تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵
Volume 2, No. 1, Spring 2006 (IR-WRR)
۵۴-۶۰

ارائه مدلی جهت تخمین بارندگی سالانه در استان کرمان

شهرام کریمی گوغری[۱] و علیرضا سپاسخواه[۲]

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 فاصلهٔ 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 وعرض جغرافیایی استفاده شد که تأثیر معنی داری 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 منـفی 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.

۱- بخش آبیاري، دانشگاه آزاد اسلامي، کرمان
۲- بخش آبیاري، دانشکده کشاورزي، دانشگاه شیراز

A Model for Prediction of Annual Precipitation in Kerman Province

Sh. Karimi-Googhari [1], A. R. Sepaskhah [2]

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 $t_{47.}$. 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}, ºC), 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.

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

Keywords: Prediction, Annual Rainfall, Sea Surface Temperature, Recurrance Interval.

۱- مقدمه

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. بواسطهٔ 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 جنوب‌شرقی 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 درابتدای 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 (مثلا ۴۰میلی‌متر) حاصل از بارندگی درخاک ذخیره شده باشد. آماده‌سازی زمین ، مقدار کود به کار رفته ، سطح زیر کشت وتصمیم‌گیری‌های دیگر همگی می‌توانند تحت تأثیر تاریخ شروع بارندگی‌ها ومقدار بارندگی در اول فصل بارش باشد. در این راستا می‌توان به تحقیقات شافعی و سپاسخواه (۱۳۷۴) در استان فارس ، Sepaskhah and Taghvaee (2006) 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 دورهٔ رشد هماهنگ با فصل رویش پیش‌بینی شده (Rees et al., 1990; Sivakumar, 1988; Khalfaui,1991) قاسمی و سپاسخواه (۱۳۸۳) 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 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 . ا زمیان آنها تعداد ۱۱ ایستگاه که حداقل دارای ۲۸ سال آمار متوالی و یا امکان تطویل آمار هر ایستگاه به ۲۸سال وجود داشت جهت تجزیه و تحلیل انتخاب گردید. در هر یک از ایستگاه‌ها در هر سال آماری طول فاصله زمانی وقوع ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ ، ۴۷/۵ 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 ۳۷/۵ میلی‌متر یک مقدار آستانه‌ای ماهیانه جهت پیش بینی 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 نرم‌افزارREGIOCOR رابطه همبستگی خطی و غیرخطی بین طول فاصله زمانی وقوع هر یک از مقادیر ۳۷/۵، ۴۲/۵، ۴۷/۵ 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 ۵٪ و ۱٪ بررسی گردید. با مشخص شدن ضریب همبستگی در معادلات خطی وغیر خطی بین بارندگی سالانه و طول فاصله زمانی وقوع هر یک از مقادیر ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ ، ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز در هر ایستگاه ، ضرایب همبستگی به‌دست آمده بررسی گردید و ازآنجایی که در اکثر ایستگاه‌ها ضریب همبستگی مربوط به مقدار ۴۷/۵ میلی‌متر در معادلات خطی و غیرخطی بیشتر از ضریب همبستگی مربوط به سایر مقادیر بود، مقدار ۴۷/۵ 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 ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز،
میانگین دراز مدت بارندگی سالانه

(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 مقادیر۳۷/۵ ، ۴۲/۵ و 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 وقوع۳۷/۵ ،۴۲/۵ و۴۷/۵ میلی‌متر بارندگی از ابتدای پاییز در جدول‌های (۱) تا (۳) آورده شده است. شایان ذکر است که ضرایب b_4, b_3, b_2, b_1 ، برای مقادیر مختلف ۳۷/۵ ، ۴۲/۵ و۴۷/۵ 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 میلی‌متر بود لذا فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی‌متر به عنوان مبنای محاسبه انتخاب گردید .

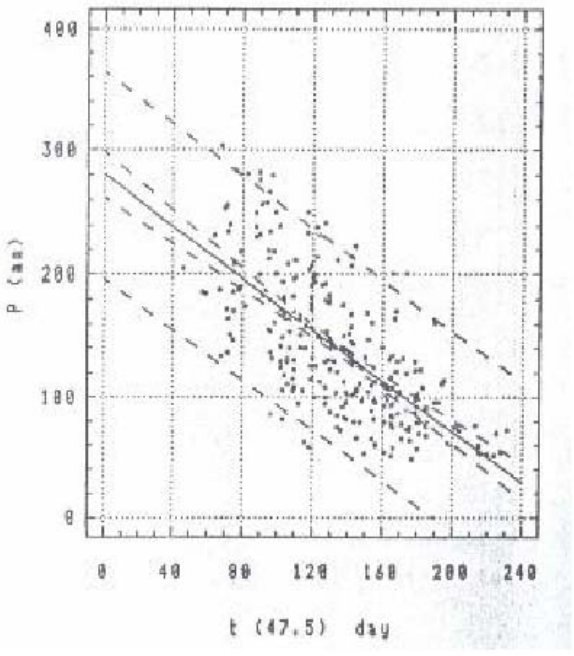
معادله ساده خطی یک متغیره بدلیل سادگی کاربرد و معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ در تمامی ایستگاه‌ها و معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ در هفت ایستگاه از ۱۱ ایستگاه و دارا بودن ضریب همبستگی بیشتر در اکثر ایستگاه‌ها نسبت به سایر معادلات به عنوان بهترین معادله انتخاب شد .

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 :

$$P_a = 280.41 - 1.047 * t_{47.5} \qquad (۱)$$

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

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

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

نام ایستگاه	$P= a_1 + b_1 * t$			$P= a_2 * t^{b2}$			$P= a_3 * 10^{(b_3)*t}$			$P= a_4 + b_4 * \log^t$		
	a_1	b_1	R	a_2	b_2	R	a_3	b_3	R	a_4	b_4	R
بندهلاکو	۲۸۷/۵۳	-۱/۰۹۹	-۰/۶۹	۴۲۰۰	-۰/۷۰۶	-۰/۶۸	۳۳۷/۹۰	-۰/۰۰۳	-۰/۶۷۹	۶۹۲/۳۹	-۲۶۰/۵۱	-۰/۶۹
داوران اداره کرمان	۲۳۱/۴۱	-۰/۸۱۵	-۰/۵۸	۱۷۳۰/۴	-۰/۵۵۹	-۰/۵۹	۲۶۵/۳۶	-۰/۰۰۲۷	-۰/۶۱۳	۴۷۴/۵۰	-۱۶۶/۳۸	-۰/۵۶
فردوسیه نوق	۲۱۷/۲۲	-۰/۷۲۷	-۰/۶۸	۳۰۸۲/۲	-۰/۶۷۴	-۰/۶۶	۲۶۰/۱۸	-۰/۰۰۲	-۰/۶۹۵	۵۱۹/۲۳	-۱۸۸/۷۱	-۰/۶۶
قریه العرب	۱۳۵/۳۹	-۰/۳۷۹	-۰/۵۱	۱۵۱۲/۶	-۰/۶۰۱	-۰/۵۸	۱۴۴/۲۲	-۰/۰۰۱۸	-۰/۵۶۷	۳۴۵/۹۸	-۱۳۳/۸۰	-۰/۶۳
گدارزارچوئیه	۲۱۵/۳	-۰/۶۳	-۰/۴۲	۱۴۴۶/۷	-۰/۵۰۳	-۰/۳۹	۲۲۱/۸۹	-۰/۰۰۱۹	-۰/۳۸۸	۴۹۳/۴۱	-۱۷۱/۳۷	-۰/۴۳
جعفرآباد	۲۲۵/۲	-۰/۶۴	-۰/۳۶	۱۵۳۴/۷	-۰/۵۰۲	-۰/۳۹	۲۴۳/۶۴	-۰/۰۰۲	-۰/۳۹۲	۴۸۴/۴۰	-۱۶۲/۵۶	-۰/۳۵
جمیل آباد	۲۷۶/۳۷	-۰/۸۳	-۰/۳۶	۲۵۹۱/۴	-۰/۵۸۱	-۰/۳۸	۳۱۳/۹۲	-۰/۰۰۲۴	-۰/۴۰	۶۰۳/۱۰	-۲۰۶/۷۸	-۰/۳۴
کیسکان	۳۴۹/۷۰	-۰/۹۸	-۰/۳۰	۱۴۶۷/۴	-۰/۳۹۵	-۰/۳۲	۳۵۳/۸۶	-۰/۰۰۱۷	-۰/۳۱۸	۷۰۰/۲۲	-۲۲۵/۹۸	-۰/۲۸
مرادیه	۵۳۰/۱۲	-۲/۰۷	-۰/۳۵	۴۲۷۸/۶	-۰/۵۷۷	-۰/۳۷	۶۰۴/۶۷	-۰/۰۰۳۰	-۰/۳۸۶	۱۱۰۵/۲	-۳۹۲/۲۷	-۰/۳۳
یالخری	۳۳۴/۲۲	-۰/۹۰	-۰/۶۴	۱۶۴۹۶/۶	۱-/۰۳۸	-۰/۶۶	۳۱۵/۸۰	-۰/۰۰۳۶	-۰/۶۶۸	۶۴۸/۲۷	-۲۷۰/۰۰	-۰/۶۵
	۲۹۵/۹۶	-۱/۱۱	-۰/۴۶	۳۲۳۲۰/۶	-۱/۱۵۳	-۰/۵۷	۳۶۶/۵۷	-۰/۰۰۳۶	-۰/۵۷۱	۸۷۸/۹۸	-۳۴۷/۵۷	-۰/۴۵

جدول۲- ضرایب معادلات برای فاصله زمانی وقوع ۴۲/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز

نام ایستگاه	$P= a_1 + b_1 * t$			$P= a_2 * t^{b2}$			$P= a_3 * 10^{(b_3)*t}$			$P= a_4 + b_4 * \log^t$		
	a_1	b_1	R	a_2	b_2	R	a_3	b_3	R	a_4	b_4	R
بندهلاکو	۲۹۱/۰۹	-۱/۰۸	-۰/۷۳	۴۹۵۸/۶	-۰/۷۳۶	-۰/۷۰	۳۴۸/۲۶	-۰/۰۰۳۰	-۰/۷۲	۷۱۶/۲۲	-۲۷۰/۰۰	-۰/۷۲
داوران اداره کرمان	۲۲۸/۲۸	-۰/۷۵	-۰/۵۸	۱۷۲۲/۵	-۰/۵۵۴	-۰/۵۹	۲۵۶/۸۴	-۰/۰۰۲۵	-۰/۶۲	۴۷۶/۲۲	-۱۶۵/۹۳	-۰/۵۷
فردوسیه نوق	۲۱۳/۱۱	-۰/۶۷	-۰/۶۵	۲۵۰۳/۹	-۰/۶۲۵	-۰/۶۳	۲۴۹/۹۲	-۰/۰۰۲۴	-۰/۶۵	۴۹۷/۵۵	-۱۷۶/۸۹	-۰/۶۳
قریه العرب	۱۴۵/۶۷	-۰/۴۳	-۰/۶۹	۳۳۶۰/۹	-۰/۶۸۶	-۰/۶۵	۱۶۳/۰۹	-۰/۰۰۲۱	-۰/۶۵	۳۸۴/۱۰	-۱۴۰/۱۷	-۰/۷۰
گدارزارچوئیه	۲۰۸/۷۴	-۰/۵۶	-۰/۳۹	۱۲۶۷/۲	-۰/۴۷۳	-۰/۳۶	۲۱۲/۸۰	-۰/۰۰۱۷	-۰/۳۶	۴۶۹/۲۳	-۱۵۸/۹۷	-۰/۳۸
جعفرآباد	۳۳۵/۱۷	-۰/۶۹	-۰/۳۷	۱۶۵۳/۷	-۰/۵۱۳	-۰/۳۹	۲۵۵/۳۴	-۰/۰۰۲۰	-۰/۴۰	۵۰۹/۹۲	-۱۷۳/۴۳	-۰/۳۶
جمیل آباد	۳۰۶/۰۶	-۱/۰۲	-۰/۵۰	۴۹۴۱/۴	-۰/۷۰۸	-۰/۵۱	۳۶۶/۸۴	-۰/۰۰۲۷	-۰/۵۴	۷۲۲/۸۴	-۲۶۱/۷۸	-۰/۴۷
کیسکان	۳۷۵/۰۰	-۱/۲۰	-۰/۳۶	۲۲۲۷/۵	-۰/۴۸۴	-۰/۳۸	۳۹۱/۰۶	-۰/۰۰۲۰	-۰/۳۸	۸۰۶/۱۷	-۲۲۷/۵۴	-۰/۳۵
مرادیه	۵۰۰/۳۴	-۱/۶۸	-۰/۳۵	۳۴۴۹/۴	-۰/۵۲۵	-۰/۳۸	۵۶۱/۲۴	-۰/۰۰۲۵	-۰/۴۰	۱۰۱۶/۲	-۳۴۴/۳۷	-۰/۳۳
یالخری	۲۴۳/۵۶	-۰/۹۲	-۰/۶۷	۳۰۱۵۶	-۱/۰۶۸	-۰/۶۸	۳۴۲/۵۲	-۰/۰۰۳۶	-۰/۶۹	۷۰۵/۸۴	-۲۷۷/۵۲	-۰/۶۶
	۳۰۲/۰۷	-۱/۱۰	-۰/۴۷	۳۶۵۱/۸	-۱/۱۶۹	-۰/۵۷	۳۷۵/۹۶	-۰/۰۰۳۵	-۰/۵۸	۹۱۴/۴۳	-۳۶۰/۸۷	-۰/۴۷

جدول۳- ضریب معادلات برای فاصله زمانی وقوع ۴۷/۵ میلی‌متر باران از ابتدای پاییز

نام ایستگاه	$P= a_1 + b_1 * t$			$P= a_2 * t^{b2}$			$P= a_3 * 10^{(b_3)*t}$			$P= a_4 + b_4 * \log^t$		
	a_1	b_1	R	a_2	b_2	R	a_3	b_3	R	a_4	b_4	R
بندهلاکو	۳۰۸/۳۸	-۱/۲۰	-۰/۷۶	۹۹۸۸/۱	-۰/۸۹۷	-۰/۷۵	۳۸۶/۹۶	-۰/۰۰۳۳	-۰/۷۵	۸۲۹/۳۶	-۳۲۲/۷۵	-۰/۷۷
داوران اداره کرمان	۲۴۴/۰۷	-۰/۸۴	-۰/۶۱	۳۷۸۹/۴	-۰/۷۰۹	-۰/۶۳	۲۹۱/۴۲	-۰/۰۰۲۸	-۰/۶۵	۵۷۶/۵۵	-۲۱۱/۳۳	-۰/۶۰
فردوسیه نوق	۲۱۳/۴۵	-۰/۶۴	-۰/۶۲	۲۷۶۷/۱	-۰/۶۳۹	-۰/۶۰	۲۵۰/۰۲	-۰/۰۰۲۲	-۰/۶۲	۵۱۰/۵۴	-۱۸۱/۱۵	-۰/۶۰
قریه العرب	۱۶۰/۳۱	-۰/۴۹	-۰/۸۰	۵۳۴۸/۸	-۰/۸۴۱	-۰/۷۷	۱۹۸/۲۰	-۰/۰۰۲۵	-۰/۷۷	۴۴۵/۹۳	-۱۶۶/۹۰	-۰/۸۱
گدارزارچوئیه	۲۲۲/۶۲	-۰/۶۳	-۰/۴۵	۲۵۲۰/۰	-۰/۶۰۸	-۰/۴۵	۲۳۹/۴۰	-۰/۰۰۱۹	-۰/۴۳	۵۵۲/۵۳	-۱۹۶/۲۶	-۰/۴۷
جعفرآباد	۲۴۲/۴۵	-۰/۷۲	-۰/۴۴	۲۰۱۸/۷	-۰/۵۵۰	-۰/۴۵	۲۶۶/۴۰	-۰/۰۰۲۱	-۰/۴۶	۵۴۲/۶۸	-۱۸۷/۶۴	-۰/۴۲
جمیل آباد	۳۰۷/۰۷	-۱/۰۱	-۰/۵۲	۴۷۵۸/۷	-۰/۶۹۹	-۰/۵۲	۳۹۶/۴۰	-۰/۰۰۲۷	-۰/۵۵	۷۱۷/۳۰	-۲۵۸/۰۹	-۰/۴۸
کیسکان	۴۳۳/۶۱	-۱/۵۷	-۰/۴۶	۷۵۶۸/۳	-۰/۷۳۸	-۰/۵۲	۴۷۵/۴۸	-۰/۰۰۲۷	-۰/۴۹	۱۱۱۷۰/۰	-۴۲۶/۴۰	-۰/۴۸
مرادیه	۴۹۸/۰۰	-۱/۶۴	-۰/۳۶	۳۴۱۹/۰	۰/۵۲۵	-۰/۳۷	۵۵۸/۵۵	-۰/۰۰۲۵	-۰/۳۹	۱۰۰۹/۹	-۳۴۰/۳۱	-۰/۳۲
یالخری	۲۲۶/۴۷	-۰/۷۴	-۰/۷۵	۲۰۶۵۲/۳	-۱/۰۵۰	-۰/۸۱	۳۱۰/۴۲	-۰/۰۰۳۰	-۰/۸۲	۶۷۹/۸۶	-۲۶۱/۶۰	-۰/۷۵
	۳۱۵/۹۵	-۱/۱۸	-۰/۵۱	۵۸۸۰۲	-۱/۲۶	-۰/۶۰	۴۱۶/۲	-۰/۰۰۳۸	-۰/۶۱	۹۸۰/۸۲	-۳۹۰/۵۵	-۰/۴۹

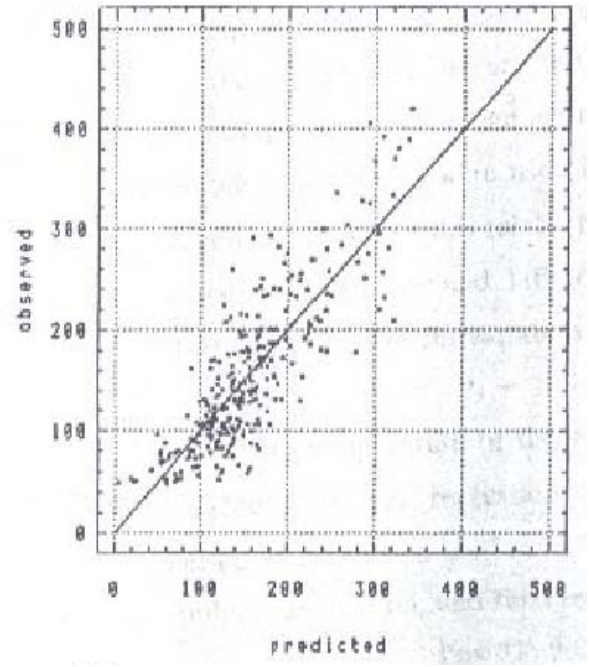
برای ارائه مدلی ساده جهت تخمین بارندگی سالانه در استان کرمان رابطه بین بارندگی سالانه ، $t_{47.5}$ و دیگر خصوصیات ایستگاه‌های مورد بررسی قرار گرفت که این خصوصیات عبارتند از: طول جغرافیایی حسب درجه، عرض جغرافیایی حسب درجه ،ارتفاع از سطح دریا حسب متر و میانگین دراز مدت بارندگی سالانه حسب میلی‌متر . به 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 :

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

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

که در آن P_a بارندگی سالانه حسب میلی‌متر وP_{ma} میانگین درازمدت باران سالانـه 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 نیـز 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 آزمـون قرار گرفتند . نتایـج نشان داد که در همه موارد رابـطه دمـای سطح آب خلیـج فارس با بارندگـی سالانه دارای ضریـب منفی اسـت که با نتایج گزارش شده توسط Nazemosadat et al. (1995) مطابقت دارد . بیشترین تاثیر مربوط به مجموع دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در پائیز 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)

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

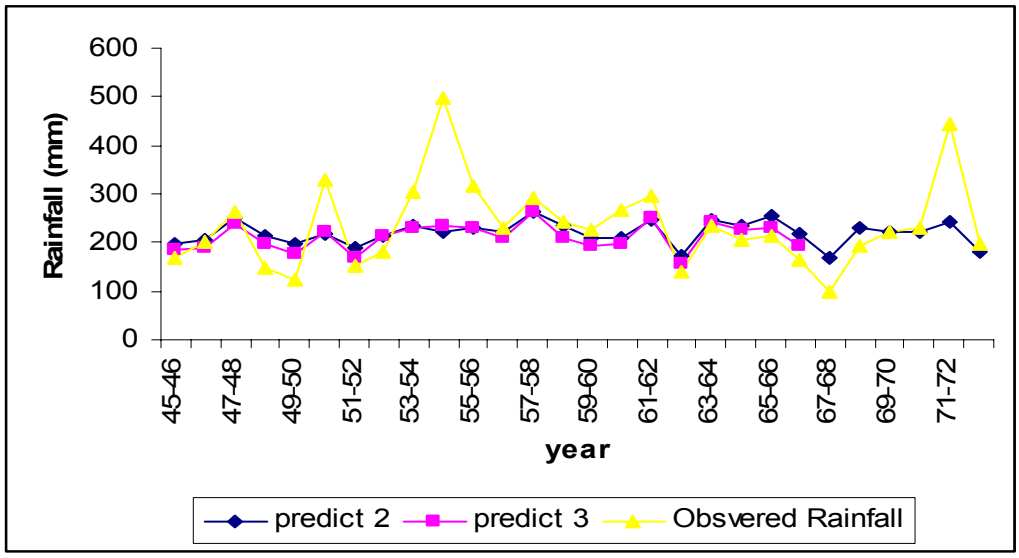
$$(R^2 = 0.71, n = 230, P \le 0.001, SE = 37.7)$$

که در آن T_{au} مجموع سه ماهه دمای سطح آب خلیج فارس در پائیز می‌باشد . قابل توجه است که T_{au} معمولا 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.

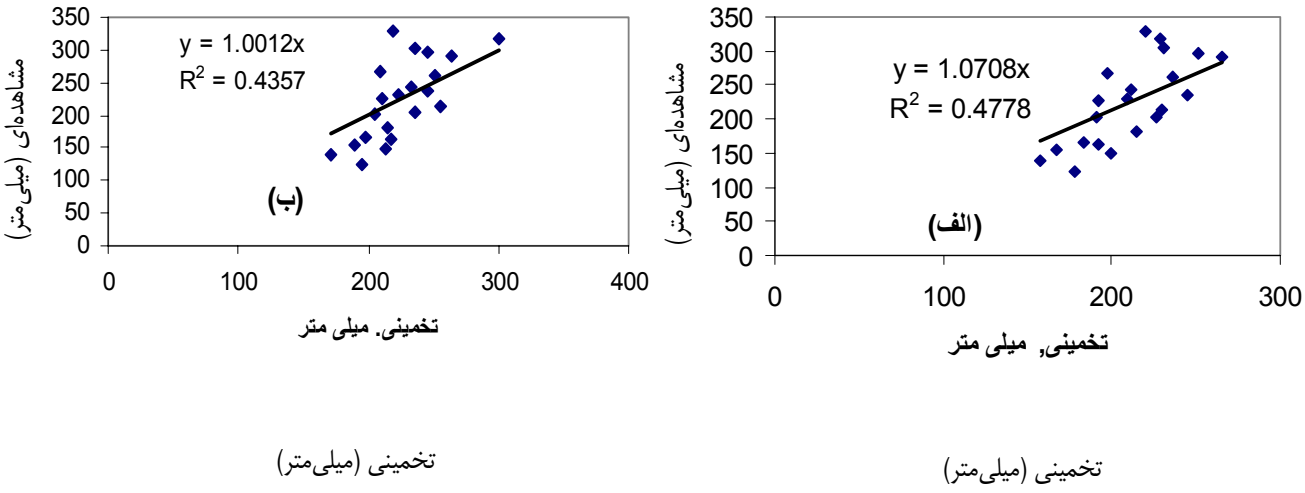
آزمون مدل‌های ساده (۲) و (۳) در ایستگاه بافت – سلطانی مطابق شکل (۳) نشان داد که هر دو مدل اگر چه تخمینی دقیق از بارندگی در بعضی سال‌ها ندارند ولی روند سال‌های زراعی کم آب را دنبال می‌کند, گرچه میزان بارش در سال‌های پر آب که احتمالا متاثر از

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 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 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 .



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- نتیجه‌گیری

این پژوهش جهت پیش دید بارندگی سالانه در استان کرمان بخصوص در ارتفاعات مرکزی ایران که دراین 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 ۴۷/۵میلی‌متر باران از ابتدای پائیز) در یک فصل زراعی رابطه مناسبی با مقدار بارندگی سالانه در ان 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 .

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 rgimes in upland Balochestan: Their influence on rain-fed crop production". *Agric. For. Meteorol*. 52: pp. 381-396.

Sepaskhah, A. R. and Taghvaee, 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.

تاریخ دریافت مقاله: ۵ اسفند ۱۳۸۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹ مهر ۱۳۸۴