

دکتر حسنعلی غیور

سید ابوالفضل مسعودیان، دانشجوی دکتری جغرافیا

دانشگاه اصفهان

شماره مقاله: ۳۹۱

## بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها در ایران

Dr. Hassan Ali Ghayoor

Seyyed Aboufazel Masoodian, Geography doctoral candidate

University of Isfahan

### The Magnitude, Area, and Frequency (MAF) of Droughts in Iran

Drought in Iran causes a lot of serious damages every year especially in arid and semi - arid areas. Yet the number of studies investigating this particular phenomenon is insufficient. Chbouck et al. (1995) in a study of Time - Area - Variation in Morocco using the kriging method found a significant relationship between drought occurrence and the pattern of synoptic systems.

Studies investigating the variation of precipitation in terms of time and space using the same method in Iran have shown that this method is applicable for the creation of isohyete maps in the country (Ghayoor and Masoodian, 1996).

In this study an attempt has been made to discover the laws underlying the Magnitude - Area - Frequency of droughts in Iran based on the annual isohyete maps created by kriging method.

#### مقدمه

خشکسالی، زیانهای سنگینی به اقتصاد کشورها بخصوص مناطق خشک و نیمه خشک وارد می سازد. با این حال پژوهشهایی که از دیدگاه جغرافیایی به تجزیه و تحلیل این پدیده پرداخته و شناختی از نظام تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی فراهم آورده باشند، چندان زیاد نیست. در این میان

(چوک و دیگران، ۱۹۹۵)<sup>۱</sup> کوشیده‌اند تا با روش میانابیی کریجینگ<sup>۲</sup> الگوی زمانی - مکانی خشکسالیهای مراکش را شناسایی کنند. آنان پس از کشف ساختار زمانی - مکانی خشکسالیها، تلاش می‌کنند تا این الگوها را با سیستمهای سینوپتیک توضیح دهند.

بررسیهایی که دربارهٔ نظام تغییرات زمانی - مکانی بارش سالانهٔ ایران انجام شده است نشان می‌دهد که الگوی زمانی - مکانی بخوبی با روش میانابیی «کریجینگ» قابل پیش‌بینی است (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵). بنابراین انتظار می‌رود برای به دست آوردن قواعد حاکم بر بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی در ایران بتوان از نقشه‌های همبارشی که به روش «کریجینگ» فراهم شده، بهره برد.

### خشکسالی و انواع خشکسالیها

خشکسالی عبارتست از کمبود بارش در دوره‌ای بلندمدت به نحوی که باعث کمبود رطوبت در خاک و سبب کاهش آبهای جاری شود و بدین طریق فعالیتهای انسانی و حیات طبیعی گیاهی و جانوری را بر هم زند (باری و چورلی، ۱۹۹۶)<sup>۳</sup>. در اقلیم مختلف مدت زمانی که لازم است از آخرین بارش بگذرد تا آب رودخانه‌ها و رطوبت خاک کاهش محسوسی پیدا کند، یکسان نیست بنابراین نمی‌توان تعریف دقیق و فراگیری از خشکسالی ارائه کرد. به همین دلیل متخصصان هر یک از دیدگاهی متفاوت تعریفی از خشکسالی پیشنهاد کرده‌اند. شمار این تعاریف دست کم به ۱۵۰ مورد می‌رسد.

بطور کلی خشکسالی را می‌توان به چهار نوع تقسیم کرد: خشکسالی اقلیمی، خشکسالی آب‌شناختی، خشکسالی کشاورزی و قحطسالی.

### خشکسالی اقلیمی

از دیدگاه اقلیم‌شناختی هرگاه بارش دریافتی یک محل در یک دورهٔ زمانی معین کمتر از میانگین بارش محل در همان دورهٔ زمانی باشد با خشکسالی روبرو هستیم. بنابراین آستانهٔ بروز خشکسالی کمیتهی جغرافیایی است که مقدار آن از محلی به محل دیگر متفاوت است و به دورهٔ زمانی انتخابی نیز بستگی دارد. این تعریف اقلیمی بسیار ساده و آسان است و نمی‌تواند پیچیده‌گیهای پدیدهٔ خشکسالی را کاملاً تبیین کند. با این حال تعریف یاد شده بر این اصل شهودی استوار است که چون زیوندگان (گیاهان، جانوران، انسانها) هر محل با میانگین بارش دریافتی محل سازگاری یافته‌اند، هرگاه مقدار بارش از حد متوسط کمتر شود اختلالی در حیات آنها پدید خواهد آمد و هر چه مقدار کاهش نسبت به میانگین بیشتر باشد اختلال بیشتری ایجاد خواهد شد. به این ترتیب در این نوشتار معیار بروز خشکسالی،

1- Chbouk etal.

2- Kriging

3- Barry and Chorley

میانگین مجموع بارش سالانه هر محل بوده است.

### خشکسالی آب شناختی

از دیدگاه آب شناختی خشکسالی زمانی پدید می‌آید که ذخایر آبی کاهش محسوسی پیدا کنند و تأمین آب شهرها را با مشکل روبرو سازند.

### خشکسالی کشاورزی

برای متخصصان کشاورزی معیار بروز خشکسالی کاهش چشمگیر تولید محصولات کشاورزی است.

### خشکسالی قحطسالی

شدیدترین و زیانبارترین نوع خشکسالی قحطی است که با تلفات انسانی و مالی محسوس همراه می‌شود.

### علل بروز خشکسالی

همه نقاط جهان بطور موقت و در فواصل زمانی ظاهراً نامنظم دچار خشکسالی می‌شوند ولی اثر این پدیده و در نگاهی گسترده‌تر اثر هر گونه تغییر اقلیمی در مناطق حاشیه‌ای بارزتر و مهمتر است. علل بروز خشکسالیها را باید در ناهنجاریهای گردش عمومی جو جستجو کرد. امروزه بیشتر بر روی «پیوندهای دور»<sup>۴</sup> تکیه می‌شود. پیوند دور عبارتست از ارتباط میان ناهنجاریهای اقلیمی مختلفی که در فواصل دور از یکدیگر روی می‌دهند. مثلاً (گری، ۱۹۹۰)<sup>۵</sup> معتقد است که الگوی بارندگی امریکای غربی با فراوانی و شدت هاریکنهایی که به سواحل ایالات متحده (در اقیانوس اطلس) می‌رسند همبستگی مستقیم دارد.

روابط متقابل جو و اقیانوس نقش بسیار مهمی در این گونه همبستگی دارد. زمانی که دمای آبهای سطحی اقیانوسها کاهش می‌یابد جو پایدارتر شده و شرایط و اچرخندگی حاکم می‌شود. مثلاً خشکسالی شمال غرب اروپا در ۱۹۷۵-۶ به دلیل سردی آبهای سطحی اقیانوس اطلس در شمال مدار ۴۰° شمالی بوده است. در این شرایط جو پایدار شد و فراوانی پرفشارهای مانع در غرب اروپا افزایش یافت (کیت اسمیت، ۱۹۹۲)<sup>۶</sup>. در مجموع خشکسالی بویژه با شرایط زیر همراهند (باری و چورلی، ۱۹۹۲).  
۱- گسترش و حضور پرفشارهای جنب حاره: خشکسالیهایی که در جنوب فلسطین روی می‌دهد با همین پدیده ارتباط دارد. خشکسالیهای ساحل نیز به گسترش پرفشار آزور به سوی شرق و جنوب نسبت داده می‌شود.

۲- تغییرات چرخه موسمیهای تابستانی: این پدیده موجب به تأخیر افتادن یا عدم نفوذ هوای حاره اقیانوسی به داخل خشکی می‌شود. نمونه این خشکسالیها در نیجریه و پنجاب هند روی می‌دهد.

۳- کاهش دمای آبهای سطحی اقیانوس بر اثر تغییر مسیر جریانهای اقیانوسی یا تشدید فرارانش<sup>۷</sup> خشکسالیهای کالیفرنیا و شیلی با همین پدیده ارتباط دارد. به عکس، اگر دمای آبهای سطح اقیانوس در کمربند صفر تا ۱۵° جنوبی در اقیانوس اطلس جنوبی زیاد شود سرزمینهای خشک شمال شرق برزیل بارش خوبی دریافت می‌کنند.

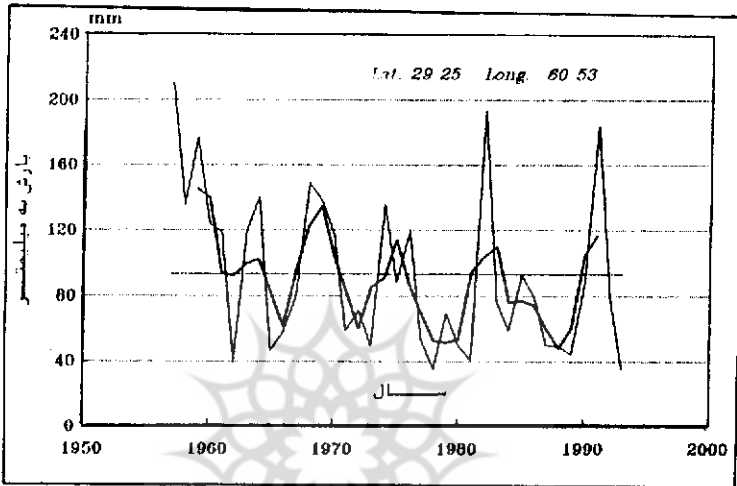
۴- جابه‌جایی مسیر سیستمهای بارانزای عرضهای میانه: این پدیده یا حاصل گسترش بادهای غربی به عرضهای پایتتر است یا به سبب گسترش سیستمهای مانع در عرضهای میانه ایجاد می‌شود. گفته می‌شود که خشکسالیهای دهه ۱۸۹۰ و دهه ۱۹۳۰ در شرق کوههای راکی (پهن‌دشت)<sup>۸</sup> به سبب همین نوع تغییراتی بوده است که در گردش عمومی روی داده است. ولی خشکسالیهایی که در دهه ۱۹۱۰ و ۱۹۵۰ در همین منطقه روی داده به علت وجود یک سیستم پرفشار در جنوب شرق و همچنین جابه‌جایی مسیر سیستمهای بارانزا به سوی عرضهای شمالیتر بوده است.

مسلماً خشکسالیهای شدید و طولانی محصول ترکیب مکانیسمهای مختلفی هستند. مثلاً خشکسالی طولانی ساحل (یک کمربند  $3000 \times 700$  کیلومتری که در جنوب صحرا<sup>۹</sup> از موریتانی تا چاد کشیده شده است) که از سال ۱۹۶۹ آغاز شده و با قوت و ضعف تا سال ۱۹۹۲ هم ادامه داشته است، به عوامل مختلفی نسبت داده می‌شود که این عوامل عبارتند از: گسترش نورد (Vortex) بادهای غربی، جابه‌جایی کمربند پرفشار جنب حاره به سوی استوا، پایین بودن دمای آبهای سطح اقیانوس در شرق اقیانوس اطلس شمالی که موجب کاهش بارش شده‌اند. از سوی دیگر در اثر چرای مفروط و فشار بیش از حد بر مراتع «بیابان‌زایی» سرعت گسترش یافته است. با از میان رفتن پوشش گیاهی آبدوی سطحی افزایش یافته و موجب کاهش بارش شده است.

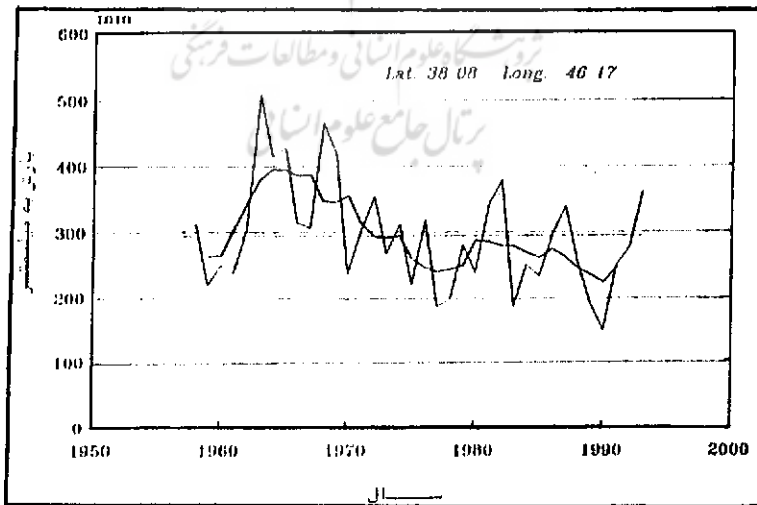
بروز خشکسالی پدیده‌ای است طبیعی که ریشه در تغییرپذیری نهادی دستگاه اقلیم و مهمتر از همه گردش عمومی هوا دارد. همچنان که ویژگیهای زمانی - مکانی تک بارشها تابعی از سیستمهای سینوپتیک پدید آورنده آنهاست، بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها نیز الگوهای مشخصی را نشان می‌دهد که هدف ما شناسایی همین الگوهاست.

هرچند واحد مورد بررسی در این نوشتار کل سرزمین ایران بوده است و ارتباط عمومی بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها برای کل ایران محاسبه شده اما نباید از یاد برد که تغییرات زمانی خشکسالیها در هر محل الگوی ویژه‌ای دارد که برای به دست آوردن اطلاعات دقیقتر باید محاسبه

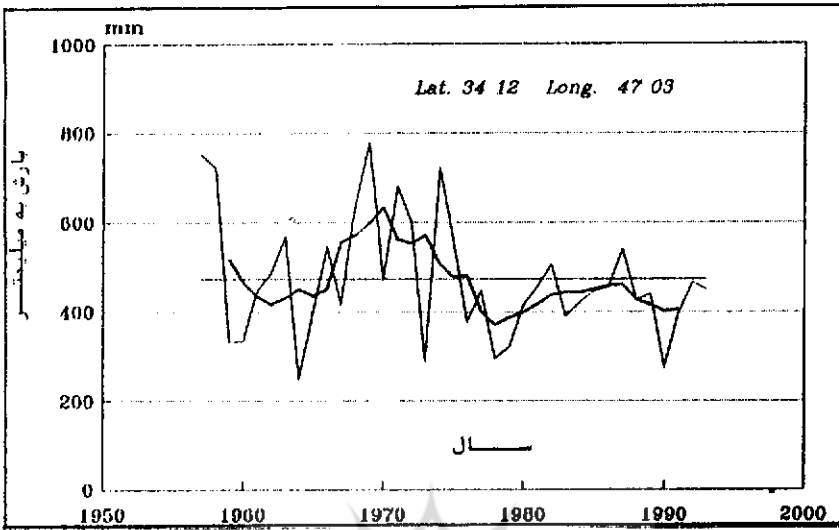
پارامترهای جدولهای بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها براساس داده‌های محلی انجام گیرد. مثلاً مقایسه نمودارهای ۱ تا ۴ روشن می‌سازد که اولاً الگوی تغییرات زمانی خشکسالیها در نقاط مختلف متفاوت است و ثانیاً در حالی که برخی نقاط، خشکسالیهای سختی را تحمل می‌کنند در همان زمان برخی نقاط دیگر دوره ترسالی را تجربه می‌کنند.



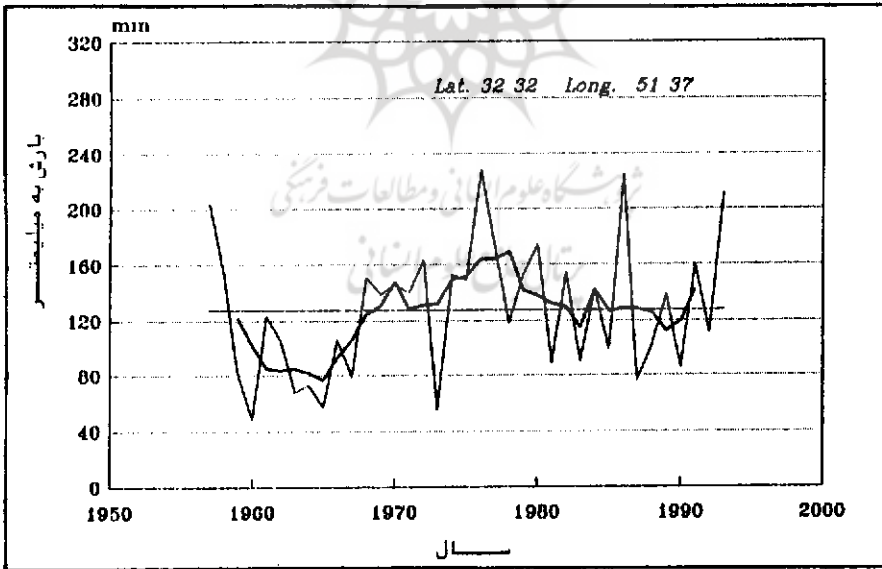
نمودار شماره ۱: تغییرات زمانی مجموع بارش سالانه در  $29^{\circ} 25'$  شمالی و  $60^{\circ} 53'$  شرقی



نمودار شماره ۲: تغییرات زمانی مجموع بارش سالانه در  $38^{\circ} 08'$  شمالی و  $46^{\circ} 17'$  شرقی



نمودار شماره ۳: تغییرات زمانی مجموع بارش سالانه در  $34^{\circ} 12'$  شمالی و  $47^{\circ} 03'$  شرقی



نمودار شماره ۴: تغییرات زمانی مجموع بارش سالانه در  $32^{\circ} 32'$  شمالی و  $51^{\circ} 37'$  شرقی

### روش بررسی الگوی مکانی خشکسالیها - تهیه نقشه خشکسالی

در این نوشتار برای ساده شدن محاسبات خشکسالی بر حسب میانگین و انحراف معیار محلی مجموع بارش سالانه تعریف شده است. براین اساس برای تبدیل یک نقشه همبارش سالانه به نقشه خشکسالی از رابطه زیر استفاده شده است.

$$\text{DROUGHT}(i) = (\text{PAIN}(i) - \text{AVG}) / \text{SD}$$

$\text{DROUGHT}(i)$  نقشه خشکسالی سال  $i$ ،  $\text{PAIN}(i)$  نقشه همبارش سال  $i$ ،  $\text{AVG}$  نقشه همبارش میانگین مجموع بارش سالانه (۱۹۵۷-۱۹۹۳) و  $\text{SD}$  نقشه انحراف معیار مجموع بارش سالانه (۱۹۵۷-۱۹۹۳) است.

محاسبه نقشه خشکسالی با توجه به اصول جبر نقشه‌ها و براساس رابطه بالا انجام می‌گیرد. هر یک از یاخته‌هایی که بر روی نقشه خشکسالی یک سال معین مقادیر منفی داشته باشند، دچار خشکسالی شمرده می‌شوند. این نقشه‌ها این امکان را فراهم می‌آورند تا اولاً بتوان گستره‌هایی را که در هر سال معین دچار خشکسالی یا ترسالی بوده‌اند، شناسایی کرد؛ ثانیاً شدت خشکسالی و ترسالی آنها را مشخص نمود و ثالثاً فراوانی زمانی و مکانی خشکسالیهای با شدت معین را محاسبه کرد.

در این پژوهش از همه داده‌های ایستگاههای سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی سالهای ۱۹۵۷ تا ۱۹۹۳ (طول دوره ۳۷ سال) استفاده شده است. به این ترتیب برای برآورد نقشه‌های همبارش، در مجموع ۱۷۳۳۲ مشاهده اولیه وجود داشت که با توجه به مساحت کشور ( $1621836 \text{Km}^2$ ) میانگین چگالی مشاهدات تقریباً یک ایستگاه برای هر ۳۵۰۰ کیلومترمربع بوده است. محاسبات انجام شده بر روی این داده‌ها مشخص کرد که اگر اندازه یاخته‌های نقشه همبارش برآوردی، حدود ۲۰۰ کیلومترمربع باشد، نقشه حاصله واقعیت تغییرات مکانی بارش را بخوبی توضیح خواهد داد. به این نحو هر نقشه همبارش دارای حدود ۸۱۰۰ یاخته مربعی  $14 \times 14$  کیلومتر است. موضع یاخته‌های نقشه‌های همبارش سالهای مختلف را می‌توان چنان تعریف کرد که بر هم منطبق باشند. در آن صورت امکان ردگیری تغییرات زمانی بارش سالانه هر نقطه دلخواه به آسانی فراهم می‌شود (به نمودارهای ۱ تا ۴ نگاه کنید). برای برآورد بارش سالانه هر یک از یاخته‌ها از مشاهدات سه ایستگاه پیرامون که تا مرکز یاخته کمترین فاصله را داشته‌اند، استفاده شده است. به این ترتیب برای بارش نقطه‌ای مانند  $x$  و  $y$  داریم:

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^3 w_i P(x_i, y_i) \quad \sum_{i=1}^3 w_i = 1$$

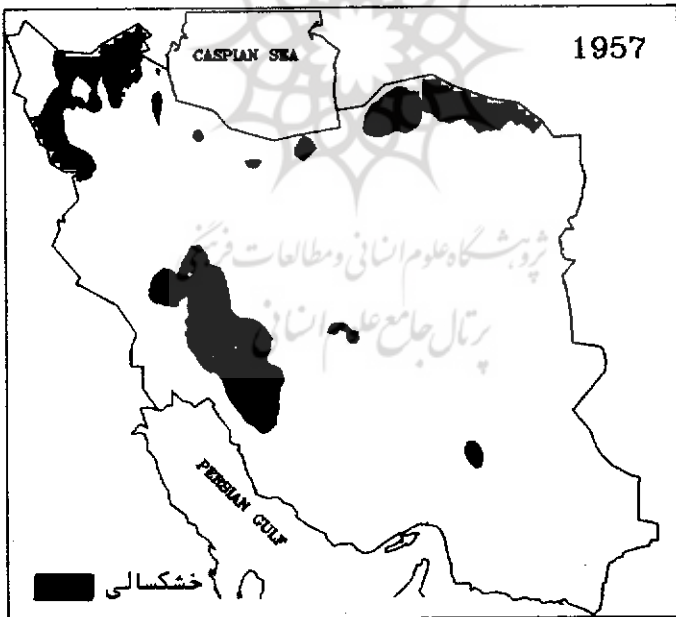
$P(x, y)$  بارش سالانه برآورد شده برای نقطه  $x, y$ ;  $P(x_i, y_i)$  بارش سالانه مشاهده شده در ایستگاه  $i$

به مختصات  $x_i, y_i$  و  $w_i$  وزن منسوب به ایستگاه  $i$  است. وزن ایستگاهها باید چنان تعیین شود که پراش برآوردها را کمینه کند (مدنی، ۱۳۷۳) یعنی:

$$\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \{P(x_i, y_i) - P(x_i, y_i)\}^2$$

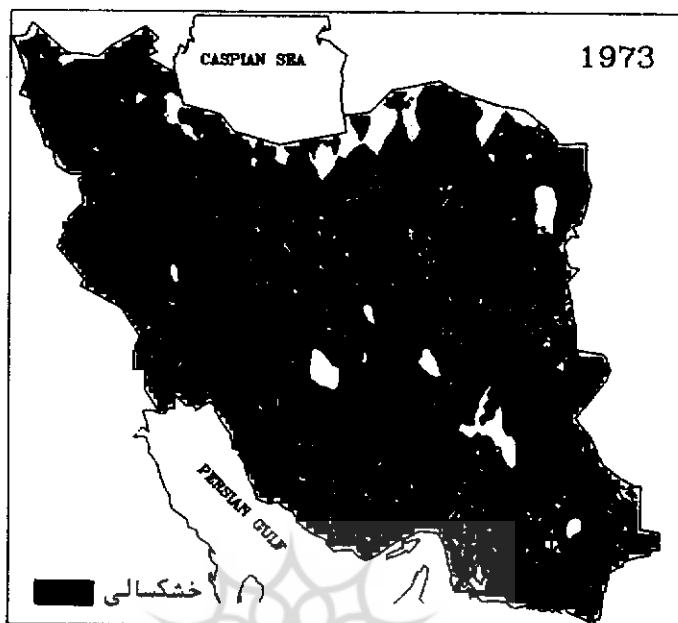
### تغییرات زمانی گستره خشکسالیها

با توجه به تعریف داده شده از خشکسالی که مبنای محاسبه نقشه‌های خشکسالی قرار گرفت طبیعی است که گستره خشکسالی در هر سال تابعی از میانگین مجموع بارش سالانه کشور باشد. از مساحی نقشه‌های خشکسالی کل گستره چهار خشکسالی در هر سال محاسبه و در نمودار شماره ۵ نمایش داده شده است. چنان‌که از این نمودار برمی‌آید سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ عموماً پربارش بوده‌اند و به همین سبب گستره خشکسالیها محدود بوده است. در سال ۱۹۵۷ گستره خشکسالیها حداقل (۱۱٪) و در سال ۱۹۷۳ حداکثر (۹۴٪) بوده است (به نقشه‌های شماره ۱ و ۲ نگاه کنید) تغییرات سالانه گستره خشکسالیها در جدول شماره ۱ ثبت شده است.



نقشه شماره ۱: گستره خشکسالیهای سال ۱۹۵۷





نقشه شماره ۲: گستره خشکسالیهای سال ۱۹۷۳

جدول شماره ۱: گستره خشکسالیها و میانگین مجموع بارش سالانه ایران

درصد گستره خشکسالی	میانگین بارش mm	سال	درصد گستره خشکسالی	میانگین بارش mm	سال
۱۷/۲۶	۳۵۹/۳	۱۹۷۶	۱۱/۱۱	۳۸۱/۳	۱۹۵۷
۲۷/۴۸	۳۲۷/۷	۱۹۷۷	۲۹/۲۴	۳۱۸/۴	۱۹۵۸
۶۱/۰۷	۲۴۹/۷	۱۹۷۸	۷۰/۵۴	۲۲۳/۹	۱۹۵۹
۳۸/۶۹	۲۷۵/۳	۱۹۷۹	۶۹/۶۶	۲۱۱/۸	۱۹۶۰
۵۷/۹۲	۲۵۳/۹	۱۹۸۰	۶۸/۴۳	۲۴۱	۱۹۶۱
۵۹/۴۲	۲۵۵/۹	۱۹۸۱	۸۴/۷۲	۲۰۱/۲	۱۹۶۲
۱۶/۷۲	۳۶۵/۳	۱۹۸۲	۶۹/۳۱	۲۳۶/۲	۱۹۶۳
۶۷/۰۴	۲۹۹/۹	۱۹۸۳	۷۳/۸۱	۲۰۰/۴	۱۹۶۴
۶۳/۴۲	۲۴۲/۸	۱۹۸۴	۷۷/۰۷	۲۲۱/۹	۱۹۶۵
۹۲/۱۱	۱۸۴/۱	۱۹۸۵	۸۴/۸۱	۱۹۳/۸	۱۹۶۶

ادامه جدول شماره ۱: گستره خشکسالیها و میانگین مجموع بارش سالانه ایران

سال	میانگین بارش mm	درصد گستره خشکسالی	سال	میانگین بارش mm	درصد گستره خشکسالی
۱۹۶۷	۲۴۰	۶۷/۳۶	۱۹۸۶	۳۰۵	۳۴/۶۷
۱۹۶۸	۲۸۰/۷	۴۴/۶۴	۱۹۸۷	۲۲۲/۳	۷۶/۱۵
۱۹۶۹	۳۱۸/۲	۴۴/۱۰	۱۹۸۸	۲۵۹/۶	۵۷/۶۱
۱۹۷۰	۱۹۷/۳	۸۶/۷۲	۱۹۸۹	۲۱۴/۸	۸۰/۲۴
۱۹۷۱	۱۹۵/۳	۸۲/۹۳	۱۹۹۰	۱۸۴	۸۵/۸۲
۱۹۷۲	۳۴۷/۱	۲۰/۷۲	۱۹۹۱	۲۹۷/۹	۳۰/۴۱
۱۹۷۳	۱۵۴/۳	۹۴/۴۵	۱۹۹۲	۳۱۸	۲۷/۵۶
۱۹۷۴	۳۲۰/۸	۲۸/۹۷	۱۹۹۳	۲۹۰	۴۰/۴۹
۱۹۷۵	۲۵۳/۳	۵۸/۷۲			

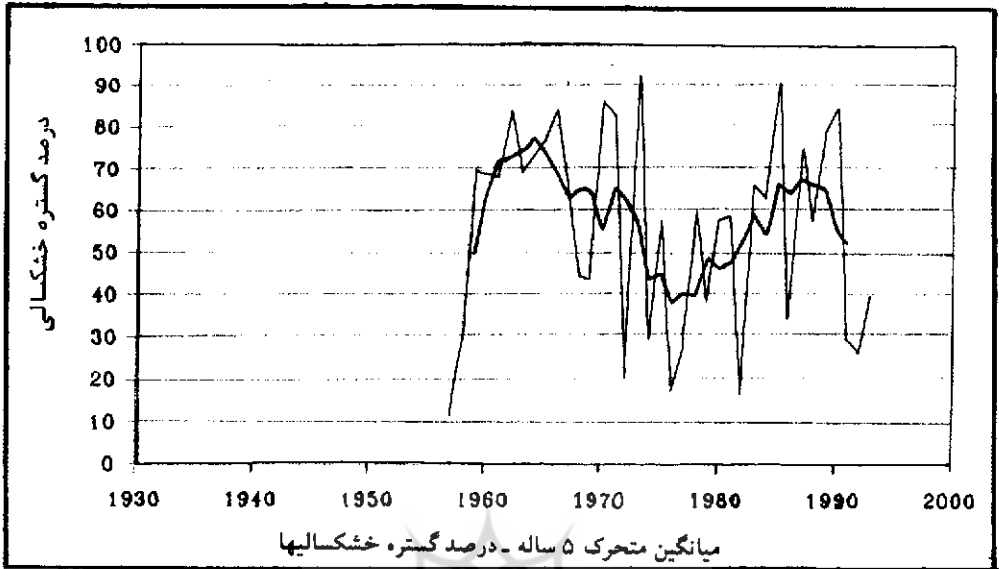
### رابطه میانگین مجموع بارش سالانه و گستره پهنه‌های دچار خشکسالی

با کاهش بارش سالانه تغییرپذیری مکانی بارش افزایش می‌یابد بطوری که به ازاء هر ۱۰۰ میلیمتر افزایش بارش تغییرپذیری مکانی بارش حدود ۱۸٪ افزایش می‌یابد. افزایش تغییرپذیری مکانی بدان معناست که بخشهایی، بارش خیلی زیاد و پهنه‌هایی، بارش بسیار کم دریافت می‌کنند. اگر کم یا زیادی بارش یک پهنه در یک سال معین را نسبت به میانگین بارش همان پهنه بسنجیم، می‌توانیم درباره گستره خشکسالیها و ارتباط آن با میانگین کل بارش کشور آگاهی‌هایی به دست آوریم.

از آن جا که انتظار داریم با کاهش میانگین بارش کشور بر گستره پهنه‌هایی که گرفتار خشکسالی می‌شوند، افزوده شود، می‌توان امیدوار بود که بین این دو متغیر همبستگی معکوس قوی وجود داشته باشد. از مقایسه داده‌های جدول شماره ۱ با یکدیگر رابطه معکوس میانگین مجموع بارش سالانه و گستره خشکسالیها به خوبی درک می‌شود. موضوع قابل تأمل آن است که تنها در ۳۸٪ موارد، گستره پهنه‌هایی که دچار خشکسالی بوده است کمتر از ۵۰٪ بوده است و در ۶۲٪ موارد بیش از نیمی از کشور دچار خشکسالی بوده است (به نمودار شماره ۵ نگاه کنید).

بر پایه محاسبات انجام شده تغییرات میانگین بارش و گستره خشکسالیها از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$DA = (۱۶۳/۱۹۲ \pm ۳/۶۱۸) + (-۰/۴۱۱ \pm ۰/۰۱۴)P$$

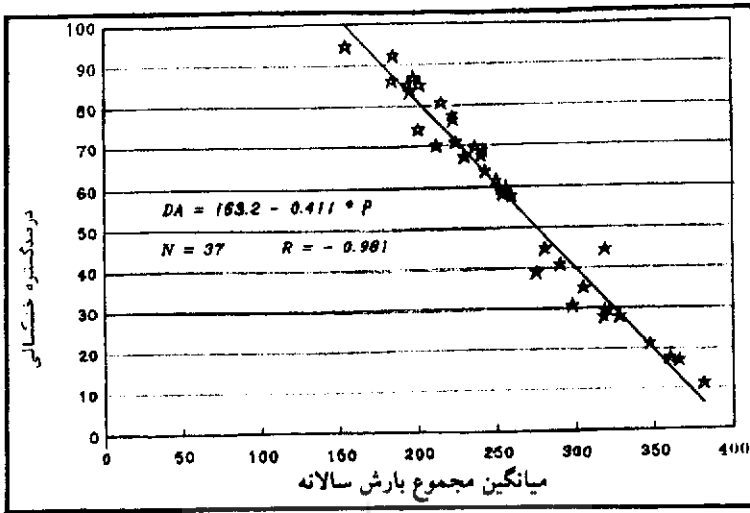


نمودار شماره ۵: تغییرات زمانی گستره سالانه خشکسالیهای ایران

در این جا  $P$  میانگین بارش سالانه کشور به میلیمتر و  $DA$  گستره خشکسالیها به درصد است. براساس این رابطه به ازاء هر ۱۰۰ میلیمتر که بر بارش کشور افزوده می شود درصد پهنه های دچار خشکسالی حدود ۴۱٪ کاهش می یابد و برای آن که دست کم نیمی از کشور دچار خشکسالی نباشد میانگین بارش کشور بایستی دست کم ۲۷۵ میلیمتر باشد. موضوع دیگری که از رابطه یادشده می توان استنباط کرد آن است که تنها در صورتی تمامی کشور از خشکسالی آزاد خواهد بود که میانگین بارش کشور به حدود ۴۰۰ میلیمتر رسیده باشد. در سالهایی که میانگین بارش از ۱۵۲ میلیمتر کمتر باشد خشکسالی بر تمامی کشور حاکم خواهد شد.

به نظر می رسد با توجه به این که پراکنش نقاط در اطراف خط برازنده شده به دو متغیر یاد شده در دامنه داده های مادر، خوب است و ضریب همبستگی حدود ۰/۹۸۱- است (به نمودار شماره ۶ نگاه کنید) رابطه ارائه شده ابزار مناسبی برای برآورد گستره خشکسالیها باشد.

از این گذشته مقدار آماره  $F$  (جدول شماره ۲ را نگاه کنید) بیانگر آن است که رابطه یاد شده در هر سطح اطمینان معقول تأیید می شود.



نمودار شماره ۶: رابطه میانگین مجموع بارش سالانه و گستره خشکالیها

جدول شماره ۲: تجزیه پراش میانگین مجموع بارش سالانه با گستره خشکالیها

				ضرب همبستگی
			۰/۹۸۱۲۴	ضرب تعیین
			۰/۹۶۲۸۴	ضرب تعیین اصلاح شده
			۰/۹۶۱۷۷	خطای معیار
			۴/۷۳۲۰۸	تجزیه پراش
				منبع تغییرات
F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	رگرسیون
۹۰۶/۷۷۶۲۸	۲۰۳۲۲/۲۰۴۴۸	۲۰۳۲۲/۲۰۴۴۸	۱	مانده‌ها
	۲۲/۴۱۱۴۹	۷۸۴/۴۰۲۰۳	۳۵	
				پارامترهای مدل
	T	خطای معیار	B	متغیر
	-۳۰/۱۱۳	۰/۰۱۳۶۵۷	-۰/۴۱۱۲۵۷	بارش
	۲۵/۱۰۵	۳/۶۱۸۰۱۱	۱۶۳/۱۹۱۹۵۵	پارامتر ثابت

محاسباتی که در جدول شماره ۲ خلاصه شده‌اند بیانگر آنند که حدود ۹۶٪ تغییرات گستره

پهنه‌های خشکالی را می‌توان مجموع بارش سالانه کشور، تلقی کرد.

### شناسایی روابط بزرگ، گستره و فراوانی خشکسالیها

مبنای نظری شناسایی روابط بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها همان ایده‌هایی است که در مورد روابط شدت، مدت و فراوانی تک بارشها وجود دارد، نیروی مهیا برای آفرینش یک پدیده، نامحدود نیست بنابراین انتظار داریم هرگاه این نیرو در مدت طولانیتری توزیع شود از شدت پدیده کاسته شود چون در این صورت سهم نیرویی که برای آفرینش پدیده به هر واحد زمان می‌رسد، کاهش یافته است. بر همین اساس انتظار نداریم که در فواصل کوتاه زمانی رویدادهای پرشدتی رخ دهند زیرا انتظار نداریم در فواصل کوتاه زمانی نیروی لازم رویدادها مهیا و فراهم شود<sup>۱۰</sup>. آنچه در این جا اساس برآورد روابط بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی قرار گرفته است همان استدلالی است که بیان شد و می‌توان آن را به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- رویدادهای بزرگ در گستره‌های کوچک روی می‌دهند؛

۲- رویدادهای بزرگ با فواصل زمانی بلند روی می‌دهند؛

۳- رویدادهای بزرگی که گستره‌های بزرگی را می‌پوشانند با فواصل زمانی بلند روی می‌دهند. با توجه به فرضیات بالا الگوی ریاضی رابطه بزرگی و گستره خشکسالی را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$m \frac{a}{b + Ar}$$

در این مدل  $m$  متوسط شدت خشکسالی بر حسب نمره استاندارد  $Z$ ،  $Ar$  گستره حاکمیت خشکسالی و  $a$  و  $b$  پارامترهای مدل هستند که مقدار آنها به ازای دوره‌های بازگشت مختلف متفاوت است. برای برآورد پارامترهای این مدل نخست مقادیر یاخته‌های نقشه‌های خشکسالی به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. سپس میانگین وزنی شدت خشکسالی روی مساحت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ... درصدی محاسبه می‌شود. به این ترتیب در هر سال شدت متوسط خشکسالی بر روی گستره‌های معین به دست می‌آید و می‌توان توزیع فراوانی شدت خشکسالیها را بر هر یک از گستره‌های از پیش تعیین شده برآورد کرد. محاسباتی که بر روی شدت و گستره خشکسالیهای ایران در فاصله سال ۱۹۵۷ تا ۱۹۹۳ انجام گرفته است نشان می‌دهد که توزیع فراوانی شدت خشکسالیها از نوع نرمال لگاریتمی سه پارامتری است. بر این اساس شدت متوسط خشکسالی روی گستره‌های مختلف به کمک مدل احتمال نرمال لگاریتمی سه پارامتری برای چند دوره بازگشت محاسبه شده است (جدول شماره ۳). داده‌های

۱۰- همین ایده درباره گستره وقوع رویداد نیز معتبر است. به بیان دیگر هرگاه نیروی پدیدآورنده رویداد برگستره‌ای

به‌ناور توزیع شود از شدت متوسط رویداد کاسته خواهد شد.

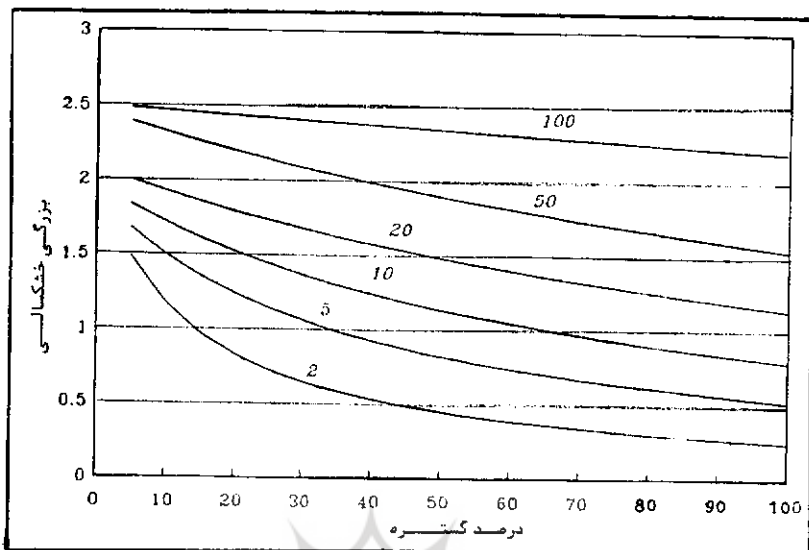
این جدول مبنای برآورد پارامترهای مدل‌های بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها قرار گرفته‌اند و مقادیر آنها در جدول شماره ۴ ثبت شده است. در مجموع، این مدلها بویژه برای دوره‌های بازگشت کوتاه از اعتباری آماری برخوردارند و می‌توانند میانگین شدت خشکسالیهایی را که با دوره بازگشت معین روی گستره‌های دلخواه روی می‌دهند، پیش‌بینی کنند (به نمودار شماره ۷ نگاه کنید).

جدول شماره ۳: داده‌های بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیهای سرزمین ایران

دوره بازگشت به سال	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰
گستره خشکسالی به درصد					
۵	۱/۲۹۵	۱/۶۲۲	۱/۸۲۵	۲/۰۱۱	۲/۲۴۴
۱۰	۱/۱۱۸	۱/۴۵۵	۱/۶۷۰	۱/۸۷۱	۲/۱۲۶
۱۵	۰/۹۸۰۸	۱/۳۴۷	۱/۵۸۹	۱/۸۲۲	۲/۱۲۶
۲۰	۰/۸۶۴	۱/۲۵۵	۱/۵۲۶	۱/۷۹۲	۲/۱۴۹
۲۵	۰/۷۸۴	۱/۱۷۶	۱/۴۵۴	۱/۷۳۳	۲/۱۱۰
۳۰	۰/۶۶۴۸	۱/۰۸۱	۱/۳۹۴	۱/۷۲۰	۲/۱۷۹
۳۵	۰/۵۹۱	۱/۰۰۳	۱/۳۲۳	۱/۶۶۳	۲/۱۵۰
۴۰	۰/۵۳۸۴	۰/۹۳۸۲	۱/۲۵۵	۱/۵۹۵	۲/۰۸۹
۴۵	۰/۴۵۵۲	۰/۸۴۶۰	۱/۱۷۰	۱/۵۲۹	۲/۰۶۶
۵۰	۰/۴۳۰۲	۰/۸۰۳	۱/۱۱۳	۱/۴۵۷	۱/۹۷۳
۵۵	۰/۴۱۰۳	۰/۷۶۸۵	۱/۰۶۷	۱/۳۹۹	۱/۸۹۷
۶۰	۰/۳۱۸۸	۰/۶۵۴۳	۰/۹۵۲۹	۱/۳۰۰	۱/۸۴۳
۶۵	۰/۲۶۷۹	۰/۵۷۸۵	۰/۸۶۵	۱/۲۰۶	۱/۷۵۳
۷۰	۰/۱۶۶۵	۰/۴۱۴۳	۰/۶۶۷۳	۰/۹۸۹۲	۱/۵۴۰

جدول شماره ۴: مدل‌های بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیهای سرزمین ایران

دوره بازگشت به سال	اندازه نمونه	a	b	r
۲	۱۱	۲۸/۳۶۰	۱۴/۱۶۸	۰/۹۹۳۰۶
۵	۱۱	۷۱/۸۱۱	۳۷/۹۵۷	۰/۹۹۶۳۳
۱۰	۱۱	۱۳۱/۸۲۴	۶۶/۸۲۶	۰/۹۹۵۱۶
۲۰	۱۱	۲۵۳/۱۳۱	۱۲۱/۴۳۰	۰/۹۹۳۷۸
۵۰	۱۴	۴۰۹/۸۵۲	۱۶۶/۶۳۵	۰/۸۶۵۵۵



نمودار شماره ۷: منحنیهای بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالیها در سرزمین ایران

### منابع و مأخذ

- ۱- غیور، حسنعلی و مسعودیان، سیدابوالفضل، «بزرگی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین» نیوار ۲۹، بهار ۱۳۷۵، ص ۲۷-۶.
- ۲- مدنی، حسن، «مبانی زمین آمار» دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۳.
- 3- Barry, R. G. and chorley, R. J., "*Atmosphere, weather and climate*", sixth edition, Routledge, 1992.
- 4- Chbouki, Nabil et al., "Spatio - temporal patterns of Drought in Morocco", *International Journal of Climatology*, vol. 15, No. @ , p. 187, Feb. 1995.
- 5- Gray, W. M., "strong association between west African rainfall and U. S. landfall of intense hurricanes" *Science* 249, 1990, p. 251-256.
- 6- Smith, Keith, "*Environmental hazards*", Routledge, 1992.