

پهنه‌بندی تأثیر بارش‌های فصلی بر عملکرد دیم در شرق دریاچه ارومیه با روش وارد و K- Meansپروا محمدی^۱، احمد فاخری فرد^{۲*}، یعقوب دین‌پژوه^۳، اسماعیل اسدی^۴

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی 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

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۱/۰۳؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۲/۲۵)

چکیده

بارش از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دیم است. لزوم مدیریت و استفاده بهینه آب در بخش کشاورزی، برای مدیریت و حفظ منابع آبی ضروری است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر تغییرات فصلی بارش بر میزان عملکرد سالانه دیم است. از داده‌های بارش ماهانه ۲۶ ایستگاه باران‌سنجی منطقه شرق دریاچه ارومیه طی دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. خوشه‌بندی با روش‌های K- Means و وارد انجام شد. بررسی همگنی خوشه‌ها با آزمون آماری H صورت گرفت و خوشه‌های همگن در محیط GIS رسم شد. میزان تأثیر بارش‌های فصلی با عملکرد سالانه دیم مقایسه شد. نتایج نشان داد اثر بارش در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در میزان عملکرد دیم مثبت است و بارش در این فصل‌ها روی افزایش عملکرد تأثیر شایان توجهی دارد. در این سه فصل بارش موجب افزایش ذخیره رطوبت خاک می‌شود که فصل تابستان مصرف‌کننده افزایش ذخیره است و در فصل تابستان رابطه معکوسی بین بارش و عملکرد سالانه دیم وجود دارد. خطوط هم‌بارش فصل‌ها با عملکرد دیم منطقه مطالعه شده به منظور شناسایی مناطق با افزایش توأم بارش و عملکرد دیم رسم شد. نتایج به دست آمده از این خطوط نشان داد در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در ایستگاه‌های دریان، لیقوان، خرم‌ازرد، سهلان، هروی، سعیدآباد، شیرین‌کندی، قوری‌گل، تبریز و مغانجیق افزایش بارش با مقدار عملکرد رابطه مستقیم دارد. این مناطق می‌تواند به‌عنوان مناطق مستعدتر کشت دیم در منطقه شرق دریاچه ارومیه معرفی شود و شناخت تأثیر بارش بر میزان عملکرد دیم این مناطق می‌تواند کاربردی‌تر و قابل اطمینان‌تر باشد.

کلیدواژگان: بارش‌های فصلی، پهنه‌بندی، خوشه‌بندی، شرق دریاچه ارومیه، عملکرد دیم.

مقدمه

میزان بارش طی فصل‌های مختلف بر میزان عملکرد دیم مؤثر است. با توجه به کمبود منابع آب، کشاورزی دیم اهمیت ویژه‌ای دارد و تنها منبع تأمین آب در کشاورزی دیم، بارش است. میزان تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه گندم دیم، همبستگی زیادی با نزولات جوی دارد [۱]. اوچه (۱۹۹۸) در ساوانای نیجریه به پهنه‌بندی آگروکلیمایی تولید گندم پرداخت. نتایج تحقیق او نشان داد در یک منطقه تروپیکال مانند نیجریه، اقلیم، فاکتوری بسیار مهم برای رشد گندم است [۲]. نتایج مطالعه مونز دیاس و رودریگو (۲۰۰۴) نشان داد تحلیل خوشه‌ای برای ارزیابی مکانی- زمانی، توزیع بارش فصلی در اسپانیا مناسب است [۳]. نصیری و همکارانش (۲۰۰۶) میانگین داده‌های ماهانه هواشناسی طی دوره ۱۹۶۸ تا ۲۰۰۰ را بررسی کردند و نتایج تحقیق آنها بیان‌کننده ارتباط بین میزان کاهش عملکرد گندم و کاهش بارندگی است [۴]. نتایج پژوهش ليو و همکارانش (۲۰۱۰) نشان داد افزایش بارش موجب افزایش شایان توجه عملکرد گندم است [۵]. پاراچو و همکارانش (۲۰۱۶) پهنه‌بندی بارش برای شبه‌جزیره ایبری را با استفاده از مجموعه داده‌های روزانه بارش طی دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ بررسی کردند و کاربرد روش تحلیل غیرسلسله‌مراتبی K-Means برای خوشه‌بندی انجام دادند و نتایج نشان داد در چهار منطقه میزان بارش سالانه متمایزند [۶].

نتایج مطالعه عزیززی و یاراحمدی (۱۳۸۲) نشان داد بین عملکرد گندم دیم و میزان بارش پاییزه و بهاره و همچنین تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال، ارتباط مستقیم وجود دارد؛ اما بین متغیرهای تعداد روزهای یخبندان بهاری و تأخیر در اولین بارش پاییزه، ارتباط معکوس برقرار است [۷]. رسولی و همکارانش (۱۳۸۴) و فیضی‌زاده و همکارانش (۱۳۹۱) پارامترهای اقلیمی بارش و دما را از شاخص‌های مؤثر در فرایند کشت گندم دیم معرفی کردند [۸ و ۹]. نتایج مطالعه بلیانی و همکارانش (۱۳۹۱) بیان می‌کرد که در بین عناصر اقلیمی بارش سالانه و چگونگی توزیع آن طی فصل رشد ارتباط وجود دارد، همچنین دمای تراکمی مهم‌ترین عامل در فرایند کشت گندم دیم است و بارش در فصل پاییز و زمستان محدودیتی ایجاد نکرده است [۱۰]. هاشمی‌نسب

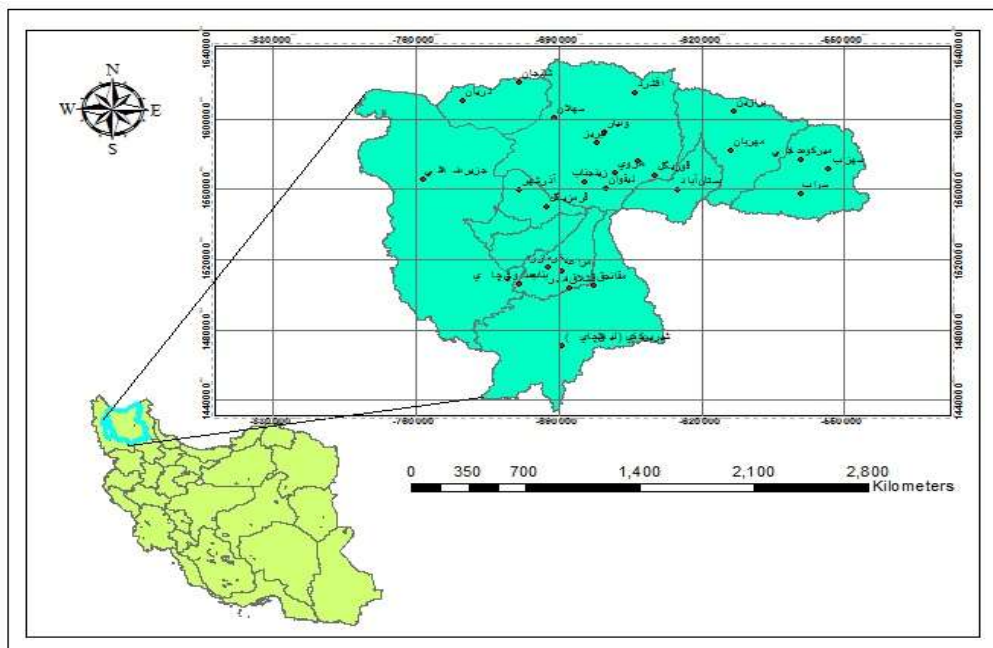
خبیسی و همکارانش (۱۳۹۳) ارتباط میان بارش طی دوره رشد و عملکرد گندم دیم را مناسب ارزیابی کردند [۱۱]. با توجه به تأثیر مهم عوامل اقلیمی بر عملکرد محصول، بررسی تأثیر بارش فصلی بر عملکرد سالانه دیم در منطقه شرق دریاچه ارومیه ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیرات بارش فصلی مؤثر روی عملکرد و شناسایی مناطق مستعدتر دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده در این پژوهش بخش شرقی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران است که بین مختصات جغرافیایی ۳۳° ۴۴' تا ۴۷° ۵۴' طول شرقی و ۴۲° ۳۵' تا ۲۵° ۳۸' عرض شمالی واقع شده است. در این مطالعه از داده‌های ماهانه بارش، ۲۶ ایستگاه باران‌سنجی شرق دریاچه ارومیه طی دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۲ استفاده شد (جدول ۱). در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه‌شده نشان داده شده است. بازسازی داده‌های گمشده توسط برنامه‌ای انجام گرفت که در محیط برنامه‌نویسی فرترن نوشته شد. با توجه به اینکه گندم محصولی استراتژیک است، آمار عملکرد گندم دیم ۲۳ سال استان آذربایجان شرقی ۱۰ ایستگاه (آذرشهر، اسکو، بستان‌آباد، بناب، تبریز، سراب، شبستر، مراغه، ملکان و هریس) از جهاد کشاورزی استان گرفته شد. با توجه به محدودیت تعداد ایستگاه‌های دارای آمار عملکرد دیم نسبت به ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه شرق دریاچه ارومیه، از روش تیسن‌بندی استفاده شد و برای هر ایستگاه باران‌سنجی با توجه به پلیگون تیسن ایجادشده یک ایستگاه دارای آمار عملکرد دیم معادل لحاظ شد.

روش K-Means

روش K-Means، کاربردی‌ترین روش خوشه‌بندی داده‌هاست. این روش اولین بار توسط مک کویین (۱۹۶۷) ارائه شد [۱۲] تعداد خوشه‌ها در این روش ثابت و از پیش تعیین شده است. این روش براساس مینیمم‌کردن مربعات خطا یا تغییرات درون‌گروهی که معادل با بیشینه‌کردن تغییرات بین خوشه‌هاست، بنا نهاده شده است. بنابراین، هدف کلی این الگوریتم به‌دست‌آوردن قسمت‌هایی است که با تعداد ثابت خوشه‌ها به‌طور کلی مربع خطاها را کمینه کند. با توجه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه‌شده

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی مطالعه‌شده

ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه	شماره ایستگاه
۱۳۸۰	۳۷ ۰۲	۴۶ ۲۷	شیرین‌کندی	۱
۱۶۵۰	۳۸ ۳۵	۴۵ ۹۰	بنیس‌شانجان	۲
۱۶۳۰	۳۸ ۲۳	۴۵ ۶۰	دریان	۳
۱۷۵۰	۳۷ ۸۵	۴۶ ۸۳	بستان‌آباد	۴
۲۲۰۰	۳۷ ۸۶	۴۶ ۳۲	زینجاب	۵
۱۴۵۰	۳۸ ۱۲	۴۶ ۴۰	ونیار	۶
۱۵۴۰	۳۷ ۳۲	۴۶ ۲۸	قشلاق‌امیر	۷
۱۶۷۳	۳۷ ۷۲	۴۶ ۱۱	قرمزی‌گل	۸
۱۸۷۵	۳۷ ۹۸	۴۶ ۶۰	سعیدآباد	۹
۲۰۰۰	۳۸ ۳۳	۴۶ ۵۵	افشرد	۱۰
۱۵۱۰	۳۸ ۰۷	۴۷ ۱۲	مهربان	۱۱
۱۸۵۰	۳۸ ۰۰	۴۷ ۶۶	سهباب	۱۲
۱۶۸۰	۳۷ ۸۷	۴۷ ۵۲	سراب	۱۳
۱۵۰۰	۳۸ ۰۷	۴۶ ۳۷	تبریز	۱۴
۱۲۸۳	۳۷ ۳۲	۴۶ ۰۰	بناب (صوفی‌چای)	۱۵
۱۴۷۵	۳۷ ۴۰	۴۶ ۲۳	مراغه	۱۶
۱۳۴۰	۳۷ ۸۰	۴۵ ۹۶	آذرشهر	۱۷
۱۹۶۲	۳۸ ۲۷	۴۷ ۱۲	برازین	۱۸
۱۲۸۰	۳۷ ۸۲	۴۵ ۴۲	جزیره اسلامی	۱۹
۱۳۵۰	۳۸ ۱۸	۴۶ ۱۲	سهلان	۲۰
۲۲۰۰	۳۷ ۸۳	۴۶ ۴۳	لیقوان	۲۱
۱۶۵۰	۳۷ ۳۳	۴۶ ۴۲	مغانجیق	۲۲
۱۸۵۰	۳۷ ۹۲	۴۶ ۷۰	قوری‌گل	۲۳
۱۸۳۰	۳۸ ۰۴	۴۷ ۵۰	میرکوه‌حاجی	۲۴
۱۵۶۰	۳۷ ۴۲	۴۶ ۱۵	خرمازرد	۲۵
۱۹۲۰	۳۷ ۹۲	۴۶ ۴۸	هروی	۲۶

نظیر ضریب تغییرات معمول، L-Skew ضریب چولگی و L-Kurtosis ضریب کشیدگی هستند.

۲. مقادیر L-CV، L-Skew و L-Kurtosis ($\bar{t}_1, \bar{t}_2, \bar{t}_3, \bar{t}_4$) ناحیه‌ای برای خوشه یا ناحیه محاسبه شد.

۳. میانگین وزنی انحراف معیار L-CV‌های نسبی ایستگاهی به صورت رابطه ۱ محاسبه شد:

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

برای یک خوشه یا ناحیه حاوی N ایستگاه گشتاورهای خطی میانگین ناحیه‌ای یا گروهی به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad \bar{t}_r = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (2)$$

که در آن n_i و $t_r^{(i)}$ به ترتیب طول داده‌های ثبت‌شده و گشتاورهای خطی نسبی نسبت در ایستگاه نام خوشه هستند و L-CV $t^{(i)}$ ایستگاه نام است.

۴. با استفاده از گشتاورهای خطی نسبی ناحیه‌ای $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \bar{t}_3, \bar{t}_4$ پارامترهای توزیع کاپا یعنی ξ, α, k و h محاسبه شدند. توزیع یادشده تابع احتمالاتی تراکمی زیر را دارد:

$$F(X) = \left\{ 1 - h \left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha} \right]^k \right\}^h \quad (3)$$

و تابع چگالی احتمال توزیع کاپا به شرح زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{1 - k(X - \xi)}{\alpha} \right]^{(h/k) - 1} \quad (4)$$

$$[F(X)]^{1-h} \quad \alpha > 0$$

و تابع چنبدک توزیع کاپا عبارت است از:

$$X(F) = \xi + \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left(\frac{1-F}{h} \right)^k \right] \quad (5)$$

۵. تعداد بسیار زیادی خوشه یا ناحیه (N_{Sm}) که هر یک N ایستگاه با طول داده‌های مساوی با طول داده‌های ایستگاه‌های خوشه واقعی دارد. با استفاده از توزیع چهارپارامتری کاپا ایجاد شد.

۶. V_{1S} برای هر ناحیه یا خوشه شبیه‌سازی شده محاسبه شد در نتیجه تعداد N_{Sm} عدد برای V_{1S}

به خوشه اولیه، از طریق تخصیص داده‌های باقی‌مانده به نزدیک‌ترین مرکز و پس از آن بارها تغییر عضویت در خوشه‌ها براساس تابع خطا، 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 ایستگاه‌ها به صورت تصادفی به k خوشه تقسیم می‌شوند. در گام بعد، فاصله هر یک از ایستگاه‌ها از مرکز خوشه خود محاسبه می‌شود. در صورتی که فاصله ایستگاه مد نظر از میانگین خوشه خود زیاد و به خوشه دیگری نزدیک‌تر باشد، این شیء به خوشه‌ای اختصاص می‌یابد که نزدیک‌تر است. این کار آن قدر تکرار می‌شود تا تابع خطا حداقل شود، و یا اعضای خوشه‌ها تغییر نکند [۱۳].

روش وارد

وارد (۱۹۶۳) روشی برای خوشه‌بندی داده‌ها ارائه کرد که یکی از روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی است [۱۴]. در این روش ابتدا هریک از ایستگاه‌ها به صورت خوشه جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. سپس در هر گام دو شیء با هم ادغام می‌شوند. این کار به قدری 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)^۱ 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 به قدری تکرار می‌شود تا همه ایستگاه‌ها با هم ادغام شوند و خوشه یکتایی به وجود آید. گاهی از این روش با نام «کمترین واریانس» یاد می‌شود [۱۳].

در این تحقیق برای آزمون همگنی خوشه‌ها از آماره H توسط هوسکینگ (۱۹۹۳) که براساس گشتاورهای خطی مشاهداتی استاندارد شده بر مبنای گشتاورهای داده‌های مصنوعی بهترین توزیع برآزش داده شده بر داده‌های مشاهداتی ایجاد می‌شود [۱۵] استفاده شده است. آزمون H-Statistics طی مراحل زیر انجام شد:

۱. مقادیر L-Skew و L-Kurtosis (t_1, t_2, t_3, t_4) برای هر ایستگاه واقع در یک خوشه محاسبه شدند. L-CV

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

اگر $H > 2$ باشد، خوشه یا ناحیه کاملاً ناهمگن خواهد بود [۱۵].

برای انجام خوشه‌بندی با روش‌های K-Means و وارد، ابتدا داده‌های ۲۶ ایستگاه باران‌سنجی برای چهار فصل جداگانه مرتب شدند که برای هر سال، آمار مربوط به آن فصل استفاده شد. داده‌های فصلی بارش و عملکرد دیم سالانه به صورت آرایه $26 * 23$ به دست آمد. (۲۳ مربوط به تعداد سال‌ها و ۲۶ مربوط به تعداد ایستگاه‌ها). در خوشه‌بندی داده‌های فصلی بارش و عملکرد دیم، ایستگاه‌ها به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. این ماتریس به عنوان ورودی روش K-Means و وارد در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. سپس با استفاده از آزمون آماره H همگنی هر یک از خوشه‌های به دست آمده بررسی شد. در نهایت، پهنه‌بندی خوشه‌های همگن به کمک نرم‌افزار GIS صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج پهنه‌بندی روش وارد

منطقه مطالعه شده براساس روش وارد از لحاظ بارش فصلی و عملکرد دیم به دو خوشه همگن تقسیم شد. بررسی خوشه‌های به دست آمده با آزمون H انجام گرفت که خوشه اول بارش در فصل‌های بهار و زمستان و عملکرد دیم کاملاً همگن و خوشه دوم همگنی ملایم دارد. خوشه‌های اول و دوم بارش در فصل تابستان به ترتیب دارای همگنی ملایم و کاملاً همگن و خوشه اول و دوم بارش فصل پاییز کاملاً همگن است. نتایج مربوط به مقدار آماره آزمون همگنی بارش فصل‌ها و عملکرد دیم در جدول ۲ ارائه شده است. در پهنه‌بندی بارش فصل بهار خوشه اول ایستگاه‌های مهربان، افشرد، جزیره اسلامی، آذرشهر، قرمزی گل، مغانجیق و شیرین‌کندی را پوشش می‌دهد. خوشه دوم بقیه ایستگاه‌های شرق، شمال غربی، مرکز و بخشی از جنوب منطقه مطالعه شده را در بر گرفته است. در پهنه‌بندی بارش فصل تابستان، خوشه دوم شامل ایستگاه‌های بستان آباد، سهزاب، سراب، میرکوه حاجی و قرمزی گل و خوشه اول، شامل بقیه ایستگاه‌هاست. در پهنه‌بندی بارش فصل پاییز خوشه اول قسمت جنوب منطقه مطالعه شده و ایستگاه آذرشهر را توجیه می‌کند. خوشه دوم شامل مرکز، شرق، شمال و بخشی از

حاصل شد که میانگین و انحراف معیار آنها یعنی $\mu_{V_{1s}}$ و $\sigma_{V_{1s}}$ به دست آمد.

۷. عدد همگنی (معیار همگنی) H با عنوان H-Statistics از طریق رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{V_{1s}}}{\sigma_{V_{1s}}} \quad (6)$$

که در آن V_1 برای خوشه واقعی است. می‌توان معیار همگنی H را بر مبنای گشتاورهای خطی مراتب بالاتر یعنی L-Skew و L-Kurtosis نیز محاسبه کرد که در این صورت به جای V_1 دیگر معیارهای تغییرپذیری بین ایستگاهی گشتاورهای خطی مثل L-Skew و L-CV و میانگین شبیه‌سازی شده آنها به کار می‌برند.

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

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^N n_i [(t^{(i)} - \bar{t})^r + (t_r^{(i)} - \bar{t}_r)^r]^{\frac{1}{r}}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (7)$$

به ازای L-Skew و L-Kurt می‌توان V_3 را از رابطه زیر

تخمین زد:

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (t_r^{(i)} - \bar{t}_r)^r + (t^{(i)} - \bar{t})^r]^{\frac{1}{r}}}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (8)$$

V_2 متوسط وزنی (توزین شده) فاصله گشتاورهای L-Skew at-site از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-CV-Skew و V_3 میانگین وزنی فاصله گشتاورهای L-Skew at-site از گشتاورهای میانگین ناحیه‌ای L-Skew-Kurt است بنابراین، مقادیر را می‌توان از رابطه ۹ تخمین زد:

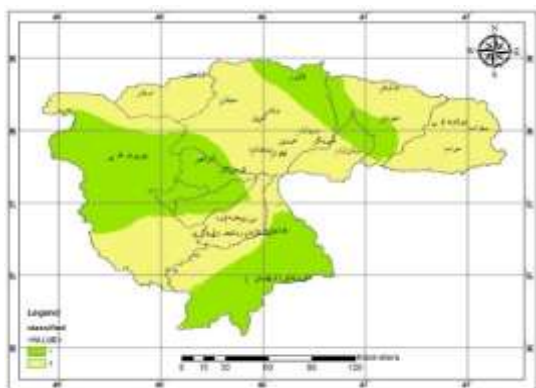
$$H_r = \frac{V_r - \mu_{V_{rs}}}{\sigma_{V_{rs}}}, \quad H_r = \frac{V_r - \mu_{V_{rs}}}{\sigma_{V_{rs}}} \quad (9)$$

که در آن $\mu_{V_{rs}}$ میانگین خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_2, V_{rs} انحراف معیار خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_2, V_{rs} میانگین خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_3 و V_{rs} انحراف معیار خوشه‌های شبیه‌سازی از طریق V_3 هستند. آزمون H-Statistics به صورت زیر ارزیابی همگنی را انجام می‌دهد:

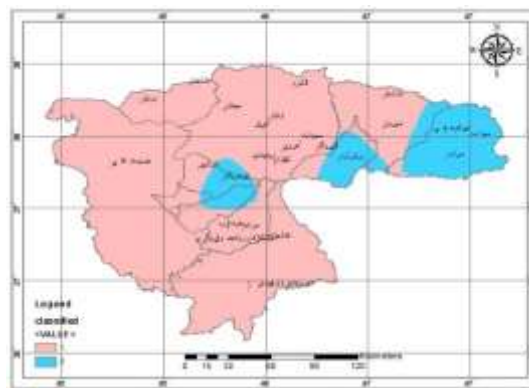
اگر $H \leq 1$ باشد، خوشه یا ناحیه کاملاً همگن خواهد بود.

شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مطالعه شده است. خوشه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب و ایستگاه بستان‌آباد را توجیه می‌کند. در شکل ۲ مناطق همگن بارش چهار فصل و عملکرد دیم با روش وارد نشان داده شده است.

غرب است. نتایج پهنه‌بندی بارش فصل زمستان، خوشه اول قسمتی از شرق، شمال، جنوب و ایستگاه جزیره اسلامی و خوشه دوم مرکز، شمال غرب و ایستگاه سراب را در بر گرفته است. در پهنه‌بندی عملکرد دیم خوشه اول شامل قسمت



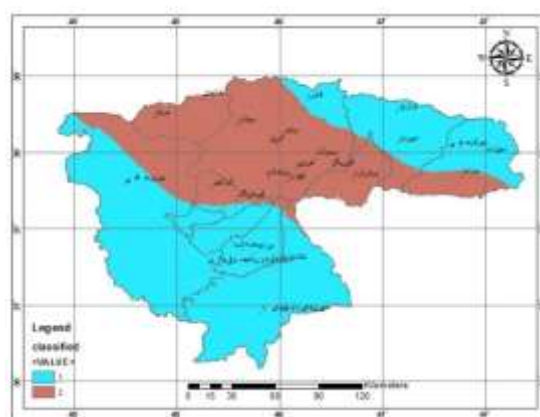
فصل بهار



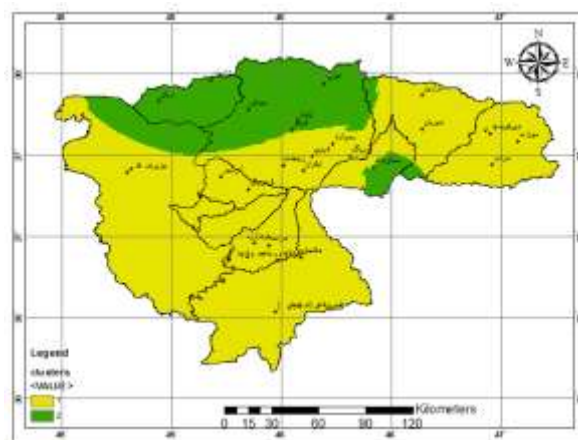
فصل تابستان



فصل پاییز



فصل زمستان



عملکرد دیم

شکل ۲. مناطق همگن شرق دریاچه ارومیه بر مبنای بارش فصلی و عملکرد دیم با روش وارد

نتایج پهنه‌بندی روش K-Means

خوشه‌بندی بارش در چهار فصل و عملکرد دیم با روش K-Means منطقه مطالعه‌شده را دو خوشه همگن تفکیک کرد. بررسی همگنی خوشه‌ها با آزمون H نشان داد خوشه اول بارش در فصل بهار و پاییز کاملاً همگن و خوشه دوم دارای همگنی ملایم است. خوشه‌های اول و دوم بارش در فصل تابستان و عملکرد دیم همگنی ملایم دارند. خوشه اول فصل زمستان همگنی ملایم و خوشه دوم کاملاً همگن است (جدول ۳). در پهنه‌بندی بارش فصل بهار، خوشه اول بخشی از جنوب غربی، غرب و ایستگاه افشرد و خوشه دوم مرکز، شمال غربی و شرق منطقه مطالعه‌شده را پوشش می‌دهد. در پهنه‌بندی بارش فصل تابستان خوشه اول قسمت بیشتر مساحت را در بر گرفته است. خوشه دوم ایستگاه‌های سهزاب، سراب، میرکوه‌حاجی، آذرشهر و قرمزی‌گل را توجیه می‌کند. براساس پهنه‌بندی بارش فصل پاییز، خوشه اول شامل بخشی از شرق، شمال غرب، غرب و جنوب و خوشه دوم قسمتی از مرکز، ایستگاه‌های سهزاب، سراب و جزیره اسلامی را پوشش می‌دهد. نتایج پهنه‌بندی بارش فصل زمستان خوشه اول ایستگاه‌های بستان‌آباد، هروی، ليقوان، تبریز، سهلان، زینجاب و جزیره اسلامی و خوشه دوم بقیه ایستگاه‌ها را در بر گرفته است. براساس نتایج پهنه‌بندی عملکرد دیم، خوشه اول پهنه‌بندی عملکرد دیم شمال شرقی، جنوب، غرب و مرکز منطقه مطالعه‌شده را توجیه می‌کند. ناحیه دوم قسمت‌هایی از شمال، شمال غرب و ایستگاه بستان‌آباد و قشلاق امیر را در بر گرفته است. شکل ۳ مناطق همگن

بارش چهار فصل و عملکرد دیم با روش K-Means را نشان می‌دهد.

نتایج خوشه‌بندی بارش فصلی با دو روش یادشده نشان داد سه فصل بهار، پاییز و زمستان از نظر ایستگاه‌های واقع در هر خوشه با عملکرد دیم همخوانی و سازگاری بیشتری دارند. در این سه فصل مقدار بارش ورودی کافی است که در افزایش میزان عملکرد دیم مؤثر است. به‌طور کلی، این سه فصل تأثیر مثبت در زمینه عملکرد دیم و قابل اطمینان‌تر دارند.

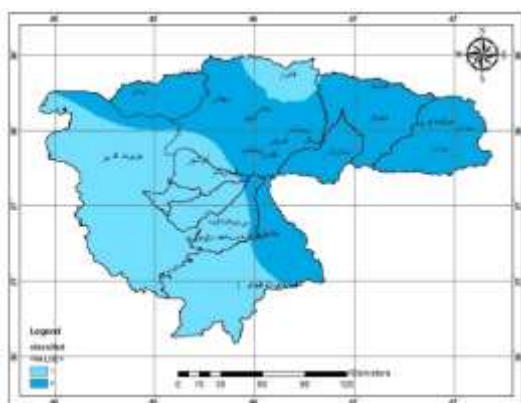
خطوط هم‌بارش فصل‌ها با عملکرد دیم منطقه مطالعه‌شده رسم شد که از این خطوط به‌منظور شناسایی مناطقی استفاده شد که افزایش توأم بارش و عملکرد دیم وجود دارد. شکل ۴ خطوط هم‌بارش و هم‌عملکرد منطقه شرق دریاچه ارومیه طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. با استفاده از تغییرات مکانی ارتباط بین بارش و عملکرد بهتر نشان داده می‌شود. نتایج این خطوط نشان داد در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در ایستگاه‌های دریان، ليقوان، خرمازرد، سهلان، هروی، سعیدآباد، شیرین‌کندی، قوری‌گل، تبریز و مغانجیق افزایش بارش با مقدار عملکرد رابطه مستقیم دارد. این مناطق می‌تواند به‌عنوان مناطق مستعدتر کشت دیم در منطقه شرق دریاچه ارومیه معرفی شود و شناخت تأثیر بارش بر میزان عملکرد دیم این مناطق می‌تواند کاربردی‌تر باشد. بنابراین، قسمت‌هایی از شمال غربی، مرکز و جنوب مناطق مستعدتر کشت دیم در منطقه مطالعه‌شده هستند که میزان عملکرد دیم در این مناطق می‌تواند مناسب‌تر باشد.

جدول ۲. مقدار آماره آزمون همگنی H با روش وارد

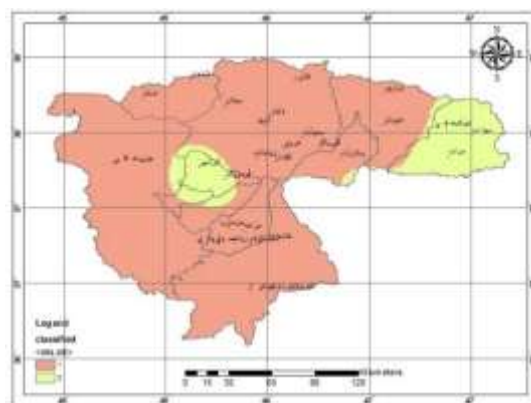
شماره خوشه	فصل بهار	فصل تابستان	فصل پاییز	فصل زمستان	عملکرد دیم
۱	۰/۶۰	۱/۵۱	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۸۵
۲	۱/۲۳	۰/۷۲	۰/۸۷	۱/۸۳	۱/۴۳

جدول ۳. مقدار آماره آزمون همگنی H با روش K-Means

شماره خوشه	فصل بهار	فصل تابستان	فصل پاییز	فصل زمستان	عملکرد دیم
۱	۰/۶۴	۱/۲۵	۰/۴۶	۱/۹۶	۱/۹۸
۲	۱/۴۰	۱/۱۳	۱/۱۵	۰/۴۷	۱/۴۳



فصل بهار



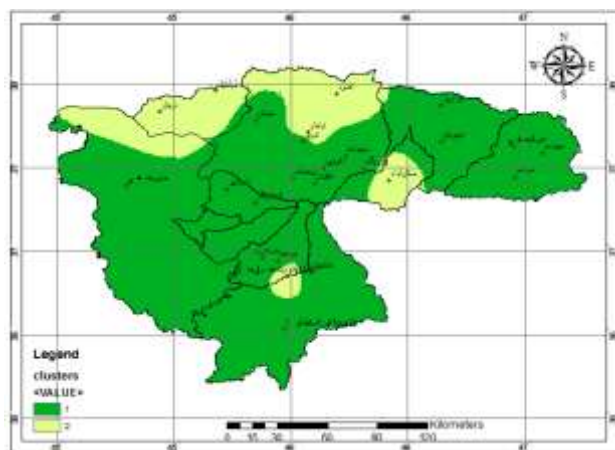
فصل تابستان



فصل پاییز

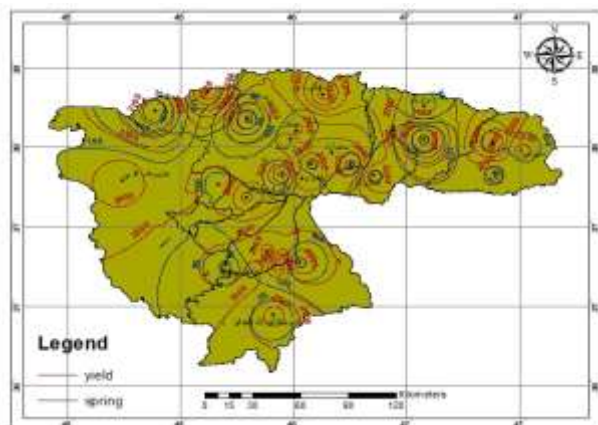


فصل زمستان

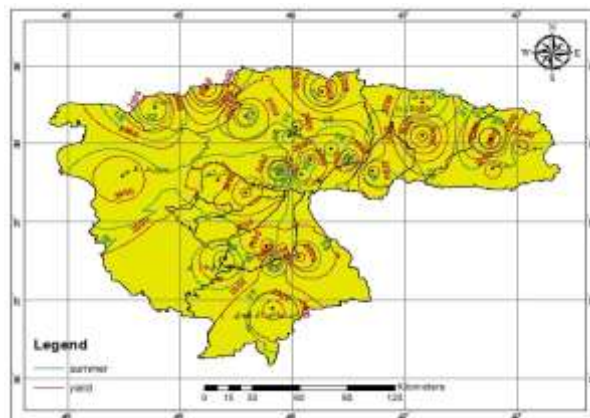


عملکرد دیم

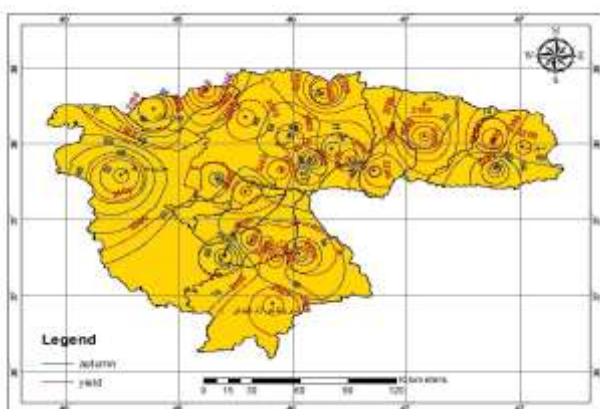
شکل ۳. مناطق همگن شرق دریاچه ارومیه بر مبنای بارش فصلی و عملکرد دیم با روش K- Means



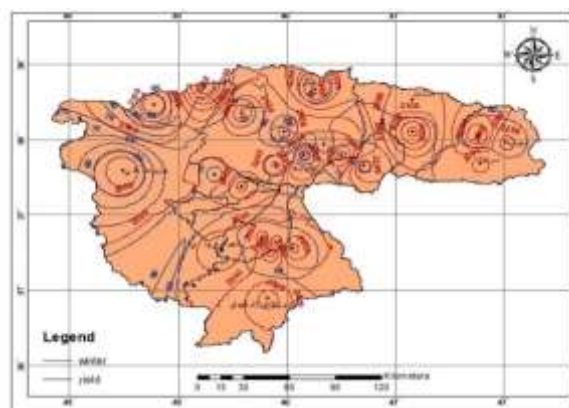
فصل بهار



فصل تابستان



فصل پاییز



فصل زمستان

شکل ۴. خطوط هم‌عملکرد و هم‌باران فصلی شرق دریاچه ارومیه طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۲

افزایش بارش در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان در منطقه شرق دریاچه تأثیر مثبتی در میزان عملکرد و حفظ منابع آبی خواهد داشت. همچنین شناسایی مناطق مستعدتر دیم برای حفظ و مدیریت منابع آب با وجود مسئله بحران آب در کشور امری ضروری است. شناسایی این مناطق برای افزایش عملکرد محصول دیم می‌تواند به‌منظور افزایش پتانسیل کشاورزی قابل استفاده باشد. همچنین با توجه به اینکه رویکرد کشور برای مبارزه با کم‌آبی روی آوردن به کشت دیم است، لازم است مناطق مستعد دیم شناسایی شوند که فقط بارش تغذیه‌کننده آنهاست. بنابراین، از نظر مدیریت منابع آب به‌منظور بهینه‌سازی مصرف می‌تواند کارایی داشته باشد. کاهش مصرف آب در خصوص دریاچه ارومیه عامل مهمی است. نتایج همچنین بیان می‌کند که استفاده از خطوط هم‌بارش و خطوط هم‌عملکرد دیم مناطقی معرفی شد که تأثیر بارش چهار فصل بر عملکرد سالانه دیم، قابلیت اعتماد بیشتری دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد پارامتر اقلیمی بارش در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در میزان عملکرد دیم مؤثر است و بارش در این فصل‌ها روی افزایش عملکرد تأثیر شایان توجهی دارد، اما در فصل تابستان اثر بارش معکوس است. در فصل تابستان کشت دیم به ثمر رسیده است، به‌تبع بارش در میزان عملکرد دیم در این فصل تأثیری نخواهد داشت. حتی بارش‌های با شدت زیاد می‌تواند تأثیر معکوس از نظر تلفات خوشه‌ها ایجاد کند و برداشت را دچار مشکل بکند. از نظر هیدرولوژیکی کاملاً بی‌تأثیر بر میزان عملکرد خواهد بود. همچنین نتایج دو روش خوشه‌بندی K-Means و وارد بیانگر این بود که خوشه‌بندی دو روش یادشده با خوشه‌بندی عملکرد دیم تطابق داشته است. بررسی تأثیرات بارش‌های فصلی بر افزایش میزان عملکرد سالانه محصول دیم، از نظر مدیریت منابع آبی و تأمین امنیت غذایی اهمیت دارد، بنابراین با

using regression model case study of sliding Sylankhor. *Journal of Geographical Research*. 2003; 44:23-29. (Persian)

- [8]. Rasouli AA, Ghasemi GHolazani K, Sobhani B. The Role of precipitation and height in determining for cultivation of rainfed wheat using GIS (Case study: Ardebil), *Journal of Geography and Development*. 2005; 3:183-200. (Persian)
- [9]. Feizizadeh B, Blaschke T. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2013; 56(1):1-23. (Persian)
- [10]. Balyani y, Hajarizadeh Z, Farjai A, Biat A. Agricultural climatic zoning of wheat cultivation using Geographic Information System Case Study: Fars province. *Journal of Physical Geography*. 2012; 5 (15): 33-50. (Persian)
- [11]. Hasheminasb FS, Mousavi BM, Balhtiari B, Bannayan M. The Effects of Rainfall on Dryland Wheat Yield and Water Requirement Satisfaction Index at Different Time Scales. *Iranian of Irrigation and Water Engineering*. 2014; 5 (17): 1-13. (Persian)
- [12]. MacQueen J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability 1967*; 1 (14): 281-297.
- [13]. Moemeni M. Data clustering 2nd Tehran. Mansour Momeni. 2014. (Persian)
- [14]. Ward Jr JH. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*. 1963; 58(301): 236-244.
- [15]. Hosking JR, Wallis JR. Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water resources research*. 1993; 29(2):271-281.

همچنین با توجه به بررسی این خطوط نواحی مستعدتر کشت دیم شناسایی شد. بنابراین، اثر بارش‌ها در میزان عملکرد سالانه دیم، در سه فصل بهار، پاییز و زمستان، در قسمت‌های شمال غربی، مرکز و جنوب شایان توجه است که رابطه مستقیم با عملکرد دارد؛ اما در فصل تابستان رابطه معکوسی بین بارش و عملکرد سالانه دیم وجود دارد.

منابع

- [1]. Dinar A, editor. Measuring the impact of climate change on Indian agriculture. World Bank Publications; 1998; 402 p.
- [2]. Oche CY. Agroclimatic zonation for wheat production in the savanna region of Nigeria. *Singapore Journal of Tropical Geography*. 1998; 19(1): 39-50.
- [3]. Munoz-Diaz D, Rodrigo FS. Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison. In *Annales Geophysicae*. 2004; 22 (5): 1435-1448.
- [4]. Nassiri M, Koocheki A, Kamali GA, Shahandeh H. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran: (Potentieller Einfluss des Klimawandels auf die Weizenproduktion unter Rainfed-Bedingungen im Iran). *Archives of agronomy and soil science*. 2006; 52(1): 113-124.
- [5]. Liu S, Mo X, Lin Z, Xu Y, Ji J, Wen G, Richey J. Crop yield responses to climate change in the Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agricultural water management*. 2010; 97(8):1195-209.
- [6]. Parracho AC, Melo-Gonçalves P, Rocha A. Regionalisation of precipitation for the Iberian Peninsula and climate change. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 2016; 94:146-154.
- [7]. Azizi GH, Yarahmadi D. The relationship between climatic parameters and wheat yield