

Presentation of Innovative Method For Study of Storms Variability (Case Study: Gilan Province)

Saina Vakili Azar¹, Yagob Dinpashoh^{2✉}, Saeed Jahanbakhsh-Asl³

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: Sainavazar@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: dinpashoh@yahoo.com
3. Department of Climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.. E-mail: S_jahan@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 7 July 2024

Revised: 7 October 2025

Accepted: 29 October 2024

Published: 21 November 2025

Keywords:

Storm,
Huff curve,
Quartile method,
Gilan province)

ABSTRACT

In this study, storm patterns were analyzed in three rain gauge stations (namely: kharajgil, Qaleh Rudkhan and Hashtpar) in Gilan province. All the storms were divided into the three distinct classes which are: i) 0-6 hrs, ii) 6-12 hrs, and iii) >12hrs. Analysis performed separately for each of the classes. Huff curves were plotted and the pattern of rainfall identified using the quartile approach. The pattern of storms obtained using an innovation method based on vertical distances of 90 and 10 percent Huff curves (V) and 50% Huff curve (d_{50}) at 25, 50 and 75% of duration. Results showed that most of patterns were the second quartile type. Comparing the V-values, it was found that the V-value of station Hashtpar in the less than 12 hours classes was high in all the three durations (i.e. 25, 50 and 75 percent). This indicates that the storms variability in station Hashtpar was more than others. In more than 12-hours class, the station Kharajgil at 25 and 50 percent duration shows large value of V. However, in the station Galeh Rudkhan, the large V observed at 75% duration. Moreover, results showed that the station Kharajgil had large value of d_{50} at 25, 50 and 75 percent of durations in the class of 0-6 hours comparing the two other stations. This implies that rainfall intensities at station Kharajgil were more than the two other stations. In the class of 6-12 hours, the large value of d_{50} at 25 percent of time at station Kharajgil was observed. However, the large value of d_{50} observed at 50 and 75 percent of duration at station Galeh Rudkhan. At the class of more than 12 hours, the station Kharajgil showed large d_{50} values in 25 and 50 percent durations. The value of d_{50} for station Hashtpar in 75 percent duration was large among all the stations.

Cite this article: Vakili Azar, S., Dinpashoh, Y., & Jahanbakhsh-Asl, S. (2025). Presentation of innovative method for study of storms variability (case study: Gilan Province). *Journal of Geography and Planning*, 31 (93), 395-411. <https://doi.org/10.22034/gp.2024.62377.3274>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22034/gp.2024.62377.3274>

Publisher: University of Tabriz.

Introduction

In the science of hydrology, accurate understanding of the rainfall depth distribution pattern during its duration is very important. Temporal distribution pattern of precipitation is one of the most important features of precipitation. It is important not only in the collection of rainwater in the basins, but also in simulation of the runoff peak and volume. For this purpose, the temporal distribution pattern of precipitation has been investigated by many researchers in different countries. In Iran, few studies conducted on the storm pattern using the Huff curves. In this study plotting Huff curves and analyzing the storms pattern using the quartile approach performed in three stations in Gilan province. Furthermore, a new method based on the vertical distances between the two Huff curves namely 90 and 10 percent and the height of 50 percent Huff curve presented. These statistics calculated for 25, 50 and 75 percent of time of rainfall. Therefore, the purpose of this study is to investigate the variability of the storms using the method of quartiles according to plotting Huff curves and the mentioned innovative method in Gilan province.

Methodology

The study area is Gilan province, located in north of Iran. The data used in this study, includes rainfall events with a resolution of one-minute time intervals. The data was obtained from Iran's water resources management. Storms with a minimum rainfall depth of 5 mm and a duration of at least 60 minutes were selected. In this study, a time interval of six hours was considered to distinguish the storms from each other. The storms in each station were divided into three distinct time classes, 0-6, 6-12, and more than 12 hours. Then Huff curves were plotted in each of the rainfall classes for the selected stations.

After plotting Huff curves, according to the Huff curve of 50 percent, the values of the percentage of precipitation reached in each of the first to fourth quartiles (0-25, 25-50, 50-75 and 75-100 percent) calculated. Then, by comparing the percentage of precipitation received in different quartiles, the quartile type of the storms identified for the stations.

After plotting the Huff curves, three curves (10, 50 and 90%) were considered and the $V=d_{90}-d_{10}$ as well as d_{50} calculated for the sites. These values compared for the stations as variability measures of storms in the stations.

Results and Discussion

Results showed that most of patterns were the second quartile type. Comparing the V-values, it was found that the V-value of station Hashtpar in the classes of rain less than 12 hours was high in all the three durations (i.e. 25, 50 and 75 percent). This indicates that the storms variability in station Hashtpar was more than the two other stations. In the class of more than 12 hours, the station Kharajgil at 25 and 50 percent duration shows large value of V. However, in the station Galeh Rudkhan, the large V observed at 75 percent of rainfall time duration. Moreover, results showed that the station Kharajgil had large value of d_{50} at 25, 50 and 75 percent of durations in the class of 0-6 hours comparing the two other stations. This implies that rainfall intensities at station Kharajgil were more than the two other stations. In the class of 6-12 hours, the large value of d_{50} at 25 percent of time at station Kharajgil was observed. However, the large value of d_{50} observed at 50 and 75 percent of duration at station Galeh Rudkhan. At the class of more than 12 hours, the station Kharajgil showed large d_{50} values in 25 and 50 percent durations. The value of d_{50} for station Hashtpar in 75 percent duration was large among all the stations. The results of this study indicated that the rainfall type of two of the three studied stations in the rainfall class of 0-6 hours was "second quartile" type. This result is somewhat consistent with the findings of Alavi, Dinpashoh and Asadi (2018) who studied the rains of Khuzestan province. Also, these findings are somewhat consistent with the results of Evi et al. (2016) who conducted a similar study for Makkah Al Mukkramah. Also, the results of this study for rains with a longer duration are consistent with the findings of Hatami Yazd et al. (2005) who studied the rains of Khorasan province (with arid and semi-arid climate).

Conclusion

In this study, Huff-curves illustration, quartile type identification, d_{10} , d_{50} , d_{90} and $V=d_{90}-d_{10}$ values calculation performed for three sites in Gilan province, Iran. The results showed that in the most of cases the pattern of storms in different precipitation classes were the second quartile type pattern. These results can be used for flood forecasting, warning of flood occurrence and management of flash floods. In this study, the number of stations that had enough storm records were limited to three. It is recommended to conduct a similar study for other provinces of Iran having different climates.

ارائه یک روش جدید برای مطالعه تغییرپذیری رگبارها (مطالعه موردی: استان گیلان)

ساینا وکیلی آذر^۱، یعقوب دین پژوه^۲✉، سعید جهانبخش اصل^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: Sainavazar@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: dinpashoh@yahoo.com
- ۳- استاد، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: S_jahan@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۳۰ کلیدواژه‌ها: رگبار، منحنی هاف، روش چارکی، استان گیلان	امروزه با توجه به تغییرات اقلیمی و بحران منابع آبی، لزوم توجه به الگوی ریزش‌های جوی از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این مطالعه، الگوی رگبارهای تاریخی در سه ایستگاه باران‌نگار ثابت استان گیلان بنام‌های خرگیل، قلعه‌رودخان و هشتپر، تحلیل و در هر ایستگاه رگبارها از نظر مدت تداوم به سه کلاس متمایز شامل، الف) ۰-۶ ساعت، ب) ۶-۱۲ ساعت و ج) بیش از ۱۲ ساعت تفکیک شدند. تحلیل‌ها برای هر کلاس جداگانه صورت گرفت. منحنی‌های هاف هر کلاس رسم و از دیدگاه چارک‌ها الگوی بارشی ایستگاه‌ها مشخص شد در روش جدید، اختلاف فاصله قائم دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد در سه مقطع زمانی بی‌بعد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ محاسبه و با ۷ نشان داده شد. آنگاه عمق بی بعد ریزش جوی بر اساس منحنی هاف ۵۰ درصد در همان مقاطع زمانی با d50 نشان داده شد. مقادیر فوق (۷ و d50) معیارهای تشخیص تفاوت الگوی ریزش در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اغلب رگبارها در کلاس‌های بارشی مختلف از نوع چارک دومی بودند. در کلاس‌های بارشی کمتر از ۱۲ ساعت، ایستگاه هشتپر در هر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمانی بارش دارای مقادیر ۷ (اختلاف بین دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد) بیشتری نسبت به دو ایستگاه دیگر بود. این نشان می‌دهد که میزان تغییرپذیری رگبارها در این ایستگاه نسبت به دو ایستگاه دیگر بیشتر است. در کلاس بیش از ۱۲ ساعت، در ۲۵ و ۵۰ درصد زمان بارش ایستگاه خرگیل و در ۷۵ درصد زمانی بارشی ایستگاه قلعه رودخان دارای مقدار ۷ (اختلاف بین دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد) بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها بودند. همچنین، در کلاس بارشی ۰-۶ ساعت، ایستگاه خرگیل در هر سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، دارای مقادیر d50 (مقادیر منحنی هاف ۵۰ درصد) بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها بود. این امر حاکی از آن است که شدت بارش‌ها در ایستگاه خرگیل نسبت به دو ایستگاه دیگر بیشتر بود. در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، مقدار d50 در ۲۵ درصد زمان بارش در ایستگاه خرگیل و در ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش در ایستگاه قلعه رودخان بیشتر بود. در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت نیز در ۲۵ و ۵۰ درصد زمان بارش، ایستگاه خرگیل و در ۷۵ درصد زمان بارش ایستگاه هشتپر دارای بیشترین مقدار d50 بودند.

استناد: وکیلی آذر، ساینا؛ دین پژوه، یعقوب؛ و جهانبخش اصل، سعید (۱۴۰۴). ارائه یک روش جدید برای مطالعه تغییرپذیری رگبارها (مطالعه موردی: استان گیلان). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۳۱ (۹۳)، ۳۹۵-۴۱۱.



<http://doi.org/10.22034/gp.2024.62377.3274>

© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

وقوع رگبارهای سنگین و افزایش رواناب سطحی ناشی از آن‌ها، باعث وقوع سیلاب، زمین لغزش، فرسایش و رسوب می‌شود که از جمله مخاطرات محیطی پیرامون ما به حساب می‌آید (نوری و ایلدرمی، ۱۳۹۱). از طرفی تغییرات اقلیمی بر عواملی چون منابع آب، محیط طبیعی و کشاورزی تاثیر گذاشته است (خورشید دوست و همکاران، ۱۴۰۲) که این امر، لزوم توجه به منابع آبی و عوامل هیدرولوژیکی را بیش از پیش حائز اهمیت ساخته است. در علم هیدرولوژی، درک صحیحی از الگوی توزیع عمق بارش در طول مدت تداوم آن، اهمیت فراوانی دارد. الگوی توزیع زمانی بارش که یکی از مهمترین خصوصیات بارش می‌باشد، نه تنها در جمع‌آوری و زهکشی آب باران در حوضه‌های مختلف مهم است، بلکه در شبیه‌سازی رواناب ناشی از رگبارها، در حوضه‌ها (به ویژه حوضه‌های شهری) نیز، از اهمیت مضاعفی برخوردار می‌باشد. بدین منظور، الگوی توزیع زمانی بارش توسط محققین مختلف در سراسر جهان، مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال هرشفیلد^۱ (۱۹۶۲) با توجه به تعداد ۳۰۰ رگبار از ۵۰ ایستگاه که از بخش‌های مختلف ایالات متحده انتخاب نموده بود، الگوی رگبارها را در چهار کلاس بارشی مختلف (شش، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته) مورد مطالعه قرار داد. نتایج ایشان حاکی از آن بود که تیپ‌های توزیع زمانی بارش آمریکا در ایستگاه‌های مختلف با همدیگر متفاوت هستند. در شرق ایالت ایلینویس^۲ آمریکا دانشمندی به نام هاف^۳ (۱۹۶۷)، مطالعه‌ای پیرامون الگوی توزیع زمانی رگبارها برای یک دوره آماری ۱۱ ساله، با انتخاب ۲۶۱ رویداد بارشی از ۴۹ ایستگاه اندازه‌گیری باران انجام داد. وسعت منطقه مورد مطالعه ایشان حدود ۱۰۳۲ کیلومترمربع بود. نتایج حاکی از آن بود که حدود ۴۲ درصد رگبارهای انتخاب شده دارای مدت دوام کمتر از ۱۲ ساعت بوده و ۳۳ درصد در کلاس بارشی ۱۲-۲۴ ساعت و ۲۵ درصد دیگر در کلاس بارشی بیشتر از ۲۴ ساعت قرار داشتند. عزلی و رائو^۴ (۲۰۱۰) با استفاده از رگبارهای ثبت شده در سیزده ایستگاه شبه جزیره مالزی به ترسیم منحنی‌های هاف پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که منحنی‌های هاف رسم شده در ایستگاه‌های منتخب، الگوی مشابهی داشتند. همچنین، نتایج نشان داد که منحنی‌های هاف رسم شده برای شبه جزیره مالزی، مشابه منحنی‌های رسم شده در ایالات متحده است. اوی و همکاران^۵ (۲۰۱۶) در یک دوره آماری بیست ساله، الگوی توزیع بارندگی را با استفاده از رگبارهای ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی مکه به دست آوردند. نتایج نشان داد که در چارک‌های اول و دوم زمانی، بخش قابل توجهی از بارش نازل می‌شود. گرجی، بنتا و آلتین‌آکار^۶ (۲۰۲۰) به بررسی اثر تغییر پذیری بارش در ده ایستگاه واقع در نواحی مرکزی شرق اوهایو در ایالات متحده آمریکا در یک دوره ۷۲ ساله (۲۰۱۰-۱۹۳۹) پرداختند. ایشان کل طول دوره آماری را به هشت دوره نه ساله تفکیک نموده و با استفاده از عمق بارش بی بعد و منحنی هاف ۵۰ درصد، مقادیر عمق بارش (d_{50}) را برای چهار فصل مختلف سال و ده ایستگاه، در سه بازه زمانی بی‌بعد (۲۴، ۵۰ و ۷۴ درصد) در نظر گرفته و از همه آن‌ها میانگین گرفتند. همچنین، میانگین مقادیر مذکور برای هر فصل نیز محاسبه شد. اختلاف این میانگین در فصول مختلف از نظر آماری مورد آزمون قرار گرفت. افزون بر این، عمق بارش بی‌بعد با استفاده از دو منحنی هاف ۸۰ و ۲۰ درصد در سه مقطع زمانی ۲۴، ۵۰ و ۷۴ درصد (بی‌بعد) مورد بررسی قرار گرفت. آنگاه نسبت تغییرات دو میانگین پارامترهای مورد اشاره در فصول مختلف در نظر گرفته شد و مقادیر مربوط به P-value و ρ (ضریب همبستگی پیرسون) به صورت زوجی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که اختلاف مقادیر برای چهار مورد (برای عمق بارش بی بعد d_{50}) و ۲۳ مورد (برای ۷) در هر سه بازه زمانی در فصول مختلف در بین ده ایستگاه معنی‌دار بودند. دانکرلی^۷ (۲۰۲۲) الگوی ریزش‌های جوی را با استفاده از چارک‌های هاف اصلاح شده در دو ایستگاه واقع در استرالیا مطالعه نمود. ایشان در روش جدید خود شدت بارش را نیز در تعیین چارک‌ها دخالت داد و روش چارکی را تا حدودی

¹ Hirschfield² Illinois³ Huff⁴ Azli and Rao⁵ Ewea, et al⁶ Gordji, Bonta and Altinakar⁷ Dunkerley

اصلاح کرد. طوریکه در هر چارک تنها آن بارش‌هایی که از یک حد آستانه‌ای معین تجاوز میکنند برای تحلیل رگبارها مورد استفاده قرار گرفت. براساس روش ایشان معلوم گردید که در برخی موارد با تغییر روش طبقه‌بندی ممکن است رویدادی که قبلاً چارک اولی بود با روش جدید به چارک چهارمی تغییر یابد. نگوین و چن^۱ (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای از مولد بارش تصادفی برای تولید سری زمانی بارش‌های پیوسته با وضوح ۱۰ دقیقه‌ای در کشور تایوان برای حوضه بیلان استفاده کردند. ایشان چهار پارامتر مربوط به بارش را که شامل (۱) میزان عمق بارش، (۲) مدت زمان بارش، (۳) فاصله زمانی بین دو رویداد متوالی و (۴) نوع بارش است، شبیه‌سازی کردند. سپس همبستگی بین دو سری مقدار بارندگی و مدت بارندگی را بدست آوردند و از آن در تولید داده‌ها استفاده نمودند. ضمناً نامبردگان منحنی هاف مرسوم را تا اندازه‌ای اصلاح نمودند. در نتیجه تعداد رویدادهایی که در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت، نسبت به روش مرسوم تا حدودی بیشتر بود. بنابر اظهار ایشان، روش اصلاح شده رویدادهای بارشی را بهتر از همدیگر متمایز می‌سازد. نتایج نشان داد که مشخصات بارش‌های مصنوعی مشابهت زیادی با مشخصات آماری رویدادهای بارشی تاریخی منطقه دارد.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه استفاده از منحنی‌های هاف در تحلیل رگبارها صورت گرفته است به عنوان مثال، در استان کرمان به‌منظور تعیین الگوی توزیع زمانی بارش، بنی اسدی (۱۳۹۰)، از دو روش هاف و پیلگریم استفاده کرد. نتایج نشان داد که در بخش جنوبی استان، اغلب رگبارها از نوع چارک اولی، در بخش‌های شمالی و شمال شرقی، از نوع چارک سومی و در غرب استان، اغلب رگبارها از نوع چارک دومی بودند. مرادنژادی و همکاران (۱۳۹۵) الگوی توزیع زمانی بارش‌های روزانه را با دو روش پیلگریم و هاف مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که رگبارهای ۲۴ ساعته بخش قابل توجهی از بارش را در چارک اول دریافت می‌کنند. وکیلی آذر و دین‌پژوه (۱۳۹۷)، با استفاده از اطلاعات ۵۱۷ رگبار ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی عجب‌شیر، آذرشهر، بناب، بستان‌آباد و لیقوان، منحنی‌های هاف را رسم کردند. در ادامه، سه شاخص S ، I و Q که به ترتیب، معرف نسبت درصد عمق رگبار از ابتدای بارش تا پایان ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارندگی منحنی هاف ۵۰ درصد به منحنی هاف ۹۰ درصد می‌باشد، تعریف و مقادیر آن‌ها برای هر کدام از منحنی‌های هاف رسم شده در هر کلاس بارشی و هر یک از ایستگاه‌های باران‌سنجی به‌دست آمد. در مطالعه‌ای دیگر، دین‌پژوه و وکیلی آذر (۱۳۹۸) رگبارهای چهار ایستگاه باران‌سنجی تبریز، سراب، ملکان و هریس واقع در شرق دریای ارومیه را بر اساس مدت دوام بارش به چهار کلاس بارشی تفکیک کردند. در ادامه، منحنی‌های هاف برای هر کلاس بارشی به‌دست آمد. سپس این منحنی‌ها با استفاده از مدل ریاضی لاجستیک بسط داده شدند و پارامترهای مربوط به مدل محاسبه شد. در استان خوزستان، علوی، دین‌پژوه و اسدی (۱۳۹۸) به‌منظور به‌دست آوردن هیئوگراف‌های طراحی با استفاده از روش منحنی‌های هاف، به بررسی رگبارهای ساعتی پرداختند. آن‌ها ۱۸۱۱ رگبار ثبت شده در بازه زمانی (۱۳۹۵-۱۳۴۵) را براساس مدت دوام بارش به پنج گروه مختلف کلاس‌بندی کردند و منحنی‌های هاف را برای هر کلاس به‌دست آوردند. ایشان نتیجه گرفتند که در ایستگاه‌های استان خوزستان، بارش‌های کوتاه مدت از نوع چارک دومی و بارش‌های طولانی مدت از نوع چارک سومی بودند. در مطالعه‌ای، عساکره، مسعودیان و ترکارانی (۱۴۰۰) به بررسی تغییرات بارش سالانه ایران‌زمین در طی چند دهه اخیر پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که کاهش ورود سامانه‌های مدیترانه‌ای و در نتیجه آن کاهش آب باران‌پذیر از جمله عوامل احتمالی کاهش باران در طی سه دهه اخیر برای کشور ایران بوده است. همچنین، میزان کاهش بارش در برخی از مناطق کشور نظیر کرانه‌های دریای خزر، خلیج-فارس، عمان و برخی از دامنه‌های رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس نسبت به برخی دیگر نظیر (نواحی مرکزی، شرقی و شمال شرقی کشور) بیشتر بوده است. احمد زاده و همکاران (۱۴۰۱) در استان تهران، به بررسی تغییرات شدت و فراوانی بارش‌های حدی در طول دوره آماری (۱۹۸۳-۲۰۱۶) پرداختند. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، فراوانی بارش‌های حدی در طول دوره آماری کاهش یافته است. در مطالعه‌ای دیگر، خورشید دوست و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی اثرات تغییرات جهانی اقلیم بر دو عنصر اقلیمی دما و بارش در نواحی مختلف ایران پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که بارش در تمامی نواحی اقلیمی مورد مطالعه، در دهه‌های آتی کاهش خواهد یافت و بیشترین کاهش در نواحی بیابانی نیمه‌گرم داخلی (۳۵ درصد) و نیز در نواحی خیلی مرطوب و معتدل (۳۲

¹ Nguyen and Chen

درصد) رخ خواهد داد، درحالیکه میزان تغییرات دمای کمینه و بیشینه در نواحی مختلف اقلیمی مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت خواهد بود. با بررسی تحقیقات انجام گرفته در سال‌های اخیر ملاحظه می‌شود که میزان بارش در اقلیم‌های مختلف رو به کاهش است. این امر لزوم توجه به ویژگی‌های رگبارها را بسیار حائز اهمیت ساخته است. در مطالعه حاضر، علاوه بر رسم منحنی‌های هاف و تحلیل رگبارها از دیدگاه چارکی، یک روش جدید بر مبنای فاصله قائم دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد (V) و همچنین، بر اساس منحنی هاف ۵۰ درصد (d_{50}) در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمانی بارش، به منظور بررسی تغییرپذیری رگبارها در استان گیلان ارائه شده است. بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی تغییرپذیری رگبارهای استان گیلان با استفاده از روش چارک‌ها با توجه به رسم منحنی‌های هاف و ارائه یک روش جدید می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، استان گیلان می‌باشد که در حاشیه دریای خزر قرار گرفته و میانگین بارش سالانه آن بیش از ۷۰۰ میلیمتر است. در این منطقه ابرهای خزری در هر چهار فصل سال به‌ویژه در فصل تابستان شکل می‌گیرند و در حد فاصل بین سواحل دریای خزر و رشته‌کوه‌های البرز قرار دارند (راشدی و همکاران، ۱۴۰۲). اقلیم این استان مرطوب بوده و شهر رشت در مرکز این استان قرار دارد. میانگین بارش سالانه رشت حدود ۱۳۳۷ میلیمتر، میانگین تعداد روزهای بارانی حدود ۱۳۸ روز در سال، میانگین رطوبت نسبی سالانه حدود ۸۱ درصد و میانگین دمای سالانه آن ۱۶ درجه سلسیوس است. در رشت حداقل دمای گزارش شده برابر با ۱۹- درجه (در ۳۰ دی ۱۳۴۲) و حداکثر دمای گزارش شده معادل ۴۰ درجه سانتی‌گراد (در ۲۳ شهریور ۱۳۷۵) ثبت شده است. حداکثر بارش روزانه ثبت شده به میزان ۱۷۰ میلیمتر (در تاریخ ۱۹ مهر ۱۳۶۲) می‌باشد. میانگین تعداد روزهای برفی ۹ روز در سال است. در این استان سه ایستگاه قلعه رودخان، خرگیل و هشتپر که تعداد رگبارهای ثبت شده بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشتند و از سویی دارای پراکندگی جغرافیایی مناسب‌تری در سطح استان بودند، برای مطالعه حاضر انتخاب شدند. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را به همراه ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب استان گیلان (اقلیم مرطوب) روی نقشه (منبع: نگارندگان)

روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده شامل رویدادهای بارندگی ثبت شده در فواصل زمانی یک دقیقه‌ای است. داده‌ها از مدیریت منابع آب ایران در بازه زمانی (۱۳۸۷-۱۳۹۵) اخذ شد. در این داده‌ها هم عمق کل بارش و هم عمق‌های جزئی بارش در فواصل زمانی یک دقیقه در هر ایستگاه، موجود است. رگبارهایی که حداقل عمق بارش آن‌ها ۵ میلی‌متر و مدت زمان تداوم آن‌ها حداقل ۶۰ دقیقه بود، انتخاب گردید. همچنین، برای بررسی رگبارها، ابتدا باید معیاری برای تمایز دو رگبار از هم وجود داشته باشد. مثلاً هاف، در سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۹۰، در شرق ایالت ایلینوز آمریکا، ترانووا و یاکوایتا^۱ در سال ۲۰۱۱ در کالابریا (جنوب ایتالیا) و دلساک، بزاک و سراج^۲ در سال ۲۰۱۶ در اسلونی، فاصله زمانی شش ساعته را برای تمایز رگبارها از هم در نظر گرفته‌اند. بدین معنی که اگر بازه زمانی خشکی بین دو رویداد بارشی بیشتر از ۶ ساعت باشد، این دو رویداد بصورت دو رویداد متمایز در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه نیز فاصله زمانی شش ساعته برای تمایز رگبارها از همدیگر در نظر گرفته شد. رگبارها در هر ایستگاه، بر اساس مدت دوام بارندگی به سه کلاس زمانی متمایز ۶-۰، ۱۲-۶ و بیش از ۱۲ ساعت تفکیک شدند. جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب و طول دوره آماری رگبارهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. همچنین، در جدول ۲ تعداد رگبارهای ثبت شده در هر یک از کلاس‌های بارشی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه ذکر شده است. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که بیشترین رگبارهای ثبت شده در هر سه ایستگاه مربوط به کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت می‌باشد.

¹ Terranova and Iaquina

² Dolsak, Bezak and Sraj

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب و طول دوره آماری رگبارهای مورد مطالعه در هر یک از ایستگاه‌ها

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
قلعه رودخان	۳۷° ۰۵'	۴۹° ۱۵'	۱۸۶	۱۳۹۵-۱۳۸۷
خرجگیل	۳۷° ۴۱'	۴۸° ۵۳'	۱۴۵	۱۳۹۳-۱۳۸۷
هشتر	۳۷° ۵۰'	۴۸° ۵۰'	۹۹	۱۳۹۳-۱۳۸۷

جدول ۲. تعداد رگبارهای ثبت شده در هر یک از کلاس‌های بارشی در ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	کلاس‌های بارشی (ساعت)			مجموع
	۶-۰	۱۲-۶	>۱۲	
قلعه رودخان	۶۳	۶۴	۴۳	۱۷۰
خرجگیل	۲۲	۳۵	۲۵	۸۰
هشتر	۳۷	۴۵	۳۰	۱۱۲

منحنی‌های هاف

روش رسم منحنی‌های هاف برای اولین بار توسط دانشمندی بنام هاف در سال ۱۹۶۷ در شرق ایالت ایلینویس آمریکا به منظور بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارها ارائه گردید. با توجه به نتایج جالبی که از رسم این منحنی‌ها حاصل شد، محققین مختلفی در سراسر جهان از این روش برای تعیین الگوی توزیع زمانی رگبارها در اقلیم‌های مختلف بهره جسته‌اند. همچنین، در برخی از مطالعات، نتایج بدست آمده از روش رسم منحنی‌های هاف با روش‌هایی نظیر پیلگریم مقایسه گردیده و نقاط قوت و ضعف این روش مورد بررسی قرار گرفته است. در مواردی نیز منحنی‌های هاف رسم شده برای یک منطقه خاص با منحنی‌های نظیر رسم شده برای یک منطقه دیگر مورد مقایسه قرار گرفته و میزان شباهت یا عدم شباهت منحنی‌ها مورد بحث واقع شده است. در این مطالعه نیز، به منظور بررسی الگوی توزیع زمانی رگبارهای استان گیلان با اقلیم مرطوب، منحنی‌های هاف رسم شدند. برای رسم منحنی‌های هاف در یک ایستگاه معین، کلیه رگبارهای ثبت شده در آن ایستگاه در طول دوره آماری مذکور در نظر گرفته شدند. سپس، رگبارها بر اساس مدت دوام بارش به سه کلاس زمانی ۶-، ۱۲-۶ و بیش از ۱۲ ساعت تفکیک شدند. آنگاه، نمودار بارش تراکمی هر رگبار برای ایستگاه‌های منتخب در کلاس‌های بارشی ذکر شده ترسیم گردید. در ادامه، هر رگبار هم از نظر عمق و هم از نظر مدت زمان تداوم بی بعد گردید. برای بی بعد کردن عمق رگبار، میزان بارش رسیده از ابتدای رگبار تا زمان t به کل عمق تجمعی آب باران رسیده به زمین در آن رویداد تقسیم شده و حاصل به عدد ۱۰۰ ضرب شد. مشابه این کار برای زمان رگبار نیز انجام شد. به عبارت بهتر، مدت زمان بارش تا لحظه t به کل مدت دوام آن رگبار تقسیم و عدد حاصل به ۱۰۰ ضرب شد. آنگاه زمان ریزش‌های جوی بی بعد به ازای مدت زمان‌های بی بعد ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ برای رگبارها میانبایی گردید و سپس مقادیر بارش بی بعد ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ برای رگبارها میانبایی گردید. با لحاظ کردن کلاس بارشی (مانند ۶-، ساعت)، مقادیر بارش بی بعد ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ برای همه رگبارهای آن کلاس با میانگین گرفتن از مقادیر بی بعد عمق بارش برای هر کدام از زمان‌های بی بعد ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ بدست آمد. آنگاه منحنی‌های بی بعد برای عمق تجمعی رگبارها تابعی از زمان تجمعی تداوم بارش در ایستگاه‌های باران‌سج ثبات منتخب در کلاس‌های بارشی مختلف ترسیم گردید. در ادامه منحنی‌های هاف برای هر کلاس بارشی در ایستگاه‌های منتخب

رسم گردید. رسم این منحنی‌ها برای یک ایستگاه خاص در یک دیاگرام تولید نه منحنی هاف (۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪) می‌کند. آن منحنی که از همه پایین‌تر قرار می‌گیرد، منحنی هاف ۱۰٪ و آن منحنی که از همه بالاتر قرار می‌گیرد، منحنی هاف ۹۰٪ و منحنی میانی متعلق به منحنی هاف ۵۰٪ می‌باشد.

روش چارک‌ها

روش چارک‌ها اولین بار توسط هاف (۱۹۶۷) ارائه گردید و رگبارها بسته به اینکه بیشترین میزان بارش را در کدامیک از چارک‌های زمانی دریافت کرده‌اند، در یکی از چهار چارک اول تا چهارم جای گرفتند. پس از هاف، محققین مختلفی با استفاده از روش، رگبارها را از نظر چارکی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه، پس از رسم منحنی‌های هاف، با توجه به منحنی هاف ۵۰ درصد، مقادیر درصد عمق بارش رسیده در هر یک از چارک‌های اول تا چهارم (۲۵-۰، ۵۰-۲۵، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ درصد) محاسبه شد. آنگاه، با مقایسه مقدار درصد بارش رسیده در چارک‌های مختلف، آن چارکی که بیشترین درصد بارش را دریافت کرده بود، به عنوان الگوی بارشی ایستگاه مورد مطالعه در کلاس بارشی معین منظور گردید.

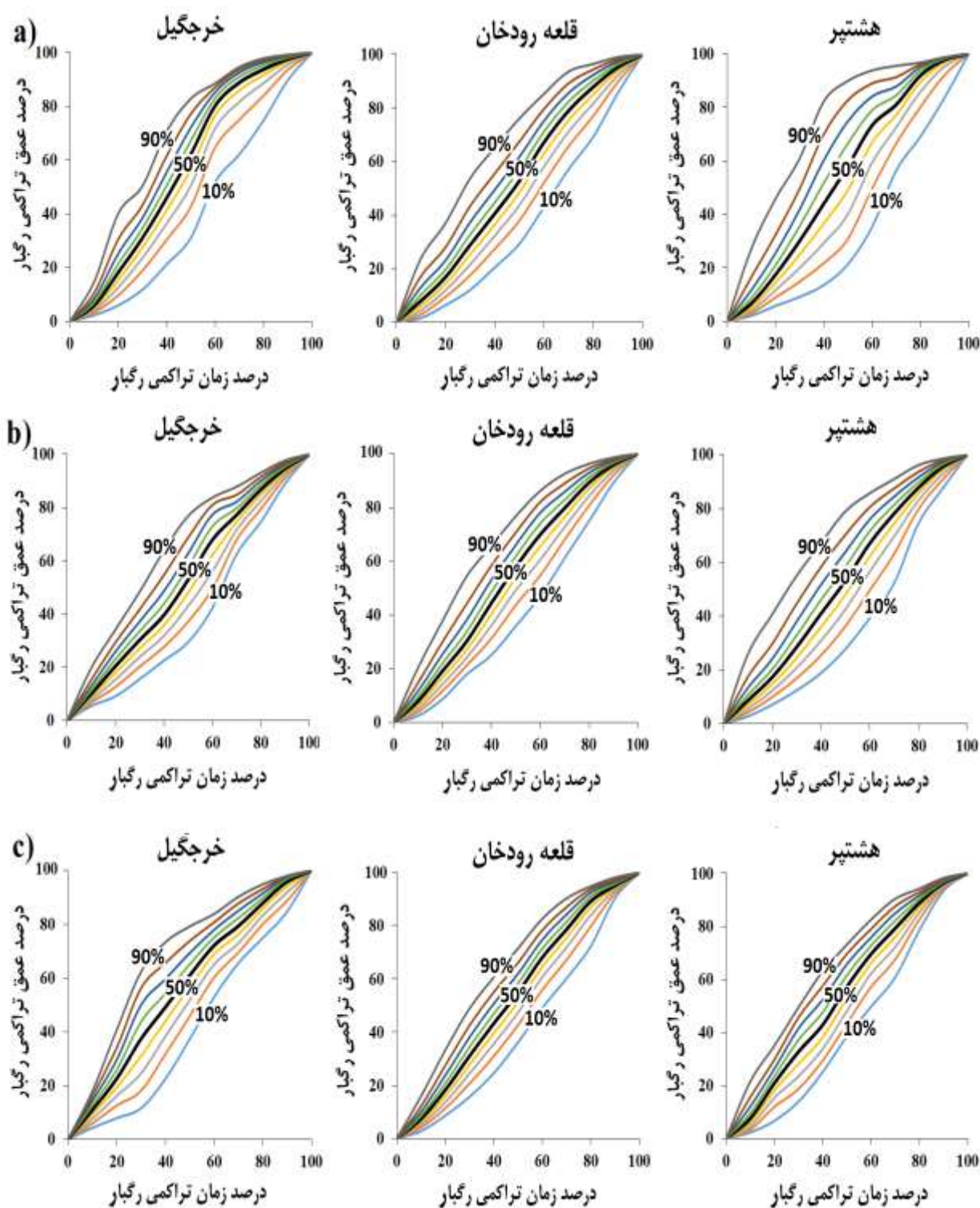
تخمین مقادیر بارشی بی بعد d_{10} ، d_{50} و d_{90} با روش جدید

اساس این روش بر پایه ایده‌ای است که در سال ۲۰۲۰، گرجی و همکاران برای بررسی اثر تغییرپذیری بارش در نواحی مرکزی شرق اوهایو در ایالات متحده آمریکا استفاده کرده‌اند. آنها با استفاده از عمق بارش بی‌بعد و منحنی هاف ۵۰ درصد، مقادیر عمق بارش (d_{50}) را برای چهار فصل مختلف سال و ده ایستگاه، در سه بازه زمانی بی‌بعد (۲۴، ۵۰ و ۷۴ درصد) در نظر گرفته و از همه آن‌ها میانگین گرفتند. همچنین، میانگین مقادیر مذکور برای هر فصل نیز محاسبه شد و اختلاف این میانگین‌ها در فصول مختلف از نظر آماری مورد آزمون قرار گرفت. در مطالعه حاضر از ایده اخیر استفاده شد طوریکه، پس از رسم منحنی‌های هاف، سه منحنی ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد در نظر گرفته شده و میزان بارش بی‌بعد در سه مقطع زمانی بی‌بعد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد برای هر سه منحنی تخمین زده شد. در ادامه، اختلاف ارقام تخمین زده شده در هر سه مقطع زمانی ما بین دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد محاسبه و با ۷ نمایش داده شد. هر چه مقدار ۷ بزرگتر باشد، نشان‌دهنده بیشتر بودن فاصله قائم منحنی هاف ۹۰ درصد با منحنی نظیر ۱۰ درصد است که مفهوم آن این است که میزان تغییرپذیری رگبارها در آن ایستگاه و کلاس بارشی معین در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش بیشتر است. برعکس، هرچه مقدار ۷ کمتر باشد مفهوم آن این است که میزان تغییرپذیری بارش از یک رگبار به رگبار دیگر ناچیز است. علاوه بر مقدار ۷ در روش مذکور، میزان بارش بی‌بعد از روی منحنی هاف ۵۰ درصد (d_{50}) نیز برای یکایک ایستگاه‌ها در هر یک از کلاس‌های بارشی محاسبه و با همدیگر مقایسه گردید. در همین راستا در مطالعه حاضر، برای هر ایستگاه در هر کلاس بارشی مقادیر ۷ و d_{50} بدست آمد. با توجه به اینکه در این مطالعه سه ایستگاه و در هر ایستگاه سه کلاس بارشی موجود بود، در نتیجه در کل تعداد ۲۷ (۷) و ۲۷ (d_{50}) حاصل شد.

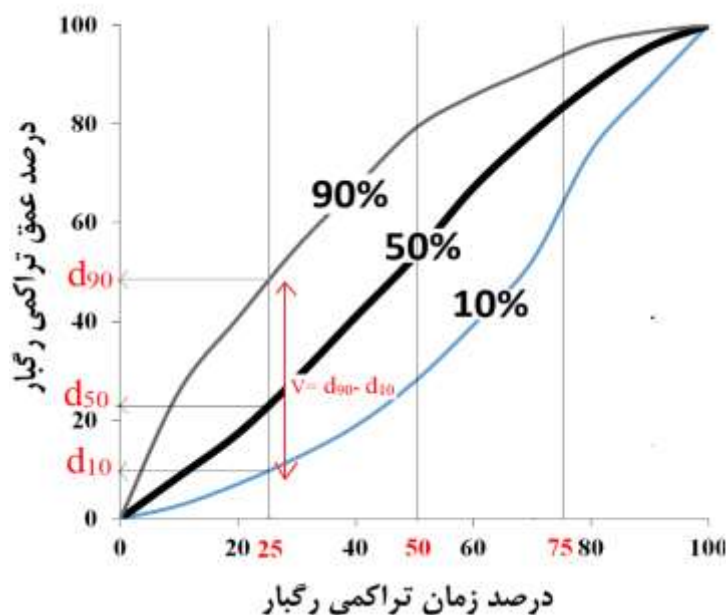
نتایج

نتایج مربوط به رسم منحنی‌های هاف

شکل ۲ منحنی‌های هاف رسم شده در کلاس‌های بارشی مختلف را برای ایستگاه‌های منتخب در استان گیلان برای سه کلاس بارشی (۶-، ۱۲-، ۶+ و بیش از ۱۲ ساعت) نشان می‌دهد. همانطور که از شکل پیداست، نه منحنی که به ترتیب از پایین به بالا متعلق به منحنی‌های هاف ۱۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد، برای هر ایستگاه و هر کلاس بارشی ارائه شده است. از این نه منحنی، تنها سه منحنی ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد (به ترتیب منحنی پایینی، وسطی و بالایی) مطابق شکل ۳ (برای یک ایستگاه نمونه بنام هشتپر) در نظر گرفته شدند. سپس سه مقطع زمانی بی‌بعد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد (خطوط قائم موجود در متن شکل ۳) در نظر گرفته شده و عمق‌های بی‌بعد بارشی شامل d_{10} (با توجه به منحنی هاف ۱۰ درصد)، d_{50} (با توجه به منحنی هاف ۵۰ درصد)، و d_{90} (با توجه به منحنی هاف ۹۰ درصد) برای هر یک از سه بازه زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از روی شکل تخمین زده شدند. در ادامه، نتایج مربوطه ارائه شده است. همچنین، با توجه به شکل ۲ ملاحظه می‌شود که هر چه تعداد رگبارها بیشتر باشد، منحنی‌های هاف رسم شده هموارتر خواهند بود.



شکل ۲. منحنی‌های هاف در ایستگاه‌های باران‌سنج ثابت منتخب در استان گیلان در کلاس‌های بارشی مختلف: (a) صفر تا شش ساعت، (b) شش تا ۱۲ ساعت و (c) بیش از ۱۲ ساعت



شکل ۳. منحنی‌های هاف ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد برای ایستگاه نمونه هشتم (سه خط قائم بی‌بعد برای نشان دادن مقادیر d_{90} ، d_{50} و V رسم شده است)

نتایج مربوط به چارک‌ها

پس از رسم منحنی‌های هاف، با توجه به منحنی میانی (هاف ۵۰٪)، مقادیر درصد بارش رسیده در هر یک از چارک‌ها در کلاس‌های بارشی ذکر شده برای ایستگاه‌های منتخب بدست آمد. جدول ۳ مقادیر مذکور را به تفکیک کلاس‌های بارشی مختلف نشان می‌دهد. مجموع درصدهای بارشی چارک‌ها برای هر یک از کلاس‌های بارشی (مانند ۶-۰ ساعت) برابر صد است. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت در ایستگاه قلعه رودخان، مقادیر بارش بی‌بعد در چارک‌های اول تا چهارم به ترتیب، ۲۲/۷۵، ۲۹/۸۹، ۳۰/۷۴ و ۱۶/۶۳ درصد می‌باشد که جمع این مقادیر برابر با ۱۰۰ است. بطوریکه ملاحظه می‌شود، از بین این سه رقم مقدار چارک سوم (۳۰/۷۴) از همه بیشتر است این رقم در جدول ۳ به صورت پررنگ مشخص شده است. بنابراین، برای این ایستگاه در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت، تیپ بارشی از نوع چارک سوم می‌باشد. پس از آن چارک دوم با ۲۹/۸۹ درصد و چارک اول با ۲۲/۷۵ درصد به ترتیب، در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. بطور مشابه، در این ایستگاه و در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، بیشترین مقدار درصد ریزش نزولات جوی در چارک دوم (معادل با ۳۳/۱۱ درصد) می‌باشد. بنابراین، در این ایستگاه و کلاس بارشی مذکور تیپ بارشی از نوع چارک دوم تشخیص داده می‌شود. پس از آن چارک سوم با ۲۶/۶۲ درصد و چارک اول با ۲۴/۶۷ درصد به ترتیب، در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. در ایستگاه مذکور و کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، بیشترین میزان بارش در چارک دوم دریافت شده (۳۰/۲ درصد) و پس از آن چارک‌های سوم و اول به ترتیب، بیشترین میزان بارش را به خود اختصاص داده‌اند. در ایستگاه خرگیل، در کلاس‌های بارشی ۶-۰، ۱۲-۶ و بیش از ۱۲ ساعت، بیشترین مقدار بارش به ترتیب، در چارک‌های دوم با ۳۷/۵۵ درصد، سوم با ۲۹/۱ درصد و دوم با ۳۱/۰۴ درصد روی داده است. در ایستگاه هشتم، در هر سه کلاس بارشی، بیشترین درصد بارش در چارک دوم دریافت شده است. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که رگبارهای استان گیلان اغلب از نوع چارک دومی می‌باشند.

جدول ۳. مقادیر درصد بارش رسیده به ایستگاه‌های منتخب استان گیلان در هر یک از چارک‌های زمانی برای کلاس‌های بارشی ۶-، ۰-، ۱۲-۶ و بیش از ۱۲ ساعت

کلاس بارشی (ساعت)			نوع چارک	نام ایستگاه
>۱۲	۱۲-۶	۶-۰		
۲۴/۶۶	۲۴/۶۷	۲۲/۷۵	اول	قلعه رودخان
۳۰/۲	۳۳/۱۱	۲۹/۸۹	دوم	
۲۹/۰۵	۲۶/۶۲	۳۰/۷۴	سوم	
۱۶/۰۹	۱۵/۶۱	۱۶/۶۳	چهارم	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع	
۲۹/۹۸	۲۵/۳۳	۲۴/۷۳	اول	خرجگیل
۳۱/۰۴	۲۷/۵۵	۳۷/۵۵	دوم	
۲۲/۶۳	۲۹/۱	۲۹/۰۱	سوم	
۱۶/۳۶	۱۸/۰۲	۸/۷۱	چهارم	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع	
۲۶/۸۴	۲۲/۸۸	۲۳/۷۲	اول	هشتپر
۳۰/۴	۳۰/۲۴	۳۴/۲۸	دوم	
۲۶/۷۵	۲۹/۸۳	۲۸/۴۶	سوم	
۱۶/۰۱	۱۷/۰۷	۱۳/۵۶	چهارم	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع	

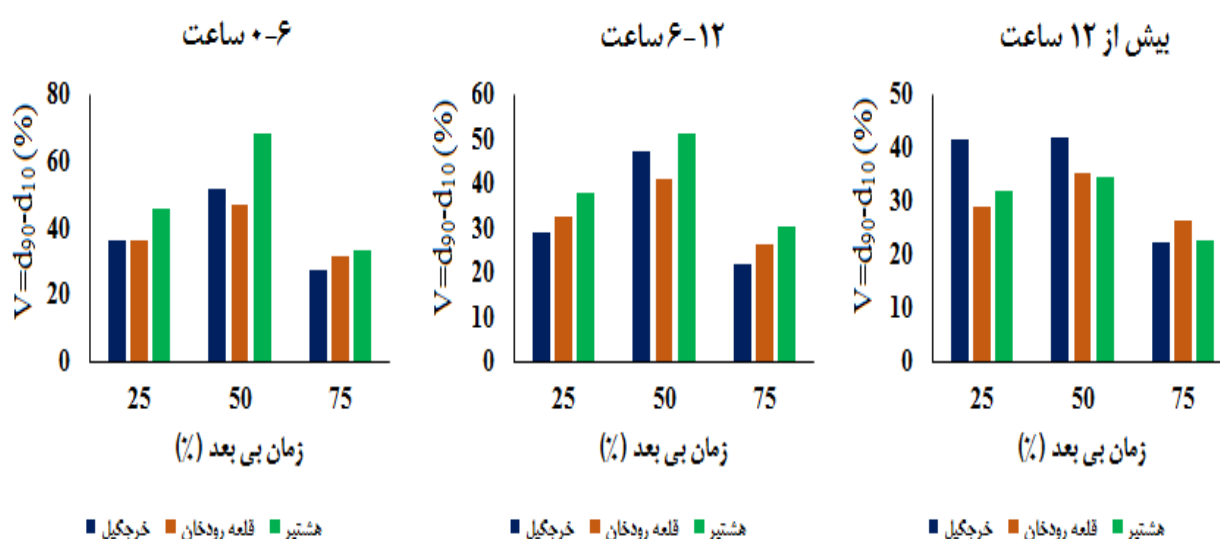
نتایج مربوط به تخمین مقادیر d_{90} ، d_{50} ، d_{10} و V

در جدول ۴ مقادیر d_{90} ، d_{50} ، d_{10} و V با توجه به منحنی‌های هاف ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمانی بارش در هر یک از کلاس‌های بارشی برای هر کدام از ایستگاه‌ها نشان داده شده است. در ادامه، در شکل ۴ مقادیر V برای ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک سه کلاس بارشی نشان داده شده است.

جدول ۴. مقادیر d_{10} ، d_{50} ، d_{90} و V در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمانی بارش برای سه کلاس بارشی در ایستگاه‌های منتخب

نام ایستگاه	پارامتر	درصد زمانی		
		۲۵٪	۵۰٪	۷۵٪
خرجگیل	کلاس بارشی ۶-۰ ساعت			
	d10	۸/۹۳	۳۱/۱۶	۶۸/۴۹
	d50	۲۴/۷۳	۶۲/۲۸	۹۱/۲۹
	d90	۴۵/۳۴	۸۲/۸۸	۹۶/۲۲
	v	۳۶/۴۱	۵۱/۷۲	۲۷/۷۳
	d10	۹/۱۲	۲۹/۲۴	۶۳/۱۴
	d50	۲۲/۷۵	۵۲/۶۳	۸۳/۳۷
قلعه رودخان	d90	۴۵/۲۳	۷۶/۰۲	۹۵
	v	۳۶/۱۱	۴۶/۷۸	۳۱/۸۶
	d10	۷/۴۶	۲۱/۳۸	۶۲/۷۷
هشتپر	d50	۲۳/۷۲	۵۷/۹۹	۸۶/۴۵
	d90	۵۳/۲۸	۸۹/۸۶	۹۶/۱۱
	v	۴۵/۸۲	۶۸/۴۸	۳۳/۳۴
	کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت			
خرجگیل	d10	۱۲/۳۵	۲۹/۴۶	۶۸/۵۶
	d50	۲۵/۳۳	۵۲/۸۸	۸۱/۹۸
	d90	۴۱/۲۵	۷۶/۷۷	۹۰/۴۱
	v	۲۸/۹	۴۷/۳۱	۲۱/۸۵
قلعه رودخان				
	d10	۱۳/۲۷	۳۵/۷۷	۶۷/۹۵
	d50	۲۴/۶۷	۵۷/۷۸	۸۴/۴
	d90	۴۶/۰۵	۷۶/۶۵	۹۴/۲۹
	v	۳۲/۷۸	۴۰/۸۸	۲۶/۳۴
	d10	۹/۷۴	۲۷/۷۴	۶۳/۳۷
	d50	۲۲/۸۸	۵۳/۱۱	۸۲/۹۴
هشتپر	d90	۴۷/۸۴	۷۸/۹۴	۹۳/۵۷
	v	۳۸/۱	۵۱/۲	۳۰/۲
	کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت			
	خرجگیل	d10	۹/۷۶	۳۷/۳۴
d50		۲۹/۹۸	۶۱/۰۶	۸۳/۶۴
d90		۵۱/۵۱	۷۹/۲۱	۹۲/۵۶
v		۴۱/۷۵	۴۱/۸۷	۲۲/۲۹
قلعه رودخان				
	d10	۱۲/۲۱	۳۶/۲	۶۶/۲۷
	d50	۲۴/۶۶	۵۴/۸۶	۸۳/۹۱

۹۲/۵۱	۷۱/۴۹	۴۱/۰۳	d ₉₀	هشتر
۲۶/۲۴	۳۵/۲۹	۲۸/۸۲	v	
۶۹/۶۶	۳۸/۴۸	۱۰/۳۹	d ₁₀	
۸۳/۹۹	۵۷/۲۴	۲۶/۸۴	d ₅₀	
۹۲/۲۳	۷۳/۰۹	۴۲/۲۸	d ₉₀	
۲۲/۵۷	۳۴/۶۱	۳۱/۸۹	v	



شکل ۴- مقادیر V در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک سه کلاس بارشی (۰-۶، ۶-۱۲ و بیش از ۱۲ ساعت)

با توجه به جدول ۴ و شکل ۴ ملاحظه می‌شود که در کلاس بارشی ۰-۶ ساعت و در ۲۵ درصد زمان بارش، بیشترین مقدار V متعلق به ایستگاه هشتر با ۴۵/۸۲ درصد می‌باشد. این رقم در جدول به صورت پرنرنگ نشان داده شده است و ایستگاه‌های خرگیل و قلعه‌رودخان به ترتیب با ۳۶/۴۱ و ۳۶/۱۱ درصد در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در کلاس بارشی ۰-۶ ساعت و در ۲۵ درصد زمان بارش، بیشترین تغییرپذیری بارش‌ها متعلق به ایستگاه هشتر و کمترین آن متعلق به ایستگاه قلعه‌رودخان می‌باشد و مفهوم آن این است که چون مقدار V در ایستگاه قلعه‌رودخان نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر است بنابراین، در ایستگاه قلعه‌رودخان، الگوی رویدادهای بارشی در ۲۵ درصد زمان بارش برای کلاس مذکور شبیه هم می‌باشند. زیرا با کوچکتر شدن مقدار V فاصله قائم بین دو منحنی هاف ۱۰ و ۹۰ درصد کمتر می‌شود و هر چه این فاصله کوچکتر باشد رویدادهای بارشی شبیه به هم انگاشته می‌شوند. در همین کلاس بارشی و در ۵۰ درصد زمان بارش مشاهده می‌شود که همانند ۲۵ درصد زمان بارش، بیشترین مقدار V باز هم متعلق به ایستگاه هشتر می‌باشد و پس از آن ایستگاه‌های خرگیل و قلعه‌رودخان در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. در کلاس بارشی مذکور (۰-۶ ساعت) و در ۷۵ درصد زمان بارش بیشترین مقدار V (۳۳/۳۴ درصد) مربوط به ایستگاه هشتر و کمترین مقدار V (۲۷/۷۳ درصد) متعلق به ایستگاه خرگیل می‌باشد.

در کلاس بارشی ۶-۱۲ ساعت، نتایج نشان داد که از بین سه ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه هشتر بیشترین مقدار V را در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش به ترتیب، با ۳۸/۱، ۵۱/۲ و ۳۰/۲ درصد به خود اختصاص داده است. این بدین معنی می‌باشد که میزان

شباهت الگوی رویدادهای بارشی در این ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر است. در همین کلاس بارشی کمترین مقدار ۷ در ۲۵ درصد زمان بارش متعلق به ایستگاه خرگیل معادل با ۲۸/۹ درصد و در ۵۰ درصد زمان بارش مربوط به ایستگاه قلعه رودخان معادل با ۴۰/۸۸ درصد و در ۷۵ درصد زمان بارش مربوط به ایستگاه خرگیل با ۲۱/۸۵ درصد بود. مفهوم آن این است که الگوی ریزش‌های جوی در این ایستگاه‌ها کم و بیش مشابه یکدیگر است.

در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، نتایج نشان داد که ایستگاه خرگیل در ۲۵ و ۵۰ درصد زمان بارش بیشترین مقدار ۷ را به ترتیب با ۴۱/۷۵ درصد و ۴۱/۸۷ درصد به خود اختصاص داده است و در ۷۵ درصد زمان بارش ایستگاه قلعه رودخان بیشترین مقدار ۷ معادل با ۲۶/۲۴ درصد را دارا می‌باشد. در همین کلاس بارشی نتایج حاکی از آن بود که کمترین مقدار ۷ در ۲۵ درصد زمان بارش متعلق به ایستگاه قلعه رودخان معادل با ۲۸/۸۲ درصد و در ۵۰ درصد زمان بارش متعلق به ایستگاه هشتپر با ۳۴/۶۱ درصد و در ۷۵ درصد بارش متعلق به ایستگاه خرگیل با ۲۲/۲۹ درصد می‌باشد.

همچنین، با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌شود که در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت، ایستگاه خرگیل، نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشترین مقدار d_{50} را در هر سه مقطع زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد بترتیب برابر با ۲۴/۷۳، ۶۲/۲۸ و ۹۱/۲۹ درصد دارا بوده است که این ارقام در جدول مذکور با کشیدن یک خط زیر هر کدام مشخص شده‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه خرگیل منحنی هاف ۵۰ درصد در چارک اول (۲۵ درصد زمان)، زیر خط نیمساز (۱:۱) قرار دارد، ولی در سایر چارک‌ها، در بالاتر از خط ۱:۱ واقع است. یادآوری می‌شود که خط نیمساز در هر یک از موقعیت‌های زمانی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، دارای عمق‌های بارش بی‌بعد به- ترتیب، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد می‌باشد.

در کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت، با توجه به مقدار d_{50} در ۲۵ درصد زمان بارش، ایستگاه خرگیل با ۲۵/۳۳ درصد بیشترین ارتفاع بارش را نسبت به سایر ایستگاه‌ها به خود اختصاص داده است که از خط نیمساز نیز بیشتر است. در همین کلاس بارشی برای ۵۰ و ۷۵ درصد زمان بارش، ایستگاه قلعه رودخان به ترتیب با ۵۷/۷۸ و ۸۴/۴ درصد بیشترین مقدار d_{50} را دارا می‌باشد.

در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، بیشترین مقدار d_{50} در ۲۵ و ۵۰ درصد زمان بارش با ۲۹/۹۸ و ۶۱/۰۶ درصد متعلق به ایستگاه خرگیل می‌باشد ولی در ۷۵ درصد زمان بارش این رقم معادل ۸۳/۹۹ درصد برای ایستگاه هشتپر است. این نشان می‌دهد که منحنی هاف در این ایستگاه‌ها و بازه‌های زمانی مذکور در ارتفاع بالاتری نسبت به خط ۱:۱ قرار دارد.

در مطالعه حاضر نتایج بدست آمده با استفاده از روش چارکی با یافته‌های دیگران مقایسه می‌شود. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که تیپ بارشی دو ایستگاه از سه ایستگاه مورد مطالعه، در کلاس بارشی ۶-۰ ساعت از نوع چارک دومی بوده است. این نتیجه با یافته‌های علوی، دین‌پژوه و اسدی (۱۳۹۸) که رگبارهای استان خوزستان را مطالعه و رگبارهای کوتاه مدت را چارک دومی گزارش نموده‌اند تا حدودی همخوانی دارد. بنا به گزارش ایشان، مرکز ثقل هیئتوگراف رگبار با افزایش تداوم آن از چارک دوم به چارک سوم تغییر یافته است. همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر برای استان گیلان تا حدودی با نتایج اوی و همکاران (۲۰۱۶) که مطالعه مشابهی را برای مکه مکرمه انجام داده‌اند، همخوانی دارد. بنابر نظر ایشان، بخش قابل توجهی از بارش‌های مکه در چارک‌های اول و دوم روی می‌دهد. همچنین، نتایج این مطالعه برای بارش‌های با مدت دوام بیشتر با یافته‌های حاتمی‌یزد و همکاران (۱۳۸۴) که رگبارهای استان خراسان (با اقلیم خشک و نیمه‌خشک) را مطالعه نموده، همخوانی دارد. زیرا در مطالعه آن‌ها نیز بیشترین عمق بارش در بارش‌های بلند مدت متعلق به چارک دوم بوده است. همچنین، نتایج بدست آمده برای ایستگاه‌های خرگیل و هشتپر برای رگبارهای کوتاه مدت با نتایج مطالعه ملائی و تلوری (۱۳۸۸) که الگوهای توزیع زمانی بارش را برای ایستگاه‌های استان کهگیلویه و بویر احمد مطالعه و نوع رگبارهای کوتاه مدت را چارک دومی گزارش کرده‌اند، همخوانی دارد.

در مطالعه گرجی و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین مقدار میانگین آماره ۷ برای ده ایستگاه مورد مطالعه در آمریکا که در بازه‌های زمانی نه ساله به انجام رسیده است، معادل با ۰/۵۸۱ در فصل تابستان بوده است که با مطالعه حاضر که بیشترین مقدار ۷ برای ایستگاه‌های مورد مطالعه، برابر با ۰/۶۸۵ می‌باشد تفاوت دارد. این نشان می‌دهد که رگبارهای مورد مطالعه در استان گیلان از نظر

تغییرپذیری نسبت به رگبارهای آمریکا تا حدودی متفاوت می‌باشد. یادآوری می‌شود که ۷ فاصله قائم بین دو منحنی ۱۰ و ۹۰ درصد می‌باشد درحالی‌که در مطالعه گرجی و همکاران (۲۰۲۰) ۷ فاصله قائم دو منحنی ۲۰ و ۸۰ درصد در نظر گرفته شده است.

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، به منظور بررسی الگوی توزیع زمانی بارش از روش‌هایی نظیر رسم منحنی‌های هاف، روش چارکی و محاسبه مقادیر d_{10} ، d_{50} و d_{90} استفاده شد. نتایج نشان داد که اغلب رگبارها در کلاس‌های بارشی مختلف از نوع چارک دومی بودند. بدین معنی که میزان بارش در چارک دوم نسبت به سایر چارک‌ها بیشتر بود. این نتایج برای پیش‌بینی و هشدار سیلاب و مدیریت بحران می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، نتایج نشان داد که در ایستگاه‌های مورد مطالعه و در کلاس‌های بارشی معین، هر چقدر مقدار V (فاصله دو منحنی هاف ۹۰ و ۱۰ درصد) کمتر باشد، الگوی بارشی رگبارها مشابه هم و برعکس هر چه این فاصله بیشتر باشد، الگوی بارشی رگبارها با یکدیگر تفاوت دارند. لازم به ذکر است که هر چند اقلیم منطقه مورد مطالعه مرطوب است، اما تعداد ایستگاه‌هایی که دارای رگبار کافی برای بررسی الگوهای زمانی بارش بودند محدود بود. بنابراین، سه ایستگاه که دارای رگبارهای ثبت شده کافی برای تحلیل بودند، انتخاب شدند. از جمله مزایای این مطالعه می‌توان به این مطلب اشاره کرد که تاکنون در ایستگاه‌های مورد مطالعه، رگبارها با استفاده از منحنی‌های هاف که از جمله روش‌های موثر در بررسی الگوهای زمانی بارش‌ها می‌باشند، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای مشابه برای سایر استان‌ها و اقلیم‌های مختلف صورت گیرد و سعی شود از تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی بیشتری برای مطالعه رگبارها استفاده شود و ایستگاه‌ها از نظر توزیع عمق بارش در طول مدت دوام آن پهنه‌بندی شوند.

منابع

- احمدزاده، ابراهیم؛ ولیزاده کامران، خلیل؛ مختاری، داود و رسولی، علی اکبر (۱۴۰۱). بررسی تغییرات بارش‌های حدی در استان تهران با استفاده از مدل مقادیر اوج‌های بالاتر از آستانه. *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۶(۷۹)، ۱۲-۱.
- بنی اسدی، محسن (۱۳۹۰). تعیین الگوی زمانی بارش در استان کرمان. *فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب*، ۲(۵)، ۷۴-۶۱.
- حاتمی‌یزد، ابودز؛ تقوایی ابریشمی، علی اصغر و قهرمان، بیژن (۱۳۸۴). الگوی توزیع زمانی بارش استان خراسان بزرگ. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱(۳)، ۵۴-۶۴.
- خورشید دوست، علی محمد؛ رضایی بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم و زارعی، یوسف (۱۴۰۲). ارزیابی اثرات تغییرات جهانی اقلیم بر عناصر اقلیمی دما و بارش در نواحی مختلف آب و هوایی ایران با استفاده از سناریوهای RCP. *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۷(۸۳)، ۷۱-۶۳.
- دین‌پژوه، یعقوب و وکیلی‌آذر، سائنا (۱۳۹۸). تحلیل زمانی رگبارهای شرق دریاچه ارومیه با روش منحنی‌های هاف. *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۸(۳)، ۲۷-۴۴.
- راشدی، شهناز؛ جهان‌بخش‌اصل، سعید؛ خورشید دوست، علی محمد و محمدی، غلام‌حسن (۱۴۰۲). معرفی و مطالعه ابرهای خزری (مطالعه موردی روزهای ۲۰ تا ۳۱ ماه جولای سال ۲۰۱۳). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۷(۸۴)، ۷۹-۷۱.
- عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکارانی، فاطمه (۱۴۰۰). بررسی وردایی دهه‌ای بارش سالانه ایران‌زمین طی چهار دهه اخیر (۱۳۹۴-۱۳۵۵). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۶)، ۲۰۲-۱۸۷.
- علوی، عصمت السادات؛ دین‌پژوه، یعقوب و اسدی، اسماعیل (۱۳۹۸). تحلیل رگبارهای ساعتی به منظور استخراج هیتوگراف طرح به روش هاف مطالعه موردی: استان خوزستان. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۰(۳)، ۴۱-۵۸.
- مرادنژادی، مریم؛ ملکیان، آرش؛ جورغلامی، مقداد و قاسمی، علی (۱۳۹۵). بررسی الگوی توزیع زمانی بارش روزانه و روابط آن با بارش‌های کوتاه‌مدت در مناطق ساحلی-جنگلی، (مطالعه موردی: ایستگاه نوشهر در شمال ایران). *مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۹(۲)، ۴۷۵-۴۸۵.
- ملائی، علی و تلوری، عبدالرسول (۱۳۸۸). بررسی و تعیین الگوی توزیع زمانی بارش در استان کهگیلویه و بویر احمد با استفاده از روش محاسباتی پیلگریم. *مجله مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱(۲)، ۷۰-۷۷.
- نوری، حمید و ایلدرمی، علیرضا (۱۳۹۱). تحلیل شرایط همدید و دینامیک رویدادهای بارشی سنگین سواحل جنوبی خزر در مقایسه با ایران زمین. *نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۶(۴۱)، ۲۲۶-۱۹۷.
- وکیلی‌آذر، سائنا و دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۹۷). بسط منحنی‌های هاف برای پنج ایستگاه منتخب در شرق دریاچه ارومیه. *نشریه آب و خاک*، ۳۲(۶)، ۱۱۰۹-۱۱۲۳.

- Azli, M. & Rao, R. (2010). Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, 388, 77-84.
- Dolsak, D., Bezak, N., & Sraj, M. (2016). Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology*, 541, 1395-1405.
- Dunkerley, D. (2022). Huff quartile classification of rainfall intensity profiles ('storm patterns'): A modified approach employing an intensity threshold. *Catena*, 216, 106371-106384.
- Ewea, A., Elfeki, A., Bahrawi, J., & AL-Amri, N. (2016). Sensitivity analysis of runoff hydrographs due to temporal rainfall patterns in Makkah Al-Mukkrumah region, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 424-435.
- Gordji, L., Bonta, J. V., & Altinakar, M. S. (2020). Climate-related trends of within-storm intensities using dimensionless temporal storm distributions. *Journal of Hydrologic Engineering*, 25(5), 1-31.
- Hirschfield, D. M. (1962). Extreme rainfall relationships. ASCE, *Journal of Hydraulics Division*, 88(6), 73-92.
- Huff, F. (1967). Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, 3(4), 1007-1019.

- Huff, F. (1990). Time distributions of heavy rainstorms in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign, Circular 173.
- Nguyen, D., & Chen, S. T. (2022). Generating continuous rainfall time series with high temporal resolution by using a stochastic rainfall generator with a copula and modified Huff rainfall curves. *Water*, 14, 2123-42.
- Terranova, O. G., & Iaquina, P. (2011). Temporal properties of rainfall events in Calabria (Southern Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci* 11, 751–757.