نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۷ شماره ۴صفحه‌های ۱۲۱ تا ۱۳۳/ سال ۱۳۹۶

# پهنه‌بندی شرق حوضه دریاچه ارومیه از نظر دیم با معرفی شاخص‌های ارزیابی دیم

**پروا محمدی*[۱]، احمد فاخری‌فرد[۲]، یعقوب دین‌پژوه[۳]، اسماعیل اسدی[۴]**

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۲

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

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

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mohammadi.parva@yahoo.com

**چکیده**

برای کاهش نابودی منابع آبی و در عین حال رفع نیازهای غذایی آینده مردم، جایگزینی کشت دیم به‌جای اراضی آبی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. با توجه به اهمیت بخش کشاورزی، تعیین شاخص‌هایی جهت شناسایی مناطق حاصل‌خیز برای کشت گندم دیم، ضروری به‌نظر می‌رسد. بدین‌منظور برای ارزیابی عملکرد دیم منطقه شرق دریاچه ارومیه با استفاده از مقدار عمق آبیاری، دور آبیاری، نسبت بارش به فواصل زمانی و مقدار بارش، شاخص‌های نسبت فاصله و نسبت فاصله جزیی جهت شناسایی مناطق مستعد عملکرد دیم معرفی شد. خوشه‌بندی شاخص‌های تعیین شده و عملکرد دیم با روش K-means صورت گرفت که پهنه‌بندی منطقه شرق دریاچه ارومیه با خوشه‌های به‌دست آمده برای شاخص‌ها در محیط GIS انجام گردید. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که از بین دو شاخص معرفی شده، شاخص نسبت فاصله‌جزیی با واقعیت منطقه یعنی عملکرد دیم منطقه هم‌خوانی بیشتری دارد. بنابراین این شاخص برای ارزیابی مناطق دیم، انتخاب شد. برای شناسایی مناطق حاصل‌خیز دیم منطقه از خطوط هم‌عملکرد و هم‌شاخص (شاخص نسبت فاصله جزیی) استفاده گردید. نتایج نشان داد در نواحی شمال غربی و مرکزی منطقه مورد مطالعه، میزان عملکرد و میزان شاخص نسبت فاصله جزیی افزایش می‌یابد که بیان‌گر پتانسیل دیم در این نواحی می‌باشد. بنابراین مناطق مستعد دیم منطقه مورد مطالعه، با این شاخص معرفی شده نواحی مرکزی و شمال غربی است.

**واژه‌های کلیدی**: پهنه‌بندی، خوشه‌بندی، دیم، شرق دریاچه ارومیه، عملکرد

# Rainfed based Regionalization of the East Part of Urmia Lake Basin through Introducing Rainfed Evaluation Indices

**P Mohammadi[*1], A Fakheri Fard[2], Y Dinpazhoh[3], E Asadi[4]**

Received: 16 September 2015 Accepted: 08 April 2017
1- M.Sc. Student, Dept. Of Water Resources Engineering, Faculty of Agric., Univ of Tabriz, Iran
2- Prof., Dept of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ of Tabriz, Iran
3- Associate Prof., Dept of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ of Tabriz, Iran
4- Assistant Prof., Dept of Water Engineering, Faculty of Agric., Univ of Tabriz, Iran
*Corresponding Author, Email: mohammadi.parva@yahoo.com

## Abstract

For reducing the destruction of water resources and for resolving the future populations, needs for food, the replacement of rainfed farming instead of water farming will be inevitable. According to the importance of the agricultural sector, determining indices to identify the fertile lands for cultivation of rainfed wheat is essential. For this purpose, to evaluate the yield of rainfed crop at the East part of Lake Urmia, two indices Interval Ratio and Partial Interval Ratio, for identification of the eligible areas for rainfed farming, were introduced using irrigation depth, irrigation intervals, and daily rainfall in corresponding with the time intervals. Clustering of the indices and yield of rainfed area were done with a K-means method. Regionalization of the obtained clusters for the yield and indices were done in GIS environment. Results of the regionalization showed that between the two introduced indices the Partial Interval Ratio index has the more compatibility to region reality, So the Partial Interval Ratio index selected for evaluating the rainfed regions. To identify the fertile rainfed regions of crop yield, the isoline of the yield of rainfed and index (Partial Interval Ratio index) was used. The results showed that in the northwest and central parts of the studied area the yield and Partial Interval Ratio index were increased, which indicated the good potential of rainfed farming in these areas. Therefor the fertile regions based on the introduced index were at the central and northwest parts of the studied area.

**Keywords:** Clustering, East part of Urmia Lake, Rainfed, Regionalization, Yield

**مقدمه**

نقش تولیدات کشاورزی با افزایش روزافزون جمعیت و محدودیت منابع آب، در اقتصاد، امنیت غذایی و ایجاد اشتغال از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بنابراین مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، ضروری است زیرا در شرایط کمبود آب، استفاده بهینه از آب برای تولید پایدار محصولات مورد نیاز در نواحی خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عدم مدیریت صحیح منابع آب، باعث کاهش توسعه کشاورزی و خسارات و زیان‌های جبران‌ناپذیری در آینده خواهد شد. با توجه به محدودیت منابع آب در بیشتر نقاط خشک و نیمه‌خشک جهان، مدیریت و برنامه‌ریزی به‌منظور بهره‌وری بیشینه آب کشاورزی در شرایط کمبود آب، چالشی اساسی و مهم در زمین‌های فاریاب محسوب می‌شود. از مدیریت‌های اساسی در بخش کشاورزی فراهمی شرایطی است که تولید محصول در برابر آب مصرفی به

بیشترین مقدار برسد (رمضانی اعتدالی و همکاران ۱۳۹۱).

در خصوص تعیین اراضی دیم به روش تحلیلی، مطالعات کمی صورت گرفته است و عمده آنها جنبه زراعی یا باغی داشته‌اند که از نظر مدیریت منابع آب چندان راهگشا نخواهند بود. برخی از این پژوهش‌هایی که در خصوص کشاورزی دیم و پهنه‌بندی انجام پذیرفته به شرح زیر می باشد:

یو و یانگ (۱۹۹۶) روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای را با داده‌های جریان روزانه ۳۴ ایستگاه جریان‌سنجی به کار بردند. نتایج نشان داد که روش تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی وارد و غیرسلسله مراتبی K-means می‌تواند برای تفکیک مناطق همگن به‌کار رود. نورود (۲۰۰۰) تأثیر پارامترهای اقلیمی را بر کشت گندم دیم در دشت‌های ایالت کانزاس آمریکا مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین تاثیر در طول مراحل رشد گندم دیم، مربوط به تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عناصر اقلیمی بوده است. دروگرس و اسکلر (۲۰۰۱) به بررسی پتانسیل کشت دیم در جهان پرداختند. ایشان از داده‌های بارش، دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد، تعداد روزهای بارانی و تعداد روزهای یخبندان طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ استفاده کردند. نتایج نشان داد که پتانسیل بسیار زیاد و متوسط در برخی از کشورهای جهان وجود داشته است. شرما و همکاران (۲۰۱۰) به شناسایی پتانسیل کشاورزی دیم برای محصولات دیم در هند پرداختند. نتایج نشان داد در صورت انجام آبیاری تکمیلی در طول دوره رشد، می‌توان به افزایش ۵۰ درصدی تولیدات محصول رسید. کارانزا و همکاران (۲۰۱۱) به جهت به کارگیری طول دوره رشد در برنامه‌ریزی زراعت دیم ایالت یئکاتان واقع در مکزیک، از داده‌های ۴۰ ایستگاه هواشناسی منطقه مذکور برای دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳ بهره گرفتند و خصوصیات طول دوره رشد را با استفاده از ارتباط میان بارش ماهانه و تبخیر- تعرق گیاه مرجع تخمین زدند. ایستگاه‌ها را بر مبنای ویژگی‌های طول دوره رشد در سطوح خیلی پایین (یک تا دو ماه)، پایین (پنج ماه)، متوسط (شش ماه)، بالا (هفت ماه) و خیلی بالا (هشت تا ۱۰ ماه) طبقه‌بندی نمودند. در نهایت پس از پهنه‌بندی در محیط GIS، شش گروه را برای ایستگاه‌ها در شرایط تغییرات سالانه بارش وتبخیر- تعرق که بیانگر طول دوره رشد می‌باشد، مشخص کردند. بنایان و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از عدم قطعیت بارش مدل شده، به تعیین تاریخ کاشت گندم دیم بر اساس تبخیر- تعرق محصول تحت شرایط تنش آبی پرداختند. پنج کاشت در فاصله ۱۵ روز (۲ مهر– ۲ آذر) در پنج ایستگاه در سه استان (مشهد، سبزوار، بیرجند، بجنورد و تربت حیدریه) صورت گرفت. میزان محصول گندم دیم تحت شرایط خشکسالی شدید و متوسط و فواصل زمانی آخرین بارش در طول دوره رشد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاشت یک محصول دیم بر اساس وقوع اولین بارش یک راه‌حل برای اجتناب از خشک شدن محصول می‌باشد. پاراچو و همکاران (۲۰۱۶) پهنه‌بندی بارش را برای شبه‌جزیره ایبری انجام دادند که از داده‌های روزانه بارش در دوره زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ استفاده کردند. جهت خوشه‌بندی از روش تحلیل غیرسلسله مراتبی K-means استفاد شد که در چهار منطقه مقادیر بارش سالانه متمایز بودند.

صدقیانی‌پور(۱۳۸۷) با استفاده از تحلیل بارش و دما و تهیه نقشه‌های هم‌اقلیمی در محیط GIS، نقشه پهنه‌بندی مناطق اقلیمی کشت گندم دیم را در استان آذربایجان‌شرقی تهیه نمود. نتایج نشان داد که بیشتر مناطق مناسب برای کشت گندم دیم در شمال و جنوب استان قرار دارد و مناطق متوسط و ضعیف به صورت نواری از شرق به غرب می‌باشد. کمالی و همکاران (۱۳۸۹) تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی، بررسی کردند که در نهایت نقشه‌های مناطق مستعد جهت کشت گندم دیم در محیط GIS شناسایی شد. اطلس گندم دیم استان زنجان با ۴ پهنه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و ضعیف به‌دست آمد که مناسب‌ترین مناطق کاشت گندم دیم در استان زنجان در قسمت‌های شمال و مرکز خدابنده و قسمت شرقی ایجرود بوده است. موسوی بایگی و همکاران (۱۳۹۲) به

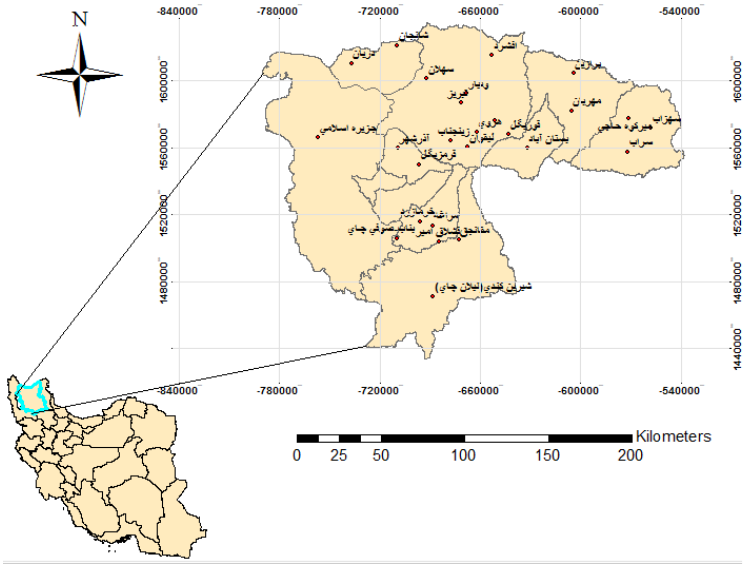
شناسایی مناطق مستعد و تاریخ کشت مناسب گندم در مناطق دیم‌کاری استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج نشان داد که شهرستان‌های قوچان و نیشابور، مستعدترین مناطق استان بوده و سایر شهرستان‌ها به جزء گناباد و سرخس جزء مناطق نیمه مستعد کشت گندم دیم محسوب می شدند. مناسب‌ترین تاریخ کاشت گندم دیم برای شهرستان‌ها عبارت است از: تربت حیدریه ۲۸ آبان، سبزوار ۲۶ مهر، سرخس ۲۸ آبان، قوچان ۲ آبان، کاشمر ۸ آذر، گلمکان ۲۹ آبان، گناباد ۱۹ آذر، مشهد ۱۳ آذر و نیشابور ۲۲ آبان. بیدادی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی شناخت عوامل و عناصر اقلیمی، توپوگرافی و شوری مؤثر بر کشت گندم دیم در حوضه قره‌سو استان گلستان پرداختند و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)بررسی نمودند. نتایج نشان داد گندم در ۴ پهنه (نسبتا مناسب، ضعیف و نامناسب) از نظر تناسب اراضی قرار گرفته است. مناسب‌ترین مناطق کشت گندم دیم در قسمت‌های شمال استان می‌باشد و مناطق ضعیف در جنوب غربی و جنوب شرقی استان واقع شدند. هاشمی نسب‌خبیصی (۱۳۹۳) اثر بارش بر عملکرد گندم دیم و شاخص رضایتمندی نیاز آبی در مقیاس زمانی مختلف را مورد مطالعه قرارداد. منطقه مورد مطالعه، ۶ ایستگاه سینوپتیک در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی می‌باشد. در ابتدا به بررسی میزان بارش در طول دوره رشد گندم پرداخته شد و سپس با محاسبه شاخص رضایتمندی نیازآبی در منطقه رضایت محصول از بارش و تبخیر تعرق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ۴ ایستگاه مشهد، قوچان، بجنورد و تربت‌حیدریه برای کشت دیم گندم بسیار مناسب و از ریسک بسیار پایینی برخوردار بود.

موضوع تأمین آب با توجه به محدودیت‌های موجود، چالشی است که در بخش آب وجود دارد. مدیریت تخصیص بهینه منابع آب بین اراضی دیم و فاریاب ضروری می‌باشد این اهمیت به دلیل برهم‌کنش این دو قسمت ( دیم و فاریاب) است، در دهه‌های اخیر با افزایش جمعیت، کاهش نزولات جوی، کمبود منابع آب، افت سطح تراز آب زیرزمینی و شدت گرما (که باعث افزایش تبخیر می‌شود) مقدمات ایجاد بحران آب در کشور فراهم شده است. در چنین شرایطی و درحالیکه بیش از ۹۰ درصد آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (مجنونی و اسدی ۱۳۹۲)، لزوم مدیریت و استفاده بهینه آب در بخش کشاورزی ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مستعد دیم با معرفی شاخص‌هایی است که از مقادیر عمق آبیاری، دور آبیاری، نسبت بارش به فواصل زمانی و مقدار بارش، به‌دست آمده است. پهنه‌بندی شاخص‌ها و عملکرد دیم با خوشه‌بندی K-means در محیط نرم‌افزار GIS انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

آمار روزانه متغیرهای اقلیمی شامل دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد برای ایستگاه‌های تبخیرسنجی و ایستگاه‌های باران‌سنجی شرق حوضه دریاچه ارومیه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی اخذ گردید و انتخاب ایستگاه‌ها با توجه به دوره مشترک آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ انجام گرفت. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجی و باران-سنجی مورد مطالعه و میانگین بارش دوره رشد (اول فروردین تا آخر مرداد) و در جدول ۲ مشخصات آماری ایستگاه‌های تبخیرسنجی از اول فروردین تا آخر مرداد ارائه شده است. جهت بازسازی داده‌های گمشده از برنامه‌ای در محیط فرترن استفاده شد. با توجه به محدودیت تعداد ایستگاه‌های تبخیرسنجی (نه ایستگاه) نسبت به ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه شرق دریاچه ارومیه، از روش تیسن‌بندی استفاده گردید و برای هر ایستگاه باران سنجی با توجه به چند ضلعی تیسن ایجاد شده، یک ایستگاه تبخیرسنجی معادل لحاظ گردید. ایستگاه‌های تبخیرسنجی شامل مغانجیق، آذرشهر، بناب، قوریگل، میرکوه‌حاجی، جزیره‌اسلامی، سهلان، برازین و لیقوان می‌باشد. از داده‌های دوره رشد یعنی از اول فروردین تا آخر مرداد برای انجام محاسبات استفاده گردید. آمار عملکرد دیم ۲۳ سال استان آذربایجان شرقی از جهاد کشاورزی استان اخذ گردید که ده ایستگاه (آذرشهر، اسکو، بستان‌آباد، بناب، تبریز، سراب، شبستر،

مراغه، ملکان و هریس) در محدوده منطقه مطالعاتی قرار داشت که با تیسن‌بندی در بین ۲۶ ایستگاه برای خوشه-بندی تقسیم شد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.




**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.**

## برنامه‌ریزی آبیاری

به مجموعه عملیاتی که طی آن مشخص شود چه موقع و چه مقدار آب به مزرعه داده شود برنامه‌ریزی آبیاری اطلاق می‌گردد به‌منظور تعیین زمان آبیاری از روش ترسیمی استفاده شد. این روش بر اساس بیلان رطوبتی خاک و رشد ریشه گیاه بنا نهاده شده است و شامل مراحل زیر می‌باشد:

ابتدا مقادیر $ET_c$ ماهانه گیاه گندم بهاره با روش فائو پنمن مانتیث (الن و همکاران ۱۹۹۸) و با اعمال ضریب گیاهی محاسبه گردید.

بیلان رطوبتی خاک با فرض نبود آبیاری برای انتهای هر ماه به صورت رابطه ۱ نوشته شد:

$$WC = (Re + W_i) - ET_c \qquad [۱]$$

که در آن WC عمق آب معادل رطوبت خاک در انتهای ماه و در عمق توسعه ریشه (mm)، Re بارش مثر ماهانه (mm)، Wi عمق آب موجود در خاک در ابتدای هر ماه و در عمق توسعه ریشه‌ها (mm) و $ET_c$ تبخیر- تعرق گیاهی ماهانه می‌باشد.

پس از محاسبه WC کل عمق، آب قابل دسترس گیاه در منطقه ریشه (TAW) محاسبه گردید که آب قابل دسترس در انواع خاک‌ها متفاوت است. مقدار TAW از فرمول ۲ محاسبه شد که در آن RAW عمق آب سهل الوصول[1] و MAD تخلیه مجاز رطوبتی[2](ضریبی کمتر از واحد) می‌باشد. اگر مقدار $ET_c$ برابر با ۴ میلی‌متر در روز و یا کمتر باشد مقدار تخلیه مجاز رطوبتی، ۳۰ درصد افزایش داده می‌شود و اگر مقدار$ET_c$ برابر با ۷ میلی‌متر در روز یا بیشتر باشد مقدار آن ۳۰ درصد کاهش داده می‌شود. برای گندم مقدار تخلیه مجاز رطوبتی ۰/۵۵ است (دورنبوس و پریوت ۱۹۷۷).

$$TAW = RAW/MAD \qquad [۲]$$

در مرحله بعد آب صعب الوصول (RSW) با رابطه زیر محاسبه شد:

$$RSW= (1-MAD)\times TAW \qquad [۳]$$

[1] Readily available water

[2] Management allowed depletion

**جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجی و باران‌سنجی مورد مطالعه.**

| شماره ایستگاه | نام ایستگاه | طول جغرافیایی | | عرض جغرافیایی | | ارتفاع (m) | میانگین بارش اول فروردین تا آخر مرداد (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | شیرین کندی | ۴۶ | ۲۷ | ۳۷ | ۰۲ | ۱۳۸۰ | ۹۶/۴۸ |
| ۲ | بنیس شانجان | ۴۵ | ۹۰ | ۳۸ | ۳۵ | ۱۶۵۰ | ۹۶/۷۷ |
| ۳ | دریان | ۴۵ | ۶۰ | ۳۸ | ۲۳ | ۱۶۳۰ | ۱۵۱/۸۴ |
| ۴ | بستان‌آباد | ۴۶ | ۸۳ | ۳۷ | ۸۵ | ۱۷۵۰ | ۱۱۰/۱ |
| ۵ | زینجاب | ۴۶ | ۳۲ | ۳۷ | ۸۶ | ۲۲۰۰ | ۱۳۸/۲ |
| ۶ | ونیار | ۴۶ | ۴۰ | ۳۸ | ۱۲ | ۱۴۵۰ | ۱۱۴/۱ |
| ۷ | قشلاق امیر | ۴۶ | ۲۸ | ۳۷ | ۳۲ | ۱۵۴۰ | ۱۰۶/۸۳ |
| ۸ | قرمزیگل | ۴۶ | ۱۱ | ۳۷ | ۷۲ | ۱۶۷۳ | ۱۰۷/۷۹ |
| ۹ | سعیدآباد | ۴۶ | ۶۰ | ۳۷ | ۹۸ | ۱۸۷۵ | ۱۴۶/۷۷ |
| ۱۰ | افشرد | ۴۶ | ۵۵ | ۳۸ | ۳۳ | ۲۰۰۰ | ۱۰۶/۳۷ |
| ۱۱ | مهربان | ۴۷ | ۱۲ | ۳۸ | ۰۷ | ۱۵۱۰ | ۱۲۶/۸۲ |
| ۱۲ | سهزاب | ۴۷ | ۶۶ | ۳۸ | ۰۰ | ۱۸۵۰ | ۱۳۷/۳۷ |
| ۱۳ | سراب | ۴۷ | ۵۲ | ۳۷ | ۸۷ | ۱۶۸۰ | ۱۳۸/۹۲ |
| ۱۴ | تبریز | ۴۶ | ۳۷ | ۳۸ | ۰۷ | ۱۵۰۰ | ۱۱۷/۷ |
| ۱۵ | بناب (صوفی چای)* | ۴۶ | ۰۰ | ۳۷ | ۳۲ | ۱۲۸۳ | ۸۵/۵۴ |
| ۱۶ | مراغه | ۴۶ | ۲۳ | ۳۷ | ۴۰ | ۱۴۷۵ | ۱۱۱/۱۳ |
| ۱۷ | آذرشهر* | ۴۵ | ۹۶ | ۳۷ | ۸۰ | ۱۳۴۰ | ۹۸/۰۵ |
| ۱۸ | برازین* | ۴۷ | ۱۲ | ۳۸ | ۲۷ | ۱۹۶۲ | ۱۴۴/۵۶ |
| ۱۹ | جزیره‌اسلامی* | ۴۵ | ۴۲ | ۳۷ | ۸۲ | ۱۲۸۰ | ۷۲/۷۶ |
| ۲۰ | سهلان* | ۴۶ | ۱۲ | ۳۸ | ۱۸ | ۱۳۵۰ | ۱۱۵/۹۴ |
| ۲۱ | لیقوان* | ۴۶ | ۴۳ | ۳۷ | ۸۳ | ۲۲۰۰ | ۱۳۲/۲۶ |
| ۲۲ | مغانجیق* | ۴۶ | ۴۲ | ۳۷ | ۳۳ | ۱۶۵۰ | ۱۲۴/۹۶ |
| ۲۳ | قوریگل* | ۴۶ | ۷۰ | ۳۷ | ۹۲ | ۱۸۵۰ | ۱۱۷/۱۳ |
| ۲۴ | میرکوه‌حاجی* | ۴۷ | ۵۰ | ۳۸ | ۰۴ | ۱۸۳۰ | ۱۳۷/۰۹ |
| ۲۵ | خرمازرد | ۴۶ | ۱۵ | ۳۷ | ۴۲ | ۱۵۶۰ | ۱۱۴/۸۷ |
| ۲۶ | هروی | ۴۶ | ۴۸ | ۳۷ | ۹۲ | ۱۹۲۰ | ۱۴۷/۶۳ |

* ایستگاه‌های تبخیر سنجی

**جدول ۲- خصوصیات آماری داده‌های تبخیرسنجی ایستگاه‌های تبخیرسنجی منطقه مورد مطالعه.**

| نام ایستگاه | دما (°C) | | رطوبت نسبی (%) | | سرعت باد ( $m\ s^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ave | std | ave | std | ave | std |
| آذرشهر | ۱۳/۳۰ | ۸/۸۷ | ۵۳ | ۱۳/۸۶ | ۲/۸۲ | ۰/۹۱ |
| برازین | ۹/۶۴ | ۷/۵۵ | ۵۹ | ۱۶/۶۷ | ۳/۲۶ | ۱/۱۷ |
| جزیره‌اسلامی | ۱۲/۵۸ | ۸/۸۸ | ۵۱ | ۱۲/۵۱ | ۳/۶۲ | ۱/۲۲ |
| سهلان | ۱۲/۶۸ | ۱۰/۲۲ | ۵۲ | ۱۴/۲۲ | ۳/۱۶ | ۰/۹۲ |
| لیقوان | ۱۱/۰۷ | ۹/۶۱ | ۴۹ | ۱۴/۴۱ | ۴/۴۵ | ۱/۵۴ |
| بناب (صوفی چای) | ۱۳/۹۷ | ۱۰/۶۵ | ۴۸ | ۱۴/۵۵ | ۱/۸۸ | ۱/۳۶ |
| مغانجیق | ۱۱/۰۵ | ۸/۵۹ | ۶۳ | ۹/۵۵ | ۲/۳۲ | ۰/۹۹ |
| قوریگل | ۸/۰۶ | ۸/۸۸ | ۶۴ | ۱۵/۹۴ | ۲/۷۳ | ۰/۸۵ |
| میرکوه‌حاجی | ۸/۰۴ | ۸/۷۵ | ۶۲ | ۱۱/۴۲ | ۲/۳۵ | ۰/۸۴ |

توجه: در جدول نمادهای ave و std به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و انحراف معیار می‌باشند.

سه منحنی WC، TAW و RSW در یک دستگاه محور مختصات، رسم شد و مبنای برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت (مجنونی و اسدی ۱۳۹۲). برای تعیین بارش مؤثر از روش وزارت کشاورزی ایالت متحده (USDA) استفاده گردید. در این روش، میزان بارندگی مؤثر ماهانه، طبق روابط زیر محاسبه شد (کولائیان و غلامی سفیدکوهی ۱۳۹۱):

$$\text{If } P < 250 \text{ mm}, P_{eff} = \left({}^{P}/_{125}\right) \times (125 - 0.2P)$$
$$\text{If } P > 250 \text{ mm}, P_{eff} = 125 + 0.1P \qquad [٤]$$

$P_{eff}$، بارش مؤثر ماهانه و P، مقدار بارندگی ماهانه می‌باشد. باتوجه به نقشه‌های کسب شده از سازمان زمین‌شناسی ایران جنس بافت خاک منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. عمق توسعه ریشه با توجه به مراحل مختلف رشد بر اساس ارقام مندرج در نشریه شماره ۳۳ فائو درنظر گرفته شد (دورنبوس و کاسم ۱۹۷۹).

## روش K-means

روش K-means، یکی از کاربردی‌ترین روش‌های خوشه‌بندی داده‌هاست. این روش اولین بار توسط مک کویین (۱۹۶۷) ارایه شد. تعداد خوشه‌ها در این روش ثابت و از پیش تعیین شده است. این روش بر اساس کمینه مربعات خطا یا تغییرات درون‌گروهی که معادل با بیشینه تغییرات بین خوشه‌هاست، بنا نهاده شده است. بنابراین هدف کلی این الگوریتم تعیین قسمت‌هایی است که با تعداد ثابت خوشه‌ها به طور کلی مربع خطاها را کمینه کند (مومنی ۱۳۹۳).

در این تحقیق جهت آزمون همگنی خوشه‌ها از آماره H (هوسکینگ ۱۹۹۳) که بر اساس گشتاورهای خطی مشاهداتی استاندارد شده بر مبنای گشتاورهای داده‌های مصنوعی حاصل از بهترین توزیع برازش داده شده بر داده‌های مشاهداتی ایجاد می‌شود استفاده شده است. آزمون H-Statistics طی مراحل زیر انجام شد:

الف- مقادیر L-CV، L-Skew و L-Kurtosis ($t, t_3, t_4$) برای هر ایستگاه واقع در یک خوشه محاسبه شدند. L-CV نظیر ضریب تغییرات معمول، L-Skew ضریب چولگی و L-Kurtosis ضریب کشیدگی می‌باشند.

ب- مقادیر L-CV، L-Skew و L-Kurtosis ($\bar{t}, \bar{t}_3, \bar{t}_4$) ناحیه‌ای برای خوشه یا ناحیه محاسبه گردید.

پ- میانگین وزنی انحراف معیار L-CVهای نسبی ایستگاهی به‌صورت رابطه ۵ محاسبه شد:

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i (t_r^{(i)} - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad [۵]$$

برای یک خوشه یا ناحیه حاوی N ایستگاه گشتاورهای خطی میانگین ناحیه‌ای یا گروهی به‌صورت رابطه ۶ تعریف شد:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \quad \bar{t}_r = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad [۶]$$

که در آن $n_i$ و $t_r^{(i)}$ به‌ترتیب طول داده‌های ثبت شده و گشتاورهای خطی نسبی در ایستگاه iام خوشه می‌باشند و $t^{(i)}$، L-CV ایستگاه iام است.

ت- با استفاده از گشتاورهای خطی نسبی ناحیه‌ای $\bar{t}_2 = ۱$، $\bar{t}$، $\bar{t}_3$ و $\bar{t}_4$ پارامترهای توزیع کاپا یعنی $\xi$، $\alpha$، k و h محاسبه شدند. تابع توزیع احتمال تجمعی کاپا به صورت زیر است:

$$F(X) = \left\{1 - h\left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha}\right]^{1/k}\right\}^{1/h} \qquad [۷]$$

و تابع چگالی احتمال توزیع کاپا به شرح زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha}\left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha}\right]^{(1/k)-1} \qquad [۸]$$
$$[F(X)]^{1-h} \quad \alpha > 0$$

و تابع چندک توزیع کاپا عبارت است از:

$$X(F) = \xi + \frac{\alpha}{K}\left[1 - \left(\frac{1 - F}{h}\right)^{k}\right] \qquad [۹]$$

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- $V_{1S}$ برای هر ناحیه یا خوشه شبیه‌سازی شده محاسبه شد در نتیجه تعداد $N_{Sm}$ عدد حاصل شد که

میانگین و انحراف معیار آن‌ها یعنی $\mu_{V_{1s}}$ و $\sigma_{V_{1s}}$ بدست آمد.

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

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{V_{1s}}}{\sigma_{V_{1s}}} \qquad [۱۰]$$

که در آن $V_1$ 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 به‌جای $V_1$ دیگر معیارهای تغییرپذیری بین ایستگاهی گشتاورهای خطی مثل L-Skew و L-CV و میانگین شبیه‌سازی شده آن‌ها به‌کار برده می‌شوند.

به ازای L-CV و L-Skew می‌توان $V_2$ را به‌دست آورد:

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i[(t^{(i)} - \bar{t})^2 + (t_3{}^{(i)} - \bar{t}_3)^2]^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad [۱۱]$$

به ازای L-Skew و L-Kurt می‌توان $V_3$ را از رابطه زیر تخمین زد:

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i(t_3{}^{(i)} - \bar{t}_3)^2 + (t_4{}^{(i)} - \bar{t}_4)^2]^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad [۱۲]$$

$V_2$ متوسط وزنی (توزین شده) فاصله گشتاورهای L-CV-Skew at- site از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-CV-Skewو $V_3$ میانگین وزنی فاصله گشتاورهای L-Skew-Kurt at- site از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-Skew-Kurt می‌باشد بنابراین، این مقادیر را می‌توان از روابط زیر تخمین زد:

$$H_2 = \frac{V_2 - \mu_{V_{2s}}}{\sigma_{V_{2s}}}, \quad H_3 = \frac{V_3 - \mu_{V_{3s}}}{\sigma_{V_{3s}}} \qquad [۱۳]$$

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 $V_3$ می‌باشند. آزمون H-Statistics به‌صورت 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 (هوسکینگ ۱۹۹۳).

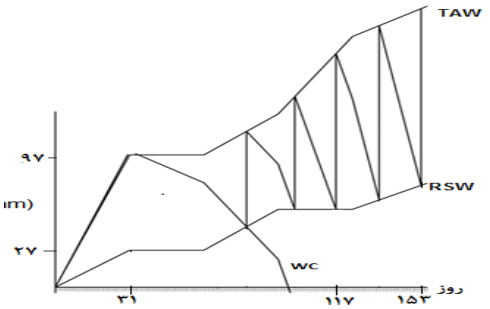
ابتدا به کمک برنامه‌ای که در فرترن نوشته شده بود تبخیر- تعرق مرجع ماهانه بر مبنای رابطه فائو پنمن مانتیث (فائو ۵۶) به‌دست آمد که برای برنامه‌ریزی آبیاری استفاده شد. با توجه به اینکه نیازهای رویشی گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد در این پژوهش گیاه پایه گندم انتخاب گردید و دوره‌های آبیاری بر مبنای آن محاسبه شد. برنامه‌ریزی آبیاری با کمک داده‌های تبخیر و تعرق، بارش، جنس خاک، دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد تعیین شد. برنامه‌ریزی آبیاری به روش ترسیمی در نرم‌افزار اتوکد انجام گرفت. برای محاسبه شاخص‌ها، با استفاده از داده‌های مقدار عمق آبیاری و دور آبیاری که از برنامه‌ریزی آبیاری به‌دست آمده و مقدار بارش و فواصل زمانی بارش در دوره رشد، دو شاخص، با دو ایده برای ارزیابی دیم منطقه مورد مطالعه معرفی گردید.

برنامه‌ای دیگر در فرترن نوشته شد که ابتدا با استفاده از داده‌های بارش، نسبت بارش به فواصل زمانی بارش محاسبه کرده سپس با استفاده از مقدار عمق آبیاری، دور آبیاری، نسبت بارش به فواصل زمانی و مقدار بارش دو شاخص تعیین گردید. شاخص‌ها به صورت آرایه ۲۶*۲۳ به دست آمدند (۲۳ مربوط تعداد سال‌ها و ۲۶ مربوط به تعداد ایستگاه‌ها). از ماتریس همبستگی بین ایستگاه‌ها، برای خوشه‌بندی شاخص‌های تعیین شده و عملکرد دیم با روش K-means در نرم افزار SPSS استفاده شد. سپس با استفاده از آزمون آماره H همگنی هر یک از خوشه‌ها بررسی گردید. به کمک نرم افزار GIS خوشه‌ها در نقشه پیاده شد.

## نتایج و بحث

برنامه‌ریزی آبیاری با روش ترسیمی در نرم‌افزار اتوکد برای نه ایستگاه تبخیرسنجی انجام گردید که در شکل ۲ برنامه‌ریزی آبیاری مربوط به یک ایستگاه تبخیرسنجی به عنوان نمونه نشان داده شده است (به دلیل طولانی بودن منحنی خشکیدگی، فقط قسمت بالای نمودار برنامه‌ریزی آبیاری ارائه

شده است). محور افقی مربوط به تاریخ کشت گندم بهاره (اول فروردین تا آخر مرداد) می‌باشد.




**شکل ۲- برنامه‌ریزی آبیاری با روش ترسیمی ایستگاه سهلان.**

بعد از تعیین برنامه‌ریزی آبیاری، شاخص‌ها بر مبنای دو ایده برای ارزیابی دیم معرفی شدند که ایده اول بر مبنای نسبت بارش به فواصل زمانی آن یعنی $\beta = \frac{R_i}{D_i}$ می‌باشد که هرچه مقدار $\beta$ بزرگتر شود قابلیت دیم افزایش می‌یابد، زیرا مقدار بارش بایستی بزرگ‌تر شود که حاکی از مقدار زیاد بارش می‌باشد یا فواصل زمانی آن کوچک‌تر شود، افزایش تعدد بارش را به دنبال خواهد داشت که قابلیت دیم را افزایش می‌دهد و یا به‌صورت ترکیبی که موجب افزایش نسبت شود افزایش قابلیت دیم را تداعی می‌کند. ایده دوم بر مبنای نسبت مقدار عمق آبیاری به دور آبیاری یعنی $\alpha = \frac{W_i}{dw_i}$ می‌باشد که از دید مدیریت دیم هرچه کوچکتر شود قابلیت دیم افزایش خواهد یافت زیرا جهت کوچکتر شدن $\alpha$ بایستی یا $W_i$ (عمق آبیاری) بزرگ شود که افزایش آبیاری تکمیلی را می‌رساند که امتیاز منفی در دیم دارد یا $dw_i$ (دور آبیاری) کوچک شود که تعدد آبیاری و نیاز به آبیاری را به همراه دارد که باز امتیاز منفی محسوب می‌شود و به‌صورت ترکیبی نیز بایستی $\alpha$ کوچک‌تر باشد. با توجه به این‌که اثر مقدار بارش در یک دور تا دور بعدی قابل ملاحظه است، هر چه اثر ماندگاری بیشتر باشد یا میزان بارش زیاد بوده و یا فواصل بارش کمتر بوده است. تاثیر مقدار آبیاری نیز به همین صورت می باشد به همین دلیل شاخص اول، شاخص نسبت فاصله[1]تعریف گردید که این شاخص به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$\text{نسبت فاصله} = \sum_{i=1}^{n_R}\sum_{j=1}^{n_W}\frac{R_i dw_j}{D_i W_j} = \frac{\beta}{\alpha} \qquad [۱۴]$$

$D_i$، فاصله زمانی بارش در زمان i بر حسب میلی‌متر در روز، $R_i$، مقدار بارش در زمان i بر حسب میلی‌متر، $dw_j$، دور آبیاری در زمان j بر حسب میلی‌متر در روز و $w_j$، مقدار عمق آبیاری در زمان j بر حسب میلی‌متر می‌باشند. شاخص نسبت فاصله بر مبنای این استدلال تعریف شد که این شاخص بر طبق منطق ذکر شده بایستی نسبت مستقیم با $\beta$ و نسبت معکوس با $\alpha$ داشته باشد، بنابراین هرچه مقدار شاخص نسبت فاصله بیشتر شود امتیاز مثبتی برای کشت دیم خواهد بود. منطق معرفی شاخص دوم تقریبا در برگیرنده منطق شاخص اول می‌باشد. با این تفاوت که اثر ماندگاری بارش بر شدت‌های آبیاری را به‌نحوی در خود گنجانده است. به‌عبارت دیگر حالت کوواریانسی هر کدام از شدت‌های بارش را روی شدت-های آبیاری حفظ می‌کند. در شاخص دوم نسبت‌های جزیی فاصله بارش و نسبت‌های جزیی فاصله آبیاری درنظر گرفته شده است که شاخص دوم نسبت فاصله جزیی[2]تعریف گردید و این شاخص به‌صورت زیر است:

$$\text{نسبت فاصله جزیی} = \left(\sum_{i=1}^{n_R}\frac{R_i}{D_i}\right)\left(\sum_{i=1}^{n_W}\frac{dw_j}{W_j}\right) = (\beta)\times\left(\frac{1}{\alpha}\right) \qquad [۱۵]$$

بعد از تعیین شاخص‌ها، پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه بر اساس این دو شاخص معرفی شد و عملکرد دیم با هدف ارزیابی دیم انجام گرفت. برای خوشه‌بندی با روش K-means ابتدا منطقه مورد مطالعه دو خوشه در نظر گرفته شد که بعد از بررسی نتایج حاصل شده از آزمون همگنی H نشان‌داد دو خوشه برای هرکدام از شاخص‌ها و عملکرد دیم منطقه همگن و خوشه‌ها دارای همگنی ملایم می‌باشند. در جدول ۳ مقدار آماره H مربوط به همگنی خوشه‌ها ارائه شده است.

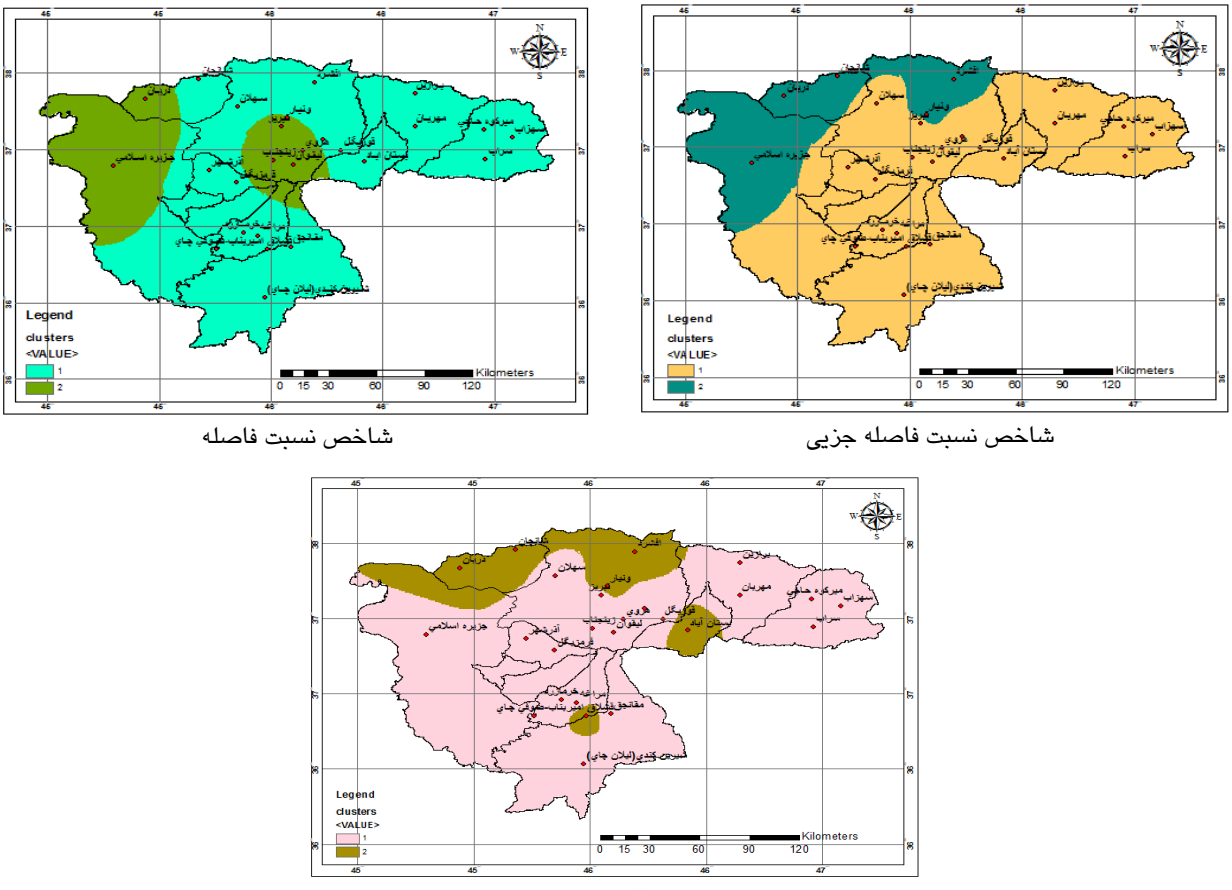
[1] Interval ratio

[2] Partial interval ratio

**جدول ۳- مقدار آماره آزمون همگنی H**

| شماره خوشه | شاخص نسبت فاصله | شاخص نسبت فاصله جزیی | عملکرد دیم |
|---|---|---|---|
| ۱ | -۱/۶۱ | -۱/۳۱ | -۱/۹۸ |
| ۲ | -۱/۴۸ | -۱/۰۶ | -۱/۴۳ |

در خوشه‌بندی ناحیه یک شاخص نسبت فاصله، نواحی شمال شرقی، جنوب و بخشی از شمال و ناحیه دوم قسمتی از شمال غربی و مرکز منطقه مورد مطالعه را توجیه می‌کند. در خوشه‌بندی شاخص نسبت فاصله جزیی که ناحیه یک نواحی شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال و شمال غرب را توجیه می‌کند. در پهنه‌بندی عملکرد دیم ناحیه یک شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب و ایستگاه بستان-آباد و قشلاق‌امیر را در برگرفته است. در شکل ۳ مناطق همگن شرق دریاچه ارومیه بر مبنای شاخص‌ها و عملکرد دیم با روش K-means نشان داده شده است.




شاخص نسبت فاصله جزیی — شاخص نسبت فاصله — عملکرد دیم

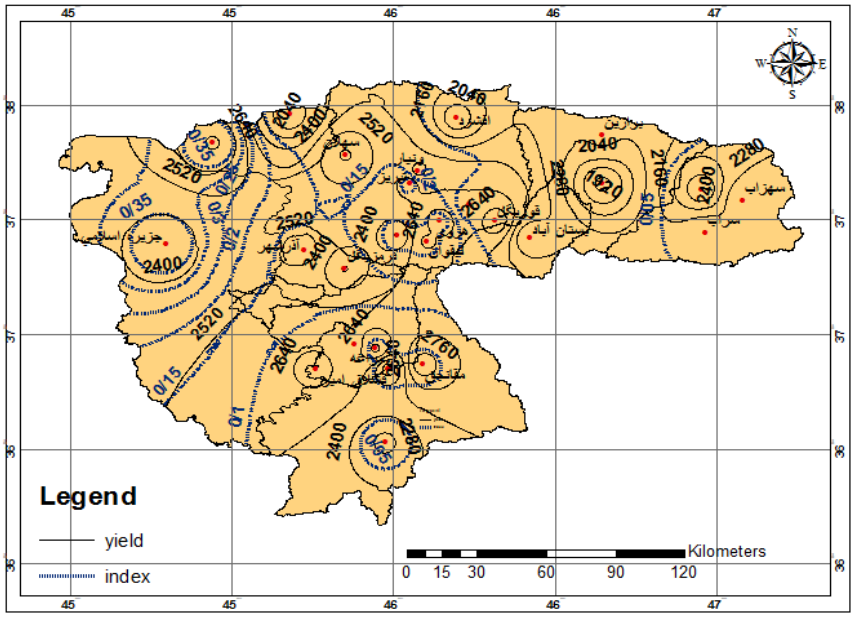
**شکل ۳- مناطق همگن شرق دریاچه ارومیه بر مبنای شاخص‌ها و عملکرد دیم با روش K-means**

درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های شاخص‌ها و عملکرد دیم در جدول ۴ ارائه شده است. در پهنه‌بندی شاخص نسبت فاصله جزیی، درصد مساحت خوشه‌های این شاخص با پهنه‌بندی عملکرد دیم به هم نزدیک می‌باشد. از نظر درصد میانگین نیز خوشه‌های شاخص نسبت فاصله جزیی نسبت به شاخص نسبت فاصله، اختلاف کمتری با درصد میانگین خوشه‌های عملکرد دیم دارد. مقایسه نتایج پهنه‌بندی عملکرد دیم با پهنه‌بندی شاخص‌ها نشان داد که شاخص نسبت فاصله جزیی از نظر درصد مساحت خوشه‌ها، ایستگاه‌های مشترک واقع در هر خوشه، میانگین‌های محاسبه شده همخوانی بیشتری با عملکرد دیم یعنی واقعیت منطقه

دارد. بنابراین این شاخص برای ارزیابی مناطق دیم معرفی می‌شود. بعد از تعیین شاخص مناسب، جهت شناسایی مناطق مستعد دیم، خطوط هم‌عملکرد و خطوط هم‌شاخص نسبت فاصله جزیی (شاخص برگزیده) رسم گردید (شکل ۴). چنانچه مشاهده می‌شود در نواحی شمال غرب و مرکزی منطقه میزان عملکرد و میزان شاخص نسبت فاصله جزیی افزایش می‌یابند که بیانگر پتانسیل دیم در این نواحی است. بنابراین نواحی مرکزی و شمال غرب شرق دریاچه ارومیه مناطق مستعد دیم با این شاخص معرفی شده می‌باشند. نتایج مطالعات کمالی و همکاران (۱۳۸۷) جهت پهنه‌بندی اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی، در نهایت عمده مناطق بسیار مناسب کشت گندم دیم در شمال استان قرار داشته است. با نتایج حاصل از این پژوهش تقریبا همخوانی دارد. همچنین فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) به‌منظور پهنه‌بندی آگروکلیماتولوژی گندم دیم در سطح استان آذربایجان شرقی از GIS استفاده کردند که مناطق بسیار مناسب برای کشت گندم ۱ درصد، اراضی مناسب ۹۴/۱۲ درصد و اراضی متوسط نیز ۱۲/۳۷ درصد می‌باشد. به‌دلیل تفاوت در منطقه با نتایج این پژوهش همخوانی کامل ندارد.

**جدول ۴- درصد مساحت و درصد میانگین خوشه‌های همگن شاخص‌ها و عملکرد دیم منطقه مورد مطالعه.**

| شماره خوشه | شاخص نسبت فاصله | | شاخص نسبت فاصله جزیی | | عملکرد دیم | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | مساحت (٪) | میانگین خوشه (٪) | مساحت (٪) | میانگین خوشه (٪) | مساحت (٪) | میانگین خوشه (٪) |
| ۱ | ۶۷ | ۴۹ | ۷۴ | ۶۸ | ۸۱ | ۷۹ |
| ۲ | ۳۳ | ۵۱ | ۲۶ | ۳۲ | ۱۹ | ۲۱ |




**شکل ۴- خطوط هم عملکرد و هم شاخص نسبت فاصله جزیی شرق دریاچه ارومیه طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۰.**

## نتیجه‌گیری کلی

دو شاخص جهت شناسایی ارزیابی مناطق دیم معرفی گردید که از بین دو شاخص معرفی شده، شاخص نسبت فاصله جزیی جهت شناسایی مناطق مستعد دیم انتخاب شد. با توجه به شاخص برگزیده مناطق مرکزی و شمال غربی منطقه شرق دریاچه ارومیه قابلیت کشت دیم را دارد. شاخص معرفی‌شده در این پژوهش می‌تواند به عنوان راهنمایی جهت مدیریت صحیح منابع آب از

تغییر الگوی کشاورزی از زمین‌ها فاریاب به دیم استفاده شود. با کمک نقشه‌های شاخص و عملکرد دیم، شناسایی مناطق مستعد کشت دیم صورت گیرد که در راستای حفظ و مدیریت منابع آب اقدام شود. با شناسایی این مناطق، می‌توان از نابود شدن و زیان‌های جبران‌ناپذیر وارد بر منابع آبی ممانعت کرد.

**منابع مورد استفاده**


Allen RG, Pereira LS, Reas D and Smith M, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage 56.

Bannayan M, Eyshi rezaei E and Hoogenboom G, 2013. Determining optimum planting dates for rainfed wheat using the precipitation uncertainty model and adjusted crop evapotranspiration. Agricultural Water Management 126: 56-63.

Bidadi M J, Kamkar B, Abdi O and Kazemi H, 2015. Land suitability analysis on rainfed wheat cropping using geospatial information systems (A case study: Qaresoo Basin). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production. 25 (1):131-143.

Carranza CD, Bautita F, Lanza RO and Hernandez HR, 2011. Classification and agro climatic zoning, using the relationship between precipitation and evapotranspiration in the state of Yukatan, Mexico. Investigations Geograficas, Boletin Del Instituto De Geografía 75 (4): 51-60.

Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage 33, Rome, Italy.

Doorenbos J. and Pruitt WO, 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage 24, Rome, Italy.

Droogers P, Seckler D and Makin I, 2001. Estimating the potential of rain-fed agriculture. IWMI Working Paper 20, Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute.

Feizizadeh B, Abdali H, Rezaei Banfsheh M and Mohammadi G H, 2012. Zoning of susceptible area to rainfed wheat in the Eastern Azerbaijan province by Geospatial analysis of. Agronomy Journal 96: 75-91.

Hasheminasab F, Mousavi baygi M, bakhtiari B, Bannayan M, 2014. The Effects of Rainfall on Dryland Wheat Yield and Water Requirement Satisfaction Index at Different Time Scales. Journal of Irrigation and Water Engineering. 17: 1-13.

Hosking JR and Wallis JR, 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. Water Resource Research 29 (2): 271- 281.

Kamali GH A, Sedighianipoor A, Sedaghtkerdar and Asgari GH, 2008. The climatic zoning of dryland wheat in Eastern Azerbaijan. Journal of Water and Soil. 22 (2): 467-483.

Kamali Gh, Mollaei P and Behyar M, 2010. Development of Zanjan Province Dry Land Wheat Atlas by using Climatic Data and GIS. Journal of Water and Soil. 24 (5): 894-907.

Koolaiyan A and Gholami Sefidkouhi M. 2012. Introduction of the best method for determining the effective rainfall of rice cultivation in Ghaemshahr city. Third National Conference on Integrated Water Resources Management. University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

Macqueen J, 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observation. Pp.281-297. In Proceeding of the 5th Berkeley symposium on Mathematical Statistics and Probability. Berkeley, CA: University of California.

Majnouni Harris A and Asadi E, 2013. Principles and concepts of irrigation. Amidi Publishing, Tabriz.

Momeni, 2014. Clustering of data (cluster analysis). Mansour Momeni, Tehran

Mousavi Baigi M, Ashraf B, Ramezan zade Hojabr F, 2013. Identification of susceptible areas and determination of the suitable date of cultivation of wheat in rainfed regions of Khorasan Razavi province. Journal of Applied Field Crops Research. 99: 131-140.

Norwood CH, 2000. A dry land winter wheat as affected by previous crops. Agronomy Journal 92(1):121-127.

Parracho AC, Melo-Goncalves P and Rocha A, 2016. Regionalization of Precipitation for the Iberian Peninsula and Climate Change. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 94: 146-154.

Ramezani Etemadi H, Liaqat A, Parsinejad M, Tavakoli A and Bozorg Haddad O, 2012. Development of optimal water allocation model in hydroponic and dry land for increasing economic efficiency. Ph.D. Department of Irrigation and Drainage, Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.

Sedghianipoor A, 2008. The climatic zoning of dryland wheat in Eastern Azerbaijan, Master's Degree, Islamic Azad University, Science and Research of Tehran.

Sharma BR, Rao KV, Vittal KP, Ramakrishna YS and Amarasinghe U, 2010. Estimating the potential of rainfed agriculture in India: Prospects for water productivity improvements. Agricultural Water Management 97(1): 23-30.

Yu PS and Yung TC, 1996. Synthetic regional flow duration curve for Southern Taiwan. Hydrological Processes 10 (3): 373-391.