

جغرافیا و توسعه شماره ۲۵ زمستان ۱۳۹۰

وصول مقاله : ۱۳۸۹/۱۱/۱۶

تأیید نهایی : ۱۳۹۰/۳/۲۹

صفحات : ۱۳۷-۱۵۸

اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران

دکتر حسین عساکره^۱، رباب رزمی^۲

چکیده

اقلیم‌شناسی بارش را می‌توان رفتار غالب بارش در هر مکان تعریف نمود. یکی از روش‌های تحلیل اقلیم‌شناسی بارش، شناخت رفتار چرخه‌ای بارش است. این مهم از طریق بررسی و واریسی همسازهای مختلف بارش امکان‌پذیر است. در واقع همسازها انواع پویه‌های نهان در یک سری زمانی را نشان می‌دهند. اهمیت همسازها براساس پراش ویژگی‌های بسامد در یک سری زمانی تعریف می‌شود. در این تحقیق تلاش می‌شود جنبه‌های پنهان بارش در شمال غرب کشور (استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل و زنجان) آشکار و تحلیل شود. در این راستا از تعداد ۲۶۰ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی طی دوره آماری ۲۰۰۵ - ۱۹۶۶ استفاده شد. به منظور رفع نقیصه‌های آماری و جبران تفاوت طول دوره آماری، نقشه‌های ماهانه بارش تولید و عملیات محاسباتی برای حصول مشخصات همسازها بر روی یاخته‌های این نقشه‌ها انجام شد. بارش سالانه‌ی شمال غرب کشور از شمال شرق به جنوب غرب افزایش می‌یابد. برخلاف انتظار بیش‌ترین بارندگی در چکاد بلندی‌های این پهنه از کشور رخ نمی‌دهد. علاوه بر این، تغییرات مکانی بارش بسیار زیاد است. براساس روش‌های به کار رفته معلوم شد که دو سامانه همدید- محلی تا بیش از ۹۰ درصد بارش شمال غرب را توجیه می‌کند. کمترین سهم بارش حاصل از سامانه‌های همدید در شمال شرقی (پهنه کم بارش) رخ می‌دهد. بنابراین سهم بارش حاصل از سامانه‌های محلی (بارش همرفتی، کوهستانی، جبهه‌های محلی و ...) در این بخش بیشتر است. درحالی‌که متناسب با افزایش بارش سالانه، سهم سامانه‌های همدید نیز فزونی می‌یابد. بخش‌های جنوب غربی بیشینه‌ی بارش افزون‌تری از سامانه‌های همدید را دریافت می‌دارد. همچنین زمان وقوع بیشینه‌ی بارش حاصل از سامانه‌های همدید در شمال شرقی در اوایل دسامبر ولی در نیمه‌ی جنوبی در اواخر دسامبر و اوایل ژانویه رخ می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: اقلیم‌شناسی، بارش، بارش شمال غرب ایران، همسازها، همساز اول و دوم.

مقدمه

می‌دانیم که شرایط جوی غالب یک محل در درازمدت را اقلیم گویند (کاوینی و علیجانی، ۱۳۸۰: ۳). چنان که عساکره (۱۳۸۶: ۵-۳) نیز بیان داشته، وابستگی به زمان و مکان را می‌توان از تعریف بالا استنباط نمود. در واقع اقلیم هر محل، رفتار جو در امتداد زمان است. یکی از شرایط

جوی که اقلیم را شکل می‌دهد و خود نیز تحت تأثیر اقلیم است، عنصر "بارش" می‌باشد. بدین ترتیب مطالعه‌ی رفتار زمانی بارش در هر مکان را می‌توان اقلیم‌شناسی بارش نامید. مطالعه‌ی اقلیم‌شناسی بارش ضمن شناخت پویه و رفتار بارش، امکان برنامه‌ریزی مبتنی بر آن را مهیا می‌سازد. این گونه توجه به بارش به ویژه در نواحی مختلف سرزمین کم‌آبی نظیر ایران که منابع آب آن متکی به بارش و با تقاضای روزافزون جمعیت روبه رشد همراه بوده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از زمینه‌های مطالعاتی و از مشخصات اقلیم‌شناختی بارش در هر ناحیه، پنهان بودن برخی رفتارهای آن است. این رفتارها به وسیله همساز (هارمونیک)^۱ها قابل تعبیر هستند. همسازها حاوی مشخصه‌هایی نظیر دامنه^۲، زاویه فاز^۳ دوره زمانی^۴، فراوانی^۵ و آماره‌های اصلی می‌باشند. کشف این مشخصه‌ها یکی از زمینه‌های مطالعاتی اقلیم‌شناسی بارش است. در این تحقیق تلاش می‌شود جنبه‌های پنهان بارش در شمال غرب کشور آشکار و تحلیل شود. بارش شمال غرب کشور به وسیله‌ی مجموعه‌ای از عوامل زمانی و مکانی کنترل می‌شود. از این رو رفتار زمانی- مکانی بارش این پهنه از کشور یکنواخت و همگون نیست. همچنین فقدان مشاهدات اقلیمی کافی چه در مکان (ایستگاه‌ها) و چه در زمان (مشاهدات گم شده، کوتاه بودن طول دوره‌ی آماری، ناهمگونی مشاهدات و...) ارایه واقعیت‌های اقلیمی را با دشواری توأم ساخته است. از این رو تلاش می‌شود ضمن ردیابی مشخصات نهان بارش، این نقیصه‌ی اطلاعاتی با تکنیک تولید و جبر نقشه جبران گردد. بارش یکی از عناصر مهم اقلیمی است. بررسی این عنصر در مقیاس زمان و مکان در معرض توجه اقلیم‌شناسان جهان و ایران بوده است. برای مثال نیو و لی^۶ (۲۰۰۸: ۱۱۷-۱۲۵) بارش جنوب چین را براساس چرخش سامانه‌های جوی- دمای آب دریا و با استفاده از ۱۶۰ ایستگاه، طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۷-۱۹۵۱ بررسی نموده و روابط متفاوتی برای بخش‌های شمالی و جنوبی این ناحیه استخراج کرده‌اند. از این گونه مطالعات در نواحی مختلف جهان انجام شده است که به منظور رعایت ایجاز به برخی از تحقیقات سال‌های اخیر اشاره می‌شود. برای مثال توزیع فراوانی بارش در فلسطین اشغالی (بن‌گای^۷ و همکاران، ۱۹۹۸: ۱۹۰-۱۷۷)، تحلیل مکانی بارش ترکیه (سن و حبیب^۸، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰-۹۶: ۸۱)، کشف تغییرپذیری فصلی بارش در ایالات متحده (یو و چو^۹، ۲۰۰۱: ۶۶-۵۱)،

-
- 1-Harmonic
 - 2-Amplitude
 - 3-Phase Angle
 - 4-Period
 - 5-Frequency
 - 6-Niu and Li
 - 7-Ben-Gai
 - 8-Sen and Habib
 - 9-Ye and Cho

تحلیل روند بارش (گمر^۱ و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۹-۴۵) و روند شاخص‌های بارش در چین (کیان و لین^۲: ۲۰۰۵: ۲۰۷-۱۹۳)، تأثیر نواحی شهری بر رژیم بارش نواحی خشک (شفر^۳: ۲۰۰۶: ۶۲۸-۶۰۷)، رابطه‌ی تعداد روزهای بارانی و میزان بارش در جابه‌جایی فصلی نیجریه (اودکیونل^۴: ۲۰۰۶: ۲۰۱-۱۹۳)، تحلیل روند فصلی عناصر عمده اقلیمی از جمله بارش در دلتای یانگ تسه (چن^۵ و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۳-۱۱)، تحلیل مکانی بارش‌های اروگرافیک (کروچت^۶ و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۳۰۶-۱۲۸۵) از مهم‌ترین مطالعات اقلیم‌شناختی بارش است. یکی از زمینه‌های اقلیم‌شناسی بارش استخراج همسازهای بارش و تعیین چرخه‌های بارشی است. این‌گونه روش‌ها در پژوهش حاضر مورد توجه است. به کارگیری این تکنیک برای بارش ایالات متحده (کرایلا و حمید^۷: ۱۹۸۹: ۱۴۷۵-۱۴۶۳)، ترکیه (کادی اغلو^۸ و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۷۲۸-۱۷۱۷)، اردن (تارونه و کادی اغلو^۹: ۲۰۰۳: ۱۳۶-۱۲۳) و یونان (لیوادا و آسیماکوپولوس^{۱۰}: ۲۰۰۸: ۱۶۱-۱۵۵) انجام شده و عموماً براین امر تأکید شده که تنها دو همساز، تغییرات سالانه بارش را توجیه می‌کند. بارش ایران نیز در مقیاس کلی و ناحیه‌ای از ابعاد متفاوتی مورد توجه اقلیم‌شناسان قرار گرفته است. برای مثال برخی اقلیم‌شناسان، رابطه‌ی بارش با پدیده‌های مختلفی نظیر سامانه‌های همدید دریای سیاه (مفیدی، ۱۳۸۱)، دریای سرخ (مفیدی، ۱۳۸۳: ۹۳-۷۱)، کلف‌های خورشیدی (جهانبخش و عدالت‌دوست، ۱۳۸۷: ۲۴-۳)، سامانه پرفشار آזור (کویانی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۰-۲۵) را در معرض توجه قرار داده‌اند. برخی محققان رژیم بارش (کویانی، ۱۳۷۲: ۱۲-۴)، توزیع زمانی بارش (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۸: ۲۸-۱۹، عساکره، ۱۳۸۶: ۱۶۴-۱۴۵)، تحلیل روابط مکانی (عساکره، ۱۳۸۴: ج: ۲۳۱-۲۱۳؛ رضیئی و عزیز، ۱۳۸۷: ۱۰۸-۹۳) و به کارگیری زمین‌آمار (رحیمی‌بندرآبادی و ثقفیان، ۱۳۸۶: ۳۸-۲۶؛ کاوسی و مشکانی، ۱۳۸۶: ۴۰-۳۱) و عساکره، ۱۳۸۷: ۴۲-۲۵)، روند بارش (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵: ۲۶-۶؛ عساکره، ۱۳۸۶: ۱۶۴-۱۴۵)، ناحیه‌بندی بارش ایران (مسعودیان، ۱۳۸۸: ۹۲-۷۹)، تعیین فصول بارشی و طبقه‌بندی آنها (مسعودیان و عطایی، ۱۳۸۴: ۱۲-۱) در سرتاسر ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند.

در مقیاس ناحیه‌ای نیز الگوهای همدید بارش شدید جنوب غرب ایران (لشکری، ۱۳۷۵)، مکانیزم‌های مولد بارش جنوب شرق ایران (نجارسلیقه، ۱۳۸۵: ۱۳-۱)، اثر نوسانات شمالی

-
- 1-Gemmer
 - 2-Qian and Lin
 - 3-Shepherd
 - 4-Odekunle
 - 5-Chen
 - 6-Crochet
 - 7-Kirkyla and Hameed
 - 8-Kadioglu
 - 9-Tarawneh and Kadioglu
 - 10-Livada and Assimakopoulos

(NAO)^۱ بر بارش‌های خزری (خوش/خلاق و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۰-۵۷)، پیش‌بینی بارش فصلی خراسان بزرگ (فلاح قهرودی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳۹-۱۲۱)، تداوم بارش‌های خاص در خراسان (حاتمی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۴: ۶۴-۵۴)، رفتار زمانی (عساکره، ۱۳۸۴: ۹۰-۷۵) و زمانی-مکانی (عساکره، ۱۳۸۴: ۱۱۶-۹۱) بارش اصفهان و... بررسی شده است.

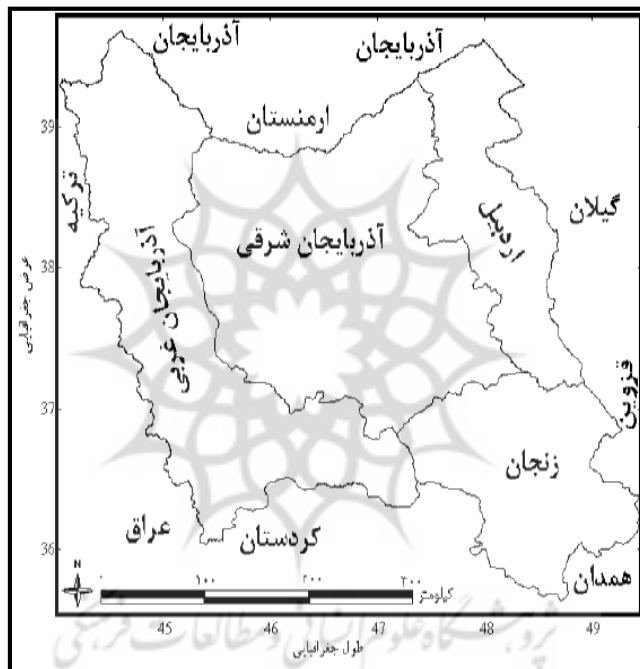
بارش شمال غرب و بعضاً به همراه غرب کشور نیز مورد توجه برخی اندیشمندان ایران زمین بوده است. برای مثال ذوالفقاری (۱۳۷۷: ۲۲-۷) بارش‌های بهاره غرب کشور را تحلیل کرده است. جهانبخش و ذوالفقاری (۱۳۸۰: ۲۵۸-۲۳۴)، الگوهای هم‌دید مولد بارش روزانه غرب ایران را بررسی نمودند. حیدری (۱۳۸۴: ۹۲-۷۷)، بر اساس تحلیل‌های چندمتغیره آماری و با استفاده از ۲۶ ایستگاه با ۱۴ سال طول دوره‌ی آماری ۳ گروه اصلی و ۷ گروه فرعی بارشی در غرب و شمال غرب کشور تشخیص داد. منطقه‌بندی رژیم بارشی غرب و شمال غرب کشور نیز (رضیئی و عزیزی، ۱۳۸۶: ۶۵-۶۲) برای دوره ۱۹۹۹-۱۹۶۵ بررسی و با استفاده از ۱۰ فراسنج اقلیمی در ۱۷۰ ایستگاه کشور پنج منطقه اقلیمی تشخیص داده شد. همچنین بارش این ناحیه به لحاظ عوامل مکانی کنترل‌کننده نظیر طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع به‌وسیله‌ی رضیئی و عزیزی (۱۳۸۷: ۱۰۸-۹۳) مورد بررسی قرار گرفته است.

از میان پژوهش‌های انجام شده، که با استفاده از تکنیک تحلیل همسازها، بارش را در معرض تحلیل قرار داده‌اند، می‌توان به انصاری بصیر (۱۳۸۶) اشاره نمود. وی با استفاده از ۴۲ ایستگاه هم‌دید در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ همسازهای بارش ایران را به روش نقطه‌ای استخراج نموده و با استفاده از روش‌های زمین‌آمار نقشه‌های مربوط را تهیه نمود. نتایج وی نشان می‌دهد که همساز اول تا ۸۰ درصد و همساز دوم تا ۱۰ درصد پراش بارش‌های کشور را توجیه می‌کند. همچنین همسازهای دیگر بجز برای جنوب و جنوب‌شرق کشور فاقد معنای آماری است.

مقاله‌ی حاضر با استفاده از تکنیک تحلیل همسازها، ضمن بهره‌گیری از مشاهدات ایستگاهی بیشتر، با استمداد از تکنیک‌های زمین‌آمار، اقلیم‌شناسی بارش را در مقیاس ناحیه‌ای مورد تحلیل قرار خواهد داد. از آنجا که با استفاده از تکنیک مورد استفاده در این تحقیق برخی رفتارهای نهان بارش آشکار می‌شود، یافته‌های تحقیق می‌تواند در مدل‌سازی بارش لحاظ شده، امکان بازآفرینی، برآورد و پیش‌بینی بارش با قطعیت بیشتری مهیا گردیده، برنامه‌ریزی و مدیریت مبتنی بر منابع آب حاصل از بارش با اتقان بیشتری میسر خواهد بود.

داده‌ها

در این نوشتار منظور از شمال غرب کشور، پهنه‌ای است که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان را در برمی‌گیرد. این بخش از کشور ۱۲۶۵۴۴/۴ کیلومتر مربع مساحت و ۷/۲ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. محدوده‌ی مورد مطالعه در قسمت شمال با کشورهای آذربایجان و ارمنستان، در غرب با کشورهای ترکیه و عراق، از سمت جنوب با استان‌های همدان و کردستان، در جنوب شرق با قزوین و از سمت شرق با استان گیلان دارای مرز مشترک است. نقشه‌ی شماره‌ی (۱) موقعیت شمال غرب را نشان می‌دهد.



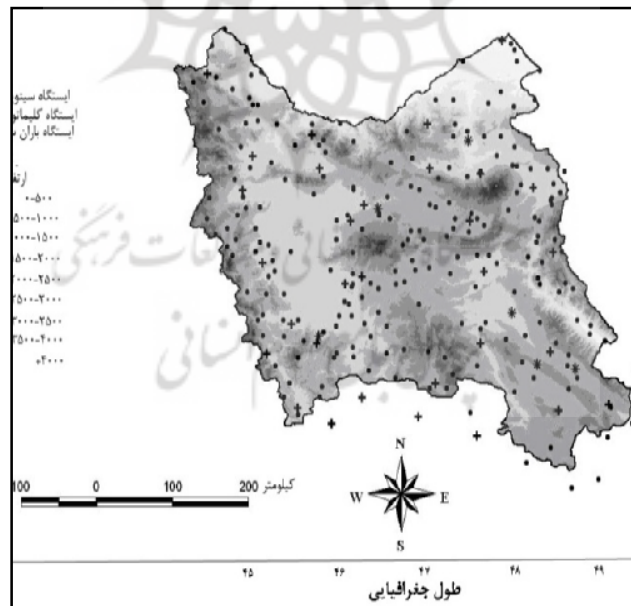
شکل ۱: موقعیت پهنه‌ی شمال غرب ایران

مأخذ: اطلس گیتاشناسی

ارتفاعات و ناهمواری‌های این ناحیه از کشور به دو دسته کوه‌های نسبتاً کم‌ارتفاع و کوه‌های مرتفع تقسیم می‌شود. در نواحی مرزی ایران- ترکیه، شمال منطقه آذربایجان و حاشیه‌ی جنوبی و نیز مرکز، کوه‌های مرتفع به‌وفور دیده می‌شود.

در مجاورت این ناهمواری‌ها، سرزمین‌های هموار و پست نظیر خوی، مرند، اردبیل و جلگه‌ی مغان دیده می‌شود. همچنین جلگه‌ی اطراف دریاچه ارومیه از سرزمین‌های هموار این بخش از کشور است. شکل ۲ علاوه بر توزیع ارتفاعی منطقه، ایستگاه‌های مورد استفاده در این مطالعه

را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در بخش‌های پرارتفاع‌تر هیچ ایستگاه اندازه‌گیری بارش وجود ندارد. همچنین در نواحی پست نیز تراکم ایستگاه کم می‌باشد. عموماً کوهپایه‌ها از تراکم ایستگاهی بیشتری برخوردارند. قدیمی‌ترین ایستگاه‌های شمال غرب، ایستگاه‌های تبریز و ارومیه هستند که در سال ۱۹۵۱ تأسیس شده و طولانی‌ترین دوره‌ی آماری را دارند. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی آماری، مربوط به بسیاری از ایستگاه‌های باران‌سنجی است که از سال ۱۹۹۹ شروع می‌شود. چنان‌که در شکل ۲ دیده می‌شود، ایستگاه‌های مورد استفاده در سرتاسر منطقه پراکنده شده‌اند. به منظور انجام این تحقیق مجموعاً ۲۶۰ ایستگاه همدید (۲۷ ایستگاه)، اقلیم‌شناسی (۶ ایستگاه) و باران‌سنجی (۲۱۵ ایستگاه داخل پهنه ۱۲ ایستگاه خارج از پهنه شامل ۸ ایستگاه باران‌سنجی و ۴ ایستگاه همدید) مورد تحلیل قرار گرفته است. این داده‌ها از دومنبع حاصل شده‌اند: منبع نخست ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و دیگری ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو می‌باشد. از آن‌جا که نمونه‌برداری وزارت نیرو در مقیاس ماه‌های شمسی انجام می‌شود، از آمار روزانه‌ی آن بهره گرفته شد تا به ماه میلادی تبدیل و مورد بهره‌برداری قرار گیرد. به دلیل کم بودن تعداد ایستگاه‌های منطقه در سال‌های آغازین دوره (۱۹۶۵-۱۹۵۱) و در سال ۲۰۰۶ آمار این سال‌ها مورد استفاده قرار نگرفت. در نهایت آمار ماهانه‌ی مربوط به دوره‌ی آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ (۴۰ سال) برای انجام این تحقیق انتخاب گردید.



شکل ۲: توزیع ارتفاعی و پراکندگی ایستگاه‌های مورد بررسی
مأخذ: نگارندگان

روش‌ها

هدف از این پژوهش ارزیابی نواحی با نظام بارش مشابه و آشکارسازی برخی رفتارهای نهان بارش با استفاده از تکنیک تحلیل همسازهاست. تحلیل همسازها روشی عام برای مطالعه تغییرات دوره‌ای است که بر پایه‌ی بنیادهای ریاضی بنا نهاده شده است. در این رویه رفتار تناوبی یک سری زمانی به وسیله‌ی توابع مثلثاتی و با مؤلفه‌های سینوسی توصیف می‌شود. روش تحلیل همسازها روشی بسیار کارآ و مفید برای توصیف شاخص‌های نهان و الگوهای بارش سالانه (لیوادا^۱ و آسیماکوپولوس، ۲۰۰۸: ۴۵-۵۵)، تحلیل گستره جغرافیایی رژیم‌های بارش و نمایش مرز آنها (کرکایلا و حمید^۲، ۱۹۸۹: ۱۴۷۵-۱۴۶۳)، شناسایی فصول بارش (هسو و ولاس^۳ ۱۹۷۶: ۱۰۹۳-۱۱۰۱) و تحلیل تغییرات مکانی آن (هاستنرات^۴، ۱۹۶۸: ۹۴-۸۱) به شمار می‌آید. به منظور تحلیل همسازها، تعیین فراسنج‌های مشخص‌کننده‌ی بسامدها ضروری است. در این راستا خواص عناصر اقلیمی نظیر نوسان یک موج سینوسی و برحسب دامنه (A)، زاویه فاز (Φ) دوره‌ی زمانی (t) بیان و برحسب درصد پراش آن‌ها تفسیر می‌شود. در این حالت سری زمانی (x_t) به طول n ، $(\{x_t\}_{t=1}^n)$ به صورت مؤلفه‌های سینوسی و به فرم زیر نوشته می‌شود (واپلکس^۵، ۲۰۰۰: ۳۷۸):

$$x_t = \bar{x} + A_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \Phi_1\right) + A_2 \sin\left(\frac{4\pi t}{T} + \Phi_2\right) + \dots + A_n \sin\left(\frac{2n\pi t}{T} + \Phi_n\right) \quad (1)$$

در رابطه بالا \bar{x} میانگین حسابی سری زمانی و جملات دیگر به ترتیب همسازهای اول، دوم... و n ام از دوره T (برای مطالعات ماهانه برابر ۱۲) را نشان می‌دهد. معادله‌ی (۱) را می‌توان به صورت یک مدل فوریه با مؤلفه‌های سینوسی-کسینوسی زیر بازنویسی و تجزیه نمود (تاراونه و کادی اغلو^۶، ۲۰۰۳: ۱۲۶ و کادی اغلو و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۷۲۱):

$$x_t = \bar{x} + \sum_{i=1}^q \left(a_i \cos\left(\frac{2\pi i t}{T}\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi i t}{T}\right) \right) \quad (2)$$

در این رابطه ($q=n/2$) است. برای مثال در یک سری ماهانه، شش همساز مورد استفاده قرار می‌گیرند (لیوادا و آسیماکوپولوس، ۲۰۰۸: ۵۰). توضیح این که در یک مدل فوریه مؤلفه‌های

1-Livada

2-Kirkyla and Hameed

3-Hsu and Wallace

4-Hastenrath

5-Wilkes

6-Tarawneh and Kadioglu

سینوسی و کسینوسی، همسازهایی هستند که در شکل گیری رفتار سری تناوبی مؤثرند. تعداد این همسازها (تعداد چرخه در طول دوره) حداکثر نصف طول دوره است. چرا که رفتار نوسانی حداقل از دو مؤلفه (سینوسی و کسینوسی) تشکیل شده است (غیور و عساکره، ۱۳۸۴: ۹۹-۱۳). همچنین در رابطه‌ی فوق a_i و b_i ضرایب i امین همساز و با استفاده از بارش ماهانه $t (x_t)$ امین ماه از n مشاهده و به شکل زیر به دست می‌آیند (بلومفیلد^۱: ۲۰۰۰: ۳۰):

(۳)

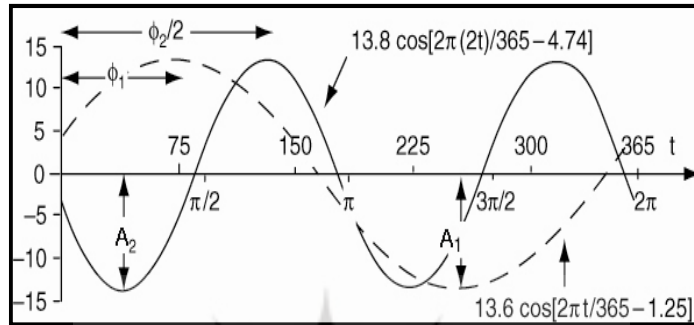
$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \cos \frac{2\pi it}{12}$$

$$b_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \sin \frac{2\pi it}{12}$$

در ردیابی همسازهای سالانه بر اساس میانگین ماهانه (دوره‌ی ۱۲ ماهه) شش همساز $(\frac{1}{12}, \frac{2}{12}, \frac{3}{12}, \frac{4}{12}, \frac{5}{12}, \frac{6}{12})$ به دست خواهد آمد. در عمل، تعداد معدودی همساز برای توجیه پراش نهفته و نیز بیان شرایط غالب در مشاهدات بارش کفایت می‌کنند. در بیشتر مطالعات انجام شده، دو همساز اول مشارکت بیشتری در تغییرپذیری نشان می‌دهند. در یک سری زمانی ماهانه منحنی سینوسی همساز اول گویای یک چرخه در سال یا چرخه یک‌ساله $(\frac{1}{12})$ است. به عبارت دیگر نقاطی که منحنی بارش آنها تنها یک چرخه در سال دارند، بیشترین دامنه را در مقایسه با همسازهای دیگر داشته و منحنی سینوسی حاصل از همساز اول، با داده‌ها برازش بهتری خواهد داشت. هر چه این همساز بزرگتر باشد افت و خیز سالانه و سامانه‌های مولد آن منظم‌ترند. دومین همساز نیز رژیم نیم‌سال^۲ را با فراوانی $\frac{2}{12}$ نمایش می‌دهد که به دلیل تغییرات و دامنه افزون‌تر همساز اول عموماً در منحنی بارش قابل مشاهده نیست. از این رو عمدتاً به صورت نهفته در سری زمانی قابل مشاهده‌اند. این چرخه از فراوانی بیشتری نسبت به همساز اول برخوردار بوده و گویای اثر شرایط نامنظم در میزان و رژیم بارش و حاکمیت افزون‌تر بارش‌هایی نظیر بارش اورگرافیک است. با افزایش سهم این همساز از اهمیت سهم همساز اول کاسته می‌شود (کادی اعلو و همکاران ۱۹۹۹: ۱۷۲۶). در این صورت رژیم نیم‌سال^۲ بارش قابل استنباط است. بنابراین در نواحی با بارش‌های همرفتی و یا جبهه‌های محلی، سهم همساز اول کمتر از سهم همساز دوم خواهد بود. همساز سوم دفعات بیشتری از

1-Bloomfield
2-Semi-Annual

تغییرات بارش سالانه را نشان می‌دهد و گویای بارش میان سالانه^۱ (چهار ماهه فصلی) و نمایه‌ای از تعدد فصول بارشی است (لیو/دا، ۲۰۰۸: ۴۹). برخی اجزای معادله (۱) و ویژگی‌های دو همساز اول را می‌توان در شکل ۳ مشاهده نمود. در این شکل $A_1 = 13.6$ ، $\Phi_1 = 72^\circ = 0.4\pi$ ، $A_2 = 13.8$ و $\Phi_2 = 272^\circ = 1.51\pi$ است.



شکل ۳: همساز اول (خط چین) و دوم (خط ممتد) یک چرخه سالانه

مأخذ: وایلیکس^۲ ۲۰۰۶: ۳۸۱

محور افقی هم برحسب رادیان و هم برحسب روز ترسیم شده است. به منظور دستیابی به نقش همسازها، برآورد برخی فراسنج‌های مرتبط ضروری است. دامنه (A)، زاویه فاز (Φ)، زمان وقوع بیشینه (t) و پراش (V) همساز i ام برای معادله (۱) از a_i و b_i به ترتیب زیر حاصل می‌شود:

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (۴)$$

$$\Phi_i = \text{Arc tan}\left(\frac{a_i}{b_i}\right) \quad (۵)$$

$$t = \left(\frac{\pi}{2} - \Phi_n\right) \frac{T}{2\pi n} = \frac{T}{2\pi i} \Phi_i \quad (۶)$$

$$V_i = \frac{A_i^2}{2} \quad (۷)$$

دامنه‌ی (A) برای نشان دادن بیشینه‌ی تغییرات ماهانه همساز است. میزان دامنه‌ی همساز نخست، نشان‌دهنده‌ی تغییر (نوسان) سالانه بارش است (کادی/اگلو و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۷۲۵). زاویه‌ی فاز (Φ) برای هر همساز، فاصله‌ی زاویه‌ای است و به صورت رادیان در واحد زمان بیان می‌شود (وایلیکس ۲۰۰۰: ۳۷۴). فاصله‌ی زاویه‌ای، اوج سری زمانی نسبت به ابتدای محور زمان (x) است. ابتدای سال ($0 = 0^\circ$) در ۱۵ دسامبر و برای هر ماه ۳۰ درجه در نظر گرفته می‌شود.

مثلاً زاویه فاز ۳۰ درجه برای همساز اول به ۱۵ ژانویه اشاره دارد. بنابراین منحنی هم آهنگ^۱ در یک نقشه گویای هم‌زمانی وقوع بیشینه برای همسازهاست. این شاخص می‌تواند رژیم بارش و مرزهای اقلیم بارشی را نشان دهد. برای ارزیابی مشخصه‌های ملموس از زمان رخداد بیشینه، جایگذاری زمان (t) به جای زاویه فاز (Φ) هر همساز مناسب‌تر است. این شاخص اگرچه شاخص دقیقی نیست اما رویه‌های ارزشمند برای مقایسه به‌شمار می‌رود. برای مثال تفاوت مکانی مقادیر t گویای عدم هم‌زمانی^۲ اوج یک همساز است. در جدول زیر برخی مقادیر تاریخ وقوع (t) نشان داده شده است (لیوآدا و آسیماکوپولوس، ۲۰۰۸: ۴۹).

جدول ۱: برخی زمان‌های اوج (t) و تاریخ متناظر با آن‌ها

زمان (t)	-۱/۵	-۱	-۰/۵	۰	۰/۵	۱	۱/۵
تاریخ	اول نوامبر	۱۵ نوامبر	۱ دسامبر	۱۵ دسامبر	اول ژانویه	۱۵ ژانویه	اول فوریه

مأخذ: لیوآدا و آسیماکوپولوس، ۲۰۰۸: ۴۹

پراش هر همساز میزان نقش هر همساز در تغییرپذیری یک سری زمانی را نشان می‌دهد. سهم هر همساز در پراش به وسیله‌ی نسبت پراش آن همساز به مجموع پراش ۶ همساز دیگر سنجیده می‌شود. نسبت نزدیک به واحد بیان‌گر سهم افزون‌تر همسازها در بیشتر یا تمامی تغییرات است. درصد پراش هر همساز به‌صورت زیر قابل برآورد است (لیوآدا و آسیماکوپولوس، ۲۰۰۸: ۴۹):

$$V_i \% = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^6 V_i} \times 100 \quad (۸)$$

هر چند مطالب بالا، برای داده‌ها و مشاهدات نقطه‌ای صادق است اما تمامی روش‌های ارزیابی شده، بر پهنه‌ها قابل تعمیم است. در این پژوهش تلاش می‌شود که عملیات محاسباتی به جای نقطه بر پهنه مورد بررسی انجام شود. توضیح این که به دلیل تفاوت طول دوره‌ی آماری ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش و به منظور استفاده از بیشینه آمار موجود، داده‌های نقطه‌ای بر اساس روش‌های معتبر به داده‌های پهنه‌ای (نقشه) تبدیل شد. به منظور تهیه‌ی نقشه‌های هم بارش، بر اساس آزمون‌های معتبر نظیر تکنیک ارزیابی متقاطع^۳، بررسی میزان خطای برآورد و

درصد آن و نیز انحراف استاندارد نقشه‌ها و با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری، بهترین روش میان‌یابی بارش شمال غرب ایران، روش کریگینگ ساده با ابعاد یاخته‌ای حدود 5×5 کیلومتر تشخیص داده شد. در این روش برآورد مقادیر به وسیله‌ی مجموع حاصل ضرب ضرایب وزنی در مقادیر مشاهده‌ای نقاط مجاور برآورد می‌شود. به طوری که پراش خطا کمینه شود (عساکره، ۱۳۸۷: ۲۶). علاوه بر این، به منظور افزودن دقت میان‌یابی در نقشه‌های تولید شده، ۱۲ ایستگاه (۸ ایستگاه باران‌سنجی و ۴ ایستگاه همدید) با شرایط مناسب از خارج استان نیز اختیار گردید (شکل ۲). جهت انجام تحلیل، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار "سرفر"^۱، ۴۸۰ نقشه‌ی ماهانه‌ی بارش تولید شد. سپس یاخته‌های خارج از محدوده‌ی مورد مطالعه حذف و تعداد ۵۳۷۴ یاخته باقی ماند. پس از تهیه‌ی نقشه‌ها، یک پایگاه داده، حاصل از تبدیل یاخته‌های نقشه‌ها به داده، فراهم شد. ماتریس به دست آمده با آرایش T دارای ۴۸۰ ستون (ماه‌ها) و ۵۳۷۴ ردیف (یاخته‌ها) می‌باشد. کلیه عملیات محاسباتی و تحلیل همسازها با استفاده از نرم‌افزار "مطلب"^۲ بر روی ماتریس یاخته‌ها انجام شد. در نهایت یافته‌های حاصل، مجدداً به نقشه تبدیل و تحلیل گردید. در شمال غرب ایران جمع دو همساز حدود ۷۰ تا بیش از ۹۶ درصد از تغییرات ماه به ماه بارش را توجیه می‌کند. شکل ۴ نشان می‌دهد که دو همساز اول بیش از ۹۰ درصد از کل پراش مساحت قابل توجهی از شمال غرب را توضیح می‌دهد. بیشترین پراش توجیه شده با این دو همساز در شمال شرقی و جنوب غربی و کمترین مقدار آن در مرکز (بین بزغوش - سهند) می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در ناحیه مرکزی، سهم همساز سوم نیز قابل توجه باشد. در واقع انتظار می‌رود بارش‌های تابستانه نیز در این بخش رخ دهد.

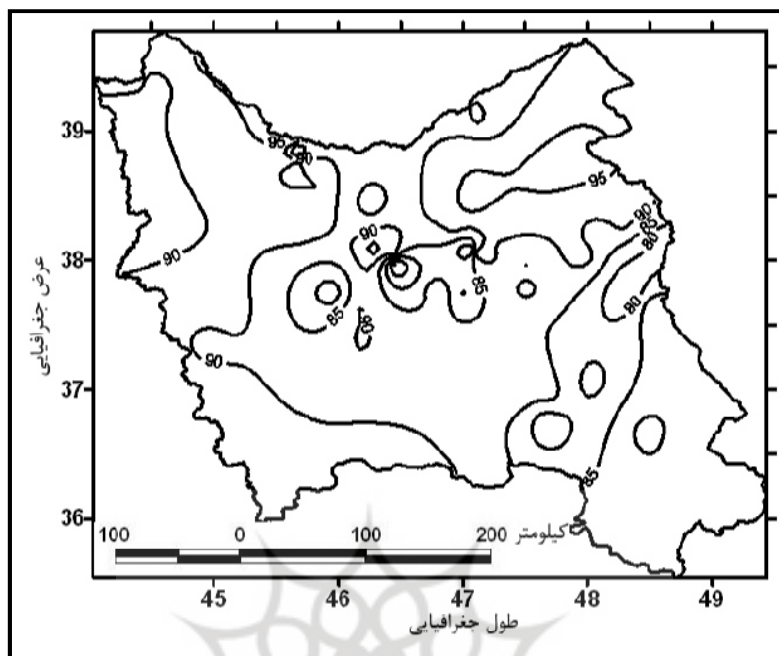
بحث

- بارش سالانه

شکل ۵ نقشه‌ی توزیع مکانی بارش سالانه شمال غرب ایران را نشان می‌دهد. بارش سالانه با میانگین $360/9$ ، بین حدود ۲۰۰ (شمال شرق ناحیه در جلگه‌ی مغان) تا حدود ۸۰۰ میلی‌متر (جنوب غرب ناحیه) رخ می‌دهد. ضریب تغییرات مکانی بارش حدود $24/1$ درصد است. بنابراین نواحی پرباران تا حدود چهار برابر نواحی کم باران، بارش دریافت می‌دارند. همچنین وسعت پهنه‌ی کم باران بسیار بیشتر از پهنه‌ی پرباران است. برای مثال $58/8$ درصد شمال غرب کشور، بارش کمتر از میانگین دریافت می‌دارند.

1-Surfer/Win

2-Matlab



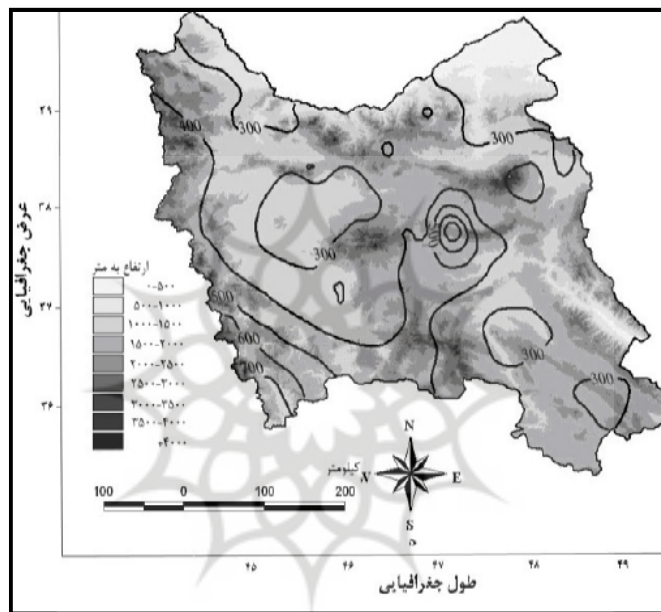
شکل ۴: توزیع مکانی سهم دو همساز اول بارش در شمال غرب کشور

مأخذ: نگارندگان

به لحاظ توزیع مکانی، هرچند روابط بارش با عوامل مکانی معنی دار است اما روابط قوی و آشکاری وجود ندارد. برای مثال پر باران ترین هسته‌های بارش این ناحیه در کوهستان بزغوش و سیلان و نیز در امتداد دامنه‌های شرق کوه‌های غربی- جنوب غربی است. ولی هسته‌های بیشینه‌ی بارش با چکاد کوه‌ها منطبق نیست. شاید این امر به دلیل فقدان ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در ارتفاعات بالاتر از ۲۲۲۵ متر (ایستگاه باران‌سنجی "دلزی بزرگ" در آذربایجان غربی) باشد. همچنین کمینه بارش در نواحی کم‌ارتفاع دیده می‌شود. با این وصف رابطه‌ی آماری بارش با طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع به ترتیب $-۰/۲۷۲$ ، $-۰/۳۱۳$ و $۰/۲۸۷$ می‌باشد. علاوه بر این همبستگی چند متغیره بارش و عوامل مکانی نیز، $۰/۵۱۷$ برآورد شده است. یعنی تنها حدود ۲۷ درصد بارش شمال غرب با این سه متغیر مکانی توجیه می‌شود.

پراش همساز اول بین حدود ۲۰ تا ۹۵ درصد تغییرات ماه به ماه بارش منطقه را توضیح می‌دهد. مقدار پراش توضیح داده شده با این همساز از شمال شرق به سمت جنوب غرب

افزایش می‌یابد. از این رو هم‌ارزش‌های آرایه شده در نقشه، جهتی تقریباً اریب (شمال غرب- جنوب شرقی) دارند. با این وصف بعضاً هسته‌های ناهمگون این یکنواختی را برهم می‌زند. این هسته‌ها و نیز کمینه‌های پراش با نواحی پست شمال شرق- شمالی به ویژه جلگه مغان منطبق می‌باشند. موقعیت این بخش موجب گردیده که سهم بارش‌های حاصل از سامانه‌های بزرگ مقیاس از کل بارش کمتر باشد. بدین دلیل این بخش نسبت به بقیه‌ی نقاط بارش کمتری (حدود ۲۰۰ میلی‌متر) دریافت می‌دارد (به شکل ۵ نگاه کنید).



شکل ۵: توزیع مکانی بارش منطقه‌ی شمال غرب کشور تیرگی زمین‌ی نقشه گویای طیف ارتفاعی پهنه است.

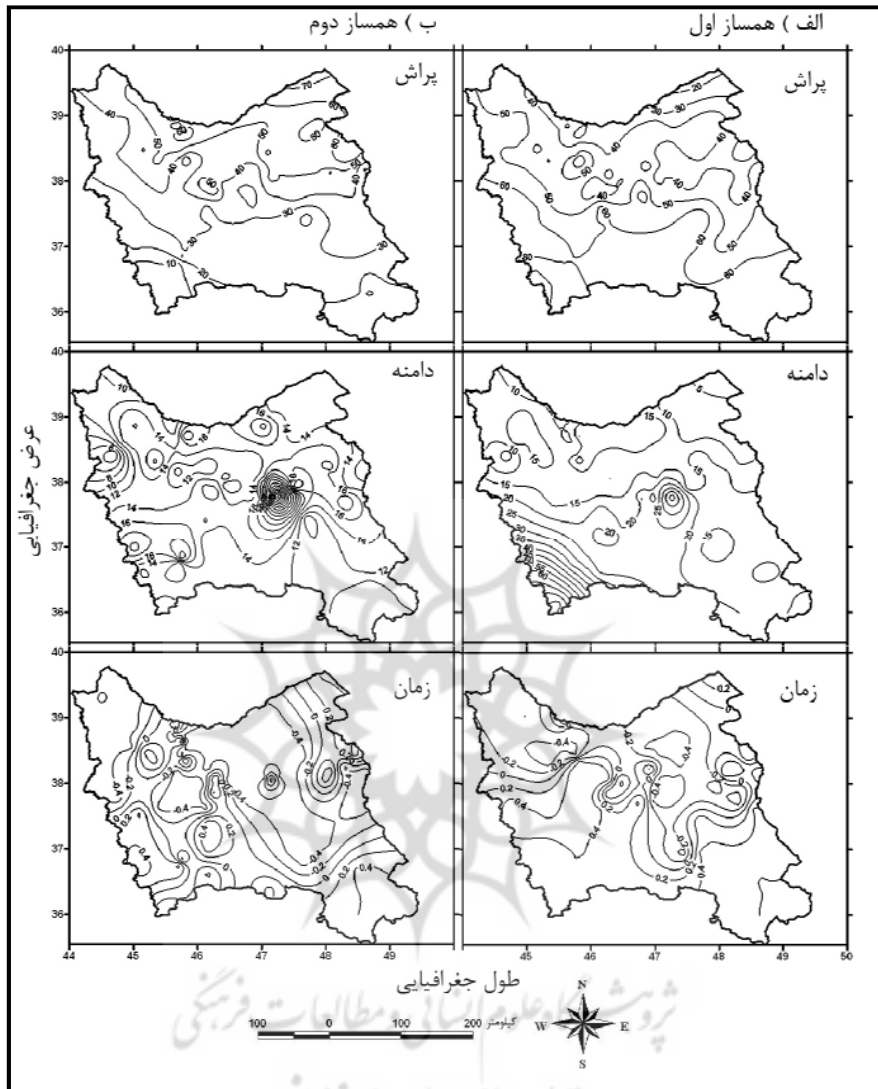
مأخذ: نگارندگان

- تغییرات بارش سالانه

همساز اول تغییرات بارش را طی دوره‌های سالانه (با یک نقطه اوج) نشان می‌دهد. شکل ۶ الف سه مشخصه (پراش، دامنه و زمان) این همساز است. پراش همساز اول تغییرات ماه به ماه توضیح داده شده توسط همساز اول را آرایه می‌دهد. این مقادیر بر اساس فرمول ۸ محاسبه و به درصد نمایش داده شده است. پراش همساز اول بین حدود ۲۰ تا ۹۵ درصد تغییرات ماه به ماه بارش منطقه را توضیح می‌دهد. مقدار پراش توضیح داده شده با این همساز از شمال شرق به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد. از این رو هم‌ارزش‌های آرایه شده در نقشه، جهتی تقریباً

اریب (شمال غرب- جنوب شرقی) دارند. با این وصف بعضاً هسته‌های ناهمگون این یکنواختی را برهم می‌زند. این هسته‌ها و نیز کمینه‌های پراش با نواحی پست شمال شرق- شمالی به ویژه جلگه‌ی مغان منطبق می‌باشند. موقعیت این بخش موجب گردیده که سهم بارش‌های حاصل از سامانه‌های بزرگ مقیاس از کل بارش کمتر باشد. بدین دلیل این بخش نسبت به بقیه‌ی نقاط بارش کمتری (حدود ۲۰۰ میلی‌متر) دریافت می‌دارد (به شکل ۵ نگاه کنید). دیده می‌شود که نواحی جنوب غربی- غربی از بیشترین سهم همساز اول برخوردارند. بزرگ بودن سهم این همساز در این بخش موجب کاهش سهم همسازهای دیگر می‌شود که خود بیان‌گر غلبه رژیم بارش سالانه و حاکمیت سامانه‌های همدید در باران‌زایی این ناحیه می‌باشد. این سامانه‌ها عمدتاً حاصل جریانات غربی است. از این رو مقدار بارش سالانه‌ی دریافتی در این بخش نسبت به بخش‌های دیگر بیشتر است (به شکل ۵ نگاه کنید).

دامنه‌ی همساز اول، توزیع مکانی بزرگی بیشینه بارش سالانه حاصل از سامانه‌های همدید را نشان می‌دهد و گویای اوج در منحنی فراوانی مشاهدات است. چنان‌که دیده می‌شود، دامنه از جنوب غرب به شمال شرق کاهش یافته است. بنابراین نواحی جنوب غربی علاوه بر سهم بیشتر از چرخه‌های سالانه، بیشینه بارش افزون‌تری را دریافت می‌دارند. همچنین در جنوب خط هم دامنه ۲۰ میلی‌متر (در جنوب غربی و نیز در بخش کوهستانی بزغوش) فشردگی خطوط به بالاترین حد خود می‌رسد. این مشخصه گویای شیب تغییرات بیشینه بارش و نیز نشانه‌ی فزونی فعل و انفعالات جوی در این ناحیه‌ی کوهستانی و تأثیر ارتفاع این پهنه بر بارش می‌باشد. بدین ترتیب شمال غرب بر اساس شاخص دامنه بارش به سه ناحیه، جنوب غرب بزغوش، ناحیه جلگه مغان و ناحیه مرکز قابل تقسیم است.



شکل ۶: توزیع مکانی مشخصات همساز اول (الف) و دوم (ب) بارش شمال غرب کشور
 مأخذ: نگارندگان

زمان وقوع بیشینه بارش (t) بر اساس شاخص‌های ارایه شده در جدول ۱ بیان می‌شود. هر چند طبق نظر تارونه و کادی اقلو (۲۰۰۳) مقادیر زمان ضرورتاً شاخص تغییرپذیری حقیقی از وقوع بیشینه نیستند، اما رویه‌ای مفید و غیرمستقیم برای بیان وضعیت نسبی است. مقادیر زمان بر روی نقشه از $-۰/۵۵$ تا $۰/۶$ در تغییر است. مقادیر منفی در بخش شمالی و مقادیر مثبت در نیمه‌ی جنوبی رخ می‌دهند. بنابراین بیشینه بارش‌های حاصل از همساز اول در نیمه

شمالی عمدتاً در اوایل دسامبر و در نیمه‌ی جنوبی عمدتاً در اواخر دسامبر (به جز جلگه مغان) و اوایل ژانویه رخ می‌دهد. یکی از دلایل کاهش بارندگی نیمه‌ی شمالی در اواخر دسامبر، نفوذ توده‌های هوای سرد از منطقه‌ی قفقاز است. این توده‌ی هوا گنجایش بخار آب کمتری دارد و باران کم تولید می‌کند (علیجانی، ۱۳۷۴: ۱۳۰). ناحیه‌ی جلگه مغان این بارش‌ها را در اواسط تا اواخر دسامبر و ناحیه‌ی جنوب غربی در اوایل ژانویه دریافت می‌دارد. این امر بیانگر این واقعیت است که یکی از فصول اصلی بارش شمال غرب، زمستان است.

- تغییرات بارش نیم سالانه

شکل ۶ ب درصد تغییرات ماه به ماه توضیح داده شده با همساز دوم را نشان می‌دهد. همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد این همساز بیانگر تغییرات نیم سالانه (بارش‌های همرفتی، کوهستانی، جبهه‌های محلی و...) در فصول انتقالی (بهار و پاییز) است. از سمت شمال شرق به جنوب غرب تأثیرگذاری سامانه‌های غیر زمستانه (بهار - پاییز) و ناپایداری حاصل از آن کاهش می‌یابد. این ناپایداری نیاز به هوای گرم و مرطوب در سطح و هوای سرد در ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال دارد. اختلاف دمایی بین سطح زمین و جو بالا نقش به‌سزایی در تشدید این سامانه‌های باران‌زایی ایفا می‌کند. در فصل بهار، بر اثر گرمایش زیاد چاله‌هایی نظیر جلگه‌ی مغان و مجاورت آن با توده‌های کوهستانی مجاور، ایجاد بارش همرفتی را میسر می‌سازد. همچنین طبق نظر علیجانی (۱۳۷۴: ۱۳۴) فزونی بارش بهاره منطقه‌ی شمال غرب به جهت فراهم شدن شرایط همرفت دامنه‌ای است که بر اثر تابش عمودی آفتاب بر دامنه‌ها و گرمتر شدن هوای منطقه نسبت به جو مجاور حاصل می‌شود. با این حال تحلیل همسازها نشان می‌دهد که بیشترین بارش‌های حاصل از همرفت عمدتاً در سرزمین‌های پست و نه در دامنه‌های کوهستانی رخ می‌دهد. کاویانی و علیجانی (۱۳۸۰: ۲۳۷) معتقدند رطوبت لازم برای بارش‌های بهاره نواحی کوهستانی شمال غرب ایران، از رطوبت مدیترانه که در فصل زمستان به وسیله‌ی بادهای غربی به این ناحیه آورده شده‌اند، تأمین می‌شود. منبع رطوبتی دریاچه ارومیه نیز امکان این بارش‌ها را مهیا می‌سازد. به هر حال همساز دوم به عنوان یک اختلال، امکان پیش‌بینی دقیق بارش را کمتر می‌کند. این همساز بین حدود ۱۰ تا ۷۰ درصد تغییرات ماه به ماه بارش منطقه را توضیح می‌دهد. مقدار پراش توضیح داده شده با این همساز از شمال شرق به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد. از این‌رو هم‌ارزش‌های پراش ارایه شده در نقشه ۶ ب همانند هم‌ارزش‌های پراش نقشه ۶ الف جهتی اریب (شمال غرب - جنوب شرقی) داشته، بعضاً هسته‌های بزرگ در میان پراش‌های کوچک قابل مشاهده هستند. این هسته‌ها و

نیز بیشینه پراش با نواحی پست شمال شرق - شمالی به ویژه جلگه مغان منطبق می‌باشند. وضعیت توپوگرافیک این بخش امکان بهره‌گیری افزون‌تر از بارش‌های محلی را مهیا می‌سازد و بارش‌های حاصل از سامانه‌های بزرگ مقیاس امکان وقوع کمتری دارند. بدین دلیل این بخش بارش کمتری نسبت به بقیه‌ی نقاط دریافت می‌دارد (به شکل ۵ توجه کنید). دیده می‌شود که نواحی جنوب غربی - غربی از کمترین پراش همساز دوم برخوردارند.

دامنه‌ی همساز دوم در نواحی کوهستانی بزغوش - سه‌سهند بیشترین سهم را از دامنه‌ی بارش دارند. این بخش هر چند سهم کمتری از بارش‌های اوروگرافیک دارند اما عموماً مقدار بارش دریافتی این ناحیه بیش از دیگر نواحی است. چنان‌که دیده می‌شود زمان بیشینه بارش این همساز در جلگه مغان از سمت میانه ژانویه به میانه دسامبر تمایل دارد. در مرکز ناحیه‌ی مورد مطالعه مقادیر منفی گویای تمایل اوج این بارش به سمت اوایل دسامبر است درحالی‌که بیشینه‌ی بارش نواحی جنوبی میل زیادی به سمت ژانویه دارند. سهم همساز سوم در تولید بارش بسیار کم است. کوچک بودن سهم این همساز گویای این است که رژیم تابستانه یا بارش قابل توجه کم‌اهمیت‌تر است. از این‌رو به منظور رعایت ایجاز این همساز و نقشه‌های مربوط ارایه نشده است. اما شایان ذکر است که این همساز در بخش شرقی (مجاور گیلان)، شمال و مرکز (سه‌سهند) کمی فزونی دارد.

نتیجه

اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب کشور بر اساس مطالعه‌ی پهنه‌ای ۲۶۰ ایستگاه و بر پایه‌ی تکنیک تحلیل همسازهای بارش مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا تغییرپذیری ماه به ماه مشاهدات بارندگی از طریق تفکیک مؤلفه‌های متعامد (ناهمبسته) و به صورت همسازها تفسیر شد. به طوری که همسازها بیشترین پراش (تغییرات) را تفسیر کنند. همسازها تجزیه‌ی دامنه مقادیر را در امتداد محور زمان انجام می‌دهند. در عمل، همسازهای معدودی برای تشریح تغییرپذیری و عوامل مؤثر در الگوهای مکانی کافی هستند. همسازهای دیگر کمینه تغییرپذیری را تشریح می‌کنند که از نظر اقلیم‌شناسی قابل اغماض‌اند. به طور عام همسازهای نخست بیانگر اشکال چرخش جوی بزرگ مقیاس و همسازهای دوم گویای سامانه‌های محلی‌اند. در این مطالعه ویژگی‌های اقلیم‌شناختی بارش شمال غرب کشور برحسب درصد پراش، دامنه، و زاویه فاز همسازهای اول و دوم و به شکل نقشه‌های هم‌ارزش ارایه شد. طبق یافته‌های این تحقیق معلوم شد که نواحی کم‌بارش در شمال شرقی مستقر شده‌اند. درحالی‌که به سمت جنوب غربی میزان بارش فزونی می‌یابد. میزان بارش این نواحی منعکس‌کننده ساز و

کارهای مولد بارندگی این بخش‌هاست. به طوری که نواحی پرباران منطبق بر مسیر اصلی سامانه‌های همدید است. در حالی که بارش نواحی کم باران عمدتاً از ساز و کارهای محلی نظیر صعود همرفتی، کوهستانی و جبهه‌های محلی حاصل می‌شود. این نوع ساز و کارها دو اوج بارش (زمستانه و بهاره- پاییزه) دریافت می‌دارند. وجود چنین پراکندگی در بارش اگرچه به لحاظ تأمین منابع آب از اهمیت برخوردارند اما به لحاظ عدم مشارکت سامانه‌های بزرگ مقیاس و تأثیر شرایط محلی که خود مبتنی بر پیش‌نیازهای محیطی نظیر گرمایش سطحی و سرمایه‌های فوقانی است، اولاً بر اساس قوانین احتمالاتی کمتر رخ داده و دیگر این که بارش حاصل از آنها در مقیاس زمان و مکان کم خواهد بود. لذا بارشی غیرقابل اعتماد و بعضاً غیرقابل پیش‌بینی تولید می‌کنند. با توجه به یافته‌های این تحقیق دو پهنه‌ی بارشی یکی با دو اوج و دیگری با یک اوج در شمال غرب ایران وجود دارد. با این وصف یک پهنه‌ی محدود و کوچک در ناحیه‌ی کوهستانی بزغوش، سه چرخه سالانه را تجربه می‌کند. با عنایت به مطالبی که در بالا نیز گفته شد، هر چه تعداد چرخه‌های بارش افزون‌تر باشد، ضریب اطمینان و میزان بارش کمتر و بارندگی نامنظم‌تر خواهد بود. بنابراین با استفاده از این تقسیم‌بندی می‌توان نوع و اولویت‌های برنامه‌ریزی منابع آب در ناحیه‌ی شمال غرب کشور را تعیین و تحدید نمود.

منابع

- ۱- انصاری بصیر، ارمغان (۱۳۸۶). ارزیابی رژیم بارش فصلی در ایران با استفاده از روش هارمونی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
- ۲- جهانبخش اصل، سعید و حسن ذوالفقاری (۱۳۸۰). بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۴-۶۳.
- ۳- جهانبخش، سعید و معصومه عدالت‌دوست (۱۳۸۷). تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی‌های سالانه ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸.
- ۴- حاتمی‌یزدی، ابودر؛ علی‌اصغر تقوایی‌ابریشمی و بیژن قهرمانی (۱۳۸۴). الگوی توزیع زمانی بارش استان خراسان بزرگ، مجله تحقیقات منابع آب ایران. شماره ۳.
- ۵- حیدری، حسن (۱۳۸۴). ناحیه‌بندی بارش در شمال غرب و غرب ایران بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی مقادیر کواریانس، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۲.
- ۶- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ نوذر قنبری و جعفر معصوم‌پورسماکوش (۱۳۸۷). مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵.
- ۷- ذوالفقاری، حسن (۱۳۷۷). تحلیلی بر بارش‌های بهاری غرب ایران، مجله نیوار. شماره ۴۰.
- ۸- رحیمی‌بندرآبادی، سیما و بهرام ثقفیان (۱۳۸۶). برآورد توزیع مکانی بارندگی با کمک تئوری مجموعه‌های فازی، مجله تحقیقات منابع آب ایران. شماره ۸.
- ۹- رضیئی، طیب و قاسم عزیزی (۱۳۸۶). گزارش فنی: منطقه‌بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی، تحقیقات منابع آب ایران. شماره ۸.
- ۱۰- رضیئی، طیب و قاسم عزیزی (۱۳۸۷). بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵.
- ۱۱- عساکره حسین (۱۳۸۴ الف). تغییرات زمانی- مکانی بارش استان اصفهان طی دهه‌های اخیر، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد هیجدهم. شماره ۱. اصفهان.
- ۱۲- عساکره، حسین (۱۳۸۴ ب). تحلیل روند بارش سالانه استان اصفهان، مجله نیوار شماره ۵۶ و ۵۷. مشهد.
- ۱۳- عساکره حسین (۱۳۸۴ ج). مدل‌سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی مطالعه موردی: بارش سالانه استان اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۴.

- ۱۴- عساکره، حسین (۱۳۸۶). تغییرات زمانی- مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر، مجله جغرافیا و توسعه، سال پنجم، شماره ۱۰.
- ۱۵- عساکره حسین (۱۳۸۷). کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش. مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین. مجله جغرافیا و توسعه، سال پنجم، شماره ۱۲.
- ۱۶- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب و هوای ایران، تهران. انتشارات پیام نور.
- ۱۷- غیور، حسنعلی و حسین عساکره (۱۳۸۴). کاربرد مدل‌های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن مطالعه موردی: دمای مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۷.
- ۱۸- غیور، حسنعلی و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۵). بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین، مجله نیوارو. شماره ۲۹
- ۱۹- غیور، حسنعلی و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۸). بررسی مکانی شاخص یکنواختی توزیع زمانی بارش در ایران زمین، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌های ۵۴ و ۵۵.
- ۲۰- فلاح‌قهرودی، غلام‌عباس؛ محمد موسوی‌بایگی و مجید حبیبی‌نوخندان (۱۳۸۷). پیش‌بینی بارش فصلی بر اساس الگوهای سینوپتیکی با استفاده از سیستم‌های استنباط فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS). مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۶.
- ۲۱- کاوسی، امیر و محمدرضا مشکانی (۱۳۸۶). پهنه‌بندی و تحلیل فضایی بارش اقلیمی ایران. مجله محیط‌شناسی. شماره ۴۳.
- ۲۲- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲). تحلیلی آماری از رژیم بارندگی ایران، مجله رشد آموزش جغرافیا. شماره ۱۲.
- ۲۳- کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۰). مبانی آب و هواشناسی، تهران. انتشارات سمت.
- ۲۴- کاویانی، محمدرضا؛ سیدابوالفضل مسعودیان و امیرحسین حلبیان (۱۳۸۷). بررسی تأثیر سامانه پرفشار آזור بر بارش ایران زمین، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۸۸.
- ۲۵- لشکری، حسن (۱۳۷۵). الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب غرب ایران، پایان‌نامه دکتری. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲۶- مسعودیان، سیدابوالفضل و هوشمند عطایی (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد هیجدهم، شماره ۱.
- ۲۷- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۸). نواحی بارشی ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۳.
- ۲۸- مفیدی، عباس (۱۳۸۱). بررسی سینوپتیکی نقش دریای سیاه در بارش ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد مرکز.

- ۲۹- مفیدی، عباس (۱۳۸۳). اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۵.
- ۳۰- نجارسلیمه، محمد (۱۳۸۵). مکانیزم‌های بارش در جنوب شرق کشور. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۵.
- 31- Ben-Gai.T, Bitan.A, Manes.A Alpert.P, and Rubin.s (1998). "Spatial and Temporal Changes in Rainfall Frequency Distribution Patterns in Israel" , Theoretical and Applied Climatology ,Vol 61.
- 32- Bloomfield, P (2000). Fourier analysis of time series : an introduction , second edition, New York, John Wiley& Sons ,Inc, 261p.
- 33- Chatfield,C (1975). The analysis of time series : theory and practice, chapman and Hill, London, 263pp.
- 34- Chen. L.X , Li.W.L, Zhu.W.Q. , Zhou. X. J. , Zhou.Z.J and Liu.H.L (2006). seasonal trends of climate change in the Yangtze delta and its adjacent regions and their formation mechanisms. Meteorol Atmosphys 92, 11-23.
- 35- Crochet . Philippe , Johannesson, Tomas, Jonsson, Trausti, Singurdsson, Oddur, Bjornsson.Helgi, Palsson.Finnur and Barstad .Idar (2007). Estimating the Spatial distribution of precipitation in Iceland using Linear model of orographic precipitation . Journal of Hydrometeorology . Vol 8 : 1285-1306.
- 36- Gemmer. M , Becker. S and Jiang. T (2004). Observed Monthly precipitation trend in China 1951-2002. Theor.Appl.Climatol. 77: 39-45.
- 37- Hastenrath , S. L (1968) . Fourier analysis of Central America rainfall. Arch. Meteor. Geophys .Bioklim, B16, 81 -94.
- 38- Horn,L.H. and Bryson,R.A (1960). Harmonic analysis of the annual march of precipitation over the united state . Ann.Assoc.Am.Geogr.50,157-171.
- 39- Hsu, C.F. and Wallace. M. J (1976). The global distribution of the annual and semiannual cycle in precipitation . Mon Wea. Rev, 104, 1093-1101.
- 40- Kadioglu.Mikdat,Ozturk.Naim,Erdun Hakan and Sen.Zekai (1999). on the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis.Int.J.Climatol.19:1717-1728.
- 41- Kirkyla, Kristina.I and Hameed, Sultan (1989). Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the united state: Acomparison between observations and a general circulation model. Journal of climate. 1463-1475.
- 42- Livada,I,Chralambous. G, Assimakopoulos.M.N (2008). Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece. Theor.Appl.Climatol.93:45-55.
- 43- Niu. Ning and Li. Jianping (2008). Inter annual variability of Autumn precipitation over south China and its relation to atmospheric circulation and SST anomalies. Advances in Atmospheric Sciences. Vol.25 , No 1 .

- 44- Odekunle.T.O (2006). Determining rainy season onset and retreat over Nigeria from precipitation amount and number of rainy day. *Theor.Appl.Climatol.* 83,193-201.
- 45- Qian . W and Lin.Z, X (2005). Regional trends in recent precipitation indices in China. *Meteorol.Atmos Phys.* 90: 193-207.
- 46- Sen. Z and Habib.Z (2000). Spatial Analysis of monthly Precipitation in Turkey. *Ap:Clim.* 67,81-96.
- 47- Scott,C.M. and Shulman,M.D (1979). An areal and temporal analysis of precipitation in the united state , *J. Appl.Meteor.* 18,627-633.
- 48- Shepherd .J. M (2006). Evidence of Urban – Induced precipitation variability in arid cimate regimes. *Journal of Environments.* 67: 607-628.
- 49- Tabony , R.C (1981). A principal component and spectral analysis of European rain fall.. *J.Climatol.*1,283-294.
- 50- Tarawneh.Q and Kadioglu, M (2003). An analysis of precipitation Climatology in Jordan. *Theor.Appl.Climatol.*74,123-136.
- 51- Totic. I and Unkasevic.M (2005). Analysis of precipitation series for Belgrade. *Theor.Appl.Climatol.* 80: 67-77.
- 52- Ye.H and Cho.H.R (2001). Spatial and temporal characteristics of intraseasonal oscillation of precipitation over the United States. *Theor.Appl.Climatol.* 68, 51-66.
- 53- Wiener,N (1930). Generalized Harmonic Analysis, *Acta Math.*, Vol.55.
- 54- Wilks, Daniel.S (2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Science.* Second Edition. Academic press. Elsevier Inc. U.S.A. 627.pp.