دورهٔ مرطوب آغاز می‌شود و هم‌چنین با تضعیف کمربند همگرایی حاره‌ای دوره خشک شروع می‌گردد. شمیدلای[3] و همکاران (۲۰۰۵) روند بارش سنگین و دوره‌های تر و خشک سوئیس در قرن بیستم را بررسی کردند. آن‌ها در این مطالعه داده‌های ۱۰۴ ایستگاه باران‌سنجی را در طول یک قرن جمع‌آوری کرده و به مطالعه بارش‌های سنگین در ارتباط با دوره‌های تر و خشک، پرداختند. در این مطالعه از روش‌های آماری چون رگرسیون خطی برای بررسی یک‌روند مستمر و رگرسیون لجستیک برای بررسی گسسته داده‌ها استفاده شد. گرامی و همکاران (۱۳۹۴) در تحلیل فضایی ارتباط بین وقوع بارش‌های بهاره در شمال غرب ایران و مؤلفه‌های مقیاس منطقه‌ای گردش جو دریافتند که سه عامل در شکل‌گیری دوره مرطوب در شمال غرب ایران نقش اصلی را دارند: ۱- استقرار واچرخند در شمال عمان و افزایش باد جنوبی در مرکز، غرب و جنوب غرب ایران ۲- عمیق شدن ناوه در ترازهای میانی وردسپهر و شکل‌گیری چرخندها در ترازهای زیرین جو بر روی عراق ۳- استقرار پشته /پر ارتفاع در ترازهای میانی وردسپهر بر جانب شمالی دریای سیاه؛ همچنین فعال‌تر شدن پرفشار سیبری در شرق خزر و کاهش فعالیت پرفشارهای مهاجر در شرق اروپا و در کنار آن کاهش بادهای جنوبی و غربی و شرقی‌تر شدن بادهای شمالی را می‌توان نشانه شکل‌گیری دوره‌های خشک در منطقه دانست. جعفربیگلو و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه دوره‌های ترسالی در غرب میانه ایران نشان داد که از منطقه چرخندزایی غرب و مرکز مدیترانه و نیز شمال قبرس در ترکیه که به سمت شمال شرق حرکت می‌کند و اغلب با تقویت در شرق دریای خزر به‌طرف دریاچه

1. Kutile

2. Cook
3. Schmidli

آرال ادامه مسیر می‌دهد و منطقه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

علیجانی (۱۳۷۴) با مطالعه سینوپتیک بارش‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر به این نتیجه رسید که دریای مدیترانه برای اکثر نواحی ایران منبع اصلی رطوبت است؛ این در حالی است که داداشی و همکاران (۱۳۹۷) دریای سرخ و دریای عرب را یکی از مهم‌ترین منابع بارشی کشور می‌دانند. کریمی و فرج زاده (۱۳۹۰) به بررسی شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران پرداخته و نتیجه گرفتند که پرفشار شرق شبهه جزیره عربستان و پرفشار شمال آفریقا بیشترین میزان رطوبت را به سمت ایران تزریق می‌کنند. ناظم السادات و همکاران به نقل از رضایی بنفشه (۱۳۸۹) پیش‌بینی بارش مناطق جنوبی ایران را با استفاده از دمای سطح آب خلیج‌فارس و مدل تحلیل همبستگی متعارف بررسی و مطالعه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که نوسان‌های SST در ناحیه مرکزی خلیج‌فارس در مقابل سواحل بوشهر نقش مؤثری در توجیه نوسانات بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد. رضایی بنفشه (۱۳۸۹) در تحقیقاتش نشان داده است که شرایط سردتر دمای سطح آب پاییزه دریای مدیترانه در مقایسه با شرایط گرم‌تر آن، باعث افزایش بارش در ایستگاه‌های موردمطالعه در فصل زمستان شده است. عساکره (۱۳۹۰) یکی از دلایل کاهش بارندگی نیمه شمالی در اواخر دسامبر نفوذ توده‌های هوای سرد از منطقه قفقاز دانسته است. این توده‌هوا گنجایش بخارآب کمتری دارد و باران کم تولید می‌کند. مفیدی و همکاران (۱۳۹۱) الگو پرفشار را الگوی اصلی و غالب بارش‌های شدید پاییزه و زمستانه در سواحل شمالی کشور به شمار می‌آورند. مفیدی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی دریای خزر روشن ساخته‌اند که بین مقدار بارش در سواحل جنوبی دریا و دما و شار گرمای نهان در سطح دریا، رابطهٔ مستقیم بسیار قوی وجود دارد. بدین ترتیب که هرچه شدت وزش باد روی دریای خزر افزایش یابد، از مقادیر گرمای نهان و دمای سطح دریا و شدت بارش‌ها به میزان بیشتری کاسته می‌شود. مفیدی و همکاران (۱۳۸۷) الگو زوجی را بیان می‌کند و می‌گوید یک مرکز کم‌فشار و یا گردش چرخندی در منطقه دریاچه آرال تسلط دارد. در مقابل، همه مناطق واقع در نیمه جنوبی دریای خزر و مناطق واقع در حدفاصل دریای خزر تا دریای سیاه در سطح زمین محل استقرار یک پرفشار دینامیکی است و نزول در شمال دریای خزر را مصادف با صعود در قسمت جنوبی خزر می‌دانند که از آن به‌عنوان رابطه یا الگو الاکلنگی یک‌سویه یادکرده‌اند. جانباز و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه بارش‌های سنگین سواحل جنوبی خزر به این نتیجه رسیدند که همه بارش‌های سنگین می‌توانند در سه الگوی پرفشار، کم‌فشار و ترکیبی طبقه‌بندی شوند و خاطرنشان می‌کنند که در الگوهای پرفشار و ترکیبی مهم‌ترین مکانیسم بارش وجود همرفت محلی در سواحل جنوبی خزر بوده است. درحالی‌که در الگوی کم‌فشار مهم‌ترین مکانیسم بارش وجود سیکلون در منطقه است.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی همدیدی ماه‌های خشک و مرطوب سواحل شمالی کشور، داده‌های بارش ۷ ایستگاه انزلی، رشت، رامسر، نوشهر، بابلسر، قائم‌شهر و گرگان در یک دورهٔ ۲۵ ساله (۱۹۸۱-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. به‌دلیل آنکه محدوده مورد مطالعه بیشترین بارش‌های خود را در فصول پاییز و زمستان دریافت می‌کند، در این پژوهش ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، اکتبر، نوامبر و دسامبر مورد مطالعه قرار گرفت. جهت بررسی داده‌ها و تعیین ماه‌های منتخب از دوره مورد مطالعه ابتدا مجموع مقادیر بارش ماهانه (Xi)، مقادیر متوسط درازمدت بارش ماهانه (μ) و میزان انحراف معیار (σ) بارش‌ها برای ۷ ایستگاه هواشناسی محاسبه شد، سپس نمره استاندارد بارش‌های ماهانه در هر ایستگاه به‌وسیله نرم‌افزار SPSS محاسبه و تولید شد. شاخص نمره استاندارد از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های ارزیابی خشک‌سالی است که توسط مکی و همکاران (۱۹۹۳) ابداع شد. این

شاخص بدون بُعد بوده و از بی‌نظمی داده‌های گسسته و تبدیل شده بارش که بر انحراف معیار بارندگی تقسیم شده است محاسبه می‌شود (منتظری و غیور، ۱۳۸۸).

$$Z\ (score) = (xi-\mu) / \sigma$$

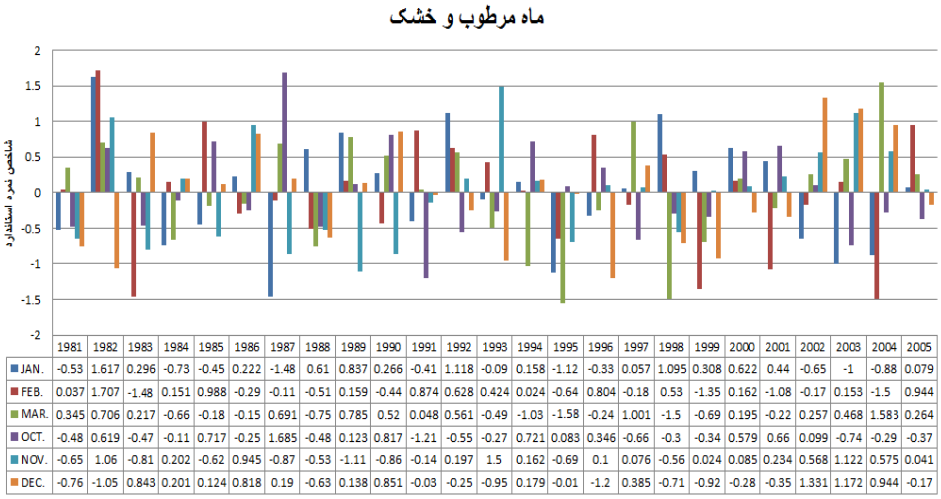
در ادامه جهت تعیین دوره خشک و مرطوب، در نرم‌افزار Excel نمرات استاندارد کلیه ایستگاه‌ها (۷ ایستگاه منتخب) در هرماه باهم جمع و نمره میانگین آن تهیه شد (شکل ۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود شکل ۱ میانگین ماهانه نمره استاندارد در کلیه ایستگاه‌های مورد استفاده است که از تقسیم مجموع نمرات استاندارد ایستگاه‌های مورد مطالعه حاصل‌شده است. با استفاده از شکل ۱، ۵ ماه مرطوب و ۵ ماه خشک استخراج گردید. بدین‌ترتیب با لحاظ نمودن انحرافات منطقه‌ای بارش، ۵ ماه که محدوده مورد مطالعه به‌صورت میانگین نمره استاندارد ۱/۵ و بیشتر را تجربه نموده‌اند به‌عنوان ماه‌های خیلی مرطوب و به همین ترتیب ۵ ماه که محدوده مورد مطالعه به‌صورت میانگین نمره استاندارد ۱/۵- و کمتر را تجربه نموده‌اند به‌عنوان ماه‌های خیلی خشک تعیین شدند (مفیدی و همکاران ۱۳۹۳). جدول ۱ وضعیت بارش و نمره استاندارد ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه و همچنین ماه‌های منتخب در دوره مرطوب را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز وضعیت بارش و نمره استاندارد ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه و همچنین ماه‌های منتخب در دوره خشک را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که منظور از دوره مرطوب و خشک ماه‌های متوالی از سالی خاص نبوده، بلکه صرفاً ماه‌هایی که نمره استاندارد بیشتر از ۱/۵ و ۱/۵- دریافت کرده‌اند می‌باشد. ازآنجا که ماه‌های با نمره استاندارد کمتر از ۱/۵- تنها ۳ ماه از کل دوره را شامل می‌شد، بنا شد دوماهی که نزدیک‌ترین نمره استاندارد را به عدد ۱/۵- دارا بودند مورد استفاده قرار گیرند (جدول ۲). جدول ۱ و ۲ نحوه محاسبه و میزان نمرات استاندارد نهایی (و شمای کلی از نحوه استخراج شکل ۱) جهت انجام مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقادیر بارش و نمره استاندارد در دوره مرطوب به تفکیک ایستگاه

ایستگاه	دوره‌مرطوب	ژانویه ۱۹۸۲	فوریه ۱۹۸۲	اکتبر ۱۹۸۷	نوامبر ۱۹۹۳	مارس ۲۰۰۴	
بندر انزلی	بارش	۲۷۹/۸	۲۷۲/۱	۵۶۴/۳	۵۰۵/۸	۱۷۴/۹	
	z	۱/۴۸۱۷۹	۱/۷۹۸۵۸	۱/۶۰۹۹۸	۱/۳۹۸۷۹	۱/۹۹۱۲۴	
رشت	بارش	۲۲۷/۹	۳۱۴/۱	۴۵۳/۶	۶۰۱/۴	۱۸۷/۲	
	z	۱/۴۵۶۴	۲/۰۴۱۴۷	۱/۸۶۱۸۹	۳/۲۳۸۴۲	۱/۹۵۰۰۶	
رامسر	بارش	۱۴۲/۳	۲۱۴/۷	۲۷۵	۱۷۵/۷	۱۲۲/۲	
	z	۱/۹۱۹۶۸	۲/۶۰۴۲۲	-۰/۰۹۴۷	۰/۳۸۸۱۸	۱/۴۴۸۸۸	
نوشهر	بارش	۱۸۹/۶	۱۹۰	۴۴۱/۱	۴۷۴/۷	۱۳۴/۴	
	z	۱/۹۳۸۱	۲/۳۱۱۳۵	۱/۶۰۸۱۳	۲/۸۷۸۹۴	۱/۴۶۲۳۶	
بابلسر	بارش	۲۰۲/۴	۱۱۶/۶	۳۶۹	۳۱۰/۱	۱۱۳/۴	
	z	۲/۳۱۰۹	۱/۳۴۹۶	۲/۱۶۳۰۸	۱/۶۴۸۳	۱/۳۱۷۲۳	
قائم‌شهر	بارش	۱۱۴/۷	۱۲۵/۸	۲۸۸/۷	۱۰۸/۸	۱۱۶/۸	
	z	۱/۵۵۸۲۷	۲/۱۲۱۹۷	۳/۲۵۷۷	۰/۴۶	۱/۷۲۴۸۴	
گرگان	بارش	۷۰/۷	۴۵/۶	۹۵/۹	۷۳/۷	۷۹	
	z	۰/۷۳۶۴۶	-۰/۲۷۱۵۸	۱/۳۹۱۰۴	۰/۴۹۱۶	۱/۱۹۰۶	مجموع
کل	بارش	۱۷۵/۳۴۳	۱۸۲/۷	۳۵۵/۳۷۱	۳۲۱/۴۵۷	۱۳۲/۵۵۷	۱۱۶۷/۴۳
	z	**۱/۶۱۷۴۱**	**۱/۷۰۷۹۴**	**۱/۶۸۵۳**	**۱/۵۰۰۶**	**۱/۵۸۳۶**	

جدول ۲: مقادیر بارش و نمره استاندارد در دوره خشک به تفکیک ایستگاه

ایستگاه	دوره‌خشک	فوریه ۱۹۸۳	ژانویه ۱۹۸۷	مارس ۱۹۹۵	مارس ۱۹۹۸	فوریه ۲۰۰۴	
بندر انزلی	بارش	۴/۲	۴۷/۷	۳۶/۱	۲۴/۹	۳۳/۲	
	z	-۱/۵۰۴۴۵	-۱/۲۹۵۴۹	-۱/۶۱۲۵۵	-۱/۸۹۵۲۸	-۱/۲۲۷۴۲	
رشت	بارش	۸/۳	۱۷/۹	۴۲/۱	۳۴/۱	۲۶/۳	
	z	-۱/۳۱۳۴۴	-۱/۶۶۷۳۸	-۱/۷۱۴۹۱	-۱/۸۰۰۴۳	-۱/۳۱۵۹۶	
رامسر	بارش	۶/۶	۳۱/۱	۴/۷	۵۸/۲	۱۶/۳	
	z	-۱/۳۶۶۳۶	-۱/۶۰۰۲۵	-۲/۵۱۲۱۴	-۰/۶۲۷۳۴	-۱/۵۷۳۴	
نوشهر	بارش	۱۵/۶	۱۶/۶	۲۲/۱	۴۲/۲	۳۸/۲	
	z	-۱/۷۳۳۰۷	-۱/۹۱۱۲۲	-۱/۸۱۱۹۹	-۱/۱۱۹۲	-۱/۵۰۸۹	
بابلسر	بارش	۱۲/۸	۱۵/۵	۲۳/۴	۷/۵	۱۱	
	z	-۱/۵۸۱۵۷	-۱/۹۹۹۸	-۱/۷۸۱۳۱	-۱/۶۲۲۷۱	-۱/۷۳۳۴۴	
قائم‌شهر	بارش	۵۰/۷	۱۸/۳	۲۲/۷	۲۰	۱۰/۸	
	z	-۱/۸۶۷۳۵	-۱/۱۶۱۴۴	-۱/۷۵۸۴۸	-۱/۳۳۸۶۲	-۱/۴۲۵۷	
گرگان	بارش	۲۷	۴۹/۶	۷۷/۶	۲۲/۴	۱۰/۷	
	z	-۱/۰۶۲۸۳	-۰/۷۵۰۵۸	۰/۱۰۶۵	-۲/۱۶۳۰۸	-۱/۷۵۶۲	مجموع
کل	بارش	۱۷/۸۸۵۷	۲۸/۱	۳۲/۶۷۱۴	۲۹/۹	۲۰/۹۲۸۵۷	۱۲۹/۴۸۵۷
	z	-۱/۴۸۹۹	-۱/۴۸۳۷	-۱/۵۸۳۶	-۱/۵۰۹۵	-۱/۵۰۵۸۶	



	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
JAN.	-0.53	1.617	0.296	-0.73	-0.45	0.222	-1.48	0.61	0.837	0.266	-0.41	1.118	-0.09	0.158	-1.12	-0.33	0.057	1.095	0.308	0.622	0.44	-0.65	-1	-0.88	0.079
FEB.	0.037	1.707	-1.48	0.151	0.988	-0.29	-0.11	-0.51	0.159	-0.44	0.874	0.628	0.424	0.024	-0.64	0.804	-0.18	0.53	-1.35	0.162	-1.08	-0.17	0.153	-1.5	0.944
MAR.	0.345	0.706	0.217	-0.66	-0.18	-0.15	0.691	-0.75	0.785	0.52	0.048	0.561	-0.49	-1.03	-1.58	-0.24	1.001	-1.5	-0.69	0.195	-0.22	0.257	0.468	1.583	0.264
OCT.	-0.48	0.619	-0.47	-0.11	0.717	-0.25	1.685	-0.48	0.123	0.817	-1.21	-0.55	-0.27	0.721	0.083	0.346	-0.66	-0.3	-0.34	0.579	0.66	0.099	-0.74	-0.29	-0.37
NOV.	-0.65	1.06	-0.81	0.202	-0.62	0.945	-0.87	-0.53	-1.11	-0.86	-0.14	0.197	1.5	0.162	-0.69	0.1	0.076	-0.56	0.024	0.085	0.234	0.568	1.122	0.575	0.041
DEC.	-0.76	-1.05	0.843	0.201	0.124	0.818	0.19	-0.63	0.138	0.851	-0.03	-0.25	-0.95	0.179	-0.01	-1.2	0.385	-0.71	-0.92	-0.28	-0.35	1.331	1.172	0.944	-0.17

شکل ۱: مقادیر میانگین نمرات استاندارد ۷ ایستگاه منتخب، سال ۱۹۸۱-۲۰۰۵

برای تعیین وضعیت همدیدی و ساختار غالب گردش جو در طول دوره‌های خشک و مرطوب داده‌های موردنیاز برای این منظور با بهره‌گیری از داده‌های تحلیل مجدد مراکز ملی پیش‌بینی محیطی /مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) با تفکیک افقی ۲/۵ × ۲/۵ درجه (کالنی و همکاران، ۱۹۹۶) و داده‌های بارش روزانه شبکه‌بندی شده منطقه خاورمیانه از پروژه APHRODITE با تفکیک افقی ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه استفاده شده است. هدف از به‌کارگیری داده‌های بارش فراهم نمودن داده‌های شبکه‌بندی شده باقدرت تفکیک افقی بالا، جهت انجام تحلیل‌های فضایی است. در پروژه بارش آسیایی APHRODITE از تعداد ۳۳۷ ایستگاه هواشناسی، متعلق به سازمان هواشناسی ایران، برای تولید داده‌های بارش رقومی استفاده‌شده است. ایستگاه‌های هواشناسی یادشده ترکیبی از تعداد ۱۵۴ ایستگاه هواشناسی

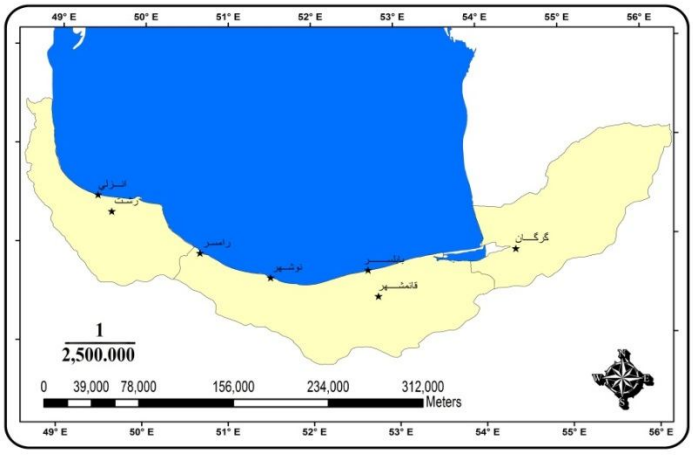
مورداستفاده سازمان هواشناسی جهانی و تعداد ۱۸۳ ایستگاه هواشناسی استفاده‌نشده است (یاتاگای و همکاران، ۲۰۰۸). پژوهش‌های انجام‌شده بر روی منطقه، بیانگر آن است که داده‌های بارش یاد شده از اعتبار لازم برای انجام تحقیق در مقیاس روزانه برخوردارند. در این خصوص عزیزی و همکاران (۱۳۹۵) در ارزیابی و مقایسه داده‌های بازکاوی شده بارش جهت استفاده در ایران به بررسی داده‌های APHRODITE پرداخته و نتیجه تحقیق نشان می‌دهد که داده‌های بارش آسیایی برای مناطق شمال، شمال غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و نواحی داخلی کشور مناسب‌تر است. لازم به ذکر است که داده‌های بارش آسیایی از سال ۲۰۰۸ و بعدازآن دیگر تولید نمی‌گردد.

شرایط جوی حاکم به‌صورت روزانه مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است. داده‌های مورد استفاده شامل فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نم ویژه، مؤلفه باد مداری (U) و نصف‌النهاری (V)، امگا و بارش می‌باشند. در برنامه‌نویسی نرم‌افزار grads محدوده بارش شمال کشور به‌صورت باکس بسته شده‌ای (در شکل ۳ مشاهده می‌شود) محاسبه شده است؛ بنابراین تنها همبستگی بارش‌ها در این محدوده با متغیرهای جوّی موردبررسی قرار می‌گیرد. در این تحقیق متغیر بارش به‌عنوان متغیر مستقل و دیگر متغیرها به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب‌شده و نقشه‌های موردنیاز برای این تحقیق تهیه‌شده است، سپس جهت تحلیل همبستگی نقشه همبستگی بارش و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۵۵۷۴ متری از سطح زمین) ، تراز سطح دریا، نم ویژه، جت جنب حاره، سرعت قائم، مؤلفه باد نصف‌النهاری و نقشه تاوایی تولید شده و مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. در این تحقیق از همبستگی پیرسون جهت اندازه‌گیری میزان ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته استفاده شد. در نقشه‌های تولیدشده تنها روابط معنی‌دار در سطح ۹۵٪ نشان داده شد.

در این تحقیق سعی شد نقش متغیرهای جوی بر وقوع بارش در سواحل دریای خزر مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور میزان همبستگی فضایی بین برخی از مهم‌ترین متغیرهای جوی (در پاراگراف قبل ذکرشده است) در ترازهای مختلف (۱۰۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال) و بارش در سواحل جنوبی خزر در مقیاس روزانه محاسبه شد. در ادامه ترازهایی که بیشترین همبستگی را داشتند به‌عنوان نماینده‌ای از آن مؤلفه در پژوهش ذکرشده است.

محدوده و قلمرو پژوهش

در مطالعه حاضر از روش سینوپتیکی «محیط به گردش» استفاده شد. بدین منظور مقدار بارش ماهانه ۷ ایستگاه سینوپتیک (انزلی، رشت، رامسر، نوشهر، بابلسر، قائم‌شهر و گرگان) در جنوب دریای خزر طی ۲۵ سال (۲۰۰۵-۱۹۸۱) که در این تحقیق به‌عنوان ایستگاه‌های معرف انتخاب و از سازمان هواشناسی کشور دریافت و مورد بررسی قرار گرفته است.

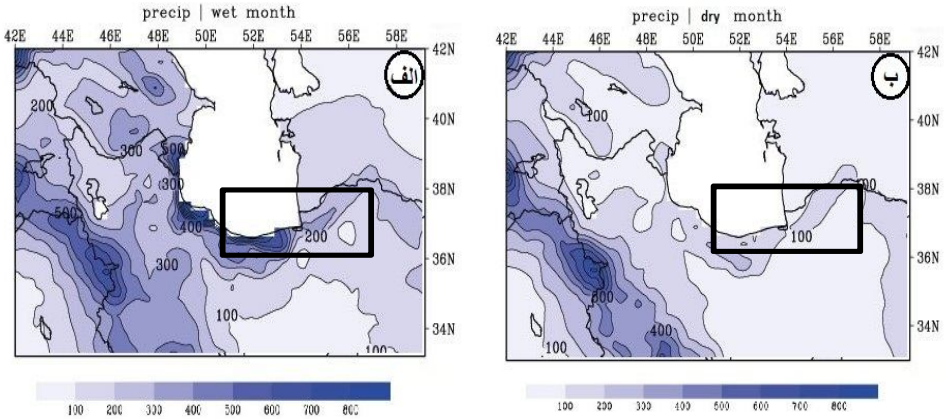


شکل ۲: موقعیت منطقه موردمطالعه همراه با ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

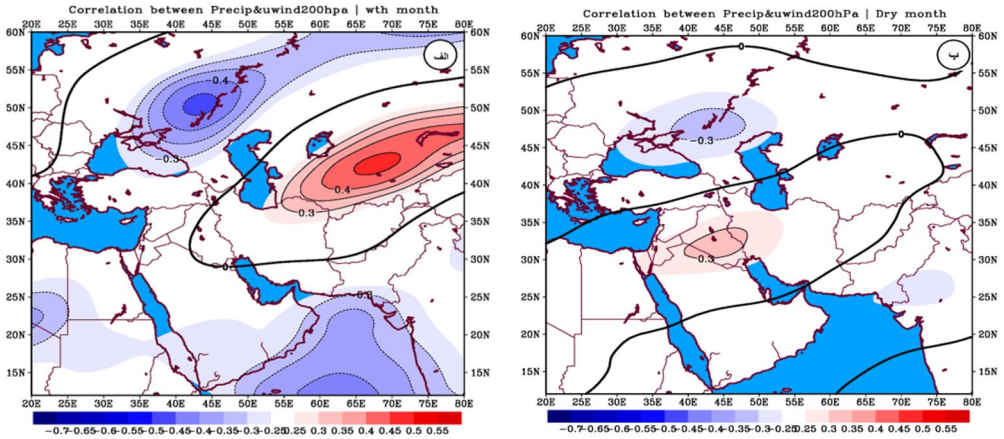
بحث و نتایج

شکل ۳ وضعیت بارش در دورهٔ مرطوب و دورهٔ خشک را نشان می‌دهد. در دورهٔ مرطوب بیشترین میزان بارش را در سواحل شمالی ایران شاهد هستیم. در این دوره محدوده ایستگاه بندر انزلی با ۸۰۰ میلی‌متر بارش و بیشتر، بیشترین مقدار بارش را در بین ۷ ایستگاه، دریافت کرده است. در دوره خشک نیز میزان بارش محدوده مورد مطالعه در حدود ۱۰۰ میلی‌متر و بیشتر است و شکل ۳-ب به‌خوبی وضعیت دوره خشک در سواحل شمالی ایران را نشان می‌دهد.

در این دوره ارتفاعات جنوبی البرز با حدود ۲۰۰ میلی‌متر بیشترین میزان بارش‌ها را نشان می‌دهند. هدف از تولید نقشه بارش با استفاده از بارش‌های آسیایی کسب شمای کلی از وضعیت دوره مرطوب و خشک در دوره مطالعه می‌باشد. در فرایند بررسی میزان همبستگی بارش و مؤلفه‌های جوی، میزان بارش موجود در مربع ایجادشده در شکل ۳ مدنظر بوده و در برنامه‌نویسی نرم‌افزار Grads بارش این محدوده نسبت به مؤلفه‌های جوی مورد همبستگی قرار گرفته است.



شکل ۳: وضعیت بارش در (الف) دوره مرطوب و (ب) دوره خشک در سواحل شمالی ایران

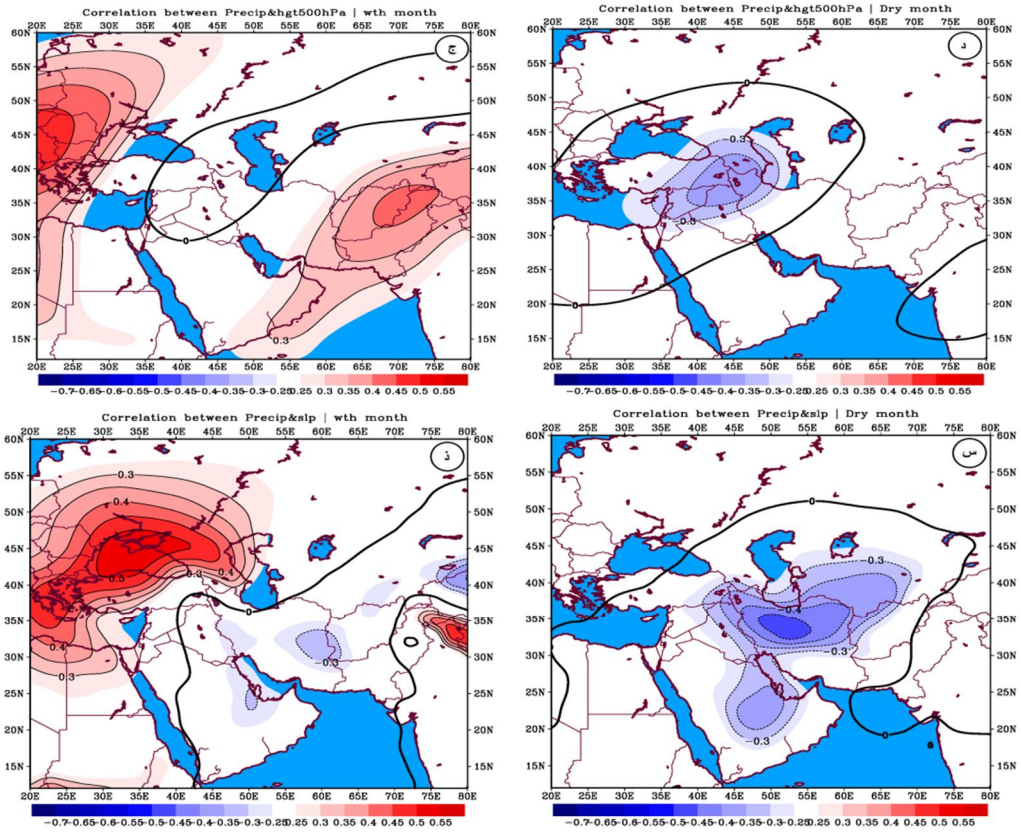


شکل ۴: همبستگی بین بارش و باد مداری تراز ۲۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (الف) و ماه خشک (ب)

برای آنکه تأثیرات سطوح فوقانی جو را در میزان بارش سواحل شمالی کشور مورد بررسی قرار دهیم نقشه جت جنب حاره در دوره‌تر و خشک را تولید کرده و مورد بررسی قراردادیم. بررسی همبستگی بین جریان جت[1] جنب حاره و بارش در ماه مرطوب سواحل جنوبی خزر، همبستگی مثبت قوی را با بارش

1. https://www.nc-climate.ncsu.edu/edu/k12/.JetStreams

نشان می‌دهد. نقشه فوق نشان می‌دهد که افزایش بارش در سواحل جنوبی دریای خزر با بادهای غربی در محدوده شرق ترکمنستان در تراز ۲۰۰ ه.پ در ارتباط است. همبستگی مثبت ماه مرطوب نشان می‌دهد چنانچه جت در دوره سرد سال از حالت معمول خود خارج‌شده و در عرض‌های بالاتر استقرار یابد، می‌تواند بر میزان بارش‌های سواحل شمالی ایران اثر مثبت داشته باشد. در نقشه ماه‌های خشک همان‌طور که دیده می‌شود همبستگی قوی معناداری را نشان نمی‌دهد؛ بنابراین دلیل خشکی آن را باید در نقشه‌های دیگر و سطوح تحتانی جو جستجو کرد. برای درک بهتر این متغیر بهتر است به‌صورت همدیدی به آن نگاه شود.



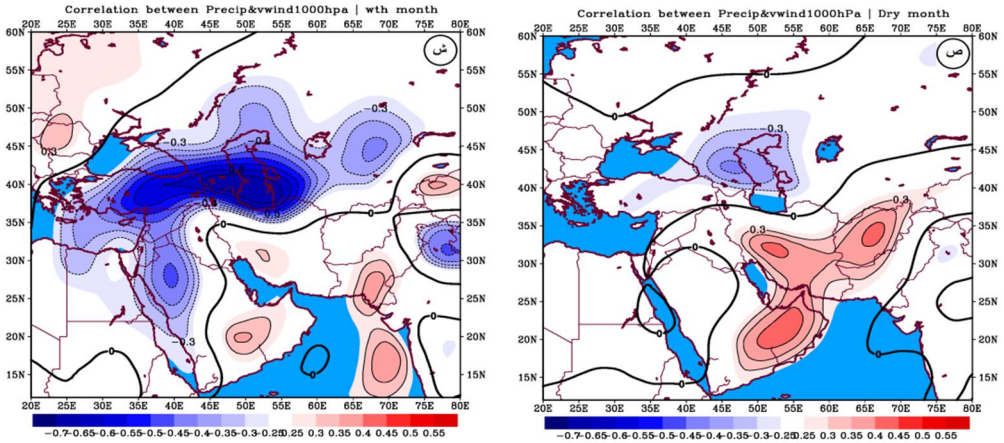
شکل ۵: همبستگی بین بارش و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (ج) و ماه خشک (د) و بارش و فشار سطح دریا در ماه مرطوب (ذ) و ماه خشک (س)

در این نقشه محدوده با رنگ آبی (همبستگی منفی) نشان‌دهنده محدوده دارای کاهش فشار/کم ارتفاع و محدوده با رنگ قرمز (همبستگی مثبت) نشان دهنده افزایش فشار/پر ارتفاع می‌باشد. در ماه خشک همبستگی ضعیف ۰/۳۵- بین ارتفاع ژئوپتانسیل و بارش در سواحل خزر مشاهده می‌شود. کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل در شمال غرب ایران و شرق ترکیه می‌تواند دلیلی بر خشکی و عدم بارش در سواحل جنوبی دریای خزر باشد؛ بنابراین وجود کم ارتفاع در جانب غربی دریای خزر می‌تواند جریانات جنوبی را افزایش داده و مانع از به وجود آمدن عوامل ایجادکننده بارش شود. در ماه مرطوبِ سواحل شمالی ایران، شاهد یک همبستگی مثبت ۰/۵ بین بارش و ارتفاع ژئوپتانسیل هستیم. در این شکل افزایش ارتفاع بر روی دریای سیاه همبستگی مثبتی را با افزایش بارش در سواحل جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد. بدین‌صورت وجود پر ارتفاع روی اروپای شرقی بارش‌های جنوبی دریای خزر را توجیه می‌کند. با این

حال با تفسیر نقشه‌های دیگر به تشریح و بیان دلایل افزایش و کاهش بارش‌های سواحل شمالی کشور می‌پردازیم. در تفسیر نقشه فشار سطح دریا ماه مرطوب همبستگی مثبت ۰/۵ را به‌صورت حلالی شکل از شرق ترکیه تا شمال ارمنستان مشاهده می‌کنیم که مرکز بیشینه همبستگی بر روی دریای سیاه قرار دارد. این نقشه نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع در محدوده ذکرشده ارتباط تنگاتنگی با افزایش بارش در سواحل جنوبی خزر دارد. پرفشارها با چرخش ساعت‌گرد خود می‌توانند جریانات شمالی را بر روی دریای خزر ایجاد کنند و موجب بارندگی شوند. درصورتی‌که در ماه خشک ما کاهش فشار را در مرکز ایران داریم. ماه خشک همبستگی ۰/۴۵ را بین بارش و فشار سطح دریا به ما نشان می‌دهد. با توجه به نقشه همبستگی فشار سطح دریا در ماه خشک، کاهش فشار سطح دریا در مرکز ایران می‌تواند دلیلی بر ایجاد ماه‌های خشک در سواحل جنوبی خزر باشد.

در این نقشه محدوده با رنگ آبی نشان دهندهٔ محدوده دارای باد شمالی و محدوده با رنگ قرمز نشان دهنده باد جنوبی می‌باشد. در نقشه همبستگی مؤلفه باد نصف‌النهاری در دوره‌تر ما شاهد همبستگی بالای منفی ۰/۶۵ در سواحل جنوبی دریای خزر هستیم.

افزایش باد شمالی، موجب افزایش بارش‌ها در شمال کشور خواهد شد. بین بارش و شدت باد نصف‌النهاری همبستگی منفی وجود دارد. بدین معنی که افزایش بارش در سواحل شمالی کشور با شدتِ بیشتر بادهای شمالی رخ خواهد داد. به‌طوری‌که می‌توان گفت یکی از دلایل اصلی ایجاد بارش در سواحل شمالی که بیشتر از متغیرهای دیگر در ایجاد آن تأثیر دارد مؤلفه باد نصف‌النهاری است. در دوره‌تر بادهای جنوبی از قدرت کمتری برخوردارند. درحالی‌که بارش خزری بیشترین همبستگی را با بادهای شمالی بر روی دریای خزر دارد. نقشه دوره خشک به ما نشان می‌دهد، تقویت بادهای جنوبی که مرکز بیشینه همبستگی آن، یکی در شرق عربستان و دیگری در مرکز ایران قرار دارد بیشترین همسویی را با کاهش بارش‌های سواحل خزری بر دوش می‌کشند. آن‌چنان‌که می‌بینیم با تقویت بادهای جنوبی از قدرت و شدت بادهای شمالی کاسته شده است. می‌توان چنین استنتاج کرد که تقویت باد شمالی است که بیشترین تأثیر را در افزایش بارش سواحل شمالی کشور بر عهده دارد که خود معلول چرخش ساعت‌گرد پرفشارهای مستقر در غرب میانی دریای خزر تا شمال دریای سیاه است.

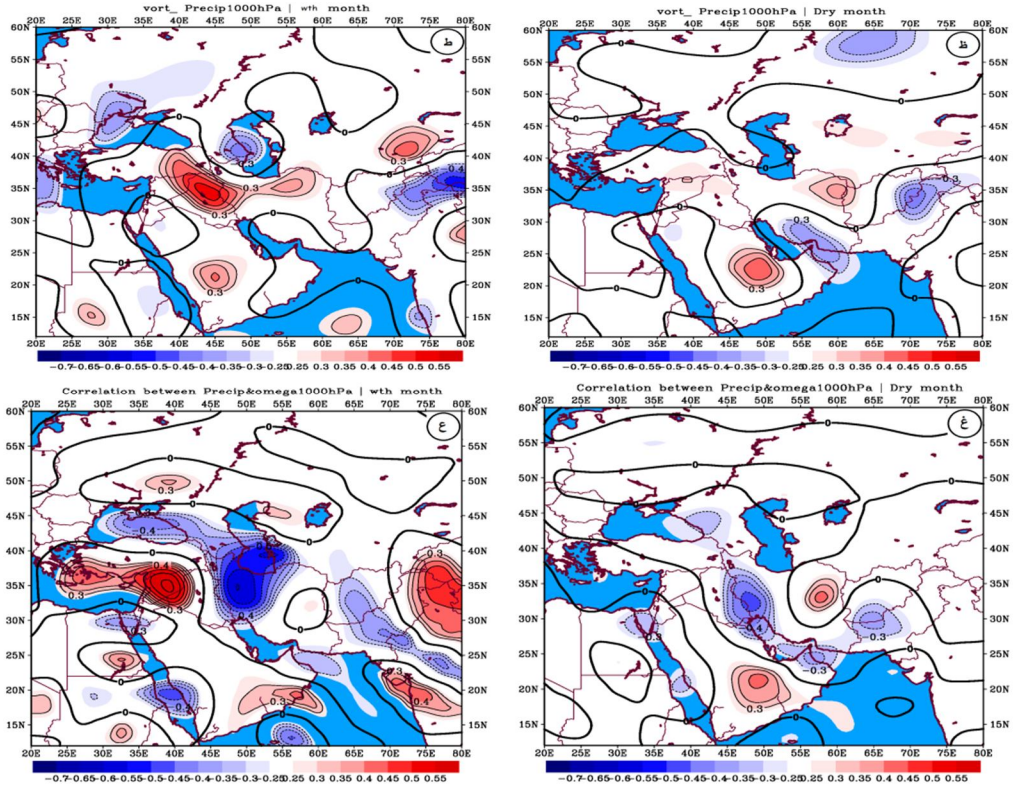


شکل ۶: همبستگی بین بارش و مؤلفه باد نصف‌النهاری تراز ۱۰۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (ش) و ماه خشک (ص)

در این نقشه محدوده با رنگ آبی نشان‌دهنده محدوده دارای واچرخند و محدوده با رنگ قرمز نشان‌دهنده چرخند می‌باشد. در بررسی مؤلفه تاوایی دوره مرطوب (شکل ۷-ط)، بیشینه همبستگی ۰/۵ در شمال عراق، غرب ایران و جنوب شرقی ترکیه و همبستگی منفی ۰/۴ در غرب دریای خزر و همچنین

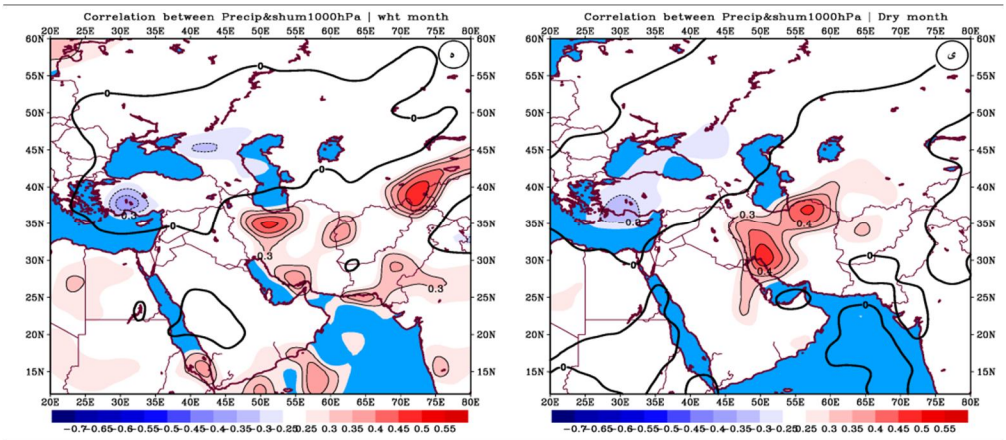
همبستگی منفی ۰/۳۵ در شمال دریای سیاه مشاهده می‌شود. افزایش بارش در شمال کشور با افزایش تاوایی مثبت بر روی عراق و افزایش تاوایی منفی در غرب میانی دریای خزر و همچنین شمال دریای سیاه مرتبط است. در تحلیل متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا بر ارتباط پرفشارها بر ایجاد بارش در سواحل جنوبی خزر تأکید شد، آن چنانکه مؤلفه تاوایی، بر حرف پیشینمان صحه می‌گذارد. در دوره خشک با استقرار واچرخند بر روی دریای عمان و تنگه هرمز و استقرار چرخند بر روی عربستان روبرو هستیم؛ همچنین همبستگی مثبت ضعیفی هم در شمال شرق ایران مشاهده می‌شود.

مؤلفه دیگری که از آن بحث خواهد شد، مؤلفه امگا است (شکل ۷-ع، غ). در تعریف این مؤلفه می‌توان گفت مقادیر منفی سرعت قائم دلالت بر صعود هوا (سرعت قائم بالاسو) و تقویت همرفت دارد و درحالی‌که مقادیر مثبت سرعت قائم نشان‌دهنده نزولی بودن جریان هوا (سرعت قائم پایین‌سو) بوده و واگرایی را تقویت می‌کند (قویدل،۱۳۹۱). مؤلفه امگا دوره مرطوب همبستگی منفی ۰/۵ بر روی دریای خزر و همبستگی ۰/۶ بر روی سوریه را نشان می‌دهد. صعود هوا در صورت وجود رطوبت موجب بارندگی خواهد شد. همان‌طور که در نقشه نم ویژه نشان داده‌شده است و وجود رطوبت را تائید می‌کند. سیکلون های مستقر بر روی عراق در جلوی خود، یعنی بر روی ایران موجبات صعود را فراهم می‌کنند درحالی‌که در پس خود، یعنی بر روی سوریه نزول را به وجود می‌آورند. البته باید گفت که صعود در سواحل جنوبی دریای خزر، عامل دیگری نیز دارد که موجب تقویت صعود در این منطقه می‌شود. فرارفت بسیار قوی (شکل ۶) بر روی دریای خزر، در سواحل جنوبی آن موجبات صعود را فراهم می‌کند و وجود کوه‌های البرز نیز این فرایند را تشدید می‌کند. در دورهٔ خشک ما شاهد یک همبستگی منفی در جنوب غرب کشور هستیم؛ که در ماه مرطوب نیز دیده می‌شود، اما در ماه‌های خشک سرعت قائم بالاسو بر روی سواحل خزر مشاهده نمی‌شود و فقط محدود به جنوب غرب ایران است.



شکل ۷: همبستگی بین بارش و تاوایی تراز ۱۰۰۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (ط) و ماه خشک (ظ) بارش و صعود قائم تراز ۱۰۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (ع) و ماه خشک (غ)

در ماه مرطوب همبستگی ۰/۴۵ را بین نم ویژه و بارش در سواحل جنوبی خزر مشاهده و با افزایش نم ویژه، افزایش بارندگی را تجربه خواهیم کرد (شکل ۸)؛ همچنین همبستگی ۰/۴۵ در شمال شرق ایران در دوره خشک با کاهش ریزش بارش در سواحل جنوبی خزر در ارتباط است. در دوره خشک همبستگی به قسمت شرقی دریای خزر و شمال شرق ایران منتقل می‌شود و همچنین محدوده شمال خلیج‌فارس همبستگی مناسبی را با دوره خشک در سواحل جنوبی خزر نشان می‌دهد. اما باید دلایل خشکی منطقه را در نبود مکانیسم‌های دیگر مثل نبود عامل صعود و باد شمال سو و ضعف در عوامل کنترل‌کننده سطوح بالا دانست؛ بنابراین در ماه‌های خشک با کاهش عوامل ایجادکننده بارندگی روبه‌رو هستیم.



شکل ۸: همبستگی بین بارش و نم ویژه تراز ۱۰۰۰ ه.پ در ماه مرطوب (ه) و ماه خشک (ی)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اقلیم‌شناسی بارش سواحل شمالی ایران و تحلیل فضایی مؤلفه‌های مؤثر بر آن موردبررسی قرارگرفته است. در این راستا تغییرات ماه‌های مرطوب و ماه‌های خشک مدنظر بوده و میزان اثرگذاری هر یک از متغیرها و تأثیر آن‌ها بر ایجاد دوره‌های مرطوب و خشک موردمطالعه قرار گرفت. این تحقیق مؤلفه‌ها و ترازهایی که بیشترین تأثیر را در بارش‌های سواحل شمالی کشور دارند، آشکار می‌سازد و این بدین معنا نیست که سیستم‌های با منشأ دیگر سهمی در بارش این منطقه ندارند. در این تحقیق هدف بررسی مؤلفه‌هایی است که الگوی غالب بارش‌ها را در این منطقه ایجاد می‌کنند. مؤلفه‌هایی که بیشترین تأثیر را در ایجاد دوره‌های مرطوب و خشک دارند و وجود و یا عدم وجود هر یک از آن‌ها موجب بروز تغییرات گسترده در اقلیم منطقه خواهد شد.

نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های همبستگی نشان می‌دهد، علاوه بر سطوح پایین جو عوامل سطوح بالا و میانی نظیر جت جنب حاره و ارتفاع ژئوپتانسیل در به وجود آمدن ماه‌های تر مؤثر هستند. بررسی نقشه‌ها نشان می‌دهد در صورت فعالیت بیشتر جت جنب حاره و انتقال آن به عرض‌های بالاتر و استقرار پشته بر روی دریای سیاه موجب ایجاد جریانات شمالی شده و این جریانات در مسیر حرکتشان رطوبت را به جنوب دریای خزر هدایت می‌کنند. با بررسی شکل ۵ نقشه‌های ج و د اثرگذاری پرفشارها بر افزایش بارش‌های سواحل شمالی کشور را نشان می‌دهد و نتایج تحقیقات مفیدی و همکاران (۱۳۸۷) را تائید می‌کند. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا نشان می‌دهند افزایش فشار در شرق ترکیه تا غرب میانی دریای خزر، رابطه مستقیمی با افزایش بارش در منطقه موردمطالعه دارد (مفیدی و همکاران (۱۳۹۰) معتقدند که پرفشار مهاجر با عبور از دریای سیاه و نواحی شمالی خزر جریانات جنوب سویی ایجاد کرده که این جریانات در سواحل شمالی کشور موجب ایجاد بارندگی‌ها خواهند شد). همچنین نقشه‌های دوره

خشک این دو متغیر (د و س) نشان می‌دهد وجود کم‌فشارها در قسمت جنوبی البرز و شرقی زاگرس با کاهش مقدار بارش در سواحل شمالی کشور مرتبط است. مؤلفه باد نصف‌النهاری در ماه مرطوب نشان می‌دهد که جریان‌های ساعت‌گرد ایجادشده ناشی از افزایش فشار، بادهای شمالی را در طول دریای خزر ایجاد می‌کند. فرارفت بادهای شمالی بر روی دریای خزر مقدار زیادی از رطوبت آب‌های گرم این دریا را با خود به سمت سواحل جنوبی دریا هدایت می‌کند و موجب افزایش رطوبت در این منطقه می‌شود؛ بنابراین می‌توان بادهای شمالی را شاخصی برای شروع دوره‌های مرطوب در نظر گرفت. با بررسی شکل ۸ (ه) متغیر نم ویژه درمیابیم که بادهای شمالی موجب افزایش رطوبت در سواحل جنوبی دریای خزر شده‌اند و بیشینه همبستگی این مؤلفه در منطقه موردمطالعه قرار دارد. در دوره خشک سواحل جنوبی خزر به دلیل تقویت بادهای جنوبی از رطوبت کمتری برخوردارند. نقشه ۸-ی نشان می‌دهد که رطوبت در قسمت مرکزی و غربی کاسته شده است و قسمت شرقی دریا دارای رطوبت می‌باشد.

در ماه مرطوب پس از انتقال رطوبت دریای خزر به سواحل جنوبی، مؤلفه امگا اثر خود را می‌گذارد و شرایط صعود را فراهم می‌کند. این صعود می‌تواند ناشی همرفت وزشی و صعود ناشی از کوه‌های البرز باشد. همان‌طور که مؤلفه تاوایی ماه مرطوب می‌تواند ناشی از عبور سیکلون‌ها از منطقه مورد مطالعه باشد. مجموعه این فرایندها دست‌به‌دست هم داده و تأثیر مثبت خود را بر مکانیسم صعود و قوت هرچه بیشتر آن خواهند گذاشت. در دوره خشک با تقویت باد جنوبی مواجه هستیم که ناشی از تقویت سیستم‌های جوی بر روی خلیج‌فارس و دریای عمان است. باد جنوبی می‌تواند موجب کاهش بارندگی در سواحل شمالی ایران شود و نقش مانعی را در برابر ایجاد عوامل صعود بازی کند. تقویت بادهای جنوبی می‌تواند شاخصی برای آغاز دوره کم‌بارش در سواحل جنوبی دریای خزر باشد.

منابع

۱. جانباز قبادی، غلامرضا، مفیدی، عباس، زرّین، آذر. ۱۳۹۰. شناسایی الگوهای همدید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی-دانشگاه اصفهان، دوره ۲۲، شماره ۲، صفحه ۴۰-۲۳.

۲. جعفربیگلو، منصور، خوش‌اخلاق، فرامرز، اوجی، روح ال... . ۱۳۸۸. موقعیت و فراوانی فصلی مسیرهای چرخندی در ترسالی‌های غرب میانی ایران، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴۱، شماره ۶۸، صفحه ۸۴-۷۱.

۳. داداشی رودباری, عباسعلی, کاشکی, عبدالرضا. ۱۳۹۷. ارزیابی همدیدی بارش سنگین ۹ فروردین ۱۳۸۶ استان خراسان رضوی. مجله آمایش جغرافیایی فضا,دوره ۸، شماره ۲۹، صفحه۷۵-۹۰.

۴. رضایی بنفشه، مجید، جهانبخش، سعید، خطیبی بنفشه، مریم، زینالی، بتول.۱۳۸۹. پیش‌بینی بارش پاییزه و زمستانه نیمه غربی ایران، با استفاده از sst مدیترانه در فصول تابستان و پاییز، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۴، صفحه ۲۸-۴۹.

۵. عزیزی، قاسم، صفر راد، طاهر، محمدی، حسین، فرجی سبک‌بار، حسن علی. ۱۳۹۵. ارزیابی و مقایسه داده‌های بازکاوی‌شده بارش جهت استفاده در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۱، صفحه ۴۹-۳۳.

۶. عساکره، حسین، اشرفی، سعیده، ترکارانی، فاطمه. ۱۳۹۳. رابطه‌ی حالات بارش با حالات دمای روزانه در ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۳۶، شماره ۱۲، صفحه ۲۸-۴۵.

۷. عساکره، حسین، رزمی، رباب. ۱۳۹۰. تغییر رژیم بارش شمال غرب ایران، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره ۲، شماره ۷۸، صفحه ۵۳-۷۲.

۸. علیجانی، بهلول. ۱۳۷۴. منابع رطوبت بارندگی ایران، مجموعه مقالات هفتمین کنگره جغرافی‌دانان ایران، دانشگاه تهران، جلد دوم، صفحه ۲۶۱-۲۷۶.

۹. علیجانی، بهلول. ۱۳۷۶. کتاب آب‌وهوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم.

۱۰. قویدل، یوسف. ۱۳۹۱. نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار گردز، نشر سها دانش، چاپ دوم.

۱۱. کریمی، مصطفی، فرج زاده، منوچهر. ۱۳۹۰. شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تأمین رطوبت

بارش‌های ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۱، شماره ۲۲، صفحه ۴۷-۶۳.
۱۲. گرامی، محمدصالح.۱۳۹۴. بررسی سازوکار وقوع بارش‌های بهاره در شمال غرب ایران، مفیدی، عباس، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ادبیات، گروه جغرافیا.
۱۳. گرامی، محمدصالح، مفیدی، عباس، زرین، آذر.۱۳۹۴. تحلیل فضایی ارتباط بین وقوع بارش‌های بهاره در شمال غرب ایران و مؤلفه‌های مقیاس منطقه‌ای گردش جو، نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۱۴. محمدی، حسین، عزیزی، قاسم، تقوی، فرحناز، یوسفی، یدال...۱۳۹۰. تغییر پذیری زمانی و مکانی بیشینه بارش ماهانه در بخش‌های جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۵، صفحه ۷۲-۹۷.
۱۵. مفیدی، عباس، زرّین، آذر، جانباز قبادی، غلامرضا. ۱۳۸۷. تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید و حدّی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر. فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۳، شماره ۳، صفحه ۴۲-۶۱.
۱۶. مفیدی، عباس، زرّین، آذر، جانباز قبادی، غلامرضا. ۱۳۹۱. تبیین علل کاهش یافتن مقدار و شدت بارش‌های زمستانه در قیاس با بارش‌های پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۸، شماره ۱، صفحه ۲۵-۵۲.
۱۷. مفیدی، عباس، زرین، آذر، کارخانه، میثم.۱۳۹۳. بررسی الگوی گردش جو در طول دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل جنوبی دریای خزر. ژئوفیزیک ایران، دوره ۸، شماره ۱، صفحه ۱۰۹-۱۲۵.
۱۸. منتظری، مجید، غیور، حسنعلی. ۱۳۸۸. تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه‌ی خزر، جغرافیا و توسعه، دوره ۷،شماره ۱۶، صفحه ۷۱-۹۲.
۱۹. نیک‌اندیش، نسرین. ۱۳۹۵. ردیابی الگوهای همدید منجر به مخاطرات ژئومورفودینامیکی (مطالعه موردی زمین لغزش‌های ناشی از بارش‌های ۱۴-۳۱ مارس ۱۹۹۸. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۱۷، صفحه ۸۵-۱۰۳.
20. Cook, Celia, Chris J.C. Reason, and Bruce C. Hewitson. 2004. "Wet and dry spells within particularly wet and dry summers in the South African summer rainfall region." Climate Research, 26: 17–31.
21. Kalnay, Eugenia, Masao Kanamitsu, Robert Kistler, William Collins, Dennis Deaven, Lev Gandin, Mark Iredell et al. "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project." Bulletin of the American meteorological Society 77(3): 437-472.
22. Kutile, H., Maheras, P., and Guika, S. 1998. Singularity of Atmospheric Pressure in the Eastern Mediterranean and its Relevance to Internal Variations of Dry and Wet Spells. Int. J. Climatol, 18(3): 317-327.
23. Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer.
24. Schmidli, Jürg, and Christoph Frei. 2005. "Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century." International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society 25(6): 753-771.
25. Yatagai, A., Xie, P., and Alpert, P. 2008. Development of a daily gridded precipitation data set for the Middle East: Advances in Geosciences, 12: 165-170.