



## مقدمه

یکی از کارهای معمول در برنامه ریزی منابع آب، شبیه سازی یا ساختن مدلی از برخی متغیرهای هیدرولوژیک مانند بارندگی، جریان های رودخانه ای، جریان های سیلاب است که پدیده هایی احتمالی یا تصادفی هستند. روی هم رفته متغیرهای هیدرولوژیک به مجموعه داده هایی گفته می شود که به گونه ای بر سیکل هیدرولوژی مؤثرند. برای هر یک از متغیرهای هیدرولوژیک عامل های گوناگونی اندازه گیری و ثبت می شود. با تجزیه و تحلیل این عامل ها، که در گذشته رخ داده و اندازه گیری شده اند، می توان به نتایجی رسید که اگر آن را برای آینده تعمیم دهند، تصمیم گیری و یا شبیه سازی رفتار حوزه را ساده خواهد ساخت. بارندگی را می توان مهمترین عاملی دانست که به گونه ی مستقیم در چرخه ی هیدرولوژی دخالت دارد بنابراین، تولید داده های بارندگی نقش مهمی در برنامه ریزی بهتر منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که مصرف کنندگان با محدودیت رو به رو هستند، ایفا خواهد کرد. شبیه سازی پارامترهای تعیین کننده آب و هوا از جمله بارندگی کمک شایانی در مدیریت کشاورزی نیز خواهد کرد. به همین دلیل در سال های اخیر، کارشناسان کشاورزی توجه ویژه ای به مدل سازی و شبیه سازی به عنوان راه هایی نوین در تجزیه و تحلیل بارندگی و بررسی اثر آن بر فعالیت های کشاورزی از خود نشان داده اند. مقدار و الگوی باران، جزء مهم ترین پارامترهای هواشناسی هستند که اثر زیادی بر کشاورزی دارند [۸، ۱۰ و ۱۹].

در بین روش های پیشنهاد شده برای مدل سازی و شبیه سازی بارندگی، ترکیبی از زنجیره مارکوف و تابع توزیع گاما یا به بیان دیگر مدل دو جزئی معمول است و برای بسیاری از مناطق دنیا مناسب تشخیص داده شده است [۱، ۳، ۷، ۸]. در این روش زنجیره ی مارکوف برای توصیف وقوع بارندگی روزانه و تابع توزیع گاما برای به دست آوردن مقدار باران در روز بارندگی به کار برده می شود. در بین مدل هایی که برای توصیف الگوی بارندگی پیشنهاد شده است، به گونه ی عمومی در بین پژوهشگران، زنجیره ی مارکوف با تغییر وضعیت یک مرحله ای به عنوان روش ساده و مؤثر برای توصیف وقوع بارندگی تشخیص داده شده است [۸]. هنگامی که این مدل برای شبیه سازی بارندگی استفاده شود، بسیاری از ویژگی های مهم بارندگی را حفظ می کند و بسیاری از اهداف کاربردی را به دست می دهد [۲، ۴، ۱۱ و ۱۶].

سنتلهاس و همکاران [۲۰] روش گنگ و همکاران [۸] را برای

## تولید داده های بارندگی در استان فارس

### در ایستگاه های فاقد آمار کافی

محمد مهدی مقیمی<sup>۱</sup> و علیرضا سپاسخواه<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۰

### چکیده

بارندگی در مدیریت منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک نقش اساسی دارد و شبیه سازی این متغیر هیدرولوژیک گامی بسیار مهم در راستای برنامه ریزی بهتر منابع آب و کشاورزی خواهد بود. در این پژوهش برای تولید داده های بارندگی در ایستگاه های فاقد آمار کافی در استان فارس از روشی که گروهی از پژوهشگران در سال ۱۹۸۶ ارائه کرده بودند، استفاده شد. در روش ارائه شده برای برآورد پارامترهای مدل برای تولید داده های بارندگی در ایستگاه های فاقد آمار کافی، از روابط تجربی مطمئن موجود بین پارامترهای مدل (احتمال انتقال از یک روز غیر بارانی به یک روز بارانی، احتمال انتقال از یک روز بارانی به یک روز بارانی و پارامترهای آلفا و بتا در تابع توزیع گاما) که در ایستگاه های دارای آمار کافی محاسبه شده است و برخی از ویژگی های میانگین ماهانه بارندگی همان ایستگاه ها (نسبت روزهای بارانی و میانگین بارندگی در روزهای بارانی) استفاده شد. ایستگاه های مورد استفاده با آمار بلندمدت بارندگی روزانه (۲۲ سال) ۹ ایستگاه بود که با استفاده از آمار این ایستگاه ها، روابط کلی برآورد پارامترهای مدل به منظور تولید داده های بارندگی روزانه در استان فارس به دست آمد. با استفاده از این روابط داده های بارندگی روزانه در ۷ ایستگاه با آمار ناکافی (۵ سال) تولید شد. نتایج به دست آمده نشان داد که دقت تولید داده های بارندگی روزانه در مقایسه با داده های واقعی، قابل قبول است.

واژه های کلیدی: بارندگی روزانه، مدل دو جزئی، زنجیره مارکوف، تابع توزیع گاما

۱- نویسنده مسئول و دانش آموخته بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه شیراز moghimimehdi@gmail.com

۲- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

sepas@shirazu.ac.ir

درصد گندم کشور در فارس تولید می شود. بنابراین با توجه به رشد جمعیت، مطالعات منابع آب از جمله تولید داده های بارش از اهمیت بالایی برخوردار است.

هدف از انجام این پژوهش، تولید داده های بارندگی در ایستگاه های فاقد آمار کافی در استان فارس با استفاده از مدل دو جزئی است.

#### مواد و روش ها

در این پژوهش برای شبیه سازی بارندگی در استان فارس از مدل دو جزئی (زنجیره مارکوف دو حالتی یک مرحله ای و تابع توزیع گاما) استفاده شد که از زنجیره ی مارکوف یک مرحله ای برای شبیه سازی وقوع یا عدم وقوع بارندگی و از تابع توزیع گاما برای شبیه سازی مقدار بارندگی استفاده می شود. برای برآورد پارامترهای این مدل از روش گنگ و همکاران [۸] استفاده گردید. در واقع این پژوهش در سه مرحله صورت گرفت که عبارتند از:

۱- برآورد پارامترهای مدل دو جزئی شبیه سازی بارندگی در ایستگاه های دارای آمار کافی

برای شبیه سازی وقوع یا عدم وقوع بارندگی از ماتریس تغییر وضعیت یک مرحله ای زنجیر مارکوف دو حالتی (حالت بارندگی و غیر بارندگی) استفاده شد. بنابراین یک ماتریس  $2 \times 2$  وجود داشت که به صورت زیر است [۱۶ و ۲۳].

$$P = \begin{bmatrix} P(D/D) & P(W/D) \\ P(D/W) & P(W/W) \end{bmatrix} \quad (1)$$

اجزای این ماتریس به صورت زیر تعریف می شود:

$P(W/D)$ : احتمال اینکه روز  $i$  بارانی باشد، به شرط آنکه روز  $i-1$  غیر بارانی باشد.

$P(D/D)$ : احتمال اینکه روز  $i$  غیر بارانی باشد، به شرط آنکه روز  $i-1$  غیر بارانی باشد.

$P(W/W)$ : احتمال اینکه روز  $i$  بارانی باشد، به شرط آنکه روز  $i-1$  بارانی باشد.

$P(D/W)$ : احتمال اینکه روز  $i$  غیر بارانی باشد، به شرط آنکه روز  $i-1$  بارانی باشد.

بین اجزای ماتریس (۱) روابط زیر وجود دارد:

$$P(W/D) + P(D/D) = 1 \quad (2)$$

$$P(W/W) + P(D/W) = 1 \quad (3)$$

که در آنها  $D$  و  $W$  به ترتیب نشان دهنده ی روز غیر بارانی و بارانی می باشند.

احتمال حالت های مختلف وقوع بارش به صورت زیر محاسبه می شود:

تولید داده های بارندگی مورد نیاز در مدل های شبیه سازی گیاهی در مناطق گوناگون برزیل به کار بردند و مشاهده کردند که تفاوت معنی داری بین داده های بارندگی تولید شده با واقعیت در هیچ کدام از مناطق وجود نداشت.

دول و سبیرت [۵] مدل WaterGap را توسعه دادند. این مدل در مورد منابع آب و کاربردهای آن به صورت جهانی طراحی شده است. در بخش ورودی این مدل برای تولید داده های بارندگی از روش یادشده استفاده کردند.

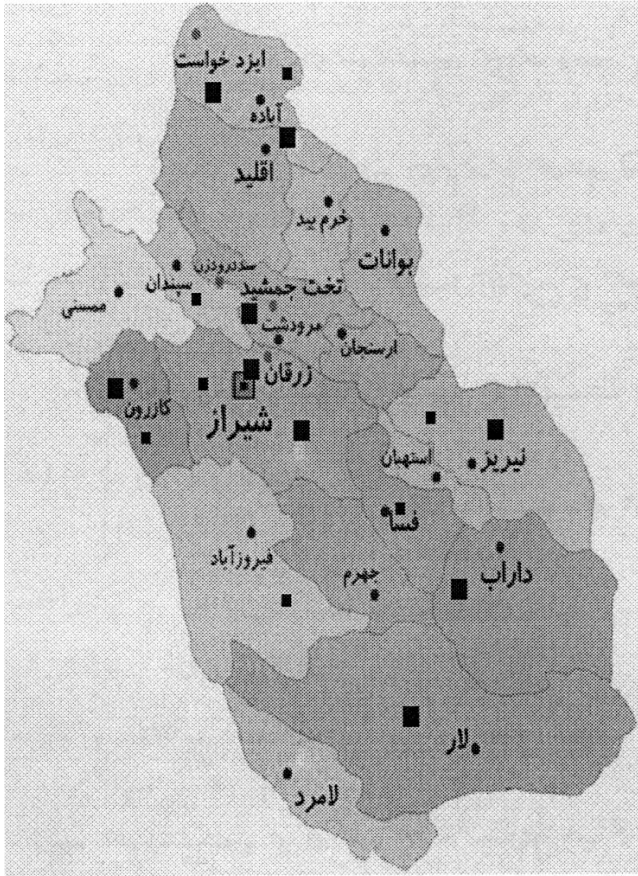
لهنر و همکاران [۱۴] در پژوهشی، اثر تغییرات جهانی مصرف آب و شرایط آب و هوا را بر خطرات سیل و خشکسالی در اروپا بررسی کردند. این پژوهشگران در این بررسی از مدل WaterGap استفاده کردند که در بخش داده های ورودی بارندگی از داده های تولید شده توسط روش یادشده استفاده نمودند.

اسکول و عباسپور [۱۹] مدل هیدرولوژیکی SWAT<sup>۱</sup> را برای آفریقای غربی کالیبره کرده و به کار بردند. برای تولید داده های بارندگی روزانه در ایستگاه هایی که داده ها کافی نداشتند، از این روش استفاده کردند.

لازم به ذکر است که روش های دیگری نیز برای تولید داده های روزانه بارندگی پیشنهاد شده است [۶، ۱۳ و ۱۴]. مشکل عمده ی مدل دو جزئی تولید داده های بارندگی (تغییر وضعیت یک مرحله ای زنجیره مارکوف و تابع توزیع گاما) و دیگر مدل ها، احتیاج آنها به آمار بلند مدت هواشناسی (حداقل ۲۰ سال) است [۱۷ و ۱۸] تا بتوان شبیه سازی قابل اعتمادی را انجام داد. برای رفع این مشکل گنگ و همکاران [۸] روشی ساده بر مبنای روابط تجربی مطمئنی ارائه دادند که در آن بین پارامترهای مدل (به دست آمده از روش معمول در جاهایی که دارای آمار کافی هستند) و برخی ویژگی های بارندگی ماهانه در محدوده ی گسترده ای از محیط های با آب و هوای متنوع ارتباط وجود دارد. تا جایی که نویسندگان مقاله آگاه هستند چنین مطالعاتی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران به ویژه استان فارس انجام نشده است.

استان فارس در نیمه ی جنوبی ایران در عرض جغرافیایی ۲۷ تا ۳۱/۵ شمالی و طول جغرافیایی ۵۰/۷ تا ۵۵/۵ شرقی واقع شده است و ۷/۳ درصد از کل مساحت ایران را تشکیل می دهد. این استان به دلیل ویژگی اقلیمی و توپوگرافی خاص از تنوع اقلیمی برخوردار است به گونه ای که بخش نسبتاً شایان توجهی از استان فارس روی کمربند خشک و نیمه خشک قرار دارد. شناخت و تولید داده های بارش نقشی ارزنده در استفاده ی بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی و مدیریت آب در کشاورزی دارد که تمامی فعالیت های کشاورزی، دامپروری، عمرانی و صنعتی استان را تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به اینکه استان فارس تولید کننده ی درصد بالایی از محصولات باغی و زراعی کشور می باشد به گونه ای که بیش از ۲۵

1- Soil and Water Assessment Tool



شکل ۱- نقشه استان فارس که در آن محل ایستگاه‌ها مشخص شده است.

- ایستگاه‌های ۹ گانه برای محاسبه ی روابط کلی
- ایستگاه‌های ۷ گانه برای تولید داده‌های بارندگی

به دست آورد.

این روابط در هر ایستگاه و همچنین روی هم رفته برای تمام ایستگاه‌ها با انجام رگرسیون خطی به دست آمدند. روابط یادشده به صورت زیر است:

$$P(W/D) = b*(RWD) \quad (6)$$

$$\beta = a*(ARWD) + c \quad (7)$$

پارامتر  $P(W/W)$  از رابطه زیر به دست آمد:

$$P(W/W) = (1-b) + b*(RWD) \quad (8)$$

که رابطه ی (۸) با توجه به رابطه ی زیر به دست آمده است:

$$P(W) = P(W/D)P_y(D) + P(W/W)P_y(W) \quad (9)$$

در این رابطه  $P(W)$  احتمال بارانی بودن یک روز خاص و  $P_y(D)$  احتمال غیر بارانی بودن روز قبل و  $P_y(W)$  احتمال بارانی بودن روز قبل است.

پارامتر  $\alpha$  هم از رابطه زیر به دست می آید:

$$\alpha = (ARWD)/\beta \quad (10)$$

۳- تولید داده های بارندگی در ایستگاه های دارای آمار ناکافی  
در این مرحله ابتدا با استفاده از معادله های کلی به دست آمده برای استان فارس، پارامترهای مدل دو جزئی تولید داده های بارندگی ( $P(W/W)$ ،  $P(W/D)$ ،  $\alpha$  و  $\beta$ ) در ۷ ایستگاه با آمار ناکافی

$$P(W/D) = \frac{\text{تعداد روزهای غیربارانی با فردای بارانی}}{\text{تعداد روزهای غیربارانی}}$$

$$P(D/D) = \frac{\text{تعداد روزهای غیربارانی با فردای بارانی}}{\text{تعداد روزهای غیربارانی}}$$

$$P(W/W) = \frac{\text{تعداد روزهای غیربارانی با فردای بارانی}}{\text{تعداد روزهای بارانی}}$$

$$P(D/W) = \frac{\text{تعداد روزهای غیربارانی با فردای بارانی}}{\text{تعداد روزهای بارانی}}$$

اجزای چهارگانه ی ماتریس (۱) در هر ماه در طول سال و برای ۲۲ سال در ۹ ایستگاه در سطح استان محاسبه گردید که موقعیت مکانی این ایستگاه‌ها در شکل (۱) ارایه شده است. لازم به ذکر است که معیار انتخاب ایستگاه‌ها تنوع آب و هوایی بوده است. بنابراین، برای هر ماه در هر ایستگاه ۲۲ عدد به دست آمد که در نهایت برای به دست آوردن پارامترهای یاد شده در هر ماه از این ۲۲ عدد میانگین گرفته شد.

برای محاسبه ی پارامترهای توزیع گاما جهت شبیه سازی مقدار باران از روابط زیر که توسط گرین وود و دوراند [۹] و جانسون و کوتز [۱۲] ارائه شده است، استفاده شد:

$$\alpha = [0.5000876 + 0.1648855Y - 0.0544274Y^2]/Y \quad (4)$$

$$\beta = \bar{X}/\alpha \quad (5)$$

که در آنها  $Y = \ln(\bar{X}/G)$ ، میانگین حسابی بارندگی و  $G$ ، میانگین هندسی بارندگی است.

برای به دست آوردن پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  به صورت ماهانه ابتدا میانگین حسابی و هندسی بارندگی روزانه در ماه مربوطه و در طول ۲۲ سال داده بارندگی روزانه موجود در ۹ ایستگاه یادشده به دست آمد و سپس  $Y$  محاسبه گردید و در نتیجه با استفاده از معادله های (۴) و (۵)، پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  محاسبه شد. سپس برای هر ماه در هر ایستگاه میانگین این پارامترها در طول ۲۲ سال به دست آمد.

۲- روابط بین پارامترهای احتمال بارندگی و برخی از ویژگی های بارندگی ماهانه

در این بخش ابتدا روند تغییرات پارامترهای به دست آمده برای ۹ ایستگاه در مرحله ی (۱-۲) و برخی ویژگی های میانگین ماهانه مربوط به این ۹ ایستگاه بررسی شد و مشاهده گردید که روند تغییرات پارامترهای میانگین ماهانه  $P(W/D)$  و نسبت روزهای بارانی<sup>۱</sup> ( $RWD$ ) و همچنین روند تغییرات پارامترهای میانگین ماهانه  $\beta$  و میانگین بارندگی در روزهای بارانی<sup>۲</sup> ( $ARWD$ ) شبیه به هم است. بنابراین می توان در هر دو مورد، روابط خطی بین آنها را

1- Ratio of wet days

2- Amount rain per wet days

که در آن  $f(x)$  - متغیر تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه  $(0, 1)$ ،  $\Gamma(\alpha)$  - تابع گاما،  $\alpha$  - پارامتر شکل توزیع گاما،  $\beta$  - پارامتر مقیاس توزیع گاما و  $x$  - مقدار (ارتفاع) بارندگی است. گفتنی است برای تولید داده های مقدار بارندگی روزانه در هر ماه در طول سال، از پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  مربوط به آن ماه استفاده شد. تمام مراحل محاسباتی یادشده در قسمت مواد و روش ها توسط برنامه ای که تحت نرم افزار برنامه نویسی 7 MATLAB نوشته شد، انجام گردید.

### نتایج و بحث

#### ۱- نتایج حاصل از ایستگاه های با آمار کافی

شکل (۲) تغییرات پارامترهای  $P(W/D)$  و نسبت روزهای بارانی و شکل (۳) تغییرات پارامترهای  $\beta$  و میانگین بارندگی در روزهای بارانی در طول سال در یکی از ایستگاه ها را نشان می دهد. همان گونه که در شکل (۲) مشاهده می شود، منحنی های به دست آمده با هم موازی هستند و همچنین در شکل (۳)، منحنی های مربوط به پارامترهای  $\beta$  و میانگین بارندگی در روزهای بارانی با هم موازی هستند.

در هر ایستگاه، روابط خطی موجود بین  $P(W/D)$  و نسبت روزهای بارانی (جدول (۱)) و پارامتر  $\beta$  و میانگین بارندگی در روزهای بارانی (جدول (۲)) به دست آمد که روابط به دست آمده در هر ایستگاه دارای ضریب تعیین بالایی است. بنابراین با داشتن پارامترهای نسبت روزهای بارانی و میانگین بارندگی در روزهای بارانی در ایستگاه های دیگر غیر از ۹ ایستگاه یادشده، می توان پارامترهای مدل دو جزئی جهت تولید داده های بارندگی در آن ایستگاه ها را به دست آورد.

حال برای به دست آوردن روابط کلی برای استان از پارامترهای

(۵ سال آمار) به دست آمد. بدین ترتیب که ابتدا پارامترهای میانگین ماهانه نسبت روزهای بارانی و میانگین ماهانه بارندگی در روزهای بارانی در طول ۵ سال آمار بارندگی روزانه در هر ایستگاه محاسبه گردید. سپس با استفاده از معادله های کلی به دست آمده، پارامترهای مدل دو جزئی تولید داده های بارندگی در این ۷ ایستگاه تعیین گردید. با استفاده از پارامترهای به دست آمده، بارندگی به مدت ۱۵ سال برای هر یک از این ۷ ایستگاه تولید شد. تولید داده های بارندگی، شامل شبیه سازی تعداد روزهای بارانی و مقدار بارندگی در روزهای بارانی است.

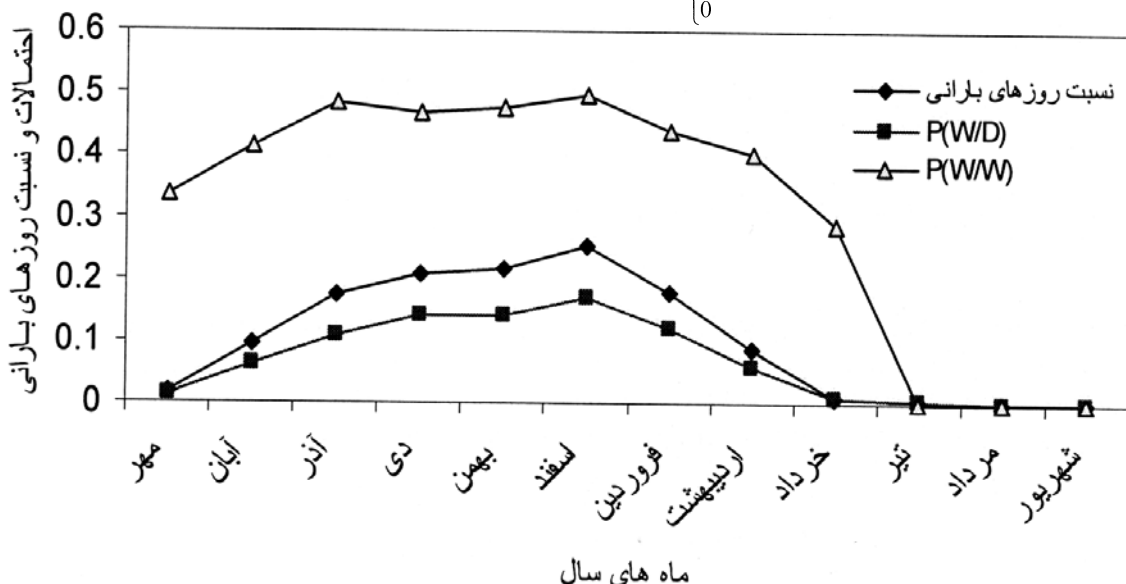
#### ۳-۱- شبیه سازی تعداد روزهای بارانی

برای شبیه سازی وقوع یا عدم وقوع بارندگی در یک روز ابتدا داده های یکنواخت تصادفی در بازه  $(0, 1)$  تولید شد و سپس با جزء  $P(W/D)$  مقایسه گردید. اگر داده تصادفی تولید شده کوچکتر یا مساوی این جزء باشد، به عنوان روز بارانی و در غیر این صورت به عنوان روز غیر بارانی به شمار آمد. اگر یک روز به عنوان روز بارانی به شمار آید، داده تصادفی مربوط به روز بعد باید با جزء  $P(W/W)$  مقایسه شود. حال اگر این داده تصادفی بزرگتر از این جزء باشد، این روز نیز به عنوان روز بارانی به شمار آمد. لازم به ذکر است که برای تولید داده های بارندگی روزانه در هر ماه در طول سال، از اجزای ماتریس مربوط به آن ماه استفاده شد.

#### ۳-۲- شبیه سازی مقدار باران در روزهای بارانی

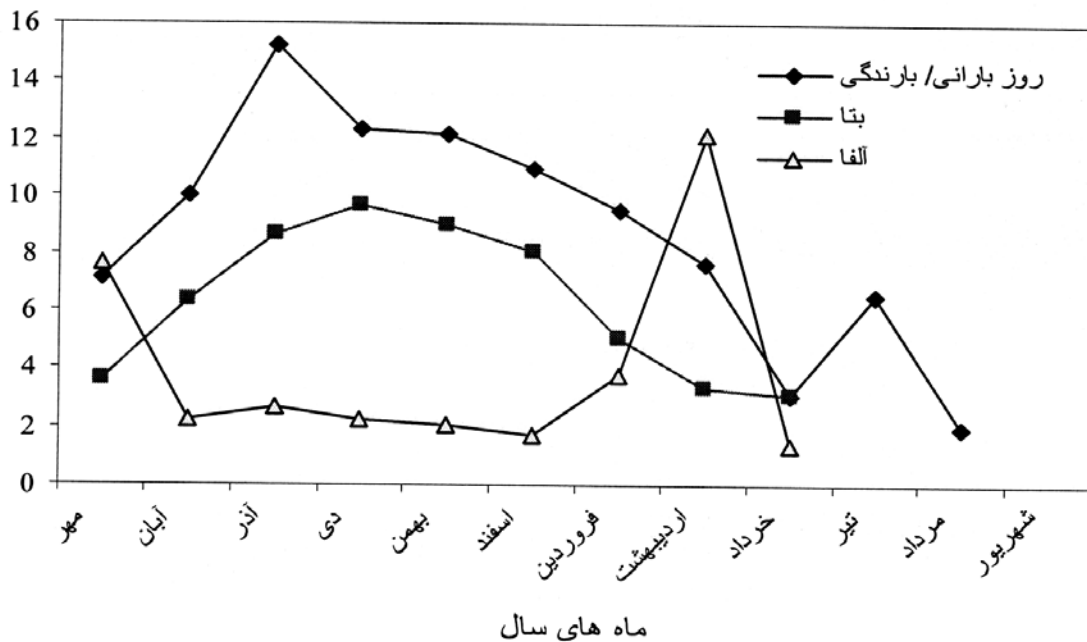
برای به دست آوردن مقدار باران در روزی که به عنوان روز بارانی برآورد شده است، یک داده تصادفی دیگر در بازه  $(0, 1)$  تولید شد و با استفاده از پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  به دست آمده و با استفاده از تابع چگالی توزیع گاما مقدار بارندگی به دست آمد. تابع چگالی توزیع گاما به صورت زیر است:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} & \alpha, \beta > 0, x > 0 \\ 0 & \end{cases} \quad (11)$$



شکل ۲- میانگین مقادیر احتمالات  $P(W/D)$  و  $P(W/W)$  و نسبت روزهای بارانی در ماههای گوناگون سال در ایستگاه دهکده سفید





شکل ۳- مقادیر میانگین پارامترهای آلفا و بتا و میانگین بارندگی در روزهای بارانی در ماههای گوناگون سال در ایستگاه دهکده سفید

دست آمد.  
ضرایب معادله های (۱۲) و (۱۳) که برای یک منطقه ی خشک و نیمه خشک به دست آمده است، در مقایسه با معادله های به دست آمده توسط گنگ و همکاران [۸] که برای مناطق پر باران (مرطوب) به دست آمده است در مورد معادله ی (۱۲)، شبیه به هم است، ولی در مورد معادله ی (۱۳) متفاوت است. معادله های به دست آمده توسط آنها به صورت زیر است:

$$P(W/D) = 0.75*(RWD) \quad (15)$$

$$\beta = 1.83*(ARWD) - 2.16 \quad (16)$$

به دست آمده در تمام ۹ ایستگاه استفاده شد. این روابط کلی به صورت زیر است که دارای ضریب تعیین بالایی نیز هستند (شکل های (۴) و (۵)):

$$P(W/D) = 0.6841*(RWD) \quad (12)$$

$$\beta = 0.5643*(ARWD) - 0.5528 \quad (13)$$

با به دست آوردن  $P(W/D)$ ، پارامتر  $P(W/W)$  از معادله ی (۸) محاسبه شد که به صورت زیر است:

$$P(W/W) = 0.3159 + P(W/D) \quad (14)$$

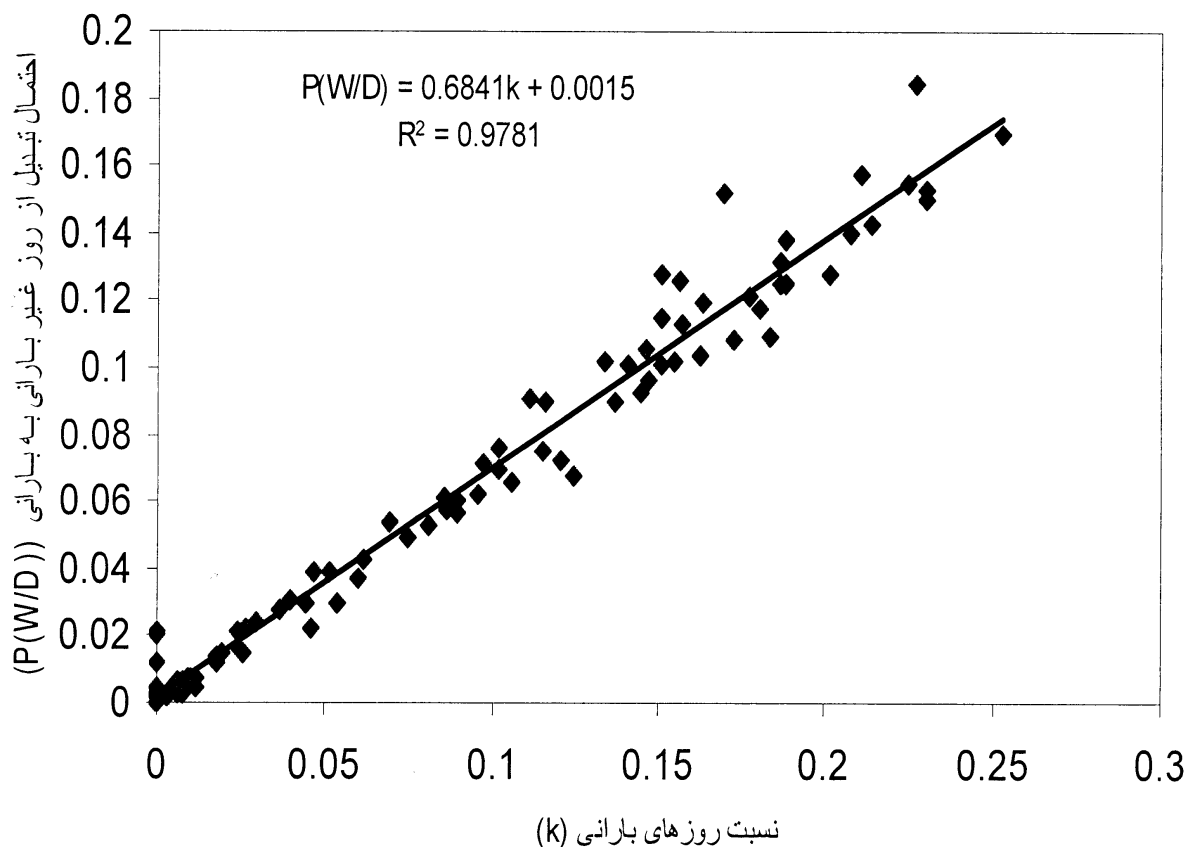
همچنین با محاسبه ی پارامتر  $\beta$ ، پارامتر  $\alpha$  از معادله ی (۵) به

جدول ۱- ضرایب رگرسیون روابط خطی موجود بین پارامترهای نسبت روزهای بارانی و  $P(W/D)$  برای ایستگاه های گوناگون

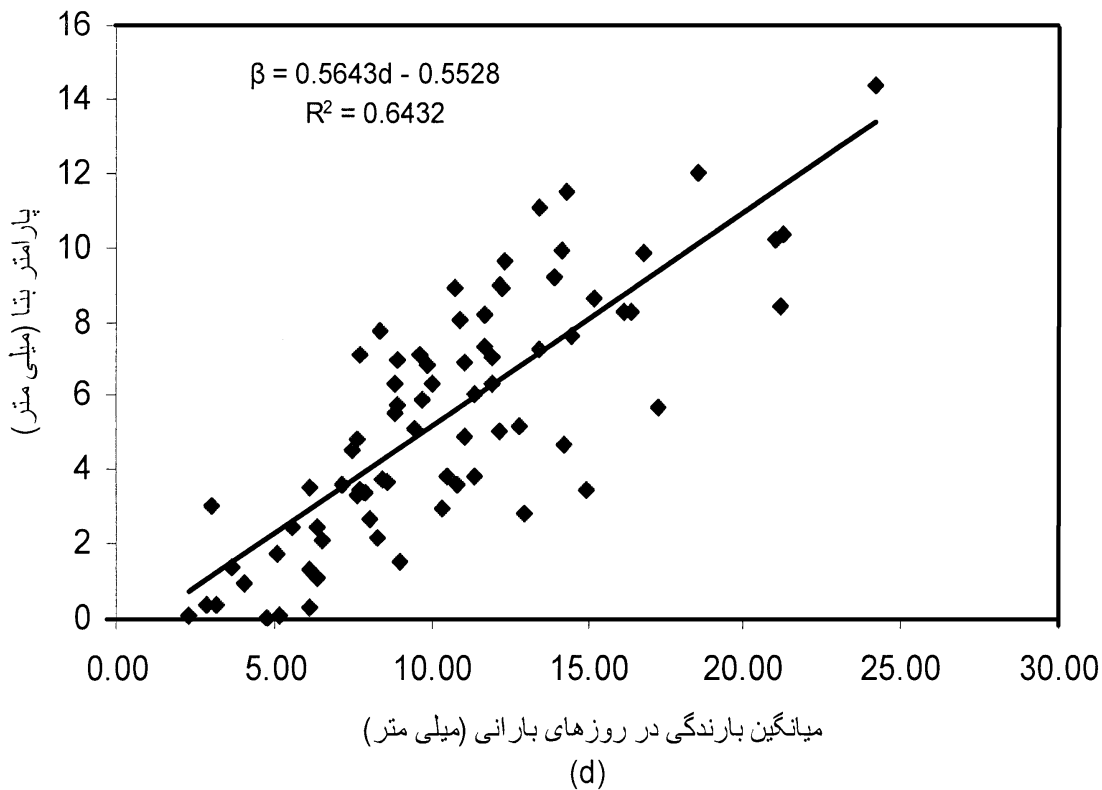
نام ایستگاه	نام شهرستان مربوطه	شیب خط	عرض از مبدأ	ضریب تعیین
دهکده سفید	آباده	۰/۶۶۶	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۹۹۸
کافترا	آباده	۰/۸۱۹	۰/۰۰۴۱	۰/۹۷۶
فی ریز	فی ریز	۰/۶۸۷	-۰/۰۰۱	۰/۹۷۳
کوسنگان	کازرون	۰/۶۴۹	۰/۰۰۰۴	۰/۹۹۵
تنگ خسویه	داراب	۰/۵۹۳	۰/۰۰۸۲	۰/۹۲۳
سروستان	شیراز	۰/۶۸۳	۰/۰۰۱۳	۰/۹۹۲
لار	لار	۰/۷۲۴	۰/۰۰۱۱	۰/۹۸۷
باجگاه	شیراز	۰/۶۸۳	۰/۰۰۰۸	۰/۹۹۲
کوشکک	مرودشت	۰/۶۹۸	۰/۰۰۱۱	۰/۹۹۲
رابطه کلی	.....	۰/۶۸۴	۰/۰۰۱۵	۰/۹۷۷

جدول ۲- ضرایب رگرسیون روابط خطی موجود بین پارامترهای مقادیر میانگین بتا (میلی متر) و میانگین بارندگی در روزهای بارانی (میلی متر) در ایستگاه های گوناگون

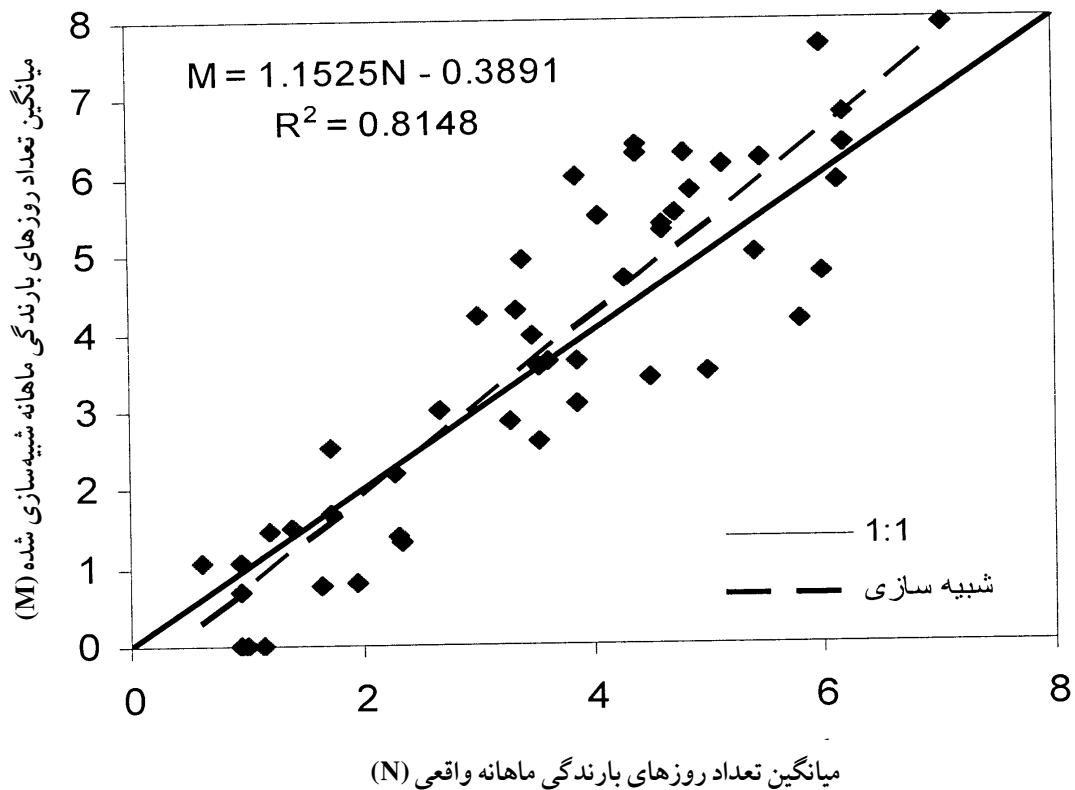
نام ایستگاه	شیب خط	عرض از مبدأ	ضریب تعیین
دهکده سفید	۰/۷۱۰	-۰/۹۸۸	۰/۸۰۵
کافترا	۰/۵۲۱	-۰/۳۷۳	۰/۸۵۵
نی ریز	۰/۳۰۰	۰/۰۷۵	۰/۹۰۷
کوسنگان	۰/۵۱۴	-۰/۳۳۵	۰/۸۷۷
تنگ خسویه	۰/۷۲۷	-۰/۹۴۰	۰/۸۹۷
سروستان	۰/۴۳۵	-۰/۹۸۷	۰/۷۴۲
لار	۰/۸۸۰	-۲/۴۳۴	۰/۵۹۲
باجگاه	۱/۰۲۱	-۳/۱۹۷	۰/۷۹۲
کوشک	۰/۸۶۲	-۲/۰۹۶	۰/۸۹۲
رابطه کلی	۰/۵۶۴	-۰/۵۵۳	۰/۶۴۳



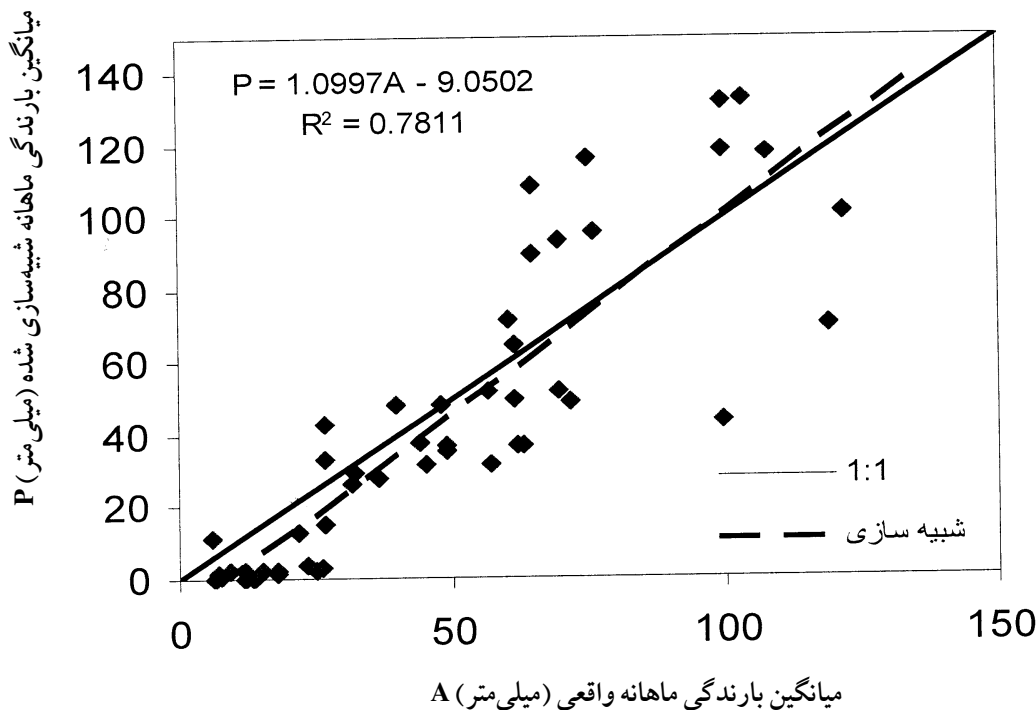
شکل ۴- رابطه ی کلی بین مقادیر میانگین احتمال P(W/D) و نسبت روزهای بارانی در ماههای گوناگون سال در تمام ایستگاه ها



شکل ۵- رابطه ی کلی بین میانگین مقادیر  $\beta$  و میانگین بارندگی در روزهای بارانی در ماههای گوناگون سال در تمام ایستگاه ها



شکل ۶- مقایسه ی خط یک به یک با خط رسم شده بین داده های میانگین ماهانه شمار روزهای بارندگی واقعی و شبیه سازی شده در ایستگاه های مورد مطالعه



شکل ۷- مقایسه ی خط یک به یک با خط رسم شده بین داده های میانگین ماهانه مقدار بارندگی واقعی و شبیه سازی شده در ایستگاه های مورد مطالعه

اگر از روابط کلی به دست آمده (معادله های (۱۲) و (۱۳)) به منظور تولید داده های بارندگی در ایستگاه های با آمار کافی استفاده شود، محاسبات روش طولانی را حذف می کند.

### منابع

- 1- Aksoy, H. 2000. Use of gamma distribution in hydrological analysis, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 24: 419-428.
- 2- Bruhn, J.A., Fry, W. E., and Fick, G. W. 1980. Simulation of daily weather data using theoretical probability distributions, Journal of Applied Meteorology, 19(9): 1029-1036.
- 3- Caskey, J.G., Jr. 1963. A Markov chain model for the probability of precipitation occurrence in intervals of various length, Mon. Weather Rev., 91: 298-301.
- 4- Delleur, W.J., and Kavvas, M. L. 1978. Stochastic models for monthly rainfall forecasting and syntetic generation, Journal of Applied Meteorology, 17: 1528-1536.

### ۲- نتایج تولید داده های بارندگی در ایستگاه های با آمار ناکافی و تحلیل آن

ایستگاه هایی که داده های بارندگی در آنها تولید شد عبارتند از: ایستگاه گشتگان (شهرستان سپیدان)، هنگام (شهرستان فیروزآباد)، صادق آباد (شهرستان آباده)، چیتی (شهرستان کازرون)، آباده طشک (شهرستان نی ریز)، فسا (شهرستان فسا) و قلات (شیراز). موقعیت مکانی این ایستگاه ها در شکل (۱) ارائه شده است. برای نشان دادن میزان دقت تولید داده های بارندگی روزانه، بین داده های میانگین ماهانه تولید شده و واقعی (شمار روزهای بارندگی و مقدار بارندگی) به مدت ۱۵ سال برای همه داده های ایستگاه ها آزمون مقایسه با خط یک به یک انجام شد (شکل های ۶ و ۷). روی هم رفته با سطح اطمینان ۹۵ درصد در مورد هر دو پارامتر، تفاوت معنی داری بین داده های تولید شده و واقعی مشاهده نشد. با توجه به شکل های (۶) و (۷) پراکندگی داده ها حول خط یک به یک در مناطق خشک و نیمه خشک نسبت به مناطق مرطوب زیادتر است که این به علت نا یکنواخت بودن رژیم بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک است. با این وجود روابط کلی به دست آمده برای محاسبه ی پارامترهای مدل دو جزئی تولید داده های بارندگی در استان فارس را می توان با اطمینان بالایی برای محاسبه ی این پارامترها در تمام ایستگاه های استان به ویژه در ایستگاه های فاقد آمار کافی توصیه کرد. بنابراین، روش هایی مثل روش ساده ای که گنگ و همکاران [۸] برای مناطق پر باران ارائه کردند در مناطق خشک و نیمه خشک مثل استان فارس نیز پاسخ قابل قبولی ارائه می دهد. گفتنی است که



- 14- Lehner, B., Doll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., and Kaspar, F. 2006. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis, *Climatic Change*, 75: 273-299.
- 15- Nicks, A.D., and Harp, J.F. 1980. Stochastic generation of temperature and solar radiation data, *Journal of Hydrology*, 48:1-17.
- 16- Richardson, C.W., and Wright, D. A. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8, 83pp.
- 17- Richardson, C.W. 2000. Data requirements for estimation of weather generation parameters, *Trans. of the ASAE*, 43(4): 877-882.
- 18- Schuol, J., and Abbaspour, K. C. 2006. Calibration and uncertainty issues of hydrological model (SWAT) applied to west Africa, *Advances in Geosciences*, 9: 137-143.
- 19- Sentelhas, P.C., de Faria, R. T., Chaves, M. O., and Hoogenboom. 2001. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models, *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 9(2): 357-376.
- 20- Stern, R.D. 1980. The calculation of probability distributions for models of daily precipitation, *Arch. Geoph. Biokl., Ser. B*, 28: 137-147.
- 21- Woolhiser, D.A., and Roldan, J. 1986. Seasonal and regional variability of parameters for stochastic daily precipitation models: South Dakota, U.S.A, *Journal of Water Resources Research*, 22(6): 965-978.
- 5- Doll, P., and Siebert S. 2002. Global modeling of irrigation water requirements, *Water Resources Research*, 38(4): 1029-1039.
- 6- Dubrovsky, M. 1999. MET & ROLL The weather generator for crop growth modelling, *Proceedings of the international symposium modelling cropping systems*, Lleida, Spain: University of Lleida, 291-292.
- 7- Garbutt, D.J., Stern, R. D., Dennett, M. D., and Elston, J. 1981. A comparison of rainfall climate of eleven places in west Africa using a two-part model for daily rainfall, *Arch. Met. Geophys. Biokl., Ser.*, 29: 137-155.
- 8- Geng, S., Penning-de-Vries, F. W. T., and Supit, I. 1986. A simple method for generating daily rainfall data, *Agricultural and Forest Meteorology*, 36: 363-376.
- 9- Greenwood, J.A., and Durand, D. 1960. Aids for fitting the gamma distribution by maximum likelihood, *Technometrics*, 2: 55-65.
- 10- Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications, *Agricultural and Forest Meteorology*, 103: 137-157.
- 11- Hartkamp, A.D., White, J. W., and Hoogenboom, G. 2001. Comparison of three weather generators for crop modeling: a case study for subtropical environments, *Agricultural Systems*, Amsterdam, (In Press).
- 12- Johnson, N.L., and Kotz, S. 1970. *Continuous univariate distributions*, I. Houghton Mifflin Company, Boston, MA.
- 13- Jones, P.G., and Thornton, P. K. 2000. Marksim: software to generate daily weather data for Latin America and Africa, *Agronomy Journal*, 92: 445-453.