Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Statistical Analysis of Climate Change Effects on Cropping Patterns in Golestan Province: A 25-Year Study

Mohanna Javanmardi [1] Maryam Mohammad Rezaei [2] Mozhgan Yarahmadi [3] Abbas Rahdan [4]

1 Graduate of Master of environmental engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2 Ph.D. student of Watershed Science and Engineering, Faculty of Range and Watershed, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3 Master's student in Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4 Ph.D. student of Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Keywords

Climate Cropping Pattern Agriculture Statistical Approach

ABSTRACT

Statistical detection is a method to reveal significant changes that cannot be attributed to natural variations. The agricultural sector heavily relies on climatic parameters such as temperature and precipitation, thus demonstrating a higher degree of responsiveness to climate change with increased intensity and speed. Climate change can also influence the cropping patterns and agriculture of a region over a long period. To enhance the quantity and quality of agricultural production in Golestan Province, it is necessary to study the climatic background and precipitation and temperature regimes over a long period (at least 25 years) to examine the trend of changes. Therefore, the Mondal and Papadakis methods were utilized on statistical data from meteorological stations in the province to obtain suitable winter and summer cropping types for Golestan Province. The climatic data used in this research includes monthly average minimum, maximum, and mean temperatures, monthly average absolute minimum and maximum temperatures, and annual average temperature and precipitation from 9 meteorological stations in Golestan Province within the time range of 1990-2018, obtained from the National Meteorological Organization. The results of statistical analysis showed no significant changes in the cropping pattern of the region during the study period (1990-2017), which can be justified by the defined temperature thresholds of the Papadakis model. For instance, the dominant winter cropping pattern was dual-headed barley, which requires the average maximum temperature of the coldest month to be above 10 degrees Celsius, a threshold observed in the region during the statistical period, thus indicating the continued cultivation of this crop in the future. Additionally, the prevalence of maximum temperatures above 20 and 25 degrees Celsius in the region and the prolonged absence of frost during the season are reasons for the stability of dominant summer cropping types in this province.

*Corresponding Author.
Email Adresses: Abasrahdan1372@gmail.com

To cite this article:

Javanmardi, M., Mohammad Rezaei, M., Yarahmadi, M., & Rahdan, A. (2023). Statistical Analysis of Climate Change Effects on Cropping Patterns in Golestan Province: A 25-Year Study. ***Human Ecology***, *2*(3), 259-278.

Doi: 10.22034/el.2024.190841

سال دوم، شماره سوم ، بهار ۱۴۰۳، ۲۵۹-۲۷۸.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

اثرات تغییرات اقلیمی بر الگوی کشت در استان گلستان: تحلیل آماری از داده‌های اقلیمی و الگوهای کشت طی ۲۵ سال گذشته

مهنا جوانمردی [۱] مریم محمد رضایی [۲] مژگان یاراحمدی [۳] عباس راهدان [۴]

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۴] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

آشکارسازی از نظر آماری، فرآیندی است برای نمایان ساختن تغییرات معنی‌داری که نتوان آن‌ها را به تغییرات طبیعی مربوط دانست. بخش کشاورزی وابستگی شدیدی به پارامترهای اقلیمی دما و بارش دارد بنابراین با شدت و سرعت بیشتری نسبت به تغییرپذیری‌های اقلیمی واکنش نشـان می‌دهد. تغییرات اقلیمی می‌تواند در مدت زمان طولانی بر نوع کشـت و کشـاورزی یک منطقه نیز تأثیر بگذارد. برای اینکه بتوان کمیت و کیفیت تولیدات کشـاورزی را در اسـتان گلسـتان افزایش داد، نیازمند مطالعه پیشـینه اقلیمی در اسـتان گلسـتان و رژیم‌های بارش و دمای آن طی دوره زمانی طولانی (حداقل ۲۵ سـال) هسـتیم تا بتوانیم روند تغییرات را بررسـی کنیم. بنابراین برای بدسـت آوردن تیپ‌های کشـت زمسـتانه و تابسـتانه مناسـب برای اسـتان گلسـتان از روش منکندال و پاپاداکیسـت بر روی داده‌های اماری ایسـتگاه های هواشـناسـی اسـتان اسـتفاده گردید.برای این منظور داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های میانگین حداقل، حداکثر و متوسط دمای ماهانه، میانگین حداقل و حداکثر مطلق دمای ماهانه، متوسط سالانه دما و بارش ۹ ایستگاه استان گلستان در بازه زمانی (۲۰۱۸-۱۹۹۰) است که از سـازمان هواشـناسـی کشـور تهیه گردید. نتایج حاصـل از تحلیل‌های آماری نشـان داد که تغییرات بارزی در نوع الگوی کشـت منطقه طی دوره زمانی مورد مطالعه (۲۰۱۷-۱۹۹۰) صـورت نگرفته که دلیل این رویداد با توجه به آسـتانه‌های دمایی تعریف شده مدل پاپاداکیس قابل توجیه است. به عنوان مثال الگوی غالب زمسـتانه جو دو سـر بود که لازمه کشت محصول این است که میانگین حداکثر دمای سردترین ماه سال بیش از ۱۰ درجه سلسیوس باشد از آنجایی که آستانه‌ی دمایی مذکور در طول دوره آماری در منطقه مشاهده گردید، بنابراین نوع کشت در این مدت ثابت بوده که با توجه به شرایط روند افزایشی دما، در آینده نیز کشت این محصول وجود خواهد داشت. همچنین حاکمیت دماهای حداکثر بالای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس در منطقه و طولانی بودن فصل عاری از یخبندان، دلیلی برای ثابت بودن تیپ‌های غالب تابستانه در این استان می‌باشد.

واژگان کلیدی

اقلیم کشت محصول کشاورزی رویکرد آماری

۱. مقدمه:

گرم شدن آب و هوای زمین و تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان است. با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب افزایش شدید گازهایی مانند دی اکسید کربن (CO_2) در اتمسفر شده است. افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع گردیده، تبعات مختلفی به همراه داشته است. پدیده تغییر اقلیم یکی از این تبعات است که از مسائل مهم در بخش تولید محصولات کشاورزی می باشد (آنگل، ۲۰۰۸ به نقل از محمودی و پرهیزکاری، ۱۳۹۴). آشکارسازی از نظر آماری، فرآیندی است برای نمایان ساختن تغییرات معنی‌داری که نتوان آن‌ها را به تغییرات طبیعی مربوط دانست (IPCC, 2001). تغییر اقلیم یکی از از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به شمار می‌آید. تغییرات آب و هوایی متعددی در دهه‌های اخیر در سطح جهانی در مناطق مختلفی از دنیا رخ داده‌اند که جملگی ناشی از گرم شدن زمین یا گرمایش جهانی می‌باشند. گرمایش جهانی پدیده فراگیری است که ویژگی‌های محیط زیست مانند میزان تبخیر و ترازنامه آبی، خصوصیات بارش، پراکندگی گیاهان، بالا آمدن آب دریاها، ذوب شدن یخچال‌ها و دیگر شرایط زیست محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پدیده موضوع گسترده‌ای است که از دیدگاه‌های مختلف علمی، مانند علوم محیطی، علوم اجتماعی و اقتصادی، تحلیل‌های سیاسی و... مطالعه می‌شود (اخوان کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸). آنچه این روزها از آن به عنوان گرمایش جهانی نام برده می‌شود، در حقیقت افزایش میانگین درجه حرارت زمین در نزدیکی سطح آن است. دمای نزدیک سطح زمین، مقدار تابش انعکاسی زمین، نگهداشت گرما بر اثر هوا سپهر، تبخیر و چگالش بخار آب است. تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که در طول یکصد سال گذشته میانگین دمای هوا در نزدیکی سطح زمین بین ۱۸ تا ۷۴ درصد درجه سانتیگراد افزایش یافته است. در واقع گرمایش جهانی با تحت تأثیر قرار دادن گردش عمومی جو، باعث ایجاد تغییراتی در دمای هوا و نیز مقدار، شدت، مدت و زمان وقوع بارش‌ها و برخی پارامترهای هواشناسی دیگر گردیده و این نوسانات، با ایجاد تغییراتی در اقلیم مناطق مختلف، همراه بوده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵). بخش کشاورزی وابستگی شدیدی به پارامترهای اقلیمی دما و بارش دارد بنابراین با شدت و سرعت بیشتری نسبت به تغییرپذیری‌های اقلیمی واکنش نشان می‌دهد (دیلمی و همکاران، ۱۳۹۸). افزایش دمای کره زمین، باعث افزایش قدرت تبخیرکنندگی هوا و در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع شده و به تبع آن افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی را به دنبال دارد. همچنین تغییرات اقلیم بر میزان بارندگی و رطوبت هوا مؤثر است که هر کدام به نحوی در تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاه تأثیرگذار هستند (فرهادی بانسوله و همکاران، ۱۳۹۶). لذا می‌توان دما را عمده‌ترین و اساسی‌ترین عنصر اقلیمی هر منطقه در نظر گرفت که در تعیین سایر عناصر اقلیمی نیز عامل مؤثری به شمار می‌رود (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۲). ایران در پهنه‌بندی اقلیمی دنیا جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود (IPCC, 2007). شواهد داده‌های تاریخی، هواشناسی و نیز پیش‌بینی‌های صورت گرفته از وضعیت اقلیم کشور، همانند دیگر نقاط دنیا، نشان دهنده‌ی وقوع پدیده‌ی تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است. در گزارش سال ۲۰۰۷ هیئت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC)، اطلاعات ۵ ایستگاه هواشناسی با حداقل ۱۰۰ سال داده در کشور تحلیل شده است که نتایج آن برای همهٔ ایستگاه‌ها افزایش معنی‌دار میانگین دمای سالانه را نشان می‌دهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). آثار تغییر اقلیم بر کشاورزی، به منزله موضوعی جدی، در بسیاری از مناطق خشک دنیا مطرح و توجه بسیاری از پژوهشگران را در دهه‌های اخیر به خود جلب کرده است. انتظار می‌رود تغییر متوسط پارامترهای اقلیمی، به ویژه دما و بارندگی، تأثیر زیادی در تقاضای آب در آینده بگذارد. افزایش احتمال تأثیرات متغیرهای اقلیمی بر کشاورزی در امنیت غذایی جوامع بشری آثار زیانباری در پی دارد. در کشور ایران نیز، از آنجا که بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده آب است، مطالعه و ارزیابی آثار رخداد تغییر اقلیم بر این بخش در آمادگی برای کاهش آثار منفی این پدیده و مدیریت بهتر آن بسیار مؤثر و حائز اهمیت است (آشفته و بزرگ حداد، ۱۳۹۴). امروزه مدیریت صحیح کشت و تولید محصولات کشاورزی از مهم‌ترین عوامل توسعه یک کشور به حساب می‌آید. استان گلستان از قطب‌های کشاورزی ایران بوده و تولیدات کشاورزی آن نقش مهمی در اقتصاد ملی، منطقه‌ای و اشتغال و درآمد خانوارها ایفا می‌کنند. با توجه به اینکه بخش کشاورزی حساسیت زیادی به نوسانات اقلیمی دارد، هرگونه تغییر در ویژگی‌های اقلیمی می‌تواند تولیدات زراعی و دامی استان را تحت‌الشعاع قرار داده و خسارات فراوانی بر اقتصاد ملی و منطقه‌ای وارد کند (آروین و همکاران، ۱۳۹۱). تغییرات اقلیمی می‌تواند در مدت زمان طولانی بر نوع کشت و کشاورزی یک منطقه نیز تأثیر بگذارد. برای اینکه بتوان کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی را افزایش داد, نیازمند مطالعه پیشینه اقلیمی منطقه و رژیم‌های بارش و دمای آن منطقه طی دوره زمانی طولانی (حداقل ۲۵ سال) هستیم تا بتوانیم روند تغییرات را بررسی کرده و نتیجه گیری درستی انجام دهیم. بنابراین برای بدست آوردن تیپ‌های کشت زمستانه و تابستانه مناسب برای استان گلستان نیازمندیم که از روش منکندال و پاپاداکیست بر روی داده‌های اماری ایستگاه های هواشناسی استان استفاده کنیم.

شناخت و پایش صحیح از الگوی کشت به عنوان گامی مؤثر در مدیریت و افزایش بازدهی کشاورزی مورد توجه است. در خصوص تغییرات اقلیمی دما و بارش و اثر آن‌ها بر روی الگوی کشت مطالعات مختلفی انجام شده است. در این بین برخی پژوهش‌ها به بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی و برخی دیگر نیز تنوع الگوی کشت را با استفاده از روش پاپاداکیس مورد ارزیابی قرار داده‌اند. خلاصه‌ای از نتایج این تحقیقات در ادامه ذکر گردیده است:

فرج زاده اصل و همکاران (۱۳۸۸) به منظور مطالعه تغییرپذیری میزان عملکرد گندم دیم با توجه به میـزان تغییـر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش از داده‌هـای یـازده ایستگاه هواشناسی در استان خراسان استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر بارش و دمای دوره سرد سال در تعیین میزان عملکرد گنـدم دیـم در منطقـه خیلـی مـؤثراست و عملکرد محصول گندم در شهرستان‌های استان خراسان رضـوی براسـاس تغییرات داده‌های بارش و دما بین ۲۰۰ تا ۵۳۴ کیلوگرم در هکتار در مدل منطقه‌ای قابل تغییر است.

خسروی و میردیلمی (۱۳۸۸) جهت آشکار نمودن تغییر اقلیم در استان گلستان، داده‌های مربوط به ۵ پارامتر دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای میانگین، رطوبت نسبی و بارش را برای سه ایستگاه سینوپتیک گرگان، گنبد و مراوه تپه در یک دوره آماری چهل و پنج ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۱) انتخاب نمودند. نتایج این پژوهش که با آزمون کندال به‌دست آمد حاکی از این بود که تغییرات دمای میانگین در هر سه ایستگاه، مشابه با روند تغییرات دمای حداقل و تا حدی دمای حداکثر آن‌هاست اما آنچه موجب افزایش دمای میانگین ایستگاه‌های منطقه شده، بیشتر دمای حداقل بوده است. همچنین رطوبت نسبی در ایستگاه گرگان بالاترین روند معنا دار را دارد که این خود به علت نزدیکی ایستگاه به منبع رطوبتی دریای خزر است. اما در دو ایستگاه دیگر روند تغییر رطوبت نسبی بیشتر تابع کاهش دما در فصول مختلف سال می‌باشد که با افزایش و کاهش در میزان دما، روند رطوبت نسبی کاهش یا افزایش می‌یابد. در مورد پارامتر بارش می‌توان گفت فراوانی روندهای معنی دار در ایستگاه‌های مورد مطالعه دیده می‌شود اما روندهای مثبت و منفی در ایستگاه‌های گنبد و مراوه تپه بیشتر از ایستگاه گرگان است.

نتایج پژوهش خلیلی اقدم و همکاران (۱۳۹۰) تحت عنوان آشکارسازی اقلیم استان گلستان حاکی از این بود که دما در استان گلستان همپای افزایش دمای جهانی در حال افزایش است اما روند افزایشی آن در سطح استان متفاوت می‌باشد. همچنین میزان بارش‌های حدی در استان روند افزایشی داشته و توزیع و پراکنش آن در این منطقه در حال تغییر است که این مسئله وقوع سیلاب های شدیدی را به دنبال داشته است.

توشنی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان بررسی روند تغییر اقلیم در استان گلستان به روش منکندال به این نتیجه دست یافتند در دهه‌های اخیر تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط جهان آثار خود را به جای گذاشته و انتظار می‌رود در دهه‌های آینده اثرات این تغییرات تشدید شود. ایران نیز از این تغییرات بزرگ مقیاس مستثنی نبوده و اثرات آن در بسیاری از نقاط کشور مشاهده شده است. متغیرهای دما و بارش به تغییر اقلیم حساس می‌باشند، لذا بررسی روند زمانی در چنین متغیرهایی می‌تواند در تشخیص تغییرات اقلیمی موجود در منطقه کمک نماید. در این مطالعه، روند متغیر دما و بارندگی به صورت ماهانه، فصلی و سالانه در سطح استان گلستان در ۴ ایستگاه باران سنجی با آمار ۳۰ ساله انجام شد. از روش من-کندال که جزو متداولترین روش‌های ناپارامتری به شمار می‌رود، برای نشان دادن روند تغییرات در پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که نمی‌توان یک روند کلی و همسو را برای تمامی ایستگاه‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه مشخص نمود. در واقع ایستگاه‌های مورد مطالعه از یک روند مشخص پیروی نمی‌کنند این خود نتیجه گیری در مورد نحوه و روند تغییر اقلیم در منطقه و اثرات آن در رژیم هیدرولوژیکی منطقه را با مشکل مواجه می‌سازد و از نظر علم آمار نمی‌توان با اطمینان اظهار نمود که تغییر اقلیمی در منطقه رخ داده است.

آنالیز روند جریان رودخانه و بارش در حوضه نکارود، چندین ویژگی جالب را آشکار کرد. در مقیاس زمانی سالانه حوضه آبخیز نکا، روند کاهشی را در بارش متوسط برای دوره ۱۳۹۱ – ۱۳۵۸ تجربه کرده است. روند کاهشی برای داده‌های جریان رودخانه نیز مشاهده شد. آنالیز بارش فصلی نیز نشان داد که روند کاهشی ثابتی برای بارش متوسط سالانه در نتیجه کاهش در فصل‌های زمستان و پاییز اتفاق افتاده است (خوش روش و همکاران، ۱۳۹۴).

نتایج آشکارسازی مدل‌های پارامتری و ناپارامتری میانگین سالانه دما در حوضه رودخانه کرخه نشان می‌دهد که روند تغییرات ۸۲ درصد از ایستگاه‌ها افزایشی بوده است. در این میان ایستگاه‌های جنوبی (پایین دست) حوضه در سطح یک درصد روند صعودی بیشتری به نسبت بخش‌های دیگر کرخه داشته‌اند. همچنین روند مثبت معنی داری دمای حداکثر برخلاف روند میانگین دما در بخش‌های شمالی حوضه گستردگی بیشتری از بخش جنوبی داشته است. شدیدترین روند افزایشی معنی داری دمای حداقل حوضه کرخه در ایستگاه اهواز با مدل‌های من‌کندال، سن، اسپیرمن و رگرسیون خطی در سطح یک درصد و تست PW1 در سطح ۱۰ درصد بوده است (نظر صیدی و گندمکار، ۱۳۹۵).

1 Pre- whitening

خسروی و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات بارندگی را در ایستگاه‌های استان فارس طی سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۱ با استفاده از آزمون نا پارامتری من کندال و تخمین گر شیب سن مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بیانگر روند کاهشی بارش در بیشتر ایستگاه‌های این استان بود.

اسمعیلی و هوشمند عطایی، (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان بررسی روند تغییرات اقلیمی بارش و دما به روش من کندال در ایستگاه ارومیه به این نتیجه رسیدند که روند متوسط بارش در این ایستگاه در اکثر ماه‌های سال نزولی است و دما روند صعودی ناچیزی را نشان می‌دهد. آماره‌های آزمون سن در سطوح اطمینان مورد بررسی متوسط بارش ایستگاه ارومیه نیز بیانگر این بود که بارش در هر سال در حدود ۱/۲۷۹- میلیمتر کاهش و متوسط دمای روزانه در هر سال تقریباً ۰/۱۳ درجه سانتی گراد افزایش داشته است.

اسفاو۱ و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات روند سری زمانی بارش و دما را در در زیر حوضه ولکا در اتیوپی شمالی مطالعه کردند نتایج آزمون تحلیل من-کندال نشان داد که مقادیر میانگین و حداقل دما و همچنین بارش در طول زمان به طور قابل توجهی افزایش یافته است، در حالی که حداکثر دما روند افزایشی غیر معنی دار را نشان می‌دهد.

تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه بارش در ۱۵ ایستگاه در حوضه رودخانه سوات (Swat)، در پاکستان طی یک دوره ۵۱ ساله (۲۰۱۱-۱۹۶۱)، با استفاده از آزمون‌های آماری ناپارامتری Man-Kendall (MK) وSpearman's rho (SR) توسط احمد و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی گردید. نتایج حاکی از ترکیبی از روندهای مثبت (در حال افزایش) و منفی (کاهش) در میزان بارش ماهانه، فصلی و سالانه در این حوضه بود.

نتایج مطالعه‌ی پاندا و ساهو (۲۰۱۹) که به بررسی روند الگوهای فصلی دما و بارش در برخی نواحی هندوستان پرداختند نیز نشان دهنده روند افزایشی حداکثر و حداقل دمای سالانه بود بارش نیز در این حوضه روند افزایشی معنی داری را نشان داد.

باقری و حسین زاده آرانی (۱۳۹۲) استعدادهای کشاورزی استان اصفهان را به روش پاپاداکیس مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. دستاوردهای این تحقیق بیانگر این بود که از نظر شرایط دمایی تابستانی ایستگاه‌های اصفهان، اردستان، خوروبیابانک، شرق اصفهان، شهرضا، کاشان، کبوترآباد، گلپایگان ،نایین و نطنز در طبقه G (پنبه گرمتر) و داران در طبقه g (پنبه خنک‌تر) قرار دارد. با توجه به شرایط دمای زمستانی، ایستگاه‌های اصفهان، شرق اصفهان، شهرضا، کبوترآباد، گلپایگان ،نایین، نطنز در طبقه گندم (گندم-جو) TV ، اردستان در طبقه AV (خنک تر)، داران در طبقه گندم گرمتر(Ti) و ایستگاه‌های خوروبیابانک و کاشان در طبقه AV (گرمتر) قرار دارند.

شائمی برزگی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از شاخص‌های رطوبتی و حرارتی روش پاپاداکیس شرایط آگروکلیمایی استان چهارمحال بختیاری را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که تمامی ایستگاه‌های منتخب از نظر شرایط رطوبتی در گروه اقلیم مدیترانه‌ای بری و از نظر رژیم حرارتی در طبقه قاره‌ای بری قرار می‌گیرند. در این گروه غلات زمستانی از محصول‌های اصلی دیم به شمار می‌رود. گندم دیم به طور متناوب متحمل خشکسالی می‌شود. انواع اقالیم در این گروه بر مبنای گرمی تابستان، سختی زمستان و فراوانی خشکسالی هست. در اغلب ایستگاه‌های منتخب دوره مرطوب از ماه نوامبر تا آوریل است و دوره خشک از اواخر بهار (ژوئن) تا اوایل پاییز (اکتبر) به درازا می‌کشد. فصل میانه بسیار کوتاه بوده و به اواسط بهار (می) محدود می‌گردد. بررسی پتانسیل اقلیمی– کشاورزی مناطق استان خوزستان از لحاظ کاشت محصولات باغی حاکی از این بود که سه ایستگاه آبادان، بستان و بندر ماهشهر دارای اقلیم جنب حاره‌ای گرم بوده که برای کاشت میوه‌های گرمسیری بسیار مناسب هستند. همچنین ایستگاه‌های آغاجاری، اهواز، بهبهان و رامهرمز به دلیل برخورداری از اقلیم مدیترانه‌ای نیمه خشک جنب حاره و در ایستگاه‌های ایذه، صفی آباد و مسجد سلیمان به دلیل داشتن اقلیم مدیترانه‌ای جنب حاره، برای کاشت انواع میوه‌های سردسیری، نیمه گرمسیری و همچنین مرکّبات و سبزیجات زودرس و دیررس مناسب می‌باشند (مؤمن پورو بازگیر، ۱۳۹۷).

کشاورزی بعنوان وابسته‌ترین سامانه به اقلیم در مواجه با تغییر اقلیم بیشترین آسیب را می‌بینند. اثرات آن بصورت تغییر در سرعت فتوسنتز گیاهان، تغییر در فنولوژی و کاهش طول دوره‌ی رشد گیاه، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و پایین آمدن درآمد کشاورزان، افزایش میزان تبخیر و تعرق که خود افزایش نیاز آبی رو بهمراه دارد و همچنین سبب تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی می‌گردد.

این پژوهش با بررسی داده‌های هواشناسی با روش‌های من-کندال و پاپاداکیس اهداف زیر را دنبال می‌کند:

۱) ارزیابی پارامترهای هواشناسی در شرایط تغییر اقلیم و محاسبه میزان تغییرات در این استان.
۲) سنجش روند تغییرات اقلیمی بر اساس شاخص من-کندال
۳) تعیین الگوی کشت بر اساس شاخص پاپاداکیس
۴) ارتباط سنجی بین تغییرات اقلیمی و تغییر الگوی کشت در استان گلستان.

1 Asfaw

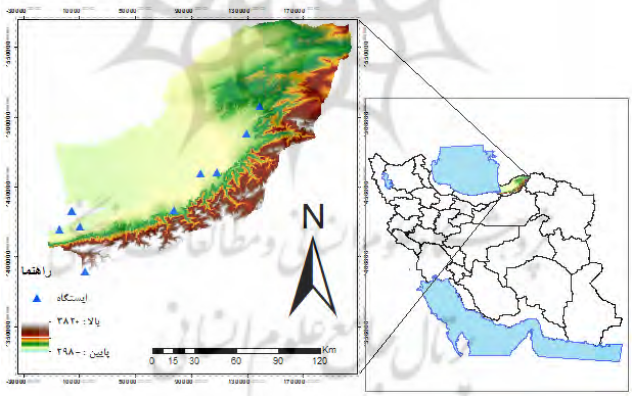
۲. جنبه‌های نوآوری پژوهش

تغییرات مقادیر گازهای گلخانه‌ای، منجر به تغییر دما، بارندگی و دیگر پارامترهای اقلیمی شده و در نهایت باعث تغییر در میزان رطوبت خاک، افزایش سطح آب دریاها، افزایش دما و وقوع سیل و خشکسالی در بسیاری از مناطق دنیا می‌گردد (مساعدی و کاهه، ۱۳۸۷). اگرچه روند پارامترهای اقلیمی و ارزیابی تغییرات آن‌ها طی بازه‌های زمانی مختلف در استان گلستان مورد توجه برخی محققین قرار گرفته (خسروی و میر دیلمی، ۱۳۸۸؛ خلیلی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰؛اکبری و نودهی، ۱۳۹۴؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۵) اما پیامد این تغییرات بر الگوی کشت در این منطقه مسئله مهمی است که تاکنون بدان پرداخته نشده است لذا در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با مشخص نمودن تنوع و تعدد اقلیمی در استان گلستان، پتانسیل‌های اقلیمی کشاورزی به منظور تولید و توسعه‌ی بهتر در این منطقه شناسایی گردد.

۳. مواد و روش ها

۳-۱. روش پژوهش

استان گلستان با مساحت حدود ۲۲ هزار کیلومترمربع در شمال ایران واقع شده است. ۱/۳ درصد مساحت کل کشور و ۱۱/۷ درصد از مساحت حوضه آبریز دریای خزر را تشکیل می‌دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است؛ از شمال به جمهوری ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود (شکل ۳-۱). براساس تقسیمات سیاسی – اداری کشور در سال ۱۳۹۵، استان گلستان دارای ۲۷ بخش، ۳۳ شهر، ۶۰ دهستان و ۱۰۴۹ آبادی است. مرکز استان شهر گرگان است و مهمترین شهرهای آن عبارتند از بندرترکمن، علی‌آباد، کردکوی، آق قلا، مینودشت و گنبدکاووس (بذرافشان دریاسری، ۱۳۹۳). وسیع‌ترین شهرستان‌های استان گلستان، شهرستان گنبدکاووس واقع در قلمرو شمالی و مرکزی استان، با وسعتی نزدیک به ۵۰۰۹ کیلومترمربع به شمار می‌آید که حدود ۶/۲۴ درصد از کل وسعت استان را به خود اختصاص داده است .پس از این شهرستان، شهرستان کلاله با حدود ۴۹۸۰ کیلومترمربع (۵/۲۴ درصد) و سپس شهرستان آق قلال با ۱۸۲۴ کیلومترمربع (۹ درصد) دومین و سومین رتبه را از نظر وسعت به خود اختصاص داده‌اند. شهرستان بندرگز با ۲۴۲ کیلومترمربع (۱/۲ درصد) کوچکترین شهرستان از نظر وسعت در استان می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت استان گلستان

جهت انجام پژوهش حاضر ابتدا مقادیر پارامترهای اقلیمی بارش و دما (کمینه بیشینه و میانگین)، طی دوره زمانی ۳۰ ساله برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان از سازمان هواشناسی کشور اخذ می‌گردد. پس از آن به منظور آشکار سازی پدیده تغییر اقلیم در این منطقه روند تغییرات پارامترهای مذکور با استفاده از دو آزمون ناپارامتری من ـ کندال و تخمینگر شیب سن (estimator slop s'Sen) بررسی خواهد شد. در ادامه پارامترهای اصلی برای روش پاپاداکیس که شامل میانگین حداکثر, حداقل, متوسط دمای ماهانه, میانگین حداکثر و حداقل مطلق دمای ماهانه, متوسط دما و بارش سالانه است را برای هر ایستگاه استخراج کرده و سپس با استفاده از فرمول‌های مربوطه رژیم‌های حرارتی و رطوبتی هر ایستگاه تعیین می‌گردد. در پایان با توجه به رژیم‌های حرارتی و رطوبتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه، اقالیم اصلی و فرعی مشخص شده و وضعیت اقلیم کشاورزی هر منطقه تعیین می‌گردد.

جدول۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
گرگان	۵۴.۱۶	۳۶.۵۱	۱۳/۳
گنبدکاووس	۵۵.۰۹	۳۷.۱۴	۳۶
مراوه تپه	۵۵.۵۷	۳۷.۵۷	۳۳۰
مینودشت	۵۵.۲۲	۳۷.۱۴	۱۵۵
بندر گز	۵۳.۹۵	۳۶.۷۸	-۱۴
بندر ترکمن	۵۴.۰۵	۳۶.۹	-۲۰
کردکوی	۵۴.۱۲	۳۶.۸	۵۸
علی‌آباد	۵۴.۸۷	۳۶.۹	۱۰۳
کلاله	۵۵.۴۶	۳۷.۳۹	۱۲۹

پژوهش حاضر شامل دو بخش است: در بخش نخست روش‌هایی جهت آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌گردد و در بخش بعدی تنوع الگوی کشت در این محدوده مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۳-۲. آشکارسازی تغییرات اقلیمی

پس از جمع آوری داده‌ها از سازمان‌های زیربط، عملیات آماده سازی بر روی آن‌ها به منظور تحلیل‌های اقلیمی صورت گرفت. بدین معنا که با استفاده از آزمون آماری Run Test همگنی و تصادفی بودن داده‌ها بررسی گردید و همچنین داده‌های مفقود با استفاده از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها بازسازی شده و نواقص موجود برطرف گردید. پردازش داده‌ها در این مرحله در محیط نرم افزارهای EXCEL و SPSS و در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه انجام گرفت. در ادامه دوره مشترک برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در نظر گرفته شد اما از آنجایی که هدف تحقیق در وهله اول بررسی روند پارامترهای اقلیمی است ایستگاه‌هایی انتخاب گردیدند که طول دوره آماری آن‌ها ۲۰ سال و بیشتر است. به منظور آشکارسازی تغییرات اقلیمی از دیدگاه آماری، روش‌های مختلفی بکار گرفته می‌شود. دو آزمون من – کندال و سن استیمیتور جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی آب و هواشناسی به شمار می‌روند که در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۳. آزمون ناپارامتریک من-کندال

با استفاده از روش من-کندال تغییرات داده‌ها شناسایی، همچنین نوع و زمان آن مشخص می‌گردد. بررسی تغییرات سری زمانی دمای متوسط و مجموع بارش به صورت ماهانه، فصلی و سالانه و نیز مقادیر حدی بارش (حداکثر بارش یک روزه، شدت بارش روزانه، تعداد روزهای با بارش سنگین، خیلی سنگین، مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلی‌متر، متوالی خشک و متوالی‌تر و تعداد دوره‌های خشکی بیش از ۱۴ روز) بصورت سالانه، با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین این آزمون برای تعیین روند و معنی‌داری داده‌ها استفاده می‌گردد، و اطلاعاتی را در مورد نقطه شروع روند و تغییرات ناگهانی اقلیم ارائه می‌دهد (کاراکا و همکاران، ۱۹۹۵).

۳-۴. بررسی تنوع الگوی کشت در محدوده مورد مطالعه

در پژوهش حاضر از روش پاپاداکیس برای تعیین الگوی کشت در استان گلستان استفاده گردیده است. پارامترهای اقلیمی مورد نیاز در این روش شامل میانگین بارش (ماهانه و سالانه)، میانگین دما (میانگین سالانه، بیشینه و کمینه دما و میانگین ماهانه دما) و همین‌طور حداکثر و حداقل مطلق دمای هر ماه می‌باشند. تعیین الگوی کشت بر مبنای روش پاپاداکیس طی چند مرحله صورت می‌گیرد. مرحله اول: در نخستین گام باید رژیم حرارتی منطقه مشخص گردد. تعیین رژیم حرارتی مستلزم تعیین دمای تابستانی و زمستانی هر ایستگاه است. مرحله دوم: تعیین رژیم رطوبتی، برای تعیین رژیم رطوبتی از شاخص‌های تبخیر و تعرق بالقوه (PET)، تداوم فصل خشک و مرطوب، شاخص رطوبتی ماهانه و سالانه (HI) و مقدار آب‌شویی خاک (Ln) استفاده می‌شود. مرحله سوم: در پایان براساس انواع رژیم‌های حرارتی و رطوبتی، نوع اقلیم اصلی و فرعی هر ایستگاه تعیین می‌گردد.

برای تعیین رژیم حرارتی نیاز به تعیین شرایط دمای تابستانی و زمستانی هر ایستگاه است.

۳-۵. شرایط دمای زمستان

برای تعیین دمای زمستان بر مبنای حساسیت و درجه پایداری گیاهان به سرما، شش طبقه‌ی مختلف حرارتی در نظر گرفته شده که شامل: طبقه‌ی محصولات استوایی، محصولات حاره‌ای، مرکبات، جو دو سر، گندم و محصولات بهاری هستند. برای تعیین طبقات دمایی نیز از پارامترهای اقلیمی متوسط، حداقل، حداکثر و حداقل مطلق دمای سردترین ماه استفاده شده است.

در جدول ۲ تیپ‌های زمستان و محدوده‌های حرارتی آن‌ها براساس ویژگی‌های اکولوژیکی و همچنین تقسیمات فرعی‌تر طبقات حرارتی نشان داده شده است.

جدول ۲. تیپ‌های زمستان و محدوده‌های حرارتی آن‌ها براساس ویژگی‌های اکولوژیکی(درجه سانتی‌گراد)

نوع		پایین‌ترین دمای سردترین ماه	متوسط حداقل دمای سردترین ماه	متوسط حداکثر دمای سردترین ماه	ویژگی بوم‌شناسی
محصولات استوایی	EC	>۷	>۱۸	–	دماهای حداقل برای رشد نخل روغنی نارگیل و کائوچو مناسب است.
محصولات حاره‌ای	TP(گرم)	>۷	۱۸–۱۳	>۲۱	عاری از یخبندان اما برای نخل روغنی نارگیل و کائوچو زیاد خنک است.
	Tp(میانه)	>۷	۱۳–۸	>۲۱	
	Tp(سرد)	>۷	–	>۲۱	
مرکبات	Ct(حاره‌ای)	۷ – ۲/۵–	>۸	>۲۱	به قدری کافی برای مرکبات مناسب، اما فاقد یخبندان نیست.
	Ci(مرکبات)	۷ – ۲/۵–	–	۲۱–۱۰	
جو دو سر	Av(گرمتر)	۲/۵– تا ۱۰–	>۴–	>۱۰	زمستان برای محصولاتی نظیر جو مطلوب، اما برای مرکبات مناسب نیست.
	Av(خنک‌تر)	>۱۰–	–	۱۰–۵	
گندم	TV(گندم – جو)	۱۰– تا ۲۹–		<۵	دارای اعتدال کافی برای گندم زمستانه اما برای جو مناسبت ندارد.
	Ti(گندم گرم‌تر)	>۲۹–	–	۵–۰	
	Ti(گندم خنک‌تر)	>۲۹–		>۰	
محصولات بهاری	Pr	<۲۹–	–	>۱۷/۸	عدم اعتدال کافی برای گندم زمستانه همه محصولات در بهار کشت می‌شوند.
	Pr	>۲۹–		<۱۷/۸	

۳–۶ شرایط دمای تابستانی

در روش پاپاداکیس براساس شرایط دمای تابستان و پتانسیل‌های گرمایی، نه طبقه حرارتی قابل تشخیص است. این طبقات شامل پنبه، قهوه، برنج، ذرت، گندم، تایگا، توندرا، منجمد و آندی – آلپی می‌باشند. معیارهای لازم برای تعیین شرایط تابستان عبارتند از:

۱– طول فصل عاری از یخبندان۲– متوسط حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال۳– متوسط حداکثر دمای n ماه گرم‌تر سال(جدول ۳). طول فصل عاری از یخبندان به سه حالت: حداقل، قابل دسترس و متوسط دسته‌بندی می‌شود. مبنای تعیین این حالات سه‌گانه، متوسط ماهانه‌ی حداقل‌های مطلق دما است. بدین صورت برای حالت حداقل ۷ درجه و برای حالت قابل دسترس، ۲ درجه و برای متوسط، صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال طول فصل عاری از یخبندان برای طبقه‌ی تابستانی پنبه (G) بدین صورت است که می‌بایست حداقل ۴/۵ ماه از سال دمای حداقل مطلق ماهانه بالای ۷ درجه سانتی‌گراد باشد. در ارتباط با معیار سوم نیز به این صورت عمل می‌شود که مقدار n برای طبقه پنبه، قهوه، برنج و ذرت برابر ۶ ماه و برای گندم ۶–۴ ماه و برای بقیه انواع شرایط تابستانی بین ۴ الی ۱۲ ماه در نظر گرفته می‌شود. علت وضع این شاخص‌ها و آستانه‌های سه گانه برای تعیین نوع تابستان، نیازهای مختلف گرمایی محصولات زراعی و پوشش‌های گیاهی طبیعی معرف برای ثمردهی و رشد در پاسخ به شرایط اکولوژیکی و خصوصیات فیزیولوژیکی است (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳). در جدول ۵–۳ تیپ‌های تابستان و محدوده‌های حرارتی آن‌ها براساس ویژگی‌های اکولوژیکی درج گردیده است.

جدول ۳. تیپ‌های تابستان و محدوده‌های حرارتی آن‌ها براساس ویژگی‌های اکولوژیکی(درجه سانتی‌گراد)

نوع تابستان		طول فصل آزاد از یخبندان به ماه	میانگین حداکثر دمای n ماه گرم‌تر	میانگین دمای حداکثر گرم‌ترین ماه	ویژگی بوم‌شناسی
پنبه	گرم‌تر(G)	۵– حداقل	>۲۵	>۳۳/۵	تابستان به قدر کافی گرم و طولانی برای کشت پنبه
	خنک‌تر(g)	>۴/۵	n=۶	<۳۳/۵	
قهوهC		حداقل ۱۲	>۲۱n=۶	<۳۳/۵	شب‌ها به قدر کافی خنک برای رشد قهوه‌ی عربی
برنجO		>۴ حداقل	۲۵–۲۱ n=۶		فتوپریود و شرایط حرارتی برای برنج مناسب است اما برای پنبه مناسبت ندارد
ذرتM		قابل دسترس >۴/۵	>۲۱n=۶		ذرت یک مصول حاشیه‌ای است

گندم گرم‌تر(T) خنک‌تر(t)	قابل دسترس ۲/۴-۵/۵	<۲۱ n=۶ >۱۷ n=۴			شرایط حرارتی و فتوپریود برای گندم مناسب است اما برای ذرت مناسبت ندارد
قطبی(تایگا)P	قابل دسترس <۲/۵	>۱۰ n=۴			شرایط حرارتی برای گندم مناسب نیست اما برای جنگل کافی است
قطبی(توندرا) P	قابل دسترس <۲/۵	>۶ n=۲			نوع پوشش گیاهی توندراست
منجمدF f	قابل دسترس <۲/۵	<۶ n=۲	>۰ <۰		بطور مداوم پوشیده از یخ نیست اقلیم کلاهک‌های یخی
آندی - آلپی	قابل دسترس <۱ متوسط	>۱۰ n=۴ "			یخبندان مانع پوشش جنگلی است، اما شرایط برای علفزار مهیاست

* شاخص‌های دیگر برای تعیین نوع تابستان عبارتند از ۱– میانگین دمای حداکثر گرم‌ترین ماه برای طبقه‌ی پنبه گرم‌تر بیش از ۳۳/۵ و برای قهوه کمتر از ۳۳/۵ درجه سانتی‌گراد

بدین ترتیب پس از تعیین شرایط دمای زمستان و تابستان در ایستگاه‌های مورد بررسی، با توجه به نوع طبقات هریک ایستگاه‌ها، رژیم حرارتی آن‌ها تعیین می گردد. پاپاداکیس ۱۲ رژیم اصلی و ۴۰ رژیم فرعی حرارتی را در سیستم خود وضع کرده است که بستگی به شرایط دمایی تابستان و زمستان دارد (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳). در پژوهش حاضر، به دلیل حجم زیاد مطالب، تنها رژیم‌های حرارتی موجود در ایران ذکر می‌گردد (جدول ۴). در این جدول به عنوان مثال، رژیم حرارتی از نوع جنب حاره‌ای نیمه گرم (SU2)، در صورتی است که تابستان از نوع g و زمستان از نوع CI باشد. رژیم‌های اصلی حرارتی شامل استوایی، حاره‌ای، تیراتمپلاداا۱، تیرافریا۲، آندین، جنب حاره‌ای، دریایی، معتدل، پامپین – پاتاگونی۳، قاره‌ای قطبی و آلپی می‌باشند (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳).

جدول ۴. انواع رژیم‌های حرارتی موجود در ایران، منبع: (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳).

طبقه اصلی	فرعی	تعریف	نوع زمستان	نوع تابستان	طبقه اصلی	فرعی	تعریف	نوع زمستان	نوع تابستان
جنب حاره	Ts	نیمه حاره	Ct	G,g	قاره‌ای(بری)	CO1	گرم	AVیا سردتر	G,g
	Su1	گرم	Ci,Av	G		CO2	نیمه گرم	Tiیا سردتر	M,O
	SU2	نیمه گرم	Ci	g		CO3	سرد	Pr,pr	T

۳-۷. تعیین رژیم رطوبتی

برای تعیین رژیم رطوبتی ایستگاه‌های منتخب استان گلستان ابتدا میزان تبخیر و تعرّق بالقوه ماهانه آن‌ها محاسبه گردید. پاپاداکیس در سال ۱۹۶۵ برای محاسبه PET ، فرمول زیر را پیشنهاد دادند (رابطه ۱).

در رابطه فوق:

معادله(۱)

$$PET = \frac{0/5625(emax - emin - 2) * 10}{\text{تعداد روزهای ماه}}$$

PET= تبخیر و تعرق بالقوه بر حسب میلیمتر در روز emax = فشار بخار اشباع مربوط به حداکثر درجه حرارت روزانه (بر حسب میلی بار) emin= فشار بخار اشباع مربوط به درجه حرارت نقطه شبنم (برحسب میلی بار)0.5625 = ثابت پاپاداکیس است (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳).

پس از محاسبه تبخیر و تعرق، شاخص رطوبتی (HI) ماهانه و سالانه مطابق رابطه ۲ به دست آمد:

معادله (۲)

$$HI = \frac{R}{E}$$

در معادله فوق R مقدار بارش (ماهانه یا سالانه) و E میزان تبخیر و تعرق بالقوه است.

در نهایت ایستگاه‌هایی که دارای دوره‌ی مرطوب باشند (R>E)، شاخص آبشویی (Ln) نیز به منظور تعیین نوع ماه‌ها از نظر شرایط رطوبتی محاسبه می‌شود. در اینجا ذکر این نکته لازم است که ماه‌های سال برمبنای رابطه بین بارش، تبخیر و آب ذخیره در خاک، به سه نوع (مرطوب، میانه و خشک) تقسیم می‌گردند که روابط آن‌ها به شرح زیر است (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳):

خشک R+WS<50/Pet میانه R+WS>50%Pet مرطوب R>Pet

1Tierra templada
2 Tierra fria
3 Pampean - Patagonian

در روابط فوق :

R= بارش ws = آب ذخیره در خاک Pet = تبخیر و تعرق بالقوه می‌باشد.

بدین ترتیب پس از مشخص شدن ایستگاه‌های منطقه از نظر وضعیت رطوبتی، شاخص آبشویی (Ln) نیز طبق رابطه‌ی ۴ (برای دوره‌ی میانه و خشک) و ۵ (برای دوره‌ی مرطوب) محاسبه می‌گردد:

معادله(۴) $Ln=(R+WS)-E$

معادله(۵) $Ln=\sum(R-E)$

انواع رژیم‌های رطوبتی موجود در ایران در جدول ۵ ارائه گردیده است. بنابراین دو نوع رژیم مدیترانه‌ای و بیابانی در ایران وجود دارد که طبقات فرعی و ویژگی‌های آن‌ها در جدول نشان داده شده است.

جدول ۵. انواع رژیم‌های رطوبتی موجود در ایران (شائمی و عزیزی، ۱۳۸۳).

رژیم اصلی	طبقات فرعی	برخی از ویژگی‌ها
مدیترانه‌ای	ME(Moist)	HI<0/88 یا LN>20%ept
	Me(dry)	HI<0/88 و یا LN</20 pet
	me(semiarid)	بسیار خشک برای طبقه Me
بیابانی	da(absoulute)	HI همه‌ی ماه‌ها با دمای حداکثر روزانه بیش از ۱۵ درجه کمتر از ۲۵٪ است و HI<۹٪
	de(mediterranean)	بقدر کافی برای da خشک نیست؛بارش تابستان<بارش زمستان
	di(Isohygrous)	در هیچکدام از طبقات da، de یا doقرار نمی‌گیرد
	do(monsoon)	بقدر کافی برای طبقه‌ی da خشک نیست؛خشکی Jul-Aug کمتر از Apr-May است.

پس از انجام تمام مراحل یاد شده و تعیین رژیم‌های حرارتی و رطوبتی در ایستگاه‌های محدوده مورد بررسی براساس آستانه‌های تعریف شده در روش پاپاداکیس، رده اقلیمی هر ایستگاه مشخص شده و شرایط اقلیم کشاورزی ایستگاه‌ها تعیین گردیدند.

۴. یافته های پژوهش

نتایج حاصل از آماره های ناپارامتریک پارامترهای اقلیمی در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد برای ایستگاه بندر ترکمن در جدول ۶ نشان داده شده است. مطابق جدول روند تغییرات دمای کمینه در تمامی ماه‌ها در سطح خطای ۰/۰۱ معنی دار بوده که این مهم نشان دهنده افزایش قابل توجه دماهای کمینه در این ایستگاه در طول دوره آماری ۲۷ ساله است. مثبت بودن مقادیر تست z و شیب خط سن- استیمیتور از شهریور تا اسفند نیز بیانگر روند افزایشی دماهای بیشینه در این منطقه می‌باشد هر چند این روند افزایشی در برخی ماه‌ها مثل آبان در سطح تعریف شده آزمون من- کندال معنی دار نیست اما معنی داری آن در سایر ماه‌ها در سطوح اطمینان ۰/۹۵ و ۰/۹۹ قابل ملاحظه است. نکته قابل توجه در جدول روند کاهشی پارامتر یاد شده طی ماه‌های گرم سال (خرداد، تیر، مرداد) است که مطابق آماره z و Qmed در تیر ماه در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار است. در مورد پارامتر بارش در ایستگاه مورد نظر نتایج نشانگر روند کاهشی آن در مهمترین فصل‌های سال یعنی بهار و زمستان است اگرچه تغییرات روند بارش به جز اردیبهشت در سایر ماه‌ها معنی داری خاصی را نشان نمی‌دهد اما مقادیر منفی آزمون z و Qmed دلالت بر این روند نزولی در دوره آماری دارد.

جدول ۶. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه بندرترکمن (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن (Qmed))

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	۳/۲	**	۰/۱	۰/۳	-	۰	-۰/۹۲	-	-۰/۷۹
اردیبهشت	۴/۶	***	۰/۲	۰/۷	-	۰	-۳/۰۷	**	-۱/۴۱
خرداد	۴/۵	***	۰/۲	-۰/۶	-	۰	-۱/۲۳	-	-۰/۵۲
تیر	۴/۱	***	۰/۲	-۲/۳	*	-۰/۱	-۰/۲۹	-	-۰/۰۳
مرداد	۳/۵	***	۰/۲	-۰/۸	-	۰	-۱/۱۵	-	-۰/۱۸
شهریور	۴/۴	***	۰/۳	۲/۳	*	۰/۱	۰/۰۸	-	۰/۱۱
مهر	۳/۴	***	۰/۳	۱/۵	-	۰/۱	۰/۰۸	-	۰/۰۴
آبان	۲/۶	**	۰/۱	۲/۳	*	۰/۱	۰/۲۵	-	۰/۱۹
آذر	۳/۶	***	۰/۲	۳/۸	***	۰/۲	۰/۶۷	-	۰/۳۹
دی	۲/۹	**	۰/۳	۳/۵	***	۰/۳	۰/۷۱	-	۰/۵۷

بهمن	۴/۴	***	۰/۲	**	۳/۱	۰/۲	-	-۰/۱۵
اسفند	۴/۷	***	۰/۳	*	۲/۵	۰/۲	-	-۰/۴۶
سالانه	۴/۵	***	۰/۲	***	۴/۱	۰/۱	-	۰/۱۹

*- همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد **- همبستگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد ***- همبستگی در سطح اطمینان بالاتر از۹۹ درصد

۴-۱. آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه علی آباد کتول

آنالیز روند پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در ایستگاه علی آباد کتول حاکی از روند افزایشی شدید دماهای کمینه و بیشینه در طول دوره آماری است که این مسئله نشان دهنده گرمتر شدن اقلیم این منطقه نسبت به گذشته است. در واقع میانگین دمای کمینه، بیشنه و همچین متوسط سالانه این پارامتر در طول ۱۲ ماه سال (به جز فروردین) در سطح اطمینان ۰/۹۹ و بالاتر معنی دار می‌باشد. بارش ایستگاه مذکور برخلاف بندر ترکمن به جز اردیبهشت و خرداد در سایر ماه‌ها روند افزایشی داشته که این روند در آبان و دی در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنادار است (جدول ۷).

جدول ۷. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه علی آباد کتول (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن (Qmed))

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	۳/۷	***	۰/۲	۱/۵	-	۰/۱	۰/۵۸	-	۰/۳۷
اردیبهشت	۴/۹	***	۰/۲	۴	***	۰/۲	-۱/۲۱	-	-۰/۷۰
خرداد	۴/۷	***	۰/۲	۴/۳	***	۰/۲	-۰/۶۷	-	-۰/۳۲
تیر	۴/۲	***	۰/۲	۲/۹	**	۰/۱	۰/۴۲	-	۰/۱۰
مرداد	۴	***	۰/۲	۳/۷	***	۰/۲	۱/۰۴	-	۰/۶۴
شهریور	۴/۶	***	۰/۳	۴/۲	***	۰/۲	۰/۶۳	-	۰/۴۲
مهر	۴/۸	***	۰/۳	۳/۸	***	۰/۲	۱/۰۴	-	۰/۸۹
آبان	۳/۹	***	۰/۳	۳/۱	**	۰/۲	۲/۱۷	*	۱/۳۲
آذر	۳/۹	***	۰/۳	۳/۹	***	۰/۴	۱/۸۸	+	۱
دی	۴	***	۰/۴	۴/۲	***	۰/۴	۲	*	۱/۳۸
بهمن	۴/۳	***	۰/۳	۴/۳	***	۰/۳	۱/۶۷	+	۱/۴۲
اسفند	۴/۶	***	۰/۳	۴/۱	***	۰/۳	۱/۵۸	-	۰/۹۶
سالانه	۵/۲	***	۰/۲	۵/۵	***	۰/۲	۲/۶۷	**	۸/۹۹

۴-۲. آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه کلاله

نتایج حاصل از آزمون روند بر روی متغیرهای اقلیمی در کلاله نشان می‌دهد که دماهای کمینه و بیشینه این ایستگاه دارای روندی صعودی است که در تمام ماه‌های سال در سطح اطمینان ۰/۹۹ معنادار می‌باشد. حداکثر شدت این روند طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، دی و اسفند قابل مشاهده است. نکته قابل ملاحظه در این ایستگاه افزایش بارش در ۱۰ ماه از سال است که در فصول سرد سال این روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. در اردیبهشت مقادیر بارش روند کاهشی غیر معنی دار داشته که این وضعیت مشابه ایستگاه‌های علی آباد کتول و بندر ترکمن می‌باشد. تغییرات مذکور در جدول ۸ ارائه گردیده است.

جدول ۸. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه کلاله (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن (Qmed)

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	۲/۷	**	۰/۱	۲	*	۰/۱	۰/۶۳	-	۰/۵۶
اردیبهشت	۴/۴	***	۰/۲	۴/۲	***	۰/۲	-۰/۹۶	-	-۰/۴۹
خرداد	۴/۴	***	۰/۱	۴/۴	***	۰/۲	۰/۴۲	-	۰/۱۴
تیر	۳/۷	***	۰/۱	۲/۶	**	۰/۱	-۱/۴۲	-	۰/۵۸
مرداد	۴	***	۰/۲	۳/۵	***	۰/۲	۲/۲۵	*	۰/۷۹
شهریور	۴/۴	***	۰/۳	۵/۲	***	/۲	۱/۲۳	-	۰/۳۲
مهر	۴/۲	***	۰/۴	۴/۱	***	۰/۳	۳/۰۹	**	۱/۲۴
آبان	۳/۸	***	۰/۳	۳/۵	***	۰/۴	۱/۷۱	+	۱/۴۲

آذر	۴	***	۰/۳	***	۴/۴	۰/۵	۲/۲۹	*	۱/۵۱
دی	۴/۴	***	۰/۴	***	۴/۸	۰/۵	۲/۷۱	**	۱/۴۰
بهمن	۴/۱	***	۰/۳	***	۴/۵	۰/۴	۲/۷۱	**	۲/۰۶
اسفند	۴/۴	***	۰/۳	***	۴/۵	۰/۴	۱/۰۴	-	۰/۷۵
سالانه	۴/۸	***	۰/۲	***	۵/۲	۰/۳	۳/۵۹	***	۱۳/۵۲

۳-۴. آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه گرگان

نتایج حاصل از آشکار سازی تغییرات پارامترهای کمینه، بیشینه دما و بارش در ایستگاه گرگان در جدول ۹ نشان داده شده است. مطابق جدول روند تغییرات دمای کمینه از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند و بر خلاف دیگر ایستگاه‌های مورد بررسی مقادیر این پارامتر طی دوره آماری تغییرات کاهشی نشان می‌دهد. این روند در فروردین ماه، آبان، آذر و دی براساس آزمون تعریف شده من- کندال در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار است. اگر چه مطابق نتایج آماره Z و شیب خط سن در ۷ ماه سال روند پارامتر یاد شده افزایشی است اما روند افزایشی آن، آنچنان قابل توجه نیست. در مجموع میانگین سالانه دمای کمینه در این منطقه منفی است. بیشینه دما در اکثر ماه‌ها روند صعودی و جهت‌دار دارد که در فصول بهار و تابستان در سطح خطای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی دار می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون من- کندال و تخمینگر شیب سن در مورد متغیر بارش در ایستگاه مورد نظر حاکی از روند کاهشی آن در اکثر ماه‌های سال به‌ویژه در فصول زمستان و بهار است. اگرچه تغییرات روند بارش به جز تیر، دی و بهمن در سایر ماه‌ها معنی‌داری نمی‌باشد اما این خروجی‌ها برای ایستگاه گرگان بیانگر حرکت اقلیم منطقه به سمت خشک و گرمتر شدن است.

جدول ۹. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه گرگان (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سنQmed

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	-۱/۷	+	۰	-۰/۴	-	۰	۰/۲۵	-	**۰/۱۹**
اردیبهشت	۱/۲	-	۰	۲/۹	**	۰/۱	-۱/۵۲	-	**-۰/۹۲**
خرداد	۱/۳	-	۰	۳/۲	**	۰/۱	-۰/۹۷	-	**-۰/۲۰**
تیر	۰/۵	-	۰	۱/۹	+	۰/۱	-۱/۹۱	+	**-۲/۱**
مرداد	-۰/۲	-	۰	۴/۶	***	۰/۱	۰/۶۸	-	**۰/۸۶**
شهریور	۱/۷	+	۰	۳/۷	***	۰/۱	-۰/۰۳	-	**-۰/۰۱**
مهر	۰/۶	-	۰	۲/۲	*	/۱	۱/۲۰	-	**۱/۱۸**
آبان	-۲/۲	*	-۰/۱	-۰/۷	-	۰	-۰/۶۱	-	**-۱/۸۰**
آذر	-۲/۱	*	-۰/۱	-۰/۵	-	۰	۰/۸۴	-	**۱/۱۰**
دی	-۱/۸	+	۰	۱/۲	-	۰	-۱/۷۸	+	**-۲/۱۵**
بهمن	۰/۲	-	۰	۱/۱	-	۰	-۰/۶۱	-	**-۰/۷۳**
اسفند	۰/۹	-	۰	۲/۷	**	۰/۱	-۲/۱	*	**-۲/۰۱**
سالانه	-۰/۲	-	۰	۴/۱	***	۰/۱	-۱/۴۵	-	**-۵**

۴-۴. آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه گنبد کاووس

تحلیل روند سری زمانی کمینه دما با استفاده از دو آماره من-کندال و شیب سن در یک بازه زمانی ۲۷ ساله در ایستگاه گنبد کاووس نشان می‌دهد این پارامتر در ۸ ماه از سال دارای روند افزایشی است که فقط در اردیبهشت و اسفند در سطح تعریف شده آزمون من-کندال (۰/۹۵) معنی دار است. در این ایستگاه نیز همانند گرگان طی برخی ماه‌های سال (فروردین، آذر، بهمن) مقادیر دمای کمینه سیر کاهشی داشته و در مرداد این تغییرات کاهشی معنی دار است. در مجموع با وجود مثبت بودن میانگین سالانه دمای کمینه در گنبد، روند معنی داری خاصی را نشان نمی‌دهد. آنالیز روند ماهانه بیشینه دما نیز در ۱۰ ماه از سال صعودی بوده و از خرداد تا شهریور (فصل گرم سال) در سطح خطای ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی دار است. تغییرات ماهانه و سالانه بارش در این ایستگاه بیانگر آن است که این پارامتر از نظر جهش دارای روند کاهشی است اما معناداری مشخصی را نشان نمی‌دهد. براساس اجرای روش ناپارامتریک بر روی پارامترهای فوق در گنبدکاووس این نتیجه حاصل می‌شود که ایستگاه مذکور در سه دهه گذشته دستخوش تغییراتی در جهت افزایش میزان خشکی شده است (جدول ۱۰). این تغییرات در میانگین روند سالانه متغیرها کاملاً بارز است.

جدول ۱۰. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه گنبدکاووس (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن Qmed

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			میانگین دما		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	-۰/۷	-	۰	۰/۲	-	۰	-۰/۹۴	-	-۰/۶۷
اردیبهشت	۲/۲	*	۰/۱	۱/۵	-	۰/۱	-۱/۴۵	-	-۱/۱۳
خرداد	۱/۳	-	۰	۲/۱	*	۰/۱	-۰/۹۰	-	-۰/۵۳
تیر	۱	-	۰	۲/۵	*	۰/۱	۰/۸۱	-	۰/۵۵
مرداد	-۲/۶	**	-۰/۱	۲/۵	*	۰/۲	۰/۳۵	-	۰/۴۵
شهریور	۱	-	۰	۲/۸	**	۰/۱	۰/۷۴	-	۰/۸۶
مهر	۰/۱	-	۰	۰/۳	-	۰	-۰/۵۱	-	-۰/۴۳
آبان	۰/۱	-	۰	۰/۳	-	۰	۱/۱۳	-	۱/۵۵
آذر	-۰/۸	-	۰	-۰/۳	-	۰	-۰/۸۷	-	-۰/۹۷
دی	۰/۸	-	۰	۱/۵	-	۰/۱	-۰/۶۱	-	-۰/۹۶
بهمن	-۰/۲	-	۰	-۰/۵	-	۰	-۱/۱۶	-	-۰/۵۶
اسفند	۱/۸	+	۰/۱	۱/۳	-	۰/۱	۰/۱۶	-	۰/۱۱
سالانه	۰/۵	-	۰	۳	**	۰/۱	-۰/۸۷	-	-۳/۹۸

۴-۵. آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه هاشم آباد

خروجی حاصل از محاسبات میزان روند ماهانه‌ی پارامتر بارش، کمینه و بیشینه دما ایستگاه هاشم‌آباد در بازه زمانی (۱۹۹۱-۲۰۱۷) در جدول ۱۱ حاکی از آن است که دمای حداقل در این ایستگاه مشابه ایستگاه‌های کلاله، علی آباد کتول و بندر ترکمن در تمام ماه‌های سال دارای روند صعودی است. آماره‌ی Z نشان می‌دهد این پارامتر در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد روند افزایشی قابل ملاحظه‌ای دارد. وضعیت روند دمای حداکثر ایستگاه به مانند دمای حداقل صعودی است و این روند افزایشی در همه‌ی ماه‌ها بجز فروردین و تیر معنی‌دار است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل در سری‌های زمانی بلند مدت بارش نیز نشان می‌دهد که مقدار بارش در فصول بهار و تابستان روند کاهشی داشته است و مقدار این کاهش فقط در اردیبهشت ماه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. اگرچه مقدار بارش در دو فصل پاییز و زمستان دارای روند افزایش بوده ولی این روند از نظر آماری معنی دار نیست. نتایج بدست آمده در این ایستگاه با نتایج غریب و مساعدی (۱۳۸۲) همسو می‌باشد.

جدول ۱۱. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه هاشم آباد (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن Qmed

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	۲/۱	*	۰/۱	۰/۶	-	۰	-۰/۲۱	-	-۰/۱۳
اردیبهشت	۴/۵	***	۰/۲	۳/۶	***	۰/۲	-۱/۹۲	+	-۰/۸۴
خرداد	۴	***	۰/۱	۴	***	۰/۱	-۱/۱۳	-	-۰/۵۱
تیر	۳/۵	***	۰/۱	۱/۴	-	۰	۰/۲۳	-	۰/۰۳
مرداد	۳	**	۰/۱	۳	**	۰/۱	-۰/۴۴	-	-۰/۰۶
شهریور	۴/۴	***	۰/۲	۳/۹	***	۰/۱	-۰/۱۳	-	-۰/۰۹
مهر	۴/۱	***	۰/۲	۲/۵	*	۰/۱	۰/۱۳	-	۰/۰۴
آبان	۲/۴	*	۰/۱	۲/۴	*	۰/۲	۰/۲۵	-	۰/۱۸
آذر	۳/۶	***	۰/۲	۳/۸	***	۰/۳	۰/۱۳	-	۰/۰۵
دی	۳/۳	***	۰/۳	۳/۹	***	۰/۳	۱/۴۲	-	۰/۹۸
بهمن	۳/۹	***	۰/۲	۳/۳	***	۰/۲	۰/۵۸	-	۰/۳۹
اسفند	۴/۵	***	۰/۲	۲/۹	**	۰/۲	۰/۴۶	-	۰/۳۴
سالانه	۴/۷	***	۰/۲	۵/۳	***	۰/۲	۰/۴۶	-	۱/۸۰

۴-۶ آشکار سازی تغییرات دما و بارش در ایستگاه مراوه تپه

آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه مراوه تپه در جدول ۱۲. نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود نتایج این محاسبات بیانگر آن است که کمینه دما در این ایستگاه بجز فروردین و آبان در سایر ماه‌های سال دارای روند صعودی بوده که حداکثر شدت این روند در خرداد، اردیبهشت و تیر به چشم می‌خورد. این روند افزایشی نیز در دمای بیشینه در تمام ماه‌های سال وجود دارد که در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور، دی و اسفند در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار است. در مجموع میانگین سالانه دما برای هر دو حالت کمینه و بیشینه تغییرات معنی دار صعودی دارد که این مهم نشانگر گرمتر شدن اقلیم منطقه در مدت زمان مورد مطالعه می‌باشد. بارش ایستگاه مذکور برخلاف هاشم‌آباد در فصول زمستان و پاییز دارای روند کاهشی است. ارزیابی تغییرات بلندمدت سری زمانی پارامترهای اقلیمی در مراوه تپه نشان‌دهنده وجود روند در داده‌های دما و بارش در طول دهه‌های گذشته است که تغییرات در جهت افزایش دما و کاهش میزان بارش می‌باشد. نتایج به دست آمده از این بخش با نتایج حاصل از مطالعات سایر محققین همخوانی دارد. رحیم زاده و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که روند دمای حداقل اکثر ایستگاه‌های کشور به جز ایستگاه ارومیه که آمار آن‌ها از طول مناسب‌تری برخوردار بوده و می‌توان اطمینان نسبی به کیفیت آن‌ها داشت، حالت افزایشی با نرخ رشد سریع دارند و این نرخ از دهۀ ۱۹۶۰ میلادی به بعد بیشتر هم شده است. نرخ افزایشی دمای حداکثر اغلب ایستگاه‌ها حالت ضعیف تری نسبت به نرخ افزایشی دمای حداقل دارد. با توجه به روند افزایشی شدید دمای حدکثر در محدوده مورد بررسی می‌توان گفت در دهه اخیر تغییرات دماهای حداکثر به شدت تحت تأثیر شرایط گرمایش جهانی قرار گرفته است.

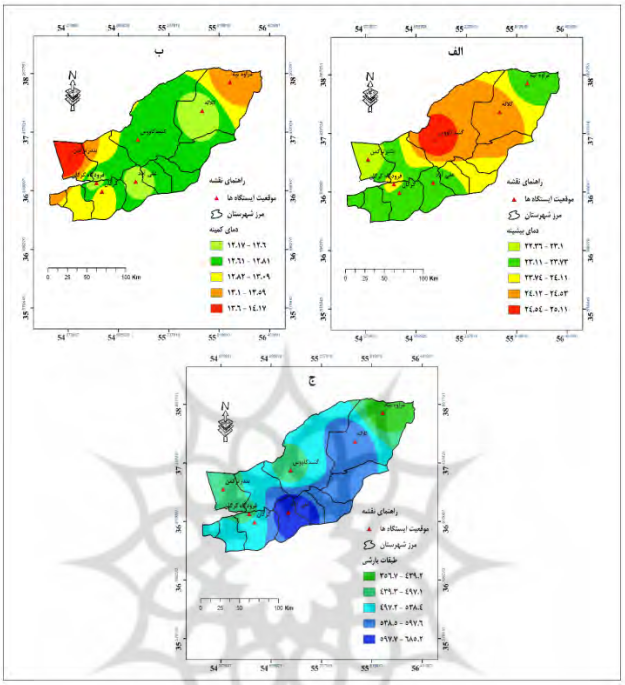
جدول ۱۲. آشکارسازی روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه مراوه تپه (نتایج حاصله از آزمون من کندال (z) و تخمین گر شیب سن Qmed

مولفه	کمینه دما			بیشینه دما			بارش		
ماه‌ها	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed	Test Z	Sig	Qmed
فروردین	-۰/۴	-	۰	۰/۴	-	۰	-۱/۲۰	-	-۰/۰۷
اردیبهشت	۳	**	۰/۱	۱/۲	-	۰/۱	۱/۲۰	-	۰/۰۸
خرداد	۳/۵	***	۰/۱	۲/۷	**	۰/۱	۲/۰۴	*	۰/۱۲
تیر	۳	**	۰/۱	۲/۹	**	۰/۱	۱/۸۸	+	۰/۰۸
مرداد	۱/۴	-	۰	۱/۹	+	۰/۱	۰/۸۱	-	۰/۰۳
شهریور	۲/۲	*	۰/۱	۲/۳	*	۰/۱	۰/۱۶	-	۰/۰۱
مهر	۰/۵	-	۰	۰/۴	-	۰	-۰/۸۱	-	-۰/۰۴
آبان	-۰/۱	-	۰	۰/۳	-	۰	-۰/۰۹	-	-۰/۰۲
آذر	۰/۱	-	۰	۰	-	۰	-۱/۹۱	+	-۰/۱۰
دی	۱/۵	-	۰/۱	۱/۷	+	۰/۱	۰/۲۲	-	۰/۰۱
بهمن	۰/۴	-	۰	۰/۵	-	۰	-۰/۴۸	-	-۰/۰۳
اسفند	۱/۸	+	۰/۱	۲/۱	*	۰/۱	-۰/۴۸	-	-۰/۰۲
سالانه	۱/۹	+	۰	۲/۵	*	۰/۱	۰	-	۰

۴-۷. تحلیل مکانی پارامترهای اقلیمی در بازه زمانی مورد مطالعه (۱۹۹۱-۲۰۱۷)

آب و هوا نقش بسیار مهمی در مطالعات زیستی، مدیریت منابع آب، کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی دارد. تنوع آب و هوایی، توان‌های محیطی خاصی به مناطق می‌دهد، از این‌رو اولین گام در بررسی پتانسیل کشاورزی استان گلستان شناخت اقلیم آن است. دما و بارش از عناصر اصلی آب و هوا هستند، اما این دو عنصر در همه جای استان یکسان نمی‌باشند. شکل ۲ تغییرات مکانی پارامترهای اقلیمی استان گلستان را در دراز مدت نشان می‌دهد. براساس نقشه محدوده حداکثر درجه حرارت در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه بین ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در نوسان است به طوری که بیشترین دما در شهرستان گنبد کاووس، کلاله و هاشم آباد و کم‌ترین مقدار آن در شهرستان بندرترکمن می‌گردد. در مجموع می‌توان گفت نواحی مرکزی استان دماهای بالایی را تجربه می‌کنند و بخش‌های غربی و شرقی وضعیت متعادل‌تری را نشان می‌دهند (شکل ۲، الف). مقایسه پهنه‌های کمینه و بیشینه دما در ایستگاه‌های استان گلستان نشانگر این واقعیت است که برعکس بیشینه دما، بالاترین مقادیر دمای کمینه در ایستگاه بندرترکمن ثبت گردیده است حال آنکه هاشم آباد، کلاله و علی آباد کتول کمترین مقادیر این پارامتر را نشان می‌دهند. اگرچه دماهای کمینه نوسانات کمتری نسبت به دمای بیشینه در این مدت داشته‌اند اما تغییرات

مکانی این دو پارامتر در محدوده مورد مطالعه تقریباً در تضاد است (شکل ۲، ب). نقشه همبارش استان گلستان نشان دهنده این واقعیت است که بارش‌های منطقه تحت تأثیر دو عامل مهم توپوگرافی و دوری یا نزدیکی به دریا است. به طوریکه حداکثر مقادیر ریزش‌های جوی در نواحی کوهستانی استان متمرکز گردیده که ایستگاه‌های علی آباد کتول، کلاله و پس از آن هاشم آباد و گرگان را در برمی‌گیرد. ایستگاه بندر ترکمن به دلیل قرار گرفتن در گوشه جنوب شرق دریای خزر، پس از ایستگاه‌های یاد شده، از نظر بارشی در رتبه بعدی قرار می‌گیرد. کمترین ریزش‌های جوی نیز مربوط به ایستگاه مراوه تپه است که به دلیل ارتفاع کمتر و دوری از دریا، با مجموع ۳۵۷ میلیمتر بارش سالانه خشک ترین ایستگاه استان محسوب می‌شود (شکل ۲، ج). آروین و همکاران (۱۳۹۱) نیز که الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان را با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بررسی کردند، تقسیم استان در همه‌ی فصول را به سه ناحیه‌ی بارشی: حداکثر در ناحیه‌ی کوهستانی، متوسط در ناحیه‌ی کوهپایه‌ای و حداقل در ناحیه‌ی پست، در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نمودند.



شکل ۲. پهنه بندی میانگین بلند مدت (۱۹۹۱–۲۰۱۷) پارامترهای اقلیمی در محدوده مورد مطالعه (الف: دمای بیشینه، ب: دمای کمینه، ج: بارش)

۴–۸. بررسی پتانسیل اقلیمی کشاورزی محدوده مورد بررسی با استفاده از روش پاپاداکیس

به منظور مطالعه وضعیت‌های اقلیم کشاورزی استان گلستان در وهله‌ی اول لازم است شاخص‌های روش پاپاداکیس تجزیه و تحلیل گردند. این شاخص‌ها در برگیرنده شرایط دمای زمستان، شرایط دمای تابستان، تعیین رژیم حرارتی و تعیین رژیم رطوبتی محدوده مورد بررسی است که در ادامه جزییات مربوط به هر شاخص توضیح داده می‌شود.

۴–۹. شرایط دمای زمستان

هدف از تعیین شرایط دمای زمستان، مشخص نمودن تیپ‌های کشت زمستانه و آستانه قابل تحمل هر یک از محصولات در زمستان است. معیار لازم برای تعیین کشت محصولات در این دوره، دمای سردترین ماه (پایین ترین دما، متوسط حداقل و متوسط حداکثر دما) است. مقادیر پارامترهای نامبرده در جدول ۴–۸ و ۴–۹ درج گردیده است. مطابق جدول پایین‌ترین دمای سردترین ماه در ایستگاه‌های بندر ترکمن، گرگان، گنبد کاووس و مراوه تپه طی ماه بهمن و در علی آباد کتول، کلاله و هاشم آباد در دیماه اتفاق می‌افتد. دامنه پایین‌ترین دمای سردترین ماه در ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۴– تا ۱۱– متغیر بوده و در مورد متوسط حداقل دمای سردترین ماه و متوسط حداکثر دمای سردترین ماه نیز این دامنه به ترتیب بین ۱–۴ و ۱۲–۱۴ قرار دارد. بر همین اساس نوع کشت این دوره برای تمام ایستگاه‌های مورد بررسی جو دو سر گرم‌تر در نظر گرفته شده که ویژگی‌های بوم شناسی و محدوده‌های دمایی این محصول در جدول ۴–۹ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در ایستگاه کلاله علاوه بر جو دو سر گرم‌تر، قابلیت کشت گندم و جو (Tv) نیز وجود دارد که این مهم به دلیل پایین تر بودن دمای سردترین ماه در این ایستگاه (۱۰/۸–) می‌باشد. همانگونه که در جدول ۴–۹ نشان داده شده لازمه کشت گندم و جو (Tv) این است که محدوده دمایی پایین ترین دمای سردترین ماه بین ۱۰– تا ۲۹– $^{\circ}C$ قرار گیرد که این ویژگی تنها در ایستگاه کلاله به چشم می‌خورد.

جدول ۱۳. دامنه کمترین مقادیر دماهای زمستان در ایستگاه‌های مورد مطالعه

	بندر ترکمن	علی آباد کتول	کلاله	گرگان	گنبدکاووس	هاشم آباد	مراوه تپه
پایین ترین دمای سردترین ماه	بهمن -۴/۷	دی -۸/۸	دی -۱۰/۸	بهمن -۴/۶	بهمن -۸/۶	دی -۷/۴	بهمن -۴/۶
متوسط حداقل دمای سردترین ماه	۴/۲۲	۳	۲/۸۷	۳/۴۴	۳/۲۱	۱/۷۴	۳/۸۳
متوسط حداکثر دمای سردترین ماه	۱۲/۳۶	۱۲/۸	۱۳/۷۶	۱۳/۰۶	۱۴/۰۸	۱۳/۳۶	۱۲/۲۴

جدول ۱۴. تیپ‌های زمستان و آستانه‌های حرارتی آن‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طبقه		پایین ترین دمای سردترین ماه	متوسط حداقل دمای سردترین ماه	متوسط حداکثر دمای سردترین ماه	ویژگی بوم شناسی
بندر ترکمن، علی آباد کتول، گرگان، گنبد کاووس، هاشم آباد، مراوه تپه، کلاله	جو دو سر	گرم‌تر (Av)	-۲/۵ °C تا -۱۰	>-۴	>۱۰ °C	زمستان برای محصولاتی نظیر جو مطلوب، اما برای مرکبات مناسب نیست.
کلاله	گندم و جو	Tv	-۱۰ °C تا -۲۹	-	>۵ °C	دارای اعتدال کافی برای گندم زمستانه اما برای جو مناسبت ندارد.

۴-۱۰. شرایط دمای تابستان

در روش پاپاداکیس و براساس شرایط دمای تابستان و پتانسیل‌های گرمایی، نه طبقه دمایی قابل تشخیص است که سه تیپ تابستانی در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه استان وجود دارد که شامل ذرت، گندم خنک‌تر، پنبه گرم‌تر و خنک‌تر می‌باشد. همانطور که در جدول ۱۵ دیده می‌شود ارزیابی شرایط تابستانی نشان دهنده آن است که هر هفت ایستگاه منتخب در طبقه پنبه گرم‌تر قرار می‌گیرند و فقط ایستگاه بندر ترکمن از نظر شرایط آگروکلیمایی برای نوع پنبه خنک‌تر نیز مناسب است. پنبه جز محصولاتی است که برای رشد و نمو به شب‌های گرم و همچنین روزهای گرم نیاز دارد (کوانتا، ۱۳۵۴) که ایستگاه‌های مذکور دارای این شرایط می‌باشند. ذرت علی‌رغم اینکه یک گیاه زراعی گرمسیری است، نمی‌توانند آب و هوای بسیار گرم را تحمل کند. مناسب‌ترین محیط برای کشت این گیاه مناطقی است که دمای آن حداقل به مدت ۴ ماه متوالی بین ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد باشد که این شرایط دمایی در همه ایستگاه‌های استان وجود دارد که سبب شد ذرت بعنوان یکی دیگر از محصولات در منطقه مورد مطالعه شناسایی شود. براساس تیپ‌بندی تابستانی پاپاداکیس، شرایط اقلیمی استان گلستان برای کشت گندم خنک‌تر نیز مناسب می‌باشد.

جدول ۱۵. تیپ‌های تابستان و آستانه‌های حرارتی آن‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طبقه تابستان	طول فصل آزاد از یخبندان به ماه	متوسط حداکثر دمای n ماه گرمتر	معدل دمای حداکثر گرم‌ترین ماه	ویژگی بوم شناسی
بندر ترکمن، علی‌آباد، گرگان، گنبد کاووس، هاشم آباد، مراوه تپه، کلاله	پنبه گرم‌تر(G)	حداقل ۵	>۲۵ n = ۶	>۳۳/۵	تابستان به قدر کافی گرم و طولانی برای کشت پنبه
	ذرت (M)	قابل دسترس >۴/۵	>۲۱ n = ۶	-	برنج یک محصول حاشیه ای است
	گندم خنک‌تر (t)	۲/۵ -۴/۵	>۱۷ n =۴	-	شرایط حرارتی و فتوپریود برای کشت گندم مناسب است اما برای ذرت، خیر
بندر ترکمن	پنبه خنک‌تر (g)	>۴/۵	>۲۵ n = ۶	<۳۳/۵	تابستان به قدر کافی گرم و طولانی برای کشت پنبه

۴-۱۱. تعیین رژیم حرارتی

پاپاداکیس دوازده رژیم اصلی و چهل رژیم فرعی حرارتی را در روش خود وضع کرده است که بستگی به شرایط دمایی تابستان و زمستان دارد. جدول ۱۶. رژیم حرارتی در سطح ایستگاه‌های منتخب در استان گلستان را نشان می‌دهد که فقط ایستگاه بندرترکمن در طبقه قاره‌ای بری (CO1) قرار می‌گیرد. این رژیم حرارتی در صورتی است که تابستان از نوع G و g و زمستان از نوع Av باشد. سایر ایستگاه‌های استان

با توجه تیپ تابستانی و زمستانی در طبقه جنب‌حاره (Su) قرار می‌گیرند. رژیم حرارتی مذکور که بیشتر استان رو پوشش می‌دهد مربوط به زمانی است که تابستان از نوع G و زمستان نوع Av باشد.

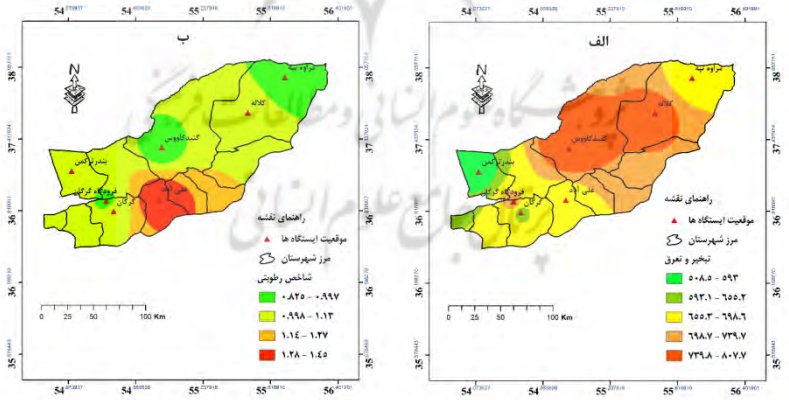
جدول ۱۶. انواع رژیم‌های حرارتی موجود در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	طبقه اصلی	طبقه فرعی	تعریف	نوع زمستان	نوع تابستان
بندر ترکمن	قاره‌ای بری	CO1	گرم	Av	Gg
	جنب حاره	Su1	گرم	tv	M
علی‌آباد، کلاله، گرگان، گنبد کاووس، هاشم‌آباد، مراوه تپه	جنب حاره	Su1	گرم	Av	T
				Av	G

۴-۱۲. تعیین رژیم رطوبتی

معیارهای لازم جهت تعیین رژیم رطوبتی یک منطقه شامل میزان تبخیر و تعرق مطلق، تداوم فصل خشک و مرطوب، شاخص رطوبتی ماهانه (HI) و سالانه و میزان آبشویی خاک (Ln) هستند. بنابراین ابتدا مقادیر هریک از این معیارها در ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین و در نهایت بر مبنای آن، رژیم رطوبتی ایستگاه مربوطه مشخص گردید. میزان تبخیر و تعرق تابعی از تغییرات دمای بیشینه و بارش در منطقه بوده و حداکثر مقادیر آن منطبق بر نواحی بیشینه دما یعنی گنبد کاووس، کلاله و هاشم آباد است که به ترتیب مقادیر ۸۰۵/۷۵، ۷۶۳/۹ و ۷۲۱/۱۲ میلیمتر تبخیر در این ایستگاها مشاهده می‌گردد (شکل ۳، الف). شاخص رطوبتی نیز که از تقسیم بارش بر تبخیر و تعرق به دست می‌آید مطابق شکل ۳، ب، در ایستگاه‌هایی که بالاترین مقادیر بارش را دارند بیشتر بوده که شامل علی آباد کتول، کلاله، بندر ترکمن و گرگان می‌شود.

بررسی وضعیت ماه‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر شرایط خشکی حاکی از این است که بیشترین تداوم خشکی مربوط به ایستگاه‌های مراوه تپه، هاشم آباد و گنبد کاووس است که از خرداد تا شهریور شرایط خشکی را تجربه می‌کنند. طولانی ترین دوره رطوبتی نیز در علی آباد کتول مشاهده می‌گردد که طی ۷ ماه سال وضعیت این ایستگاه مرطوب بوده و تنها در تیر و مرداد شرایط خشکی در منطقه حاکم می‌گردد (جدول ۱۷). بر همین مبنا، در طبقه بندی رژیم رطوبتی، علی آباد کتول به عنوان تنها ایستگاه مرطوب استان شناخته شده و سایر ایستگاه‌ها در طبقه مدیترانه‌ای قرار می‌گیرند. رژیم رطوبتی مدیترانه‌ای خود به دو گروه مدیترانه‌ای مرطوب و خشک تقسیم می‌شود که ایستگاه‌های بندر ترکمن و گرگان با توجه به بالاتر بودن مقادیر بارش و شاخص رطوبتی نسبت به تبخیر و تعرق در طبقه مدیترانه‌ای مرطوب واقع شده و سایر ایستگاه‌ها در طبقه مدیترانه ای خشک قرار گرفته‌اند. این ویژگی‌ها در جدول ۴-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. پهنه بندی میانگین بلند مدت (۱۹۹۱-۲۰۱۷) تبخیر و تعرق مطلق (الف) و شاخص رطوبتی (ب) در محدوده مورد مطالعه

جدول ۱۷. تداوم ماه‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	ماه‌های مرطوب	ماه‌های میانه	ماه‌های خشک
بندرترکمن	مهر تا اسفند (۶ ماه)	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و شهریور	مرداد
علی‌آبادکتول	مهر تا فروردین (۷ ماه)	اردیبهشت، خرداد و شهریور	تیر و مرداد
کلاله	آبان تا فروردین (۶ ماه)	اردیبهشت، شهریور و مهر	خرداد تا مرداد
گرگان	آبان تا فروردین (۶ ماه)	اردیبهشت، شهریور و مهر	خرداد تا مرداد
گنبدکاووس	آذر تا فروردین (۵ ماه)	اردیبهشت، مهر و آبان	خرداد تا شهریور
هاشم‌آباد	مهر تا اسفند (۶ ماه)	فروردین و اردیبهشت	خرداد تا شهریور
مراوه تپه	آذر تا فروردین (۵ ماه)	اردیبهشت، میانه و آبان	خرداد تا شهریور

جدول ۱۸. انواع رژیم‌های رطوبتی موجود در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	رژیم اصلی	طبقات فرعی	برخی از ویژگی‌ها
بندر ترکمن، گرگان	مدیترانه ای	ME(Moist)	HI<0/88 یا LN>20%ept
کلاله، ، گنبد کاووس، هاشم آباد، مراوه تپه	مدیترانه ای	Me(dry)	HI<0/88 و یا LN</20 pet
علی آباد کتول	مرطوب	–	–

۵. نتیجه گیری

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات روند دما و بارش در ایستگاه‌های استان گلستان حاکی از این بود که کمینه دما در بندرترکمن، علی آباد کتول، کلاله و هاشم آباد و بیشینه دما در علی آباد کتول، کلاله و هاشم آباد در تمامی ماه‌های سال روند افزایشی در سطح اطمینان ۰/۹۹ داشته است. میانگین سالانه پارامتر دمای هوا نیز در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی به جز گنبد کاووس و گرگان روند صعود قابل توجهی را نشان داد. تغییرات پارامتر بارش به دلیل روند افزایشی آن درایستگاه‌های علی آباد کتول و کلاله (که بالاترین مقادیر بارش را طی دوره آماری داشتند) و روند کاهشی در مراوه تپه، گنبد کاووس و بندر ترکمن (کمترین میزان بارش در بین ایستگاه‌ها) تأمل برانگیز بود. از آنجاییکه در پهنه بندی اقلیمی استان گلستان در دو اقلیم مرطوب (علی آباد کتول، گرگان، رامیان و بندر گز) و خشک (مراوه تپه، گنبد کاووس، کلاله، بندر ترکمن، مینو دشت و گمیشان و آزاد شهر) قرار دارد (امین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶)، این روندها می‌تواند خطر خشکسالی در ایستگاه‌های کم بارش و بارش‌های سنگین و سیل آسا را در ایستگاه‌های پربارش در شرایط تغییر اقلیم در آینده افزایش دهد. توجه به این مهم در کنار توپوگرافی کوهستانی نواحی جنوبی استان اهمیت این مسئله را دو چندان می‌کند. نتایج به دست آمده از این بخش با نتایج تحقیقات سایر محققین همخوانی دارد. خسروی و میردیلمی (۱۳۸۸) که تغییر برخی عناصر اقلیمی در استان گلستان را طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ با استفاده از آزمون کندال تحلیل کردند به این نتیجه رسیدند که سهم تأثیر دمای حداقل بر میانگین دما به مراتب بیشتر از تأثیر دمای حداکثر است و آنچه موجب افزایش دمای میانگین شده است، بیشتر دمای حداقل بوده است. مطابق مطالعه ایشان فراوانی روندهای معنی دار در ایستگاه‌های مورد مطالعه دیده می‌شود اما روندهای مثبت و منفی در ایستگاه‌های گنبد و مراوه تپه بیشتر از ایستگاه گرگان می‌باشد. مطالعه تغییر اقلیم گرگان طی چهل سال گذشته (۲۰۰۰-۱۹۶۱) نیز حاکی از روند کاهشی دماهای حداقل در این منطقه در ماه می به میزان ۰/۰۴ درجه سلسیوس در هر سال بود (قربانی و سلطانی، ۱۳۸۱). قربانی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در مطالعه خود نشان دادند که تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم، بارش و دما در استان گلستان افزایش می‌یابد. ارزیابی قابلیت اقلیم کشاورزی محدوده مورد بررسی با استفاده از روش پاپاداکیس نیز نشان داد که به دلیل واقع شدن تمام ایستگاه‌ها در محدوده‌ی دمایی ۲/۵- تا ۱۰- درجه سلسیوس، زمستان برای کاشت محصولاتی نظیر جو دو سر مناسب است که در این میان در ایستگاه کلاله به دلیل کاهش قابل توجه دما در ماه‌های سرد سال امکان کشت گندم و جو نیز وجود دارد. در فصل تابستان نیز به دلیل اینکه طول فصل عاری از یخبندان به بیش از ۴-۵ ماه می‌رسد امکان کشت ذرت، گندم خنک‌تر، پنبه گرم‌تر و خنک‌تر در منطقه وجود دارد. مطابق آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی، استان گلستان یکی از قطب‌های تولید گندم کشور است که از نظر سطح زیر کشت و عملکرد دانه مقام سوم را در بین استان‌های کشور به خود اختصاص داده است (بای و همکاران، ۱۳۹۱؛ کابوسی و مجیدی، ۱۳۹۶). براساس نتایج مطالعه کاظمی و همکاران (۱۳۹۵) به دلیل کسری ذخیره آب زیرزمینی در حوضه‌های آبریز استان گلستان امکان توسعه کشت برنج در این استان با محدودیت روبه رو است. نتایج استعداد سنجی اراضی این استان نیز نشان داد که در بسیاری از

مناطــق گنجاندن گیاه پنبه در برنامه الگوی کشــت امکان پذیر اســت و در مناطق مستعد جنوب و جنوب غربی استان الگوی کشت گیاهان زراعی سویا، لوبیا، پنبه و ذرت مناسب است (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۵).

۵-۱. پیشنهادات

کوتاه بودن طول دوره آماری برخی از ایستگاه‌ها به دلیل تازه تأسیس بودن و از طرف دیگر عدم دسترسی به داده‌های اقلیمی کافی با پراکندگی مکانی مناسب در استان، پهنه‌بندی دقیق آگروکلیمایی را با محدودیت مواجه می‌کند. لذا برای رسیدن به نتایج بهتر پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آینده از ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی و تبخیرسنجی حوضه‌های اطراف منطقه مورد مطالعه نیز استفاده شود.

با توجه به نتایج این پژوهش، استان گلستان دارای شرایط آگروکلیمایی متنوع بوده و قابلیت مناسبی برای توسعه و کشت محصولاتی نظیر گندم، ذرت و پنبه دارد که این امر می‌تواند در توسعه اقتصادی استان نقش بسزایی ایفا کند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد مطالعات بعدی منطبق بر پتانسیل‌های اگروکلیمایی هر محصول انجام شود و به نوعی بهینه‌سازی فضایی آگروکلیمایی برای هر محصول در نظر گرفته شود.

با توجه به روند افزایشی دما و کاهشی بارش در محدوده مورد بررسی، بررسی قابلیت‌های اقلیم کشاورزی منطقه در شرایط تغییر اقلیم در آینده ضروری به نظر می‌رسد.

پیشنهاد می‌گردد، نواحی مناسب برای کشت چند محصول استراتژیک استان با توجه به ویژگی‌های اگروکلیمایی آن‌ها مشخص گردد، و در این نواحی به کشت هر محصول اقدام شود.

استفاده از سایر روش‌های پهنه‌بندی اقلیمی مانند (AHP، روش فازی) و مقایسه خروجی‌ها با روش پاپاداکیس.

۶. منابع

۱. اخوان کاظمی، مسعود، حسینی، طیبه سادات و بهرامی پور، فرشته، ۱۳۹۸، **مطالعه واکاوی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر امنیت بینالمللی،** فصلنامه مطالعات روابط بین الملل، ۱۲ (۴۶)، ۳۹-۹.

۲. اسمعیلی, ناهید و هوشمند عطایی، ۱۳۹۵، **بررسی روندتغییرات اقلیمی بارش و دمابه روش من کندال در ایستگاه ارومیه،** اولین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار،

۳. اکبری، مهری و وحیده نودهی، ۱۳۹۴، **بررسی و تحلیل روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان،** مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۵ (۱۷)، ۱۵۰-۱۴۰.

٤. امیدوار، کمال و خسروی، یونس، ۱۳۸۸، **تعیین روند و پیش بینی تغییرات دما و بارش شهر بوشهر** ، همایش بین المللی خلیج فارس

٥. آروین، عباسعلی، محمد مفیدی خواجه، آراز و مازینی، فرشته، ۱۳۹۱، **تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای،** مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۲ (۶)، ۱۳۱-۱۱۷.

٦. آشفته، پریسا سادات و بزرگ حداد، امید، ۱۳۹۲، **ارزیابیهای بر پایهٔ ریسک نیاز آبی محصولات تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدلهای AOGCM،** ۶۸ (2)، ۴۴۱-۴۵۷.

۷. باقری، سیمین و سیدفرزاد حسینی زاده آرانی، ۱۳۹۲، **ارزیابی تنوع و استعدادهای کشاورزی استان اصفهان به روش پاپاداکیس با تاکید بر توسعه اقتصادی،** همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی، جزیره قشم، شرکت تعاونی علم گستران پیشتاز ایرانیان.

۸. بای، ناصر، منتظری، مجید، گندمکار، امیر و عطایی، هوشمند، ۱۳۹۱، **مطالعه پتانسیل اراضی کشت گندم دیم در استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)،** مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۲ (۴)، ۴۱-۱۹.

۹. بذرافشان دریاسری، مهرناز، ۱۳۹۳، **طبقه‌بندی اقلیمی استان گلستان تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از برونداد مدل‌های گردش عمومی جو،** پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب و خاک، دانشگاه گرگان، ۲۶.

۱۰. پرهیزکاری، ابوذر،۱۳۹۶، **ارزیابی اثرات نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان اراضی پایین دست سد طالقان،** تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۹ (۴)، ۱۵۲-۱۲۵.

۱۱. توشنی, یوکابد؛ واحد بردی شیخ و محسن حسینعلی زاده، ۱۳۹۳، **بررسی روند تغییر اقلیم در استان گلستان به روش منکندال، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)،** شهرکرد، دانشگاه شهرکرد

۱۲. حسینی، سید صفدر، نظری، محمدرضا و عراقی نژاد، شهاب، ۱۳۹۲، **بررسی اثر تنی اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به کار گیری راهبردهای تطبیقی در این بخش،** تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴ (۱)، ۱۶-۱.

۱۳. خسروی، محمود و میر دیلمی، سمیرا، ۱۳۸۸، **بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در استان گلستان با استفاده از آزمون کندال،** اندیشه جغرافیایی، ۳ (۵)، ۱۳-۱.

۱٤. خلیلی اقدم، نبی، کردجزی، محمد، نیکزادفر، مریم و محمدقلی پور، محمود ،۱۳۹۰، **آشکارسازی اقلیم استان گلستان، اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم،** کرج، مرکز تحقیقات کم آبی و خشکسالی در کشاورزی و منابع طبیعی.

۱۵. خوش روش، مجتبی، عابدی کوپایی، جهانگیر و نیکزاد طهرانی، اسماعیل، ۱۳۹۴، **آشکار سازی روند تغییرات متغیرهای هیدرو–اقلیمی حوضه نکارود با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری**، نشریه علوم آب و خاک، ۱۹ (۷۴)، ۱۳–۱.

۱۶. دفتر ملی هیات بین الدولی تغییر اقلیم (IPCC)، ۱۳۹۶، **آشکارسازی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و چشم انداز آن در ایران طی قرن بیست و یکم**، مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران.

۱۷. دیلمی، ابوالفضل، جولایی، رامتین، رضایی، اعظم و کرامت زاده، علی، ۱۳۹۸، **بررسی آثار تغییرات اقلیمی برعملکرد**، سود ناخالص والگوی کشت شهرستان گرگان، اقتصاد کشاورزی، ۱۳ (۲)، ۱۶۰–۱۳۷.

۱۸. شائمی برزکی، اکبر، آروین، عباسعلی و علیخانی، سحر، ۱۳۹۵، **بررسی و پهنه بندی شاخص‌های اقلیم کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری**، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۹ (۳۳)، ۹۴–۸۳.

۱۹. شائمی، اکبر و احمدی، حمزه، ۱۳۸۹، **ارزیابی پتانسیل های اقلیمی کشاورزی استان ایلام براساس روش پاپاداکیس**، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.

۲۰. شعبانی، بهاره، موسوی بایگی، محمد، و جباری نوقابی، مهدی، ۱۳۹۲، **پیش بینی تغییرات نیاز آبی برخی از محصولات کشاورزی دشت مشهد ناشی از تغییرات دمای هوا**، علوم و مهندسی آبیاری، ۳۹ (۲)، ۱۳–۱.

۲۱. فرجزاده، منوچهر، تکلوبیغش، عباس، ۱۳۸۰، **ناحیه‌بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی**، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۱، ۱۰۵–۹۳.

۲۲. فرهادی بانسوله، بهمن، اسدی، آذر و حافظ پرست، مریم، ۱۳۹۶، **تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل ذرت و جو در استان کرمانشاه در شرایط تغییر اقلیم**، حفاظت آب و خاک، ۲۴ (۳)، ۲۰۲–۱۸۵.

۲۳. قربانی، خلیل، بذر افشان دریا سری، مهرناز، مفتاح هلقی، مهدی و قهرمان، نوذر، ۱۳۹۵، **تاثیرات تغییر اقلیم بر پهنه بندی اقلیمی استان گلستان با روش دمارتن گسترش یافته**، تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷ (۲)، ۳۳۲–۳۱۹.

۲۴. قربانی، خلیل، بذرافشان دریاسری، مهرناز، مفتاح هلقی، مهدی و قهرمان، نوذر، ۱۳۹۵، **تاثیرات تغییر اقلیم بر پهنه بندی اقلیمی استان گلستان**، تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷ (۲)، ۳۲۲–۳۱۹.

۲۵. قربانی، محمدحسین و سلطانی، افشین، ۱۳۸۱، **بررسی تغییر اقلیم گرگان طی چهل سال گذشته**، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۴)، ۱۴–۳.

۲۶. قیامی شمامی، فرشته، معروفی، صفر، سبزی پرور، علی اکبر، زارع ابیانه، حمید و حیدری، مجید، ۱۳۹۰، **آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب ایران با توجه به تغییرات دما**، مهندسی آبیاری آب، ۲ (۶)، ۱۰–۲۵.

۲۷. کاظمی، حسین، طهماسبی سروستانی، زین العابدین، کامکار، بهنام و شتابی، شعبان، ۱۳۹۵، **تدوین الگوی کشت بهینه برای استان گلستان با استفاده از سامانه اطالعات جغرافیایی (GIS)**، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۱۱۰، ۱۰۶–۸۸.

۲۸. محمدی، الهام، یزدان پناه، حجت الله و محمدی، فریبا، ۱۳۹۳، **بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره‌ی رشد گندم دوروم (دیم) مطالعه موردی: ایستگاه سرارود کرمانشاه**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶ (۲)، ۲۴۶–۲۳۱.

۲۹. محمودی، ابوالفضل و پرهیزگاری، ابوذر، ۱۳۹۴، **تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان (مطالعه موردی: دشت قزوین)**، رشد و توسع اقتصاد روستایی و کشاورزی، ۱(۲)، ۴۰–۲۵.

۳۰. مؤمن پور، سید عرفان و بازگیر، ۱۳۹۷، **شناخت پتانسیل اقلیمی– کشاورزی مناطق استان خوزستان از لحاظ کاشت محصولات باغی**، پژوهش های میوه کاری، ۳ (۲)، ۷۸–۷۰.

۳۱. نظر صیدی، غلی و گندمکار، امیر، ۱۳۹۴، **بررسی عدم قطعیت روشهای آشکارسازی تغییرات اقلیم در متغیرهای دما (مطالعه موردی حوضه کرخه)**، جغرافیا (برنامه ریزی منطقه‌ای، ۶ (۲)، ۲۱–۷.

۳۲. ولیقلی زاده، علی، ۱۳۹۸، **تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی**، فضای جغرافیایی، ۱۹ (۶۷)، ۱۹۸–۱۶۱.

۳۳. هاردی، جان. (۲۰۰۳). **تغییر اقلیم:علل، اثرات و راه حلها**، ترجمه لیلی خزانه داری، منصوره کوهی. شهزاد قندهاری و مهدی آسیایی، ۱۳۹۱. مشهد. انتشارات پاپلی.

۳۴. مساعدی، ابوالفضل و کاهه، مهدی، ۱۳۸۷، **بررسی تأثیر بارندگی بر عملکرد محصولات گندم و جو در استان گلستان**، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵ (۴)، ۱۴–۱.