

## تحلیلی بر تغییر رژیم بارش در استان زنجان

حسین عساکره<sup>1</sup>

1- عضو هیات علمی دانشگاه زنجان

### چکیده

یکی از نتایج تغییر اقلیم، تغییر مشخصات بارش است. یکی از مشخصات بارندگی که از تغییر اقلیم متأثر می‌گردد، رژیم بارش است. مفهوم رژیم بارش بر توزیع فصلی - ماهانه بارندگی دلالت داشته، مکان مقایسه بارش فصول - ماهها را مهیا می‌سازد. رژیم بارش حاصل برهم کنش عوامل فیزیکی، مکانی و زمانی است و به وسیله شاخص‌های مختلفی قابل بررسی می‌باشد. مطالعه حاضر به منظور بررسی توزیع فصلی بارش، به شاخصی به نام شاخص فصلی (SI) می‌پردازد. این شاخص و تغییرات آن اطلاعاتی درباره رژیم بارش و تغییر آن به دست می‌دهد.

در این تحقیق با استفاده از آمار بارندگی ماهانه 31 ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی، طی 35 سال اخیر به بررسی تغییرات رژیم بارندگی استان زنجان پرداخته شد. به منظور تهیه نقشه‌های بارش و انجام عملیات میان یابی و نیز بررسی‌های مربوط، 7 ایستگاه از ایستگاه‌های مورد بررسی از خارج استان انتخاب شد.

در ابتدا مشخصات توصیفی بارش ماهانه به صورت ترسیمی و آماری ارائه و سپس تغییرات زمانی، شاخص فصلی و تغییرات بلند مدت آن برآورد شد. شاخص فصلی استان گویای دو نوع رژیم بارش است: رژیم نخست که بیش از 79/4 درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد، عمدتاً فصلی با یک فصل کوتاه خشک و رژیم دوم شامل یک رژیم کاملاً فصلی حدود 20/6 درصد مساحت استان را پوشش می‌دهد. در تمامی این دو پهنه، روند بارش طی دوره مورد بررسی کاهش یافته است. در ناحیه رژیم نخست روند کاهش شاخص فصلی 0/1 تا 0/3 و در ناحیه تحت رژیم دوم حداکثر 0/2 است. این امر گویای روند رژیم بارش به سوی یک توزیع نسبتاً یکنواخت بارندگی است. بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش بارش سه ماهه جولای، نوامبر و دسامبر چندان معنی دار نیست. آزمون‌های آماری انجام شده نیز صحت این وضعیت را نشان می‌دهد. استنباط‌های حاصل از این بررسی گویای کاهش بارندگی حاصل از فرایندهای محلی به ویژه در ماه‌های فصل بهار و دو ماه تابستانی جون و سپتامبر است.

**کلمات کلیدی:** سرعت باد، انرژی باد، توزیع سرعت باد، تغییرات بلند مدت.

### مقدمه

فصول - ماهها را مهیا می‌سازد. بدیهی است واریاسیون رژیم بارش در طی زمان، شناخت تغییرات رژیم بارندگی را آشکار خواهد کرد. شناخت توزیع زمانی بارش نه تنها به لحاظ اقلیم شناسی اهمیت دارد بلکه به لحاظ برنامه ریزی اقتصادی - زراعی از ارزش شایان توجهی برخوردار است. تغییرات رژیم بارش مورد توجه بسیاری اقلیم شناسان جهان و ایران بوده است. به منظور رعایت ایجاز به برخی از تحقیقات سال‌های اخیر اشاره می‌شود. برای مثال کشف تغییرپذیری فصلی بارش در ایالات متحده (یو و چو<sup>1</sup> (16) 2001)، تغییرات زمانی - مکانی بارش اندونزی و رابطه آن با ال نینو - نوسانات جنوبی<sup>2</sup> (جون - ایچی<sup>3</sup> (8) و همکاران 2002)، تحلیل روند فصلی عناصر عمده اقلیمی از جمله

بارش استان زنجان همانند بارش کل پهنه ایران زمین به وسیله مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی، زمانی و مکانی به ویژه تنوع توپوگرافی و ارتفاع متأثر می‌گردد. عملکرد این عوامل طی زمان متفاوت بوده، علاوه بر تنوع مکانی میزان بارش، توزیع زمانی آن نیز در معرض دگرگونی قرار می‌گیرد. پدیده تغییر اقلیم یکی از پدیده‌های زمانی موثر بر توزیع زمانی بارش است. چه، یکی از اثرات تغییر اقلیم، تغییر در مشخصات بارش است. از مشخصات بارندگی که از تغییر اقلیم متأثر می‌گردد، رژیم بارندگی است. رژیم بارندگی گویای توزیع زمانی بارش در طی سال است. مفهوم رژیم بارندگی و کمی سازی آن امکان مقایسه میزان بارندگی

1. Ye and Cho  
3. Jun-Ichi

2. ENSO

اقلیمی در 170 ایستگاه کشور پنج منطقه بارشی تشخیص داده شد.

مطالعه حاضر به منظور بررسی تغییر توزیع فصلی (رژیم) بارش از شاخصی به نام شاخص فصلی (SI)<sup>11</sup> بهره گرفته است. این شاخص اطلاعاتی درباره تغییرپذیری فصلی بارش به دست می‌دهد. تحلیل تغییرات این شاخص در طی زمان امکان واریسی تغییر رژیم بارش را مهیا می‌سازد. شاخص فصلی اولین بار به وسیله والش و لاولر (1981) و به منظور کیفی سازی رژیم بارش مورد استفاده قرار گرفت (11).

### موقعیت استان زنجان

استان زنجان با مساحت حدود 39369 کیلومتر مربع در ناحیه مرکزی شمال غرب ایران، در همسایگی استان‌های اردبیل، گیلان، قزوین، همدان، کردستان، آذربایجان غربی و شرقی و در مختصات زیر قرار گرفته است (شکل 1):

$E: 47^{\circ} 30' - 49^{\circ} 10'$

$N: 35^{\circ} 37' - 37^{\circ} 25'$

استان زنجان از دو منطقه کوهستانی در نواحی شمالی، مرکزی و غربی - جنوب غربی (شهرستان زنجان، طارم، ماه نشان خدابنده) و نیز نواحی جلگه‌ای و دشتی تشکیل شده است.

بارش در دلتای یانگ تسه (چن<sup>1</sup> (7) و همکاران 2006)، رابطه تعداد روزهای بارانی و میزان بارش با جابه جایی فصل بارش نیجریه (اودکیونل<sup>2</sup> 2006 (13))، شاخص‌های فصلی رژیم بارش در یونان (لیوادا و آسیماکوپولوس<sup>3</sup> (12) 2008) تحلیل زمانی - مکانی رژیم بارش شمال شرق ایالات متحده (اسکات و شولمن<sup>4</sup> (14) 1979)، تحلیل رژیم بارش ایالات متحده (کراکیلا و حمید<sup>5</sup> (11) 1989)، ترکیه (کادی اغلو<sup>6</sup> (9) و همکاران 1999)، اردن (تارونه و کادی اغلو<sup>7</sup> (15) 2003)، اروپا (کاراگیانیدیس<sup>8</sup> (10) و همکاران 2008) و یونان (لیوادا<sup>9</sup> (12) و همکاران 2008) به کار گرفته شده است.

رژیم بارش ایران نیز در مقیاس کلی و ناحیه‌ای مورد توجه اقلیم شناسان بوده است. رژیم بارش ایران نیز در مقیاس کلی و ناحیه‌ای مورد توجه اقلیم شناسان بوده است. برای مثال رژیم بارش (کاویانی 1372 (5)) و تعیین فصول بارشی و طبقه بندی آنها (مسعودیان و عطایی 1384 (6)) در سرتاسر ایران مورد بررسی قرار گرفته است. انصاری بصیر (1386) با استفاده از 42 ایستگاه همدید در فاصله سال‌های 1951 تا 2000 تغییرات رژیم بارش ایران را به روش نقطه‌ای استخراج نموده و با استفاده از روش‌های زمین<sup>10</sup> آمار نقشه‌های مربوط را تهیه نمود (1). پیش بینی بارش فصلی خراسان بزرگ (فلاح قهرودی و همکاران 1387 (4)) یک مثال از مطالعات ناحیه‌ای به شمار می‌رود. با این وصف تاکنون تغییر رژیم بارش به طور جامع بررسی نشده و تنها مطالعات محدودی در زمینه رژیم بارش صورت پذیرفته است. برای مثال منطقه بندی رژیم بارشی غرب و شمال غرب کشور (رضیعی و عزیزی 1386 (2)) برای دوره 1965-1999 بررسی و با استفاده از 10 پارامتر

1. Chen

3. Livada and Assimakopoulos

5. Kirkyala and Hameed

7. Tarawneh and Kadioglu

9. Livada

11. Seasonality Index

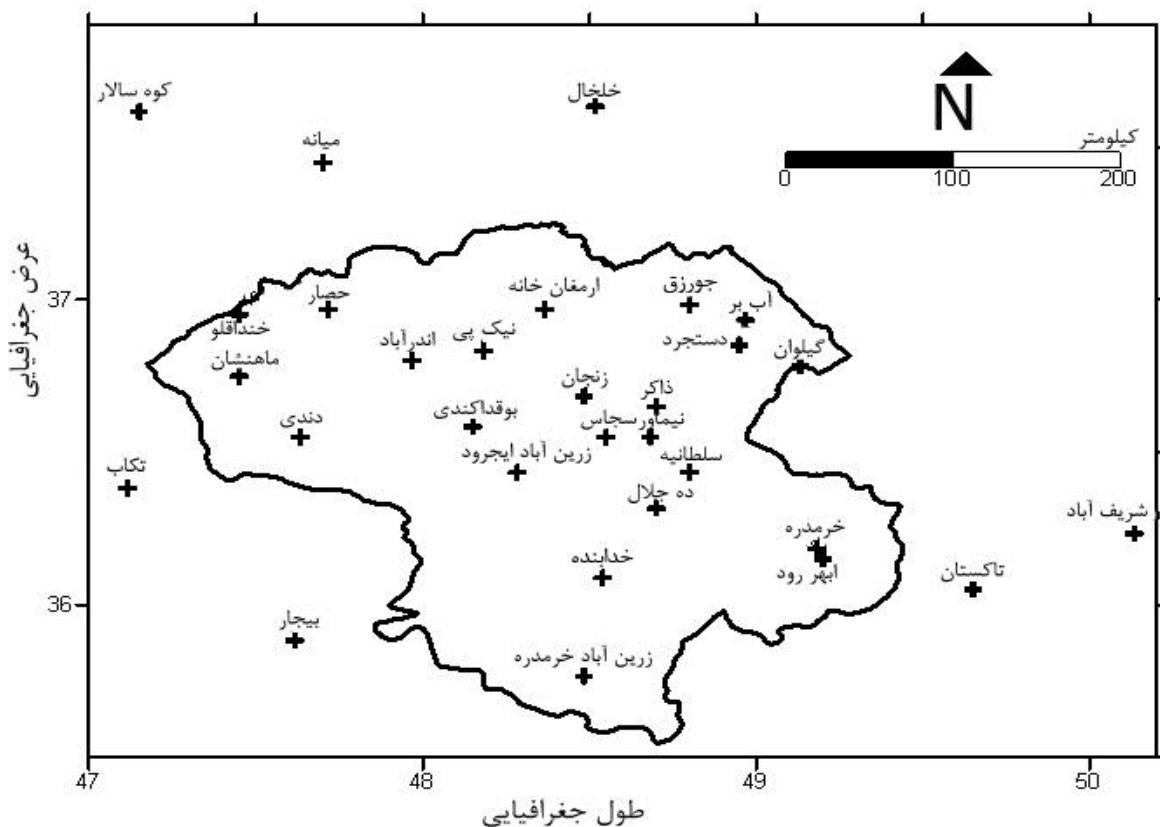
2. Odekunle

4. Scott and Shulman

6. Kadioglu

8. Karagiannidis

10. Scott and Shulman



شکل (1): موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

## داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های بارش 31 ایستگاه بهره گرفته شد. به منظور میان یابی بارش و مشخصات مربوط از میان 31 ایستگاه، تعداد 6 ایستگاه در خارج استان اختیار شد. ملاک انتخاب ایستگاه‌های خارجی، نزدیکی فیزیکی- اقلیمی و طول دوره آماری مناسب (1976-2005) بوده است. موقعیت ایستگاه‌ها در نقشه شماره (1) ترسیم و مشخصات آنها در جدول (1) ارائه گردیده است.

به منظور ارائه تصویری روشن از حداکثر طول دوره آماری، تحلیل‌ها برای 35 سال 1970-2005 انجام شد. از میان ایستگاه‌ها هشت ایستگاه، کل طول دوره مورد بررسی (1970-2005) را پوشش می‌دهند (جدول 1). پنج ایستگاه از اواخر دهه 1980 (19-20 سال) دارای آمار بوده‌اند. کم‌ترین طول دوره آماری مربوط به ایستگاه ماهشان (2001-2005) می‌باشد.

از آن جا که طول دوره آماری ایستگاه‌های مختلف متفاوت بوده و تحلیل‌های همسان بر داده‌های با طول دوره ناهمسان (حتی در صورت همگونی) ممکن است نتایج ناهمگونی ارائه دهد و از طرفی چون بازسازی آماری مشاهدات ممکن است موجب حصول نتایج غیر واقعی گردد، از تحلیل نقطه‌ای و نیز بازسازی آماری پرهیز شد. بدین ترتیب در ابتدا نقشه‌های بارش هر ماه از بدو دوره آماری و با استفاده از روش کریجینگ، با اندازه یاخته‌های  $50 \times 50$  در بازه مختصاتی 47-50 درجه شرقی و 35-38 درجه شمالی تولید شد. سپس یاخته‌های خارج از استان حذف و تحلیل‌ها بر روی 592 یاخته باقیمانده داخل استان صورت گرفت. بدیهی است برای تولید هر نقشه تعداد متفاوتی ایستگاه مشارکت داشته‌اند. پس از تهیه نقشه‌ها، تمامی عملیات محاسباتی- آماری بر سری‌های زمانی هر یاخته اعمال گردید. به منظور ارائه تصویری مناسب از بارش

و توزیع زمانی آن در استان، میانگین بارش در مقیاس‌های  
 ماهانه - سالانه و ضریب تغییرات ماهانه بارش سالانه تهیه و  
 در معرض تحلیل قرار گرفت. سپس روند خطی بارش برای  
 هر یک از ماه‌های سال محاسبه شد.

جدول (1): مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	دوره آماری	نوع ایستگاه	استان
۱	آب بر(طارم علیا)	۴۸° ۵۸'	۳۶° ۵۶'	۷۰۳	۱۹۹۵-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۲	اندرآباد	۴۷° ۵۸'	۳۶° ۴۸'	۱۳۱۰	۱۹۹۹-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۳	ابهر رود	۴۹° ۱۲'	۳۶° ۹'	۱۵۹۲	۱۹۹۵-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۴	ارمغان خانه	۴۸° ۲۲'	۳۶° ۵۸'	۱۹۲۳	۱۹۹۵-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۵	بوغداکندی	۴۸° ۹'	۳۶° ۳۵'	۱۹۵۵	۱۹۹۸-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۶	چورزق	۴۸° ۴۸'	۳۶° ۵۹'	۵۱۰	۱۹۹۸-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۷	دندی	۴۷° ۳۷'	۳۶° ۳۳'	۱۳۰۵	۱۹۹۴-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۸	دستجرد	۴۸° ۵۷'	۳۶° ۵۱'		۱۹۹۶-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۹	ده جلال	۴۸° ۴۲'	۳۶° ۱۹'	۱۹۳۵	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۰	گیلوان	۴۹° ۸'	۳۶° ۴۷'	۳۱۰	۱۹۹۹-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۱	حصار	۴۷° ۴۳'	۳۶° ۵۸'	۱۲۲۳	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۲	حلب	۴۸° ۴'	۳۶° ۱۸'	۱۴۸۰	۱۹۹۸-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۳	خندق لو	۴۷° ۲۷'	۳۶° ۵۷'	۱۶۴۵	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۴	ماهانشان	۴۷° ۴۰'	۳۶° ۴۶'	۱۲۸۲	۲۰۰۱-۲۰۰۶	همدیدی	زنجان
۱۵	نیک بی	۴۸° ۱۱'	۳۶° ۵۰'	۱۳۲۰	۱۹۹۴-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۶	سجاس	۴۸° ۳۳'	۳۶° ۴۶'		۱۹۹۶-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۷	نیماور	۴۸° ۴۱'	۳۶° ۳۳'	۱۷۲۸	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۸	شریف آباد	۵۰° ۸'	۳۶° ۱۴'		۱۹۹۹-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۱۹	سلطانیه	۴۸° ۴۸'	۳۶° ۲۶'	۱۷۹۰	۱۹۹۴-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۲۰	ذاکر	۴۸° ۴۲'	۳۶° ۳۹'	۱۹۵۰	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۲۱	زرین آباد (خدابنده)	۴۸° ۲۹'	۳۵° ۴۶'	۱۸۲۰	۱۹۹۴-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۲۲	زرین آباد (ایچرود)	۴۸° ۱۷'	۳۶° ۲۶'		۱۹۹۶-۲۰۰۵	باران سنجی	زنجان
۲۳	خرمدره	۴۹° ۱۱'	۳۶° ۱۱'	۱۵۷۵	۱۹۸۶-۲۰۰۵	همدیدی	زنجان
۲۴	تاکستان	۴۹° ۳۹'	۳۶° ۳'	۱۳۲۵	۱۹۶۴-۲۰۰۵	اقلیم شناسی	قزوین
۲۵	بیجار	۴۷° ۳۷'	۳۵° ۵۳'	۱۸۸۳/۴	۱۹۸۷-۲۰۰۵	همدیدی	کردستان
۲۶	خلخال	۴۸° ۳۱'	۳۷° ۳۸'	۱۷۹۶	۱۹۸۷-۲۰۰۵	همدیدی	اردبیل
۲۷	تکاب	۴۷° ۷'	۳۶° ۲۳'	۱۷۶۵	۱۹۸۶-۲۰۰۵	همدیدی	غربی.آ
۲۸	میانه	۴۷° ۴۲'	۳۷° ۲۷'	۱۱۱۰	۱۹۸۷-۲۰۰۵	همدیدی	شرقی.آ
۲۹	کوه سالار	۴۷° ۹'	۳۷° ۳۷'	۱۶۷۰	۱۹۷۰-۲۰۰۵	باران سنجی	شرقی.آ
۳۰	خدابنده	۴۸° ۳۵'	۳۶° ۷'	۱۸۸۷	۱۹۹۴-۲۰۰۵	همدیدی	زنجان
۳۱	زنجان	۴۸° ۲۹'	۳۶° ۴۱'	۱۶۶۳	۱۹۵۵ - ۲۰۰۵	همدیدی	زنجان

این شاخص می‌تواند اختلاف رژیم بارش را حتی برای نواحی با 2 الی 3 اوج بارندگی در سال نشان دهد. مقادیر حاصل از این شاخص بین صفر (توزیع یکنواخت بارش) و 1/83 (تنها یک ماه بارانی) تغییر می‌کند. طبقات رژیم بارش براساس ارزش  $\bar{SI}$  در جدول زیر آمده است:

به منظور بررسی رژیم بارش استان، میانگین شاخص فصلی هر یک از یاخته‌های نقشه بر پایه میانگین بلند مدت بارش ماه  $n$  ام ( $x_n$ ) و میانگین بلند مدت بارش سالانه ( $\bar{R}$ ) و نیز براساس فرمول زیر محاسبه شد (16):

$$\bar{SI} = \frac{1}{\bar{R}} \sum_{i=1}^{n=12} \left| \bar{x}_n - \frac{\bar{R}}{12} \right|$$

جدول (2): مفاهیم مقادیر شاخص فصلی (16)

$1 \geq 2$	1-1/19	0/0-8/99	0/0-6/79	0/0-4/59	0/0-2/39	$0 \leq 1/9$	$\bar{SI}$
تقریباً تمامی بارش در 1 تا 2 ماه	بیش تر بارش در 3 ماه یا کم تر	فصلی با فصل خشک طولانی تر	فصلی (یک فصل خشک و یک فصل مرطوب)	عمدتاً فصلی با یک فصل خشک کوتاه	یکنواخت با یک فصل مرطوب تر	یکنواخت	رژیم بارش

جدول (3) توزیع درصدی میزان بارش را نشان می‌دهد. چنان که دیده می‌شود سهم زیادی از مساحت استان بارانی بین 300-250 میلی متر (بارش حول میانگین) دریافت می‌دارد. رابطه بارش با متغیرهای مکانی با واسطه همبستگی جزئی محاسبه شد. در این نوع همبستگی اثر منفرد یک متغیر با حذف اثر متغیرهای مکانی دیگر انجام می‌شود (برای بحثی مشابه به عساکره 1387 مراجعه کنید (3)). نتایج نشان داد که 19/3، 9 و 1/9 درصد از بارندگی به ترتیب با عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع (جمعاً 30/2 درصد) توجیه می‌شود.

هر چند مطالب فوق توصیفی عمومی از مشخصات مکانی بارش نمایش می‌دهد، اما قادر نیست رژیم بارندگی را ارائه نماید. ضریب تغییرات ماهانه بارش سالانه قادر است الگوی نسبی تغییرپذیری بارش را ارائه نماید. این شاخص آماری نه تنها تغییرات ماه به ماه میزان بارندگی را بهتر نمایان می‌سازد بلکه رویه‌ای مناسب برای شاخص سازی به شمار می‌آید. شکل (3) توزیع مکانی این فراسنج را ارائه نموده است:

در مرحله نهایی شاخص فصلی برای یاخته‌های نقشه‌های هر یک از سال‌های دوره آماری محاسبه و روند تغییرات آن برای محدوده استان برآورد گردید.

### 3- بحث

#### 3-1- بارش سالانه استان زنجان

شکل (2) توزیع مکانی بارش سالانه استان زنجان را نشان می‌دهد. میانگین بارش سالانه استان حدود 291/7 میلی متر است. کمینه و بیشینه بارش سالانه استان به ترتیب 239/8 (جنوب غربی استان) و 343/5 (شمال شرقی استان) میلی متر است. ضریب تغییرات مکانی بارندگی بسیار کم (7/5 درصد) و بارش از توزیع مکانی نسبتاً یکنواختی برخوردار است. به طوری که تفاوت پهنه‌های بالاتر و پایین تر از میانگین در استان قابل توجه نیست. میزان چولگی مکانی بارش (0/336) نیز هرچند گویای فزونی نواحی با بارش کم نسبت به نواحی با بارش زیاد است اما کوچکی ارزش آن تأییدی دیگر بر یکنواختی بارش حول میانگین است. این وضعیت با کوچک بودن ضریب کشیدگی مکانی (-0/574) نیز قابل اثبات است.

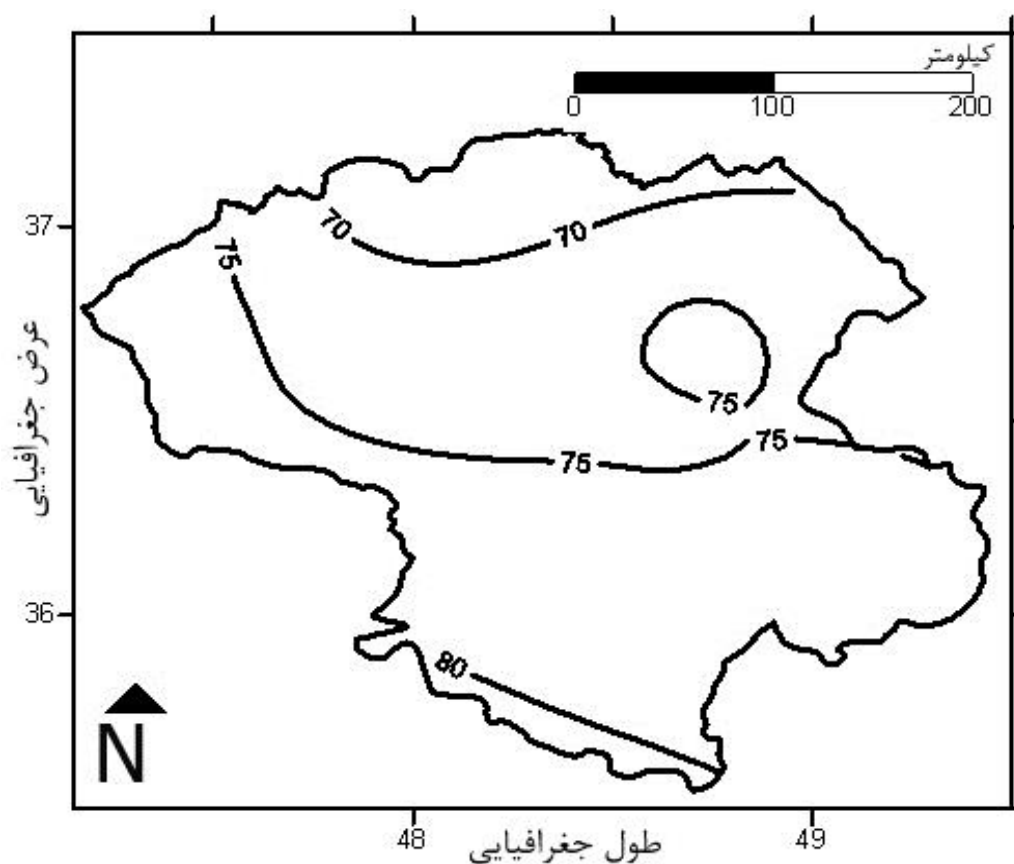
جدول (3): درصد مساحت طبقات بارش سالانه در استان زنجان

درصد مساحت	میزان بارش به میلی متر
1/1	کمتر از 250
68/2	300-250
30/7	350-300

است. رابطه ضریب تغییرات با میزان بارش سالانه  $-0/728$  است. یعنی حدود 53 درصد ضریب تغییرات با میزان بارش توجیه می شود. از آن جا که این رابطه منفی است، می توان استنباط کرد که بیش ترین ضریب تغییرات در پهنه های کم باران رخ می دهد.

ضریب تغییرات ماه به ماه بارندگی گویای تغییرات شدت ماه به ماه بارش است. ضریب تغییرات از قدری کم تر از 70 تا بیش از 80 درصد را در پهنه استان نشان می دهد. توزیع فراوانی ضریب تغییرات در جدول 4 ارائه شده است:

دیده می شود که بیش ترین پهنه استان (87/1 درصد) با ضریب تغییرات ماه به ماه بالایی (70-80 درصد) مواجه



شکل (3): توزیع مکانی ضریب تغییرات ماه به ماه بارش سالانه استان زنجان

برخی مشخصات توصیفی آن را برای استان زنجان نشان

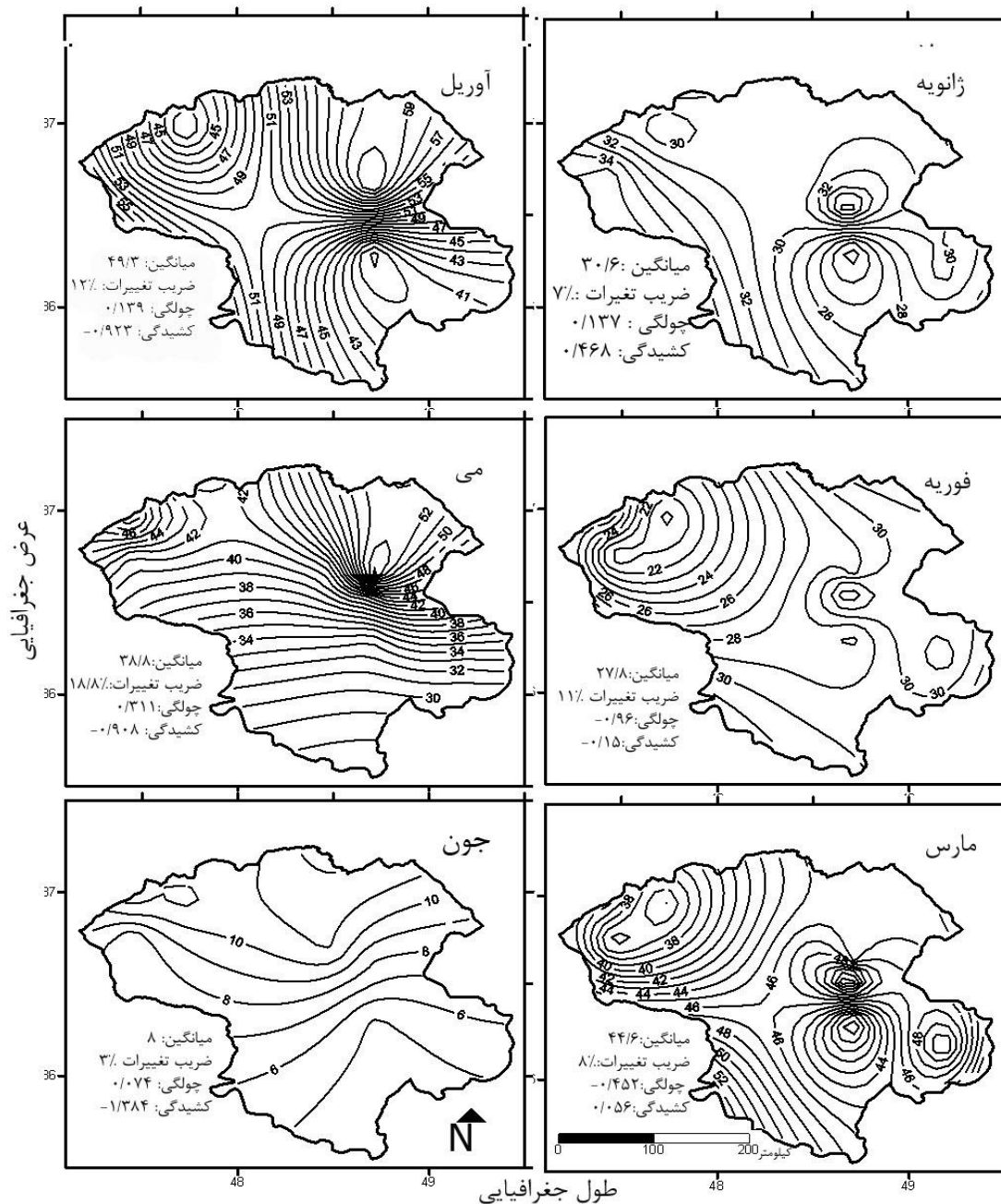
می دهد.

جدول (4): درصد مساحت استان و ضریب تغییرات مربوط

ضریب تغییرات به درصد	درصد مساحت
کم تر از 70	9/6
75-70	37/8
80-75	49/3
بیش از 80	3/2

### 2-3- میانگین بارش ماهانه

به منظور ارائه تصویری کلی از وضعیت توزیع زمانی بارش، بارش های ماهانه در معرض توجه قرار گرفت. نقشه های ارائه شده در شکل 4 توزیع مکانی بارش ماهانه و



شکل (4): توزیع مکانی بارش ماهانه استان زنجان

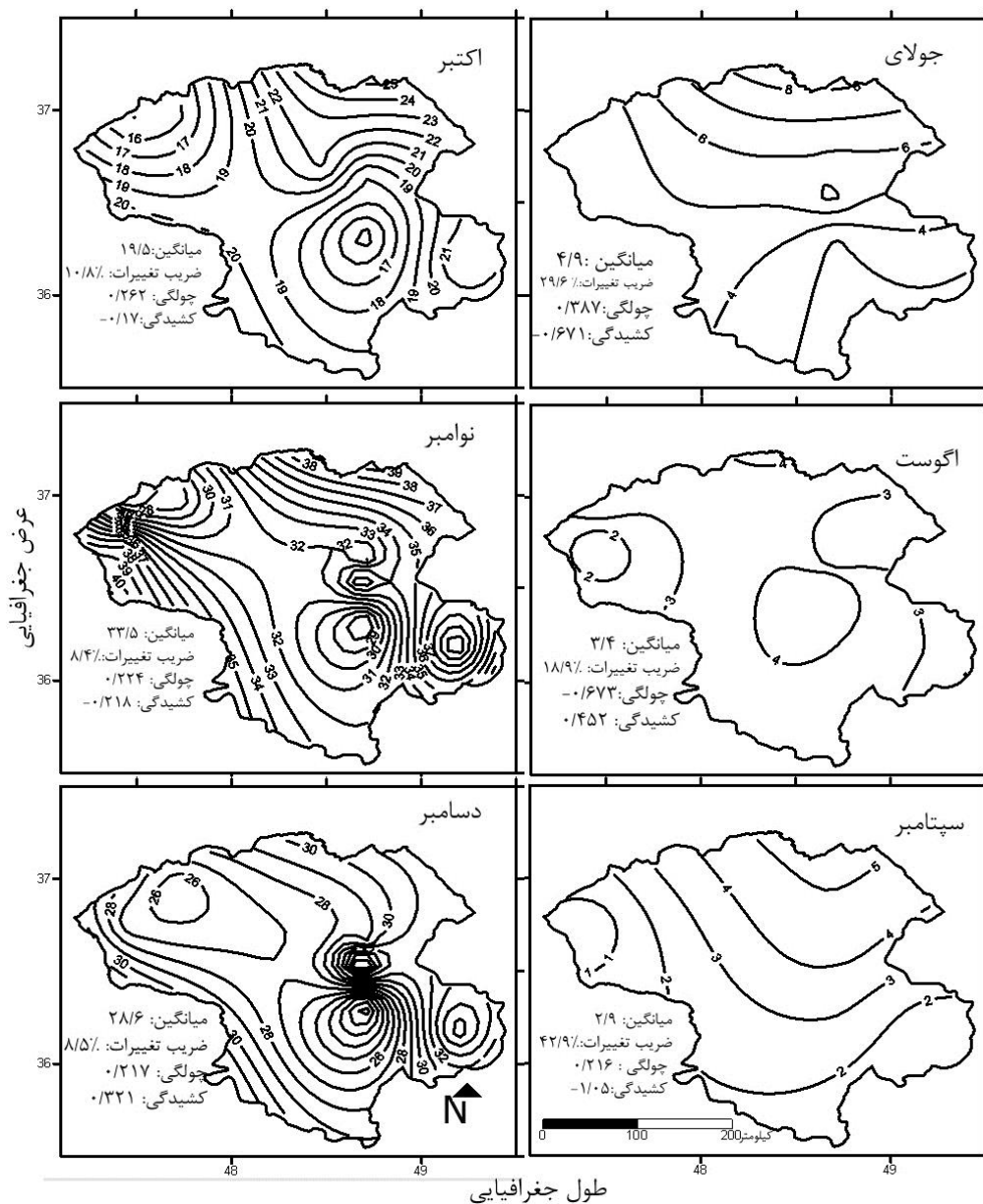
جنوب شرق استان است. پرباران ترین ماه، آوریل با میانگین بارش 49/3 میلی متر و کم باران ترین ماه، ماه سپتامبر با میانگین 2/9 میلی متر است. هر چند ماه‌های زمستان و بهار به لحاظ میانگین، پرباران ترین ماه‌ها به شمار می آیند اما براساس ضریب چولگی مکانی به ویژه برای ماه‌های دسامبر، ژانویه، آوریل و می گویای فراوانی نقاط پرباران و کم تر

چنان که دیده می شود، عموماً فصل بهار و بعد از آن ماه‌های فصل زمستان پرباران ترین ماه‌ها به شمار می آیند. مشخصات ترسیمی ارائه شده در شکل نیز نشان می دهد که طی ماه‌های پرباران، خطوط هم بارش در سرتاسر استان مترکم تر است. از مشخصات دیگر تمامی نقشه‌ها به ویژه در ماه‌های پرباران تراکم هسته‌های بارش در شمال غرب و



فوریه و مارس از تقارن نسبی توزیع بارش برخوردارند.

بودن نقاط پرباران است. در این میان تنها ماه‌های اکتبر،



دنباله شکل (4): توزیع مکانی بارش ماهانه استان زنجان

کشیدگی منفی کوچک نیز گویای تغییرپذیری توزیع مکانی کم می‌باشد. در این میان تنها ماه‌های آوریل، می، جون، جولای و سپتامبر از کشیدگی منفی قابل توجهی برخوردارند. این امر گویای پراکندگی زیاد توزیع فراوانی بارش در این ماه‌هاست.

میزان کشیدگی مکانی برای ماه‌های ژانویه، اگوست و دسامبر مثبت است. این وضعیت گویای عدم تفاوت مکانی مقادیر بارش در این ماه‌ها است. چنان که دیده می‌شود این مقادیر با ضریب تغییرات نسبتاً کوچکی همراهی می‌کند. این وضعیت تائیدی دیگر بر تغییرات مکانی کم در این ماه‌هاست. همچنین ماه‌های فوریه، مارس و اکتبر نیز با

برخوردار بوده‌اند. ماه‌های نوامبر و دسامبر نیز حاوی روند افزایشی ناچیزی هستند. از آنجا که قدر مطلق مقادیر افزایش سه ماه جولای، نوامبر و دسامبر نیز چندان بزرگ نیست، می‌توان استنباط نمود که غلبه عمومی با رفتار کاهنده بارندگی است. به طور کلی ماه‌های پرباران ژانویه و فوریه به ویژه در شمال شرقی و جنوب غربی استان، بیشترین روند کاهشی بارش را می‌توان ردیابی نمود. از ماه‌های کم باران می‌توان به ماه سپتامبر با مشخصات روندی مشابه ژانویه و فوریه اشاره نمود. بقیه ماه‌ها با شدت کم تری با روند کاهشی بارش مواجه بوده‌اند.

#### 3-4- تحلیل شاخص فصلی و روند آن

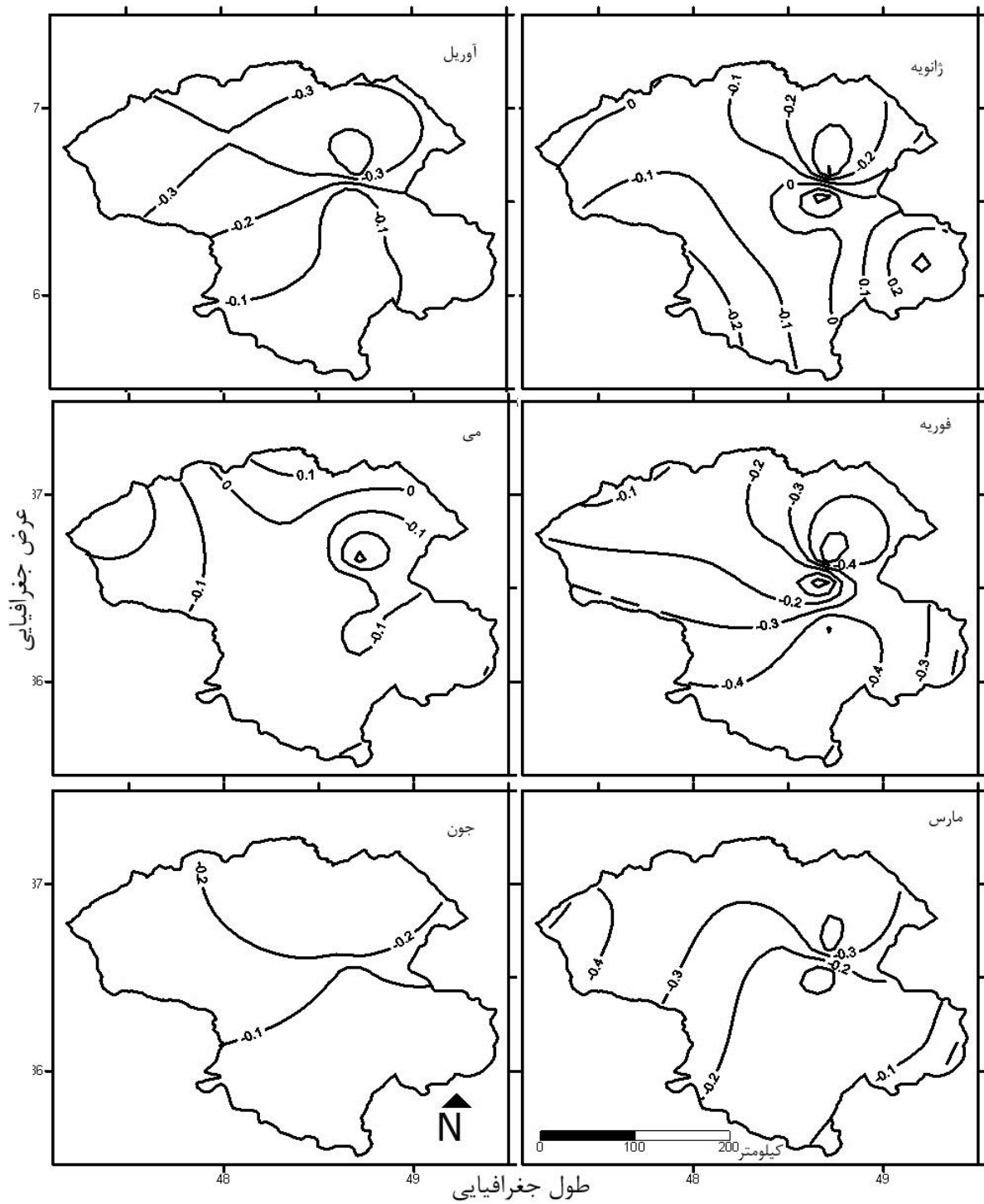
بر اساس فرمول (1) شاخص فصلی برای تمامی یاخته‌های استان محاسبه و در نقشه‌های شکل 6 (الف) ارائه شده است. چنان که در نقشه دیده می‌شود دو نوع رژیم بارش با وسعت ناهمگون در استان مشاهده می‌شود. وسیع‌ترین رژیم بارش با رژیم فصلی یک فصل خشک کوتاه است. این پهنه حدود 79/4 درصد از مساحت استان را به صورت پیوسته پوشانده و منطبق بر پهنه‌هایی است که ضریب تغییرات نسبتاً کم تری (شکل 3) را در بر می‌گیرد. با مراجعه به نقشه‌های ماهانه بارش می‌توان دریافت که این ناحیه تقریباً منطبق با محل وقوع بیشینه بارش‌های هر ماه است. لذا این بخش پهنه‌ای است که در طول ماه‌های مختلف از بارش بیشینه برخوردار است. تمرکز بارش این ناحیه عمدتاً در ماه بهار است. این پهنه با توزیع و پراکندگی زمانی بیش تری از بارش مواجه بوده و مجدداً بارش همرفتی را می‌پوشاند. لذا نمودار بارش ماهانه حاوی حداقل دو اوج بارندگی در طول سال است.

در ماه‌های پرباران تغییرات مکانی کم تر از ماه‌های کم باران است. این وضعیت با شاخص ضریب تغییرات مکانی قابل تبیین است. برای مثال تغییرپذیری مکانی کم باران ترین ماه حدود 3/6 برابر تغییر پذیری مکانی پرباران ترین ماه است. این امر گویای تاثیر سیستم‌های محلی و عمدتاً همرفتی در بارش ماه‌های گرم است. چنان که قبلاً نیز گفته شد میزان بارش بیش از 50 درصد تغییرات مکانی بارندگی را توجیه می‌کند. با این وصف قاعده مزبور نه برای تمامی پهنه و نه برای تمامی ماه‌ها صادق نیست. برای مثال ماه جون، حداقل ضریب تغییرات مکانی را تجربه می‌کند.

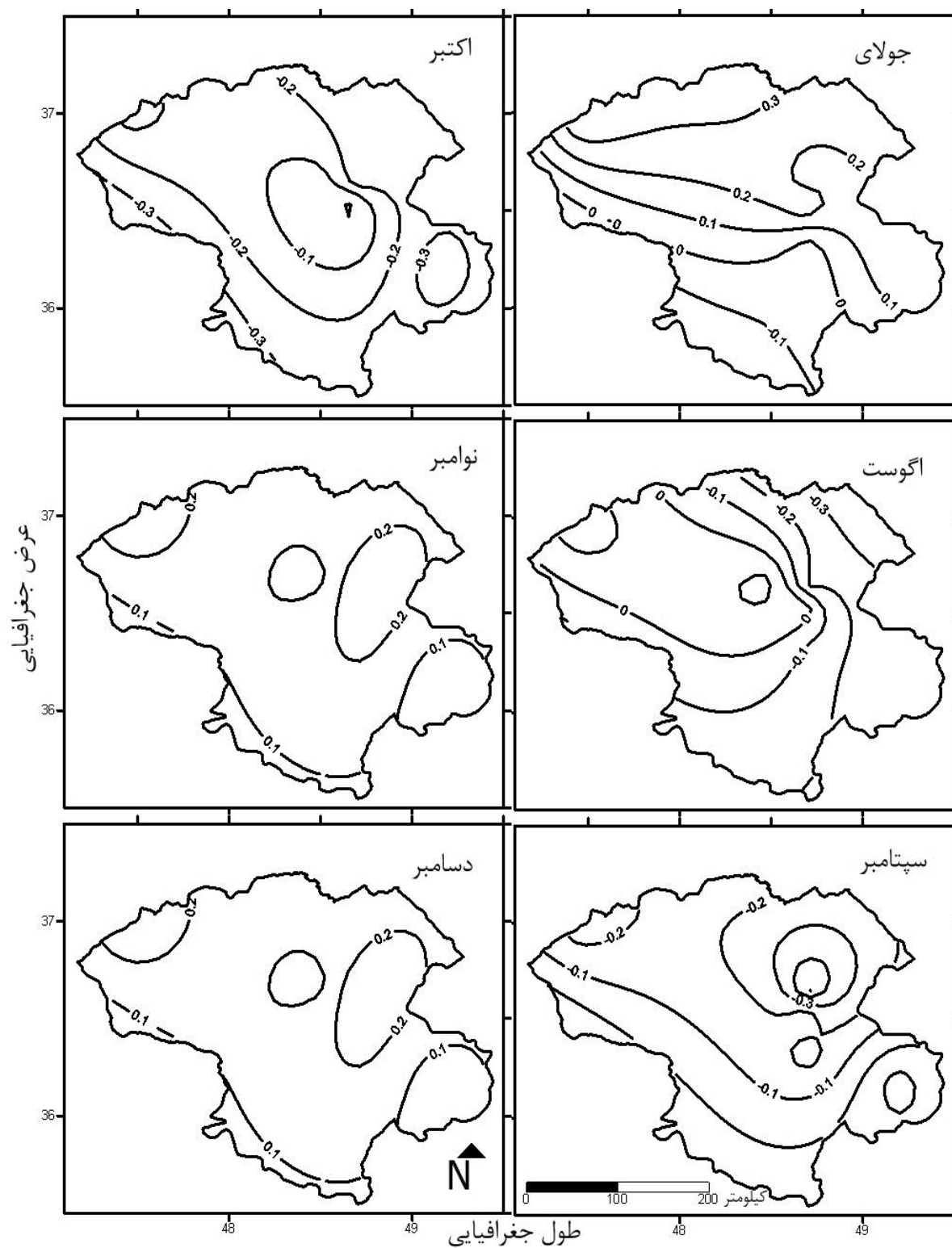
#### 3-3- تحلیل روند بارش ماهانه

نقشه‌های ارائه شده در شکل 5 روند بلند مدت بارش در 12 ماه سال را نشان می‌دهد. این روند حاصل شیب تغییرات بارش در امتداد زمان است. چنان که دیده می‌شود، در تمامی ماه‌ها الگوهای مکانی متفاوتی از روند بارش مشاهده می‌شود. با این وصف عموماً روند چشمگیری در میزان بارش رخ نداده است. چه، تغییرات بارش شدید نبوده، به ازای هر سال حداکثر 0/6 میلی متر تغییر رخ می‌داده است.

عموماً تغییرات بارش کاهشی و تنها در سه ماه جولای، نوامبر و دسامبر رفتار افزایشی حاکم بوده است. از میان سه ماه مزبور، هم ارزش‌های روند افزایشی در ماه جولای از نظم نسبی برخوردار بوده است. به طوری که خطوط هم مقدار با افزایش عرض جغرافیایی فزونی یافته و خطوط نسبتاً موازی با عرض جغرافیایی شکل گرفته است. با این وصف طی این ماه بخش‌هایی از جنوب شرقی، از روند کاهشی



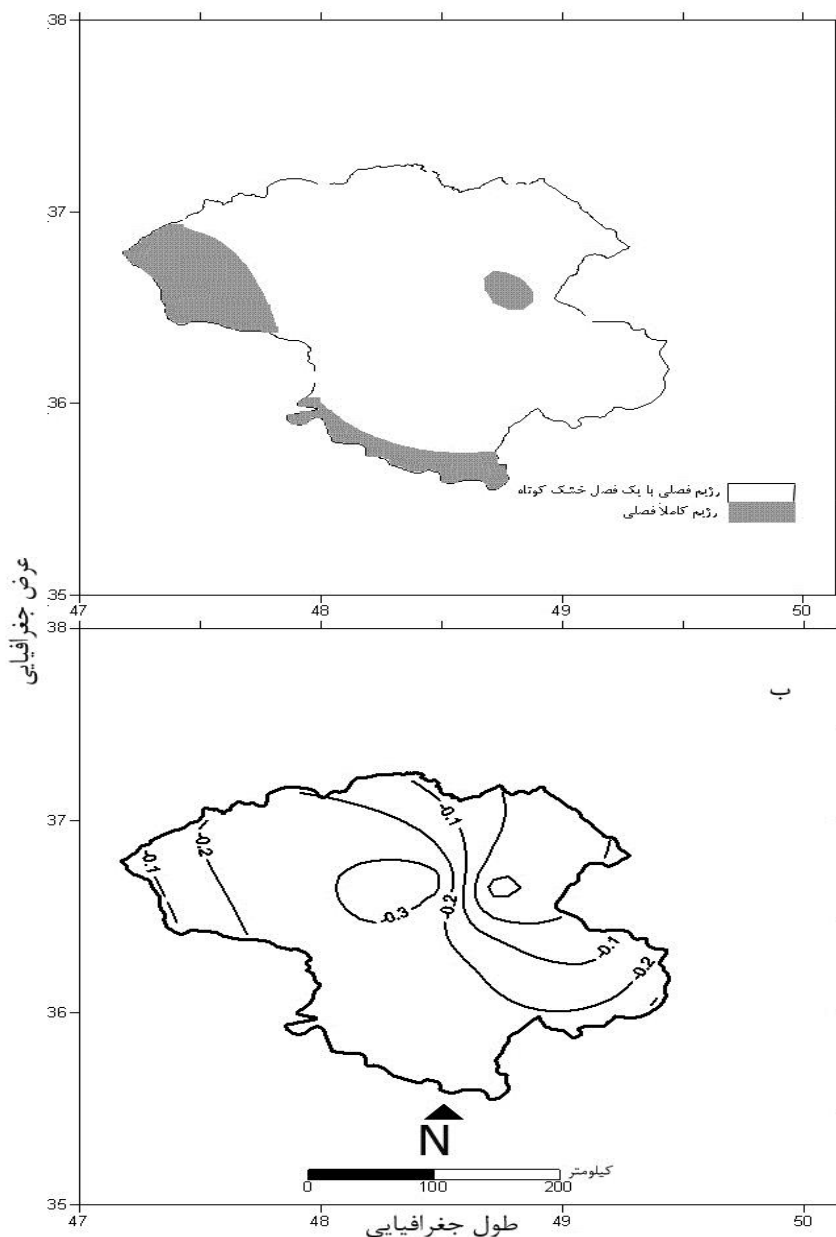
شکل (5): توزیع مکانی روند بارش ماهانه استان زنجان



دنباله شکل (5): توزیع مکانی روند بارش ماهانه استان زنجان

ماه نشان، دندی و زرین آباد خرمدره است. این پهنه منطبق بر نواحی کوهستانی استان است. از مشخصات بارندگی در این بخش‌ها، تمرکز بارش در یک فصل است. از این رو تفاوت ماه به ماه بارندگی بسیار زیاد است. بدین دلیل ضریب تغییرات زمانی بارش بسیار زیاد (شکل 3) است. این ناحیه بیشترین بارش خود را در ماه‌های فصل بهار (به ویژه مارس تا می) دریافت می‌دارد.

رژیم دوم حدود 20/6 درصد مساحت استان را در بر می‌گیرد. این پهنه گسسته در جنوب، غرب و پهنه کوچکی در شرق استان است. مشخصه این ناحیه بارش فصلی و اختلاف شدید ماه‌های پر باران و کم باران است. در واقع این پهنه طی ماه‌های پر باران از بارش بیشینه و در ماه‌های کم باران از بارش کمینه برخوردار است. ایستگاه‌هایی که در این پهنه جای گرفته‌اند شامل ایستگاه‌های ذاکر، سجاس، نیماور،



شکل (6): توزیع مکانی شاخص فصلی بارش استان زنجان (الف) و روند آن (ب)

## منابع

- 1- انصاری بصیر، ارمغان (1386). "ارزیابی رژیم بارش فصلی در ایران با استفاده از روش هارمونی" پایان نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
- 2- رضئی، طیب و عزیز، قاسم (1386): "گزارش فنی: منطقه بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روش های تحلیل مولفه های اصلی و خوشه بندی" تحقیقات منابع آب ایران . شماره 8
- 3- عساکره حسین، 1387، کاربرد روش کریجینگ در میان یابی بارش. مطالعه موردی: میان یابی بارش 1376/12/26 در ایران زمین. مجله جغرافیا و توسعه، سال پنجم، شماره 12
- 4- فلاح قهرودی، غلام عباس، موسوی بایگی، محمد و حبیبی نوخندان، مجید (1387): "پیش بینی بارش فصلی براساس الگوهای همدیدی با استفاده از سیستم های استنباط فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS)" مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی شماره 66.
- 5- کاویانی، محمدرضا (1372). "تحلیلی آماری از رژیم بارندگی ایران". مجله رشد آموزش جغرافیا شماره 12.
- 6- مسعودیان، سید ابوالفضل و عطایی، هوشمند (1384): شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه ای. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد هیجدهم. شماره 1.
7. 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.
8. Jun-Ichi, Hamada, Yamanaka, Manabu .D, Matsumoto, Jun. Fukao, Schoichiro. Winarso, Paulus .Agus and Sribimawati, Tien, 2002: Spatial and Temporal Variations of the Rainy Season over Indonesia and their Link to ENSO. Journal of Meteorological Society of Japan, Vol. 80, No. 2, 285-310
9. 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
10. Karagiannidis A. F., Bloutsos A. A, Maheras P., and Sachsamanoglouy. Ch. 2008: Some statistical characteristics of precipitation in Europe. Theor. Appl. Climatol. 91: 193:2004

به منظور ردیابی رفتار زمانی شاخص فصلی روند خطی آن محاسبه و در نقشه ارائه شده است. روند شاخص فصلی با محاسبه شاخص فصلی (فرمول 1) برای هر سال و برآورد شیب خط آن برای طول دوره و برای هر یک از یاخته ها محاسبه شد. چنان که دیده می شود شاخص فصلی طی دوره آماری مورد بررسی در سرتاسر استان از روند کاهشی برخوردار بوده است. بیش ترین کاهش بیش از 0/3 واحد به ازای هر سال بوده است. این وضعیت گویای تغییر رژیم بارش از بارش متمرکز تر به بارش پراکنده تر است. این وضعیت به ویژه در بخش مرکزی استان قابل رویت است.

## نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از آمار 35 ساله و با بهره گیری از 25 ایستگاه استان زنجان و نیز 6 ایستگاه همسایه، مشخصات توصیفی، روند، شاخص فصلی بارش و روند آن بررسی شد. بیشینه بارش در شمال شرقی استان رخ می دهد. باین وصف بیش ترین ضریب تغییرات عمدتاً در نواحی کم بارش رخ می داده است. بیش ترین بارندگی استان در ماه های فصل بهار و زمستان رخ می داده است.

یافته های این تحقیق نشان می دهد که دو نوع رژیم بارش در استان وجود دارد. یکی رژیم فصلی با یک فصل خشک کوتاه و دیگری رژیم کاملاً فصلی است. تحلیل روند در این پهنه ها گویای تغییرات نسبتاً اندک در دو رژیم است. در واقع رژیم فصلی با یک فصل کوتاه خشک بسیار سریع تر از رژیم کاملاً فصلی رو به تمرکز در یک فصل می نهد. در حالی که رژیم کاملاً فصلی با سرعت کم تری به تمرکز بارندگی در یک فصل گرایش دارد. بدین ترتیب می توان استنباط نمود که با وجود تغییرات متفاوت این دو ناحیه بارشی، اختلاف این دو در امتداد زمان حفظ می شود. بدین دلیل در بازه زمانی بسیار طولانی همگرایی اقلیم بارشی در دو پهنه، مورد انتظار است.

- States. Journal of Applied Meteorology. Vol 18. 627-633
15. Tarawneh.Q and Kadioglu, M. 2003: An analysis of precipitation Climatology in Jordan. Theor. Appl. Climatol. 74, 123-136.
  16. Walsh RPD, Lawler DM (1981) Rainfall seasonality spatial patterns and change through time. Weather 36:201-208
  17. 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.
  11. Kirkyla, Kristina.I and Hameed, Sultan 1989 Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the united state: Acomparision between observations and a general circulation model. Journal of climate. ? 1463-1475
  12. Livada, I, Chralambous. G, Assimakopoulos. M. N. 2008: Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece. Theor. Appl. Climatol.93:45-55
  13. 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
  14. Scott, Cynthia. M and Shulman, Mark, D 1979: An Areal and Temporal Analysis of Precipitation in the Northeastern United