



## A Model for Prediction of Annual Precipitation in Kerman Province

Sh. Karimi-Googhari<sup>1</sup>, A. R. Sepaskhah<sup>2</sup>

### Abstract

Prediction of annual precipitation usually guarantees success in dry-farming and promises a better pasture management. In this research, the long-term observed daily precipitation for 28 different stations in Kerman province was analyzed. Starting from the first day of autumn, a good linear relationship is obtained between the days with 47.5 mm precipitation ( $t_{47.5}$ , day), and the amount of annual precipitation ( $p_a$ , mm). Furthermore, to increase the correlation coefficient of this relationship, long-term mean annual precipitation ( $P_{ma}$ , mm), elevation, longitude, and latitude for each station were also used in the multiple regression analysis. The results showed that none of these factors (i.e., elevation, longitude and latitude) could improve the correlation coefficient. The independent variables were  $P_{ma}$  and  $t_{47.5}$ . As another independent variable, temperature of the water in Persian-Gulf (south of region) in the water-air frontage were added. The three-month cumulative surface temperatures in autumn ( $T_{au}$ , °C), improved the correlation coefficient of the multiple regression. These final equations were used to predict the annual rainfall in Baft-soltanee station. The results showed that the both simple models could predict wet and dry years sufficiently well but the error of estimation in the second model was lower.

**Keywords:** Prediction, Annual Rainfall, Sea Surface Temperature, Recurrence Interval.

## ارائه مدلی جهت تخمین بارندگی سالانه در استان کرمان

شهرام کریمی گوغری<sup>۱</sup> و علیرضا سپاسخواه<sup>۲</sup>

### چکیده

پیش دید میزان بارش، موفقیت در کشت دیم و مدیریت بهتر مراتع را تا حد زیادی تضمین می‌کند. در این تحقیق با تجزیه و تحلیل آمار بارندگی روزانه ایستگاه‌های مختلف هواشناسی استان کرمان که دارای آمار بارندگی روزانه طولانی مدت (حداقل ۲۸ ساله) بودند، مشاهده گردید که فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی‌متر باران تجمعی از ابتدای پاییز ( $t_{47.5}$ ، حسب روز) با میزان بارندگی سالانه ( $P_a$ ، حسب mm) رابطه‌ای معنی‌دار دارد. همچنین جهت بالا بردن ضریب همبستگی رابطه فوق‌الذکر از مشخصات ایستگاه‌ها شامل میانگین دراز مدت بارندگی سالانه ( $P_{ma}$ ، حسب mm)، ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی استفاده شد که تأثیر معنی‌داری در رابطه‌ای که متغیرهای مستقل آن میانگین دراز مدت بارندگی سالانه و  $t_{47.5}$  بود ایجاد نکرد. در نهایت عوامل مستقل مربوط به دمای سطح آب خلیج فارس در رابطه آزمون شدند. در این بررسی مجموع دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در پاییز ( $T_{au}$ ، حسب درجه سانتی‌گراد) تأثیری هر چند کم، در افزایش ضریب همبستگی رابطه نهایی گذاشت. بدین ترتیب رابطه‌ای بین  $T_{au}$  و  $t_{47.5}$  و  $P_{ma}$  و مقدار بارندگی سالانه به دست آمد. علامت ضریب  $T_{au}$  و  $t_{47.5}$  در این رابطه منفی می‌باشد. آزمون مدل‌های ساده ارائه شده در ایستگاه بافت سلطانی نشان داد که هر دو مدل روند سال‌های زراعی کم آب و پرآب را به‌خوبی دنبال می‌کند و میزان خطا در مدل ساده دوم کمتر از خطای مدل اول است.

**کلمات کلیدی:** پیش دید، بارندگی سالانه، دمای سطح آب، فاصله زمانی وقوع.

1- Irrigation Department, Islamic Azad University, Kerman  
2- Irrigation Department, Shiraz University, Shiraz, Iran

۱- بخش آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان  
۲- بخش آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

## ۱- مقدمه

همبستگی منفی بین درجه حرارت سطح آب خلیج فارس در زمستان و بارندگی فصلی در منطقه جنوب کشور وجود دارد. هدف از این پژوهش بررسی وجود رابطه بین طول فاصله زمانی وقوع رگبارهای اولیه فصل بارندگی از روز اول پاییز با مقدار بارندگی سالانه و ارائه مدلی ساده جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه در استان کرمان می‌باشد.

## ۲- روش تحقیق

در این تحقیق آمار بارندگی بیش از ۲۰ ایستگاه شامل ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی مربوط به استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. از میان آنها تعداد ۱۱ ایستگاه که حداقل دارای ۲۸ سال آمار متوالی و یا امکان تطویل آمار هر ایستگاه به ۲۸ سال وجود داشت جهت تجزیه و تحلیل انتخاب گردید. در هر یک از ایستگاه‌ها در هر سال آماری طول فاصله زمانی وقوع  $37/5$ ،  $42/5$ ،  $47/5$  میلی‌متر بارندگی از ابتدای فصل پاییز همراه با مقدار بارندگی محاسبه و استخراج شد لازم به ذکر است این مقادیر دامنه‌ای برای تعیین مقدار مشخص بارندگی می‌باشند. همچنین بارندگی  $37/5$  میلی‌متر یک مقدار آستانه‌ای ماهیانه جهت پیش‌بینی توسط Newman (1963) ارائه شده است.

در ایستگاه‌هایی که دارای آمار ناقص بودند از رابطه همبستگی خطی بین ایستگاه‌ها (مهدوی، ۱۳۷۴) جهت بازسازی آمار استفاده گردید. برای کنترل همگنی آمار از آزمون تعین روند استفاده شد (علیزاده، ۱۳۶۸). پس از کنترل تصادفی بودن آمار با استفاده از نرم‌افزار REGIOPCOR رابطه همبستگی خطی و غیرخطی بین طول فاصله زمانی وقوع هر یک از مقادیر  $37/5$ ،  $42/5$ ،  $47/5$  میلی‌متر باران از ابتدای پاییز، (حسب روز) با مقدار بارندگی سالانه (حسب میلی‌متر) با استفاده از آمار ۲۸ ساله در هر ایستگاه صورت گرفته و اعتبار آن از طریق آزمون  $t$  با سطح معنی دار  $5\%$  و  $1\%$  بررسی گردید. با مشخص شدن ضریب همبستگی در معادلات خطی و غیر خطی بین بارندگی سالانه و طول فاصله زمانی وقوع هر یک از مقادیر  $37/5$ ،  $42/5$ ،  $47/5$  میلی‌متر باران از ابتدای پاییز در هر ایستگاه، ضرایب همبستگی به دست آمده بررسی گردید و از آنجایی که در اکثر ایستگاه‌ها ضریب همبستگی مربوط به مقدار  $47/5$  میلی‌متر در معادلات خطی و غیرخطی بیشتر از ضریب همبستگی مربوط به سایر مقادیر بود، مقدار  $47/5$  میلی‌متر به عنوان مناسب‌ترین مقدار جهت محاسبه طول فاصله زمانی وقوع باران از ابتدای پاییز انتخاب شد. سپس رابطه همبستگی چندگانه بین مقدار سالانه، طول فاصله زمانی وقوع  $47/5$  میلی‌متر باران از ابتدای پاییز، میانگین دراز مدت بارندگی سالانه

آبیاری نقش رو به گسترشی در احیای اراضی نیمه خشک دارد. ولی تولید در قسمت اعظم اراضی زراعی و باغی بستگی به در دسترس بودن و کاربرد آب باران دارد. بواسطه نوسانات در توزیع و مقدار بارندگی سالانه، برنامه‌ریزی استفاده از آن بسیار دشوار است. نزولات جوی در سال تر می‌تواند چندین برابر مقدار آن در یک سال خشک باشد. چنانچه تخمین مناسبی از میزان بارندگی در کوتاه مدت و بلند مدت میسر شود برنامه‌ریزی و مدیریت آب و خاک را می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشید.

استان کرمان در جنوب شرقی فلات مرکزی ایران واقع شده است. سطح بسیار وسیعی از استان کوهستانی بوده و دیم‌کاری در آن محدود است. در مرتع‌داری پیشرفته کاربرد روشی جهت تخمین مقدار بارندگی سالانه در ابتدای فصل زراعی بسیار مهم است. تنها شهرستان بافت در این استان دارای ۷۵۰ هزار هکتار مرتع می‌باشد که دامداری را در این شهرستان بسیار رونق داده است.

Stewart (1988) سیستمی را برای پیش‌بینی بارندگی توصیف نمود که می‌تواند به عنوان راهنما برای تصمیم‌گیری فصلی کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. مقدار بارندگی و به همان اندازه مدت و شدت آن در فصلی که در پیش روست همگی با تاریخ شروع بارندگی‌ها ارتباط و همبستگی دارند. تاریخ شروع بارندگی موثر روزی در نظر گرفته می‌شود که مقدار معینی رطوبت (مثلاً  $40$  میلی‌متر) حاصل از بارندگی در خاک ذخیره شده باشد. آماده‌سازی زمین، مقدار کود به کار رفته، سطح زیر کشت و تصمیم‌گیری‌های دیگر همگی می‌توانند تحت تأثیر تاریخ شروع بارندگی‌ها و مقدار بارندگی در اول فصل بارش باشد. در این راستا می‌توان به تحقیقات شافعی و سپاسخواه Sepaskhah and Taghvae (2006) در استان فارس، (1374) در استانهای غرب کشور اشاره کرد. تاریخ وقوع اولین بارش‌ها براساس تحقیقات Sivakumar (1988) و Huda (1994) در برخی اقلیم‌ها در فصل زراعی با طول دوره زراعی تا حدود زیادی مرتبط است. با توجه به این ارتباط و همچنین با بهره‌گیری از آمار دراز مدت بارندگی، ضمن تعیین طول دوره رشد با احتمال‌های مختلف می‌توان گیاهی با دوره رشد هماهنگ با فصل رویش پیش‌بینی شده برگزید (Rees et al., 1990: Sivakumar, 1988):  
Khalfaui, 1991) قاسمی و سپاسخواه (1383) نشان دادند که در استان خوزستان هر چه بارندگی تجمعی از ابتدای پاییز تا رسیدن به مقدار معینی به تعویق بیفتد، مقدار بارندگی سالانه کاهش می‌یابد. همچنین Nazemosadat et al. (1995) گزارش کردند که یک

میلی‌متر بود لذا فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی‌متر به عنوان مبنای محاسبه انتخاب گردید .

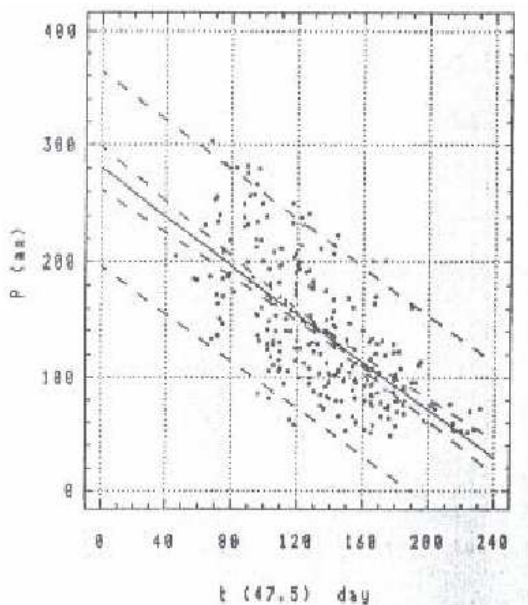
معادله ساده خطی یک متغیره بدلیل سادگی کاربرد و معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ در تمامی ایستگاه‌ها و معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ در هفت ایستگاه از ۱۱ ایستگاه و دارا بودن ضریب همبستگی بیشتر در اکثر ایستگاه‌ها نسبت به سایر معادلات به عنوان بهترین معادله انتخاب شد .

در مرحله بعد رابطه فاصله زمانی لازم برای نزول ۴۷/۵ میلی‌متر باران از اول پاییز و بارندگی سالانه با استفاده از تمام آمار ایستگاه‌ها و رابطه همبستگی خطی بررسی شد و حاصل آن به صورت زیر ارائه می‌شود :

$$P_a = 280.41 - 1.047 * t_{47.5} \quad (1)$$

$$(R^2 = 0.47, P \leq 0.001, n = 273, SE = 41.63)$$

که در آن  $P_a$  بارندگی سالانه به میلی‌متر و  $t_{47.5}$  زمان نزول ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز به روز می‌باشد . این رابطه در سطح بالایی معنی‌دار است . شکل (۱) نمودار معادله (۱) را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - نمودار معادله خطی بین بارندگی سالانه و  $t_{47.5}$  در استان کرمان با استفاده از کل آمار

(حسب میلی‌متر ارتفاع از سطح دریا (حسب متر) و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها (حسب درجه) توسط نرم افزار STATGRAPHICS صورت پذیرفت. میزان بارندگی در نواحی مجاور خلیج فارس ممکن است با دمای سطح آب آن ارتباط داشته باشد (Nazemosadat et al., 1955). بنابراین جهت بالا بردن ضریب همبستگی رابطه به‌دست آمده جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه در رابطه همبستگی چندگانه عامل دمای سطح آب خلیج فارس نیز وارد گردید . بدین منظور از اطلاعات ۷ ایستگاه که موقعیت آنها در اختیار نبود و دارای دمای ماهانه از سال ۱۹۴۰ الی ۱۹۸۷ میلادی بودند استفاده شد . پس از تعیین میانگین دمای سطح آب خلیج فارس در هر ماه برای دوره آماری در دسترس ، مقادیر مجموع دمای سه ماهه تابستان ، پاییز ، زمستان و بهار و همچنین مجموع دماهای فصلی تابستان و بهار ، تابستان و پاییز و در نهایت مجموع دمای پاییز و زمستان استخراج شد . همچنین از اختلاف مجموع دمای تابستان و زمستان نیز به عنوان یک متغیر مستقل استفاده شد. سپس برای تعیین اثر هر کدام از این موارد در رابطه همبستگی چندگانه با در نظر گرفتن هر یک از این عوامل ، ضرایب معادله به‌دست آمد و ضرایب همبستگی بررسی شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج آزمون روند نشان داد که تمامی داده‌ها همگن می‌باشند . پس از آن در صورت نیاز ، بازسازی داده‌ها ، در ایستگاه‌های ناقص انجام پذیرفت. در بررسی رابطه بین باران سالانه و طول فاصله زمانی وقوع هر یک از مقادیر ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ ، ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز در هر یک از ایستگاه‌ها از معادلات غیر خطی و خطی استفاده شد .

ضرایب به‌دست آمده برای این معادلات در هر ایستگاه و ضریب همبستگی برای دوره‌های وقوع ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ و ۴۷/۵ میلی‌متر بارندگی از ابتدای پاییز در جدول‌های (۱) تا (۳) آورده شده است. شایان ذکر است که ضرایب  $b_1$  ،  $b_2$  ،  $b_3$  ،  $b_4$  ، برای مقادیر مختلف ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ و ۴۷/۵ میلی‌متر ، دارای مقادیر منفی بودند که این امر نشان‌دهنده معکوس بودن رابطه بین بارندگی سالانه و تعداد روزهای لازم برای وقوع هر یک از مقادیر ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ و ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز است ، یعنی هر چه در سال زراعی ریزش باران قابل توجه زودتر آغاز شود ، سال زراعی مورد نظر پرباران‌تر خواهد بود . این مسئله در کشت دیم و مدیریت مراتع بسیار مهم است . در اکثر ایستگاه‌ها ضرایب همبستگی خطی و غیر خطی بین فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی‌متر باران و بارندگی سالانه بیشتر از ضرایب همبستگی خطی و غیر خطی مربوطه برای مقادیر ۳۷/۵ ، ۴۲/۵

جدول ۱- ضرایب معادلات برای فاصله زمانی وقوع ۳۷/۵ میلی متر باران از ابتدای پاییز

P= a <sub>4</sub> + b <sub>4</sub> *log <sup>t</sup>			P= a <sub>3</sub> * 10 <sup>(b<sub>3</sub>)*t</sup>			P= a <sub>2</sub> * t <sup>b<sub>2</sub></sup>			P= a <sub>1</sub> + b <sub>1</sub> * t			نام ایستگاه
R	b <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	R	b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	R	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	R	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	
-۰/۶۹	-۲۶/۵۱	۶۹۲/۳۹	-۰/۶۷۹	-۰/۰۰۲	۳۳۷/۹۰	-۰/۶۶۸	-۰/۷۰۶	۴۲۰۰	-۰/۶۹	-۱/۰۹۹	۲۸۷/۵۳	بندھلاکو
-۰/۵۶	-۱۶۶/۳۸	۴۳۴/۵۰	-۰/۶۱۳	-۰/۰۰۲۷	۲۶۵/۳۶	-۰/۵۹	-۰/۵۵۹	۱۷۳۰/۴	-۰/۵۸	-۰/۸۱۵	۲۳۱/۴۱	داوران اداره کرمان
-۰/۶۶	-۱۸۸/۷۱	۵۱۹/۳۳	-۰/۶۹۵	-۰/۰۰۲	۲۶۰/۱۸	-۰/۶۶	-۰/۶۷۴	۳۰۸۲/۲	-۰/۶۸	-۰/۷۳۷	۲۱۷/۲۲	فردوسیه نوق
-۰/۶۳	-۱۳۳/۸۰	۳۴۵/۹۸	-۰/۵۶۷	-۰/۰۰۱۸	۱۴۴/۲۲	-۰/۵۸	-۰/۶۰۱	۱۵۱۲/۶	-۰/۵۱	-۰/۳۷۹	۱۳۵/۳۹	قریه العرب
-۰/۴۳	-۱۷۱/۳۷	۴۹۳/۴۱	-۰/۳۸۸	-۰/۰۰۱۹	۲۲۱/۸۹	-۰/۳۹	-۰/۵۰۳	۱۴۴۶/۷	-۰/۴۲	-۰/۶۳	۲۱۵/۳	گدازارچوئیه
-۰/۳۵	-۱۶۲/۵۶	۴۸۴/۴۰	-۰/۳۹۲	-۰/۰۰۲	۲۳۴/۶۴	-۰/۳۹	-۰/۵۰۲	۱۵۳۴/۷	-۰/۳۶	-۰/۶۴	۲۲۵/۲	جعفرآباد
-۰/۳۴	-۲۰۶/۷۸	۶۰۳/۱۰	-۰/۴۰	-۰/۰۰۲۴	۳۱۳/۹۲	-۰/۳۸	-۰/۵۸۱	۲۵۹۱/۴	-۰/۳۶	-۰/۸۳	۲۷۶/۳۷	جمیل آباد
-۰/۲۸	-۲۲۵/۹۸	۷۰۰/۲۲	-۰/۳۱۸	-۰/۰۰۱۷	۳۵۳/۶۶	-۰/۳۷	-۰/۳۹۵	۱۴۶۷/۴	-۰/۳۰	-۰/۹۸	۳۴۹/۷۰	کبیسکان
-۰/۳۳	-۳۹۲/۲۷	۱۱۰۵/۲	-۰/۳۸۶	-۰/۰۰۲۷	۶۰۴/۶۷	-۰/۳۲	-۰/۵۷۷	۴۲۷۸/۶	-۰/۳۵	-۲/۰۷	۵۳۰/۱۲	مرادیه
-۰/۶۵	-۲۷۰/۰۰	۶۴۸/۳۷	-۰/۶۶۸	-۰/۰۰۳۶	۳۱۵/۸۰	-۰/۶۶	۱-۰/۳۸	۱۶۳۹۶/۶	-۰/۶۴	-۰/۹۰	۳۳۴/۲۲	یالخری
-۰/۴۵	-۳۴۷/۵۷	۸۷۸/۹۸	-۰/۵۷۱	-۰/۰۰۳۶	۳۶۶/۵۷	-۰/۵۷	-۱/۱۵۳	۳۲۳۲۰/۶	-۰/۴۶	-۱/۱۱	۲۹۵/۹۶	

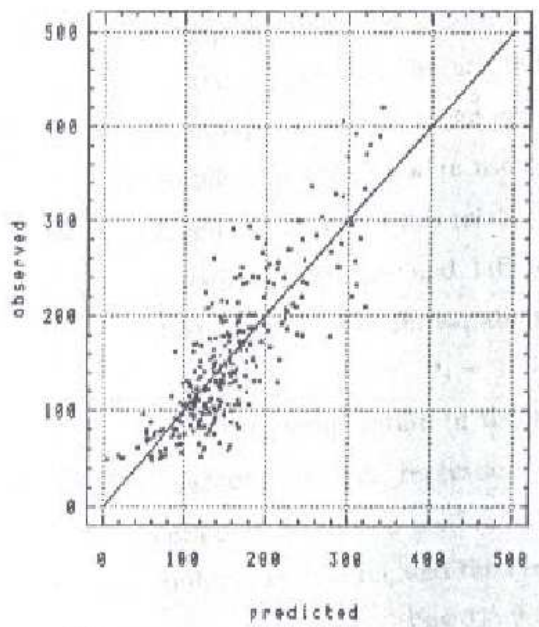
جدول ۲- ضرایب معادلات برای فاصله زمانی وقوع ۴۲/۵ میلی متر باران از ابتدای پاییز

P= a <sub>4</sub> + b <sub>4</sub> *log <sup>t</sup>			P= a <sub>3</sub> * 10 <sup>(b<sub>3</sub>)*t</sup>			P= a <sub>2</sub> * t <sup>b<sub>2</sub></sup>			P= a <sub>1</sub> + b <sub>1</sub> * t			نام ایستگاه
R	b <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	R	b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	R	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	R	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	
-۰/۷۲	-۲۷۰/۰۰	۷۱۶/۲۲	-۰/۷۲	-۰/۰۰۳	۳۴۸/۲۶	-۰/۷۰	-۰/۷۳۶	۴۹۵۸/۶	-۰/۷۳	-۱/۰۸	۲۹۱/۰۹	بندھلاکو
-۰/۵۷	-۱۶۵/۹۳	۴۷۶/۲۲	-۰/۶۲	-۰/۰۰۲۵	۲۵۶/۸۴	-۰/۵۹	-۰/۵۵۴	۱۷۳۲/۵	-۰/۵۸	-۰/۷۵	۲۲۸/۲۸	داوران اداره کرمان
-۰/۶۳	-۱۷۶/۸۹	۴۹۷/۵۵	-۰/۶۵	-۰/۰۰۲۴	۲۴۹/۹۲	-۰/۶۳	-۰/۶۲۵	۲۵۰۳/۹	-۰/۶۵	-۰/۶۷	۲۱۳/۱۱	فردوسیه نوق
-۰/۷۰	-۱۴۰/۱۷	۲۸۴/۱۰	-۰/۶۵	-۰/۰۰۲۱	۱۶۲/۰۹	-۰/۶۵	-۰/۶۸۶	۳۳۶۰/۹	-۰/۶۹	-۰/۴۳	۱۴۵/۶۷	قریه العرب
-۰/۳۸	-۱۵۸/۹۷	۴۶۹/۲۳	-۰/۳۶	-۰/۰۰۱۷	۲۱۲/۸۰	-۰/۳۶	-۰/۴۷۳	۱۲۶۷/۲	-۰/۳۹	-۰/۵۶	۲۰۸/۷۴	گدازارچوئیه
-۰/۳۶	-۱۷۳/۴۳	۵۰۹/۹۲	-۰/۴۰	-۰/۰۰۲۰	۲۵۵/۳۴	-۰/۳۹	-۰/۵۱۳	۱۶۵۲/۷	-۰/۳۷	-۰/۶۹	۳۳۵/۱۷	جعفرآباد
-۰/۴۷	-۲۶۱/۷۸	۷۳۲/۸۴	-۰/۵۴	-۰/۰۰۲۷	۳۶۶/۸۴	-۰/۵۱	-۰/۷۰۸	۴۹۴۱/۴	-۰/۵۰	-۱/۰۲	۳۰۶/۰۶	جمیل آباد
-۰/۳۵	-۲۳۷/۵۴	۸۰۶/۱۷	-۰/۳۸	-۰/۰۰۲۰	۳۹۱/۰۶	-۰/۳۸	-۰/۴۸۴	۲۲۲۷/۵	-۰/۳۶	-۱/۲۰	۳۷۵/۰۰	جمیل آباد
-۰/۳۳	-۳۴۴/۲۷	۱۰۱۶/۲	-۰/۴۰	-۰/۰۰۲۵	۵۶۱/۲۴	-۰/۳۸	-۰/۵۲۵	۳۴۴۹/۴	-۰/۳۵	-۱/۶۸	۵۰۰/۳۴	کبیسکان
-۰/۶۶	-۲۷۷/۵۲	۷۰۵/۸۴	-۰/۶۹	-۰/۰۰۳۶	۳۴۲/۵۲	-۰/۶۸	-۱/۰۱۵۶	۳۰۱۵۶	-۰/۶۷	-۰/۹۲	۲۴۲/۵۶	مرادیه
-۰/۴۷	-۳۶۰/۸۷	۹۱۴/۴۳	-۰/۵۸	-۰/۰۰۳۵	۳۷۵/۹۶	-۰/۵۷	-۱/۱۶۹	۳۶۵۱/۸	-۰/۴۷	-۱/۱۰	۳۰۲/۰۷	یالخری

جدول ۳- ضریب معادلات برای فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی متر باران از ابتدای پاییز

P= a <sub>4</sub> + b <sub>4</sub> *log <sup>t</sup>			P= a <sub>3</sub> * 10 <sup>(b<sub>3</sub>)*t</sup>			P= a <sub>2</sub> * t <sup>b<sub>2</sub></sup>			P= a <sub>1</sub> + b <sub>1</sub> * t			نام ایستگاه
R	b <sub>4</sub>	a <sub>4</sub>	R	b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	R	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	R	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	
-۰/۷۷	-۳۲۲/۷۵	۸۲۹/۲۶	-۰/۷۵	-۰/۰۰۳۳	۲۸۶/۹۶	-۰/۷۵	-۰/۸۹۷	۹۹۸۸/۱	-۰/۷۶	-۱/۲۰	۳۰۸/۳۸	بندھلاکو
-۰/۶۰	-۲۱۱/۳۳	۵۷۶/۵۵	-۰/۶۵	-۰/۰۰۲۸	۲۹۱/۴۲	-۰/۶۳	-۰/۷۰۹	۳۷۸۹/۴	-۰/۶۱	-۰/۸۴	۲۴۴/۰۷	داوران اداره کرمان
-۰/۶۰	-۱۸۱/۱۵	۵۱۰/۵۴	-۰/۶۲	-۰/۰۰۲۲	۲۵۰/۰۲	-۰/۶۰	-۰/۶۳۹	۲۷۶۷/۱	-۰/۶۲	-۰/۶۴	۲۱۳/۴۵	فردوسیه نوق
-۰/۸۱	-۱۶۶/۹۰	۴۴۵/۹۳	-۰/۷۷	-۰/۰۰۲۵	۱۹۸/۲۰	-۰/۷۷	-۰/۸۴۱	۵۳۴۸/۸	-۰/۸۰	-۰/۴۹	۱۶۰/۳۱	قریه العرب
-۰/۴۷	-۱۹۶/۲۶	۵۵۲/۵۳	-۰/۴۳	-۰/۰۰۱۹	۲۳۹/۴۰	-۰/۴۵	-۰/۶۰۸	۲۵۲۰/۰	-۰/۴۵	-۰/۶۳	۲۲۲/۶۲	گدازارچوئیه
-۰/۴۲	-۱۸۷/۶۴	۵۴۲/۶۸	-۰/۴۶	-۰/۰۰۲۱	۲۶۶/۴۰	-۰/۴۵	-۰/۵۵۰	۲۰۱۸/۷	-۰/۴۴	-۰/۷۲	۲۴۲/۴۵	جعفرآباد
-۰/۴۸	-۲۵۸/۰۹	۷۱۷/۳۰	-۰/۵۵	-۰/۰۰۲۷	۳۹۶/۴۰	-۰/۵۲	-۰/۶۹۹	۴۹۵۸/۷	-۰/۵۲	-۱/۰۱	۳۰۷/۰۷	جمیل آباد
-۰/۴۸	-۴۲۶/۴۰	۱۱۱۷/۰	-۰/۴۹	-۰/۰۰۲۷	۴۷۵/۴۸	-۰/۵۲	-۰/۷۳۸	۷۵۶۸/۳	-۰/۴۶	-۱/۵۷	۴۳۲/۶۱	جمیل آباد
-۰/۳۲	-۳۴۰/۳۱	۱۰۰۹/۹	-۰/۳۹	-۰/۰۰۲۵	۵۵۸/۵۵	-۰/۳۷	-۰/۵۲۵	۳۴۱۹/۰	-۰/۳۶	-۱/۶۴	۴۹۸/۰۰	کبیسکان
-۰/۷۵	-۲۶۱/۶۰	۶۷۹/۸۶	-۰/۸۲	-۰/۰۰۳۰	۳۱۰/۴۲	-۰/۸۱	-۱/۰۵۰	۲۰۶۵۲/۳	-۰/۷۵	-۰/۷۴	۲۲۶/۴۷	مرادیه
-۰/۴۹	-۳۹۰/۵۵	۹۸۰/۸۲	-۰/۶۱	-۰/۰۰۳۸	۴۱۶/۲	-۰/۶۰	-۱/۲۶	۵۸۸۰/۲	-۰/۵۱	-۱/۱۸	۳۱۵/۹۵	یالخری

می‌باشد و کمترین تأثیر مربوط به همین عامل در فصل زمستان است. بهترین مدل ساده به صورت زیر قابل ارائه می‌باشد



شکل ۲- نمودار مقادیر مشاهده شده نسبت به برآورد شده از معادله (۲) که متغیرهای مستقل آن  $t_{47.5}$  و میانگین دراز مدت بارندگی سالانه می‌باشند

(۳)

$$P_a = 836 - 0.839 * t_{47.5} - 7.65 T_{au} + 0.597 * P_{ma}$$

$$(R^2 = 0.71, n = 230, P \leq 0.001, SE = 37.7)$$

که در آن  $T_{au}$  مجموع سه ماهه دمای سطح آب خلیج فارس در پائیز می‌باشد. قابل توجه است که  $T_{au}$  معمولاً مربوط به دوره سه ماهه بوده و مقدار  $t_{47.5}$  در استان کرمان بیش از سه ماه می‌باشد. لذا هر دو عامل را می‌توان با هم در یک سال تعیین و در مدل جایگزین کرد گرچه ضریب تعیین معادله (۳) یک درصد از معادله (۲) بیشتر است ولی انحراف معیار آن کمتر می‌باشد و موجب دقت بیشتر معادله می‌گردد.

آزمون مدل‌های ساده (۲) و (۳) در ایستگاه بافت - سلطانی مطابق شکل (۳) نشان داد که هر دو مدل اگر چه تخمینی دقیق از بارندگی در بعضی سال‌ها ندارند ولی روند سال‌های زراعی کم آب را دنبال می‌کند. گرچه میزان بارش در سال‌های پر آب که احتمالاً متاثر از بارش‌های تابستانه مانسون می‌باشد از نتایج مدل پیروی نمی‌کند. به همین دلیل یکی از داده‌های مربوط به سال پر آب کنار گذاشته شد و

برای ارائه مدلی ساده جهت تخمین بارندگی سالانه در استان کرمان رابطه بین بارندگی سالانه  $t_{47.5}$  و دیگر خصوصیات ایستگاه‌های مورد بررسی قرار گرفت که این خصوصیات عبارتند از: طول جغرافیایی حسب درجه، عرض جغرافیایی حسب درجه، ارتفاع از سطح دریا حسب متر و میانگین دراز مدت بارندگی سالانه حسب میلی‌متر. به منظور تعیین رابطه بین باران سالانه و متغیرهای  $t_{47.5}$  طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و میانگین درازمدت بارندگی سالانه از رابطه همبستگی چندگانه خطی استفاده شد. در این مدل‌های ساده  $t_{47.5}$  به عنوان مهم‌ترین متغیر مستقل در کلیه مدل‌ها قرار گرفت و دیگر خصوصیات در صورت دارا بودن اعتبار کافی به عنوان متغیرهای مستقل بعدی وارد مدل‌ها گردیدند. هیچ کدام از عوامل ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی نتوانستند تأثیر معنی‌داری در رابطه‌ای که متغیرهای مستقل آن میانگین دراز مدت بارندگی سالانه و  $t_{47.5}$  بود ایجاد کنند. در نهایت تا این مرحله معادل زیر به عنوان بهترین مدل ساده ارائه شد:

$$P_a = 149.9 - 0.81 * t_{47.5} + 0.695 * P_{ma} \quad (۲)$$

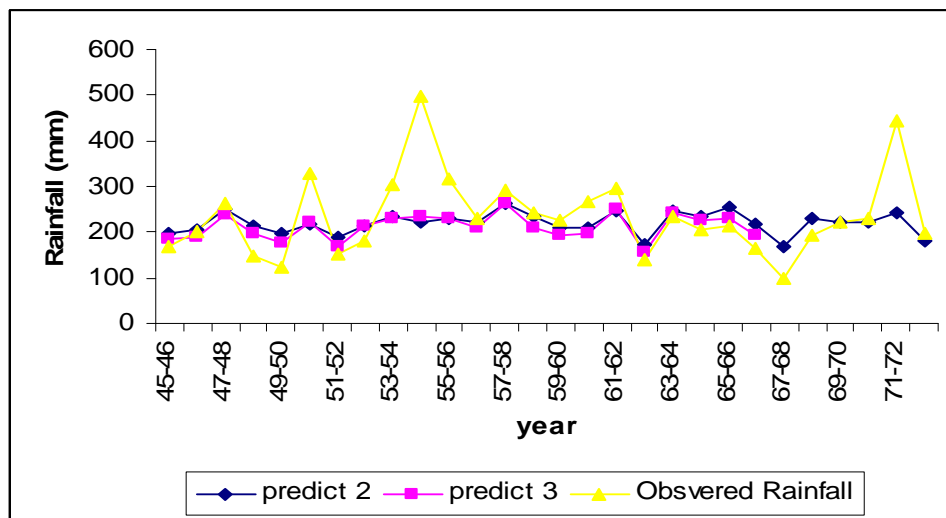
$$(R^2 = 0.70, P \leq 0.001, n = 293, SE = 40.8)$$

که در آن  $P_a$  بارندگی سالانه حسب میلی‌متر و  $P_{ma}$  میانگین درازمدت باران سالانه حسب میلی‌متر می‌باشد. مشاهده می‌شود که در معادله‌های چند متغیره نیز ضرایب عوامل  $t_{47.5}$  منفی است. در این مدل رابطه مستقیم بین  $P_{ma}$  و بارندگی سالانه (ضریب مثبت) نیز منطقی است بدین ترتیب که مطمئناً در ایستگاهی که دارای میانگین بارندگی سالانه بالاست در هر سال انتظار بارش باران زیادی نیز می‌رود. برای مدل ساده (۲) مقادیر بر آورده شده از مدل در برابر مقادیر مشاهده شده در شکل (۲) ارائه گردیده است.

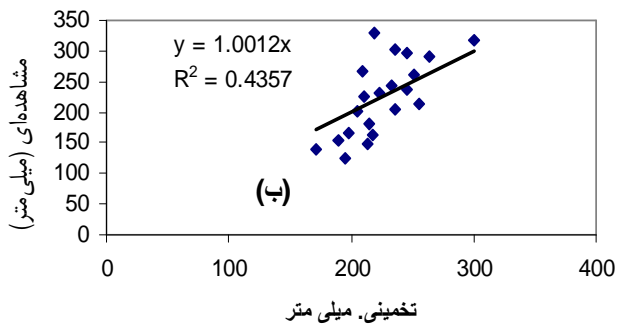
به منظور بررسی تأثیر وارد شدن متغیر دمای سطح آب خلیج فارس در ضریب همبستگی رابطه پیش دید بارندگی در استان باز هم از رابطه همبستگی چند متغیره خطی استفاده شد و مقادیر  $P_{ma}$  و  $t_{47.5}$  به عنوان متغیرهای مستقل اصلی در نظر گرفته شد و متغیرهای مستقل دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در تابستان، پائیز، زمستان و بهار، دمای شش‌ماهه سطح آب خلیج فارس در تابستان و بهار، تابستان و پائیز، پائیز و زمستان و در نهایت تفاضل دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در تابستان و زمستان نیز به عنوان متغیرهای اصلی مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در همه موارد رابطه دمای سطح آب خلیج فارس با بارندگی سالانه دارای ضریب منفی است که با نتایج گزارش شده توسط Nazemosadat et al. (1995) مطابقت دارد. بیشترین تأثیر مربوط به مجموع دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در پائیز

پیش‌بینی شده در بعضی از سال‌ها تا حدود زیادی مرتبط با بارندگی تابستانه در این سال‌ها می‌باشد که به علت تاثیر شدید پدیده مانسون در جنوب شرق کشور و در قسمت‌هایی از استان کرمان هر چند سال یکبار رخ می‌دهد.

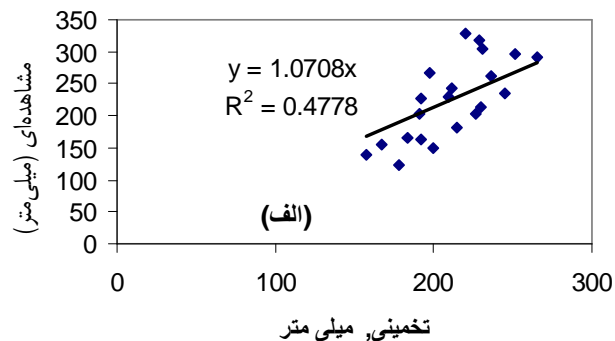
برای بقیه داده‌ها رابطه بین مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده با معادله‌های (۲) و (۳) رسم و در شکل (۴) نشان داده شد. رابطه‌های بین این مقادیر نشان داد که معادله (۳) دارای ضریب تعیین بیشتری نسبت به معادله (۲) بوده و احتمالا بهتر می‌تواند مقادیر بارش سالانه فصل زراعی را تخمین بزند. همچنین میزان خطا در مدل (۳) کمتر می‌باشد. تفاوت زیاد مقدار بارندگی با مقدار



شکل ۳- مقدار بارندگی مشاهده شده و تخمینی از مدل های ۲ و ۳ در ایستگاه بافت سلطانی



تخمینی (میلی‌متر)



تخمینی (میلی‌متر)

شکل ۴- رابطه بین مقادیر باران مشاهده‌ای و تخمینی ایستگاه بافت-سلطانی, (الف) معادله (۳), (ب) معادله (۲).

#### ۴- نتیجه گیری

این پژوهش جهت پیش دید بارندگی سالانه در استان کرمان بخصوص در ارتفاعات مرکزی ایران که در این استان واقع شده‌اند صورت گرفت. بدین منظور تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات بارندگی روزانه در ایستگاه‌های استان صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که پارامتر  $t_{47.5}$  (فاصله زمانی وقوع  $47.5/5$  میلی‌متر باران از ابتدای پائیز) در یک فصل زراعی رابطه مناسبی با مقدار بارندگی سالانه در آن فصل زراعی دارد. این رابطه در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه یک رابطه معکوس بود. بدین معنی که هر چه بارش‌های اولیه قابل توجه، در سال زراعی زودتر اتفاق افتند بارندگی سالانه در آن سال بیشتر خواهد بود. به منظور بالا بردن اعتبار مدل‌های پیش دید از مشخصات ایستگاه‌ها شامل میانگین دراز مدت بارندگی سالانه، ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی ایستگاه استفاده شد. هیچ یک از عوامل ارتفاع از سطح دریا، طول و عرض جغرافیایی نتوانستند همبستگی بیشتری در رابطه‌ای که متغیرهای مستقل آن میانگین دراز مدت بارندگی سالانه و  $t_{47.5}$  بود ایجاد کنند. رابطه دمای سطح آب خلیج فارس و بارندگی سالانه معکوس بود و پارامتر مجموع دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در فصل پائیز توانست اندکی همبستگی رابطه (۲) را بالا ببرد. در نهایت روابط (۲) و (۳) به عنوان بهترین و ساده‌ترین مدل‌ها پیشنهاد می‌شوند.

#### ۵- مراجع

شافعی، فرخ و علیرضا سپاسخواه. ۱۳۷۴. «مدلی ساده جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه در استان فارس»، سمینار منتشر نشده کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، بخش آبیاری.

علیزاده، امین. ۱۳۶۸. «اصول هیدرولوژی کاربردی». چاپ سوم. انتشارات بنیاد فرهنگی رضوی. ۵۱۹ صفحه.

مهدوی، محمد. ۱۳۷۴. «هیدرولوژی کاربردی». چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول. ۳۶۲ صفحه.

تاریخ دریافت مقاله: ۵ اسفند ۱۳۸۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹ مهر ۱۳۸۴

قاسمی، محمد مهدی و علیرضا سپاسخواه. ۱۳۸۳. «پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خوزستان از روی زمان وقوع رگبارهای پاییزه». مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول صفحه ۹-۱.

Huda, A. K. S. (1994). "Management strategies to minimize climatic risk to wheat production in low rainfall areas of southern Australia". *Agriculture and Forest Meteorology*, 59, pp. 125-147.

Khalfaui, J. L. B. (1991). "Determination of potential lengths of the crop growing period in semi-arid regions of Senegal", *Agriculture and Forest Meteorology*, 55, pp. 251-263.

Nazemosadat, M. J., Cordery, I. and Eslamian, S. (1995). "The impact of Persian Gulf sea surface temperature on Iranian rainfall". *Proceeding of The Regional Conference on Water Resource Management, Isfahan, I.R. Iran*.

Newman, J. C. (1963). "Water spreading and marginal arable areas". *Journal of Soil conservation, New Southwales*, 19, pp. 49-58.

Rees, D. J., Samiullah, Rehman, F., Kidd, C.H.R., Keatinge, J. D. H. and Raza, S. H. (1990). "Precipitation and temperature regimes in upland Balochistan: Their influence on rain-fed crop production". *Agric. For. Meteorol.* 52: pp. 381-396.

Sepaskhah, A. R. and Taghvaei, A. R. (2006). "A simple model for prediction of annual precipitation in the southern and western provinces of Iran". *Iran Agriculture Research*, 23(2).

Sivakomar, M. V. K. (1988). "Predicting rainy season potential from the onset of rains in the southern Sahelian and Sudanian climatic zones of west Africa". *Agriculture and Forest Meteorology*, 42, pp. 295-305.

Stewart, J. I. (1988). "Response Farming in Rainfed Agriculture". WHARF Foundation Press. Davis California.