

## داده‌کاوی گردش‌های جوّی برای بررسی نقش الگوهای بندالی در ایجاد بارش‌های شمال شرق ایران

قاسم عزیزی\* - دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران  
سید امید نبوی - کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران  
مرتضی میری - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۰۶      تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

### چکیده

بررسی نقش الگوی بندالی در وقوع بارش‌های شمال شرق ایران، هدف اصلی مطالعه‌ی پیش رو است. برای این کار از میان داده‌های روزانه‌ی بارش ۲۰ ایستگاه همدیدی، اقلیمی و باران‌سنجی منطقه‌ی مورد مطالعه، رخداد‌های بارشی با شدت متوسط و زیاد بر اساس معیار تعیین شده، بین دوره‌ی زمانی ۱۱ ساله (۱۹۹۵-۲۰۰۵) شناسایی و ویژگی‌های آنها در مقیاس‌های زمانی متفاوت بررسی شد. در ادامه با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، گردش‌های جوّی در دو مقیاس همدید و نیمکره‌ای، به ترتیب با دو روش چشمی و کمی شناسایی و ویژگی‌های آماری آنها با استفاده از روش‌های آماری استخراج و تجزیه و تحلیل شدند. واکاوی آماری گردش‌های جوّی در مقیاس همدید، بازگوکننده‌ی این واقعیت است که (مطابق انتظار)، تنها الگوی همدیدی هم‌زمان با بارش‌های شمال شرق کشور - خواه شدید و خواه متوسط - الگوی ناوه‌بادهای غربی است. نتایج حاصل از تفکیک الگوی بندالی از گردش‌های جوّی دیگر بر اساس روش کمی مربوطه و مطالعه‌ی ویژگی‌های آماری آنها نیز، بر نقش انکارنکردنی الگوهای بندالی در ایجاد بیش از نیمی از (کمابیش ۶۵ درصد) رخداد‌های بارشی منطقه (شامل بارش متوسط و شدید) از طریق تأثیر در ایجاد و مکان‌گزینی الگوی همدیدی یادشده تأکید دارد. از نظر توزیع مکانی، الگوی بندالی اطلس و غرب اروپا دارای بیشترین فراوانی در هم‌زمانی با بارش‌های شدید و متوسط است. از نظر توزیع زمانی نیز، عمده فعالیت الگوهای بندالی، به بارش شدید در اواخر دوره‌ی سرد سال و فصل بهار منجر شده، در حالی که الگوهای بندالی هم‌زمان با بارش متوسط به‌طور عمده در دوره‌ی سرد سال رخ می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: داده‌کاوی، بارش‌های شدید و متوسط، گردش‌های جوّی، الگوی ناوه، شاخص بندالی.

### مقدمه

اهمیت بارش در زندگی انسان و دیگر جانداران، سبب تبدیل شدن آن به موضوع اصلی مطالعات اقلیمی شده است. کمترین تغییرات در میزان و شدت بارش، می‌تواند زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی جامعه‌ای را با مشکلات جدی روبه‌رو کند. از این روست که بررسی چگونگی توزیع زمانی - مکانی، نوسان‌ها، شدت و سایر ویژگی‌های بارش، کلیدواژه‌های بسیاری از پژوهش‌ها را به‌خود اختصاص داده است. هرچند مناطقی همچون فلات ایران که دارای آب‌وهوای گرم و خشک بوده، از میزان بارندگی سالانه‌ی بالایی برخوردار نیستند، اما گاهی با شکل‌گیری الگوهای جوئی نابهنجار در مقیاس‌های جهانی، همدید و محلی با بارش‌های کوتاه‌مدت و شدید روبه‌رو می‌شوند. از آنجاکه این‌گونه پهنه‌ها پوشش گیاهی متراکمی ندارند، وقوع پدیده‌ی سیل امری قابل پیش‌بینی به‌نظر می‌رسد. با توجه به شرایط اقلیمی حاکم در منطقه‌ی مورد مطالعه، این منطقه در برخی مواقع تحت تأثیر بارش‌های سنگین قرار می‌گیرد که در نهایت به سیل و خسارات جانی و مالی سنگینی منجر می‌شود (حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۲).

در واقع، توجه به بارش‌های شدید در مطالعات متعدد را، می‌توان به‌نوعی توجه به عامل اصلی ایجاد مخاطره‌ی سیل دانست. از آنجاکه وقوع بارش‌های شدید، نوعی نابهنجاری جوئی به‌شمار می‌رود، بسیاری از پژوهشگران چگونگی وقوع آن را در الگوهای نابهنجار جوئی، از جمله الگوی بندالی و الگوهای دیگر غیرمعمول همدیدی دنبال می‌کنند. زرراکوز و همکاران (۱۹۹۷) معتقدند که قرارگیری سامانه‌ی بندالی روی اقیانوس اطلس و پشته‌ی حاصل از آن، در غرب مدیترانه، سبب چرخندزایی در شرق مدیترانه می‌شود که گذر آن از روی ایران نقش مهمی در ریزش بارش ایران ایفا می‌کند. کنراد (۱۹۹۷) به بررسی الگوهای بارش شدید دوره‌ی گرم جنوب شرق آمریکا پرداخته است. نتیجه‌ی این مطالعه، شناسایی پنج الگوی همدیدی مؤثر در بارش شدید است. در این الگوها، رطوبت سطح ۷۰۰ و پشته‌ی دمایی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، ارتباط قابل توجهی با بارش‌های سنگین نشان داده‌اند. جونکر و همکاران (۱۹۹۹) نیز، در مطالعه‌ای به بررسی شرایط بارش شدید غرب میانی آمریکا پرداخته‌اند. از جمله عواملی که ایشان در رخداد این واقعه معرفی می‌کنند، فرارفت شدید هوای گرم به منطقه و میزان رطوبت بالا بین ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال است. کارانکا و همکاران تغییرپذیری مسیر سیکلونی روی ترکیه را در ارتباط با اقلیم منطقه‌ای مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش مهم‌ترین عامل تغییرپذیری مسیر سیکلون‌ها را سامانه‌های بندالی بیان کردند. ماسوم و همکاران (۲۰۰۳)، دلیل بارش شدید برف روی صفحه‌ی شرقی قطب جنوب را شکل‌گیری سامانه‌ی بندالی فعال قوی بیان کردند. کاهانا و همکاران (۲۰۰۴)، در پژوهش خود با عنوان "پیش‌بینی جوئی سیل‌های مهم در صحرای نقب"، سیلاب‌های این منطقه را مورد بررسی قرار دادند. مطالعات آنها نشان داد که بیش از ۷۵ درصد از سیلاب‌های این منطقه، بین سال‌های ۱۹۶۵-۱۹۹۴ رخ داده است که علت آن، ناوه‌ی فعال روی دریای سرخ بیان شد.

در مطالعه‌ای دیگر تایمویوس و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی پربندهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و استفاده از الگوریتم

(SOM)<sup>۱</sup> الگوهای جوئی هم‌زمان با وقوع بارش شدید در قبرس را به ۳۶ گروه تقسیم کردند.

عزیزی (۱۳۷۵)، چگونگی تشکیل پدیده‌ی بندالی و تأثیر آن بر بارش‌های ایران را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه وقوع بیش از نیمی از بارش‌های کشور تحت تأثیر وقوع الگوی بندالی، در مناطق مختلف نیمکره‌ی شمالی و اثرگذاری آن بر الگوهای همدیدی عنوان شد.

خوش اخلاق (۱۳۷۷)، در بررسی خشکسالی‌های فراگیر ایران بیان کرد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، وجود ناوه‌ی تقویت شده از غرب اورال تا دریای سرخ و سیستم بندالی از اروپای مرکزی تا لیبی، الگوی ایده‌آل برای وقوع دوره‌های مرطوب است.

حبیبی (۱۳۸۵)، در تحلیل همدیدی - دینامیکی سامانه‌های بندالی به تشخیص و تأثیر آنها روی ایران پرداخت. وی بیان کرد در هنگام رخداد بندالی، احتمال پدیده‌های حدی، همچون بارش‌های شدید و سیل آسا افزایش می‌یابد. همچنین حبیبی (۱۳۸۶)، به بررسی نقش سامانه بندالی روی بارش سیل‌آسای مارس ۲۰۰۰ در غرب ایران پرداخت. نتایج نشان داد، ناوه‌ی قسمت شرقی سامانه‌ی بندالی اقیانوس اطلس عامل اصلی شدن سیل در مناطق غرب ایران بود.

احمدی گیوی (۱۳۸۶)، مطالعه‌ی دینامیکی و اقلیم‌شناختی پدیده‌ی بندالی روی منطقه‌ی اروپا - آسیا را بررسی کرد. در این پژوهش وسعت، شدت و تداوم زمانی پدیده‌ی بندالی طی دوره‌ی ۱۹۹۶-۲۰۰۵ مطالعه شده است. اردکانی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی همدیدی - دینامیکی شرایط جوئی، هم‌زمان با بارش‌های سنگین استان خراسان بزرگ پرداختند و درنهایت به سه الگوی منجر به بارش‌های شدید دست یافته‌اند که عبارتند از: تشکیل واچرخند روی خزر، سامانه‌ی سودانی، به‌عنوان یک سیستم کم‌فشار حرارتی - دینامیکی و درنهایت سامانه‌ی تلفیقی از دو الگوی جوئی یادشده. مفیدی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی الگوهای شدید بارش‌های زمستانه و مقایسه‌ی آن با الگوی بارش‌های شدید پاییز، در سواحل جنوبی خزر پرداختند و شدیدترین بارش‌های پاییزه و زمستانه‌ی خزر را مربوط به الگوی زوجی بندالی معرفی کردند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸)، موج سرمای شدید و فراگیر ژانویه‌ی ۲۰۰۸ را مطالعه کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد که در سراسر ژانویه‌ی ۲۰۰۸، به‌طور مداوم، سامانه‌های بندالی زوجی در کشور حاکمیت داشته است که به‌دنبال تشکیل این سامانه، فرارفت هوای سرد سبب شکل‌گیری دوره‌های سرد در کشور شده است.

هر چند مطالعات انجام شده نتایج قابل توجهی را دربرداشته است، اما در اکثر این مطالعات الگوهای جوئی بارش، در مقیاس‌های محدود منطقه‌ای و در ارتباط با بارش‌های شدید دیده شده و کمتر در ارتباط با بارش‌های شمال‌شرق ایران بوده است. حال آنکه الگوهای جوئی همدیدی منتج به بارش یا هر پدیده‌ی جوئی دیگر، خود در بستر الگوهای کلانتر جوئی و در مقیاس نیمکره‌ای شکل می‌گیرند. ازجمله مهم‌ترین آنها الگوی بندالی است. میزان وسعت الگوهای بندالی به‌اندازه‌ای است که گاهی گستره‌ای وسیع از سواحل غربی اقیانوس اطلس تا آسیای دور را دربرمی‌گیرند. بی‌گمان شناسایی نقش این الگوها در هر پدیده‌ی طبیعی، نیازمند مطالعات در ابعادی بزرگتر از همدید است. به‌علاوه برای شناخت جامع هر پدیده‌ی طبیعی، می‌بایست با مبنا قرار دادن حالت متوسط و معمول آن، شرایط حدی و غیر معمول آن پدیده را مورد مطالعه و ارزیابی قرار داد. از این‌روست که در مطالعه‌ی پیش رو، نقش الگوی بندالی در پدیده‌ی بارش، هم برای بارش‌های با شدت زیاد (بارش‌های شدید) و هم با شدت متوسط (بارش‌های متوسط) مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن با رویکردی مقایسه‌ای ارائه شده است. درنهایت باید به این نکته اشاره شود که در این مطالعه، بررسی و

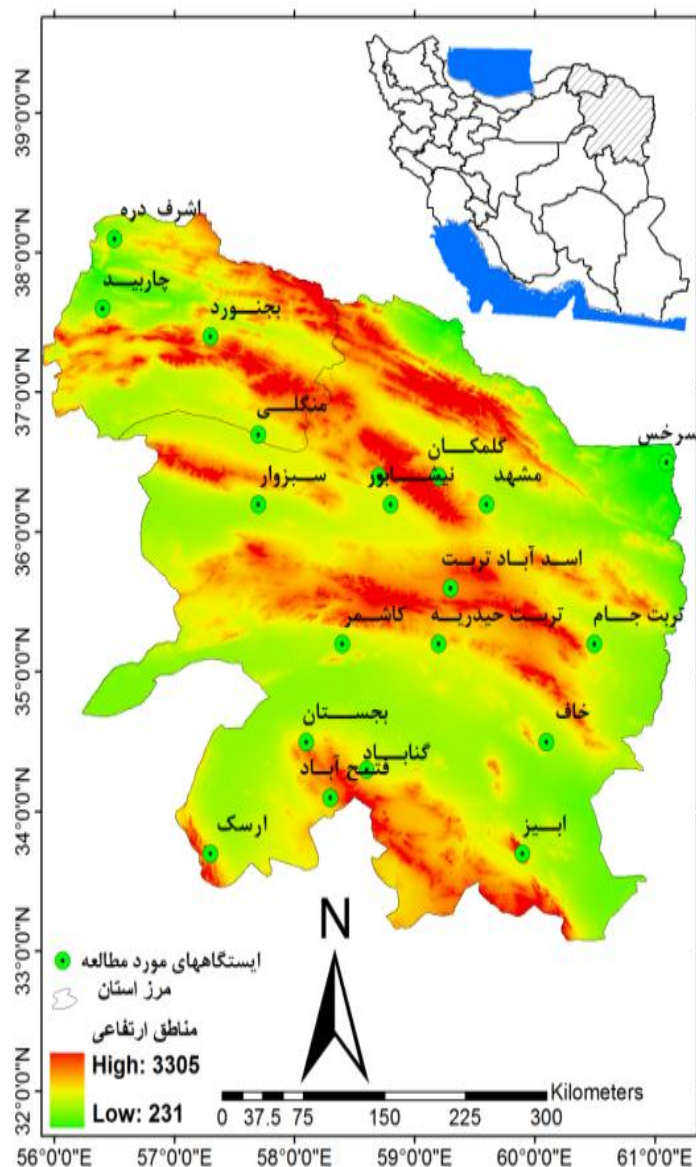
شناسایی گردش‌های جوّی، تنها به مرحله‌ی پیش‌مطالعاتی محدود شده و عمده مباحث مطرح شده در این مجال، به نتایج حاصل از ویژگی‌های آمار گردش‌های جوّی هم‌زمان با بارش‌های شدید و متوسط شمال شرق کشور اختصاص خواهد یافت. افزون بر آن، به دلیل عدم مطرح شدن ویژگی‌های دینامیکی الگوهای جوّی مورد نظر و از آن مهم‌تر، محدودیت موجود، در طرح تمامی مطالب موجود، از ارائه‌ی داده‌های بارش متناظر با هر یک از گردش‌ها چشم‌پوشی شده است.

## مواد و روش‌ها

### تعیین معیار شدت بارش و موارد بارشی مورد مطالعه

برای انجام این بررسی، نخست داده‌های آماری بارش روزانه از ۲۰ ایستگاه همدیدی، اقلیمی و باران‌سنجی با در نظر گرفتن پراکنش مناسب در کل منطقه‌ی مورد مطالعه و در طول دوره‌ی زمانی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵، از مرکز خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کل کشور دریافت شده است (شکل شماره‌ی ۱). در این مطالعه واحد زمانی مورد استفاده، بارش‌های شدید و متوسط روزانه است. با توجه به آنکه میزان بارش در هر منطقه متفاوت است، در تعیین شدت بارش نمی‌توان از عددی ثابت برای آنها استفاده کرد و میزان شدت بارش هر منطقه، باید با توجه به شرایط میانگین بارشی آن محدوده محاسبه شود. برای این کار در این مطالعه، تعیین معیار شدت بارش بر اساس عدد استاندارد و همچون بسیاری از مطالعات (مفیدی و همکاران ۱۳۸۶؛ Yin et al., 2008؛ Chen et al., 2002)، بر اساس شناخت پژوهشگر از ویژگی‌های منطقه‌ی مطالعاتی بوده است. از این رو، بارش‌های بین دو عدد  $\pm 0/2$  به عنوان بارش با شدت متوسط و اعداد بالاتر از عدد  $+7$  به عنوان بارش با شدت بالا شمرده می‌شوند. یادآوری این نکته ضروری است که هرچند در نظر گرفتن عدد استاندارد  $\pm 0/2$  برای تعیین میزان بارش با شدت متوسط است، اما به نوعی خود می‌تواند نماینده‌ی بارش با شدت کم نیز در نظر گرفته شود، چراکه در منطقه‌ی مطالعاتی به‌طور عمده، میزان شدت بارش‌ها پایین بوده و به دلیل ماهیت عنصر بارش و ثبت نشدن آن با ارقام کمتر از صفر، شاهد نزدیک شدن شدت متوسط بارش منطقه به بارش‌های با شدت پایین آن هستیم. انتخاب عدد استاندارد  $+7$  نیز برای دستیابی به بارش‌هایی با شدت بالا، الگوهای غیرمعمول همدید و دارای تفاوت زیاد با بارش‌های متوسط بوده است.

از آنجاکه هدف این مطالعه بررسی بارش شدید و متوسط منتج از الگوهای همدیدی و بزرگ مقیاس است، معیار دیگری نیز به تعیین روزهای دارای بارش با شدت متوسط و زیاد (برای لحاظ شدن بُعد مکانی مطالعات)، افزوده شده است. بر این اساس، افزون بر وقوع بارش با دو شدت مذکور در حداقل یک ایستگاه منطقه، در تعیین بارش با شدت زیاد و متوسط، به ترتیب وقوع بارش بیشتر از ۱ و  $0/1$  میلی‌متر در بیش از ۵۰٪ ایستگاه‌ها نیز الزامی بوده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

### روش‌های کمی و کیفی مورد استفاده برای تعیین الگوی هم‌دیدگی و بندالی

پس از تعیین موارد بارشی با شدت‌های مختلف، واقعیت‌های آماری الگوهای جوّی هم‌زمان با آنها، در دو سطح هم‌دیدگی و نیمکره‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در واقع، نخست با استفاده از روش چشمی الگوهای جوّی هم‌زمان با بارش‌های شدید و متوسط، در مقیاس هم‌دیدگی تعیین می‌شود. با توجه به این واقعیت که الگوهای هم‌دیدگی در بستر الگوهای جوّی بزرگتری همچون بندالی شکل می‌گیرند، الگوهای عمومی جوّی منجر به شکل‌گیری الگوهای سینوپتیکی بارشی (شامل متوسط و شدید)، بر اساس روش کمی تعیین الگوی بندالی (رابطه‌ی شماره‌ی ۱) ارزیابی شده‌اند (Waston and et al, 2002: 3009). بر این اساس در صورت شناسایی وقوع الگوی بندالی در هر منطقه از نیمکره‌ی شمالی، احتمال تأثیرگذاری این الگو بر شکل‌گیری گردش‌های منجر به بارش در شمال شرق ایران بررسی شده (روش چشمی) و در

صورت وجود ارتباط بین الگوی بندالی و شکل‌گیری یا مکان‌گزینی الگوی همدید بارشی، آنگاه آن مورد بارشی به‌عنوان رخدادی حاصل از الگوی بندالی در نظر گرفته شده است.

رابطه‌ی شماره‌ی ۱: شرایط رخداد الگوی بندالی در بادهای غربی

$$GHGN = \frac{Z(\lambda, \phi_N) - Z(\lambda, \phi_0)}{\phi_N - \phi_0} \leq -10 \text{ m.gp/deg} \quad (\text{الف})$$

$$GHGS = \frac{Z(\lambda, \phi_0) - Z(\lambda, \phi_s)}{\phi_0 - \phi_s} \geq 0 \quad (\text{ب})$$

$$\phi_N = 80N + \Delta$$

$$\phi_0 = 60N + \Delta$$

$$\phi_s = 40N + \Delta$$

$$\Delta = -4^\circ \text{ or } 0^\circ \text{ or } +4^\circ$$

در این رابطه:

$GHGN$ : معرف شاخه‌ی شمالی؛

$GHGS$ : معرف شاخه‌ی جنوبی سامانه‌ی بندالی؛

$Z$ : ارتفاع ژئوپتانسیلی بر حسب متر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال؛

$\lambda$ : طول جغرافیایی مورد نظر؛

$\phi$ : عرض جغرافیایی؛

$\Delta$ : میزان جابه‌جایی عرض جغرافیایی مینا است که می‌تواند برای سه مدار مورد مطالعه (به‌صورت هم‌زمان) ۴ درجه

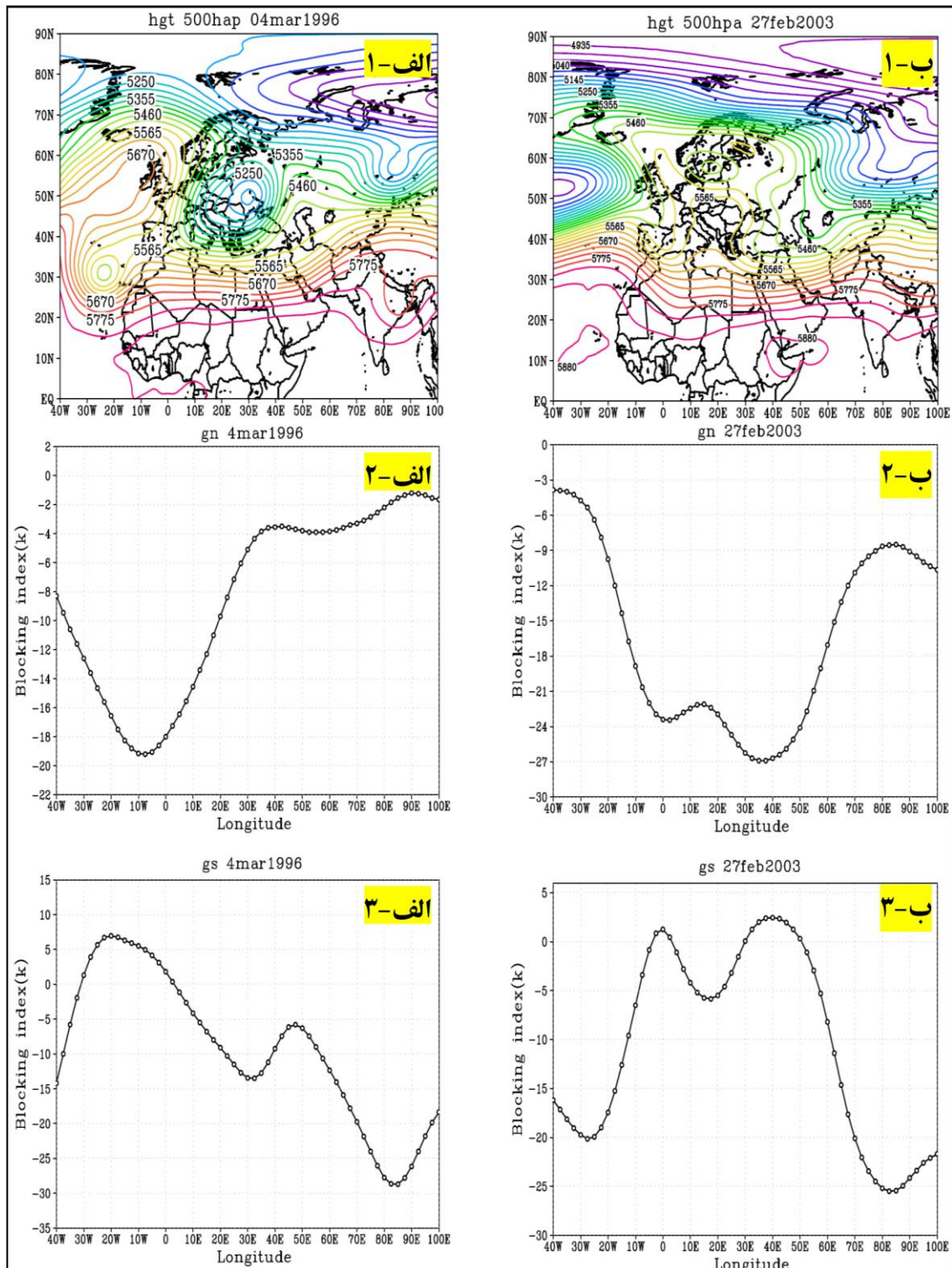
بالا، پایین‌تر یا خود آن مدار در نظر گرفته شود.

به‌گفته‌ی دیگر، چنانچه نتایج معادلات فوق نشان‌دهنده‌ی عدم وقوع بندالی در یک منطقه‌ی دارای بندالی (براساس مشاهدات عینی) باشد، می‌بایست محاسبات فوق را برای محدوده‌های دیگر (۴ درجه بالاتر و پایین‌تر از مدارهای مینا) انجام داد. با توجه به روابط فوق، پدیده‌ی بندالی زمانی شکل می‌گیرد که هر دو رابطه‌ی "الف" و "ب" برای طول جغرافیایی مورد نظر صادق باشد. در واقع در یک رخداد بندالی، میزان عدد به‌دست‌آمده از رابطه‌ی (۱-الف) کمتر از عدد ۱۰- و در رابطه‌ی (۱-ب) نیز، بیشتر از صفر است و حداقل در یک طول جغرافیایی رخ می‌دهد (David and Richard, 2006: 1044; Yina and et al, 2006: 4822). به‌گفته‌ی دیگر، زمانی الگوی بندالی روی یک طول جغرافیایی شکل می‌گیرد که ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در عرض جغرافیایی ۶۰ درجه، بسیار بیشتر از عرض جغرافیایی ۸۰ درجه باشد. هر چند در شرایط معمول نیز ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در مدار ۶۰ درجه (و محدوده‌ی ۵۶ تا ۶۴ درجه) بیشتر از مدار ۸۰ درجه (و محدوده ۷۶ تا ۸۴ درجه) است، اما در شرایط رخداد بندالی، این میزان به‌دلیل قرارگیری مرکز پُراتفاح روی مدار ۶۰ درجه - که به‌طور عمده در عرض‌های پایین‌تر قرار دارد - تشدید شده و نتیجه‌ی رابطه‌ی (۱-الف) به کمتر از عدد ۱۰- می‌رسد. در رابطه‌ی (۱-ب) شرایط متفاوت بوده و حاکی از وقوع

شرایط غیرمعمولی است که با قرار گرفتن مرکز پُراتفاح در منطقه روی می‌دهد. چنانکه در شرایط معمول میزان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز مذکور روی مدار ۴۰ درجه، بیشتر از این میزان در مدار ۶۰ درجه است، اما در هنگام وقوع بندالی، به دلیل شرایط منتج از استقرار پُراتفاح الگوی بندالی در مدار ۶۰ درجه (و مرکز کم‌ارتفاع در مدار ۴۰ درجه در موارد بندالی زوجی)، عدد به‌دست آمده (برخلاف معمول) مثبت خواهد بود. افزون بر معیارهای معرفی شده در روابط فوق، از لحاظ بُعد زمانی می‌بایست وقوع الگوی بندالی در ۵ روز پی‌درپی ثبت شده باشد (عزیزی، ۱۳۷۸). محاسبه‌ی معادلات و تصویر الگوهای فوق با استفاده دستورنویسی در محیط GrADS<sup>۱</sup> انجام شده است.

### یافته‌های تحقیق

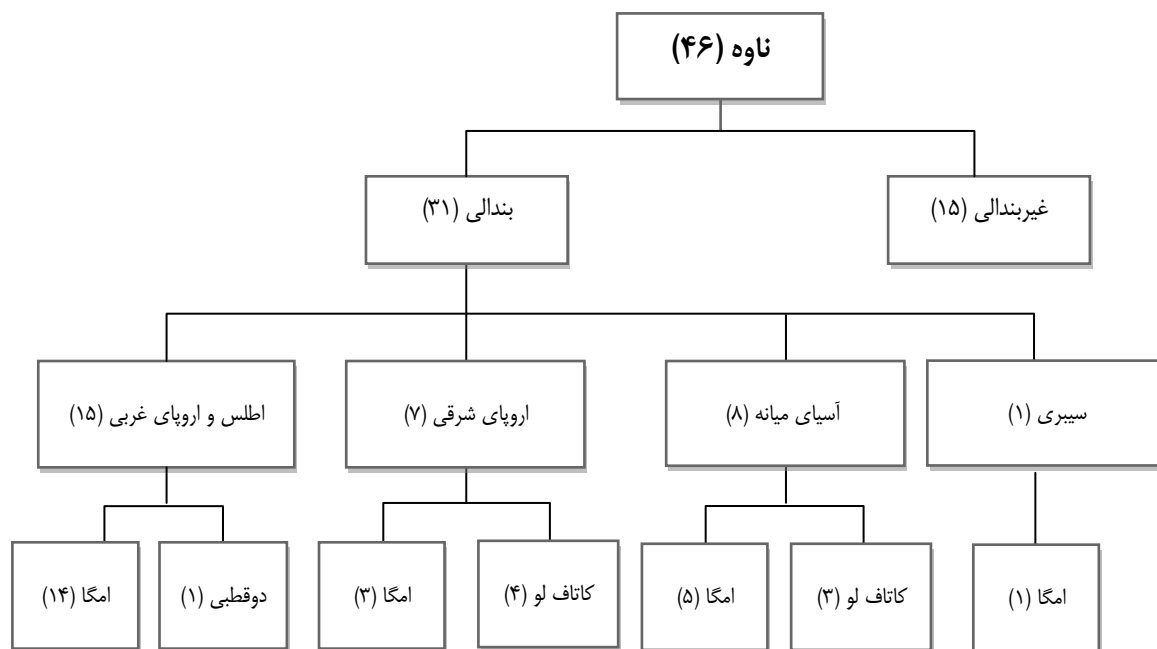
در این مطالعه به دلیل کوتاه‌نویسی، چگونگی شناسایی الگوی بندالی و تأثیرگذاری آن بر الگوهای همدیدی در دو رخداد ۴ مارس ۱۹۹۶ و ۲۷ فوریه ۲۰۰۳، به‌ترتیب به‌عنوان نمونه‌های بارش شدید و متوسط مورد بررسی قرار می‌گیرند. در تاریخ ۴ مارس ۱۹۹۶، وقوع بارش شدید در منطقه‌ی مورد مطالعه به ثبت رسیده است. بررسی الگوهای همدیدی منطقه، نشان‌دهنده‌ی شکل‌گیری ناوهای عمیق در بادهای غربی روی ایران است. با توسعه‌ی مقیاس مکانی مطالعات از همدید به نیمکره‌ای، الگوی کلان ایجادکننده‌ی ناوه روی ایران مشخص می‌شود. در این روز، روی اقیانوس اطلس الگوی بندالی امگایی شکلی به‌وجود آمده است که ناوه‌ی مستقر بر ایران، کم‌ارتفاع شرقی این الگو به‌شمار می‌رود (شکل شماره‌ی ۲-الف - ۱). چگونگی شناسایی الگوی بندالی با کمک رابطه‌ی (۱-الف) و (۱-ب) در تاریخ یاد شده، به‌ترتیب در شکل‌های شماره‌ی ۲-الف-۲ و ۲-الف-۳ به تصویر کشیده شده است. بر اساس روابط فوق، محدوده‌ی ۱۰ درجه‌ی غربی شاهد استقرار پُراتفاح الگوی بندالی است. در این روز، روی اقیانوس اطلس نتیجه‌ی رابطه‌ی (۱-الف) کمتر از ۱۰- و برای رابطه‌ی (۱-ب) بیشتر از عدد صفر است. در نهایت می‌توان گفت که در این روز الگوی ناوه‌ی شکل گرفته روی ایران، به‌صورت مستقیم تحت تأثیر الگوی بندالی مستقر روی اقیانوس اطلس و اروپای غربی است. در تاریخ ۲۷ مارس ۲۰۰۳ که ایستگاه‌های همدیدی منطقه‌ی مورد مطالعه، وقوع بارش متوسط در دو استان خراسان رضوی و شمالی را ثبت کرده‌اند، الگوی ناوه در مقیاس همدید و الگوی بندالی در مقیاس نیمکره‌ای، سبب ایجاد بارندگی (با شدت متوسط) در شمال شرق ایران شده‌اند. در این روز ناوه‌ی حاکم بر ایران، همچون نمونه‌ی بارش شدید بخشی از کم‌ارتفاع شرقی الگوی بندالی است با این تفاوت که میزان عمق ناوه‌ی شکل گرفته روی ایران، در هنگام وقوع بارش متوسط، نسبت به میزان آن در بارش شدید کمتر است (شکل شماره‌ی ۲-ب - ۱). به‌گفته‌ی دیگر به‌هنگام وقوع بارش متوسط، بادهای مداری‌تر بوده و میزان صعود هوا، به‌دلیل کاهش مؤلفه‌ی فرارفت چرخندگی نسبی مثبت، کمتر خواهد بود (Barry and Carleton, 2001). نتایج حاصل از رابطه‌ی (۱-الف) و (۱-ب) نیز مؤید استقرار الگوی بندالی روی اروپای شرقی و محدوده‌ی نصف‌النهار ۴۰ درجه‌ی شرقی است. مثبت شدن نتیجه‌ی رابطه‌ی (۱-ب) در ۱۰ درجه‌ی غربی، به‌دلیل نفوذ زبانه‌ای از پُراتفاحی است که بر اروپای شرقی حاکم است و در نتیجه، می‌بایست بخشی از الگوی بندالی امگایی شکل اروپای شرقی در نظر گرفت (شکل‌های ۲-ب-۲ و ۲-ب-۳).



شکل ۲. چگونگی شکل‌گیری الگوی ناوه در مقیاس همدید و ارتباط آن با الگوی بندالی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هم‌زمان با دو بارش شدید و متوسط که به ترتیب برای تاریخ‌های ۴ مارس ۱۹۹۶ و ۲۷ فوریه ۲۰۰۳ در شکل‌های الف-۱ و ب-۱ به تصویر کشیده شده‌اند. شکل‌های الف-۲ و الف-۳ تصویرگر نتایج به‌دست‌آمده از روابط (الف-۱) و (ب-۱) برای بارش شدید و شکل‌های ب-۲ و ب-۳ نماینده‌ی این روابط برای بارش متوسط هستند.

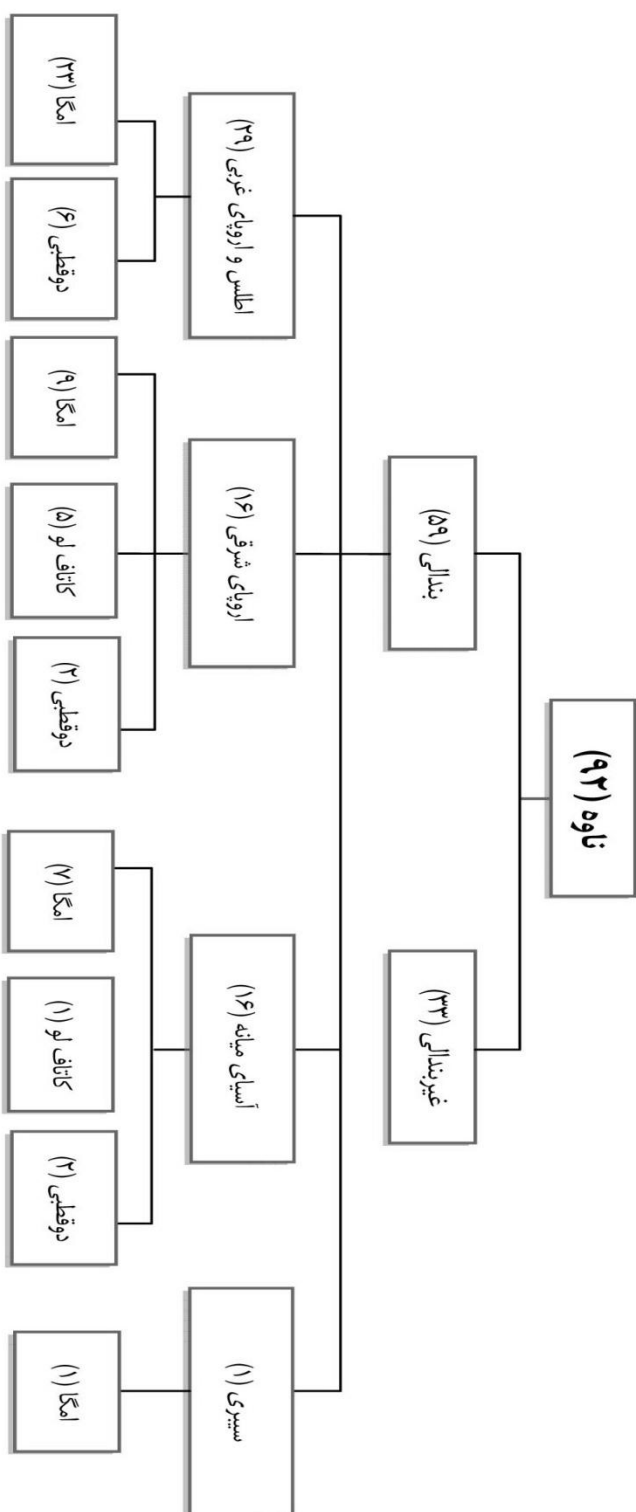


در نتیجه‌ی بررسی داده‌های بارشی، تعداد ۴۶ مورد بارش روزانه با شدت زیاد و ۹۲ مورد بارش روزانه با شدت متوسط (که از این پس از آنها با عنوان شدت زیاد و متوسط یاد می‌شود) شناسایی شدند. همان‌گونه که در بخش پیش نیز بدان اشاره شد، بر اساس تحلیل‌های چشمی، جریان‌های جوئی همیدی منجر به بارش‌های متوسط و شدید مورد بررسی قرار گرفتند که به شناسایی الگوی ناوه، به‌عنوان تنها الگوی ایجاد بارش در منطقه (شامل شدید و متوسط) در ابعاد همدید منجر شد. در این الگو، منطقه‌ی مورد مطالعه زیر قسمت پیشین ناوه یا محدوده‌ی همگرایی پایینی و واگرایی بالایی قرار می‌گیرد. نکته‌ی موجود در نتیجه‌ی کسب‌شده آنکه تمامی بارش‌های منطقه در مقیاس همدید، مطابق انتظار تحت تأثیر فرایندهای دینامیکی بادهای غربی شکل می‌گیرند که با توجه به دوری منطقه از منابع آبی، امری بدیهی به‌نظر می‌رسد. هرچند که الگوی ناوه دارای تفاوت‌هایی از جمله میزان عمق و نفوذ آن به عرض‌های پایین، به‌هنگام وقوع بارش‌های شدید نسبت به بارش‌های متوسط است، اما این تفاوت‌ها موضوع این مطالعه نبوده و هدف اصلی تعیین شده، بررسی نقش الگوی بندالی در شکل‌گیری و همچنین استقرار امواج غربی منجر به بارش روی دو استان خراسان رضوی و شمالی است. به‌گفته‌ی دیگر، در این مطالعه پس از شناسایی الگوهای همیدی بارشی و به‌دنبال آن، الگوی بندالی به‌وسیله‌ی روابط مطرح شده، چنانچه الگوی ناوه بخشی از الگوی بندالی بوده یا تحت تأثیر آن به عرض‌های جنوبی‌تر جابه‌جا شده باشد، آن رخداد بارشی پدیده‌ای حاصل از الگوی جوئی بندالی معرفی شده است. درنهایت می‌توان نتیجه‌ی کلی به‌دست‌آمده از مطالعات فوق را در شکل‌های ۳- الف و ۳- ب، به‌ترتیب برای بارش‌های شدید و متوسط مشاهده کرد.



شکل ۳- الف. الگوهای جوئی هم‌زمان با بارش با شدت‌های زیاد

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده‌ی فراوانی الگوهاست



شکل ۳- ب. الگوهای جوی همزمان با بارش با شدت‌های متوسط  
 اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده فراوانی الگوهاست

همان‌گونه که پیش از این نیز بیان شد، الگوی ناوه تنها الگوی هم‌زمان با بارش‌های منطقه‌ی مطالعاتی است، اما زیرالگوهای آن برای بارش‌های شدید و متوسط، بر اساس وقوع یا عدم وقوع الگوی بندالی به دو گروه کلی دسته‌بندی می‌شوند:

#### ۱- الگوی بندالی؛

۲- غیر بندالی (ناوه‌هایی که الگوهای بندالی نقشی در ایجاد یا استقرار آنها روی منطقه‌ی مورد مطالعه ندارند).  
عدم وجود تفاوت آشکار بین الگوهای قرار گرفته در طبقه‌ی غیر بندالی، مانع از تقسیم آن به زیرالگوهای بیشتری شد؛ اما این شرایط در مورد زیرالگوی بندالی متفاوت بوده و با توجه به محل قرارگیری آنها، چهار زیرالگو برای بارش‌های شدید و متوسط شناسایی شدند. یادآوری این نکته ضروری است که محل قرارگیری بندال‌ها، بر اساس محل قرارگیری مرکز پُراتفاح آنها (به‌استثنای بندالی کاتافلو که فاقد مرکز پُراتفاح است و بر اساس مرکز کم‌ارتفاع آن مشخص شد) تعیین شده است. چهار زیرالگوی بندالی برای شدت متوسط و شدید عبارتند از:

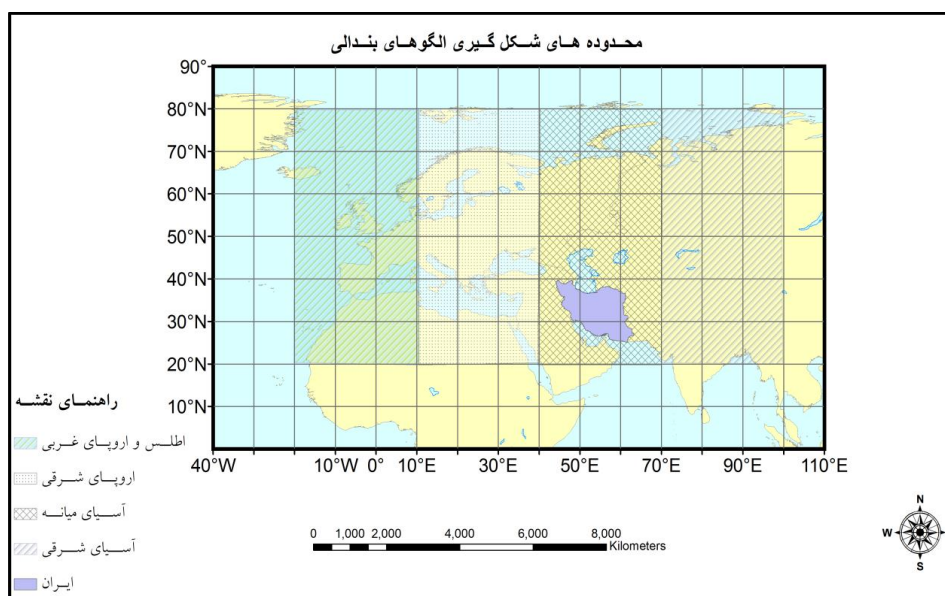
#### ۱- الگوی بندالی اطلس و اروپای غربی؛

#### ۲- الگوی بندالی اروپای شرقی؛

#### ۳- الگوی بندالی آسیای مرکزی؛

#### ۴- الگوی بندالی سیبری.

از نظر موقعیت ریاضی، الگوهای بندالی اطلس و اروپای غربی در محدوده‌ی ۲۰ درجه‌ی غربی تا ۱۰ درجه‌ی شرقی، الگوهای بندالی اروپای شرقی بین ۱۰ درجه‌ی شرقی تا ۴۰ درجه‌ی شرقی، الگوهای بندالی آسیای مرکزی در محدوده‌ی ۴۰ درجه‌ی شرقی تا ۷۰ درجه‌ی شرقی و در نهایت، الگوهای بندالی سیبری بین دو طول جغرافیای ۷۰ درجه‌ی شرقی تا ۱۰۰ درجه‌ی شرقی قرار می‌گیرند (شکل شماره ۴).



شکل ۳. محدوده‌ی قرارگیری انواع مختلف الگوهای بندالی در طول دوره‌ی مورد مطالعه

در نهایت بر اساس شکل الگوی بندالی (امگا، کم‌ارتفاع بریده و دو قطبی) هر کدام از این چهار زیرالگوی فوق، برای بارش‌های شدت زیاد به زیرالگوهای هفت‌گانه و در شدت متوسط به زیر الگوهای نه‌گانه تقسیم شدند. همان‌گونه که بیان شد، تعداد زیرالگوهای بندالی - که خود زیرالگوی، الگوی ناوه است - در شدت‌های متوسط و شدید با یکدیگر برابر هستند، اما تقسیم این زیرالگوها بر اساس شکل الگوی بندالی، سبب ایجاد تفاوت در تعداد طبقه‌ها در این مرحله از مطالعات شد؛ چنانکه در دو الگوی بندالی اروپای شرقی و آسیای مرکزی شدت متوسط، شاهد وجود دو زیرالگوی بندالی دو قطبی هستیم که برابر آن در الگوهای مربوط به شدت زیاد وجود ندارد. برای توضیح بیشتر و گسترده‌تر نتایج موجود در شکل ۳ و افزون بر آن، بررسی پراکنش زمانی گردش‌های جوئی مورد مطالعه، در ادامه مباحثی با عنوانین، فراوانی، توزیع زمانی و توزیع مکانی این الگوها ارائه خواهند شد.

### فراوانی الگوهای بندالی و غی بندالی به‌هنگام وقوع بارش متوسط و شدید

فراوانی بیشتر الگوها و زیرالگوها در هنگام وقوع بارش متوسط با توجه به تعداد روزهای بیشتری که به این بارش‌ها اختصاص می‌یابد، حالتی طبیعی به‌شمار می‌رود. از این رو، برای مقایسه‌ی بهتر فراوانی الگوهای هم‌زمان با وقوع شدت متوسط و شدید، باید اعداد فوق را به درصد و فراوانی نسبی تبدیل کرد (جدول شماره‌ی ۱).

جدول ۱. فراوانی نسبی زیرالگوهای بندالی و غیربندالی هم‌زمان با شدت‌های متوسط و زیاد

| الگوها     | شدت زیاد | فراوانی به درصد | شدت متوسط | فراوانی به درصد |
|------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|
| غیر بندالی | ۵۱       | ۳۲/۶            | ۳۳        | ۳۵/۸            |
| بندالی     | ۳۱       | ۶۷/۳            | ۵۹        | ۶۴/۱            |
| مجموع      | ۶۴       | ۱۰۰             | ۹۲        | ۱۰۰             |

با توجه به جدول شماره‌ی ۱، حدود ۶۷ درصد بارش‌های شدید و ۶۴ بارش‌های متوسط منطقه‌ی مورد مطالعه، از طریق الگوی بندالی سامان می‌یابند. نزدیک بودن ارقام فوق نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که وقوع پدیده‌ی بارش (شامل بارش متوسط و شدید) در استان‌های خراسان رضوی و شمالی در مقیاس همدید، مستلزم شکل‌گیری الگوهای بندالی و به بیانی بهتر، الگوهای نابهنجار جوئی در مقیاس نیمکره است. این در حالی است که ناوه‌های فاقد ارتباط با الگوی بندالی در حدود ۳۳ تا ۳۶ درصد، به‌ترتیب با موارد بارشی شدید و متوسط همراه بوده‌اند. شرایط یاد شده نوسان‌های موجود در بارش‌های سالانه‌ی شمال شرق ایران را توجیه می‌کند. در واقع از آنجاکه بخش بزرگ بارش‌های منطقه از طریق الگوهای جوئی بندالی شکل می‌گیرند، عدم وقوع این الگوها یا تعبیر مکانی آنها، به کاهش شدید بارش در منطقه‌ی مذکور منجر خواهد شد. این در حالی است که در سال‌هایی که این الگوی نابهنجار فراوانی بیشتری داشته باشد، میزان بارندگی آن دوره نسبت به میانگین منطقه افزایش نشان خواهد داد.

### فراوانی و توزیع مکانی الگوهای بندالی

از آنجاکه الگوهای غیربندالی دارای معیار مکانی و شکل مشخصی نیستند، در این قسمت تنها به بررسی فراوانی و توزیع

مکانی انواع الگوهای بندالی می‌پردازیم (جدول شماره‌ی ۲ و ۳). اما در تحلیل‌های مربوط به توزیع زمانی، ویژگی‌های الگوهای بندالی دو شدت بارشی متوسط و شدید با الگوهای غیربندالی مقایسه خواهند شد.

جدول ۲. فراوانی نسبی زیرالگوهای الگوی بندالی به‌هنگام وقوع شدت‌های زیاد طی دوره (۱۹۹۵-۲۰۰۵)

| الگوها/زیر الگوها | اطلس و اروپای غربی | شرق اروپا | آسیای میانه | سیبری | مجموع | مجموع به درصد |
|-------------------|--------------------|-----------|-------------|-------|-------|---------------|
| امگا              | ۱۴                 | ۳         | ۵           | ۱     | ۲۳    | ۷۴/۲          |
| کم‌ارتفاع بریده   | —                  | ۴         | ۳           | —     | ۷     | ۲۲/۶          |
| دو قطبی           | ۱                  | —         | —           | —     | ۱     | ۳/۲           |
| مجموع             | ۱۵                 | ۷         | ۸           | ۱     | ۳۱    | ۱۰۰           |
| مجموع به در صد    | ۴۸/۴               | ۲۲/۶      | ۲۵/۸        | ۳/۲   | —     | —             |

جدول ۳. فراوانی نسبی زیر الگوهای الگوی بندالی به‌هنگام وقوع شدت‌های متوسط طی دوره (۱۹۹۵-۲۰۰۵)

| الگوها/زیر الگوها | اطلس و اروپای غربی | شرق اروپا | آسیای میانه | سیبری | مجموع | مجموع به درصد |
|-------------------|--------------------|-----------|-------------|-------|-------|---------------|
| امگا              | ۲۳                 | ۹         | ۷           | ۴     | ۴۳    | ۷۲/۹          |
| کم‌ارتفاع بریده   | —                  | ۵         | ۱           | —     | ۶     | ۱۰/۲          |
| دو قطبی           | ۶                  | ۲         | ۲           | —     | ۱۰    | ۱۶/۹          |
| مجموع             | ۲۹                 | ۱۶        | ۱۰          | ۴     | ۵۹    | ۱۰۰           |
| مجموع به در صد    | ۴۹/۲               | ۲۷/۱      | ۱۶/۹        | ۶/۸   | —     | —             |

بر اساس جداول ۲ و ۳، زیرالگوی بندالی واقع بر اقیانوس اطلس و اروپای غربی با درصد‌های ۴۸/۴ و ۴۹/۲، بیشترین فراوانی به‌هنگام وقوع شدت‌های متوسط و شدید را به خود اختصاص داده است. در نتیجه قرارگیری الگوی بندالی در محدوده‌ی ۲۰ درجه‌ی غربی تا ۱۰ شرقی را می‌توان، محدوده‌ی اصلی تشکیل سامانه‌ی بندالی مؤثر در وقوع بارش‌های منطقه، چه متوسط و چه شدید، دانست. در حالی که بندالی‌های واقع بر آسیای میانه با ۲۵/۸ درصد، در جایگاه دوم محل استقرار الگوهای بندالی هم‌زمان با شدت زیاد قرار گرفته‌اند، بندال‌های واقع بر شرق اروپا دارای چنین جایگاهی به‌هنگام رخداد شدت متوسط با ۲۷/۱ درصد هستند. در نهایت الگوهای بندالی واقع بر اروپای شرقی و سیبری، به‌هنگام شدت زیاد و آسیای میانه و سیبری هم‌زمان با شدت متوسط کمترین فراوانی را در میان الگوهای بندالی دارند. افزون بر توزیع مکانی، چگونگی فراوانی شکل الگوهای بندالی نیز قابل توجه است، بندال‌های امگایی شکل با فراوانی نسبی ۷۴/۲ و ۷۲/۹، به‌هنگام رخداد شدت‌های زیاد و متوسط، بیشترین سهم در میان الگوهای یاد شده را دارند، اما تفاوت موجود در مورد الگوی کاتافلو است که در هنگام رخداد شدت‌های زیاد با میزان فراوانی ۲۲/۶، دارای دومین فراوانی در میان الگوهای بندالی است، در حالی که این الگو به‌هنگام رخداد شدت متوسط با فراوانی نسبی ۱۰/۲، در جایگاه سوم فراوانی الگوها قرار داشته و الگوی بندالی دوقطبی با ۱۶/۹ درصد در رده‌ی دوم قرار گرفته است.

## توزیع زمانی الگوی بندالی و غیربندالی

از دیگر نکات مورد توجه الگوهای شناسایی شده، پراکندگی زمانی آنها در طول سال است (جدول شماره ۴).

جدول ۴. توزیع زمانی زیرالگوهای غیربندالی و بندالی در هنگام رخداد شدت‌های زیاد و متوسط طی دوره (۲۰۰۵-۱۹۹۵)

| غیربندالی و بندالی |          |                  |           |                  |         |          |                  |           |                  |
|--------------------|----------|------------------|-----------|------------------|---------|----------|------------------|-----------|------------------|
| زمان               | شدت زیاد | فراوانی نسبی (%) | شدت متوسط | فراوانی نسبی (%) | زمان    | شدت زیاد | فراوانی نسبی (%) | شدت متوسط | فراوانی نسبی (%) |
| ژانویه             | ۶        | ۱۹/۴             | ۱۰        | ۱۶/۹             | ژانویه  | ۲        | ۱۳/۳             | ۸         | ۲۴/۲             |
| فوریه              | ۴        | ۱۲/۹             | ۱۱        | ۱۸/۶             | فوریه   | ۵        | ۳۳/۳             | ۷         | ۲۱/۲             |
| مارچ               | ۱۰       | ۳۲/۳             | ۹         | ۱۵/۳             | مارچ    | ۳        | ۲۰               | ۴         | ۱۲/۱             |
| آوریل              | ۶        | ۱۹/۴             | ۱۲        | ۲۰/۳             | آوریل   | ۱        | ۶/۷              | ۴         | ۱۲/۱             |
| می                 | ۲        | ۶/۵              | ۳         | ۵/۱              | می      | ۱        | ۶/۷              | ۱         | ۳                |
| جون                |          |                  |           |                  | جون     |          |                  |           |                  |
| جولای              |          |                  |           |                  | جولای   |          |                  |           |                  |
| اگست               |          |                  |           |                  | اگست    |          |                  |           |                  |
| سپتامبر            |          |                  |           |                  | سپتامبر |          |                  | ۱         | ۳                |
| اکتبر              |          |                  | ۲         | ۳/۴              | اکتبر   |          |                  |           |                  |
| نوامبر             | ۱        | ۳/۲              | ۲         | ۳/۴              | نوامبر  | ۱        | ۶/۷              | ۵         | ۱۵/۲             |
| دسامبر             | ۲        | ۶/۵              | ۱۰        | ۱۶/۹             | دسامبر  | ۲        | ۱۳/۳             | ۳         | ۹/۱              |
| مجموع              | ۳۱       | ۱۰۰              | ۵۹        | ۱۰۰              | مجموع   | ۱۵       | ۱۰۰              | ۳۳        | ۱۰۰              |

در صورت بررسی توزیع زمانی الگوهای بندالی هم‌زمان با شدت‌های زیاد، مشخص خواهد شد که کمابیش ۵۸ درصد فراوانی این الگوها در دوره‌ی گذار (مارس، آوریل و می) بین دو دوره‌ی سرد و گرم سال تحقق می‌یابند. این درحالی است که این میزان، به‌هنگام رخداد شدت متوسط به ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. شرایطی که می‌توان آن را با افزایش دما و ناپایداری سطحی و همچنین عمیق‌تر بودن جریان‌ها (علیجانی، ۱۳۷۱: ۲۴۳)، در دوره‌ی گذار یا فصل بهار توجیه کرد. در الگوهای غیربندالی تفاوت توزیع زمانی بین شدت زیاد و متوسط که در الگوهای بندالی مشاهده شد، کاسته می‌شود. چنانکه الگوهای غیربندالی هم‌زمان با شدت‌های زیاد و متوسط در دوره‌ی سرد سال (دسامبر، ژانویه و فوریه)، به‌ترتیب به ۶۰ و ۵۵ درصد از فراوانی خود می‌رسند. دلیل چنین شرایطی را باید در ویژگی جریان‌های غربی در فصل زمستان و مداری‌تر بودن آن و افزایش شکل‌گیری ناوهای معمولی (ناو‌هایی که از طریق جریان عمیق و سامانه‌ی بندالی شکل نمی‌گیرند) دانست. اندک تفاوت موجود بین دو فراوانی یاد شده میان دو شدت بارش در این فصل نیز، به شرایط محلی و منطقه‌ای الگو و شرایط رطوبتی و حرارتی آن برمی‌گردد.

به‌اختصار این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شدت‌های زیاد ناشی از الگوهای بندالی در منطقه‌ی مورد مطالعه، به‌طور عمده در اواخر دوره‌ی سرد سال و فصل بهار شکل می‌گیرند. این در حالی است که شدت‌های زیادی که الگوی غیربندالی با آنها همراه هستند، بیشتر در فصل زمستان رخ می‌دهند. در مورد شدت متوسط، بیشترین فراوانی الگوی

غیربندالی و بندالی همراه با آنها در فصل زمستان تحقق می‌یابد.

شبهات نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با نتایج پژوهش عزیزی (۱۳۷۵) با عنوان "بندالی و اثر آن بر بارش‌های ایران" بسیار قابل توجه است. نام‌برده الگوی بندالی را در وقوع حدود ۶۰ درصد رخداد بارش‌های کشور مؤثر می‌داند. این در حالی است که در مطالعه‌ی پیش رو، این میزان برای شدت‌های متوسط و شدید با اندک تفاوتی، حدود ۶۵ درصد تعیین شده است. توزیع مکانی الگوهای بندالی در دو مطالعه نیز دارای مشابهت‌هایی است، چنانکه براساس مطالعات ایشان، عمده بندالی‌ها روی اقیانوس اطلس شکل می‌گیرند، منطقه‌ای که در این پژوهش نیز از آن با عنوان اطلس و اروپای غربی یاد شده و بیشترین فراوانی الگوهای بندالی در این مکان به‌دست‌آمده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی نقش الگوهای بندالی در بارش استان‌های خراسان رضوی و شمالی، هدف اصلی این مطالعه بوده است. برای مطالعه‌ی دقیق‌تر، بارش دو استان بر اساس شدت به بارش‌های دارای شدت متوسط و زیاد بخش شد و با تعیین درگیر بودن نیمی از ایستگاه‌های دو استان در پدیده‌ی بارش، وقوع بارش در مقیاس مکانی همدید (محلّی نبودن) به‌دست آمد. نخست تمام وقایع بارشی با روش چشمی مورد ارزیابی قرار گرفتند که مطابق انتظار، وقوع تمامی آنها با الگوی ناوه همراه بود. شرایطی که با توجه به دور بودن منطقه از پهنه‌های آبی، منطقی به نظر می‌رسد. سپس با استفاده از روش کمی تعیین الگوی بندالی، الگوها در سطح نیمکره به دو زیرالگوی بندالی و غیربندالی دسته‌بندی شدند. این الگوها از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن به‌اختصار در زیر آمده است:

- فراوانی متوسط ۶۵ درصدی الگوی بندالی در وقوع بارش‌های با شدت متوسط و زیاد، نشان از آن دارد که بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه، به‌طور عمده از طریق الگوهای ناهنجار جو شکل می‌گیرند. شرایطی که نوسان‌های سالانه‌ی بارش منطقه‌ی مورد مطالعه را توجیه می‌کند.
- توزیع مکانی الگوهای بندالی هم‌زمان با وقایع بارشی متوسط و شدید، نشان‌دهنده‌ی آن است که حدود نیمی از الگوهای بندالی (چه بارش‌های متوسط و چه شدید) در محدوده‌ی ۱۰ درجه‌ی غربی تا ۲۰ شرقی یا به‌عبارت دیگر، روی اقیانوس اطلس و اروپای غربی شکل می‌گیرند.
- از نظر توزیع زمانی، الگوهای بندالی هم‌زمان با شدت‌های زیاد به‌طور عمده در اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار شکل می‌گیرند. این در حالی است الگوهای بندالی شدت متوسط بیشتر در زمستان سامان می‌یابند. این شرایط را می‌توان نبرگرفته از تعمیق بادهای غربی در اواخر دوره‌ی سرد سال و دوره‌ی گذار پس از آن و همچنین شرایط ناپایدار منطقه، به‌دلیل افزایش دمای سطحی دانست. توزیع زمانی الگوهای غیربندالی، نشان‌دهنده‌ی فراوانی عمده‌ی آنها هم در شدت متوسط و هم در شدت زیاد در فصل زمستان است. این شرایط نیز بر شکل‌گیری موج‌های نه‌چندان عمیق جریان‌های غربی در طول دوره‌ی سرد و تعمیق آن در اواخر این دوره، دگرباره تأکید دارد.

## منابع

- احمدی گیوی، فرهنگ (۱۳۸۶)، مطالعه‌ی دینامیکی و اقلیم‌شناختی پدیده‌ی بلاکینگ بر روی منطقه‌ی اروپا - آسیا، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.
- اردکانی، حسین؛ زمانیان، محمدتقی؛ هاشمی، دوین، مهری (۱۳۸۵)، مطالعه‌ی هم‌دیدگی و دینامیکی بیشترین بارش روی منطقه‌ی خراسان، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، شماره‌ی ۳۴، صص. ۱۰۷-۱۲۳.
- حبیبی، فریده (۱۳۸۵)، تحلیل هم‌دیدگی و دینامیکی سامانه‌های بندالی، روش تشخیص سامانه‌ی بندالی و تأثیر آن روی ایران، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، شماره‌ی ۳۲، صص. ۶۹-۸۹.
- حبیبی، فریده (۱۳۸۶)، نقش سامانه‌های بندالی در چرخندزایی روی شرق دریای مدیترانه و بررسی نقش آن در سیل روی منطقه‌ی غرب ایران در مارس ۲۰۰۰، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۶۲، صص. ۱۰۹-۱۲۷.
- حمیدیان‌پور، محسن؛ علیجانی، بهلول؛ صادقی، علیرضا (۱۳۸۹)، شناسایی الگوهای هم‌دیدگی بارش‌های شدید شمال شرق ایران، فصلنامه‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره‌ی ۱، صص. ۱-۱۶.
- خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷)، تحلیل در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، پایان‌نامه‌ی دکترای، دانشگاه تبریز.
- عزیزی، قاسم (۱۳۷۵)، بلوکینگ و اثرات آن بر بارش‌های ایران، رساله‌ی دکترای، دانشگاه تربیت مدرس.
- عزیزی، قاسم (۱۳۷۸)، بلوکینگ، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۳۶، صص. ۳۷-۵۰.
- عزیزی، قاسم؛ اکبری، طیبیه؛ داودی، محمود؛ اکبری، مهری (۱۳۸۸)، تحلیل هم‌دیدگی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۷۰، صص. ۱-۱۹.
- کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول (۱۳۷۱)، مبانی آب‌وهواشناسی، انتشارات سمت، تهران.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا (۱۳۸۷)، تعیین الگوی هم‌دیدگی بارش‌های شدید زمستانه و مقایسه‌ی آن با الگوی بارش‌های شدید پاییز در سواحل جنوبی دریای خزر، اولین کنفرانس بین‌المللی تغییرات زیست‌محیطی منطقه‌ی خزری، دانشگاه مازندران، بابلسر.
- Ahmadi Givy, F., 2007, **Dynamic and Climatic Study of Blocking Phenomenon on Eurasia Regional**, M.sc Thesis, Tehran University, Geophysics Institute.
- Ardakani, H., Zamanian, M.T., Hashemi Doin, M., 2007, **The Synoptic and Dynamic Study for Maximum Precipitation over the Khorasan Region**, Journal of the Earth and Space Physics, Vol.34, No.3, PP.107-123.
- Azizi, Gh., 1996, **Blocking and Its Effect on Iran Precipitations**, Ph.D. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran.
- Azizi, Gh., 1999, **Blocking**, Geography Researches Journal, No.36, PP. 37-50.



- Azizi, Gh., Akbari, T., Davudi, M., Akbari, M., 2009, **A Synoptic Analysis of January 2008 Sever Cold in Iran**, Geography Researches Journal, No. 70, PP.1-19.
- Barry, R. G, Carleton, M.A., 2001, **Synoptic and Dynamic Climatology**, USA/ Canada, Routledge.
- Chen, C, S., Lin, C. Y., Chuang, Y. J., Yeh, H. C., 2002, **A Study of Afternoon Heavy Rainfall in Taiwan During the Mei-yu Season**, Atmospheric Research, No. 65, PP.129-149.
- David, B., Richardo, G., Anthony, R.L., Emilliano, H., 2006, **A Climatology of Northern Hemisphere Blocking**, Journal of Climate, No.19, PP.1042-1063.
- Habibi, F., 2004, **Synoptic and Dynamic Analysis of Blocking, the Detection Bndaly System and Its Impact on Iran**, Journal of the Earth and Space Physics, Vol.32, No.3, PP.69-89.
- Habibi, F., 2005, **The Role of Blocking on Surface Cyclogenesis over East of Mediterranean Sea and its Influence on the March 2003's Flood over West of Iran**, Geography Researches Journal, No. 62, PP.109-127.
- Hamidianpoor, M., Alijani, B., Sadeghi, A., 2010, **Determining the Synoptic Pattern of Heavy Precipitation in North East Iran, Arid regions Geographic Studies**, No. 1, PP.1-16.
- Junker, N., Schneider, W. R., Fauver, S., L., 1999, **A Study of Heavy Rainfall Events during the Great Midwest Flood of 1993**, Weather and Forecasting, No.14, PP.701-712.
- Kahana, R., Ziv, B. D., Enzel, U., 2004, **Atmospheric Predictors for Major Floods in the Negev Desert, Israel**, International Journal of Climatology, No.24, PP.1137-1147.
- Karaca, M., Deniz, A., Tayanc, M., 2000, **Cyclone Track Variability over Turkey in Association with Regional**, Climate International Journal of Climatology, No. 20, PP.1225-1236.
- Kavyani, M.R., Alijani, B., 1992, **The Foundations of Climatology**, Samt, Tehran, Iran.
- Khoshakhlagh, F., 1998, **A Research on Widespread Droughts in Iran Utilizing Synoptic Analysis**, Ph.D. Thesis, Supervisor Saeid Jahanbakhsh, Department of Physical Geography, University of Tabriz, Iran.
- Konrad. C. E., 1997, **Synoptic-Scale Features Associated with Warm Season Heavy Rainfall over the Interior Southeastern United States**, Weather and Forecasting, No. 12, PP.557-571.
- Massom, R. A., Michael, J., Josefino, C., Neil, A., John, T., Tom, A., Timothy, T., 2003, **Precipitation over the Interior East Antarctic Ice Sheet Related to Midlatitude Blocking-High Activity**, Journal of Climate, No.17, PP.1914-1928.
- Mofidi, A., Zarrin, A., Janbaz Ghobadi, Gh., 2009, **Determining the Synoptic Pattern of winter Heavy Precipitation and Comparison with Severe Autumn in Southern Coast of Caspian Sea**, the 1st. International Conference on the Caspian Region Environmental Changes 24-25 August 2008, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
- Prezerakos, N.G., Flocas, H.A., 1997, **The Role of a Developing Upper Diffluent Trough in Surface Cyclogenesis over Central Mediterranean**, Meteorological Applications, No. 6, PP.108-119.

- Tymvios, F.K., Savvidou, S., Michaelides, C., 2010, **Association of Geopotential Height Patterns with Heavy Rainfall Events in Cyprus**, Advances in Geosciences, No.23, PP.73-78.
- Waston, J.S., and Colucci, S. J., 2002, **Evaluation of Ensemble Predictions of Blocking in the NCEP Global Spectral Model**, Monthly Weather Review, No.130, PP.3008-3021.
- Yarnal, B., 1993, **Synoptic Climatology in Environmental Analysis**, Published or Distributed by John Wiley & Sons, London.
- Yin, Z., Cai, Y., Zhao, X., Chen, X., 2008, **An Analysis of the Spatial Pattern of Summer Persistent Moderate-to-Heavy Rainfall Regime in Guizhou Province of Southwest China and the Control Factors**, Theoretical and Applied Climatology, No. 97, PP. 205-218.
- Yina, D., Jianping, L., Dehai, L., 2006, **A New Blocking Index and Its Application: Blocking Action in the Northern Hemisphere**, Journal of Climate, No.19, PP.4819- 4839.

## *Investigation of Blocking Pattern Role on Precipitation in North East of Iran Using Data Mining Analysis*

**Azizi GH.\***

Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Nabavy S.O.**

MS.c. in Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

**Miri M.**

MS.c. in Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Received: 25/02/2012

Accepted: 16/05/2012

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

The importance of atmospheric precipitation in human life turns it into one of the most common subject of various studies. Minimal changes in the amount and intensity of precipitation would face the communities' social and economic infrastructures to serious problems. Even though these studies have yielded very precious results but in most cases atmospheric precipitation patterns were analyzed not only at a limited regional scales but also only for heavy precipitation (high intensity precipitation). However, synoptic weather patterns, creating precipitation or other atmospheric phenomena, are formed within hemisphere-scale pattern. Among them, blocking pattern is one of the most important large scale circulations. As sometimes blockings embrace a wide range of western Atlantic coast to the Far East. Undoubtedly the identification of these patterns naturally requires a study area much wider than synoptic scope. In addition, understanding of the extreme natural phenomenon like heavy precipitation requires the knowledge of their normal modes. Therefore, this study aims at examination of hemispheric and synoptic circulations along with both heavy (high) and normal (moderate) precipitation (intensities) in Khorasan Razavi and Khorasan Shomali provinces. Investigation of relationship between precipitation amount in Khorasan Razavi and Khorasan Shomali provinces and blocking pattern is the main purpose of this study.

#### **Methodology**

To achieve considered goals, statistical data of daily precipitation were obtained from 20 stations located in the mentioned regions. Given the amount of precipitation is different in each area, the intensity of the precipitation cannot be determined based on a fixed number and it should be calculated according to its average quantity in given place. Hence, precipitation rate between  $\pm 0.2$  and above 7 were considered respectively as normal and heavy precipitation in a

---

\*E-mail: ghazizi @ut.ac.ir

normalized scores scale. Besides taking into account aforementioned intensities in at least one station, precipitation rates greater than 1 and 0.1 mm in at least 50% of the stations are also required for choosing heavy and normal cases. As a result of precipitation data processes, 46 and 92 days were identified with normal intensity respectively.

### **Results and Discussion**

Having determined precipitation cases, atmospheric circulations were analyzed for two synoptic and hemispheric scales. Geopotential height at 500 level extracted from US atmospheric database called National Centers for Environmental prediction (NCEP) was used to identify synoptic and hemispheric patterns. Similarly the study has two kinds of methodologies. Synoptic patterns were analyzed by manual (subjective) method whereas hemispheric circulations were investigated through quantitative blocking index to determine whether block has happened within large scale circulations. Manual analysis indicates that the only synoptic circulation, creating precipitation whether heavy and normal quantities, is trough pattern. This result is completely expectable for places like north east of Iran. Because in such regions far from massive water bodies, synoptic-scale dynamic processes play a big role in formation of rainfall. Through this pattern, the study area is located under trough front or upper convergence and surface divergence section. After determination of predominant precipitation synoptic pattern, the main part of study is put forward. In this step, the role of hemispheric blocking pattern on creation and location of trough pattern was investigated based on blocking index.

### **Conclusion**

According to results, 67% of high intensities and 64% of normal cases are formed (affected) by blocking patterns. This condition not only shows very important role of these circulation in formation of precipitation in north east of Iran but also it would explicate that most precipitation cases in the mentioned areas are prepared by an unusual atmospheric pattern called blocking. The characteristics of block pattern, being unusual and infrequent, justify high annual fluctuations in Khorasan Razavi and KhorasanShomali's precipitation. Spatial distribution blocking patterns indicates that Atlantic and Western is the main host for most blocking cases during both heavy and normal intensities. In addition to spatial distribution of the blocking pattern, its model is also significant; Omega block has the relative frequency of 74/2 and 72.9 simultaneous with high and normal intensities respectively. Based on block pattern temporal regime, late cold period of year and spring has the highest frequency of

blocking pattern along with heavy precipitation, whereas blocking pattern creating normal precipitation takes place mostly during wintertime.

**Keywords:** *Heavy And Normal Precipitation, Synoptic Analysis, Trough Pattern, Blocking Index.*