مجله پژوهشي دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)
جلد هجدهم - شماره ۱- سال ۱۳۸۴
صص ۱۱۶ - ۹۱

# تغییرات زمانی– مکانی بارش استان اصفهان طی دهه‌های اخیر

**حسین عساکره**

**گروه جغرافیای دانشگاه زنجان**

Archive of SID

## چکیده

به دلیل اهمیت بارش در وضعیت آبشناختي حوضه‌هاي رودخانه‌اي، نظام تغییرات زماني- مكاني آن از اهمیت زیادي برخوردار است. در این تحقیق ویژگي هاي زماني- مكاني بارش استان اصفهان مورد توجه قرار گرفته است. دراین راستا با استفاده از تحلیل تغییر نما و برپایه روش كریگینگ عام، نقشه هاي بارش سالانه براي ۳۲ سال یعنی سالهای ۱۹۶۹-۲۰۰۰ تهیه شد. یافته‌ها نشان مي‌دهد كه بارش سالانه استان اصفهان به طور متوسط ۱۸۶/۹ میلي متر است كه این میزان بارش با توجه به مساحت استان مولد حدود ۲/۷۲ میلیارد متر مكعب آب است. تغییرات بارندگي تابعي از طول جغرافیایي، ارتفاع و عرض جغرافیایي است. مدل تغییرات مكاني با استفاده از تكنیك مولفه‌هاي اصلي و نیز براساس مدل هاي رگرسیون توصیف شده است. در این راستا بیشترین عوامل موثر در بارش سالانه استان به ترتیب شامل طول جغرافیایي، ارتفاع و عرض جغرافیایي است.

بارش سالانه استان اصفهان طي دوره آماري مورد بررسي حاوي روند سهمي ( درجه ۲) بوده است. به همین دلیل ضریب تغییرات بارش بالا و نیز فازهاي تناوبي بارش در استان قابل

www.SID.ir

مشاهده است. در هريك از فازها مشخصات منحصر به فردي از بارندگي در استان قابل مشاهده است. همچنين ضريب تغييرات بارندگي متاثر از تغييرات مكاني بارندگي طي سه فاز باراني مي‌باشد. سال‌هاي ۱۹۶۹ و ۱۹۸۵ به ترتيب پرباران‌ترين و كم باران‌ترين سال‌ها بوده‌اند.

**واژه‌های کلیدي:** كريگينگ عام، تغييرات فضايي، تغييرنما، مولفه اصلي، روند سهمي، فازها

# Tempo-Spatial Change in Isfahan Province Precipitation Suring Recent Decades

**H. Asakereh**

**Department of Geography, University of Zanjan**

## Abstract

Due to precipitation effect on the basin hydrology, it is important to increase knowledge about tempo-spatial changes of precipitation. In this research, the attention was focused on tempo-spatial of Isfahan province precipitation characteristics that provide annual precipitation maps based on Variograme and simple Kriging methods since 1969 to 2000. Based on these maps, annual precipitation in Esfahan is 186.9 mm. As shown in the main paper, the longitude and altitude are the most important factors with regard to precipitation spatial changes. The spatial change models is described by using principal component analyses and regression model. This model shows the effect of longitude, elevation and latitude respectively. There is a quadratic trend in precipitation behavior that affects CV coefficient dramatically and make three oscillatory precipitation phases. The wettest and driest years were 1969 and 1985 respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

**Keywords:** Universal kriging, Spatial change, Variograme, Principal component, Quadratic trend, Phases

**مقدمه**

از خصوصيات بارش ميتوان بـه اثـر شـايان توجـه آن بـر وضـعيت آبـشناختي حوضـه‌هـاي رودخانه‌اي، مديريت ذخيره، توزيع و مصرف آب اشـاره نمـود. در واقـع بايـد اذعـان داشـت كـه مديريت و برنامه‌ريزي منابع آب از يك سـو وابـسته بـه زمـين و از سـوي ديگـر چـشم بـه آسـمان مي‌دوزد. فزوني شناخت نظام تغييرات زماني- مكاني بارش، برنامه‌ريزي و بـه تبـع آن چيرگـي بـر محدوديت منابع آب را افزايش داده، خسارت‌هاي حاصل از اتلاف آب يا خشكـسالي را كـاهش مي‌دهد. در غير اينصورت چنان كه حافظ نيا (۱۳۸۱) نيز نشان داد، تحولات اجتمـاعي- اقتـصادي و سياسي دشواری مورد انتظار خواهد بود. ريـزش‌هـاي جـوي در بخـش وسـيعي از كـشور مـا بـه خصوص از نظر تامين آب جهت رشد نباتات زراعي شايان توجه ويژه‌اي است.

در ايران مطالعات كمابيش پراكنده‌اي در ارتباط با توصـيف مكـاني عناصـر اقليمـي انجـام شده اسـت. در ايـن زمينـه بررسـي‌هـاي خليلـي (۱۳۷۵)، غيـور و مـسعوديان (۱۳۷۵) و مـسعوديان (۱۳۸۲) شايان توجه است.

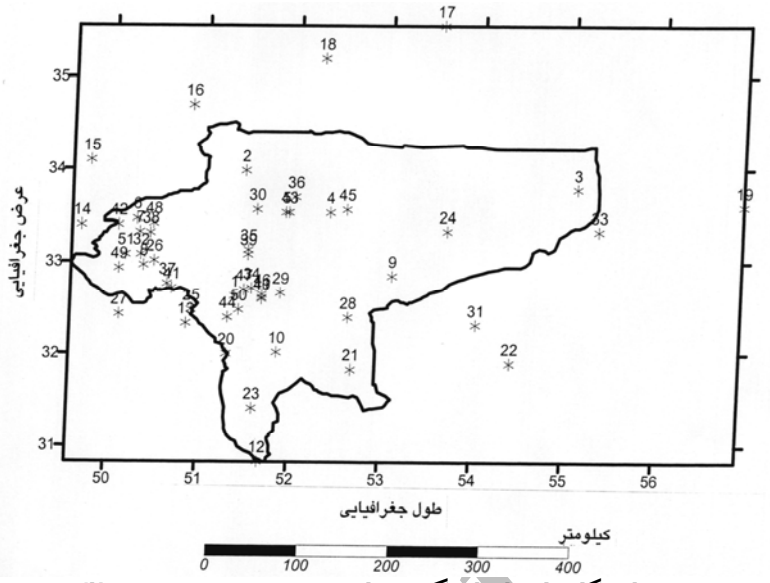
استان اصفهان اگرچه شريان حياتي خود (يعني زاينده رود) را عمدتاً مـديون حوضـه‌هـاي آبـي خارج از استان است، اما تامين آب كشاورزي بخش‌هايي از استان به نـزولات جـوي (كـشت ديـم) يـا منابع آب زيرزميني (كه در واقع نوعي ذخيره از نزولات جوي به شمار مي‌آيند) اسـت. در ايـن تحقيـق سعي بر اين است كه رفتار بارش سالانه در اسـتان اصـفهان طـي دوره زمـاني ۱۹۶۹-۲۰۰۰ ( ۳۲ سـال) توصيف و تحليل شود. استان اصفهان با وسعتي حـدود ۱۰۷۰۲۷ كيلـومتر مربـع بـا مختـصات زيـر مشخص مي‌شود (نقشه ۱) :

$$E: ۴۹^\circ \quad ۴۰' ۱'' - ۵۵^\circ ۱۹' ۱''$$

$$N: ۳۰^\circ ۵۰' ۴۱'' - ۳۴^\circ ۳۰' ۳۶''$$

Archive of SID

www.SID.ir




**نقشه ۱: توزیع ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در محدوده مورد مطالعه**

## داده‌ها و روش‌ها

به دلیل عدم پوشش کامل ایستگاه‌هاي اندازه‌گيري بارش و عـدم توزيـع متناسـب آنهـا در استان اصفهان (نقشه۱) و به منظور برآورد تغييرات مكاني بارش مناطق بـين ايـستگاهي روش‌هـاي متنوعي مورد توجه قرار گرفت. رحيمي و مهديان (۱۳۸۲) بهترين روش براي مقادير بـارش ايـران زمين را روش‌هاي TPSS و كريگينگ درجه دوم مي‌دانند. اما براساس آزمون‌هاي معتبـر بهتـرين روش ميان يابي بارش استان اصـفهان روش كريگينـگ سـاده تـشخيص داده شـد. در روش‌هـاي برآورد نقطه‌اي مقادير به وسيله مجموع حاصلـضرب ضـرايب وزنـي در مقـادير مـشاهده‌اي نقـاط مجاور برآورد مي‌شود. در روش كريكينگ ضرايب وزني براساس تـابع همبـستگي مكـاني نقـاط محاسبه مي‌گردد. چنان كه مي‌دانيم براي محاسبه اوزان مقادير مشاهده‌اي در روش كريكينگ بـه تحليل تغييرنما نياز است. اين منحني از طريق معادله زير بدست مي‌آيد (Biau et.al 1999) :

$$\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2$$

كه در آن:

Archive of SID

www.SID.ir

$\gamma(h)$ : مقدار تغییرنما براي جفت نقاطي كه به فاصله$h$ از هم قرار دارند.

$n(h)$ : تعداد زوج نقاطي است كه به فاصله$h$ از هم قرار دارند.

$z(xi)$ : مقدار مشاهده شده متغير در نقطة $x$

$z\ (xi\ +h)$ : مقدار مشاهده شده متغيري كه به فاصله$h$ از $x$ قرار دارد.

در واقع تغييرنما تابعي است كه به وسيله آن تغييرپذيري فضايي متغيرها اندازه گيري مي‌شود (براي مباحث نظري به رند و ترجمه خدایاري (۱۳۷۱) و مدني (۱۳۷۳) مراجعه كنيد).

در اين پژوهش داده‌هاي بارش سالانه تعداد ۵۰ ايستگاه (۳۵ ايستگاه در داخل و ۱۵ ايستگاه در پيرامون استان) طي سال‌هاي ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۰ (۳۲ سال) استفاده شده است. در مجموع ٦٨٦ داده مربوط به بارش سالانه از ايستگاه‌هاي مورد بررسي جمع آوري شد. موقعيت ايستگاه‌هاي مورد بررسي كه همگي ايستگاه‌هاي سينوپتيك و كليماتولوژي با بازه آماري متفاوت مي‌باشند، در نقشه شماره يک ارايه شده است. همچنين جدول يک برخي مشخصات مكاني و طول دوره آماري ايستگاه‌هاي مورد بررسي را نشان مي‌دهد. شماره رديف هر ايستگاه مشخص‌كننده جايگاه ايستگاه بر روي نقشه‌ی يک است.

براساس موقعيت و مقادير اين ايستگاه‌ها يك شبكه مختصاتي در چارچوب زير تعريف شده است:

$$E: ٤٩^\circ\ ٣٥'\ ٥٩''- ٥٦^\circ\ ٥٥'$$

$$N: ٣٠^\circ\ ٣٩' - ٣٤^\circ\ ٣٠'\ ٥٥''$$

محور طول‌ها در هر۲۳ ´ ٤ و محور عرض‌ها در هر ً ٤٠ ´ ٢ با هم برخورد داشته و يك شبكه۵۰×۱۰۰ ايجاد گرديد[1]. انتخاب اين نوع شبكه‌بندي و نقشه‌هاي همباران مربوط به آن با آزمايش و خطا و براساس كمترين خطاها و نيز آزمون‌هاي استاندارد بر مانده‌ها و با استفاده از روش‌هاي TPSS، كريكينگ ساده، كريكينگ با روند خارجي و نيز روش كوكريكينگ ايجاد شد. براساس آزمون‌هاي استاندارد بر مانده‌ها بهترين روش ميان‌يابي، روش كريكينگ ساده‌ی خطي بدون متغير كمكي تشخيص داده شد. بر اين اساس براي بازه زماني ۱۹۶۹ - ۲۰۰۰ تعداد ۳۲ نقشه

۱ - اگرچه بهترين روش، در شبكه بندي روش مربعي است اما، همانگونه كه توضيح داده شد، آزمون هاي استاندارد بر روي روش‌هايي كه با آزمايش و خطا اختيار مي شده اند اين نوع شبكه بندي را بهينه نشان داده اند.

Archive of SID

www.SID.ir

بارش سالانه ( $mr_i$ ) تهيه گرديد. سپس با حذف سلول هاي شبكه در خارج از استان ، پهنه‌هاي باقيمانده مبناي محاسبات و نيز پايه تهيه نقشه همباران سي و دو ساله و ديگر تحليل‌ها گرديده است.

**جدول ۱: مشخصات مكاني و طول دوره آماري ايستگاه‌هاي مورد بررسي**

| ردیف | نام ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع به متر | طول دوره آماري (سال) | ردیف | نام ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع به متر | طول دوره آماري (سال) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | نجف آباد | ۳۲° ۳۸` | ۵۱° ۲۲` | ۱۳۵۰ | ۱۹ | ۲۶ | دامنه | ۳۳° ۱` | ۵۰° ۲۹` | ۲۳۰۰ | ۱۵ |
| ۲ | كاشان | ۳۳° ۵۹` | ۵۱° ۲۷` | ۹۸۲/۴ | ۳۲ | ۲۷ | كوهرنگ | ۳۲° ۲۶` | ۵۰° ۷` | ۲۲۸۵ | ۱۱ |
| ۳ | خورو بيابانك | ۳۳° ۴۷` | ۵۵° ۵` | ۹۲۱ | ۳۰ | ۲۸ | ورزنه | ۳۲° ۲۴` | ۵۲° ۳۷` | ۱۴۵۰ | ۱۵ |
| ٤ | اردستان | ۳۳° ۳۲` | ۵۲° ۲۳` | ۱۲۵۲/٤ | ۲۳ | ۲۹ | شرق اصفهان | ۳۲° ٤۰` | ۵۱° ۵۲` | ۱۵٤۳ | ۱۲ |
| ۵ | نطنز | ۳۳° ۳۲` | ۵۱° ۵٤` | ۱٦۸٤/۹ | ۲۲ | ۳۰ | ابيانه | ۳۳° ۳٤` | ۵۱° ۳۵` | ۲۲۳٤ | ۱۳ |
| ٦ | گلپايگان | ۳۳° ۲۸` | ۵۰° ۱۷` | ۱۸۷۰ | ۱۲ | ۳۱ | اردكان يزد | ۳۲° ۱۹` | ۵٤° ۱` | ۱۱۰٤ | ۸ |
| ۷ | خوانسار | ۳۳° ۱٤` | ۵۰° ۱۹` | ۲۳۰۰ | ۱٦ | ۳۲ | باديجان | ۳۳° ۵` | ۵۰° ۲۰` | ۲۳۰۰ | ۱۵ |
| ۸ | داران | ۳۲° ۵۸` | ۵۰° ۲۲` | ۲۲۹۰ | ۱۷ | ۳۳ | بياضه | ۳۳° ۲۰` | ۵۵° ۲۰` | ۱٤۵۰ | ۱۳ |
| ۹ | نائين | ۳۲° ۵۱` | ۵۳° ۵` | ۱۵٤۹ | ۲٤ | ۳٤ | پالايشگاه | ۳۲° ٤۳` | ۵۱° ۳۳` | ۱٦۷۳ | ۹ |
| ۱۰ | شهرضا | ۳۲° ۱` | ۵۱° ۵۱` | ۱۷۰۰ | ۸ | ۳۵ | جنگلباني نطنز | ۳۳° ٤۲` | ۵۲° | ۱۰۵٦ | ۱۸ |
| ۱۱ | اصفهان | ۳۲° ۳۷` | ۵۱° ٤۰` | ۱۵۹۰ | ۳۱ | ۳٦ | چادگان | ۳۲° ٤٦` | ۵۰° ۳۸` | ۲۱۰۰ | ۱٦ |
| ۱۲ | ياسوج | ۳۰° ۵۰` | ۵۱° ٤۱` | ۱۸۸۰ | ۱٤ | ۳۷ | خم پيچ | ۳۳° ۱۹` | ۵۰° ۲٦` | ۲۰۸۰ | ۹ |
| ۱۳ | شهركرد | ۳۲° ۲۰` | ۵۰° ۵۱` | ۱۹۹۰/۸ | ۳۲ | ۳۸ | مورچه خورت | ۳۳° ۵` | ۵۱° ۳۰` | ۱٦۷۳ | ۸ |
| ۱٤ | الیگودرز | ۳۳° ۲٤` | ٤۹° ٤۱` | ۱۹۷۲ | ۱٤ | ۳۹ | هوانيرور | ۳۲° ۳٦` | ۵۱° ٤۰` | ۱۵۹۳ | ٤ |
| ۱۵ | اراك | ۳٤° ٦` | ٤۹° ٤٦` | ۱۷۰۸ | ۳۱ | ٤۰ | آبادچي | ۳۲° ٤۳` | ۵۰° ٤۱` | ۲۱۰۰ | ۹ |
| ۱٦ | قم | ۳٤° ٤۲` | ۵۰° ۵۱` | ۸۷۷/٤ | ۲۵ | ٤۱ | اخنخوان | ۳۳° ۲٤` | ۵۰° ۵` | ۲۰۰۰ | ۱۰ |
| ۱۷ | سمنان | ۳۵° ۳۳` | ۵۳° ۳۳` | ۱۱۷۱ | ۳۲ | ٤۲ | دورود | ۳۳° ۳۲` | ۵۱° ۵٦` | ۱۸۰۰ | ۱۱ |
| ۱۸ | گرمسار | ۳۵° ۱۲` | ۵۲° ۱٦` | ۸۲۵/۲ | ۲۲ | ٤۳ | ذوب آهن | ۳۲° ۲٤` | ۵۱° ۱۸` | ۱۷٦۸ | ۱۵ |
| ۱۹ | طبس | ۳۳° ۳٦` | ۵٦° ۵۵` | ۷۱۱ | ۲۹ | ٤٤ | جنگلباني زواره | ۳۳° ۲٤` | ۵۲° ۳٤` | ۱٤۰۰ | ۱۰ |
| ۲۰ | بروجن | ۳۲° | ۵۱° ۱۸` | ۲۱۹۷ | ۱۳ | ٤۵ | دانشگاه اصفهان | ۳۲° ۳۹` | ۵۱° ٤۰` | ۱٦۰٤ | ۸ |
| ۲۱ | آباده | ۳۱° ۱۱` | ۵۲° ٤۰` | ۲۰۳۰ | ۲٦ | ٤٦ | دانشگاه صنعتي | ۳۲° ٤۲` | ۵۱° ۲۸` | ٦۳۰ | ۲ |
| ۲۲ | يزد | ۳۱° ۵٤` | ۵٤° ۲٤` | ۱۲۳۰/۲ | ۳۲ | ٤۷ | شركت زراعي گلپايگان | ۳۳° ۲۵` | ۵۰° ۲۸` | ۱۸۲٦ | ۳ |
| ۲۳ | سميرم | ۳۱° ۲۵` | ۵۱° ۳٦` | ۲۵۰۰ | ٦ | ٤۸ | فريدون شهر | ۳۲° ۵٦` | ۵۰° ٦` | ۲٤۹۰ | ۷ |
| ۲٤ | انارك | ۳۳° ۲۰` | ۵۳° ٤۰` | ۱٤۱٦ | ۱۱ | ٤۹ | فولاد شهر | ۳۲° ۲۹` | ۵۱° ۲۵` | ۱٦٦۵ | ۵ |
| ۲۵ | پل زمانخان | ۳۲° ۲۹` | ۵۰° ۵٤` | ۱۸٦۰ | ۱۲ | ۵۰ | بوئين‌ميان‌دشت | ۳۳° ۵` | ۵۰° ۱۰` | ۲۳۰۰ | ۲ |

Archive of SID

www.SID.ir

مشخصه‌هاي آماري بارش اصفهان بر پایه‌ی اصول جبر نقشه و با توجه بـه رابطـه‌هـاي زیـر انجام گرفت:

۱- نقشه میانگین بارش سالانه $$\overline{mr} = \frac{1}{n}\sum_{i=1969}^{2000} mr_i$$

۲- نقشه انحراف معیار پهنه‌اي بارش $$sr = \sqrt{\frac{\sum_{i=1969}^{2000}(mr_i - \overline{mr})^2}{n-1}}$$

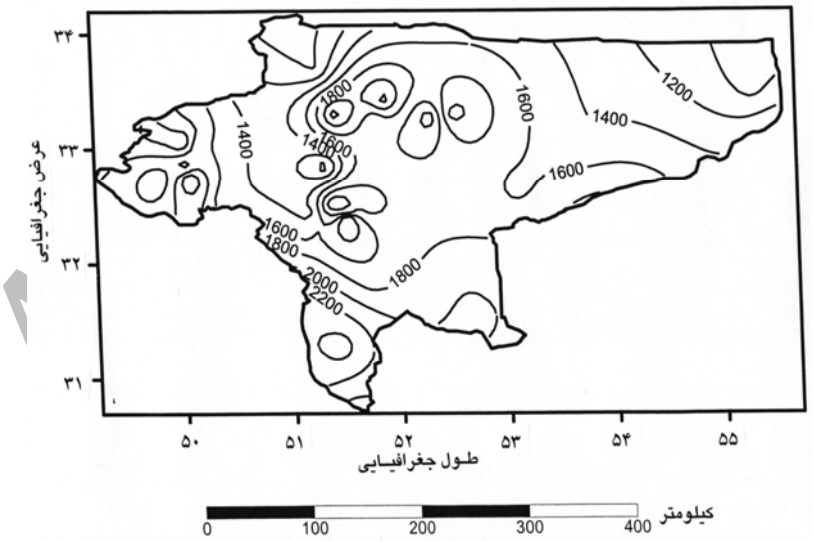
۳- ضریب تغییرات پهنه‌اي بارش $$CVr = \frac{sr}{\overline{mr}} \times 100$$

در اینجا:

$mri$= بارش سال $i$ام

$n$= تعداد سال ها است

ضرورت تحلیل مکاني بارش در جهت سه بردار طول- عـرض جغرافیـایي و ارتفـاع، مـا را بـر آن داشت که در بررسي تغییرات مکاني بارش، پارامتر ارتفـاع را مـورد توجـه قـرار دهـیم. درایـن راسـتا نقـشه ارتفاعي استان اصفهان نیز براساس روش‌هاي معرفي شده در بالا، تهیه و مورد توجه قرار گـرفت (نقشه۲).




Archive of SID

www.SID.ir

**نقشه ۲: توزیع ارتفاعی در استان اصفهان**

مرجع داده‌های ارتفاعی، موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مقاله است.

مبناي نقشه ارتفاعي، ارتفاع ايستگاه‌هاي استان بوده است تا سنجيت ارتفاع و بارش اندازه‌گيري شده در ايستگاه حفظ گردد. چنان كه در نقشه دو ديده مي‌شود، طيف ارتفاعي استان از ۹۰۰ تا ۲۴۸۰ متر و ميانگين ارتفاع استان ۱۶۶۰ متر است[1]. از مشخصات عمده ارتفاع در استان اصفهان فزوني آن در جهت شمال به جنوب و تراكم توده ارتفاعي در بخش غربي است. همچنين با محاسبه ميانگين پهنه استان اصفهان براي هرسال، سري‌هاي زماني بارش سالانه استان استخراج گرديد. با توجه به سري‌هاي زماني استخراج شده، آشكارسازي مشخصات زير مورد توجه قرار گرفت:

۱- بررسي و مدلسازي روند بلند مدت بارش

۲- تحليل فازهاي بارش سالانه

۳- تحليل خشك ترين و مرطوب‌ترين سال‌هاي دوره آماري

شناخت تغيير روند بارش با تحليل سري هاي زماني بارش امكانپذير است. در اين راستا براي داوري علمي مي‌بايست معني‌دار بودن آماري شيب خط مورد بررسي قرار گيرد. سوال مطرح اين است كه آيا اين شيب از نوع خط و يا (به عنوان مثال) از نوع سهمي است؟ يكي از روش‌هاي پركاربرد براي پاسخگويي به اين سوال الگوسازي در خانواده‌ی چند جمله‌اي است (خردمندنيا و عساكره ۱۳۸۰). در اين الگوسازي مشخص مي‌شود كه كدام يك از الگوهاي خانواده‌ی چند جمله‌اي (خطي، سهمي و يا الگويي ديگر) برازنده‌ترين الگو است. يك الگوي چند جمله‌اي درجه‌ی $k$ به صورت زير تعريف مي‌شود:

$$R_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + .... + \beta_k t^k + e_t$$

كه در آن $R_t$ متغير پاسخ، $\beta$ ها فراسنج‌هاي مجهول و $e_t$ باقيمانده‌ها هستند ($t= 1, 2, \ldots n$). در رگرسيون معمولي فرض مي‌شود كه $e_t$ ها دنباله اي از متغيرهاي تصادفي مستقل نرمال با اميد

---

۱- لازم به توضيح است كه قلل مرتفعي چون دالانكوه(۳۹۱۵ متر) ، شاهان كوه (۳۰۴۰متر) كركس (۳۸۹۵ متر) و ... در استان وجود دارند. اما به دليل عدم استقرار ايستگاه‌هاي اندازه‌گيري در اين نواحي و نيز عدم گستردگي وسيع آنها ،در محاسبات منظور نشده‌اند. اگرچه اين مناطق به عنوان كانون‌هاي رطوبتي عمده در استان به شمار مي‌آيند اما در روش‌هاي ميان سنجي در معرض توجه قرار مي‌گيرند. با اين وجود عدم وجود ايستگاه‌هاي اندازه‌گيري در كوبرهاي پست شرق اصفهان نيز در اين نقشه لحاظ نشده است، لذا به نوعي ناديده گرفتن ارتفاعات در اين بخش سرشكن مي‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

رياضي صفر و واريانس ثابت ($\sigma^2$) هستند (Bloomfield and Nychka 1992). الگوي خط و الگوي سهمي به ترتيب متناظر با $k=1$ و$k=2$ مي‌باشند.

به منظور تحليل فازهاي بارندگي، رفتار بارش نسبت به ميانگين در بازه‌هاي زماني مختلف سنجيده مي‌شود. ميانگين دراز مدت ابزار مناسبي براي رديابي فازها است. زيرا كه يكي از كاربردهاي اساسي ميانگين، بررسي سطح تغييرات نسبت به آن است. كمترين و بيشترين مجموع بارش سالانه در پهنه استان اصفهان نيز نماينده خشك ترين و مرطوب‌ترين سال‌ها به حساب مي‌آيند.

## توزيع و روابط مكاني بارش

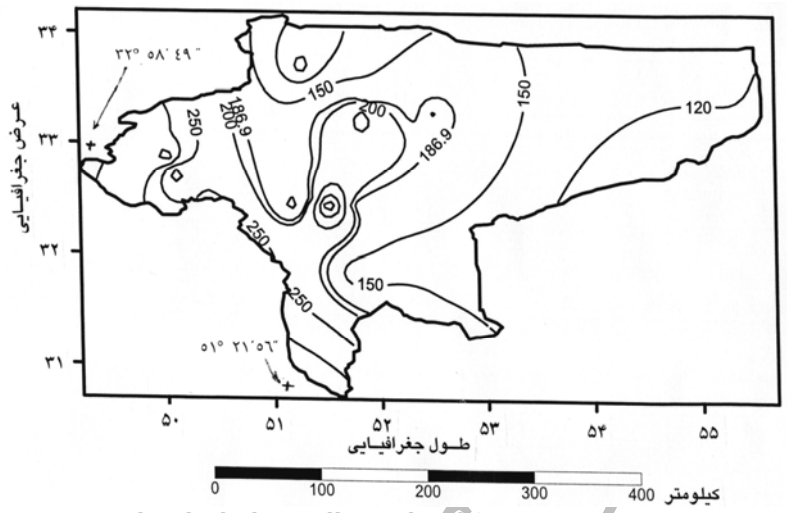
### الف- پراكنش بارش

نقشه سه پراكندگي مكاني بارش سالانه اصفهان را نشان مي‌دهد. متوسط بارندگي سالانه استان اصفهان۱۸٦/۹ ميلي‌متر برآورد گرديده است. اين ميزان بارش با توجه به مساحت استان اصفهان (۱۰۷۰۲۷ كيلومتر مربع) قادر است سالانه حدود ۲/۷۲ميليارد متر مكعب آب ايجاد نمايد. تغييرپذيري مكاني بارش ٤٦/٦ درصد محاسبه شده است. درواقع اختلاف نقاط مختلف از لحاظ ميزان بارش دريافتي نسبتاً زياد مي‌باشد. باعنايت به نقشه همباران اصفهان و با توجه به دوره آماري مورد بررسي (۱۹٦۹ -۲۰۰۰) بيشترين بارندگي (۳۷۷/۳ ميلي متر) در مختصات″٥٤´٤۹ °٥٤ شرقي و″۲۹ ´۱۰ °۳۳ شمالي و كمترين بارندگي (۱۰٤/٦ ميلي متر) در مختصات″۲٦ ´٤۱ °٥۱ شرقي و″۳۹´۲٦ °۳۲ شمالي رخ داده است (نقشه۳). در واقع مرطوب‌ترين نقطه استان اصفهان حدود ۳/٦ برابر خشك ترين نقطه، بارش دريافت مي‌كند.

به طور كلي بارش ٦۸/۹ درصد استان بارشي كمتر از ميانگين است. همانگونه كه كاوياني (۱۳۷۲) نيز بيان نموده مرز كشت ديم، بارش بيش از ۳۰۰ ميلي متر است. بر اين اساس تنها ٥/۱ درصد از مساحت استان اصفهان در محدوده فراتر از اين مرز مي‌باشد. اگر محدوده ميانگين تا ۳۰۰ ميلي متر بارش را محدوده نيمه خشك به شمار آوريم تنها ۲٦ درصد استان در اين محدوده واقع شده است. بنابراين مناطق خشك ، نيمه خشك و مرطوب استان به ترتيب ٦۸/۹ ، ۲٦ و ٥/۱ مساحت استان را در بر مي‌گيرند.

Archive of SID

www.SID.ir




**نقشه ۳: توزیع مکانی بارش سالانه در استان اصفهان**

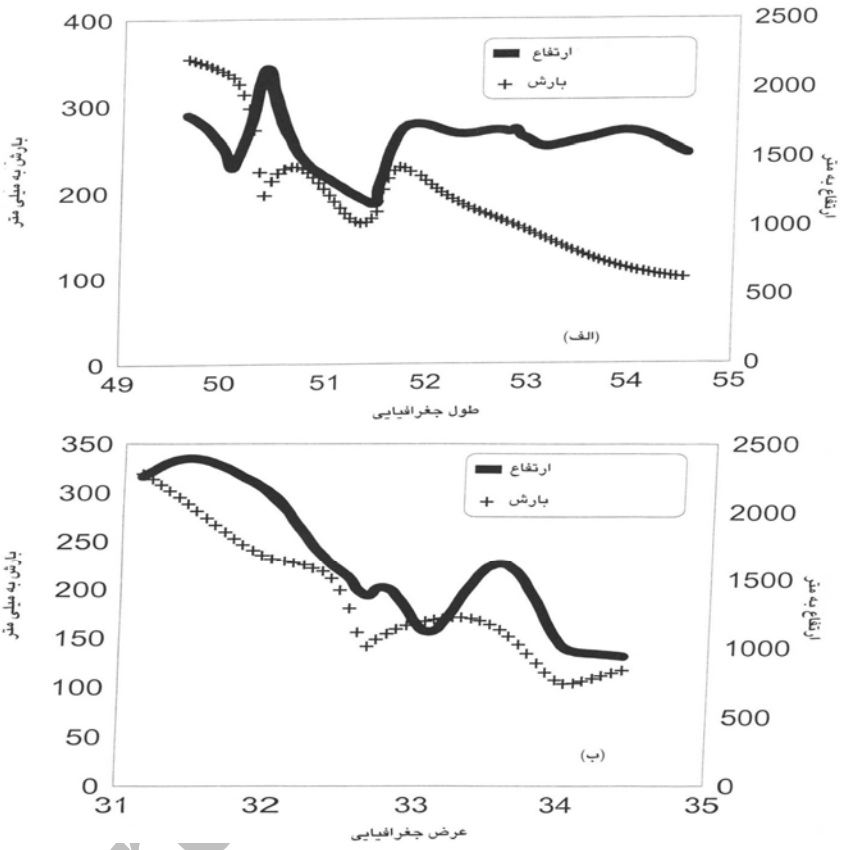
همباران ۱۸۶/۹ بارش میانگین استان را نشان می‌دهد. مناطقی که با علامت + مشخص شده مختصات رسم نیمرخ بارش- ارتفاع است که در متن توضیح کامل آن ارائه شده است.

با عنايت به نقشه سه ميتوان دريافت كه مقدار بارندگي سالانه استان اصفهان از غرب به شرق و از جنوب به شمال كاهش مي‌يابد. به عبارت ديگر بيشترين مقدار بارندگي در مدخل بادهاي غربي به استان در مناطق مرتفع غربي قرار دارد. اثر ارتفاع بر بارندگي‌هاي سالانه اصفهان از مشاهده و مقايسه نقشه همباران (نقشه ۳) و هم ارتفاع (نقشه ۲) قابل استنباط است. از اين رو مراكز باراني در بخش‌هاي غربي و جنوبي استان متمركز است. با اين وجود بيشترين بارش بر ستيغ كوه‌ها رخ نمي‌دهد. همچنين همان گونه كه در بالا اشاره شد، تغييرات مكاني بارش تابعي از طول و عرض جغرافيايي نيز مي‌باشد. به منظور مجسم نمودن هر چه بيشتر تغييرات مكاني بارش، نيمرخ‌هاي تغييرات بارش سالانه در امتداد مدار˝ ۴۹ ´۵۸ °۳۲ شمالي و نصف النهار˝۵۶ ´۲۱ °۵۱ شرقي در شكل ۱ الف و ب نمايش داده شده است. موقعيت نيمرخ‌هاي مزبور در نقشه سه مشخص شده است. اين نيمرخ‌ها امتداد زيادي در استان داشته و نيز بيشترين تغييرات ارتفاعي را در بر مي‌گيرد. همان گونه كه در شكل (۱ الف) ديده مي‌شود، بارش سالانه ۳۵۴/۸ ميلي‌متر در منتهي‌اليه غربي آغاز شده و تا ۱۰۱/۴ ميلي متر در منتهي‌اليه شرقي استان كاهش مي‌يابد. ارتفاع نيز از حدود ۲۱۴۱ تا ۱۱۶۶متري تغيير مي‌نمايد. چنان كه واضح است ميزان بارندگي با طول

Archive of SID

www.SID.ir

جغرافيايي رابطه معكوس دارد اما به نظر مي‌رسد كـه از طـول ۵۲ درجـه بـه بعـد بـارش مـستقل از ارتفاع كاهش مي‌يابد. علت اين امر را ميتوان به دوري مسافت طي شده بوسيله سيستم‌هاي باران‌زا نسبت داد (براي بحثي مشابه به عليجاني (۱۳٦٦) مراجعه كنيد).




**شكل ۱: بارندگي در امتداد مدار "۴۹ ´۵۸ ° ۳۲ شمالي (الف) و نصف‌النهار "۵٦ ´۲۱ ° ۵۱**

ماتريس همبستگي براي بارش، طول جغرافيايي و ارتفاع در امتداد ياد شده به شرح زير است:

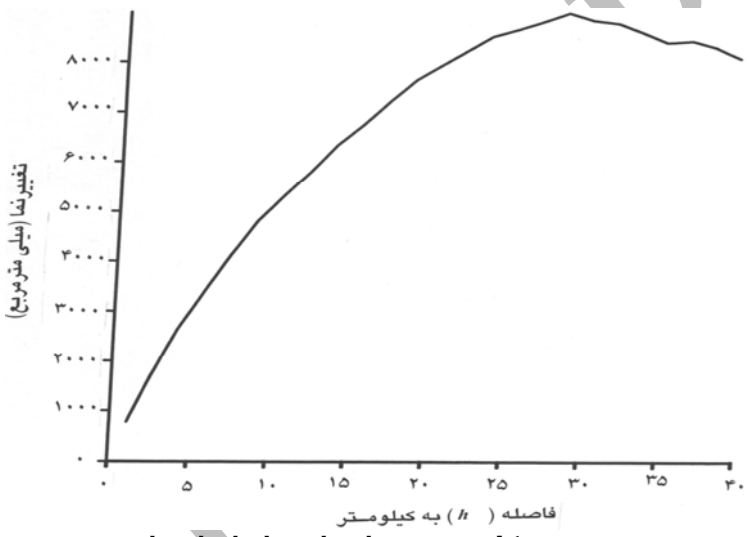
**جدول ۲: ماتريس همبستگي بارش، طول جغرافيايي و ارتفاع در نيمرخ** ″ ۴۹ ´۵۸ °۳۲

| | بارش | طول جغرافيايي | ارتفاع |
|---|---|---|---|
| **بارش** | ۱ | -۰/۹ | ۰/۱۱٦ |
| **طول جغرافيايي** | -۰/۹ | ۱ | ۰/۰٦۲ |

www.SID.ir

همانگونه كه واضح است، تاثير ارتفاع در بارش اين نيمرخ و نيز رابطه ارتفاع- طـول جغرافيـايي بسيار ضعيف مي‌باشد. بنابراين تغيير ارتفاع غرب- شرق سيـستماتيك نبـوده و عمـدتاً رفتـاري تـصادفي نشان مي‌دهد.

كاهش بارندگي براي امتداد شمالي- جنوبي نيز صادق است (شكل ۲ ب) بـا ايـن تفـاوت كه بارندگي رفتار هماهنگ‌تري با ارتفاع نشان مي‌دهد. بطوري‌كه منتهي‌اليـه شـمالي اسـتان۱۱۷/۸ ميلي متر و در منتهي‌اليه جنوبي ۳۲۰/۲ ميلي‌متر بارش دريافت مي‌كند.




**شكل ۲: تغيير نماى بارش استان اصفهان**

ماتريس همبستگي براي بارش، عرض جغرافيـايي و ارتفـاع در امتـداد يـاد شـده بـه شـرح جدول سه است. در اين امتداد نه تنها بارش و عرض جغرافيايي بـا يكـديگر رابطـه (منفـي) دارنـد بلكه ارتفاع نيز نقش موثري در بارش‌هاي سالانه ايفا مي‌نمايد. همچنين براسـاس رابطـه منفـي بـين ارتفاع و عرض جغرافيايي ميتوان دريافت كه با كاهش عرض جغرافيايي، ارتفاع نيز تغيير مي‌يابد.

**جدول ۳: ماتريس همبستگي بارش، عرض جغرافيايي و ارتفاع در نيمرخ** ″۵۶ ′۲۱ °۵۱

| | بارش | عرض جغرافيايي | ارتفاع |
|---|---|---|---|
| **بارش** | ۱ | -۰/۹۵۷ | ۰/۹۴۱ |
| **طول جغرافيايي** | -۰/۹۵۷ | ۱ | -۰/۹۱۶ |

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین میتوان براي روابط بارش، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایي و به منظور بیـان توزیـع مکاني بارش مدل رگرسیوني به شرح ذیل ارایه نمود:

$$R = a + b\phi + c\lambda + dh$$

در این رابطه $R$ بارش سالانه به میلي متر، $\phi$ عرض جغرافیایي به درجه، $\lambda$ طول جغرافیـایي به درجه و $h$ ارتفاع محل به متر است. $a$، $b$،$c$ و$d$ پارامترهاي مجهـول مـدل هـستند کـه از طریـق کمترین مربعات خطا قابل برآورد است. با استفاده از نرم افـزار *SPSS/Win* مـدل آمـاري بـراي ۲۸٤۵ نقطه (که از میان سنجي داده ها در شبکه هاي ایجاد شده حاصل گردیـده اسـت.) بـه شـرح زیر به دست آمد:

$$R = 1765.578 - 27.789\phi - 6.254\lambda + 0.003921h$$

ضریب همبستگي این رابطه ۰/۷۷ و ضریب تعیین ۵۹/٤ درصد برآورد شـده اسـت. چنـان که در جداول ۱ و ۲ واضح است و از نقشه توپوگرافي استان میتوان دریافـت، تـودههـاي ارتفـاعي استان اصفهان در بخشهاي جنوبي و غربي واقع شدهاند. بنابراین به نظر مـيرسـد کـه ارتفـاع ($h$) در مدل بالا تکراري از مختصات جغرافیایي است. بنابراین احتمالاً بین متغیرهاي مستقل ایـن مـدل رابطه خطي وجود دارد. بدین دلیل و به منظور وارسي وجود رابطه، همبستگي تـك تـك متغیرهـا براي کل استان اصفهان ودر ۲۸٤۵ سـلول حاصـل از شـبکه مختـصاتي محاسـبه گردیـد. مـاتریس همبستگي پارامتر هاي مختلف مدل به شرح جدول سه است.

**جدول ٤: ماتریس همبستگي بارش، طول جغرافیایي، عرض جغرافیایي و ارتفاع**

| | بارش | طول جغرافیایي | عرض جغرافیایي | ارتفاع |
|---|---|---|---|---|
| **بارش** | ۱ | -۰/۷۳ | -۰/۳۹۵ | ۰/۵ |
| **طول جغرافیایي** | -۰/۷۳ | ۱ | ۰ | -۰/۳۷۸ |
| **عرض جغرافیایي** | -۰/۳۹۵ | ۰ | ۱ | -۰/٦۷٦ |
| **ارتفاع** | ۰/۵ | -۰/۳۷۸ | -۰/٦۷٦ | ۱ |

تمامي مقادیر همبستگي ارایه شده در جدول چهار در هر سطح دلخـواه معنـي دار هـستند. وجود همبستگي خطي بین متغیرهاي وابسته مدل نتایج حاصل از مدل را گمـراه کننـده مـيسـازد. این حالت را هم راستایي (هم خطي) گویند (رضایي و سـلطاني ۱۳۷۱). در ایـن حالـت بـه هنگـام

Archive of SID

www.SID.ir

اضافه يا حذف يك متغير از مدل، ضرايب و خطاي معيار آن تغييرات شديدي نشان مي‌دهد. جدول پنج تغيير ضرايب رگرسيون بارش براساس حذف يا اضافه نمودن ارتفاع، طول و عرض جغرافيايي به مدل را نشان مي‌دهد.

**جدول 0: تغييرات ضرايب رگرسيون و خطاي معيار آنها در برازش‌هاي مختلف بارش و متغيرهاي توضيحي ديگر**

| رگرسيون | طول جغرافيايي (انحراف استاندارد) | عرض جغرافيايي (انحراف استاندارد) | ارتفاع (انحراف استاندارد) |
|---|---|---|---|
| ۱ | -۳۲/۲۵۷ | | |
| | (/۵٦۷) | | |
| ۲ | | -۳٤/۵۲۲ | |
| | | (۱/۵۰۸) | |
| ۳ | | | /۰۰۹۱۸۱ |
| | | | (/۰۰۳) |
| ٤ | -۲۹/۷ | -۱۷/۸۰۳ | |
| | (/۵٦۷) | (۱/۱۲۲) | |
| ۵ | -۲۷/۸۹٤ | | /۰۰٤۷۹۲ |
| | (/۵۷۳) | | (/۰۰۲) |
| ٦ | | -۹/۱۳۹ | /۰۰۷۸۸٤ |
| | | (۱/۹۲۲) | (/۰۰٤) |
| ۷ | -۲۷/۷۸۹ | -٦/۲۵٤ | /۰۰۳۹۲۱ |
| | (/۵۷۲) | (۱/٤۲۲) | (/۰۰۳) |

ديده مي‌شود كه تغيير ضرايب ارتفاع در رگرسيون‌هاي متعدد بسيار زياد بوده و انحراف استاندارد پارامترهاي ديگر نيزتغيير نموده است. همچنين ضرايب مربوط به طول جغرافيايي با تغييرات محسوس قابل مشاهده مي‌باشد. بنابراين هم راستايي محرز گرديده، مدل توزيع مكاني بارش، كه در بالا ارايه شده، غيرقابل اعتماد به نظر مي‌رسد.

گاهي انجام تبديل‌ها و تركيب‌ها ي جديد قادرند هم راستايي را از بين ببرند. براساس آزمون‌هاي انجام شده و آزمايش و خطاي برآوردها، به نظر مي‌رسد بهترين تبديل براي داده‌ها كاربرد مقادير تركيبي از متغيرهاي توضيحي مي‌باشد. در اين رويه بوسيله تعداد كمي از مولفه‌ها بزرگي قابل توجهي از واريانس‌ها قابل توجيه است ( حيدري ۱۳۷۸). بنابراين مقادير تركيبي نه تنها

Archive of SID

www.SID.ir

برهم کنش متغیرها را نمایش می‌دهند، بلکه قادرند مولفه‌هایی مستقل (غیرهمبسته) ایجاد نمایند. عدم همبستگي بدان معناست که مولفه‌ها جنبه‌هاي متفاوتي از داده‌ها را اندازه‌گیري مي‌نمایند. براین اساس با استفاده از تحلیل مولفه‌هاي اصلي که میتوان آن را یك روش توصیفي بسیار ساده داده‌اي معرفي نمود. مقادیر طول، عرض جغرافیایي و ارتفاع توسط معادلات زیر به مولفه‌ی اصلي (مبنا) تبدیل گردید:

$$C_1 = ۰.۳۴۱Z_\lambda + ۰.۴۱Z_\varphi - ۰.۵۳۳Z_h$$
$$C_2 = ۰.۷۶۹Z_\lambda - ۰.۶۳۹Z_\varphi$$

هدف از این روش یافتن ترکیباتي از متغیرهاي مستقل است که غیر همبسته باشند. این کار با استخراج مدلي خطي از متغیرهاي مستقل استاندارد شده (مقادیر $Z$) امکان پذیر شده است. بنابراین، این روش یك نوع تبدیل غیر همبسته متغیرها است. در اینجا براي استاندارد نمودن مقادیر از میانگین و انحراف معیار هر پیکسل بر روي نقشه هاي سالانه بارش استفاده شده است. در اینجا $C$ مولفه مشاهده و $Z$ نمره استاندارد براي طول جغرافیایي (با اندیس $\lambda$)، عرض جغرافیایي (با اندیس $\phi$) و ارتفاع (با اندیس $h$) است. این دو مولفه قادرند ۹۱/۹۱ درصد (مولفه اول ۵۸/۵۷۷ درصد و مولفه دوم ۳۳/۳۳۳ درصد) از واریانس بارش استان اصفهان را توجیه نماید. رابطه بارندگي اصفهان با مولفه هاي فوق به شکل زیر حاصل گردید:

$$R = \underset{(۰)}{۱۸۸.۳۸۱} - \underset{(۰)}{۶۰.۲۴۲}C_1 - \underset{(۰)}{۴۸.۴۳}C_2 + e$$

اعدادي که در زیر برآورد پارامترها و در داخل پرانتز نوشته شده اند مقادیر احتمال مربوط به آزمون برابري پارامترها با صفر مي‌باشد. اگر قدر مطلق مقدار احتمال کوچکتر از۰/۰۵ باشد، بنابراین در سطح معني‌داري تقریبي ۰/۰۵ قضاوت مي‌کنیم که پارامتر متناظر آن به طور معني‌داري با صفر تفاوت دارد. در غیراینصورت پارامتر متناظر را میتوان تقریباً برابر صفر دانست. ضریب همبستگي، ضریب تعیین و خطاي استاندارد مدل به ترتیب ۰/۸۸۱، ۷۷/۵ درصد و ٤۱/٦۲ است. بسط این مدل نقش هریك از متغیرهاي توضیحي استاندارد شده را آشکار مي‌سازد. مدل بالا را میتوان به شرح زیر بسط داد:

$$R = ۱۸۸.۳۸۱ - ۵۷.۷۸Z_\lambda - ۶.۲۵Z_\varphi + ۳۲.۱Z_h$$

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌گونه که واضح است به ترتیب نقش طول جغرافیایي و ارتفاع در توجیه تغییرات مکاني بارش شایان توجه‌تر از نقش عرض جغرافیایي است، بنحوی که به ازاي هر واحد افزایش در مقادیر استاندارد شده طول جغرافیایي حدود ۵۷/۸ میلي متر کاهش بارندگي و به ازاي هر واحد افزایش در مقادیر استاندارد شده ارتفاع ۳۲/۱ میلي‌متر فزوني بارش مورد انتظار است. این درحالي است که افزایش هر واحد در مقادیر استاندارد شده عرض جغرافیایي تا حدود ٦/۳ میلي‌متر کاهش بارندگي رخ مي‌دهد. نتایج بالا با واقعیت‌هاي ارایه شده در نقشه همباران انطباق خوبي دارد. در واقع با وجود اینکه با افزایش عرض جغرافیایي به محدوده بادهاي غربي نزدیك تر مي‌شویم ولي مقدار بارندگي با روند کاهش ارتفاع، کاهش مي‌یابد. از طرف دیگر در دو جهت شمالي و شرقي استان وجود پهنه‌هاي کویري، ارتفاعات کم و اثربادپناهي البرز در بخش‌هاي شمالي توجیه مدل را ساده مي‌سازد.

**ب- پراکنش بارش**

یکي از بهترین راه‌هاي تحلیل مکاني بارش، مقایسه بارندگي و محاسبه اختلاف بارش در دو نقطه مثلاً یکي به مختصات $x$ و دیگري $x+h$ است که به فاصله $h$ از $x$ قرار دارد. البته لازم به توضیح است که اختلاف دو نقطه چندان مورد توجه نیست. در عمل، اختلاف متوسط بین مقادیر دو نقطه که به فاصله $h$ از هم قرار دارند مورد نظر است. این مقدار مبناي محاسبه تغییر نما (*Variogram*) است (مدني ۱۳۷۳). که در بخش دو این نوشتار آن را معرفي نموده ایم. شکل دو تغییر نماي بارش اصفهان را تا فاصله ٤۰ کیلومتري نشان مي‌دهد. تغییر نماي بارش سالانه اصفهان مشخصات زیر را بیان مي‌دارد:

- اختلاف مکاني بارش هر نقطه با نقطه دیگر متناسب با افزایش فاصله نقاط زیاد مي‌شود. این اختلاف، تا فاصله تقریبي۳۰ کیلومتري رفتاري خطي را نشان مي‌دهد و گویاي این است که رابطه مکاني بارش تابعي از فاصله است.

- شعاع یا دامنه تاثیر بیانگر فاصله همبستگي و پیوستگي مکاني یك متغییر بوده و در آن تغییر نما داراي بیشترین مقدار بوده، گویاي فاصله‌اي است که در ماوراي آن بارش‌ها با هم ارتباط سیستماتیك نداشته و روابط موجود عمدتاً تصادفي است. بنحوی که روشن است شعاع تاثیر بارش اصفهان در ۳۰ کیلومتري واقع است. این قضیه را میتوان به نقش ارتفاعات نسبت داد. چرا که در

Archive of SID

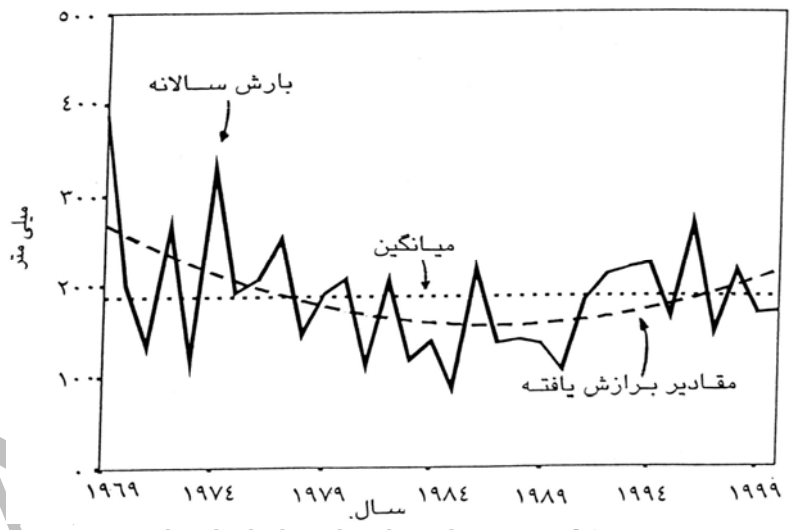
www.SID.ir

بخش‌هاي غربي و جنوبي اختلاف شديد تويوگرافيك موجب تفاوت‌هاي مكاني زيادي مي‌شود، در حالي كه با فاصله گرفتن از ارتفاعات اين تفاوت‌ها كمتر مي‌شود و در عين حال مجاورت نواحي پايكوهي-كوبري تفاوت‌هاي اين نواحي را افزون مي‌سازد. مقايسه تراكم همباران‌هاي غرب- جنوب با همباران‌هاي شمال- شرق (نقشه سه اين پديده را به خوبي توجيه مي‌نمايد).

## توزيع زماني بارش

### الف- روند دراز مدت بارش

از ضرورت‌هاي بنيادي در شناخت تغييرات زماني بارندگي، تحليل سري‌هاي زماني است. در اين راستا استخراج سري‌هاي زماني بارش استان اصفهان در درجه نخست اهميت قرار گرفت. بدين ترتيب با استفاده از روش كريگينگ ميانگين بارش سالانه پهنه‌ی استان از نقشه هاي توليد شده استخراج گرديد. شكل سه سري زماني بارش استخراج شده از نقشه‌هاي موجود را نشان مي‌دهد.




**شكل ۳: سری‌های زمانی بارش استان اصفهان**

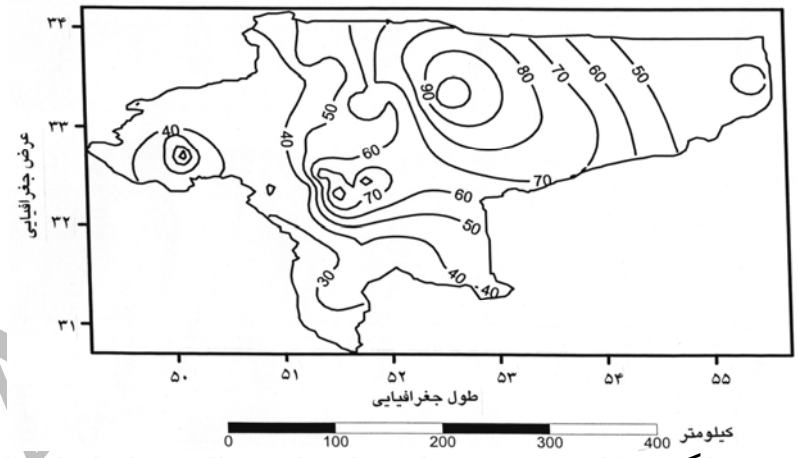
همانگونه كه در شكل ديده مي‌شود رفتار بارش سالانه استان اصفهان ناماناً ( *Non-Stationary* ) بوده حول ميانگين ثابتي در نوسان نمي‌باشد. به نظر مي‌رسد بارش سالانه استان در دراز

www.SID.ir

مدت تغييرات زيادي متحمل شـده اسـت ( نقـشه ٤). نقـشه چهـار تغييرپـذيري زمـاني بـارش در اسـتان اصفهان را نشان مي‌دهد. تغييرپذيري بـارش در اصـفهان از۲۵ تـا۱۲۵ درصـد درتغييـر بـوده اسـت. بيـشترين تغييرپـذيري در بخـش‌هـاي شـمالي اسـتان قابـل مـشاهده اسـت. رابطـه ميـزان بـارش و تغييرپذيري آن براساس ضريب همبستگي پيرسون، ۳۱۹/ محاسبه شده اسـت. ازآنجـا كـه ضـريب تعيين اين رابطه باوجود معني داري، بسيار كوچك است، نميتوان استدلال قطعي براي ايـن رابطـه بيان نمود. اما مثبت بودن رابطه گوياي اين امـر اسـت كـه نـواحي پربـاران‌تـر از تغييـرات بيـشتري برخوردار بوده‌اند. با اين وصف انواع تبديل‌ها براي توجيه نوعي رابطه انجام شـد. امـا بـا توجـه بـه اصل امساك و سادگي مدل، بهترين رابطه به شكل خطي و بشرح زير قابل ارايه است:

$$CV = 73.45 - 0.103R \qquad (۵)$$

با توجه به ميزان ضريب همبستگي، رابطه بالا نشان مي‌دهـد كـه بـه ازاي هـر ۱۰ ميلـي‌متـر افزايش بارندگي، حدود ۱ درصد ضريب تغييرات فزوني مي‌يابد. با اين وجـود و بـه دليـل ضـعف مدل از نقشه شماره چهار ميتوان دريافت كه نواحي شـمال مركـزي اسـتان بـيش از سـاير نـواحي، نوسانات را تجربه نموده‌اند.




**نقشه ٤: الگوی مکانی ضریب تغییرات زمانی بارش سالانه در استان اصفهان**

شناخت روند بلند مدت به منظـور بررسـي چگـونگي تغييـرات زمـاني- مكـاني از اهميـت زيادي برخوردار است. در اين رابطه به منظور داوري علمي مي‌بايست معني‌دار بودن آماري شيب

www.SID.ir

خط بارش مورد بررسي قرار گيرد. بنابراين الگوهاي چند جمله‌اي بر داده‌ها برازش داده شد. الگوي خط برازش شده به سري زماني بارش اصفهان به صورت زير است:

$$R = \underset{(\cdot)}{۲۱۴.۹۵۲} - \underset{(\cdot.۱۷۹)}{۱.۷۰۲t}$$

در اينجا $R$ بارش سالانه به ميلي متر و $t= 1, 2, \ldots n$ است. برآورد واريانس باقيمانده اين الگو ٤١٧٢/٩٧ است. ضريب همبستگي، ضريب تعيين و خطاي استاندارد برآورد مدل به ترتيب برابر ٠/٢٤٤ ، ٥/٩% و ٦٤/٦ است. با اضافه نمودن متغير توضيحي $t^2$ به الگوي خطي، الگوي سهمي زير حاصل شد:

$$R = \underset{(\cdot)}{۲۸۰.۵۲۹} - \underset{(\cdot.۰۰۸)}{۱۳.۲۷۴t} + \underset{(\cdot.۰۱۷)}{۰.۳۵۱t}$$

به اين ترتيب با توجه به اين كه درالگوي خطي فرض $\beta = ۰$ پذيرفته شد، لذا الگوي دو ، سه و ... جمله‌اي آزمون گرديد. از ميان الگوهاي برآوردي الگوي دو جمله‌اي بهترين برازش را بر داده‌ها نشان مي‌دهد. مقادير برازش يافته در شكل سه نشان داده شده است. ضريب همبستگي، ضريب تعيين وخطاي استاندارد برآورد مدل به ترتيب برابر ٠/٤٨ ، ٢٣/١% و٥٩/٤٢ حاصل شده است. در زير جدول تحليل واريانس مدل سهمي ارايه شده است. تحليل واريانس مدل تاييدي ديگر بر صحت مدل سهمي است. همچنين ارزيابي‌هاي تشخيصي ديگر نيز نشانگر برازش مناسب اين مدل بر سري زماني بارش استان اصفهان است.

**جدول ٦: تحليل واريانس مدل سهمي بارش سالانه اصفهان**

| منبع | مجموع مربعات | درجه آزادي | ميانگين مربعات | آماره $F$ | سطح معني داري |
|---|---|---|---|---|---|
| **رگرسيون** | ٣٠٧١٤/٨٧٦ | ٢ | ١٥٣٥٧/٤٣٨ | ٤/٣٥ | ٠/٠٢٢ |
| **باقيمانده** | ١٠٢٣٧٦/٩ | ٢٩ | ٣٥٣٠/٢ | | |
| **مجموع** | ١٣٣٠٩١/٧ | ٣١ | | | |

## ب- فازهاي بارانی

چنان كه در شكل سه واضح است علاوه بر رفتار بلند مدت سهمي سري‌هاي زماني، استان اصفهان سه فاز بارانی تجربه نموده است. توجه به شكل گوياي فزوني بارندگي نسبت به ميانگين دراز مدت در دوره ١٩٦٩-١٩٧٧ و ١٩٧٩-١٩٩٢ و نيز كاهش بارش نسبت به ميانگين دراز مدت در دوره ١٩٧٨-١٩٩١ است. مشخصات آماري فازهاي بارش اصفهان در جدول هفت ارايه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

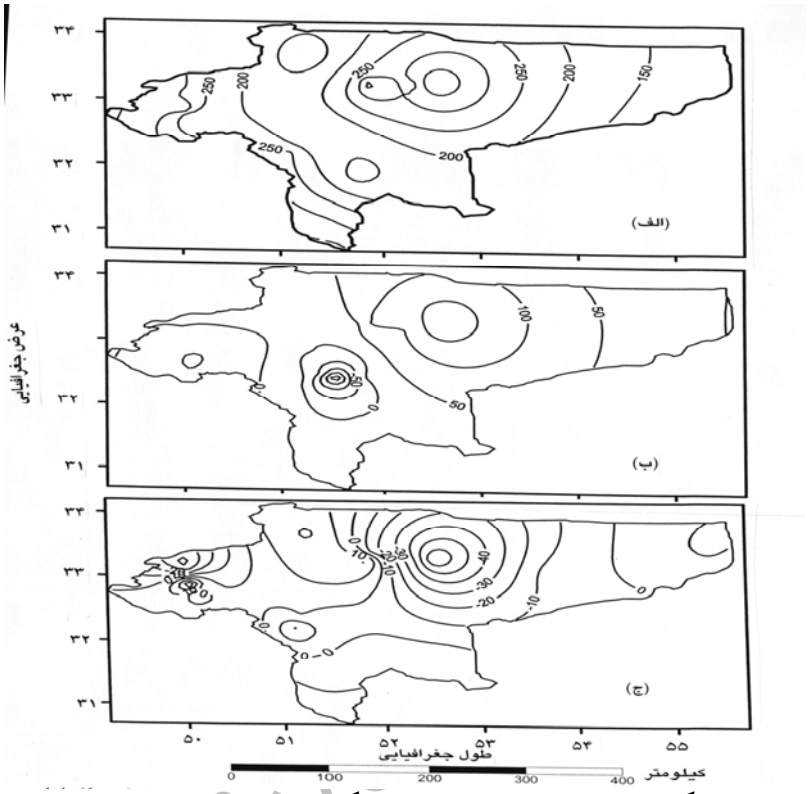
**جدول ۷: مشخصات آماري فازهاي سه گانه بارش در استان اصفهان**

| فاز | اول | دوم | سوم |
|---|---|---|---|
| **آغاز فاز** | ۱۹٦۹ | ۱۹۷۸ | ۱۹۹۲ |
| **گستره زماني** | ۹ | ۱٤ | ۹ |
| **حداقل (سال)** | ۱۱۸/٦ (۱۹۷۳) | ۸۵/٦ (۱۹۸۵) | ۱٤۸ (۱۹۹۷) |
| **حداکثر (سال)** | ۳۸۹ (۱۹٦۷) | ۲۱۷/٤ (۱۹۸٦) | ۲٦٦/۲ (۱۹۹٦) |
| **انحراف استاندارد** | ۸۷/۷ | ٤۲ | ۳۷/۸ |
| **چولگي** | ۰/۵٦٦ | ۰/۲٦۹ | ۰/۳۸۷ |
| **کشيدگي** | -۰/۱۹۳ | -۱/۱۸۸ | -۰/٤۸٤ |
| **دامنه** | ۲۷۰/٤ | ۱۳۱/۸ | ۱۱۸/۲ |
| **ميانگين** | ۲۳۱/۵ | ۱۵۰/۹ | ۱۹۸/۲ |
| **تغيير سالانه** | -۵/۹ | -۲/۲ | -۵/۸ |
| **ضريب تغييرات** | ۳۷/۹ | ۲۷/۸ | ۱۹/۱ |

نقشه ۵ الف، ب، ج به ترتيب ميانگين بارش سالانه، انحراف از ميانگين و نيز تغييرات سالانه فاز اول بارش را نشان مي‌دهد. در اين فاز مجموع بارش سالانه استان حدود ۱۲٤ درصد نسبت به ميانگين فزوني داشته است. از نقشه ب ميتوان دريافت که در اين دوره بخش‌هاي شرقي- شمالي و در مجموع ۸۳/۵ درصد از مساحت استان از بارشي بيش از ميانگين برخوردار بوده است. در حالي که بخشي از نقاط غرب و جنوب استان (تا ۱٦/۵ درصد) مقاديري کمتراز نرمال را تجربه نموده‌اند. با اين وصف در بخش اعظم استان از جمله در مناطقي که فزوني بارش را تجربه نموده‌اند، روند بارش کاهشي بوده است ( نقشه ٤ ج). روند کاهنده بارش طي فاز اول دقيقا منطبق با منطقه اي است که در طول دوره بيشترين ضريب تغييرات را داشته است. اين پديده از مقايسه نقشه ۵ج و نقشه ٤ قابل استنباط است.

Archive of SID

www.SID.ir

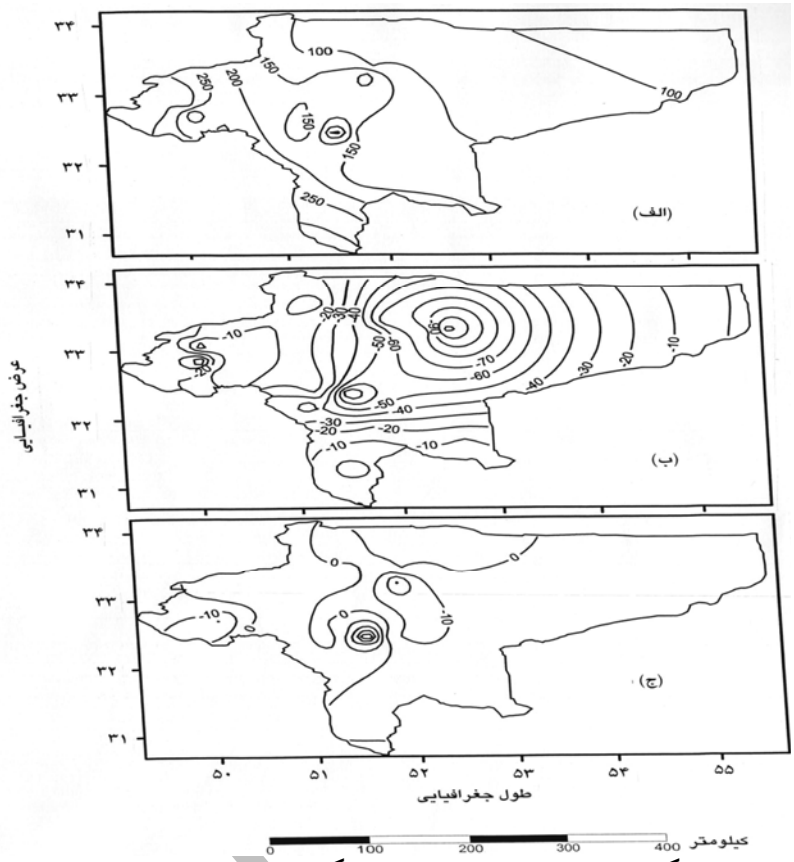



**نقشه ۵: میانگین سالانه (الف)، انحراف از میانگین کل (ب) و تغییر سالانه بارش (ج) در فاز اول**

نقشه‌ی ٦ الف، ب، ج مشابه نقشه ۵ براي فاز دوم توليد شده است. در اين دوره ميانگين بارش استان حدود ۸۰ درصد ميانگين دراز مدت بوده است. تقريباً ۹۸/۳ درصد استان بارش دريافتي كمتر از ميانگين داشته و حدود ۱/۷ درصد پهنه مورد بررسي بارشي بيش از ميانگين را تجربه نموده است. كاهش بارندگي در مناطقي كه طي فاز اول بارش بيشتري دريافت داشته‌اند، شديدتر بوده است. با اين وصف تغيير سالانه بارش در اين فاز بسيار كمتر از فاز پيشين رخ داده و ثبات بارش در اين فاز بيشتر مي‌باشد. بيشترين روند كاهشي در ايستگاه شهر اصفهان تا ٤٥ ميلي‌متر بوده است.

Archive

www.SID.ir

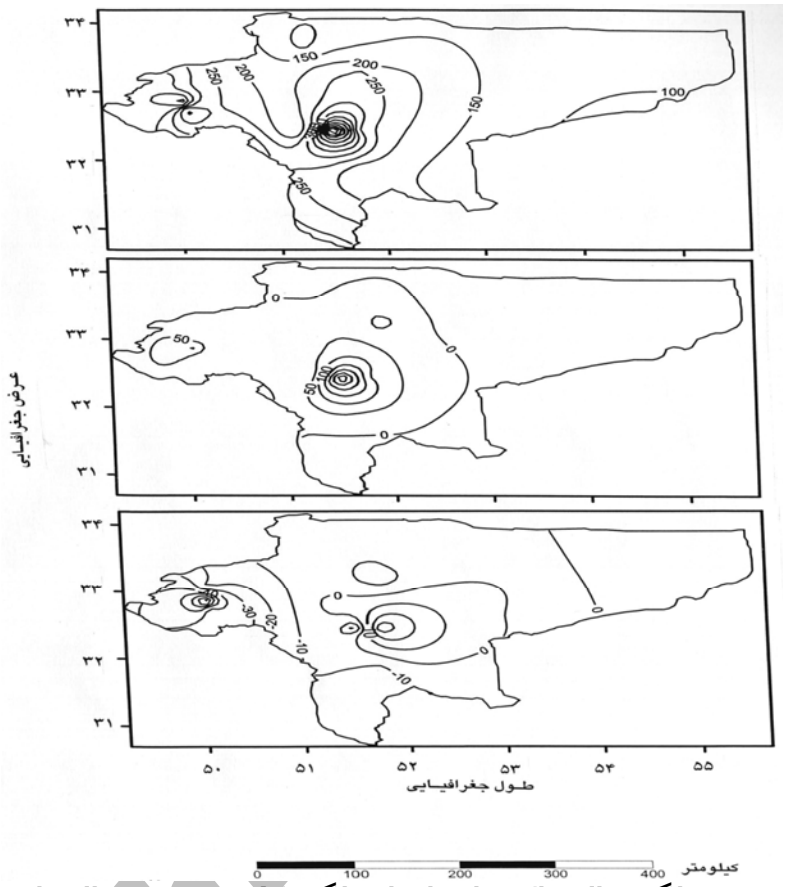



**نقشه ٦: میانگین سالانه (الف)، انحراف از میانگین کل (ب) و تغییر سالانه بارش (ج) در فاز دوم**

نقشه ۷ الف، ب، ج براي فاز سوم ايجاد شده است. در اين دوره استان ۱۰٦ درصد بيش از ميانگين، بارش دريافت مي‌نمود. اين مقدار بارش اضافي از ۵۲/۲ درصد مساحت استان حاصل شده است. قسمت‌هاي غربي استان بيشترين سهم را در فزوني بارندگي داشته‌اند (نقشه ۷ ب) ولي همين قسمت‌ها رفتاري كاهشي را تجربه نموده‌اند (نقشه ۷ج). با اين وصف مناطق داراي حداكثر سهم دربارش حاوي حداكثر رفتار كاهشي نبوده‌اند، بلكه ايستگاه‌هاي شهر اصفهان (فرودگاه، دانشگاه و...) تا ۱۰ ميلي‌متر درسال فزوني بارش را تجربه نموده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir



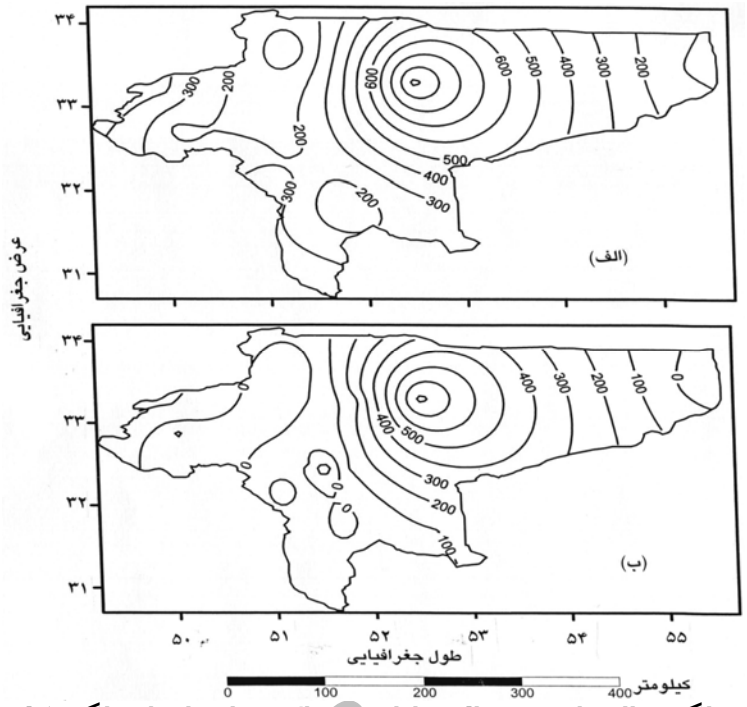

**نقشه ۷: میانگین سالانه (الف)، انحراف از میانگین کل (ب) و تغییر سالانه بارش (ج) در فاز سوم**

## ج- خشك ترين و مرطوب‌ترين سال‌ها

مرطوب‌ترين و خشك ترين سال ها طي دوره آماري ۱۹۶۹-۲۰۰۰ به ترتيب در سال ۱۹۶۹ و سال ۱۹۸۵ رخ داده است ( نقشه ۸ و ۹). بارش سال ۱۹۶۹ با ۳۸۹/۱ ميلي متر حدود ۲۰۸ درصد بيش از ميانگين كل بوده است. ميزان افزايش بارندگي در بعضي نقاط تا ۸۰۰ ميلي‌متر بالاتر از ميانگين كل مشاهده مي‌شود. دراين هنگام حدود ۸۲/۲ درصد از مساحت استان بارش بيش از ميانگين را تجربه نموده است (نقشه ۸ ب).

Archive

www.SID.ir

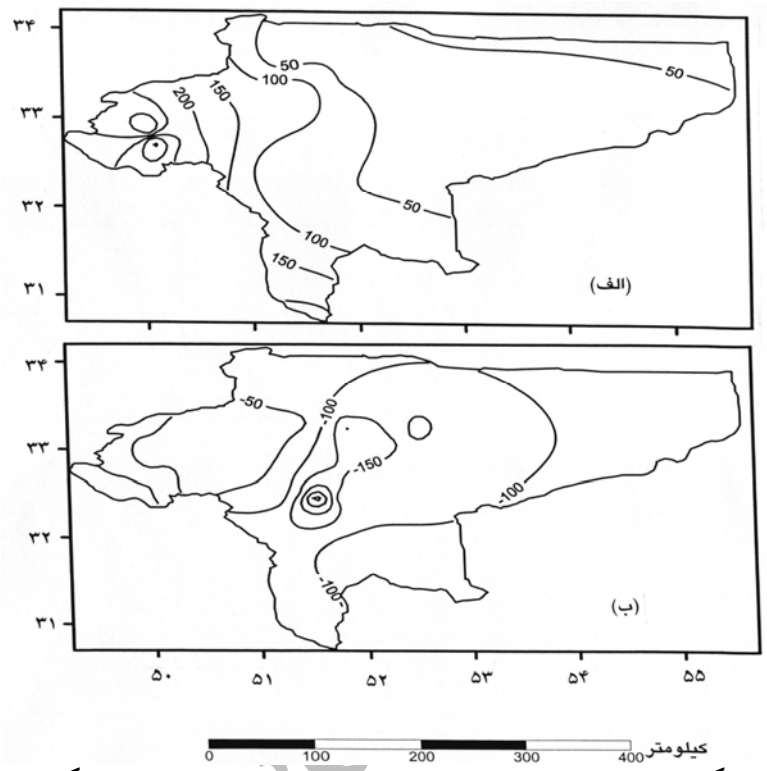



**نقشه ۸: میانگین سالانه بارش در سال پرباران (نقشه الف) و انحراف از میانگین کل (ب)**

میانگین بارش استان اصفهان در سال ۱۹۸۵ حدود ۸۵/٦ ميلي متر برآورد شده است. اين مقدار حدود ٤٥/٨ درصد میانگین کل دوره بوده است. در اين هنگام همه استان بارشي كمتر از میانگین را تجربه نموده است. میزان كاهش بارندگي از ۲۰ تا ۲۲۰ ميلي متر كمتر از ميانگين بوده است (نقشه ۹ ب). بیشترین کاهش بارندگي از ميانه استان به سمت شرق رخ داده است.

Archive

www.SID.ir




**نقشه ۹: میانگین سالانه بارش در سال کمباران (۱۹۸۵) (نقشه الف) و انحراف از میانگین کل (ب)**

## نتایج

به دلیل اهمیت بارش در وضعیت آبشناختي حوضه‌هاي رودخانه‌اي، نظام تغییرات زماني- مكاني آن از اهمیت زیادي برخوردار است. در این تحقیق ویژگي‌هاي زماني- مكاني بارش استان اصفهان مورد توجه قرار گرفته است.

متوسط بارندگي استان اصفهان ۱۸٦/۹ ميلي‌متر برآورد گردیده است. این میزان بارش قادر است سالانه حدود ۲/۷۲ میلیارد متر مکعب آب ایجاد نماید. به‌طور كلي بارش ٦۸/۹ درصد استان كمتر از میانگین است. نقش طول جغرافیایي و ارتفاع در توجیه بارش شایان توجه تراز نقش عرض جغرافیایي است. تغییرپذیري مكاني بارش ٤٦/٦ درصد محاسبه شده است. اختلاف

Archive

www.SID.ir

مكاني بارش هر نقطه با نقطه ديگر متناسب با افزايش فاصله نقاط زياد مي‌شود. شعاع تاثير بارش در استان اصفهان ۳۰ كيلومتر است.

نواحي پرباران‌تر از تغييرات زماني بيشتري برخوردار بوده‌اند. علاوه بر رفتار بلند مدتِ سهمي سري‌هاي زماني، استان اصفهان سه فاز باراني تجربه نموده است. مرطوب‌ترين و خشك ترين سال‌ها طي دوره آماري ۱۹٦۹- ۲۰۰۰ به ترتيب در سال ۱۹٦۹ و سال ۱۹۸۵ رخ داده است.

## منابع


۱- حافظ نيا ، محمد رضا، آب و تنش‌هاي اجتماعي- سياسي، مطالعه موردي: گناباد، فصلنامه تحقيقاتي جغرافيايي شماره ٦٦-٦٥، ۱۳۸۱.

۲- حيدري، حسن، تحليل عناصر اقليمي ايران به منظور ارائه يك الگوي طبقه بندي، پايان نامه دكتري، تهران: دانشگاه تربيت مدرس، تهران، ۱۳۷۸.

۳- خردمندنيا، منوچهر و عساكره، حسين، الگوسازي *ARIMA* براي متوسط درجه حرارت سالانه در جاسك ، سومين سمينار احتمال و فرآيندهاي تصادفي، دانشگاه اصفهان ۷ و ۸ شهريور، ۱۳۸۰.

٤- رحيمي بندرآبادي، سيما و مهديان، محمد حسين، بررسي تغييرات مكاني بارندگي ماهانه در مناطق خشك و نيمه خشك جنوب شرق ايران، سومين كنفرانس منطقه‌اي و اولين كنفرانس ملي تغيير اقليم، دانشگاه اصفهان ۲۹ مهر تا اول آبان ۱۳۸۲.

۵- رضايي، عبدالمجيد و سلطاني، افشين، مقدمه‌اي بر تحليل رگرسيون كاربردي، انتشارات دانشگاه صنعتي اصفهان، ۱۳۷۷.

٦- رندو، جي. ام، ترجمه خدايار‌ي، علي اصغر، اصول زمين آماري، انتشارات جهاد دانشگاهي دانشگاه صنعتي اصفهان، ۱۳۷۱.

۷- عليجاني، بهلول، رابطه پراكندگي مكاني مسيرهاي سيلكوني خاورميانه با سيستم‌هاي هواي سطح بالا، فصلنامه تحقيقات جغرافيايي، شماره ٤، ۱۳٦٦.

۸- غيور، حسنعلي و مسعوديان، ابوالفضل ،بررسي نظام تغييرات مجموع بارش سالانه در ايران زمين، مجله نيو از شماره ۲۹، ۱۳۷۵.

۹- كاوياني، محمدرضا، تحليلي آماري از رژيم بارندگي ايران، مجله رشد آموزش جغرافيا شماره ۱۲، ۱۳۷۲.

۱۰- مدفي، حسن، مباني زمين آمار، انتشارات دانشگاه اميركبير، ۱۳۷۳.


Archive of SID

www.SID.ir

۱۱- مسعوديان، سيد ابوالفضل، تحليل ساختار دماي ماهانه ايران، مجله پژوهـشي دانـشگاه اصـفهان علـوم انساني شماره ۱ و ۲، ۱۳۸۲،

۱۲- ويي، ويليام. دبليو. اس، ترجمه‌ی حسينعلي نيرومند، تحليل سريهاي زماني، مشهد: انتشارات دانـشگاه فردوسي، ۱۳۷٦.

13. Biau Gerard, Zorita Ednardo, Von Storch Hans and Wackernagel Hanse. (1999). *"Estimation of precipitation by kriging in the EOF space the sea level pressure field"*. Journal of climate Vol. 12. 1070-1085.
14. Bloomfield, peter. And Nychka, Douglas. (1992). *Climate Spectra and Detecting Climate Change*. Climatic Change. 21: 275-287.

Archive of SID

www.SID.ir