

## اصلاح و کاربرد مدل‌های ساده رگرسیونی برای پیش‌بینی بارندگی سالانه در دو ایستگاه

### شهرکرد و یزد

نسیمه خلیلی سامانی<sup>1\*</sup> - ابوالفضل عزیزیان<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1393/09/10

تاریخ پذیرش: 1393/12/11

### چکیده

منابع آبی زمین به بارندگی به عنوان یکی از عناصر متغیر اقلیمی وابسته است. وجود مدل‌هایی برای پیش‌بینی بارندگی و به تبع آن مدیریت منابع آب، چه در مناطق پر بارش و چه در مناطق خشک و نیمه خشک، امری مفید است. در این پژوهش با استفاده از آمار درازمدت بارندگی روزانه دو ایستگاه شهرکرد و یزد، مدل‌های ساده رگرسیونی که برای برآورد بارندگی سالانه ( $P_a$ ) در استان‌های خوزستان، کرمان و استان‌های جنوبی و غربی ارائه شده بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مدل‌ها  $P_a$  وابسته به فاصله زمانی وقوع  $42/5$  و  $47/5$  میلی‌متر بارندگی از ابتدای پاییز ( $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$ ) و میانگین درازمدت بارندگی ( $P_m$ ) بود. نتایج نشان داد که روابط معکوس و خطی مرتبط با  $t_{42.5}$  و  $t_{47.5}$  قادر به برآورد بارندگی سالانه در شهرکرد نمی‌باشد، در حالی که مدل ساده رگرسیونی با به‌کارگیری  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و میانگین درازمدت بارندگی، در صورت اصلاح ضرایب، با دقت قابل قبولی (با جذر میانگین مربعات خطای نرمال کمتر از  $0/30$  یا شاخص توافق بیشتر از  $0/90$ ) قادر به پیش‌بینی بارندگی در دو ایستگاه شهرکرد و یزد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش، برآورد، روابط رگرسیونی، کالیبراسیون، منابع آبی

### مقدمه

کشور ایران عمدتاً دارای اقلیمی خشک تا نیمه خشک و متوسط بارندگی سالانه‌ی حدود 240 میلی‌متر می‌باشد که تقریباً یک‌سوم متوسط بارندگی خشکی‌های زمین است. علاوه بر نقصان، توزیع نامناسب مکانی و زمانی و شدت بارندگی‌ها، از یک طرف باعث ایجاد سیلاب‌های مخرب، و از طرف دیگر باعث ایجاد کم‌آبی‌ها و خشکسالی‌های متناوب می‌گردد.

توزیع نامناسب بارندگی در کشور از نظر مکانی و زمانی یکی از مشکلات اساسی در بخش آب است. افزایش جمعیت از یک طرف و کاهش سرانه آب شیرین از طرفی دیگر شرایطی را فراهم آورده است که منابع آب شیرین از یک منبع تجدیدشونده به یک منبع نیمه تجدیدشونده و میرا تبدیل شود (3).

مقدار بارندگی سالانه و به همان اندازه مدت و شدت آن با تاریخ شروع بارندگی‌ها ارتباط و همبستگی دارد (13). قاسمی و سپاسخواه

(4) در پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خوزستان از روی زمان وقوع رگبارهای پاییزه، ابتدا ارتباط بین فاصله زمانی نزول مقدار مشخص بارندگی از ابتدای پاییز با بارندگی سالانه را مورد بررسی قرار دادند که مدل زیر بدست آمد:

$$P_a = 1/(2.715 \times 10^{-5} + 5.268 \times 10^{-5} \times t_{42.5}) \quad R^2 = 0.374 \quad (1)$$

که در آن  $P_a$  بارندگی سالانه (میلی‌متر)،  $t_{42.5}$  فاصله زمانی وقوع  $42/5$  میلی‌متر باران از ابتدای پاییز (روز) می‌باشد. نتایج حاکی از آن بود که این ارتباط معکوس بوده و هرچه شروع بارندگی‌ها به تأخیر بیفتد، مقدار بارندگی سالانه کمتر بوده است. سپس متغیرهای اقلیمی مانند میانگین درازمدت بارندگی ( $P_m$ ، حسب میلی‌متر)، دمای سطح آب خلیج فارس ( $t_{au}$ ، حسب درجه سانتی‌گراد) و مشخصه‌های جغرافیایی ایستگاه‌ها برای افزایش ضریب تعیین در مدل فوق بکار برده شد که مدل ساده نهایی چنین بود:

$$P_a = 184.787 - 1.891 \times t_{42.5} + 0.855 \times P_m \quad R^2 = 0.704 \quad (2)$$

سپاسخواه و تقوایی (12) در توسعه مدل ساده برای پیش‌بینی بارش سالانه برای سال کشت مورد نظر در استان‌های جنوبی و غربی ایران، به نحوی که بتوان کشت دیم را در این مناطق بدرستی برنامه ریزی کرد، رابطه بین بارش سالانه و تعداد روزهای لازم برای نزول

1 و 2- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری و استادیار آبیاری و زهکشی، دانشگاه اردکان

(Email: Nkhs812@gmail.com)

\*- نویسنده مسئول:

1977-2007 و با کمک پارامترهای دمای سطح دریا، دمای هوا و فشار سطح دریا نشان دادند بین این متغیرها با بارش رابطه معنی داری وجود دارد. مانع و کریشنا کمار (10)، پیش‌بینی بلندمدت باران موسمی تابستان هند را به کمک رگرسیون چندگانه ارزیابی نمودند و مدل نهایی را با واریانس 87 درصد و ضریب همبستگی 0/93 با پارامترهای دما، باد مداری و نصف‌النهار در سطوح مختلف فشار بدست آوردند. انصاری (8) در پیش‌بینی بارش فصلی و سالانه شمال ایران، پارامترهای ورودی بارندگی چهار سال قبل، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع در بازه زمانی 2005-1956 را بکار برد و با استفاده از تکنیک‌های مدل سازی رگرسیون خطی، رگرسیون خطی پویا و سه نوع شبکه عصبی پیش‌بینی انجام داد. نتایج وی نشان داد که روش رگرسیون خطی عملکرد بهتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی داشته و مدل شبکه عصبی بر اساس الگوریتم پس انتشار دو لایه نیز عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های دیگر شبکه داشته است. خلیلی و همکاران (1) با استفاده از اطلاعات بارش میانگین ماهیانه به‌عنوان ورودی‌های شبکه عصبی پرسپترون پیشخور چندلایه (MLP<sup>1</sup>) در یک مدل جعبه سیاه، در پیش‌بینی ماهیانه بارش در ایستگاه سینوپتیک پس از بررسی معیارهای آماری برآزش نشان دادند که پیش‌بینی ماهیانه بارش، با دقت قابل قبولی انجام شده است. ما و همکاران (9)، یک مدل ترکیبی شبکه عصبی و رگرسیون چندگانه گام به گام را برای پیش‌بینی بارش سالانه در چین بکار بردند. دقت مدل جدید بهتر از مدل‌های مجزا بود.

ریزش‌های جوی در استان چهارمحال و بختیاری منشاء سرشاخه‌های رودخانه کارون و زاینده رود هستند. در استان یزد، نزولات جوی ناچیز و تغییرپذیری زیاد آن باعث تشدید اثرات خشکسالی شده است. با توجه به میزان تأثیر و اهمیتی که بارندگی بر مناطق مختلف کشور دارد، ارائه راه‌هایی برای برآورد و امکان مدیریت این منبع با ارزش ضروری است.

در این پژوهش تغییرات بارندگی سالانه و طول فاصله زمانی 42/5 و 47/5 میلی‌متر بارندگی از ابتدای فصل پاییز (42.5 و 47.5) مشخص و مدل‌هایی که برای پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خوزستان (معادله 1 و 2)، استان‌های جنوبی و غربی (معادله‌های 3 تا 6) و استان کرمان (معادله‌های 7 تا 9) بدست آمده است، برای برآورد بارندگی شهرهای شهرکرد و یزد (مراکز استان‌های چهارمحال و بختیاری و یزد) بکار می‌رود و در صورت لزوم معادلات اصلاح می‌گردد (شکل 1).

37/5، 42/5 و 47/5 میلی‌متر بارش از اول پاییز (37.5، 42.5، 47.5) به کمک روش رگرسیون ساده برای تمام ایستگاه‌های باران سنجی مناطق مورد مطالعه تحلیل نمودند (معادله 3 برای استان‌های جنوبی و 4 برای استان‌های غربی). نتایج نشان داد که 47.5 همبستگی بهتری با میزان بارش سالانه در مقایسه با 37.5 و 42.5 دارد. علاوه بر این، 47.5 در تمام ایستگاه‌ها به طور معکوس با بارش سالانه ارتباط داشته است.

$$P_a = 1/(5.55 \times 10^{-5} t_{47.5} - 1.28 \times 10^{-3}) R^2 = 0.40 \quad (3)$$

$$P_a = 1/(1.4 \times 10^{-4} + 3.935 \times 10^{-5} t_{47.5}) R^2 = 0.34 \quad (4)$$

هم چنین در میان عوامل مختلف مانند میانگین بارش سالانه ( $P_m$ ، حسب میلی‌متر)، ارتفاع ایستگاه از سطح آب‌های آزاد، طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی ایستگاه، میانگین بارش سالانه مناسب ترین عاملی بوده که به همراه 47.5 در مدل ساده (5) برای پیش‌بینی بارش سالانه استان‌های جنوبی و در مدل (6) برای استان‌های غربی به کار برده شده است:

$$P_a = -1.83 \times t_{47.5} + 0.76 P_m + 228.3 \quad R^2 = 0.71 \quad (5)$$

$$P_a = -1.88 \times t_{47.5} + 0.94 P_m + 146.8 \quad R^2 = 0.76 \quad (6)$$

این مدل‌ها با داده‌های مستقل (غیر از داده‌های واسنجی) مورد تأیید قرار گرفت.

کریمی گوغری و سپاسخواه (5) برای تخمین بارندگی سالانه در استان کرمان، معنی دار بودن رابطه بین فاصله زمانی وقوع 47/5 میلی‌متر باران تجمعی از ابتدای پاییز (47.5)، حسب روز) با میزان بارندگی سالانه را تعیین نموده (معادله 7) و به‌منظور بالابردن ضریب همبستگی این رابطه، میانگین درازمدت بارندگی سالانه، ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی را وارد مدل کرده و در نهایت رابطه ساده (8) را ارائه نمودند:

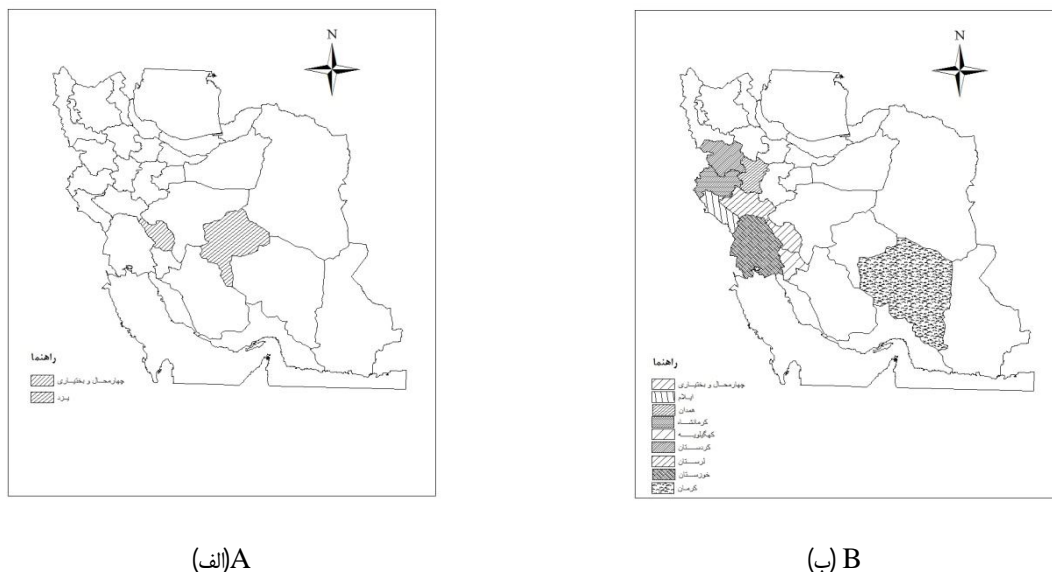
$$P_a = 280.41 - 1.047 \times t_{47.5} \quad R^2 = 0.47 \quad (7)$$

$$P_a = 149.9 - 0.81 \times t_{47.5} + 0.695 \times P_m \quad R^2 = 0.70 \quad (8)$$

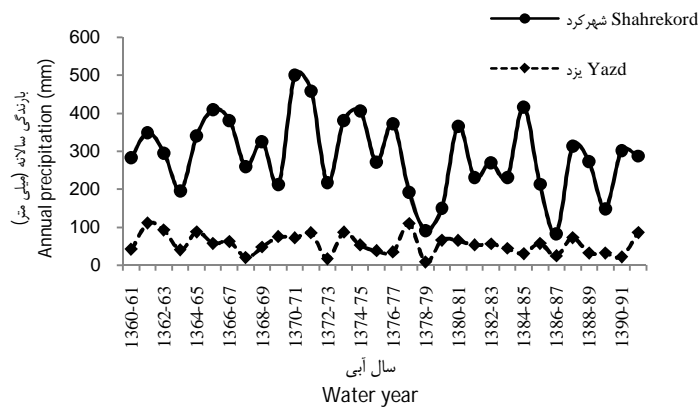
همین طور در رابطه بین  $t_{au}$  (مجموع دمای سه ماهه سطح آب خلیج فارس در پاییز، حسب درجه سانتی‌گراد)، 47.5 و  $P_m$  (معادله 9)، نشان دادند که هر دو مدل ساده رگرسیونی بدست آمده، سال‌های زراعی کم آب و پر آب را به خوبی دنبال می‌کند و میزان خطا در مدل ساده دوم کمتر از خطای مدل اول است.

$$P_a = 836 - 0.839 \times t_{47.5} - 7.65 T_{au} + 0.597 \times P_m \quad R^2 = 0.71 \quad (9)$$

بارش، پدیده‌ای بسیار پیچیده و متغیر با زمان و مکان است. داودی و همکاران (2) در مطالعه تغییرات و نحوه روند برخی عناصر اقلیمی مشهد به کمک مدل رگرسیون خطی و پردازش‌های آماری، به این نتیجه رسیدند که بارش روند معنی داری ندارد و تقریباً ثابت است. مایزنی و همکاران (11) در پیش‌بینی فصلی بارش موسمی تابستانه بنگلادش با استفاده از مدل رگرسیون چندگانه ساده در بازه



شکل 1- الف - موقعیت استان‌هایی که مدل‌های رگرسیونی پیش بینی بارندگی آن‌ها در این پژوهش بررسی شده است. ب - استان‌هایی که بارندگی در مراکز آن‌ها پیش بینی شده است  
 Figure 1- (A) The location of the provinces which their predicting regression models to predict the rainfall in this research was to study. (B) in the center of provinces that precipitation is predicted



شکل 2- روند تغییرات بارندگی سالانه در ایستگاه‌های شهرکرد و یزد  
 Figure 2. Trend of the annual precipitation in Shahrekord and Yazd Weather Stations

42/5 و 47/5 میلی‌متر بارندگی از ابتدای فصل پاییز به همراه بارندگی سالانه و میانگین درازمدت برای محاسبات بعدی استخراج شد. سپس آزمون همگنی توسط آزمون توالی (RUN TEST) انجام گرفت و همگنی داده‌ها کنترل گردید. روابط ساده 1 تا 8 با استفاده از 70 درصد داده‌های دو ایستگاه، برای پیش‌بینی بارندگی سالانه به کار رفت. نتایج ارزیابی مقادیر برآورد شده نسبت به اندازه‌گیری شده بررسی شد. سپس نسبت به اصلاح ضرایب اقدام شد. هفتاد درصد

### روش پژوهش

در این پژوهش، داده‌های روزانه بارندگی ایستگاه‌های شهرکرد و یزد از ادارات هواشناسی شهرکرد و یزد تهیه و در بازه 1360 تا 1392 (32 سال) تکمیل و برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. روند تغییرات بارندگی سالانه در هر یک از استان‌ها در شکل (2) آورده شده است. در هر یک از ایستگاه‌ها و در هر سال آماری طول فاصله زمانی وقوع

با توجه به اینکه مقادیر بارندگی سالانه برآورد شده ایستگاه یزد نیز منفی و شاخص‌های ارزیابی نتایج قابل قبولی را نشان نمی‌دهد (شکل‌های شماره 4 و 5)، ضرایب معادله‌های فوق (1 تا 8) برای دو ایستگاه اصلاح شد (روابط 10 تا 14 برای شهرکرد، 15 تا 19 برای یزد) و بارندگی سالانه براساس معادله‌های مزبور، برای 70 درصد داده‌ها در هر دو ایستگاه برآورد گردید و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه شد (شکل 6).

معادلات اصلاح شده از روابط 1، 3 و 4، 7 برای ایستگاه شهرکرد به صورت زیر می‌باشد (به ترتیب روابط 10 تا 12):

$$P_a = 1 / (0.003 - 3.669 \times 10^{-6} \times t_{42.5}) \quad R^2 = 0.003 \quad (10)$$

$$P_a = 1 / (0.003 - 1.698 \times 10^{-6} \times t_{47.5}) \quad R^2 = 0.001 \quad (11)$$

$$P_a = 299.716 + 0.142 \times t_{47.5} \quad R^2 = 0.001 \quad (12)$$

و مدل‌های اصلاح شده بین  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و  $P_m$  با  $P_a$  برای ایستگاه شهرکرد به صورت زیر بدست آمد (معادله 13 اصلاح شده رابطه 2 و معادله 14 اصلاح شده روابط 5 و 6، 8):

$$P_a = 9.246 \times 10^3 + 0.01 \times t_{42.5} - 31.023 \times P_m \quad R^2 = 0.99 \quad (13)$$

$$P_a = 9.246 \times 10^3 + 0.007 \times t_{47.5} - 31.023 \times P_m \quad R^2 = 0.99 \quad (14)$$

همان‌طور که در شکل‌های 6-الف، 6-ب و 6-ج ملاحظه می‌گردد، مقادیر NRMSE و d هرچند نتایج بهتری را نسبت به قبل نشان می‌دهد اما در حد قابل قبول نمی‌باشد. بعبارت دیگر روابط جدید بین بارندگی سالانه و  $t_{42.5}$  و  $t_{47.5}$  قادر به برآورد بارندگی سالانه در ایستگاه شهرکرد نمی‌باشد. در شکل‌های 6-د و 6-ح، داده‌ها تقریباً منطبق بر خط یک به یک است که نشان‌دهنده مقادیر نظیر به نظیر بارندگی برآورد شده و اندازه‌گیری شده می‌باشد. بدان معنی که معادله‌های 13 و 14، بارندگی ایستگاه شهرکرد را بسیار نزدیک به مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد نموده است، همچنان که شاخص‌های NRMSE و d نیز آن را تأیید می‌کند.

معادله‌های 1 تا 8 برای ایستگاه یزد نیز اصلاح گردید و سپس مدل‌های جدید با 70 درصد داده‌ها بکار گرفته شد و مقادیر بارندگی برآورد شده با مقادیر اندازه‌گیری شده مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت (شکل 6).

مدل‌های اصلاح شده از روابط 1، 3 و 4، 7 برای ایستگاه یزد به شرح زیر می‌باشد (به ترتیب روابط 15 تا 17):

$$P_a = 1 / (0.007 + 5.12 \times 10^{-5} \times t_{42.5}) \quad R^2 = 0.12 \quad (15)$$

$$P_a = 1 / (0.006 + 4.604 \times 10^{-5} \times t_{47.5}) \quad R^2 = 0.23 \quad (16)$$

$$P_a = 124.368 - 0.297 \times t_{47.5} \quad R^2 = 0.23 \quad (17)$$

داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شد و ضرایب معادلات مزبور، با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای دو ایستگاه شهرکرد و یزد اصلاح گردید. سی درصد باقیمانده داده‌ها برای تأیید مدل‌های اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی و تأیید صحت مدل‌ها، شاخص توافق<sup>1</sup> (d) و ریشه متوسط مربع خطای نرمال شده<sup>2</sup> (NRMSE)، محاسبه و بررسی گردید. هرچه مقدار NRMSE به صفر و d به 1 نزدیکتر باشد نشان‌دهنده کارایی مناسب مدل خواهد بود.

## نتایج و بحث

ابتدا با توجه به معادله‌ی معکوس بین  $t_{42.5}$  با مقدار  $P_a$  مربوط برای استان خوزستان و  $t_{47.5}$  با  $P_a$  برای استان‌های جنوبی و غربی و رابطه خطی برای استان کرمان که بیشترین درصد فراوانی برآزش بهتر را به خود اختصاص داده بود (به ترتیب معادله‌های شماره 1، 3، 4 و 7)، برای برآورد بارندگی سالانه در دو ایستگاه شهرکرد و یزد مورد استفاده قرار گرفت.

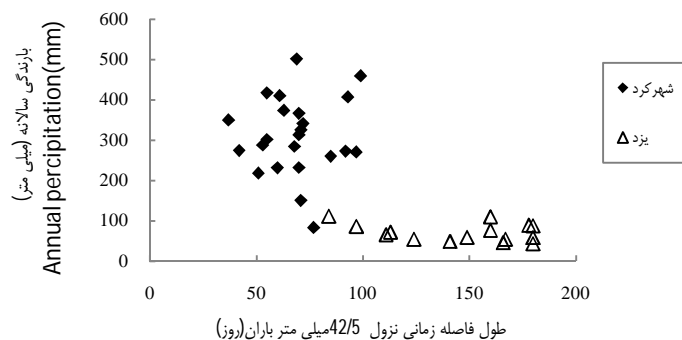
شکل (3) تغییرات باران سالانه را نسبت به  $t_{42.5}$  نشان می‌دهد. با توجه به شکل (3)، رابطه معکوس مشخصی در ایستگاه شهرکرد دیده نمی‌شود و در ایستگاه یزد، با افزایش  $t_{42.5}$  باران سالانه روند کاهشی را نشان می‌دهد. چنین روند کاهشی در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (4 و 12).

با استفاده از معادله‌های 1، 3، 4 و 7 بارندگی سالانه شهرکرد و یزد برآورد گردید. در نمودارهای شکل (4) مقادیر برآورد شده از معادلات مزبور در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده ارائه شده است. شاخص توافق برای ایستگاه‌های شهرکرد و یزد کمتر از 0/7، و مقادیر NRMSE نیز بیشتر از 0/3 (برای تمامی روابط فوق) بدست آمد. فاکتورهای ارزیابی نتایج قابل قبولی از کاربرد معادله‌های مزبور را برای ایستگاه‌ها نشان نمی‌دهد.

براساس پژوهش‌های انجام شده، در میان عوامل مختلف مؤثر بر بارندگی،  $P_m$  مناسب‌ترین عاملی بوده که به همراه  $t_{42.5}$  در مدل ساده برای پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خوزستان و  $t_{47.5}$  برای استان‌های جنوبی و غربی و همین‌طور استان کرمان بکار برده شده است (به ترتیب معادله‌های 2، 5 و 6، 8). این معادلات برای دو ایستگاه شهرکرد و یزد نیز بکار برده شد و مقدار بارندگی سالانه برآورد گردید و نتایج آن با مقادیر اندازه‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل 5). مقادیر بدست آمده برای فاکتورهای ارزیابی NRMSE و d از کاربرد معادلات (معادله‌های 2، 5 و 6، 8)، نتایج قابل قبولی را برای ایستگاه شهرکرد و یزد نشان نمی‌دهد.

1-Index of Agreement

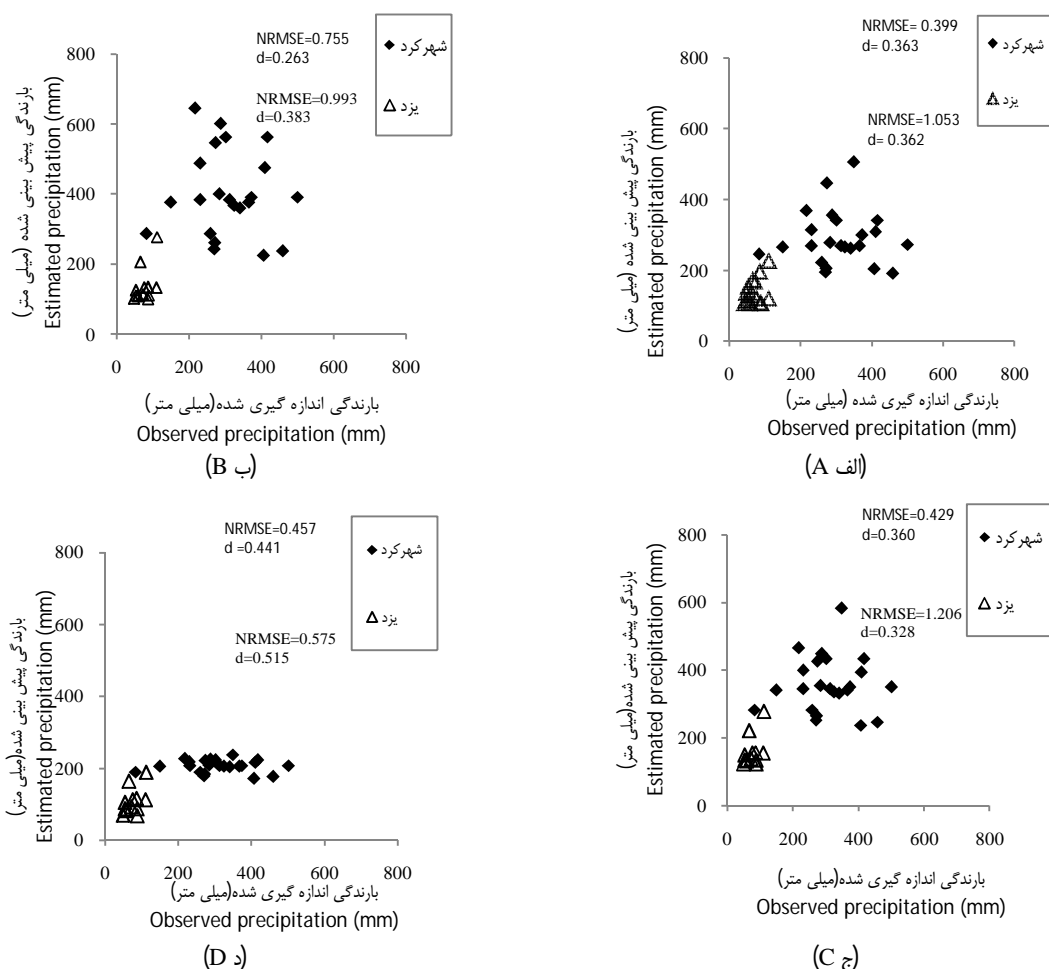
2-Normalized Root Mean Square Error



Duration of 42.5 mm of precipitation from the beginning of autumn (day)

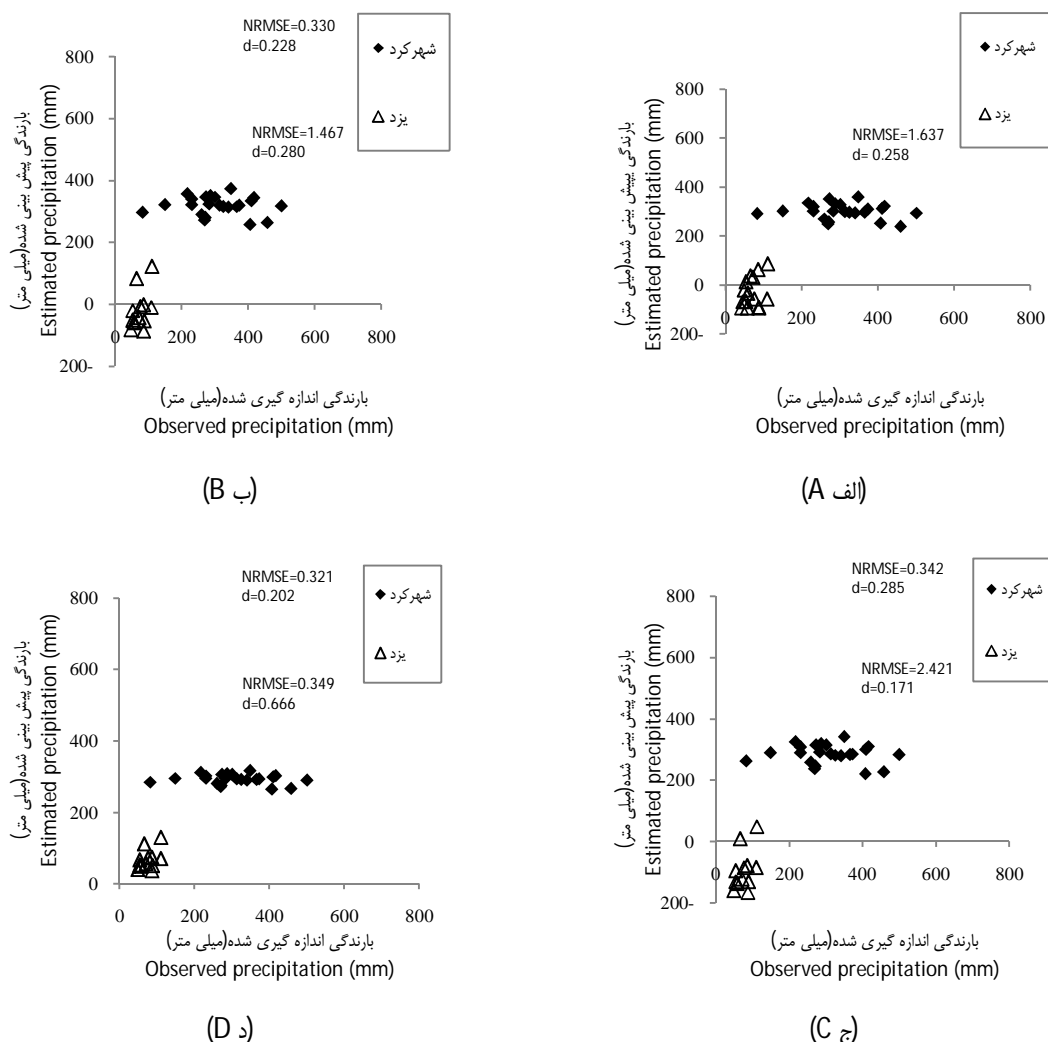
شکل 3- تغییرات باران سالانه و طول فاصله زمانی 42/5 میلی متر بارندگی از ابتدای پاییز در ایستگاه‌های شهرکرد و یزد

Figure 3- Changes in annual precipitation and during of 42.5 mm precipitation from the beginning of autumn in Shahrekord and Yazd Weather stations



شکل 4- مقادیر بارندگی مشاهده شده و پیش‌بینی شده از معادلات 1، 3، 4، 7. ایستگاه شهرکرد و یزد (به ترتیب الف تا د).

Figure 4. The observed and predicted precipitation by Equations of 1, 3, 4, 7 in Shahrekord and Yazd Weather stations (A to D, respectively).



شکل 5- مقادیر بارندگی مشاهده شده و پیش‌بینی شده از معادلات 2، 5، 6، 8، ایستگاه شهرکرد و یزد (به ترتیب الف تا د).  
 Figure 5. The observed and predicted precipitation by Equations of 2, 5, 6, 8, in Shahrekord and Yazd Weather Stations (A to D, respectively).

دقت قابل قبولی برآورد نماید. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (4، 5 و 12).

برای تأیید مدل‌های جدید، تجزیه و تحلیل بر روی 30 درصد باقیمانده داده‌ها انجام شد. باران سالانه با استفاده از 30 درصد باقیمانده داده‌ها برای مدل‌های جدید برآورد گردید و در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده، مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل 7). نتایج حاصل از بکارگیری روابط بین  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و بارندگی سالانه در ایستگاه شهرکرد قابل قبول نبود (شکل‌های 7-الف، 7-ب و 7-ج) ولی چنانچه در روابط مذکور  $P_m$  وارد شود بارندگی سالانه را به خوبی برآورد می‌نماید (شکل‌های 7-د و 7-ح). در ایستگاه یزد، روابط دارای  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و  $P_a$ ، بارندگی سالانه را خوب برآورد نموده (شکل‌های 7-الف، 7-ب و 7-ج) و به همراه  $P_m$ ، نتایج قابل قبولی

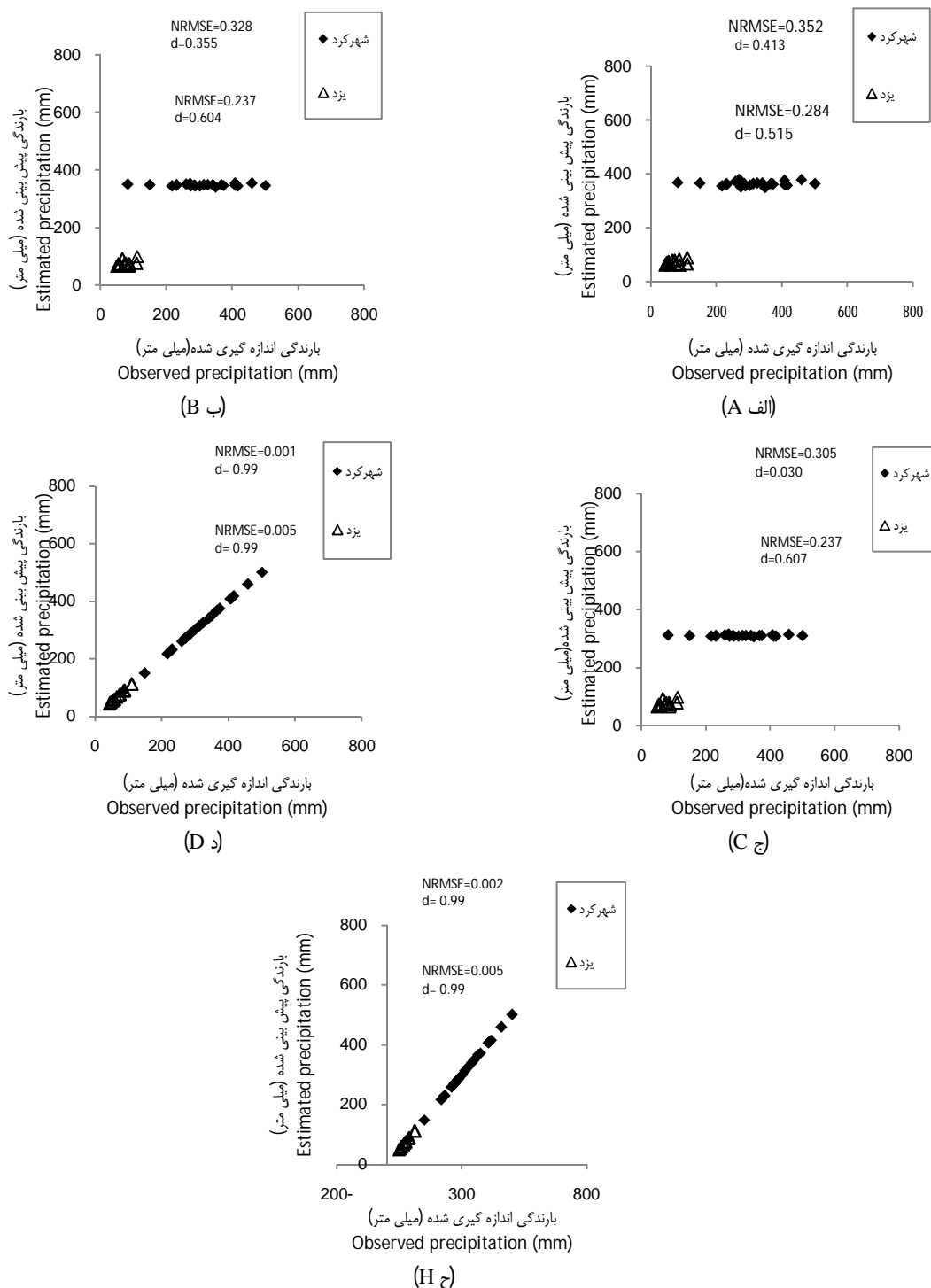
و مدل‌های اصلاح شده بین  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و  $P_m$  و  $P_a$  برای ایستگاه یزد به صورت زیر بدست آمد (معادله 18 اصلاح شده رابطه 2 و معادله 19 اصلاح شده روابط 5 و 6 و 8):

$$P_a = 1.505 \times 10^3 + 0.001 \times t_{42.5} - 20.077 \times P_m \quad R^2 = 0.99 \quad (18)$$

$$P_a = 1.432 \times 10^3 + 0.01 \times t_{47.5} - 18.0304 \times P_m \quad R^2 = 0.99 \quad (19)$$

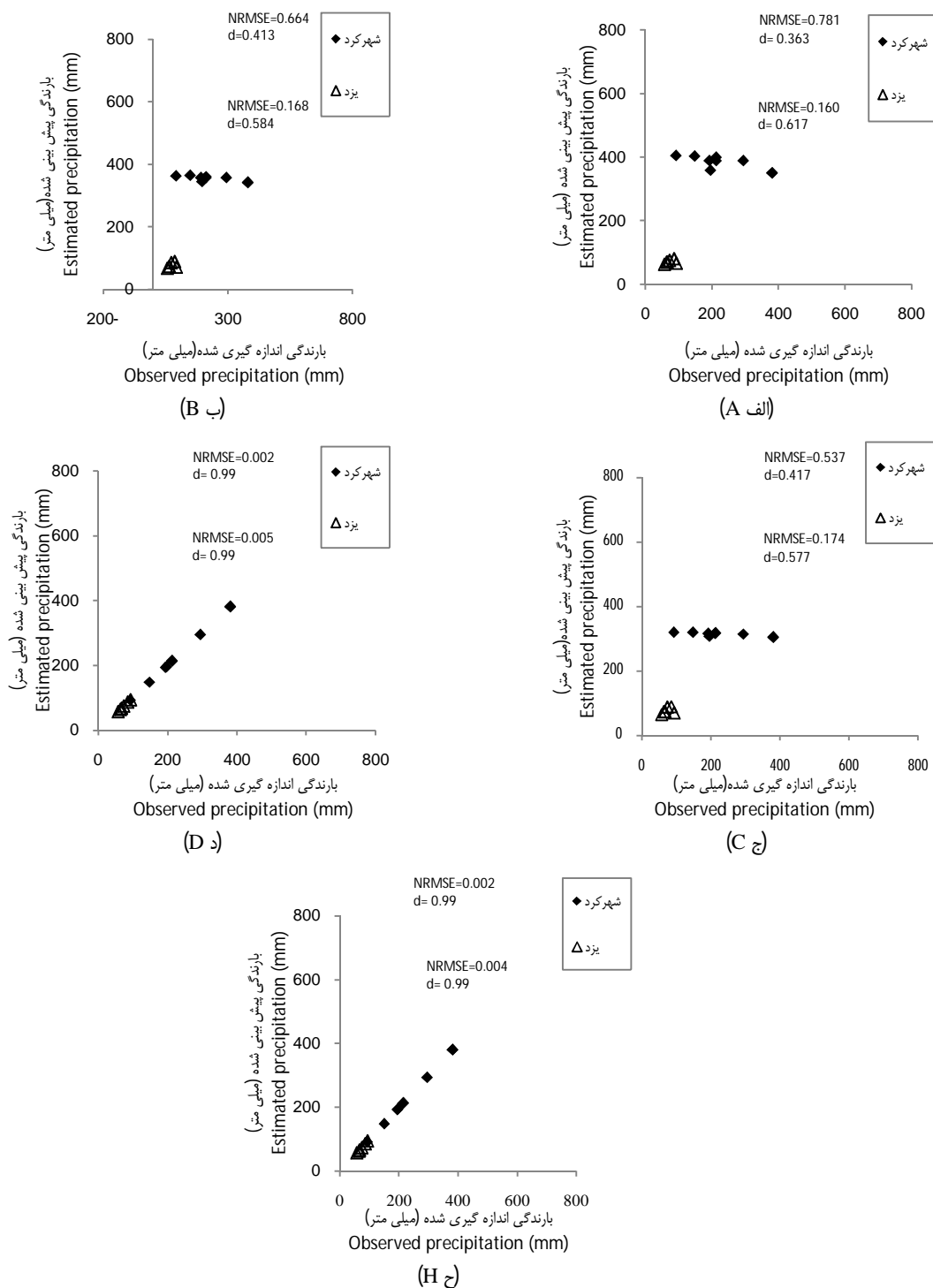
با توجه به شکل 6، روابط 15، 16 و 17 (به ترتیب شکل‌های 6-الف، 6-ب و 6-ج) کارایی نسبتاً مناسبی را برای برآورد بارندگی سالانه در یزد نشان می‌دهد، در حالی که معادله‌های 18 و 19 نتایج قابل قبولی را نشان می‌دهد (شکل‌های 6-د و 6-ح). بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که  $t_{42.5}$  و  $t_{47.5}$  به تنهایی در یک مدل ساده خطی و معکوس قادر به برآورد بارندگی سالانه نمی‌باشد ولی چنانچه با میانگین درازمدت بارندگی همراه شود می‌تواند بارندگی سالانه را با

را نشان داد (7-د و 7-ح). برآورد بارندگی در مدیریت منابع کاربرد دارد. مثلاً در دیمکاری پیش بینی بارندگی در برنامه ریزی سطح زیر کشت و اختصاص آب برای آبیاری تکمیلی مؤثر است.



شکل 6- مقادیر بارندگی مشاهده شده و پیش‌بینی شده از معادلات 10 تا 14، ایستگاه شهرکرد و معادلات 15 تا 19، ایستگاه یزد (به ترتیب الف تا ح).

Figure 6. The observed and predicted precipitation by equations of 10 to 14, in Shahrekord and equations of 15 to 19 in Yazd Weather Stations (A to H, respectively).



شکل 7- مقادیر بارندگی مشاهده شده و پیش‌بینی شده با معادلات 10 تا 14- ایستگاه شهرکرد و معادلات 15 تا 19، ایستگاه یزد-30 درصد داده‌ها (به ترتیب الف تا ح).

Figure 7. The observed and predicted precipitation by equations of 10 to 14 in Shahrekord and equations of 15 to 19 in Yazd Weather Station- 30 percent of data (A to H, respectively).

برآورد بارندگی دو ایستگاه شهرکرد و یزد، مقادیر NRMSE بیشتر از 0/3 و شاخص d کمتر از 0/7 بدست آمد (شکل 4). هم‌چنین با

### نتیجه‌گیری کلی

با کاربرد روابط بین  $t_{42.5}$ ،  $t_{47.5}$  و  $P_a$  (معادلات 1، 3، 4 و 7) برای



همان فاصله زمانی و میانگین درازمدت بارندگی با بارندگی سالانه در صورت اصلاح ضرایب قادر بود با دقت قابل قبولی بارندگی سالانه را در دو ایستگاه شهرکرد و یزد برآورد نماید (شکل‌های 6-د و 6-ح نتایج مربوط به ایستگاه شهرکرد، 6-د و 6-ح مربوط به ایستگاه یزد). برای تأیید نتایج فوق، مدل‌ها با 30 درصد باقیمانده داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی فوق در شکل 7 ملاحظه می‌گردد. مقادیر NRMSE در شکل‌های 7-الف، 7-ب و 7-ج، روابط بین  $t_{47.5}$ ،  $t_{42.5}$  و بارندگی سالانه را در حد خوب بیان می‌کند و سایر نتایج، صحت نتیجه‌گیری‌های فوق را تأیید می‌کند.

بکارگیری روابط دارای عوامل  $t_{47.5}$ ،  $t_{42.5}$  و  $P_m$  با  $P_a$  (مدل‌های 2، 5، 6 و 8)، نتایج قابل قبولی حاصل نشد (شکل 5). با اصلاح روابط فوق (مدل‌های 10 تا 14 برای شهرکرد و 15 تا 19 برای یزد) و مقایسه بارندگی سالانه برآورد و اندازه‌گیری شده حاصل از کاربرد مدل‌های مذکور، نتایج نشان داد که روابط معکوس و خطی بین  $t_{47.5}$ ،  $t_{42.5}$  و بارندگی سالانه نمی‌تواند مدل مناسبی برای ایستگاه شهرکرد باشد (شکل‌های 6-الف، 6-ب و 6-ج نتایج مربوط به ایستگاه شهرکرد) و نتایج حاصل از ارزیابی این روابط برای برآورد بارندگی ایستگاه یزد در حد نسبتاً قابل قبول بود (شکل‌های 6-الف، 6-ب و 6-ج نتایج مربوط به ایستگاه یزد). در حالی که مدل خطی ساده شامل ارتباط

## منابع

- 1-Khalili N., Khodashenas S.R., Davari K., and Mousavi Bayeghi M. 2007. Monthly precipitation forecasting using artificial neural networks in Mashhad Synoptic Weather Station. *Journal of Agricultural Science and Technology, Transaction of soil and water*, (1) 22: 89-99. (in Persian with English abstract).
- 2- Davoudi M., Mohammadi H., and Bay N. 2009. Analysis and prediction of some climatic elements of Mashhad. *Nivar*, 71-70: 35-46. (in Persian with English abstract.)
- 3-Fatemi Amin S.R., and Mortezaei A. 2013. Guideline plan of food chain products. Vice President of Planning, Ministry of Industry, Mine and Trade. Jihad-Daneshgahi Press, University of Shahid-Beheshti. Tehran.
- 4- Ghasemi m.m., and Sepaskhah A.R. 2004. Predicting of annual precipitation in Khuzestan Province based on early rain events in fall. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 8(1): 1-9. (in Persian with English abstract)
- 5-Karimi gughari sh., and sepaskhah A. R. 2006. A Model for prediction of annual precipitation in Kerman Province. *Iran-Water Resources Research*, 2(1): 54-60. (in Persian with English abstract)
- 6- Meteorological Organization of Chaharmahal-Bakhtiari Province. Available at <http://www.chaharmahalmet.ir/c1.asp> (Visited 23 November 2014)
- 7- Meteorological Organization of Yazd Province. Meteorological report of Yazd synoptic Weather Station. Available at <http://www.yazdmet.ir> (Visited 27 November 2014)
- 8-Ansari H. 2013. Forecasting Seasonal and Annual Rainfall Based on Nonlinear Modeling with Gamma Test in North of Iran. *International Journal of Engineering Practical Research*, 2(1):16-29.
- 9-Ma L., Li X., and Wang J. 2012. Hybrid Neural Network Model Application in Annual Precipitation Forecast. *International Journal of U- & E-Service, Science & Technology*, 5(4):21-30.
- 10-Munot A. A., and Kumar K. K. 2007. Long range prediction of Indian summer monsoon rainfall. *Journal of Earth System Science*, 116(1):73-79.
- 11-Rahman M. M., Rafiuddin M., and Alam M. M. 2013. Seasonal forecasting of Bangladesh summer monsoon rainfall using simple multiple regression model. *Journal of Earth System Science*, 122(2):551-558.
- 12-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):60-69.
- 13-Stewart J. I. 1988. Response farming In rainfed agriculture. WHARF Foundation Press. Davis California.

## Modification and Application of Simple Regression Models to Predict Annual Precipitation in Shahrekord and Yazd Weather Stations

N. Khalili Samani<sup>1\*</sup> - A. Azizian<sup>2</sup>

Received: 01-12-2014

Accepted: 02-03-2015

**Interduction:** Spatial and temporal improper distribution of precipitation is one of the major problems in the water district. Increasing population and reduction per capita fresh water has made freshwater resources as a renewable to a semi-renewable source (1).

Rainfall is one of the climatic variables that influence the ground water resources. The existence of models for predicting the annual precipitation and subsequent management of water resources in arid, semi-arid and also humid regions is useful. In this study, the simple regression models that relate the annual precipitation to the duration of 42.5 and 47.5 mm of precipitation from the beginning of autumn ( $t_{42.5}$  and  $t_{47.5}$ , respectively) and mean annual precipitation ( $P_m$ ), in Khuzestan (2), Kerman (3) and southern and western provinces of Iran (4) were evaluated using long-term daily precipitation data of Shahrekord and Yazd Weather stations and, if necessary, modified equations.

**Materials and methods:** In this study, long-term daily precipitation data of Shahrekord and Yazd Weather stations (1360-1392) from Meteorological Administration of Chaharmahal and Bakhtiari and Yazd were prepared, completed and used for analysis. At each station the duration of 42.5 and 47.5 mm of precipitation from the beginning of autumn ( $t_{42.5}$  and  $t_{47.5}$ , respectively) for each year, annual precipitation and mean annual precipitation for subsequent calculations were extracted. Then, the homogeneity and adequacy of data were checked using RUN Test. Equations of 1 to 8 were used for predicting the annual precipitation using 70% of the data. The relationship between observed and predicted annual precipitation were evaluated. Then the coefficients of equations were corrected by 70% of the data set using SPSS Software in Shahrekord and Yazd Weather Stations. The remaining 30% of data were used to validate the modified models. Index of agreement (d) and normalized root mean square error (NRMSE), were used to evaluate the models. The NRMSE values close to zero and d values close to 1 indicate proper operation of the model.

**Results and Discussion:** Results showed that the models with straight and reverse relationships between  $t_{42.5}$  or  $t_{47.5}$  and  $P_m$  were not suitable to estimate the annual precipitation in Shahrekord. However, these models were relatively acceptable for Yazd. While the simple regression model using  $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$  and the long-term  $P_m$  as independent inputs could be able to predict the annual precipitation of Shahrekord and Yazd stations with acceptable accuracy.

**Conclusion :** Using the relationship between  $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$  and  $P_a$  (equations of 1, 3, 4 and 7) for estimating the annual precipitation in Shahrekord and Yazd stations, NRMSE values obtained greater than 0.3 and d index less than 0.7 (Fig. 3 and 4). Furthermore, the models included  $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$  and  $P_m$  versus  $P_a$  (equations of 2, 5, 6 and 8), had not acceptable results (Fig. 5 and 6). By modifying the above mentioned equations (models of 10 to 14 for Shahrekord and 15 to 19 for Yazd) and comparison of measured and predicted annual precipitation by the modified models, the results showed that the linear and inverse relationship between  $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$  and annual precipitation could not be an appropriate model for Shahrekord Station (Fig. 7-A and 7-B and 7-C) and results of the evaluation of these relationships for estimating of the average annual precipitation of Yazd were relatively acceptable (Fig. 8-A and 8-B and 8-C results in Yazd station). While the simple linear model including the relationship between those time periods ( $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$ ) and the long-term average annual precipitation with corrected coefficients could accurately estimate the annual rainfall in the Shahrekord and Yazd stations (Fig. 7-d and 7-H for Shahrekord and 8-D, 8-H for Yazd station). In order to validate the above results, the models were evaluated with the remaining 30% of the data. Results showed in Figs. 9 and 10. The NRMSE values in Figs. 10-A, 10-B and 10-C, confirm the validity of the relationship between  $t_{42.5}$ ,  $t_{47.5}$  and annual precipitation.

**Keywords:** Annual precipitation, Prediction, Shahrekord, Regression model, Yazd

1, 2- Drainage and Graduate M.Sc. Student of Watershed Management and Assistant Professor of Irrigation, Ardakan University

(\*-Corresponding Author Email: Nkhs812@gmail.com)