

EXTENDED ABSTRACT

Regionalization of the Eastern Part of Urmia Lake Basin Based on the Rainfed Yield and Precipitation Using the Ward, K-Means and PCA Methods

P. Mohammadi^{1*}, A. Fakherifard², Y. Dinpazhoh³ and E. Asadi⁴

1* - Corresponding Author, MSc, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, (mohammadi.parva@yahoo.com).

2- Professor, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University.

3- Associate Professor, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University.

4- Assistant Professor, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University.

Received: 3 October 2016

Revised: 26 December 2017

Accepted: 30 December 2017

Keywords: Clustering, Precipitation, Regionalization, Rainfed yield. **DOI:** 10.22055/jise.2017.19506.1396.

Introduction

Rainfall is among the most important climatic factors affecting the rainfed cultivation. Thus, in order to maintain water consumption in current agriculture, with the view of water resources management, the country needs to convert some irrigated land areas to rainfed cultivation in the near future. Indeed, it is necessary to conduct an analytical study on rainfed agriculture and identify appropriate areas for rainfed agriculture in the country, especially in Urmia Lake basin. Principal component analysis (PCA), K-Means and Ward have been already used to assess climate regionalization in different regions such as Spain (Diaz and Rodrigo, 2004), Greece (Kitsara et al, 2005), central-northeastern region of Mexico (Pineda-Martinez et al, 2007), Luanhe basin (Hassan and Ping, 2012) and Iberian Peninsula (Parracho et al, 2015). This study was, thus, intended to study the regionalization of the eastern part of Urmia Lake basin on the basis of the precipitation and yield of rainfed wheat using PCA, K-Means and Ward methods. To that end, the maps were drawn in the GIS environment and three methods of clustering were compared. Finally, using the clustering of precipitation and rainfed yield, wheat cultivability was investigated in the eastern part of Urmia Lake. To that end, the daily rainfall dataset of 26 rain gauge stations were used and the yield of rainfed wheat was considered during the period. Then, PCA, K-Means and Ward clustering were performed and the results were compiled. The homogeneity of the resulting clusters were analyzed by H and S statistical tests and homogeneous clusters were drawn in the GIS environment. The analytical factor coefficients to the main components, through K-Means clustering method, showed that the clusters point of view, precipitation and rainfed yield were more consistent and the results were close to each other.

Methodology

The daily rainfall statistical data of 26 rain stations from the years 1992 to 2014 were gathered from the eastern part of Urmia Lake. For the regionalization of the eastern part of Urmia Lake, based on the precipitation and rainfed yield, wheat was selected as a strategic product and PCA, K-Means and Ward methods were used for its yield analysis. PCA is considered as a multivariate statistical method. Thus, initial variables were transformed into new and independent variables, as new components were linear combinations of the initial variables. The main purpose of PCA was to decrease the number of predictive variables and convert them into new variables, called principal components (PC) (Rencher, 2002).

However, in the Ward method, each object was considered as a separate cluster. Then, in each step, the two objects were merged together. This work was repeated so that a single cluster was formed at the end of the process. This method was adopted as it minimized errors in joining the clusters, as recommended by many scholars using hierarchical methods (Romero et al., 1999; Raziei, 2017). K-Means method was, in turn, the most practical method for data clustering and was first introduced by Macqueen (1967). The number of clusters in this method is constant and predetermined. This method is based on minimizing the squared error or variance within a group that is equivalent to maximizing the variance between clusters. This algorithm was, indeed, intended to obtain parts that minimized the square of the errors with the constant number of clusters. There are several tests used for the homogeneity of the clusters in terms of hydrology, but with regard to the dependence of most tests on the type of statistical distribution, H Hosking (1993) and S statistical tests (Wiltshire, 1986) were utilized in this research. S statistical test is based on the coefficient of variation. However, H statistics test operates based on the standardized observations of linear momentum based on the artificial data moments derived from the best distribution fitted to the observational data.

Results and Discussion

In this research, the regionalization of precipitation and rainfed yield in the eastern part of Urmia Lake basin was investigated using clustering methods such as K-Means, Ward and PCA in the GIS environment in two regions. Based on the factor coefficients with K-Means clustering, the first region included the northeast, northwest, south and center of the region, while the second region included parts of the north, northeast, and west of the study area.

In Ward clustering based on the factor coefficients of precipitation, the first region covered north, northwest, and parts of the northeast, center, and south of the region. However, the second part included the south, center and part of the northeast of the region.

In the regionalization of the rainfed yield based on the factor coefficients with clustering K-Means, the first region included parts of the northeast, northwest, west and southwest of the region. The second region, however, covered the northeastern and central parts of the region. Based on the factor coefficients, Ward clustering included the northeastern, southern, western, and central parts of the study area. In turn, the second region covered the northern, northwestern, and southern parts of the study area.

The regionalization of precipitation and rainfed yield was divided into two regions by Ward and K-Means methods. In the regionalization of precipitation, the first area covered the western, southwestern, and central parts. The second region of the northeast was part of the center and northwest of the study area.

The results of regionalization of the rainfed yield using the Ward method showed that the first region covered the northeastern, southern, western and central parts of the study area. The second region covered parts of the north, northwest, and northeast of the region.

In K-Means method, the precipitation regionalization covered the northeastern, central and northwestern parts. The second region was part of the north, south, and parts of the northeast and west of the region. Regionalization of the rainfed yield by K-Means method included the northeastern, southern, western and central parts of the study area. However, the second region covered parts of the north, northwest, north-east and south of the region.

Conclusions

Results showed that, the analytical factor coefficients to the main components, through K means clustering method, from the percent of area and average showed that clusters point of view, precipitation and rainfed yield were more consistent and the results were close to each other. On the other hand, from the place changing point of view, the yield lines were drawn along with the lines having the same precipitation. Increasing the crop yields and rainfall in the northwest and center of the study area showed results which were consistent with the physical nature of the rainfed yield process. However, some areas were found to be heterogeneous in other parts of the region. In effect, the heterogeneous and homogeneous areas respectively covered 24.47 percent and 75.53 percent of the study area. Given the

importance of the rainfed cultivation, the introduction of such prone areas for optimal water use can play a significant role in preserving water resources.

Acknowledgment

We are grateful to the University of Tabriz and the East Azarbaijan Regional Water Company for providing the necessary facilities for conducting this research and preparing the relevant paper.

References

- 1- Diaz, D.M. and Rodrigo, F.S., 2004. Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison. *Journal of Annales Geophysicae*, 22, pp. 1435-1448.
- 2- Hassan, B.G.H. and Ping, F., 2012. Formation of homogenous regions for Luanhe basin by using L-moments and cluster techniques. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(2), pp. 205- 210.
- 3- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resource Research*, 29 (2), pp. 281- 671.
- 4- Kitsara, G., Pappaioannou, G., Mitropoulo, A. and Markopoulos, P., 2005. Reference Crop evapotranspiration and agricultural rainfall index. *In the 9th International Conference on environmental Science and Technology*, Rhodes island, Greece.
- 5- Macqueen, J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observation. *In Proceeding of the 5th Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, Berkeley, CA: University of California.
- 6- Parracho, A.C., Melo-Goncalves, P. and Rocha, A., 2015. Regionalisation of precipitation for the Iberian Peninsula and climate change. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, pp. 146-154.
- 7- Pineda-Martinez, L.F. and Carbajal, N. and Median –Roldan, E., 2007. Regionalization and classification of bioclimatic zones in the central- northeastern region of Mexico using principal component analysis. *Journal of Atmofera*, 20(2), pp. 133- 145.
- 8- Raziei, T. 2017. A precipitation regionalization and regime for Iran based on multivariate analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 131(3-4), pp. 1429-1448.
- 9- Rencher, A.C., 2002. *Methods of multivariate analysis*. John Wiley and Sons, INC publication.
- 10-Romero, R., Sumner, G., Ramis, C., Genovés, A. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 19(7), pp. 765-785.
- 11- Wiltshire, S.E., 1986. Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 84(3), pp.287-302.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



پهنه‌بندی منطقه شرق دریاچه ارومیه بر اساس عملکرد دیم و بارش با روش‌های K-Means, Ward و PCA

پروا محمدی^{۱*}، احمد فاخری فرد^۲، یعقوب دین‌پژوه^۳ و اسماعیل اسدی^۴

*۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. mohammadi.parva@yahoo.com

۲- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۴- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۹

بازنگری: ۱۳۹۶/۱۰/۵

دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۲

چکیده

در بین عوامل اقلیمی مؤثر برای کشت دیم، بارندگی مهم‌ترین عامل محسوب می‌شود. تعیین اراضی مستعد دیم در کشور به‌ویژه حوضه آبریز دریاچه ارومیه امری ضروری می‌باشد. به‌منظور پهنه‌بندی منطقه شرق دریاچه ارومیه بر اساس عملکرد دیم و بارش برای بررسی قابلیت کشت دیم، آمار بارش روزانه ۲۶ ایستگاه باران‌سنجی برای دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ به‌کار گرفته شد. در این مطالعه گیاه گندم، به‌عنوان یک محصول استراتژیک، انتخاب شد و از آمار عملکرد گندم دیم طی دوره مذکور استفاده گردید. سپس با به‌کارگیری روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، K-Means و وارد خوشه‌بندی انجام گرفت. همگنی خوشه‌های به‌دست آمده با آزمون‌های آماری S و H بررسی شد و خوشه‌های همگن در محیط GIS رسم گردید. نتایج نشان داد که ضرایب عامل‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با خوشه‌بندی K-Means از نظر درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های حاصل‌شده بارش و عملکرد دیم همخوانی بیشتری باهم دارند و نتایج به هم نزدیک است. از طرفی دیگر، از نقطه نظر تغییرات مکانی، خطوط هم‌عملکرد توأم با خطوط هم‌بارش رسم شد. نتایج افزایشی هم‌سو برای عملکرد محصول و بارش در شمال‌غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را نشان داد که با ماهیت فیزیکی روند عملکرد دیم همخوانی دارد؛ اما در بخش‌های دیگر منطقه برخی مناطق ناهمگن مشاهده شد. مناطق همگن ۲۴/۴۷ درصد و مناطق ناهمگن ۷۵/۵۳ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه را در بر گرفت.

کلید واژه‌ها: بارش، پهنه‌بندی، خوشه‌بندی، عملکرد دیم.

مقدمه

مناسب از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد استفاده شد. نتایج نشان داد که پنج منطقه همگن وجود دارد (Kitsara et al., 2005). از روش PCA برای مشخص کردن نواحی اقلیمی بخشی از شمال شرقی مکزیک استفاده شد. نتایج نشان داد که دو مؤلفه اول ۸۵ درصد از واریانس کل را توصیف می‌کند و با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ، شش ناحیه همگن اقلیمی به‌دست آمد (Pineda-Martinez et al., 2007). به منظور شناخت کلاس‌های شدت، الگوی بارش و گروه‌بندی طبیعی ایستگاه‌های باران‌سنجی از روش K-Means استفاده شد. نتایج نشان داد که پنج کلاس متمایز برای شدت بارش در منطقه وجود دارد (Pelczar and Cisneros-Iturbe, 2008). روش PCA برای خوشه‌بندی میانگین مقادیر ماهانه بارش ۷۵ ایستگاه هواشناسی برای ناحیه تسالی واقع در یونان مرکزی به‌کار گرفته شد و نتایج نشان داد دو مؤلفه اصلی ۸۷/۷ درصد از واریانس کل را توصیف می‌کند

برای حفظ آب مصرفی در کشاورزی فعلی با دیدگاه مدیریت منابع آب کشور نیاز به تبدیل بخشی از اراضی تحت کشت آبی به کشت دیم در آینده بسیار نزدیک وجود خواهد داشت. لذا مطالعه تحلیلی دیم و تعیین اراضی مستعد دیم در کشور به‌ویژه حوضه آبریز دریاچه ارومیه امری ضروری می‌باشد. کاهش نزولات جوی از یک طرف و فروکشی منابع آب زیرزمینی و آب سطحی از طرف دیگر مدیریت هوشمندانه منابع آبی را طلب می‌کند. برای پهنه‌بندی مناطق همگن اقلیمی در اسپانیا از دو روش خوشه‌بندی وارد و PCA استفاده شد که با استفاده از روش وارد سه خوشه در زمستان و بهار و چهار خوشه در تابستان و پاییز معرفی گردید (Diaz. and Rodrigo, 2004). برای تعیین مناطق همگن اقلیمی در یونان بر مبنای پارامترهای بارندگی و تبخیر و تعرق، خوشه‌بندی صورت گرفت که برای به‌دست آوردن تعداد خوشه‌های

توجه می‌باشد (Mohammadi et al., 2017). هدف این پژوهش پهنه‌بندی منطقه شرق دریاچه ارومیه بر مبنای بارش و عملکرد گندم دیم با روش‌های PCA، K- Means و وارد می‌باشد که نقشه‌ها در محیط GIS ترسیم گردید و مقایسه سه روش خوشه‌بندی انجام گرفت. در نهایت، با استفاده از خوشه‌بندی بارش و عملکرد دیم، قابلیت کشت گندم در منطقه شرق دریاچه ارومیه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

آمار روزانه بارش ۲۶ ایستگاه باران‌سنجی شرق دریاچه ارومیه از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی اخذ گردید و انتخاب ایستگاه‌ها با توجه به دوره مشترک آماری ۱۳۹۲-۱۳۷۰ انجام شد. جهت بازسازی داده‌های گمشده از کدنویسی (در محیط فرترن) استفاده شد. اساس کار برنامه استفاده‌شده به زبان فرترن، رگرسیون خطی بین ایستگاه‌ها برای کلیه متغیرها اقلیمی می‌باشد. بدین ترتیب که برنامه، تک تک ایستگاه‌ها برای پر کردن داده ایستگاه گمشده جستجو می‌کند و ایستگاهی را که بالاترین ضریب همبستگی داشته باشد به‌منظور پر کردن داده‌های گمشده خود انتخاب می‌کند. در این رگرسیون خطی ایستگاه هدف که دارای داده گمشده است به عنوان پاسخ و ایستگاه انتخاب‌شده به عنوان ایستگاه مبنا عمل می‌کند. در این مطالعه گیاه گندم، به‌عنوان یک محصول استراتژیک، انتخاب شد و آمار عملکرد گندم دیم ۲۳ سال استان آذربایجان شرقی از جهاد کشاورزی استان اخذ گردید که ده ایستگاه (آذرشهر، اسکو، بستان آباد، بناب، تبریز، سراب، شبستر، مراغه، ملکان و هریس) در محدوده منطقه مطالعاتی قرار داشت که با پلیگون‌بندی تیسس در بین ۲۶ ایستگاه برای خوشه‌بندی تقسیم شد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از روش‌های آماری چند متغیره است. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه به متغیرهای جدید و مستقل از یکدیگر (با ضریب همبستگی صفر برای هر دو مؤلفه) تبدیل می‌شوند. مؤلفه‌های جدید ایجادشده ترکیبی خطی از متغیرهای اولیه هستند. در این روش متغیرهای اولیه به‌طور مستقیم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. بلکه ابتدا به مؤلفه‌هایی تبدیل می‌شوند، سپس این مؤلفه‌ها به جای متغیرهای اولیه استفاده می‌شوند. هم‌چنین چون در تشکیل مؤلفه‌ها از تمام متغیرها استفاده می‌گردد از این‌رو هدف اصلی تجزیه به مؤلفه‌های کاهش ابعاد با کمترین تلفات توسط مؤلفه‌های حاصل ارائه می‌شود. این هدف با تصویر داده‌ها روی تعداد کمی بُعد (محور) که از طریق ارتباط داده‌ها به هم استخراج می‌شوند حاصل می‌گردد (Rencher, 2002).

(Stathis and Myronidis, 2009). با هدف کاربرد روش‌های گشتاورهای خطی و تحلیل خوشه‌ای جهت تعیین الگوی بارش منطقه‌ای در حوضه لانجی از داده‌های بارش سالانه استفاده شد. در تحلیل خوشه‌ای از طریق رسم دندروگرام در روش وارد، هفت ناحیه بارشی تشخیص داده شد که بعد از انجام آزمون همگنی بر روی خوشه‌ها، در نهایت چهار ناحیه همگن را مشخص کردند (Hassan and Ping, 2012). تناسب اراضی کشاورزی منطقه ویوسوفلی در شهر آرتوین ترکیه، با استفاده از GIS و AHP مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ۰/۰۸ درصد منطقه مورد مطالعه برای تولیدات کشاورزی بسیار مستعد بوده، درحالی‌که ۱/۵۵ درصد اراضی در منطقه نیمه‌مستعد و ۶/۳ درصد در پهنه حاشیه‌ای و غیرمستعد قرار داشتند (Akinci et al., 2013). نتایج ارزیابی در منطقه مرکزی استان فارس جهت کشت ذرت سیلویی نشان داد که ۷۳/۴۷ درصد از اراضی مورد مطالعه بسیار مناسب و تنها ۷/۳۶ درصد تناسب ضعیف برای تولید این محصول را دارند (Houshyar et al., 2014). پهنه‌بندی بارش برای شبه‌جزیره ایبری انجام شد. از روش تحلیل غیرسلسله‌مراتبی K- Means برای خوشه‌بندی استفاده شد. نتایج نشان داد در چهار منطقه میزان بارش سالانه متمایز می‌باشند (Parracho et al., 2016). پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای وارد انجام گرفت که برحسب مقدار و زمان دریافت بارش در منطقه مورد مطالعه سه ناحیه بارشی متمایز وجود داشت (Masoodian et al., 2011). در تحقیقی پهنه‌بندی بارش در ایران صورت گرفت که برای خوشه‌بندی بارش ماهانه ایران به نواحی همگن از PCA و خوشه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که کشور ایران به شش ناحیه مختلف پهنه‌بندی شده است (Shirvani and Nazem al-Sadat, 2012). در مطالعه‌ای به پهنه‌بندی آب و هوایی شمال و شمال غرب ایران با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد ۱۰ ناحیه اقلیمی در بخش شمال و شمال غرب ایران شناسایی گردیده است (Nazmfar and Goldoost, 2013). پهنه‌بندی شمال غرب کشور براساس نسبت بارش بر تبخیر و تعرق در جهت بررسی قابلیت کشت دیم با روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و وارد انجام شد و همگنی خوشه‌ها با روش آماره S تست بررسی شد (Sattari et al., 2014). مدل رگرسیونی برآورد کربن آلی خاک را در کشتزارهای دیم واقع در منطقه نیمه‌خشک توسط Babaei et al., 2015 با استفاده از شاخص‌های توپوگرافی و ویژگی‌های خاک ارایه شد. پهنه‌بندی تاثیر بارش‌های فصلی بر عملکرد دیم در شرق دریاچه ارومیه با روش وارد و K- Means انجام شد. نتایج نشان داد در سه فصل بهار، پاییز و زمستان، در قسمت‌های شمال غربی، مرکز و جنوب منطقه مورد مطالعه رابطه مستقیم بین بارش و عملکرد سالانه دیم وجود دارد. اثر بارش‌ها در میزان عملکرد سالانه دیم قابل

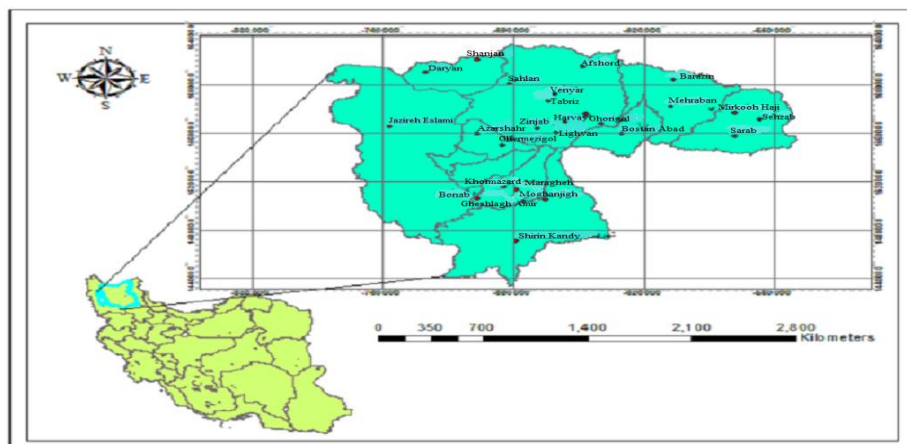


Fig 1. Geographical location of the study area

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

خطا، خوشه‌بندی صورت می‌گیرد. این روش برای خوشه‌بندی داده‌هایی طراحی شد که به صورت عددی (کمی) باشند و خوشه دارای مرکزی به نام (میانگین) باشد. در این روش، ابتدا اشیا به صورت تصادفی به k خوشه تقسیم می‌شوند. در گام بعد، فاصله هر یک از اشیا از مرکز خوشه خود محاسبه می‌شود. در صورتی که فاصله شی مورد نظر از میانگین خوشه خود زیاد و به خوشه دیگری نزدیک‌تر باشد، این شی به خوشه‌ای که نزدیک‌تر است، اختصاص می‌یابد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا تابع خطا حداقل شود و یا اعضای خوشه‌ها تغییر نیابد.

آزمون S-Statistics

چندین آزمون برای بررسی همگنی منطقه از لحاظ هیدرولوژیکی وجود دارد، ولی با توجه به وابسته بودن اغلب آزمون‌ها به نوع توزیع آماری، در این تحقیق آزمون آماره S (Wiltshire, 1986) که براساس ضریب تغییرات عمل می‌کند، استفاده شده است. برتری این آزمون این است که به نوع توزیع آماری مناسب منطقه بستگی ندارد (Nosrati et al., 2004). برای بررسی همگنی خوشه‌ها از برنامه‌ای در محیط فرترن استفاده گردید.

آزمون H-Statistics

در این تحقیق جهت آزمون همگنی خوشه‌ها از آماره H (Hosking and Wallis, 1993) استفاده شده است این آماره براساس گشتاورهای خطی مشاهداتی استاندارد شده بر مبنای گشتاورهای داده‌های مصنوعی حاصل از بهترین توزیع برازش داده‌شده بر داده‌های مشاهداتی ایجاد می‌شود، آزمون H -Statistics طی مراحل زیر انجام شد:

روش وارد

Ward (1963) روشی برای خوشه‌بندی داده‌ها ارایه کرد که این روش یکی از روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی می‌باشد. در این روش ابتدا هر یک از اشیا به صورت خوشه جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. سپس در هر گام دو شی باهم ادغام می‌شوند. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا در پایان کار، خوشه یکتایی شکل گیرد. در این روش، در هر گام، همه ترکیب‌های دوتایی ممکن از ادغام دیده می‌شود و شاخصی به نام مجموع مربعات خطا (SSE: Sum of Squares Error) محاسبه می‌شود. هر ترکیبی که خطای کمتری داشته باشد، برگزیده می‌شود و بر پایه آن ادغام انجام می‌پذیرد. روشن است که هر بار مقدار حداقل خطا افزایش می‌یابد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا همه اشیا باهم ادغام شوند و خوشه یکتایی به وجود آید. گاهی از این روش با نام روش «کمترین واریانس» یاد می‌شود. علت انتخاب روش وارد، پایه بهینه‌سازی این روش است که حداقل نمودن خطا جهت پیوستن خوشه‌ها می‌باشد که توسط محققان بسیاری از بین روش‌های سلسله مراتبی توصیه شده است (Romero et al., 1999 و Raziei, 2017).

روش K- Means

روش K - Means، کاربردی‌ترین روش خوشه‌بندی داده‌ها می‌باشد. این روش اولین بار توسط Macqueen (1967) ارایه شد. تعداد خوشه‌ها در این روش ثابت و از پیش تعیین شده است. این روش بر اساس حداقل کردن مربعات خطا یا واریانس درون گروهی که معادل با حداکثر کردن واریانس بین خوشه‌هاست، بنا نهاده شده است. بنابراین، هدف کلی این الگوریتم به دست آوردن قسمت‌هایی است که با تعداد ثابت خوشه‌ها، مربع خطاها را حداقل کند. با توجه به k خوشه اولیه، از طریق تخصیص داده‌های باقی‌مانده به نزدیک‌ترین مرکز و پس از آن بارها تغییر عضویت در خوشه‌ها بر اساس تابع

$$X(F) = \xi + \frac{\alpha}{K} \left[1 - \left(\frac{1-F}{h} \right)^k \right] \quad (۵)$$

ج- تعداد بسیار زیادی خوشه یا ناحیه (N_{Sm}) که هر کدام دارای N ایستگاه با طول داده‌های مساوی با طول داده‌های ایستگاه‌های خوشه واقعی می‌باشد، با استفاده از توزیع چهارپارامتری کاپا ایجاد شد.

د- برای V_{1S} هر ناحیه یا خوشه شبیه‌سازی شده محاسبه شد. در نتیجه تعداد N_{Sm} عدد برای V_{1S} حاصل شد که میانگین و انحراف معیار آن‌ها یعنی $\mu_{V_{1S}}$ و $\sigma_{V_{1S}}$ به دست آمد.

د- عدد همگنی (معیار همگنی) H تحت عنوان H-Statistics از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{V_{1S}}}{\sigma_{V_{1S}}} \quad (۶)$$

که در آن V₁ برای خوشه واقعی می‌باشد. می‌توان معیار همگنی H را بر مبنای گشتاورهای خطی مراتب بالاتر یعنی L-Skew و L-Kurtosis نیز محاسبه نمود که در این صورت به جای V₁ دیگر معیارهای تغییرپذیری بین ایستگاهی گشتاورهای خطی مثل L-Skew و L-CV و میانگین شبیه‌سازی شده آن‌ها به کار برده می‌شوند. به ازای L-CV و L-Skew می‌توان V₂ را به دست آورد:

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left[(t^{(i)} - \bar{t})^2 + (t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (۷)$$

به ازای L-Skew و L-Kurt می‌توان V₃ را از رابطه زیر تخمین زد:

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left[(t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 + (t_4^{(i)} - \bar{t}_4)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (۸)$$

V₂ متوسط وزنی (توزین شده) فاصله گشتاورهای L-CV-Skew at-site از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-CV-Skew و V₃ میانگین وزنی فاصله گشتاورهای at-site L-Skew-Kurt از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-Skew-Kurt می‌باشد بنابراین، این مقادیر را می‌توان از روابط زیر تخمین زد:

الف- مقادیر L-CV (ضریب تغییرات، \bar{t} ، L-Skew (ضریب چولگی، \bar{t}_3) و L-Kurtosis (ضریب کشیدگی، \bar{t}_4) برای هر ایستگاه واقع در یک خوشه محاسبه شدند.

ب- مقادیر L-CV (ضریب تغییرات برای خوشه: t)، L-Skew (ضریب چولگی برای خوشه: t₃) و L-Kurtosis (ضریب تغییرات برای خوشه: t₄)، ناحیه‌ای برای خوشه یا ناحیه محاسبه گردید.
پ- میانگین وزنی انحراف معیار L-CVهای نسبی ایستگاهی به صورت رابطه (۱) محاسبه شد:

$$v_1 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (t_r^{(i)} - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (۱)$$

برای یک خوشه یا ناحیه حاوی N ایستگاه، گشتاورهای خطی میانگین ناحیه‌ای یا گروهی به صورت رابطه (۲) تعریف شد:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (۲)$$

که در آن n_i و t_r⁽ⁱ⁾ به ترتیب طول داده‌های ثبت شده و گشتاورهای خطی نسبی در ایستگاه نام خوشه می‌باشند و L-CV ایستگاه نام است.

ت- با استفاده از گشتاورهای خطی نسبی ناحیه‌ای $\bar{t}_2 = 1$ ، \bar{t}_3 و \bar{t}_4 پارامترهای توزیع کاپا یعنی ξ ، α ، k و h محاسبه شدند. توزیع مذکور دارای تابع احتمالاتی تراکمی زیر است:

$$F(X) = \left\{ 1 - h \left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha} \right]^k \right\}^{\frac{1}{h}} \quad (۳)$$

و تابع چگالی احتمال توزیع کاپا به شرح زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{k} - 1} [F(X)]^{1-h} \alpha > 0 \quad (۴)$$

و تابع چندک توزیع کاپا عبارت است از:

نتایج پهنه‌بندی روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پس از چرخش محورها با روش وریماکس نرمالیزه بارش دوره رشد (اول فروردین تا آخر مرداد) گندم بهار، برای ۲۶ ایستگاه آب منطقه‌ای شرق دریاچه ارومیه در طول دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ نشان داد که پنج مؤلفه اصلی حدود ۸۱/۳۷ درصد از واریانس کل داده‌ها را تشریح می‌کند و دارای مقادیر ویژه بالاتری از واحد می‌باشند. جدول (۱) مقادیر ویژه و درصد واریانس بعد از چرخش وریماکس نرمالیزه بارش را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۱) مؤلفه اول به تنهایی ۵۶ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص داده است. این امر نشان دهنده اهمیت مؤلفه اول می‌باشد. به تدریج از اهمیت مؤلفه‌ها کاسته شده است، به نحوی که مؤلفه پنجم به تنهایی ۴/۳۵ درصد از واریانس داده‌ها را در بر می‌گیرد. از یک روش ترکیبی برای خوشه‌بندی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد که در آن ضرایب عامل‌ها، برای پنج عامل انتخاب شده به‌عنوان ورودی به تجزیه خوشه‌ای به‌کار گرفته شد. در حالت کلی با روش K- Means در نرم افزار SPSS به دو خوشه تقسیم شد که بر اساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K- Means ناحیه یک قسمتی از شمال شرقی، شمال غربی، جنوب و مرکز منطقه را پوشش می‌دهد. ناحیه دوم بخش‌هایی از شمال و شمال شرقی و غرب را در بر گرفته است. پهنه‌بندی بر اساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی وارد انجام گرفت. ناحیه یک شمال، شمال غربی منطقه و قسمت‌هایی از شمال شرقی، مرکز و جنوب را پوشش می‌دهد. ناحیه دوم جنوب، مرکز منطقه و بخشی از شمال شرقی را در بر گرفته است. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی عملکرد دیم نشان داد که شش مؤلفه اول دارای مقادیر ویژه زیاد بوده و حدود ۸۳/۵۶ درصد از واریانس کل داده‌ها را تشریح می‌کنند. جدول (۲) مقادیر ویژه و درصد واریانس بعد از چرخش وریماکس نرمالیزه عملکرد دیم را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۲) مؤلفه اول به تنهایی ۴۸/۹۰ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص داده است. این امر نشان دهنده اهمیت مؤلفه اول می‌باشد. به تدریج از اهمیت مؤلفه‌ها کاسته شده است، به نحوی که مؤلفه دوم به تنهایی ۳/۹۵ درصد از واریانس داده‌ها را در بر می‌گیرد. شش مؤلفه اول به عنوان مؤلفه‌های اصلی غالب انتخاب شدند. پهنه‌بندی عملکرد دیم با روش PCA بر اساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K-Means و وارد منطقه را به دو ناحیه تفکیک نموده است که براساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K-Means ناحیه اول بخش‌هایی از شمال شرقی، شمال غربی، غرب و بخشی از جنوب غربی را شامل می‌شود. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال شرقی و مرکز را پوشش می‌دهد. بر اساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی وارد ناحیه یک نواحی شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب و جنوب را تشریح می‌کند. در شکل‌های (۲) و

$$H_2 = \frac{V_2 - \mu_{V_{2s}}}{\sigma_{V_{2s}}}$$

$$H_3 = \frac{V_3 - \mu_{V_{3s}}}{\sigma_{V_{3s}}} \quad (9)$$

که در آن $\mu_{V_{2s}}$ میانگین خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_2 ، $\sigma_{V_{2s}}$ انحراف معیار خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_2 ، $\mu_{V_{3s}}$ میانگین خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_3 و $\sigma_{V_{3s}}$ انحراف معیار خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_3 ها می‌باشند. آزمون H-Statistics به صورت زیر ارزیابی همگنی را انجام می‌دهد:

اگر $H \leq 1$ باشد خوشه یا ناحیه کاملاً همگن خواهد بود.

اگر $1 < H \leq 2$ باشد خوشه یا ناحیه دارای همگنی ملایم خواهد بود.

اگر $H > 2$ باشد خوشه یا ناحیه کاملاً ناهمگن خواهد بود (Hosking and Wallis 1993).

خوشه‌بندی بارش دوره رشد (اول فروردین تا آخر مرداد) و عملکرد دیم منطقه با سه روش ذکر شده انجام شد. برای پهنه‌بندی با روش PCA از نرم افزار STATISTICA استفاده شد. برای به‌دست آوردن مقادیر ویژه و ضرایب مؤلفه‌ها (بردارهای ویژه) ماتریس همبستگی بین ایستگاه‌ها به ابعاد 26×23 (۲۳) مربوط به تعداد سال و ۲۶ مربوط به تعداد ایستگاه می‌باشد) به‌کار گرفته شد. نمودار صخره‌ای (نمودار مقادیر ویژه به‌عنوان تابعی از تعداد مؤلفه‌ها) رسم گردید. مؤلفه‌های اصلی غالب با توجه به مقادیر ویژه که بیش از یک بود و نمودار صخره‌ای انتخاب شدند. جهت امکان تفکیک بهتر نواحی از چرخش محورها با روش وریماکس نرمالیزه استفاده شد. برای پهنه‌بندی PCA ضرایب عامل‌ها و مؤلفه‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفتند. برای خوشه‌بندی با روش وارد و K- Means از نرم افزار SPSS استفاده گردید. سپس با استفاده از آزمون‌های S و H همگنی هر یک از خوشه‌ها بررسی شد. به کمک نرم افزار GIS خوشه‌ها در نقشه پیاده شد و پهنه‌های حاصل از بارش و عملکرد دیم با هم مقایسه گردید.

نتایج و بحث

در این مطالعه با استفاده از سه روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، وارد و K- Means خوشه‌بندی بارش و عملکرد دیم در منطقه مطالعاتی شرق دریاچه ارومیه انجام شد. سپس به‌منظور بررسی همگنی روش‌های ذکر شده از آزمون همگنی S و H استفاده شد. نقشه‌های هر روش در محیط GIS بر مبنای بارش و عملکرد دیم ترسیم شد. نتایج مربوط به روش‌های خوشه‌بندی در زیر ارایه شده است.

عامل‌ها به ترتیب با خوشه‌بندی K- Means و وارد نشان داده شده است.

(۳) نواحی همگن تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بارش و عملکرد دیم پس از چرخش محورها با روش وریماکس نرمالیزه براساس ضرایب

جدول ۱- مقادیر ویژه و درصد واریانس بعد از چرخش وریماکس نرمالیزه بارش

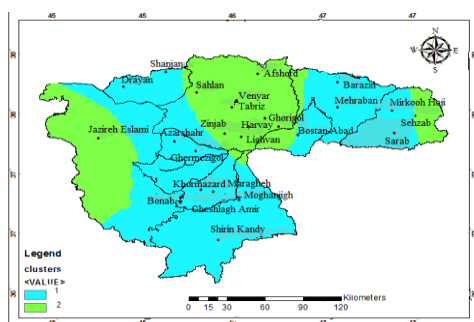
Table 1- Eigenvalues and percentages of variance after normalized vrimax rotation

Component	Eigenvalues	Percentage of variance	Cumulative eigenvalues	Percentage of cumulative variance
1	14.61	56.18	14.61	56.18
2	2.19	8.44	16.80	64.63
3	1.71	6.57	18.51	71.2
4	1.51	5.82	20.03	77.02
5	1.13	4.35	21.16	81.37

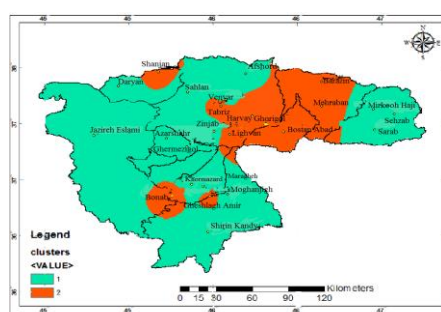
جدول ۲- مقادیر ویژه و درصد واریانس بعد از چرخش وریماکس نرمالیزه عملکرد دیم

Table 2- Eigenvalues and percentages of variance after Vrimax rotation normalized rainfed yield

Component	Eigenvalues	Percentage of variance	Cumulative eigenvalues	Percentage of cumulative variance
1	12.71	48.90	12.71	48.90
2	3.67	14.12	16.38	63.02
3	1.65	6.34	18.03	69.39
4	1.5	5.76	19.54	75.15
5	1.16	4.46	20.77	79.61
6	1.03	3.95	21.73	83.56



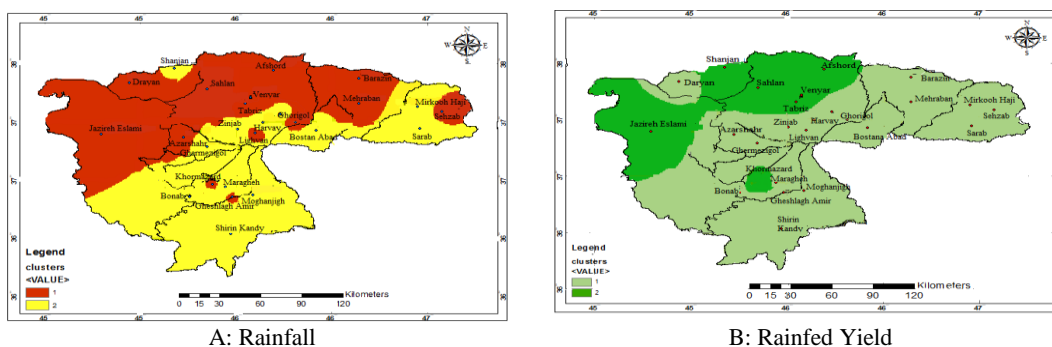
A: Rainfall



B: Rainfed Yield

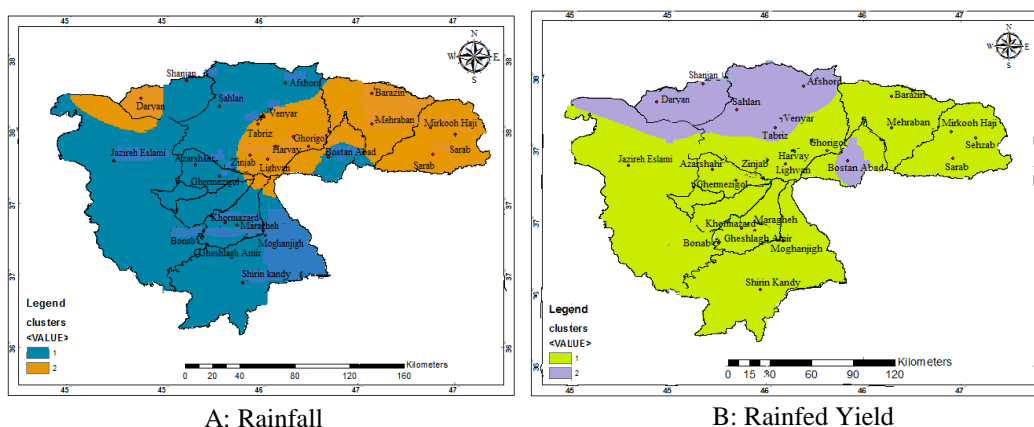
Fig 2- Homogeneous decomposition zones of principal components after rotation of axes by normalized varimax method based on factor coefficients using K-Means method A: Rainfall and B: Rainfed Yield

شکل ۲- نواحی همگن تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پس از چرخش محورها با روش وریماکس نرمالیزه بر اساس ضرایب عامل‌ها با روش K- Means الف: بارش و ب: عملکرد دیم



شکل ۳- نواحی همگن تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پس از چرخش محورها با روش وریماکس نرمالیزه بر اساس ضرایب عامل‌ها با روش‌های وارد الف: بارش و ب: عملکرد دیم

Fig 3- Homogeneous decomposition zones of principal components after rotation of axes by normalized verimax method based on factor coefficients using the following methods: A: Rainfall and B: Rainfed Yield



شکل ۴- مناطق همگن شرق دریاچه با روش وارد بر مبنای الف: بارش و ب: عملکرد دیم

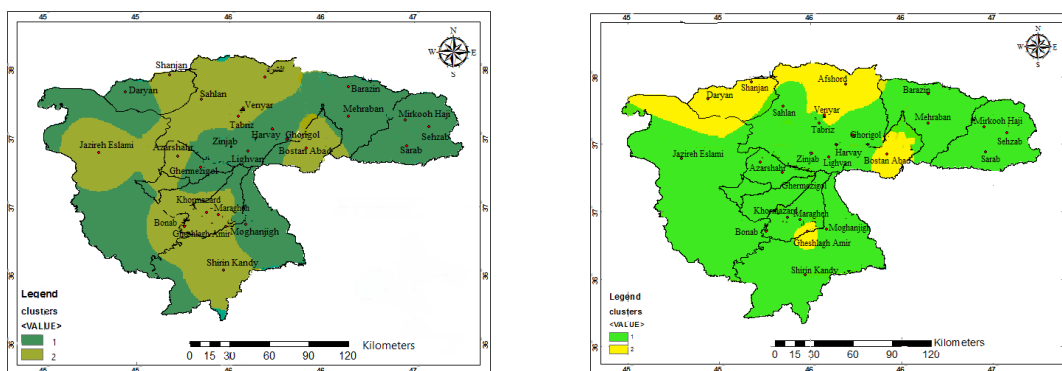
Fig 4. Homogeneous zones of Lake East by Ward method based on A: Rainfall and B: Rainfed Yield

نتایج پهنه‌بندی روش K- Means

نتایج خوشه‌بندی بارش و عملکرد دیم با روش K- Means نشان داد که منطقه به دو خوشه تفکیک شده است. در آزمون‌های همگنی دو خوشه همگن به دست آمد. در پهنه‌بندی بارش ناحیه یک قسمت‌هایی از شمال شرقی، مرکز منطقه و بخشی از شمال غرب را تشریح می‌کند. ناحیه دوم بخشی از شمال، جنوب و قسمت‌هایی از شمال شرقی و غرب را شامل می‌شود. ناحیه یک پهنه‌بندی عملکرد دیم شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را تشریح می‌کند. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب، شمال شرق و جنوب را در بر گرفته است. شکل (۵) مناطق همگن بارش و عملکرد دیم با روش K- Means را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به مقدار آماره آزمون‌های همگنی در بارش و عملکرد دیم به ترتیب در جدول‌های (۳) و (۴) ارائه شده است.

نتایج پهنه‌بندی روش وارد

در خوشه‌بندی بارش و عملکرد دیم با روش وارد، منطقه مورد مطالعه به دو خوشه تقسیم شد. بررسی همگنی خوشه‌ها با آزمون‌های همگنی H و S نشان داد دو خوشه همگن می‌باشد. در پهنه‌بندی بارش ناحیه یک قسمت‌های غرب، جنوب غرب و بخشی از مرکز را پوشش می‌دهد ناحیه دوم نواحی شمال شرقی، بخش‌هایی از مرکز و شمال غرب منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است. نتایج پهنه‌بندی عملکرد دیم نشان داد که ناحیه یک شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب و شمال شرقی را تشریح می‌کند. در شکل (۴) مناطق همگن بارش و عملکرد دیم با روش وارد نشان داده شده است.



A: Rainfall

B: Rainfed Yield

شکل ۵- مناطق همگن شرق دریاچه ارومیه با روش K- Means بر مبنای الف: بارش و ب: عملکرد دیم

Fig 5. Homogeneous zones east of Lake Urmia by K-Means method based on A: Rainfall and B: Rainfed Yield

جدول ۳- مقدار آماره آزمون‌های همگنی بارش منطقه مورد مطالعه

Table 3- Statistics of precipitation homogeneity tests for the study area

Cluster number	Factor Coefficients with K-Means		Factor Coefficients with Ward		K-Means		Ward	
	H	S	H	S	H	S	H	S
1	0.43	18.447	-1.32	8.764	-1.48	16.144	0.27	16.40
2	-0.84	7.952	0.78	17.818	0.26	6.521	-1.53	6.708

جدول ۴- مقدار آماره آزمون‌های همگنی عملکرد دیم منطقه مورد مطالعه

Table 4- Statistics of homogeneity performance tests of dryland study area

Cluster number	Factor Coefficients with K-Means		Factor Coefficients with Ward		K-Means		Ward	
	H	S	H	S	H	S	H	S
1	1.70	28.365	1.70	22.798	-1.98	25.131	0.85	25.553
2	0.09	8.976	-0.13	5.70	-1.43	8.643	1.43	8.772

درصد و ناحیه دوم ۴۹ درصد حاصل شد. پهنه‌بندی بارش با روش PCA براساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K- Means و وارد منطقه مورد مطالعه را به دو ناحیه تقسیم کرد که بر اساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K- Means ناحیه یک ۶۷ درصد و ناحیه دوم ۳۳ درصد مساحت به‌دست آمد. میانگین بارش خوشه‌های هر ناحیه به‌ترتیب ۶۴ درصد و ۳۶ درصد می‌باشد. پهنه‌بندی براساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی وارد مساحت ناحیه یک و دو به‌ترتیب ۵۱ و ۴۹ درصد می‌باشد. میانگین بارش خوشه‌های هر ناحیه به‌ترتیب ۵۴ درصد و ۴۶ درصد حاصل شد.

پهنه‌بندی عملکرد دیم با روش وارد و K- Means منطقه را به دو ناحیه تفکیک نموده است که ناحیه اول ۷۷ درصد و ناحیه دوم ۲۳ درصد مساحت را شامل می‌شود. میانگین خوشه‌های حاصل شده از

مقایسه مدل‌های خوشه‌بندی

با توجه به مناطق همگن به‌دست آمده از سه روش ذکرشده، به بررسی درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌ها مربوط به بارش و عملکرد دیم در هر روش پرداخته شد. درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌ها مربوط به بارش و عملکرد دیم در هر روش در جداول (۵ و ۶) ارائه شده است. پهنه‌بندی بارش دوره رشد منطقه شرق دریاچه ارومیه با روش وارد و K- Means منطقه مورد مطالعه را به دو ناحیه تفکیک کرد که در روش وارد مساحت ناحیه یک ۶۷ درصد کل منطقه و ناحیه دوم ناحیه ۳۳ درصد می‌باشد. میانگین بارش خوشه‌های این دو ناحیه به‌ترتیب ۵۲ و ۴۸ درصد به‌دست آمد. در روش K- Means ناحیه یک ۶۳ درصد و ناحیه دوم ۳۷ درصد مساحت را دارا می‌باشند. میانگین بارش خوشه‌های ناحیه اول ۵۱

از نظر درصد میانگین خوشه‌های بارش با روش‌های ضرایب عامل-های PCA با خوشه‌بندی وارد، روش وارد و روش K- Means مشابه می‌باشند. در پهنه‌بندی عملکرد دیم در روش‌های ضرایب عامل‌های PCA با خوشه‌بندی وارد و روش وارد درصد مساحت هر خوشه تقریباً باهم یکسان است. درصد میانگین‌های هر خوشه در پهنه‌بندی عملکرد دیم در روش وارد و روش K- Means نزدیک به هم به‌دست آمده است. مقایسه نتایج پهنه‌بندی خوشه‌های حاصل‌شده از سه روش نشان می‌دهد که از نظر درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های بارش و عملکرد دیم در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K- Means نزدیک به هم می‌باشند و عملکرد این روش بهتر است. بنابراین روش مذکور بهترین روش برای خوشه‌بندی منطقه مورد مطالعه جهت بررسی قابلیت کشت دیم می‌باشد.

عملکرد دیم برای دو ناحیه به‌ترتیب ۷۸ درصد و ۲۲ درصد حاصل شد. مناطق همگن با روش K- Means ناحیه اول ۸۱ درصد و ناحیه دوم ۱۹ درصد مساحت را تشکیل دادند. میانگین خوشه‌های حاصل-شده از عملکرد دیم برای دو ناحیه به ترتیب ۷۹ درصد و ۲۱ درصد به‌دست آمد. در پهنه‌بندی عملکرد دیم با روش PCA براساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی K- Means ناحیه اول ۷۰ درصد و ناحیه دوم مساحت به‌دست آمد. میانگین عملکرد دیم در هر خوشه به ترتیب ۶۲ و ۳۸ درصد حاصل شد. براساس ضرایب عامل‌ها با خوشه‌بندی وارد ناحیه اول ۷۶ درصد و ناحیه دوم ۲۴ درصد مساحت را در بر گرفت. میانگین خوشه‌های حاصل‌شده برای دو ناحیه به‌ترتیب ۶۶ درصد و ۳۴ درصد به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در پهنه‌بندی بارش، درصد مساحت خوشه‌های بارش با روش‌های ضرایب عامل‌های PCA با خوشه‌بندی K- Means، روش وارد و روش K- Means به هم نزدیک می‌باشد.

جدول ۵- درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های همگن بارش منطقه مورد مطالعه

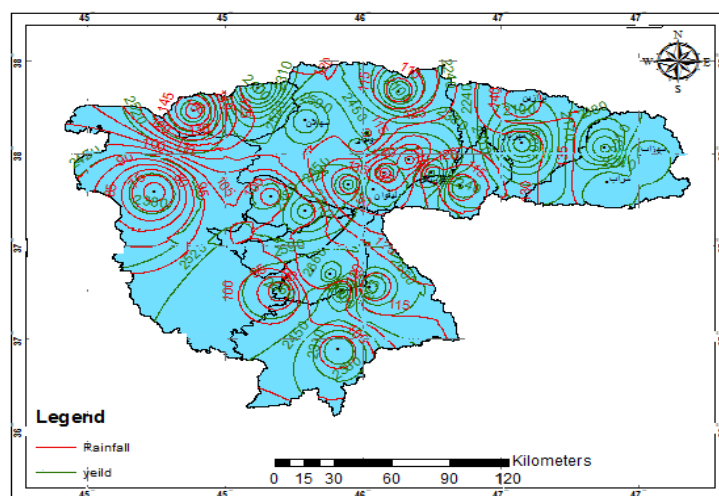
Table 5- Area percent and average percentage of homogeneous precipitation clusters in the study area

Cluster number	Factor Coefficients with K-Means		Factor Coefficients with Ward		K-Means		Ward	
	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)
1	67	64	51	54	63	51	67	52
2	33	36	49	46	37	49	33	48

جدول ۶- درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های همگن عملکرد دیم منطقه مورد مطالعه

Table 6- Area percent and average percentage of homogeneous dryland yield clusters of the study area

Cluster number	Factor Coefficients with K-Means		Factor Coefficients with Ward		K-Means		Ward	
	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)	Area (%)	Average cluster (%)
1	70	62	76	66	81	79	77	78
2	30	38	24	34	19	21	23	22



شکل ۶- خطوط هم بارش و هم عملکرد شرق دریاچه ارومیه طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۰

Fig. 6 - Lines of both precipitation and performance east of Lake Urmia during the period 1992-2014

عامل‌ها و K-Means از نظر درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌ها با هم همخوانی و تطابق بیشتری دارند. در خوشه‌بندی این دو روش بهتر از روش وارد عمل کرده‌اند. با توجه به محدودیت آب قابل دسترس و به منظور حفظ منابع آب، شناسایی مناطق مستعدتر دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناسایی این مناطق برای افزایش توسعه و پیشرفت کشاورزی می‌تواند قابل استفاده باشد. برای شناسایی مناطق مستعدتر دیم، خطوط هم عملکرد با خطوط هم-بارش رسم و بررسی شد. مقایسه نتایج نشان داد که در نواحی مرکزی و شمال غربی منطقه، میزان خطوط هم‌عملکرد با بارش افزایش می‌یابد. خطوط هم‌بارش در این نواحی، میزان افزایش بارش را نیز تایید می‌کند که بیانگر پتانسیل دیم در مرکز و شمال غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین نواحی مرکزی و شمال غرب شرق دریاچه ارومیه مناطق مستعدتر دیم می‌باشند. با توجه به اهمیت کشت دیم معرفی این مناطق مستعدتر در مصرف بهینه آب می‌تواند نقش به‌سزایی داشته باشد و در جهت حفظ منابع آب برای بهبود بخشیدن مصرف آب، مفید واقع شود.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه تبریز و شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، بخاطر تأمین امکانات لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقاله مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

از نقطه نظر تغییرات مکانی خطوط هم‌عملکرد توام با خطوط هم‌بارش طی دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۲ منطقه مورد مطالعه رسم شد (شکل ۶). نتایج نشان داد افزایش هم‌سو برای عملکرد محصول و بارش در شمال غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه همان‌طور است که پدیده ایجاب می‌کند؛ اما در بخش‌های دیگر منطقه برخی مناطق ناهمگن مشاهده شد. بنابراین این نواحی مناطق مستعدتر کشت دیم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در ۲۴/۴۷ درصد سطح منطقه تحت مطالعه هم‌سویی میزان بارش با عملکرد دیم مشاهده گردید ولی در ۷۵/۵۳ درصد منطقه مورد مطالعه هم‌گونی با عملکرد دیم وجود نداشت، میزان ریسک عملکرد دیم در این مناطق قابل توجه می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های Kamali et al. (2008) و Faizizadeh et al. (2012) و Hasheminasab Khabisi et al. (2014) در ارتباط میان بارش و عملکرد دیم مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که ذکر گردید، در این پژوهش به پهنه‌بندی بارش و عملکرد دیم در منطقه شرق دریاچه ارومیه پرداخته شد. با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی نظیر K-Means، وارد و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، پهنه‌بندی منطقه شرق دریاچه ارومیه در محیط GIS صورت گرفت. نتایج پهنه‌بندی بارش و عملکرد دیم با استفاده از روش‌های یادشده نشان داد که خوشه‌بندی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ضرایب

References

- 1- Akinci, H., Ozalp, A.Y. and Turgut, B., 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, pp. 71-82.

- 2- Babaei, F., Vaezi, A.R. and Taheri, M., 2015. Modeling soil organic carbon content based on topographic indices and soil properties of wheat dryland. *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 23 (3), pp. 111-129. (In Persian)
- 3- Munoz-Diaz, D. and Rodrigo, F.S., 2004, April. Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison. In *Annales Geophysicae* (Vol. 22, No. 5, pp. 1435-1448).
- 4- Faizizadeh, B. Abdali, H., Rezaei Banafsheh, M. and Mohammadi, Gh. H., 2012. Zoning of rainfed wheat cultivation capability in East Azarbaijan province using GIS spatial analysis. *Journal of Agriculture*, 96, pp. 75-91. (In Persian).
- 5- Hasheminasab Khabisi, F. Mousavi Baigi, M., Bakhtari, B. and Bnaianaval, M. 2014. Effect of rainfall on dryland wheat yield and satisfaction index of water need at different time scales. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 17, pp. 1-13. (In Persian).
- 6- Hassan, B.G.H. and Ping, F., 2012. Formation of homogenous regions for Luanhe basin by using L-moments and cluster techniques. *International Journal of Enviromental Science and Development*, 3(2), pp. 205- 210.
- 7- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resource Research*, 29 (2), pp. 281- 671.
- 8- Houshyar, E., Sheikh-Davoodi, MJ., Almassi, M., Bahrami, H., Azadi, H., Omid, M., Sayyad, G. and Witlox, F., 2014. Silage corn production in conventional and conservation tillage systems. Part 1: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. *Ecological Indicators*, 30, pp. 102-114.
- 9- Kamali, Gh.A., Sadeghianipour, A., Sedaghatkerdar, A., Asgari, Gh., 2008. Climatic potential of rainfed wheat cultivation in East Azarbaijan province. *Journal of Soil and Water Science and Technology*, 22 (2), pp. 467-483. (In Persian).
- 10-Kitsara, G., Pappaioannou, G., Mitropoulo, A. and Markopoulos, P., 2005. Reference Crop evapotranspiration and agricultural rainfall index. In the 9th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes island, Greece.
- 11-Macqueen, J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observation. In *Proceeding of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, CA: University of California.
- 12-Masoodian, S.A., Darand, M., and Karsaz, S.A., 2011. Precipitation zoning west and northwest of Iran by cluster analysis method. *Journal of Natural Geography*, 11, pp. 35- 44. (In Persian).
- 13-Mohammadi, P., Fakherifard, A., Dinpazhoh, Y., and Asadi, E., 2017. Regionalization of the East part of Lake Urmia Basin based on impact of seasonal precipitation on rainfed yield using the ward and K-means methods. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 4(2), pp. 489-498. (In Persian).
- 14-Nazmfar, H. and Goldoost, A., 2013. Identification of climatic sub-regions of Yazd province using multivariate statistical methods. *Geographical Space Journal*. 48, pp. 161-147. (In Persian)
- 15-Nosrati, K., Mohseni Sarovi, M., Islamian, S., Sharifi, F. and Mahdavi, M., 2004. Determination of homogeneous zones for low flow frequency analysis. *Iranian Journal of Natural Resources*, 57 (1), pp. 45-58. (In Persian).

-
- 16-Parracho, A.C., Melo-Goncalves, P. and Rocha, A., 2016. Regionalisation of precipitation for the Iberian Peninsula and climate change. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, pp. 146-154.
- 17-Pelczer, I.J. and Cisneros-Iturbe, H.L., 2008. Identification of rainfall patterns over the valley of Mexico. *In 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK.
- 18-Pineda-Martinez, L.F. and Carbajal, N. and Median –Roldan, E., 2007. Regionalization and classification of bioclimatic zones in the central- northeastern region of Mexico using principal component analysis. *Journal of Atomofera*, 20(2), pp. 133- 145.
- 19-Raziei., T., 2017. A precipitation regionalization and regime for Iran based on multivariate *analysis*. *Theoretical and Applied Climatology*, 131(3-4), pp. 1429-1448.
- 20-Rencher, A.C., 2002. *Methods of multivariate analysis*. John Wiley and Sons, INC publication.
- 21-Romero, R., Sumner, G., Ramis, C., Genovés, A., 1999. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 19(7), pp. 765-785.
- 22-Sattari, N., Fakhri Fard, A. and Hasaniha, A.H., 2014. Northwest zoning of the country based on the ratio of precipitation to evapotranspiration by principal component analysis and Ward. *Iranian Water Research Journal*, 9 (4), pp. 1-8. (In Persian).
- 23-Shirvani, A. and Nazem al-Sadat, S.M. J., 2012. Precipitation Zoning in Iran Using Principal Component Analysis and Cluster Analysis. *Iranian Water Resources Research*, 8 (1), pp. 81-85. (In Persian).
- 24-Stathis, D. and Myronidis, D., 2009. Principal component analysis of precipitation in Thessaly region (Central Greece). *Journal of Global Nest*, 11(4), pp. 467-476.
- 25-Ward, J.R., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Asssocation*, 58 (301), pp. 236-244.
- 26-Wiltshire, S.E., 1986. Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 84(3), pp.287-302.