

تعیین مدل رگرسیونی توزیع زمانی بارش‌های شدید تبریز

فریبرز احمدزاده^{۱*}، احمد فاخری فرد^۲، یعقوب دین‌پژوه^۳، داود فرسادی‌زاده^۳ و علی حسین‌زاده دلیر^۲

تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۵

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

E-mail: farekaley@yahoo.com

*مسئول مکاتبه

چکیده

رگبار طرح یکی از عوامل اصلی در تخمین دبی سیلاب می باشد به طوری که انتخاب رگبار طرح قدم اساسی در تخمین سیلاب‌های طراحی در بیشتر روش‌های رایج است. نظر به وجود تغییرات زمانی شدت در رگبارهای سنگین، شناسایی الگوی زمانی رگبار مهمترین گام به شمار می‌آید. کاربرد الگوی زمانی رگبار در مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوضه‌ها به عنوان ورودی اصلی جهت اخذ نتایج دقیق بسیار ضروری است. در این تحقیق منحنی‌های جرم بی‌بعد رگبارهای تبریز برای زمان-های تداوم مختلف استخراج شده و منحنی جرم بی‌بعد متوسط با استفاده از روش میانگین پیلگریم بدست آمد. مدل ریاضی هر کدام از منحنی‌های جرم بعلاوه یک مدل کلی رگرسیونی برای منحنی جرم متوسط به‌عنوان الگوی زمانی رگبارهای تبریز ایجاد شدند. مقایسه رگبارهای مشاهداتی و رگبارهای حاصل از مدل کلی رگرسیونی (مدل توزیع زمانی)، نزدیکی آنها را به هم نشان داد که برآزش خوب مدل را تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: بارش طرح، توزیع زمانی، زمان تداوم، سیلاب طرح، منحنی جرم

Determination of Time Distributed Regression Model for Intense Rainfalls of Tabriz

F Ahmadzadeh^{1*}, A Fakheri Fard², Y Dinpajoo³, D Farsadizadeh³ and A Hosseinzadeh Dalir²

¹Former MSc Student, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Iran

^{2,3}Associate and Assistant Professors, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding author: [E-mail:farekaley@yahoo.com](mailto:farekaley@yahoo.com)

Abstract

The design storm is one of the main elements in flood estimation, as the choice of a design storm is an essential step in the many commonly used methods for estimation of design floods. Regarding to the existence of temporal variations in heavy storms, recognition of the storm temporal pattern is an important aspect. Application of storm temporal pattern in watershed hydrological modeling is a great necessity, as the main input, to gain more accurate results. In this research the dimensionless mass curves of intense storms of Tabriz station were extracted for different duration and average dimensionless mass curve were obtained using Pilgrim mean method. The mathematical model of each mass curve a general regression model for the average one as the temporal pattern of Tabriz storms were developed. The comparison of observed storms and those resulted from general regression model (temporal pattern model) indicated the closeness of them which confirmed the model goodness of fit.

Keywords: Design storm, Design flood, Duration time, Mass curve, Temporal pattern

تامین آب شرب و کشاورزی می باشد نیازمند مطالعات وسیع در مورد بارندگی است. برخی از این مطالعات نیز برای برآورد و پیش بینی سیلاب و رسوب می باشد که نقش بسزائی در طراحی مخازن و سرریز سدها ایفا می کند (حاتمی یزد ۱۳۸۱). برآورد سیلاب طراحی یکی از گام های اصلی در طراحی انواع سازه ها و بناهای هیدرولیکی است (بنی اسدی و همکاران ۱۳۸۲). بارش طراحی نیز که از روی آمار بارش منطقه تعیین می شود یکی از اساسی ترین عوامل در برآورد سیلاب در حوضه های آبخیز می باشد (قنبرپور و تلوری ۱۳۸۲). در این مقاله تعیین الگوی توزیع

مقدمه

هر گونه برنامه ریزی و یا طراحی در خصوص منابع آب در حوضه های آبریز بر اساس تجزیه و تحلیل داده های هیدرولوژیکی و هواشناسی مربوط به آن حوضه صورت می گیرد (امین و همکاران ۱۳۷۹). بارندگی نیز به عنوان یکی از مهمترین پدیده های هیدرولوژی از دیرباز مورد توجه محققان قرار گرفته و روابط بین خصوصیات داده های بارش تجزیه و تحلیل شده است. ساخت سدها و تاسیسات آبی که به منظور توسعه پروژه های آب و خاک و

استخراج الگوهای توزیع زمانی بارش در ایران نیز در قالب مطالعات موردی برای برخی از نقاط کشور انجام گرفته است. بزرگ زاده (۱۳۷۴) الگوی توزیع زمانی باران طراحی را بر اساس داده های بارندگی در شمال کشور و با روش روابط شدت - مدت ارائه داد. قنبرپور و تلوری (۱۳۸۲) الگوی توزیع زمانی بارشهای رگباری شمال ایران را در شش ایستگاه انزلی، رشت، بابلسر، نوشهر و گرگان با استفاده از روش میانگین ترسیمی پیلقریم بدست آوردند و نتایج آن را با الگوهای تیپ چهار گانه مقایسه کردند و تفاوت این الگوها را نشان دادند. امین و همکاران (۱۳۷۹) با بررسی بارشهای چهارایستگاه باران نگاردر استان فارس و رسم منحنی های بدون بعد تجمعی و تقسیم بندی بارش ها به چارکهای اول و چهارم و اعمال روشهای آماری پارامتری و با کاربرد توزیع های آماری، الگوی توزیع شدت بارش در پایه های زمانی مختلف با احتمالات ۱۰ تا ۴۰ درصد را ارائه نمودند. طالب بیدختی (۱۳۷۴) استفاده از روشهای ارائه شده توسط هاف (۱۹۶۷) و پیلقریم (۱۹۷۵)، الگوی توزیع زمانی بارش در هفت ایستگاه استان سمنان را استخراج نموده است. از بین روشهای بررسی و تهیه الگوهای زمانی بارش با توجه به نوع اطلاعات موجود در تبریز و به جهت عمومیت داشتن کاربرد روش الگوی میانگین ترسیمی در استرالیا که به نظری رسد تشابهات اقلیمی فراوانی با کشور ایران دارد از این روش جهت بررسی بارشهای تبریز الگو گیری شد و مدل رگرسیونی که تاکنون انجام نگرفته و دلیل وارد کردن مستقیم زمان تداوم در هر محاسبه میتواند دقت را تا حد زیادی بالا ببرد ارائه گردید.

مواد و روشها

شهر تبریز دارای موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۳ طول شرقی قرار دارد.

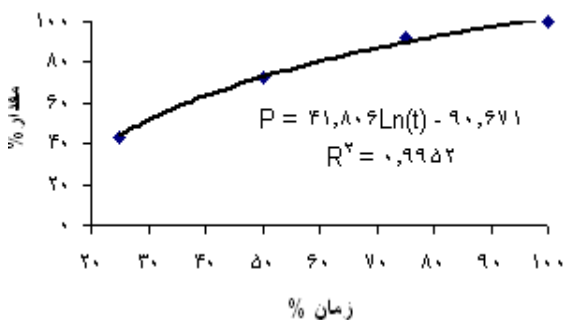
زمانی بارش به عنوان یکی از خصوصیات باران طراحی که در واقع نحوه تغییر شدت بارش در طول مدت بارندگی بوده و تأثیر مستقیمی بر حجم و موقعیت اوج آبدهی سیلاب دارد مورد مطالعه قرار گرفته است.

به منظور تعیین الگوی توزیع زمانی بارش تا به حال، روشهای متعددی ارائه شده است. هرشفیلد (۱۹۶۲) الگوی میانگین برای بارشهای ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته ایالات متحده آمریکا را به تفکیک ارائه و یک نمودار نهایی میانگین نیز برای طوفانهای ۶ تا ۲۴ ساعته تهیه کرده است. وی همچنین چهار نوع الگوی بارش با نامهای الگوی بارش تیپ ۱ تا ۴ را معرفی کرده و استفاده از آنها را در نقاط دیگر منوط به بررسی های منطقه ای دانسته است. پیلقریم و لندکوردی (۱۹۷۵)، الگوی توزیع زمانی باران را برای مجموعه ای از بارشهای شدید ثبت شده در ایستگاه سیدنی به دو روش میانگین گیری ترسیمی و محاسباتی ارائه کرده اند. ناتان (۱۹۸۹) معتقد است که الگوهای تیپ بارندگی که معروفترین آنها الگوهای تیپ دفتر حفاظت خاک ایالات متحده و الگوهای تیپ رسته مهندسی ارتش آمریکا و الگوهای متقارن مطالعات سراسری سیل در انگلستان می باشد، برای شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص و معینی تهیه شده اند و اصولاً فقط در همان مناطق کاربرد دارند، مگر آنکه سنجش و ارزیابی آنها با داده های موجود در نقاط دیگر نشان دهد که استفاده از آنها در پروژه مورد نظر مجاز است. روش ضریب بزرگنمایی ثابت در ژاپن و ضریب بزرگنمایی متغیر در چین که الگوی باران را به صورت مضربی از الگوهای ثبت شده در منطقه بدست می دهد، مورد استفاده محققین بوده است (بزرگ زاده ۱۳۷۴). برخی از محققین نیز ترسیم الگوی پرش بارشهای عظیم ثبت شده یا شبیه سازی ترسیمی را به کار برده اند. تهیه الگوی توزیع زمانی باران از معادلات شدت - مدت - فراوانی نیز در پروژه های سد سازی رایج بوده است (چن ۱۹۸۳).

نحوه توزیع زمانی بارشهای هر تداوم مقادیر میانگین درصد بارش در برابر درصد زمان ترسیم و بهترین رابطه از نظر برازش با داده ها تعیین گردید و بدین ترتیب مدل های رگرسیونی مربوط به تمام تداوم ها استخراج شد. در نهایت برای ارائه مدل رگرسیونی کلی برای توزیع زمانی شدید بارشهای تبریز با توجه به یکسان بودن شکل مدل های هر دسته ضرایب مدلها در برابر تداومها رگرسیون بندی شده و به جای ضرایب رابطه آنها با زمان تداوم جایگزین گردید.

نتایج و بحث

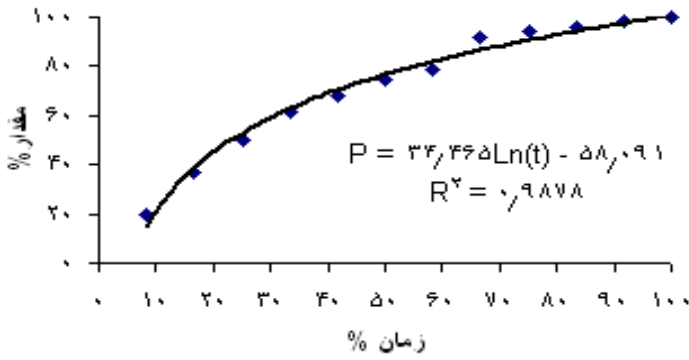
با دقت در شکل های ۱ تا ۶ که روابط درصد بارش - درصد زمان مربوط به زمانهای تداوم مختلف را نشان می دهد مشاهده گردید که مدل مربوط به تمام تداومها (۶۰ تا ۲۱۰ دقیقه) بجز تداوم ۲۱۰ دقیقه ای با یک همبستگی بالا به شکل $P = A \ln(t) + B$ می باشد که در آن P و t بترتیب درصد از مقدار کل و درصد از زمان کل بارش و A و B ضرایب مدل می باشند.



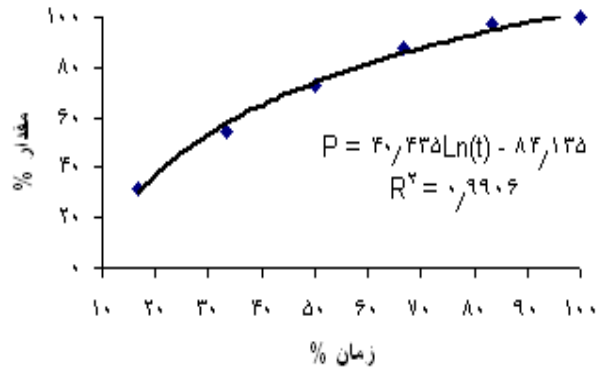
شکل ۱- توزیع زمانی بارش های ۶۰ دقیقه ای (۳۰ تا ۶۰ دقیقه)

میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۳۰۰ میلیمتر و دمای میانگین سالانه آن ۹/۵ درجه سانتیگراد می باشد که بدلیل اهمیت هیدرولوژیکی و کامل بودن نسبی آمار در آن، این ایستگاه برای مطالعه انتخاب گردید.

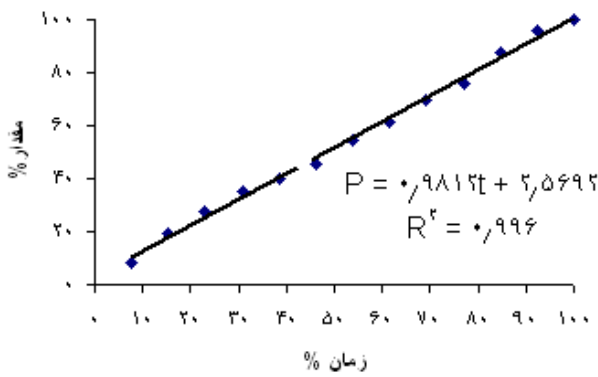
روش میانگین گیری ترسیمی در آمریکا و استرالیا رایج است. بدین صورت که ابتدا مجموعه ای از بارشهای شدید ثبت شده در منطقه طرح انتخاب و نمودار تجمعی بدون بعد آنها بصورت درصد عمق بارش در برابر درصد از تداوم کل بارش روی یک صفحه مختصات پیاده می گردد. سپس با تلفیق این مجموعه می توان یک منحنی متوسط یا میانگین را روی همان نمودار ترسیم نمود و آن را الگوی توزیع زمانی باران طراحی تلقی کرد. در این پژوهش نیز با الگو گرفتن از این روش برای تعیین مدل رگرسیونی توزیع زمانی بارشهای تبریز نیاز به آمار کافی بارش های شدید ثبت شده با تعیین زمان تداوم هر کدام از آنها احساس گردید. همچنین نیاز بود که مقدار بارش در فاصله های مشخص از طول هر بارش در اختیار باشد. برای این منظور از گراف های باران سنج ثبات ایستگاه تبریز که توسط سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی، برای سالهای ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۱ تهیه شده بود، استفاده گردید. بدین ترتیب که ابتدا این بارشها از نظر زمان تداوم بصورت بارشهای ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ دقیقه ای دسته بندی شدند. سپس مقدار بارش برای هر کدام از رگبار ها در هر فاصله ۱۵ دقیقه از ابتدای بارش تعیین گردید. انتخاب فاصله زمانی ۱۵ دقیقه به این علت بود که این فاصله کوتاهترین فاصله زمانی است که از روی کاغذ ثبات قابل قرائت می باشد. برای بی بعد کردن مقادیر بارش در فاصله های زمانی ۱۵ دقیقه از مقادیر آنها نسبت به کل بارش بصورت تجمعی درصد گیری بعمل آمد و با میانگین گرفتن از آنها در مورد هر فاصله ۱۵ دقیقه ای الگوی توزیع برای هر دسته مشخص شد. در مرحله بعدی جهت تعیین مدل ریاضی مربوط به



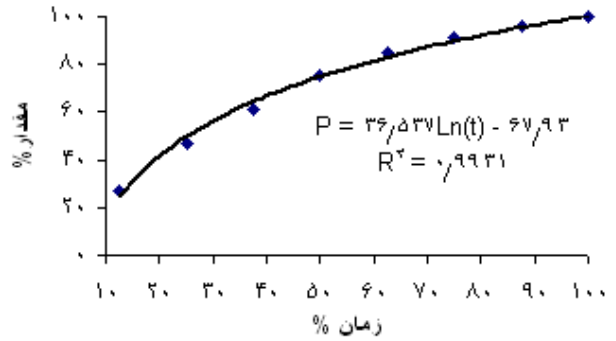
شکل ۵- توزیع زمانی بارش‌های ۱۸۰ دقیقه‌ای



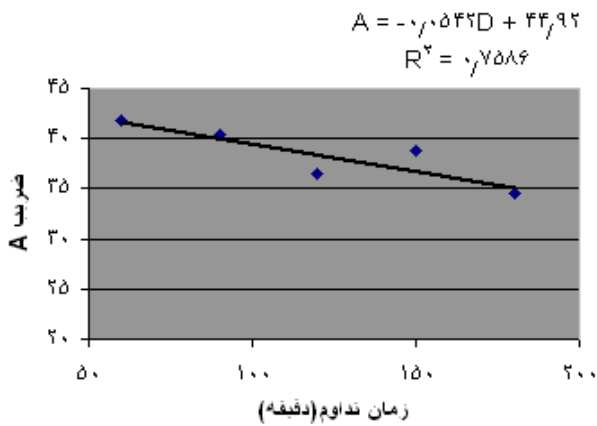
شکل ۲- توزیع زمانی بارش‌های ۹۰ دقیقه‌ای (۶۰ تا ۹۰ دقیقه)



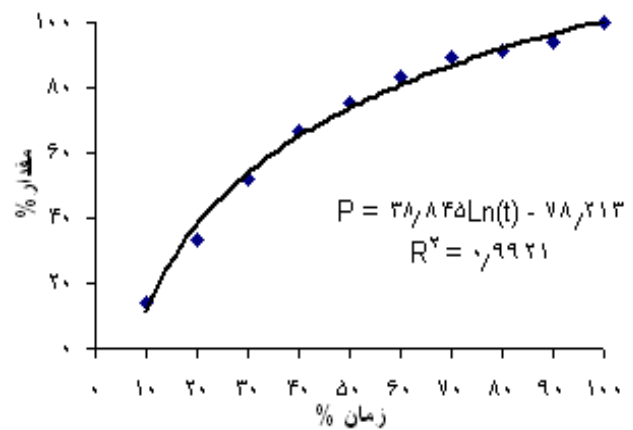
شکل ۶- توزیع زمانی بارش‌های ۲۱۰ دقیقه‌ای



شکل ۳- توزیع زمانی بارش‌های ۱۲۰ دقیقه‌ای (۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه)



شکل ۷- نمودار تغییرات ضریب A با زمان تداوم بارش



شکل ۴- توزیع زمانی بارش‌های ۱۵۰ دقیقه‌ای (۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه)

$$\frac{P}{P} \times 100 = \left(-0.0543 + 4493 \right) \text{Ln} \left(\frac{t}{D} \times 100 \right) + 0.237D - 104 / 25 \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P} \times 100 = \left(-0.543D + 4493 \right) \text{Ln} \left(\frac{t}{D} \right) - 0.25D + 20691 + 0.237D - 10425 \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P} \times 100 = \left(-0.0543D + 4493 \right) \text{Ln} \left(\frac{t}{D} \right) - 0.013D + 10266 \Rightarrow$$

$$P = P \left(-5.43 \times 10^{-4} D + 0.45 \right) \text{Ln} \left(\frac{t}{D} \right) - 1.3 \times 10^{-4} + 1.027$$

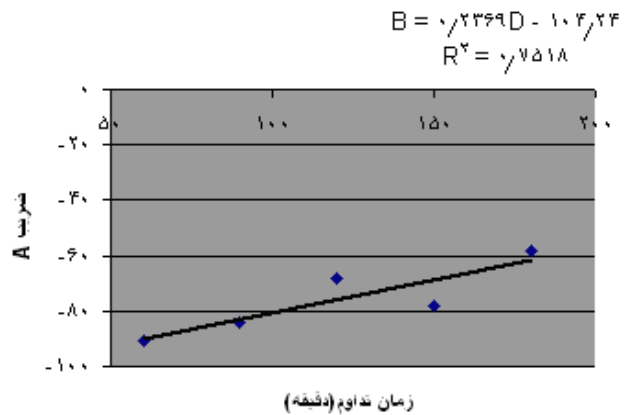
که در نهایت رابطه کلی برای عمق بارش در زمان های مطلق (بدون درصد) به شکل زیر ارائه می شود:

$$P = P \text{Ln} \left\{ \frac{\left(\frac{t}{D} \right)^{-5.43 \times 10^{-4} D + 0.45}}{0.358 e^{1.3 \times 10^{-4} D}} \right\} \quad [3]$$

که در آن D و t به دقیقه و P و P به میلی متر می باشند. برای بارشهای ۲۱۰ دقیقه ای نیز استفاده از مدل خطی بدست آمده در شکل ۶ پیشنهاد می شود.

از طریق مدل ارائه شده می توان از روی زمان تداوم و مقدار کل بارش، چگونگی توزیع زمانی آن را بدست آورد. بعنوان مثال اگر یک بارش ۱۸۰ دقیقه ای با عمق ۱۵ سانتی متر در تبریز روی دهد مقدار عمقی از آن که در ساعت اول باریده است ۹/۲۵ سانتی متر از مدل بدست می آید، از روی مقادیر مشاهداتی نیز این مقدار ۹/۱۷ سانتی متر است که اختلاف چندانی باهم ندارند.

جدول ۱ مقادیر مشاهداتی و محاسباتی بارشهای تبریز را در یک نمونه از هر زمان تداوم نشان می دهد که جهت درک بهتر دقت مدل، این مقادیر در شکل ۹ ترسیم شده



شکل ۸ - نمودار تغییرات ضریب A با زمان تداوم بارش

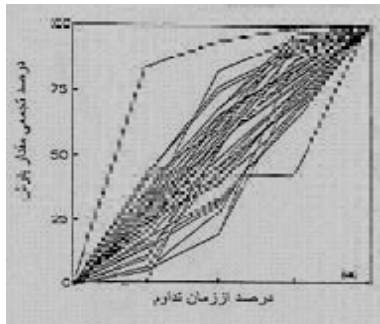
اشکال ۷ و ۸ نشان می دهند که رابطه ضرایب A و B با تداومهای مربوطه به صورت خطی دارای یک همبستگی بالا بوده و می توان با جایگذاری این روابط در معادله عمومی، مدل کلی توزیع زمانی رگبارهای تبریز را به صورت زیر بدست آورد:

$$\%P = (-0.0543D + 44.93) \text{Ln} \%t + 0.237D - 10425 \quad [1]$$

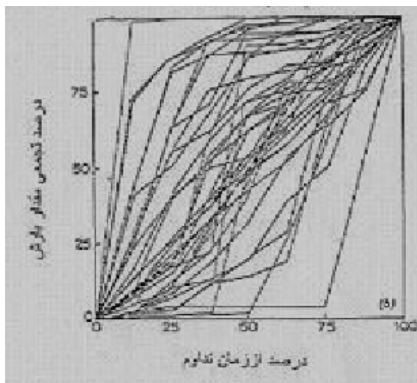
که در آن D تداوم کل بارش (به دقیقه) می باشد. معادله بالا را می توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\%P = \text{Ln} \frac{e^{-0.0543D + 44.93} \%t}{e^{-0.237D + 104.25}} \quad [2]$$

اگر P مقدار کل بارش و P مقداری از آن که در زمان t باریده است در نظر گرفته شود با انجام عملیات ریاضی زیر می توان t و P را بصورت مطلق و با واحد مربوطه به فرمول وارد کرد:



شکل ۱۰- منحنی توزیع زمانی رگبارهای سیدنی با تداوم ۲۰ دقیقه (بیلگریم و لنکوردی ۱۹۷۵)



شکل ۱۱- منحنی توزیع زمانی رگبارهای سیدنی با تداوم ۴ ساعته

است که با مقایسه آنها می توان به جزئی بودن خطای مدل پی برد.

با مقایسه الگوی توزیع بارش های تبریز و شکل های ۱۰ و ۱۱ که الگوهای استخراجی توسط پیلقریم برای بارش های ۲۰ دقیقه ای و ۴ ساعته سیدنی استرالیا را نشان می دهد، مشاهده می شود که اگر چه تعدادی از بارشها الگویی همانند الگوی توزیع بارش های تبریز دارند ولی در کل الگوی بارش های سیدنی با الگوی رگبارهای تبریز متفاوت است.

تحقیقات هرشفیلد برای ایالات متحده و سایر محققین نیز مدل ترسیمی شبیه به این مدل و یا بصورت نمودارهای ستونی ارائه کرده اند. چنانکه مشاهده می شود این مدلها فقط برای تداومهای خاصی ارائه شده و به هیچ وجه دقت مدل اخیر را ندارند. در ضمن مدل ریاضی خاصی که بتوان برای بازه های زمانی کوتاهتر از آن استفاده کرد، ارائه نداده اند.

منابع مورد استفاده

- احمدزاده ف، ۱۳۸۴. تعیین مدل ریاضی توزیع زمانی بارش های شدید تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه تبریز، ۱۲۰ ص.
- امین، س، سپاسخواه ع و کشمیری ب، ۱۳۷۹. بررسی الگوی توزیع شدت بارش در پایه های زمانی مختلف در استان فارس. دومین همایش ملی فرسایش و رسوب. ص: ۲۴۷-۲۵۵.
- بزرگ زاده م، ۱۳۷۴. توزیع زمانی بارش برای محاسبه سیلاب طراحی، آب و توسعه، شماره ۱، سال سوم، ص: ۳۵-۴۹.
- بنی اسدی م، مهدی پور ا و معدنچی پ، ۱۳۸۲. تعیین الگوی زمانی بارش به روش پیلقریم ترسیمی در استان کرمان. هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. ۷ و ۸ بهمن ماه ۱۳۸۲، کرمان.

حاتمی یزد ا، ۱۳۸۱. تهیه الگوی زمانی بارش در استان خراسان. مجموعه مقالات نخستین کنفرانس دانشجویی منابع آب و خاک ۱ و ۲ آبان ماه ۸۱، ارومیه، ص: ۲۲۵-۲۱۶.

طالب بیدختی م، ۱۳۷۴. الگوی توزیع زمانی بارش در استان سمنان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۳ ص.

قنبرپور م. و تلوری ع، ۱۳۸۲. الگوی توزیع زمانی بارش‌های رگباری ایستگاه‌های سینوپتیک شمال ایران، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۵۹. ص: ۱۰۳-۹۶.

Chen C, 1983. Rainfall intensity – duration – frequency formulas. ASCE. J Hyd Eng 109: 1603-1621.

Huff FA, 1967. Time distribution of rainfall in heavy storms. Water Resources Research. 3 (4): 1007-1019.

Hershfield DM, 1962. Extreme rainfall relationships. ASCE. Journal of Hydraulics division. 6: 22-73

Natahan RJ, 1989. The derivation of design temporal patterns for use with the generalized estimate of probable maximum precipitation. Civ. Engg. Trans. Inst Eng Aust CE 34 (2): 139-150.

Pilgrim DH and Lancordery, 1975. Rainfall temporal patterns for design floods. Journal of Hydraulic Division. Hyd, pp: 81-95

جدول ۱- نمونه ای از مقادیر مشاهداتی و محاسباتی بارش ها برای تداوم های مختلف

بارش های ۶۰ دقیقه ای			بارش های ۹۰ دقیقه ای			بارش های ۱۲۰ دقیقه ای		
زمان	مقدار مشاهداتی	مقدار محاسباتی	زمان	مقدار مشاهداتی	مقدار محاسباتی	زمان	مقدار مشاهداتی	مقدار محاسباتی
15	۳/۲	3	15	5/3	5/9	15	10	۹/۶
30	۴/۴	5	30	۱۱/۸	11/4	30	19	21/8
45	۶/۵	۶/۱	45	۱۳/۱	14/7	45	26/3	28/9
60	۶/۸	۶/۹	60	۱۵/۵	17	60	34/1	33/9
			75	۱۸/۷	18/8	75	37/3	37/8
			90	۱۹/۹	20/2	90	40/5	41
						105	42/7	43/7
						120	45/5	46
بارش های ۱۵۰ دقیقه ای			بارش های ۱۸۰ دقیقه ای					
زمان	مقدار مشاهداتی	مقدار محاسباتی	زمان	مقدار مشاهداتی	مقدار محاسباتی			
۱۵	۱/۴	۱/۶	۱۵	۱۳/۲	۱۱/۸			
۳۰	۳/۴	۴/۲	۳۰	۳۸/۸	۳۴/۳			
۴۵	۵/۳	۵/۸	۳۵	۵۳/۲	۴۷/۵			
۶۰	۶/۸	۶/۸	۶۰	۶۳/۳	۵۶/۸			
۷۵	۷/۷	۷/۷	۷۵	۶۹	۶۴/۱			
۹۰	۸/۵	۸/۴	۹۰	۷۳	۷۰			
۱۰۵	۹/۱	۸/۹	۱۰۵	۷۸/۵	۷۵			
۱۲۰	۹/۳	۹/۴	۱۲۰	۸۳/۱	۷۹/۳			
۱۲۵	۹/۶	۹/۹	۱۲۵	۸۵/۱	۸۳/۱			
۱۵۰	۱۰/۲	۱۰/۳	۱۵۰	۸۸	۸۶/۵			
			۱۶۵	۹۰	۸۹/۶			
			۱۸۰	۹۲/۱	۹۲/۵			