



Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil
Resources Conservation
(WSRCJ)

Web site:

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

Email:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 15
No. 1 (57)

Received:
2024-12-05

Accepted:
2024-05-17

Pages: 47-57

Analysis of Internal Pattern of Storms Using the Gordji Method (Case Study: Golestan Province)

Yagob Dinpashoh^{*1}, Saina Vakili Azar² and Saeed Jahanbakhsh-Asl

- 1) Professor, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2) PhD Student, Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3) Professor, Department of Climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding author emails: dinpashoh@yahoo.com

Abstract:

Background and Aim: In recent decades, the increase in population on the one hand and climate changes and their unfortunate consequences on the other hand have caused a crisis of water resources in the Earth including Iran. In this situation, the right management and optimal use of water resources is very important. Among the efficient factors in the optimal use of water resources, it can be pointed out to the accurate identification of storm pattern during their duration. For this purpose, in this study, the recorded storms in the three rain gauge stations of Golestan province, namely, Aqqala, Maraveh Tappeh, and Minudasht were considered and their rainfall patterns were analyzed using different methods namely plotting the Huff curves, designing storm hyetographs and Gordji method.

Method: At the first stage, the recorded storms in each of the stations were separated into three distinct rainfall classes based on duration. Then, the set of Huff curves was plotted in each of the rainfall classes and in the selected stations. Incorporating the median Huff curve (50%), the pattern of storms is determined in terms of quartiles. Also, from the median Huff curve, design storm hyetographs of the rainfall classes extracted for the selected stations. In the following, the variability of rainfall patterns was analyzed according to the i) the difference between the 80% Huff curve and the 20% Huff curve (denoted by V) in the three dimensionless time points (25, 50, and 75 percent), and ii) the height of the median Huff curve (d_{50}) in the mentioned time points. Then the patterns of the stations were compared with each other in different rainfall classes.

Results: The results showed that the shape of plotted Huff curves in the selected stations was not same in the three rainfall classes. Also, the results indicated that the form of the rainfall patterns was the second quartile type in all the rainfall classes, and in all the stations. According to the plotted hyetographs, it was found that considering the 10% time increments, the amount of partial rain was not greater than 15% of total rain in the selected stations, and in the three rainfall classes. The results of the Gordji method showed that in the station Aqqala, the largest value of V in all the three-time points, i.e. 25%, 50%, and 75%, belonged to the more than 12 hours class. While, in the stations of Maraveh Tappeh and Minudasht, the largest value of V in all the three mentioned time periods belonged to the 0-6 hour class. Also, the results showed that the highest values of d_{50} in two classes namely 0-6, and 6-12 hours in all three mentioned time periods, belonged to the stations Maraveh Tappeh and Aqqala, respectively.

The highest values of d_{50} in the rainfall class of more than 12 hours, and in the time scales of 25% and 75% belonged to the station Minudasht, but in the case of the 50% time scale, it belonged to the station Aqqala.

Conclusion: In general, it can be concluded that for a given station and for an arbitrary rainfall class, the lower V for each of the dimensionless time scales (i.e. 25, 50, 75% of rainfall duration), the more similarity for the rainfall patterns. In each of the mentioned time scales, as the V increases in a given class, the similarity decreases in that class.

The results of this study can be used by hydrologists in water resources management, including the storage, and drainage of excessive rainwater, and warning and control of destructive floods.

Keywords: Huff curves, Design storm hyetograph, Gordji method, Golestan province



تحلیل الگوی داخلی رگبارها با استفاده از روش گوردجی

(مطالعه موردی: استان گلستان)

یعقوب دین پزوه^{۱*}، سائنا وکیلی آذر^۲ و سعید جهانبخش-اصل^۳

(۱) استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(۲) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(۳) استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز.

* ایمیل نویسنده مسئول: dinpashoh@yahoo.com

چکیده:

زمینه و هدف: در دهه‌های اخیر، افزایش جمعیت از یکسو و تغییرات اقلیمی و پیامدهای ناگوار مربوط به آن‌ها از سوی دیگر، باعث ایجاد بحران منابع آبی در کره زمین از جمله ایران شده است. در چنین شرایطی، مدیریت صحیح و استفاده بهینه از منابع آبی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از جمله عوامل موثر در استفاده بهینه از منابع آبی، می‌توان به شناخت دقیق الگوی رگبارها در طول مدت دوام آن‌ها اشاره کرد. بدین منظور، در این مطالعه، رگبارهای ثبت شده در سه ایستگاه باران‌سنجی استان گلستان بنام‌های، آق‌قلا، مراوه‌تپه و مینودشت در نظر گرفته شد و الگوی بارشی آن‌ها با استفاده از روش‌های مختلف نظیر رسم منحنی‌های هاف، هیئوگراف بارش طرح و روش گرجی تحلیل شدند.

روش پژوهش: ابتدا، رگبارهای به‌ثبت رسیده در هر ایستگاه، بر اساس مدت دوام، به سه کلاس بارشی متمایز تفکیک شدند. آنگاه، برای هر یک از کلاس‌های بارشی در ایستگاه‌های منتخب، منحنی‌های هاف رسم گردید. با لحاظ کردن منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، الگوی بارشی رگبارها از نظر چارکی تعیین شد. همچنین، از روی منحنی هاف میانه، هیئوگراف بارش طرح کلاس‌های بارشی برای ایستگاه‌های منتخب استخراج شد. در ادامه، میزان تغییرپذیری الگوهای بارشی با توجه به (۱) اختلاف دو منحنی هاف ۸۰ و ۲۰ درصد (V) در سه مقطع زمانی بی‌بعد (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) و همچنین، (۲) ارتفاع منحنی هاف میانه (d₅₀) در مقاطع زمانی مذکور، تحلیل و الگوی بارشی ایستگاه‌ها در کلاس‌های بارشی مختلف با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که فرم منحنی‌های هاف ترسیم شده در ایستگاه‌های منتخب، در کلاس‌های بارشی سه‌گانه با یکدیگر تفاوت داشتند. همچنین، نتایج حاکی از آن بود که تیپ بارشی رگبارها در همه‌ی کلاس‌های بارشی و همه‌ی ایستگاه‌ها، از نوع چارک دومی بود. با توجه به هیئوگراف‌های بدست آمده، معین شد که در هیچ یک از ایستگاه‌های منتخب و کلاس‌های بارشی سه‌گانه، در بازه‌های زمانی ده درصدی، عمق بارش جزئی بیش از ۱۵ درصد کل آن نبوده است. نتایج روش گرجی نشان داد که در ایستگاه آق‌قلا، بیشترین مقدار V در هر سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، متعلق به کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت بود. درحالی‌که، بیشترین مقدار V در هر سه مقطع زمانی مذکور، در ایستگاه‌های مراوه‌تپه و مینودشت بود که به کلاس بارشی ۶-۰ ساعت مربوط می‌شد. همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر d₅₀ در کلاس‌های بارشی ۶-۰ و ۱۲-۶ ساعت در هر سه مقطع زمانی مذکور، به ترتیب، متعلق به ایستگاه‌های مراوه‌تپه و آق‌قلا بود. بیشترین مقادیر d₅₀ در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، و در مقاطع زمانی ۲۵ و ۷۵ درصد، مربوط به ایستگاه مینودشت بوده اما در مقطع زمانی ۵۰ درصد متعلق به ایستگاه آق‌قلا بود.

نتایج: در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که برای یک ایستگاه معین و کلاس بارشی دلخواه، هر چه مقدار V محاسبه شده در هر یک از مقاطع زمانی بی‌بعد (۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد)، کمتر باشد، میزان مشابهت الگوهای بارشی در آن کلاس بیشتر است. هر چه مقدار V در هر یک از مقاطع زمانی مذکور بیشتر باشد، میزان مشابهت الگوهای بارشی در آن کلاس بارشی، کمتر است. نتایج این مطالعه می‌تواند مورد استفاده هیدرولوژیست‌ها در مدیریت منابع آبی از جمله، ذخیره و زهکشی آب مازاد حاصل از باران، و هشدار و کنترل سیلاب‌های مخرب قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: منحنی‌های هاف، هیئوگراف بارش طرح، روش گوردجی، استان گلستان

مقدمه

امروزه تغییرات اقلیمی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، باعث ایجاد تغییرات زیادی در مولفه‌های هیدرواقلمی از جمله بارش شده است (Alavi et al., 2019). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که به دنبال تغییرات اقلیمی صورت گرفته در سال‌های اخیر، میزان ریزش باران در نواحی مختلف کشور سیر نزولی داشته که این امر بر تامین منابع آبی تاثیرگذار بوده است. از طرفی، نتایج پیشبینی‌ها نشان می‌دهد که سیر نزولی بارش در سال‌های آتی نیز ادامه خواهد داشت. این عوامل، لزوم شناخت دقیق الگوهای بارشی در طول مدت دوام آن‌ها را که موجب استفاده بهینه از آب باران در شرایط بحران منابع آبی می‌شود، حائز اهمیت ساخته است. در این بخش، به بررسی شماری از مطالعات صورت گرفته در زمینه الگوی توزیع زمانی رگبارها در نقاط مختلف جهان و کشور ایران پرداخته می‌شود.

در مطالعه‌ای، الگوی توزیع زمانی رگبارهای ثبت شده در ۵۰ ایستگاه باران‌سنجی ایالات متحده، در کلاس‌های بارشی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که الگوی توزیع زمانی رگبارها در ایستگاه‌های مختلف با یکدیگر تفاوت داشتند (Hirschfield, 1962). در مطالعه‌ای دیگر، الگوهای توزیع زمانی رگبارهای ۴۹ ایستگاه باران‌سنجی واقع در شرق ایالت ایلینویس^۱ آمریکا، در منطقه‌ای به وسعت حدود ۱۰۳۲ کیلومترمربع، بررسی شدند. نتایج نشان داد که طول دوره تداوم بارش در حدود ۴۲ درصد رگبارهای مورد مطالعه، کمتر از ۱۲ ساعت بود (Huff, 1967). در تحقیقی، به منظور بررسی الگوی بارشی رگبارهای ثبت شده در دو ایستگاه اوهایو و کوشوکتون^۲ واقع در ایالات متحده، منحنی‌های هاف رسم شدند. نتایج حاکی از آن بود که با استفاده از منحنی‌های هاف می‌توان عمق بارش در هر ساعت را از مجموع عمق رگبار در یک مدت زمان مشخص محاسبه کرد (Bonta, 2004). در تحلیلی دیگر که در هنگ کنگ، با استفاده از ۸۲۸۹ رویداد ثبت شده در ۱۶ ایستگاه باران‌سنجی برای رگبارها انجام گرفت، معلوم شد که الگوهای بارشی بدست آمده از موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها مستقل هستند (Wu et al., 2006). در مطالعه‌ای دیگر، برای منطقه مادرسو استان گلستان، از یک حد آستانه‌ای بارش برای پیشبینی سیلاب‌ها استفاده گردید. بر اساس نتایج معلوم شد که، دبی اوج سیلاب‌ها تحت تاثیر عواملی چون عمق، توزیع زمانی و مکانی رگبارها هستند (Golian et al., 2010). در پژوهشی، به منظور بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارهای منطقه کالابریا^۳ (واقع در جنوب ایتالیا) از روش رسم منحنی‌های هاف و پروفیل بارش استاندارد شده^۴ (SRP) استفاده و الگوی بارشی رگبارها را بر اساس روش کدگذاری دودویی تعیین کردند (Terranova and Iaquina, 2011). همچنین، برای تحلیل و

بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارهای مکه مکرمه، رگبارهای ثبت شده در یک بازه زمانی بیست ساله، در نظر گرفته شدند. نتایج حاکی از آن بود که بخش اعظمی از بارش در چارک‌های ابتدایی (اول و دوم) رخ می‌دهد (Ewea et al., 2012). در راستای تحلیل فراوانی و دبی اوج سیلاب‌ها در جزیره سسیل^۵ (واقع در کشور ایتالیا) از ترکیب دو روش مونت کارلو و منحنی-های هاف استفاده گردید و ۱۰۰۰ رخدادهای سیلابی منطقه مورد مطالعه، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج قابل قبولی بدست آمد (Bonaccorso et al., 2017). برای بررسی میزان تغییرپذیری رگبارهای شرق اوهایو (در کشور آمریکا) در طول یک دوره آماری ۷۲ ساله، منحنی‌های هاف رسم و با توجه به منحنی‌های بدست آمده، مقادیر عمق‌های بی‌بعد رگبارها در مقاطع زمانی بی‌بعد محاسبه گردید (Gordji et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر، به منظور بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارهای دو ایستگاه باران‌سنجی کشور استرالیا، روش چارکی منحنی‌های هاف تا حدودی اصلاح و در هر چارک، فقط آن دسته از بارش-هایی که مقدارشان از یک حد آستانه‌ای تعیین شده بیشتر بود، انتخاب و بررسی شدند (Dunkerley, 2022). حال به بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه رسم منحنی‌های هاف و تحلیل و بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارها در نواحی مختلف کشور ایران می‌پردازیم. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که برای بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارهای نواحی مختلف کشور ایران صورت گرفت، معلوم شد که در ۳۵ درصد از رگبارها، میزان قابل توجهی از عمق بارش در چارک دوم نازل شده است و در شمار اندکی از رگبارها، بیشترین میزان عمق بارش در چارک چهارم روی داده است (Hatami Yazd et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از داده‌های بارش‌های سنگین در کلاس‌های بارشی مختلف، الگوی توزیع زمانی رگبارهای استان سیستان و بلوچستان در نه ایستگاه منتخب ترسیم گردید. نتایج نشان داد که در کلاس‌های بارشی کوتاه‌مدت، بخش قابل توجهی از بارش (حدود ۸۰ درصد) در چارک‌های ابتدایی (اول و دوم) رخ می‌دهد درحالی‌که، در کلاس‌های بارشی بلند مدت، بخش زیادی از بارش در چارک سوم نازل می‌شود (Khaksafidi et al., 2010). همچنین، الگوهای توزیع زمانی رگبارهای پنج ایستگاه منتخب در استان آذربایجان شرقی با استفاده از روش رسم منحنی‌های هاف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در کلاس‌های بارشی کمتر از شش ساعت، میزان قابل توجهی از عمق بارش در نیمه اول مدت دوام آن نازل می‌شود (Vakili, Azar, and Dinpazhoh, 2019). در مطالعه‌ای مشابه، با در نظر گرفتن ۴۱۸ رویداد بارشی ثبت شده در ایستگاه‌های باران-سنجی تبریز، سراب، ملکان و هریس، منحنی‌های هاف در کلاس‌های بارشی مختلف رسم و از مدل لاجستیک برای بسط

درصد) و (۴) بررسی میزان تغییرپذیری الگوهای بارشی با استفاده از اختلاف مقادیر دو منحنی هاف ۲۰ و ۸۰ درصد و نیز مقادیر منحنی هاف میانه (۵۰ درصد) در سه مقطع زمانی بی- بعد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

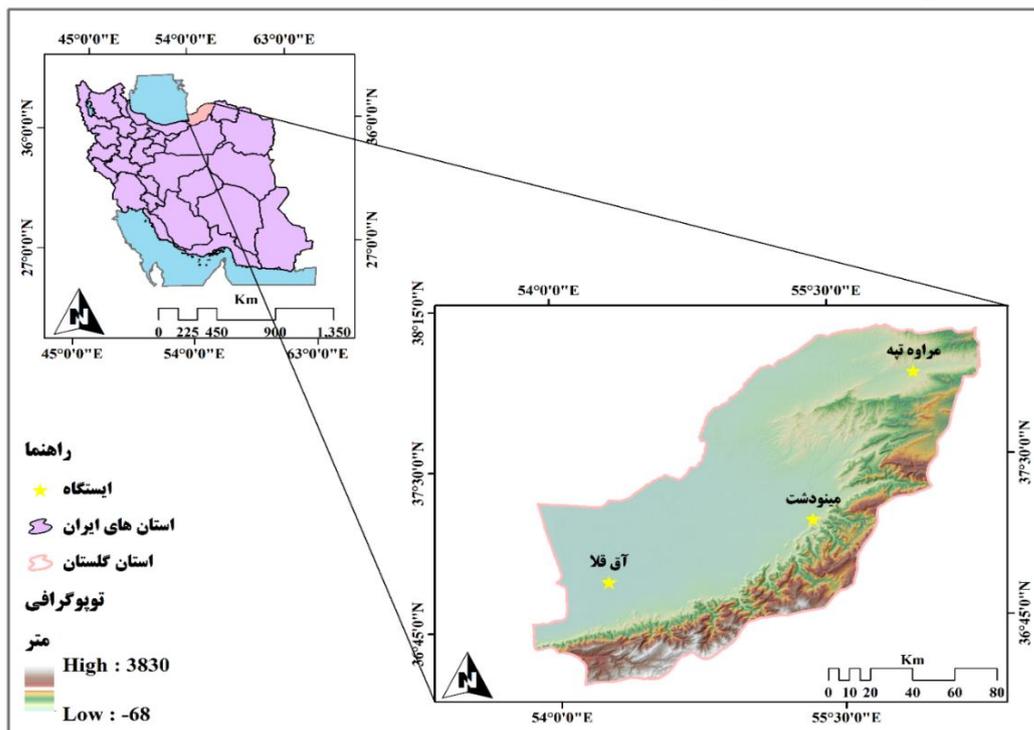
در این مطالعه، استان گلستان در نواحی شرق سواحل دریای خزر به عنوان محدوده مورد بررسی انتخاب شده است. در بیشتر نواحی این استان، آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای حاکم است. با توجه به این موضوع که رطوبت و بارش در بخش‌های شمالی کشور، از غرب به شرق، رو به کاهش است، بارندگی در این استان کم‌تر از استان‌های مازندران و گیلان می‌باشد، همچنین، در مسیر شمال به جنوب این استان نیز، با افزایش ارتفاع، تغییرات زیادی در پارامترهای اقلیمی نظیر، آب و هوا و ریزش باران و برف رخ می‌دهد.^۶

در این مطالعه، برای بررسی الگوهای توزیع زمانی رگبارهای استان گلستان، از رگبارهای ثبت شده در سه ایستگاه باران‌سنجی آق قلا، مراوه‌تپه و مینودشت استفاده شد. از جمله معیارهای انتخاب این ایستگاه‌ها می‌توان به پراکندگی جغرافیایی مناسب آن‌ها در استان گلستان و نیز، تعدد رگبارهای ثبت شده در آن‌ها اشاره کرد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی سه ایستگاه مورد مطالعه را در استان گلستان نشان می‌دهد.

منحنی‌های ترسیم شده استفاده گردید. در ادامه، پارامترهای مدل مذکور تخمین زده شدند. نتایج حاکی از آن بود که مدل لاجستیک می‌تواند رگبارهای ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب را به خوبی برازش دهد (Dinpashoh and Vakili Azar, 2019). در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از ۱۸۱۱ رگبار به ثبت رسیده در چهار ایستگاه استان خوزستان، منحنی‌های هاف ترسیم و هیتوگراف بارش طرح به دست آمد. نتایج نشان داد که الگوی بارشی رگبارها در کلاس‌های بارشی کوتاه‌مدت از نوع چارک دومی و در کلاس‌های بارشی بلند مدت از نوع چارک سومی بودند (Alavi et al., 2019). همچنین، در مطالعه‌ای مشابه، رگبارهای چهار ایستگاه حوضه رودخانه کارون بر اساس مدت دوام به چهار کلاس بارشی تفکیک و منحنی‌های هاف و هیتوگراف رگبار طرح برای هر یک از کلاس‌های بارشی ترسیم گردید (Dinpashoh and Alavi., 2024).

با بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه، ملاحظه می‌شود که الگوی بارشی رگبارهای ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان با استفاده از روش‌های جدید مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، در این مطالعه اهداف زیر دنبال می‌شود:

۱) انتخاب رگبارهای ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب بر اساس معیارهای ارائه شده و کلاس‌بندی آن‌ها بر اساس مدت تداوم، ۲) رسم منحنی‌های هاف در هر یک از کلاس‌های بارشی برای ایستگاه‌های منتخب و تحلیل رگبارها از دیدگاه چارکی با در نظر گرفتن منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، ۳) ترسیم هیتوگراف بارش طرح با استفاده از منحنی هاف میانه (۵۰)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی سه ایستگاه مورد مطالعه روی نقشه DEM استان گلستان

هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، به تعداد رگبارهای ثبت شده در هر کدام از کلاس‌های بارشی، منحنی‌های عمق تراکمی رگبارها (میلیمتر) بر حسب زمان تراکمی آن‌ها (دقیقه) رسم شدند. سپس، منحنی‌ها هم از نظر محور افقی (مدت زمان تداوم) و هم از نظر محور قائم (عمق بارش) بی‌بعد شدند. آنگاه، منحنی‌های هاف با استفاده از توزیع‌های رایج آماری نظیر گاما، ویبول و ...، در هر یک از کلاس‌های بارشی برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب رسم گردید. این روش، اولین بار توسط دانشمندی بنام هاف در سال ۱۹۶۷ برای تحلیل رگبارهای کشور آمریکا (شرق ایالت ایلینویس) ارائه شده است. در سال-های بعد، این روش مورد استقبال محققین زیادی در نقاط مختلف جهان قرار گرفت و آن‌ها با ترسیم منحنی‌های هاف به تحلیل و بررسی رگبارها در شرایط آب و هوایی مختلف پرداختند. پس از رسم منحنی‌های هاف در هر یک از کلاس‌های بارشی و ایستگاه‌های منتخب، با استفاده از منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، مقادیر درصد عمق بارش رسیده در هر یک از چارک‌ها (اول تا چهارم) که به ترتیب، مربوط به ۲۵ درصد اول، دوم، سوم و چهارم زمان بارش می‌باشد، محاسبه و بسته به اینکه بیشترین میزان بارش در کدام چارک زمانی روی داده است، الگوی بارشی رگبارها بدست آمد.

هیتوگراف بارش طرح با در نظر گرفتن منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)

پس از رسم منحنی‌های هاف در هر یک از کلاس‌های بارشی و ایستگاه‌های منتخب، با استفاده از منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، مقادیر جزئی عمق رگبار در بازه‌های زمانی گسسته محاسبه و هیتوگراف بارش طرح در کلاس‌های بارشی مختلف برای هر یک از ایستگاه‌ها بدست آمد.

تخمین پارامترهای d_{80} ، d_{50} ، d_{20} و V با استفاده از منحنی‌های

هاف ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد (روش گوردجی)

با استفاده از روش گوردجی و همکاران (۲۰۲۰) که با توجه به مقادیر منحنی‌های هاف ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در سه بازه زمانی بی‌بعد، میزان تغییرپذیری رگبارها را برای فصل‌های مختلف کشور آمریکا بررسی کرده‌اند، در این مطالعه نیز، پس از رسم منحنی‌های هاف در هر یک از کلاس‌های بارشی و ایستگاه‌های منتخب، سه منحنی هاف ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در نظر گرفته شدند و مقادیر آن‌ها (عمق‌های بارش بی‌بعد) در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش محاسبه گردید. مقادیر عمق‌های بارش بی‌بعد مربوط به منحنی هاف ۵۰ درصد در بازه‌های زمانی مذکور با نماد d_{50} و تفاوت بین مقادیر عمق‌های بارش بی‌بعد محاسبه شده مربوط به دو منحنی هاف ۸۰ و ۲۰ درصد در هر یک از سه مقطع زمانی مذکور با نماد v نشان داده شدند. اگر

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، ۳۲۴ رگبار ثبت شده در فواصل زمانی یک دقیقه‌ای در بازه زمانی (۱۳۸۸-۱۳۹۶) می‌باشد. این داده‌ها از شرکت مدیریت منابع آب ایران دریافت گردید. رویدادهایی که کمترین عمق بارش آن‌ها چهار میلی‌متر و نیز، مدت تداوم آن‌ها دست کم ۶۰ دقیقه بود، برای این مطالعه انتخاب شدند. در ادامه، از فاصله زمانی شش ساعته برای تفکیک دو رگبار از هم، استفاده شد. در مطالعات مشابه که توسط (Huff, 1967) در کشور آمریکا، (Terranova and Dolsak, et al., 2011) در کشور ایتالیا و نیز (Iaquinta, 2016) در کشور اسلونی انجام گرفته، فاصله زمانی شش ساعته برای تفکیک رگبارها از هم مد نظر بوده است. سپس، رگبارهای منتخب در هر یک از ایستگاه‌ها، با توجه به طول دوره تداوم به سه کلاس بارشی، (i) ۶-۰ ساعت، (ii) ۱۲-۶ ساعت و (iii) بیش از ۱۲ ساعت تفکیک شدند. جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه، میانگین بارش سالانه و طول دوره آماری رگبارهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. در جدول ۲ تعداد رگبارهای به‌ثبت رسیده در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک کلاس‌های بارشی ذکر شده است. با توجه به جدول مذکور، مشاهده می‌شود که بیشترین و کمترین تعداد رگبارهای ثبت شده به ترتیب، مربوط به ایستگاه آق‌قلا (۷۸ رگبار) و ایستگاه مراوه‌تپه (۲ رگبار) در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه، میانگین بارش سالانه و طول دوره آماری رگبارها

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (m)	میانگین بارش سالانه (mm)	دوره آماری
آق قلا	۵۸° ۳۶'	۱۶° ۵۴'	۱۲	۴۱۶	۱۳۸۸-۱۳۹۵
مراوه تپه	۵۴° ۳۷'	۵۷° ۵۵'	۲۱۸	۳۶۱	۱۳۸۹-۱۳۹۶
مینودشت	۱۴° ۳۷'	۲۲° ۵۵'	۱۶۷	۷۷۰	۱۳۸۹-۱۳۹۶

جدول ۲. تعداد رگبارهای به‌ثبت رسیده در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک کلاس‌های بارشی

ایستگاه	بازه زمانی بارش (ساعت)		
	۶-۰	۱۲-۶	بیش از ۱۲
آق قلا	۱۹	۲۶	۷۸
مراوه تپه	۴۴	۲۰	۲
مینودشت	۷۵	۲۸	۲۲

ترسیم منحنی‌های هاف و تحلیل رگبارها از دیدگاه چارکی

برای رسم منحنی‌های هاف در ایستگاه‌های مورد مطالعه، ابتدا، رگبارهای انتخاب شده در هر یک از ایستگاه‌ها بر اساس طول دوره تداوم، به سه کلاس بارشی (i) ۶-۰ ساعت، (ii) ۱۲-۶ ساعت و (iii) بیش از ۱۲ ساعت تفکیک شدند. در ادامه، برای

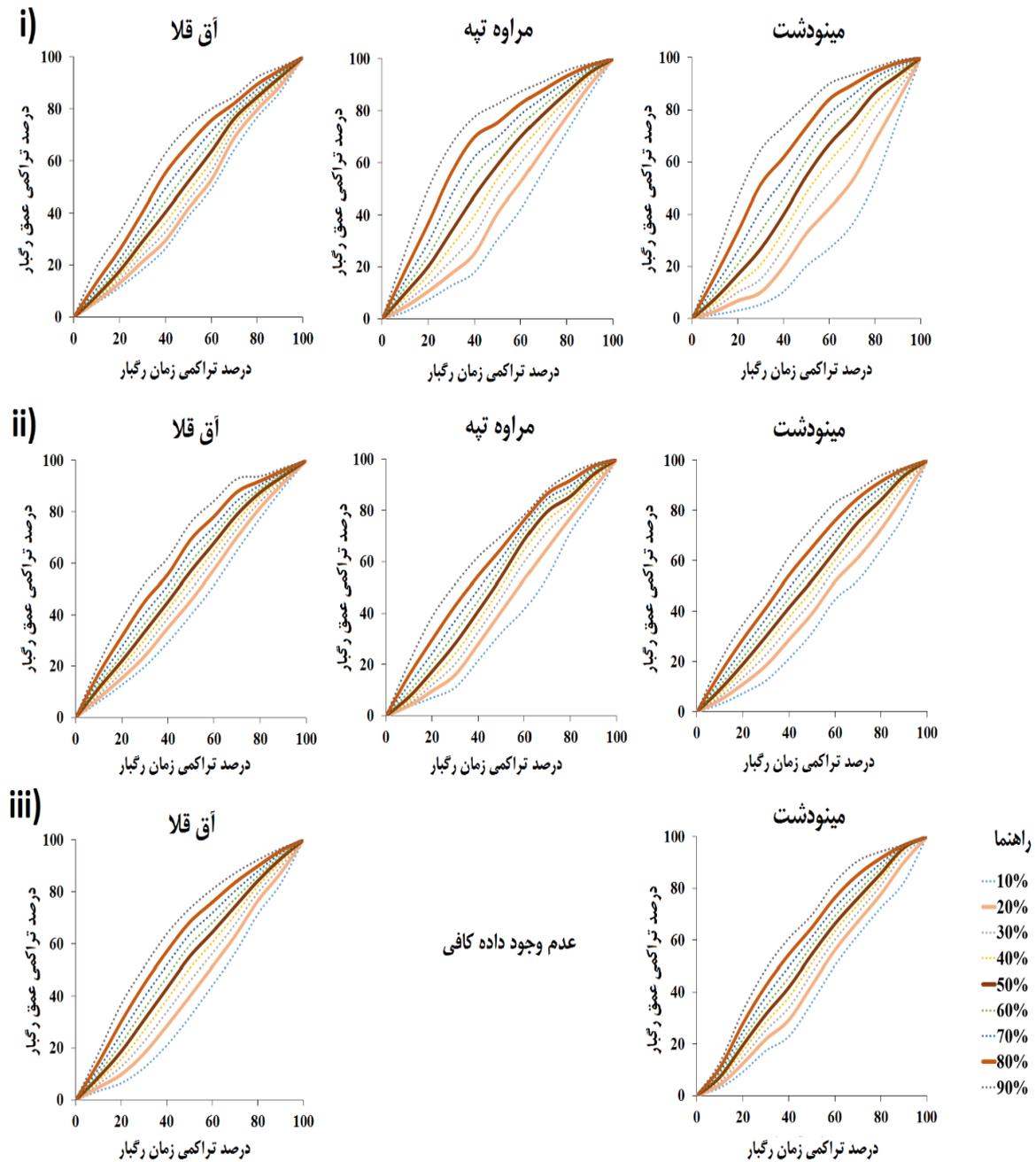
در ایستگاه‌های مورد مطالعه و نیز در همه کلاس‌های بارشی (۶-، ۱۲-، ۶- و بیش از ۱۲ ساعت)، بیشترین میزان درصد عمق بارش در چارک دوم نازل شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تیپ بارشی رگبارهای مورد مطالعه در ایستگاه‌های منتخب در هر سه کلاس بارشی، از نوع چارک دومی می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتایج بخشی از مطالعه Azli and Rao, (2010) که تیپ حدود ۴۳ درصد رگبارهای کشور مالزی (۲۵۱۰ رگبار از مجموع ۵۷۸۷ رگبار) را چارک دومی گزارش کرده‌اند، تا حدودی همخوانی دارد. همچنین، نتایج مربوط به الگوهای بارشی بلند مدت در این مطالعه با نتایج مطالعه الگوهای بارشی بلند مدت استان خراسان را چارک دومی بیان کرده‌اند، همخوانی دارد. ضمناً، نتایج بدست آمده در این مطالعه، با نتایج حاصل از مطالعه‌ی (Khaksafidi et al., 2010) که الگوی توزیع زمانی رگبارهای استان سیستان و بلوچستان را در کلاس‌های بارشی کوتاه‌مدت، چارک اولی و دومی تعیین کرده‌اند، تا حدودی همخوانی دارد. همچنین، نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه (Ewea et al., 2016) که رگبارهای شهر مکه را مورد بررسی قرار داده‌اند، تا حدودی مشابه است. زیرا در مطالعه آن‌ها نیز، میزان زیادی از عمق بارش در دو چارک اول و دوم نازل می‌شود. علاوه بر این، نتایج به‌دست آمده برای ایستگاه‌های منتخب در این مطالعه، با نتایج برخی از ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی با اقلیم نیمه‌خشک در کلاس‌های بارشی مختلف که توسط (Vakili Azar and Dinpazhoh, 2019) و (Dinpashoh and Vakili Azar, 2019) انجام گرفته همخوانی دارد.

مقدار ۷ (فاصله قائم بین دو منحنی هاف ۸۰ و ۲۰ درصد) در هر کدام از سه مقطع زمانی، بزرگتر باشد، این امر حاکی از آن است که میزان تغییرپذیری رگبارها در آن مقطع زمانی بیشتر بوده و مشابهت الگوهای بارشی کمتر است. همچنین، بر عکس این قضیه نیز صادق است.

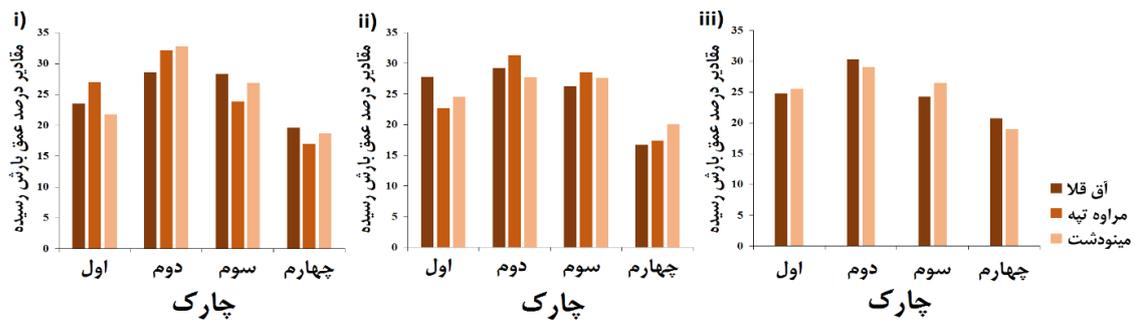
نتایج و بحث

نتایج مربوط به ترسیم منحنی‌های هاف و تحلیل رگبارها از دیدگاه چارکی

شکل ۲ منحنی‌های هاف رسم شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه را به تفکیک کلاس‌های بارشی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در ایستگاه مراوه تپه، تعداد رگبارهای ثبت شده در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، کم بود، امکان برازش توزیع آماری و به دنبال آن رسم منحنی‌های هاف برای این کلاس بارشی میسر نگردید. در این مطالعه، از نه منحنی هاف ترسیم شده در هر یک از کلاس‌های بارشی که به ترتیب، از پایین به بالا متعلق به منحنی‌های هاف ۱۰، ۲۰، ... و ۹۰ درصد می‌باشند، منحنی‌های ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد که به صورت پر رنگ در شکل مذکور مشخص شده‌اند، برای بررسی رگبارها انتخاب شدند. با توجه به شکل ۲ می‌توان نتیجه گرفت که فرم منحنی‌های هاف ترسیم شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در کلاس‌های بارشی مختلف با یکدیگر تفاوت دارند. در ادامه، با توجه به منحنی‌های هاف ۵۰ درصد در هر یک از کلاس‌های بارشی، مقادیر عمق بارش رسیده در هر کدام از چارک‌های اول، دوم، سوم و چهارم برای ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و به‌صورت هیستوگرام مطابق شکل ۳ ارائه شدند. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که



شکل ۲. منحنی‌های هاف در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک کلاس‌های بارشی: (i: ۰-۶ ساعت، ii: ۶-۱۲ ساعت و iii) بیش از ۱۲ ساعت

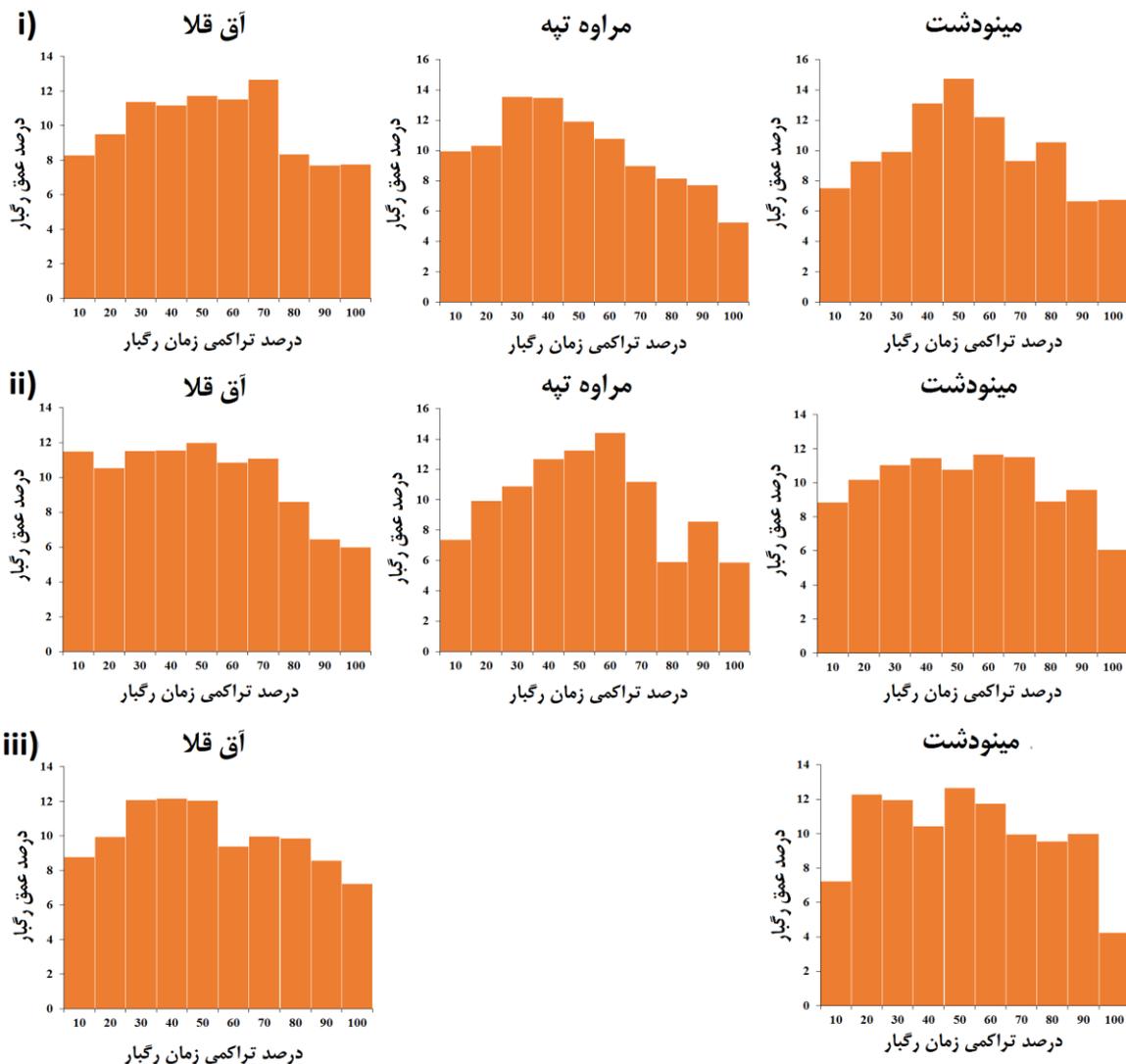


شکل ۳. مقادیر درصد عمیق بارش رسیده به ایستگاه‌های منتخب در هر یک از چارک‌های زمانی به تفکیک کلاس‌های بارشی: (i: ۰-۶ ساعت، ii: ۶-۱۲ ساعت و iii) بیش از ۱۲ ساعت

نتایج مرتبط با هیئتوگراف بارش طرح با در نظر گرفتن منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)

چهارم است و در ایستگاه مینودشت، اوج شدت رگبار مربوط به چارک پنجم می‌باشد. در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، در ایستگاه آق‌قلا، اوج شدت رگبار در دهک پنجم روی داده است. درحالیکه در همین کلاس بارشی، در ایستگاه مراوه‌تپه، اوج شدت رگبار متعلق به دهک ششم و در ایستگاه مینودشت، به- ترتیب، متعلق به دهک‌های ششم، هفتم و چهارم می‌باشد. در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، در ایستگاه آق‌قلا، اوج شدت رگبار به‌ترتیب، در دهک‌های چهارم، سوم و پنجم روی داده است و در ایستگاه مینودشت، اوج شدت رگبار متعلق به دهک پنجم می‌باشد. با توجه به اینکه امکان رسم منحنی‌های هاف برای ایستگاه مراوه‌تپه در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت مقدور نبود، بنابراین، هیئتوگراف بارش طرح نیز با استفاده از منحنی هاف میانه، برای این کلاس بارشی رسم نشد.

با استفاده از منحنی‌های هاف میانه (۵۰ درصد)، هیئتوگراف بارش طرح برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک کلاس‌های بارشی حاصل شد (شکل ۴). با توجه به شکل مذکور می‌توان نتیجه گرفت که در هیچ یک از ایستگاه‌های منتخب و کلاس-های بارشی سه‌گانه، در طول یک بازه زمانی ده درصدی از مدت تاووم بارش، بیش از ۱۵ درصد از عمق کل بارش روی نداده است. ضمناً، با توجه به شکل ۴ می‌توان تعیین کرد که در کلاس‌های بارشی سه‌گانه، برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب، اوج شدت رگبار در دهک چندم رخ داده است. در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت، در ایستگاه آق‌قلا، اوج شدت رگبار در دهک هفتم رخ داده است. درحالیکه، در همین کلاس بارشی، در ایستگاه مراوه‌تپه، اوج شدت رگبار به‌ترتیب، متعلق به دهک‌های سوم و



شکل ۴. هیئتوگراف بارش طرح برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک کلاس‌های بارشی (i) ۶-۰ ساعت، (ii) ۱۲-۶ ساعت و (iii) بیش از ۱۲ ساعت

جدول ۳. مقادیر d_{20} ، d_{50} ، d_{80} و V در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از زمان بارش برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در سه دوره تداوم

پارامتر				درصد زمان از ابتدای بارش	نام ایستگاه
دوره تداوم ۰-۶ ساعت					
V	d_{80}	d_{50}	d_{20}		
۱۵/۹۴	۳۳/۱۹	۲۳/۴۸	۱۷/۲۵	۲۵	آق قلا
۲۴/۳۷	۶۶/۱۷	۵۲/۰۶	۴۱/۸	۵۰	
۱۱/۵۳	۸۵/۸	۸۰/۴	۷۴/۲۷	۷۵	
۳۲/۳۷	۴۶/۴۵	۲۶/۹۹	۱۴/۰۸	۲۵	مراوه تپه
۳۴/۷۲	۷۵/۴	۵۹/۱۴	۴۰/۶۸	۵۰	
۱۹/۳۱	۹۰/۸۳	۸۲/۹۷	۷۱/۶۲	۷۵	
۳۳/۸۵	۴۲/۲۶	۲۱/۷۶	۸/۴۱	۲۵	مینودشت
۴۰/۵۹	۷۳/۳۷	۵۴/۵۴	۳۲/۶۸	۵۰	
۳۱/۶۳	۹۲/۰۳	۸۱/۳۴	۶۰/۴	۷۵	
دوره تداوم ۶-۱۲ ساعت					
V	d_{80}	d_{50}	d_{20}		
۱۸/۷۶	۳۸/۴۵	۲۷/۷۸	۱۹/۶۹	۲۵	آق قلا
۲۳/۷۵	۶۹/۳۵	۵۷/۰۵	۴۵/۶	۵۰	
۱۳/۹۷	۸۹/۸۸	۸۳/۲۸	۷۵/۹۱	۷۵	
۲۳/۵۱	۳۶/۳۱	۲۲/۷۳	۱۲/۸	۲۵	مراوه تپه
۲۴/۴۱	۶۵/۰۴	۵۴/۰۷	۴۰/۶۳	۵۰	
۱۷/۹۱	۸۹/۲۲	۸۲/۶۲	۷۱/۳۱	۷۵	
۲۰/۴۳	۳۵/۱۶	۲۴/۵۴	۱۴/۷۳	۲۵	مینودشت
۲۶/۲۱	۶۵/۳۸	۵۲/۲۷	۳۹/۱۷	۵۰	
۲۱/۳۲	۸۸/۳۵	۷۹/۹۱	۶۷/۰۳	۷۵	
دوره تداوم بیش از ۱۲ ساعت					
V	d_{80}	d_{50}	d_{20}		
۲۳/۴۷	۳۷/۳۴	۲۴/۷۵	۱۳/۸۷	۲۵	آق قلا
۲۸/۴۶	۶۸/۲۱	۵۵/۰۱	۳۹/۷۵	۵۰	
۱۶/۹۳	۸۶/۷۳	۷۹/۲۹	۶۹/۸	۷۵	
...	۲۵	مراوه تپه
...	۵۰	
...	۷۵	
۱۸/۰۹	۳۵/۲۲	۲۵/۵	۱۷/۱۳	۲۵	مینودشت
۲۲/۱۶	۶۴/۸۴	۵۴/۵۴	۴۲/۶۸	۵۰	
۱۶/۰۵	۸۸/۵	۸۰/۹۹	۷۲/۴۵	۷۵	

بارشی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که در کلاس بارشی ۰-۶ ساعت، بیشترین مقدار V در سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، به ترتیب با ۳۳/۸۵، ۴۰/۵۹ و ۳۱/۶۳ درصد مربوط به

نتایج مرتبط با تخمین پارامترهای d_{20} ، d_{50} ، d_{80} و V با استفاده از منحنی‌های هاف ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در جدول ۳ مقادیر پارامترهای d_{20} ، d_{50} ، d_{80} و V در سه مقطع زمانی (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به تفکیک کلاس‌های

بیش از ۱۲ ساعت، بیشترین مقدار d_{50} در ۲۵ و ۷۵ درصد زمان بارش به ترتیب با ۲۵/۵ و ۸۰/۹۹ درصد مربوط به ایستگاه مینودشت می‌باشد. در حالیکه در همین کلاس بارشی و در ۵۰ درصد از زمان بارش، بیشترین مقدار d_{50} با ۵۵/۰۱ درصد مربوط به ایستگاه آق‌قلا است. زیر ارقام مذکور در جدول ۳ خط کشیده شده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، برای تعیین الگوی توزیع زمانی رگبارهای استان گلستان، از ۳۲۴ رگبار ثبت شده در سه ایستگاه آق‌قلا، مراوه‌تپه و مینودشت استفاده شد. رگبارها بر اساس مدت تدوام، در سه کلاس بارشی مختلف جای گرفتند و منحنی‌های هاف برای هر کدام از کلاس‌های بارشی در ایستگاه‌های مذکور رسم گردید. نتایج حاکی از آن بود که فرم منحنی‌های هاف ترسیم شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در کلاس‌های بارشی سه‌گانه با یکدیگر تفاوت دارند. در ادامه، با توجه به منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، الگوی بارشی رگبارها از منظر چارکی بدست آمد و نتایج نشان داد که تیپ بارشی رگبارهای مورد مطالعه در ایستگاه‌های منتخب، در هر سه کلاس بارشی، از نوع چارک دومی می‌باشند. این امر، بدین معنی می‌باشد که میزان بارش نازل شده در چارک دوم به نسبت سایر چارک‌ها بیشتر است. ضمناً، با لحاظ کردن منحنی هاف میانه (۵۰ درصد)، هیئوگراف بارش طرح برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در کلاس‌های بارشی سه‌گانه استخراج شد. با استفاده از هیئوگراف‌های بدست آمده، معین شد که اوج شدت رگبارها در هر یک از ایستگاه‌ها و کلاس‌های بارشی، در کدامین دهک رخ داده است. علاوه بر این، یکی از اهداف اصلی این مطالعه، استفاده از یک روش جدید (روش گوردجی) برای تعیین میزان تغییرپذیری الگوی بارشی رگبارهای استان گلستان بر پایه‌ی منحنی‌های هاف در مقاطع زمانی بی‌بعد بود. بدین منظور، مقادیر منحنی‌های هاف ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، محاسبه و فاصله قائم بین دو منحنی هاف ۸۰ و ۲۰ درصد (V) در مقاطع زمانی مذکور بدست آمد. نتایج نشان داد که برای یک ایستگاه منتخب و کلاس بارشی معین، هر چه مقدار V محاسبه شده در هر یک از مقاطع زمانی بی‌بعد (۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد)، کمتر باشد، میزان مشابهت الگوهای بارشی در آن کلاس، بیشتر بوده و هر چه مقدار V محاسبه شده در هر یک از مقاطع زمانی مذکور بیشتر باشد، میزان مشابهت الگوهای بارشی در آن کلاس، کمتر می‌باشد. نتایج نشان داد که با روش گوردجی، ایستگاه آق‌قلا در کلاس‌های بارشی کمتر از ۱۲ ساعت، کمترین میزان V را در بین ایستگاه‌ها به خود اختصاص داده که نشان دهنده بیشتر بودن میزان مشابهت الگوهای بارشی در این

ایستگاه مینودشت می‌باشد. در همین کلاس بارشی، کمترین مقدار V در سه مقطع زمانی مذکور به ترتیب با ۱۵/۹۴، ۲۴/۳۷ و ۱۱/۵۳ درصد مربوط به ایستگاه آق‌قلا است. در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، بیشترین مقدار V در ۲۵ درصد زمان بارش مربوط به ایستگاه مراوه‌تپه با ۲۳/۵۱ درصد می‌باشد. در حالیکه، بیشترین مقدار V در ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش به ترتیب با ۲۶/۲۱ و ۲۱/۳۲ درصد مربوط به ایستگاه مینودشت است. در همین کلاس بارشی، کمترین مقدار V در سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب با ۱۸/۷۶، ۲۳/۷۵ و ۱۳/۹۷ درصد مربوط به ایستگاه آق‌قلا می‌باشد. در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، مقایسه‌ها بین دو ایستگاه آق‌قلا و مینودشت صورت گرفت. نتایج حاکی از آن است که بیشترین مقدار V در سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، به ترتیب با ۲۳/۴۷، ۲۸/۴۶ و ۱۶/۹۳ درصد مربوط به ایستگاه آق‌قلا و کمترین مقدار V در سه مقطع زمانی مذکور به ترتیب با ۱۸/۰۹، ۲۲/۱۶ و ۱۶/۰۵ درصد مربوط به ایستگاه مینودشت است. ارقام مذکور به صورت بلد در جدول ۳ مشخص شده‌اند. همچنین، با توجه به جدول ۳ می‌توان ملاحظه کرد که در ایستگاه آق‌قلا بیشترین مقدار V در سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، بیشتر از دو کلاس بارشی دیگر است در حالیکه، در ایستگاه‌های مراوه‌تپه و مینودشت، بیشترین مقدار V در هر سه مقطع زمانی در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت بیشتر از سایر کلاس‌ها می‌باشد. البته، برای ایستگاه مراوه‌تپه مقایسه بین دو کلاس بارشی ۶-۰ و ۱۲-۶ ساعت صورت گرفت. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقادیر V محاسبه شده در کلاس‌های بارشی سه‌گانه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمانی بارش، معادل با ارقام ۰/۳۳۹، ۰/۴۰۶ و ۰/۳۱۶ می‌باشد که در مقایسه با یافته‌های Gordji et al., (2020) که مقادیر مذکور را برای رگبارهای نواحی شرقی اوهایو در بازه‌های زمانی مذکور معادل ۰/۵۹، ۰/۵۸۱ و ۰/۴۴۶ محاسبه کرده‌اند، کمتر است. این امر نشان می‌دهد که میزان تغییرپذیری الگوهای بارشی رگبارهای ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان گلستان نسبت به الگوهای بارشی رگبارهای شرق اوهایو کمتر است. در نتیجه، میزان مشابهت الگوی بارشی رگبارها در استان گلستان نسبت به الگوی بارشی رگبارها در نواحی شرق اوهایو بیشتر است. در رابطه با مقادیر منحنی هاف ۵۰ درصد، ملاحظه می‌شود که در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت، بیشترین مقادیر منحنی هاف ۵۰ درصد (d_{50}) در هر سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب با ۲۶/۹۹، ۵۹/۱۴ و ۸۲/۹۷ درصد مربوط به ایستگاه مراوه‌تپه می‌باشد. در حالیکه در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، بیشترین مقادیر d_{50} در هر سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب با ۲۷/۷۸، ۵۷/۰۵ و ۸۳/۲۸ درصد مربوط به ایستگاه آق‌قلا است. در کلاس بارشی

تشکر و قدردانی

کلاس‌ها می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده هیدرولوژیست‌ها در بخش‌های مختلف مدیریت منابع آبی از جمله ذخیره و زهکشی آب حاصل از باران و همچنین، هشدار و کنترل به موقع سیلاب‌های مخرب قرار بگیرد.

از شرکت مدیریت منابع آب ایران که داده‌های مربوط به رگبارهای استان گلستان را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌شود.

Reference:

- Alavi, E. S., Dinpashoh, Y., & Asadi, E. (2019). Analysis of hourly storms for the purpose of extracting design hyetographs using the Huff method. *Geography and Environmental Planning*, 30(3), 41-58. (In Persian) <https://doi.org/10.22108/gep.2019.116484.1141>
- Azli, M. & Rao, R. (2010). Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*. 388,77-84. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.030>
- Bonaccorso, B., Brigandì, G. & Aronica, G. T. (2017). Combining regional rainfall frequency analysis and rainfall-runoff modeling to derive frequency distributions of peak flows in ungauged basins: a proposal for Sicily region (Italy). *Advance Geosciences*, 44,15–22. <http://dx.doi.org/10.5194/adgeo-44-15-2017>
- Bonta, J.V. 2004. Development and utility of Huff curves for disaggregating precipitation amounts. *Applied Engineering in Agriculture*. 20(5):641-653. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp>
- Dinpashoh, Y. & Vakili Azar, S. (2019). Temporal analysis of storms in East of Urmia Lake using the Huff curves. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 8(3), 27-44. (In Persian) https://journals.srbiau.ac.ir/article_14070.html
- Dinpashoh, Y. & Alavi, E. S. (2024). Derivation of Huff Curves for the Four Stations in Great Karun River in Khuzestan Province. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 54(1), 115-130. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/jcee.2022.28050.1678>
- Dolsak, D., Bezak, N. & Sraj, M. (2016). Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology*, 541, 1395-1405. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.047>
- Dunkerley, D. (2022). Huff quartile classification of rainfall intensity profiles ('storm patterns'): A modified approach employing an intensity threshold. *Catena*, 216, 106371-106384. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106371>
- Ewea, A., Elfeki, A., Bahrawi, J. & AL-Amri, N. (2016). Sensitivity analysis of runoff hydrographs due to temporal rainfall patterns in Makkah Al-Mukkrmah region, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 424-435. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2443-5>

یادداشت‌ها

- ¹ Illinois
- ² Coshocton
- ³ Calabria
- ⁴ Standardized Rainfall Profiles
- ⁵ Sicily
- ⁶ <https://article.tebyan.net/UserArticle/AmpShow/794947>