

Analyzing the process of temperature changes in the Mazandaran Sea Basin, based on ERA-Interim Data

Emad Esteki¹, Amir Gandomkar^{*2}, Alireza Abbasi³, Parviz Rezaei⁴

1- Ph.D Student in Climatology, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

2- Associate Professor, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

3- Assistant Professor, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

4- Associate Professor, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Amphibious Science and Technology, 2025, 6(2), 57-70

ARTICLE INFO

Article type:

Research article

Article history:

Received 30 June 2025

Accepted 9 August 2025

Available online 1 September 2025

Keywords:

Global Warming, Grid Data, Trend, Regression, Slope

Citation:

Esteki, E., Gandomkar, A., Abbasi, A., Rezaei, P. (2025). Analyzing the process of temperature changes in the Mazandaran Sea Basin, based on ERA-Interim Data. *Amphibious Science and Technology*, 6(2), 57-70.

DOI:

10.22034/JAMST.2025.544603.1208

ABSTRACT

An increase in the temperature of the earth is one of the consequences of climate change, the effects of which on different countries and sectors are different according to the type of climate and the extent of their aridity and water areas. The effects of global warming on the biosphere and human life, especially sea surface temperature, play an important role in the earth's climate. Considering the importance of the topic and the fact that the process of climate change undoubtedly affects different systems of the earth, the present research was conducted with the aim of investigating the process of changes in the temperature of the Mazandaran Sea basin. In this regard, the analyzed monthly temperature data of ERA-Interim with resolution of 2*2 during the statistical period of 1970-2023 was used. Due to the normality of the data, the linear regression test was used to calculate the trend. The obtained results showed that except for April, in other months of the region, the increasing trend prevails over the decreasing trend. During the months of July, August and October, the area of increasing trend and during the month of April, the area of decreasing trend has the largest width. Increasing trends have been observed mainly in the southeast, southwest and center of the basin. A decreasing trend has also occurred in the north of the Caspian Sea. In the month of April, the northern half of the basin within the borders of Russia has completely decreased. The results of the slope of temperature changes showed that the highest amount of temperature increase occurred in October and in the northern areas of the basin within the borders of Russia. In these areas, the temperature has increased between 0.07 and 0.1 degrees Celsius.

Publisher:

Imam Khomeini Maritime University



واکاوی روند تغییرات دمایی حوضه دریای مازندران بر اساس داده‌های ERA-Interim

عماد استکی^۱، امیر گندمکار^{۲*}، علیرضا عباسی^۳، پرویز رضایی^۴

۱- دانشجوی دکتری رشته آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

۳- استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

۴- دانشیار گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

علوم و فنون آبخاکی، ۱۴۰۴، ۶(۲)، ۷۰-۵۷

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخچه مقاله: دریافت ۹ تیر ۱۴۰۴ پذیرش ۱۸ مرداد ۱۴۰۴ دسترسی آنلاین ۱۰ شهریور ۱۴۰۴ کلیدواژه‌ها: داده‌های شبکه‌ای، روند، رگرسیون، شیب، گرمایش جهانی استناد: استکی، عماد، گندمکار، امیر، عباسی، علیرضا، رضایی، پرویز (۱۴۰۳). واکاوی روند تغییرات دمایی حوضه دریای مازندران بر اساس داده‌های ERA-Interim، علوم و فنون آبخاکی، ۶(۲) ۷۰-۵۷. DOI: 10.22034/JAMST.2025.544603.1208	افزایش دمای کره زمین از جمله پیامدهای تغییر اقلیم است که تأثیرات آن بر کشورها و بخش‌های مختلف با توجه به نوع اقلیم و میزان وسعت خشکی و پهنه‌های آبی آن‌ها متفاوت است. اثرات گرمایش جهانی بر زیست‌کره و زندگی انسان به‌ویژه دمای سطح دریا نقش مهمی در آب‌وهوای زمین دارد. با توجه به اهمیت موضوع و اینکه روند تغییرات اقلیمی بدون شک سیستم‌های مختلف زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد، پژوهش حاضر باهدف بررسی روند تغییرات دمای حوضه دریای مازندران انجام شده است. در این راستا از داده‌های دمای ماهانه واکاوی شده ERA-Interim با توان تفکیک ۲ * ۲ طی دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۲۳ استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون رگرسیون خطی برای محاسبه روند استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد به‌غیر از ماه آوریل در سایر ماه‌های پهنه روند افزایشی بر روند کاهشی غالب است. طی ماه‌های ژولای، آگوست و اکتبر پهنه روند افزایشی و طی ماه آوریل پهنه روند کاهشی از بیش‌ترین وسعت برخوردار می‌باشد. روندهای افزایشی عمدتاً در قسمت‌های جنوب شرقی، جنوب غربی و مرکز حوضه مشاهده شده است. روند کاهشی نیز در شمال دریای خزر رخ داده است. در ماه آوریل نیز نیمه شمالی حوضه در محدوده کشور روسیه به‌طور کامل از روند کاهشی برخوردار بوده است. نتایج شیب تغییرات دما نشان داد که بیش‌ترین مقدار افزایش دما در ماه اکتبر و در مناطق شمالی حوضه در محدوده کشور روسیه رخ داده است. در این مناطق دما بین ۰/۷ تا ۰/۱ درجه سانتیگراد افزایش داشته است.

ناشر:

دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)



۱- مقدمه

وجود روند در سری‌های زمانی عناصر اقلیمی، ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی، تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد (بروکس و کارادرس، ۱۹۵۳). تعیین روند در سری‌های زمانی اقلیمی از اهمیت زیادی در سراسر جهان برخوردار است (برن و هاگ النور، ۲۰۰۲). با بررسی روند می‌توان به این نتیجه رسید که تغییرات رخ داده در منطقه در اثر پدیده تغییر اقلیم بوده و یا در نتیجه تغییرات موقتی و طبیعی روی داده است و فرایندی دائمی و همیشگی نمی‌باشند (علوی‌نیا و زارعی، ۱۴۰۰). دریای مازندران به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه بسته جهان، از نظر بین‌المللی دارای اهمیت زیادی است. از نظر منابع نفت و گاز بسیار مهم است. هم چنین نقش شاخصی در زمینه‌های کشتیرانی، بازرگانی، اقتصاد ملی داشته و تأثیر زیادی بر آب‌وهوا و اقلیم منطقه می‌گذارد. این دریا به علت تنوع آب‌وهوایی، میزان تبخیر و درون‌ریز آب‌های شیرین، شرایط اقلیمی بسیار متفاوتی دارد. یکی از پیامدهای تغییر اقلیم در حوضه آبریز دریای مازندران، کاهش بارندگی و افزایش دما است. در رابطه با دما تاکنون مطالعات زیادی صورت گرفته است. لوکوی و شیسانیا (۲۰۱۱) روند دمای حداقل و حداکثر نایروبی را بررسی کرد. نتایج نشان داد دمای حداکثر در مناطق شهری افزایش داشته است. سونگ و پارک (۲۰۲۱) روندهای دمایی در کره جنوبی را بررسی کردند. نتایج نشان داد ایستگاه‌های با شیب روند بالا میانگین افزایش دما ۲ درجه سانتی‌گراد را در طول دوره مطالعه نشان دادند و ایستگاه‌هایی با شیب روند کم میانگین افزایش دما ۰/۵ درجه سانتی‌گراد داشتند. یساک منا و کاساهون (۲۰۲۲) روند دما در حوضه رودخانه تکز اتیوپی شمالی را بررسی کردند. نتیجه نشان می‌دهد که دمای شدید آینده بین ۰/۶ تا ۲/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. سالنیکو و همکاران (۲۰۲۳) روندهای دما و بارش در قزاقستان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که قلمرو قزاقستان بر اساس تغییرات آب‌وهوایی به نیمه جنوب غربی و شمال شرقی تقسیم شده است. روندهای شدید در نیمه جنوب غربی بیش‌تر مشهود است، جایی که روند قابل‌توجهی هم برای افزایش دمای بسیار بالا در روز و هم در شب بسیار پایین شناسایی شده است. خامیدو و همکاران (۲۰۲۳) روندهای دما و بارش در کشکادریا ازبکستان را

بررسی کردند. نتایج نشان داد که میانگین دما از ۱۴/۵۳ درجه سانتیگراد طی سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۰ به ۱۴/۴ درجه سانتیگراد طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۵ کاهش یافته است. مک کیتریک و همکاران (۲۰۲۳) روندهای دمایی و نسبت‌های آب‌وهوایی را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده روند ثابت می‌باشد. آن‌ها دریافتند مدل‌های سری زمانی برای اسناد اقلیمی باید به‌دقت با الزامات ایجاد یکپارچگی برخورد کنند. صفری و همکاران (۲۰۲۳) روند و تغییرپذیری دما در رواندا را در ۴ دهه گذشته بررسی کردند. نتایج نشان داد حداکثر دما در مقایسه با دمای حداقل تنوع بالاتری دارد. هم‌چنین شب‌های سرد تنوع بیش‌تری را نسبت به روزهای سرد نشان می‌دهند، با انحراف معیار بین ۵ تا ۷ روز، شب‌های گرم و روزهای گرم که به ترتیب دارای انحراف معیار بین ۲ تا ۳، ۴ و ۵ روز و ۳ و ۴ هستند و به‌ویژه در منطقه‌ای که بخش‌های مرکزی، جنوب غربی، جنوب مرکزی و شمال غربی رولندا را پوشش می‌دهد. فاکوسه و گروسسی (۲۰۲۴) روند بارش و دما در منطقه لمباردی، شمال ایتالیا را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی دما است. در پاییز، دما به میزان ۰/۵ درجه در سال افزایش می‌یابد. تابستان نیز روند گرم‌شدن قابل‌توجهی را نشان می‌دهد، در زمستان و بهار نیز دما به میزان ۰/۴ درجه در سال افزایش داشته است. کلینگجوی و همکاران (۲۰۲۴) روند دما، رطوبت و بارش در شش منطقه تایلند را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده روند صعودی دما و رطوبت است.

سویینی و همکاران (۲۰۲۴) روند دما در طول سال‌های ۲۰۲۲-۱۹۸۰ را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده افزایش گرمایش در دریای بارتنز و کارا و خنک‌شدن در اقیانوس آرام شرقی و اقیانوس جنوبی گرمسیری است. پیرنیا و همکاران (۱۳۹۴) تغییرات دما و بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر را بررسی کردند. نتایج افزایش شدیدتر دمای حداقل را نسبت به دمای حداکثر نشان می‌دهد که می‌تواند مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد که بر افزایش دمای حداقل تأثیر بیش‌تری دارد. به‌طور کلی دما در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز ایستگاه گرگان افزایش و بارندگی هم در ایستگاه‌های مختلف، تغییرات متفاوتی را داشته است که این شرایط می‌تواند تأثیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح محلی، منطقه‌ای و

جهانی و همچنین فاصله از منبع عظیم آبی دریای خزر باشد. صابری و همکاران (۱۳۹۸) تغییرات آب‌وهوایی آینده در ساحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل آب‌وهوایی منطقه‌ای را برآورد کردند. نتایج نشان داد سطح دریا به آرامی تا سال ۲۱۰۰ افزایش می‌یابد. منحنی‌های تغییرات سالانه با دوره پایه ۱۹۹۵-۲۰۱۵ سطح آب دریای خزر راست آزمایی گردید که نشان می‌دهند در دو دهه گذشته فرکانس نفوذ آب به خشکی از یک افزایش آهسته و یکنواخت به یک رخداد تشدیدشونده عبور کرده است. میرحسینی و همکاران (۱۴۰۰) روند تغییرات سری‌های دمایی مناطق شرقی ایران را بررسی کردند. نتایج نشان داد متوسط دما در اکثر ماه‌ها و اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته است.

مزیدی و بیگی (۱۴۰۰) روند دما، بارش و سرعت باد، در مناطق شمالی و غربی استان کرمان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دمای ایستگاه‌های کرمان و انار روند مثبت دارد؛ اما ایستگاه شهر بابک در ماه آگوست (تابستان) و نوامبر (پاییز) روند منفی است. خسروی و آذری (۱۴۰۱) روند زمانی - مکانی دما و بارش در حوضه کشف رود را بررسی کردند. نتایج نشان داد که روند دمای بیشینه در فصول بهار و زمستان و همچنین در مقیاس سالانه برای کلیه ایستگاه‌های حوضه افزایشی است. اما در فصل تابستان و پاییز الگوی یکسانی وجود ندارد. درگاهیان و همکاران (۱۴۰۱) ناحیه‌بندی اقلیمی ناحیه مرطوب خزری را انجام دادند. طبق نتایج بر اساس تحلیل خوشه‌ای نواحی مرطوب خزری به چهار زیر ناحیه‌ای اقلیمی از جمله ناحیه مرطوب با بارش متوسط، دمای بسیار پایین و رطوبت بسیار پایین، ناحیه مرطوب با بارش زیاد، دمای پایین و رطوبت متوسط، ناحیه مرطوب با بارش کم، دمای بالا و رطوبت پایین و ناحیه مرطوب با بارش بسیار زیاد، دمای متوسط و رطوبت بالا قابل تقسیم‌بندی می‌باشد. نوروزی و همکاران (۱۴۰۲) روند تغییرات پارامترهای اقلیمی استان خوزستان را با استفاده از آزمون من کندال بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی معناداری با سطح اطمینان ۹۵٪ در بیش‌تر ایستگاه‌ها در پارامترهای دمایی برقرار بوده که این روند در ایستگاه‌های بستان، هندیجان و ایزه با سطح اطمینان ۹۹٪ وجود داشته است. صلاحی و همکاران (۱۴۰۲) ناهنجاری‌های دمایی دوره گرم سال در ایستگاه‌های منتخب استان اردبیل را بررسی کردند. نتایج

نشان داد درصد فراوانی پیش‌بینی شده ناهنجاری‌های دمایی تحت سناریوی متوسط (RCP4.5) بیش‌تر از سناریوی خوش‌بینانه (RCP2.6) و تحت سناریوی بدبینانه (RCP8.5) بیش‌تر از سناریوی متوسط است. قاسمی و همکاران (۱۴۰۲) امواج گرمایی اصفهان را بررسی و دریافتند دمای بیشینه برای شهر اصفهان، یک‌روند افزایشی معنادار با نرخ بیش از ۰/۵ درجه افزایش برای هر دهه داشته است. فراوانی رخداد امواج گرمایی در کل دوره آماری مورد مطالعه، روند افزایشی معنی‌دار داشته است و بالاترین فراوانی مربوط به فصل بهار با ۶۱ مورد رخداد موج گرمایی بوده است. خورسندی و همکاران (۱۴۰۲) روند زمانی تغییرات بارش و دما در حوضه‌های آبریز ایران را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی در تمامی حالات برای متغیر دما است. حکیمی و همکاران (۱۴۰۳) مدل‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی دمای روزانه هوا در شهر رشت را بررسی کردند. نتایج نشان داد اجرای مدل‌ها با به‌کارگیری داده‌های ورودی از یک تا سه روز قبل دارای بهترین عملکرد در پیش‌بینی هستند.

مرادی‌نژاد و خسروبیگی (۱۴۰۳) اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش اراک را بررسی کردند. بر اساس نتایج، مدل LARS-WG در هر سه سناریو و هر سه دوره، افزایش دمای حداقل را پیش‌بینی کرده است. دمای حداکثر سالانه نیز در هر سه سناریو و هر سه دوره نسبت به دوره پایه افزایش داشته است. موقری (۱۴۰۳) رفتار دمای سالانه شهر ارومیه را مدل‌سازی و پیش‌بینی کردند. نتایج پیش‌بینی مدل حاکی از آهنگ ملایم افزایش دما در سال‌های آینده با یک‌روند خطی روبه‌بالا است. سبحانی و دل‌آرا (۱۴۰۳) تأثیر الگوهای جوی مختلف بر تغییرات امواج گرمایی شهرستان نیر را بررسی کردند. نتایج نشان داد در روز مورد بررسی تغییرات دما تا ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به طول هفته افزایش یافته است. جهان‌تیغ و همکاران (۱۴۰۳) دمای بیشینه استان کرمان را پیش‌بینی و ارتباط آن با ارتفاع ژئوتانسیل را بررسی کردند. نتایج مدل‌های پیش‌بینی نشان می‌دهد به‌ازای هر ژئوتانسیل متر افزایشی که در نمایه رخ دهد، دمای بیشینه ایستگاه‌های منتخب کرمان بین ۱/۲ تا ۱/۴ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت. درختی و همکاران (۱۴۰۳) مقادیر دما و بارش در حوضه آبخیز اهرچای را با به‌کارگیری مدل CanESM2 پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی

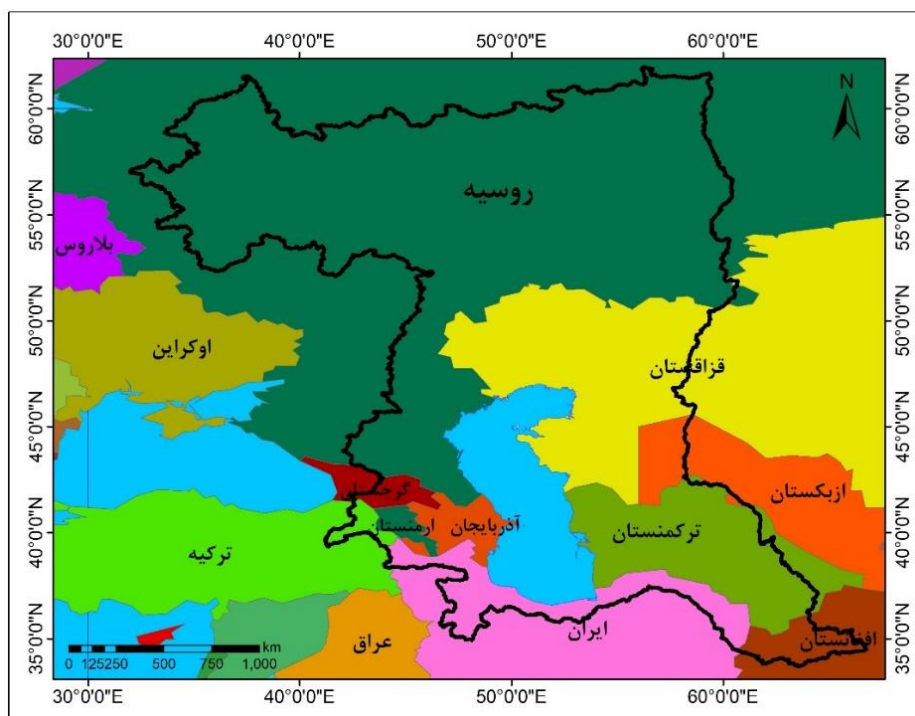
قرار گرفته است. زیرحوضه‌های اورال، ولگا، کارا بوگاز گل، آراکس و ترک در این حوضه قرار دارند. این حوضه مابین کشورهای روسیه، قزاقستان، افغانستان، ازبکستان، ترکمنستان، ایران، ارمنستان، گرجستان، آذربایجان و ترکیه قرار دارد. دریای خزر که بزرگترین حوضه آبی محصور در خشکی جهان شناخته می‌شود، نیز در محدوده این حوضه قرار گرفته است (شکل ۱).

در این پژوهش از داده‌های دمای ماهانه واکاوی شده ERA-Interim با توان تفکیک $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ طی دوره آماری ۲۰۲۳-۱۹۷۰ استفاده شده است. سنجش بهنجاری داده‌ها با استفاده از آزمون اندرسون دارلینگ انجام شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون رگرسیون خطی در سطح معنی داری ۹۵ در نرم افزار Matlab برای محاسبه روند استفاده شد. به‌دست آوردن شیب دما نیز از آزمون شیب سن استفاده شد. در نهایت روندهای به‌دست آمده از آزمون رگرسیون به نرم‌افزار Arc Gis منتقل و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی به نقشه‌های پهنه‌بندی روند تبدیل شدند. نقشه‌های استخراج شده امکان نمایش و پراکندگی موقعیت مکانی و زمانی روند متوسط دمای حوضه مورد مطالعه را فراهم کرده است.

میانگین دما بادقت بالاتری نسبت به مقادیر میانگین بارش انجام گرفته است. حوضه دریای مازندران از جنبه‌های مختلف، به‌ویژه مسائل زیست‌محیطی موردتوجه می‌باشد. یکی از پیامدهای تغییر اقلیم در حوضه آبریز دریای مازندران، کاهش بارندگی و افزایش دما است. با توجه به این وضعیت، دبی رودخانه‌های منتهی به دریای مازندران و بارش درون دریا کاهش یافته و از طرف دیگر با افزایش دما و کاهش ابرناکی، میزان تبخیر در سطح دریا بیش‌تر شده است. اکثر مطالعات انجام شده در رابطه با روند دما نشان‌دهنده روند افزایشی دما می‌باشد و در اکثر آن‌ها از داده‌های ایستگاهی استفاده شده است. با توجه به اهمیت این موضوع و اهمیت بین‌المللی حوضه دریای مازندران لذا هدف از این پژوهش بررسی روند دمای این حوضه با استفاده از داده‌های شبکه‌ای می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

حوضه دریای خزر یکی از حوضه‌های آبی اروپا است که با مساحت ۳۳۵۹۲۶۰ کیلومترمربع بین طول جغرافیایی ۳۱ تا ۶۶ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ تا ۶۲ درجه شمالی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

۳- نتایج و بحث

روند دمای حوضه دریای مازندران بررسی و نتایج آن در شکل (۲) ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می شود طی ماه ژانویه قسمت های جنوبی حوضه که در غرب ترکمنستان، شمال ایران، شرق آذربایجان و غرب روسیه واقع شده اند از روند افزایشی دما برخوردار بوده اند. قسمتی از مرکز حوضه نیز که در شمال دریای خزر واقع شده روند کاهشی داشته است. در ماه فوریه روندهای کاهشی نسبت به ماه ژانویه بسیار محدودتر شده و تنها قسمت اندکی از شمال دریای خزر در قزاقستان را فراگرفته است. روندهای افزایشی نیز کناره غربی حوضه در کشورهای آذربایجان، ارمنستان، گرجستان و جنوب روسیه و قسمتهایی از شرق و مرکز حوضه در کشورهای قزاقستان و روسیه را پوشش می دهد. در ماه مارس تنها روندهای افزایشی در حوضه رخ داده است. این روندها در جنوب غربی و جنوب شرقی حوضه در کشورهای ترکمنستان، آذربایجان، ارمنستان، گرجستان و جنوب روسیه مشاهده شده است. در ماه آوریل روندهای کاهشی بر روندهای افزایشی غالب شده است. به طوری که قسمتهای شمال حوضه در کشور روسیه، گوشه جنوب شرقی حوضه در افغانستان، قسمتی از مرکز حوضه در گرجستان و قسمت اندکی از غرب حوضه که در مناطق شرقی ترکیه واقع می شود از روند کاهشی برخوردار بوده اند. در ماه می جنوب شرقی حوضه واقع در جنوب ترکمنستان و شمال ایران و قسمتی از مرکز حوضه واقع در غرب قزاقستان روند افزایشی نشان داده اند. طی ماه ژوئن نیمه جنوبی حوضه که در شمال ایران، ترکمنستان، قزاقستان، آذربایجان، ارمنستان، گرجستان و قسمتهایی از ازبکستان و ترکیه و روسیه واقع شده از روند افزایشی برخوردار بوده اند.

جهت انجام آزمون رگرسیون فرض می شود دما تابعی خطی از زمان باشد؛ بنابراین مدل تغییرات به صورت رابطه (۱) خواهد بود:

$$\text{Temperature} = \alpha + \beta \text{ Time} \quad (1)$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای β نشانگر افزایش دما با زمان یک مقدار منفی برای β نشانگر کاهش دما با زمان و برای $\beta = 0$ فرض وجود روند رد می شود. اما از آنجا که مقدار β نامعلوم است یک برآورد از β با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه (۲) به دست می آید (باتاچاریا، ۱۹۷۷):

$$\beta \pm t_{0.025} \frac{S}{S_X} \quad (2)$$

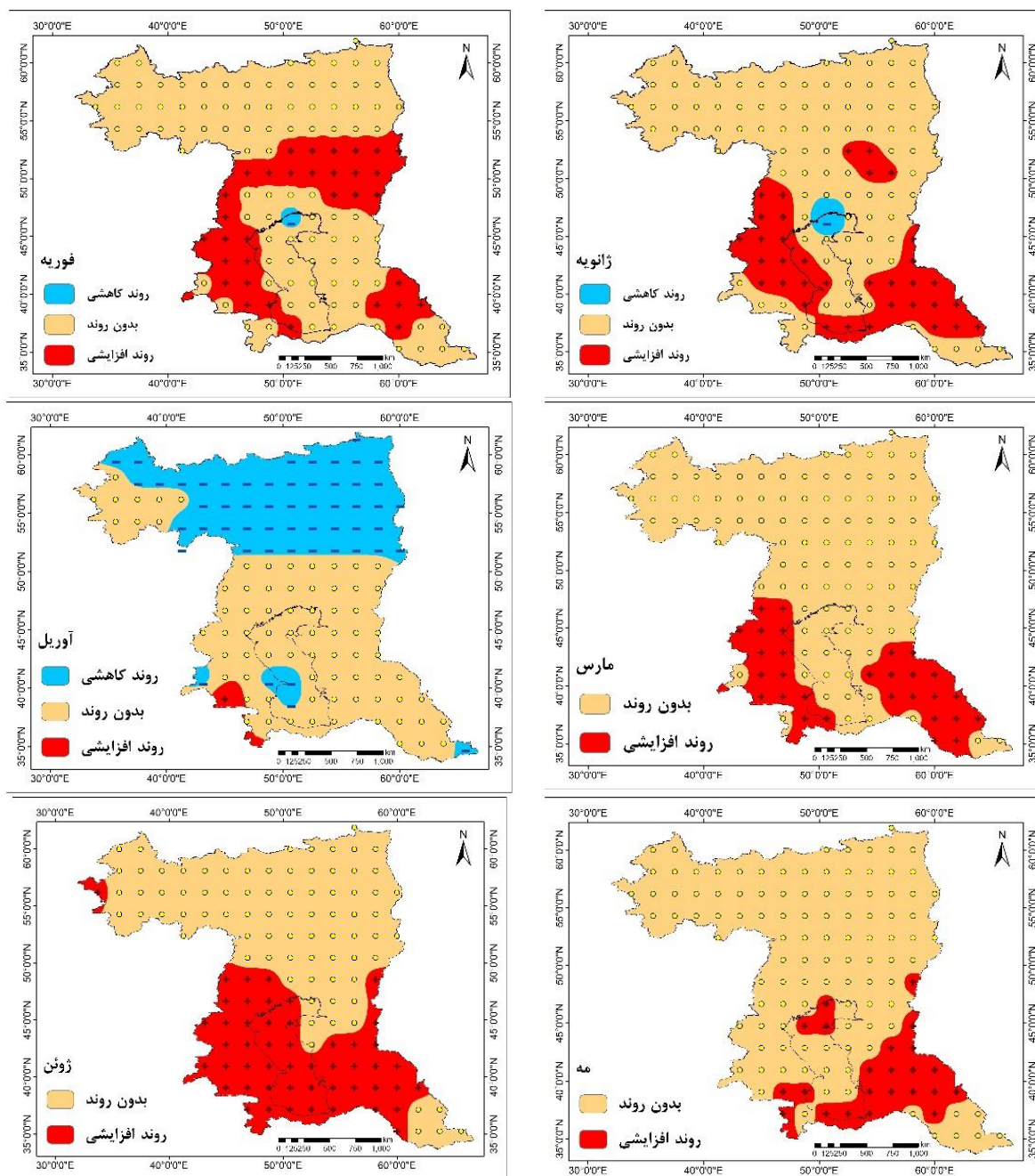
اگر حد بالا و پایین β که به این ترتیب به دست می آید هر دو مثبت باشند، روند افزایشی در دما پذیرفته می شود. اگر حد بالا و پایین β هر دو منفی باشند روند کاهشی در دما پذیرفته و اگر حد بالا و پایین مختلف علامه باشند فرض وجود روند تأیید نمی شود (مسعودیان، ۱۳۸۳).

شیب سن

شیب سن یک شاخص بسیار مفید در آزمون من - کندال است که بزرگی روند یکنواخت را نشان می دهد مقدار شیب روند با استفاده از شیوه ارائه شده توسط سن (۱۹۶۶) با رابطه زیر برآورد می شود:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{x_j - x_l}{j - l} \right) \quad \forall l < j \quad (3)$$

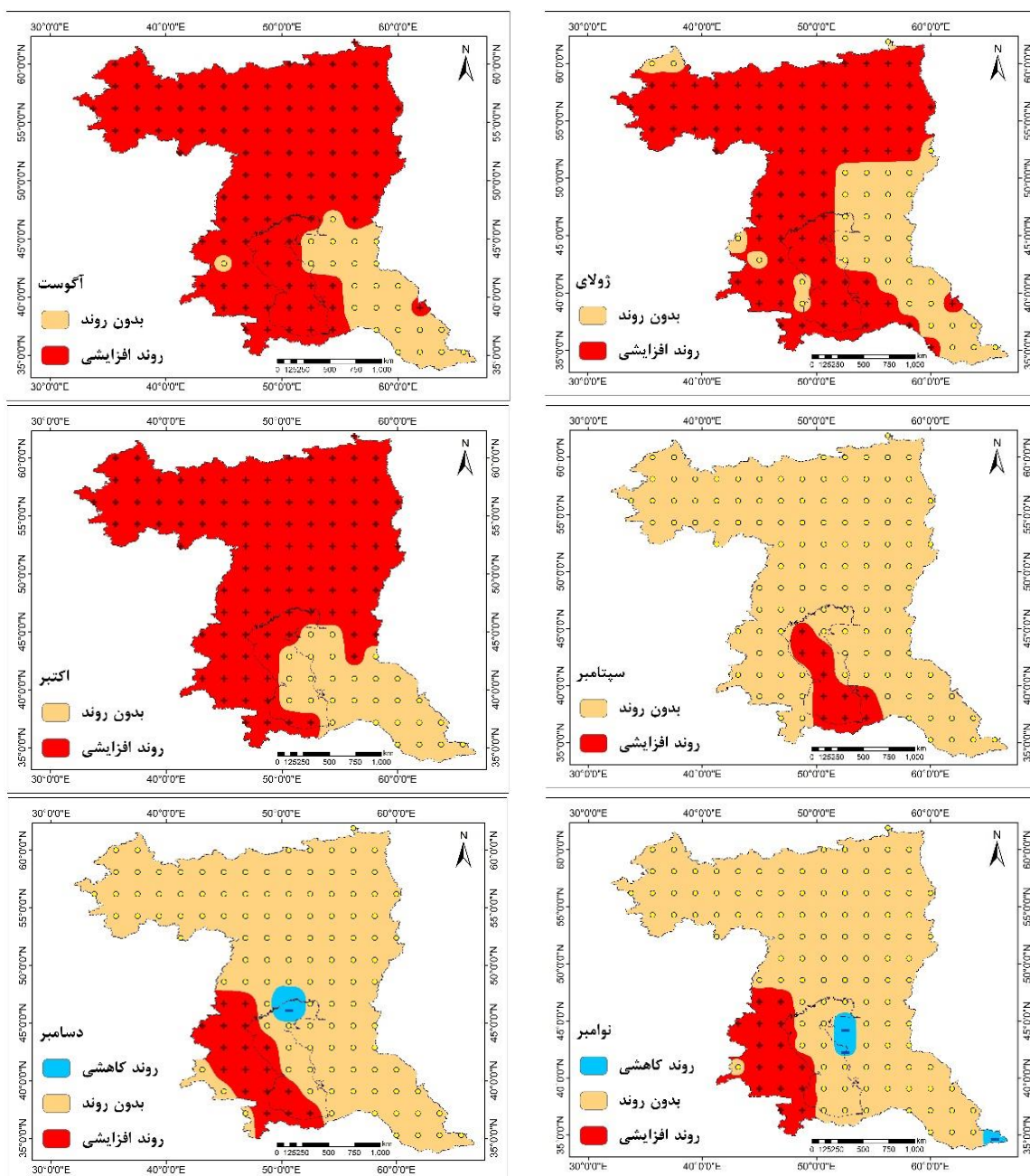
که در آن، β برآوردگر خط روند و x مقدار مشاهده شماره l ام است و j یک واحد زمانی بعد از مشاهده l ام است مقادیر مثبت β نشان دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی نشان دهنده روند کاهشی می باشد (ارشد حسینی و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل ۲: پهنه‌بندی روند دما طی ماه‌های ژانویه تا ژوئن در حوضه مورد مطالعه

روند افزایشی گسترش پیدا کرده و قسمت عمده‌ای از حوضه را پوشش می‌دهد. در این ماه به‌غیر از جنوب شرقی حوضه که در ترکمنستان واقع می‌شود سایر قسمت‌های حوضه از روند افزایشی برخوردار است. طی ماه‌های نوامبر و دسامبر قسمت جنوب غربی حوضه واقع در کشورهای آذربایجان، ارمنستان، گرجستان، غرب ترکیه، جنوب روسیه دارای روند افزایشی و قسمتی از شمال دریای خزر که در کشور روسیه قرار دارد از روند کاهشی برخوردار می‌باشد (شکل ۳).

در ماه ژولای به‌غیر از شرق و جنوب شرق حوضه، سایر قسمت‌های حوضه از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. در ماه آگوست نیز پهنه روندهای افزایشی به بیش‌ترین حد خود طی ماه‌های سال رسیده‌اند و قسمت عمده‌ای از حوضه را پوشش می‌دهند. تنها قسمتی از جنوب شرق حوضه بدون روند است و سایر قسمت‌ها از روند افزایشی برخوردار است. در ماه سپتامبر بیش‌تر پهنه حوضه را پهنه بدون روند پوشش می‌دهد و روندهای افزایشی در محدوده دریای خزر مشاهده شده است. در ماه اکتبر مجدداً پهنه



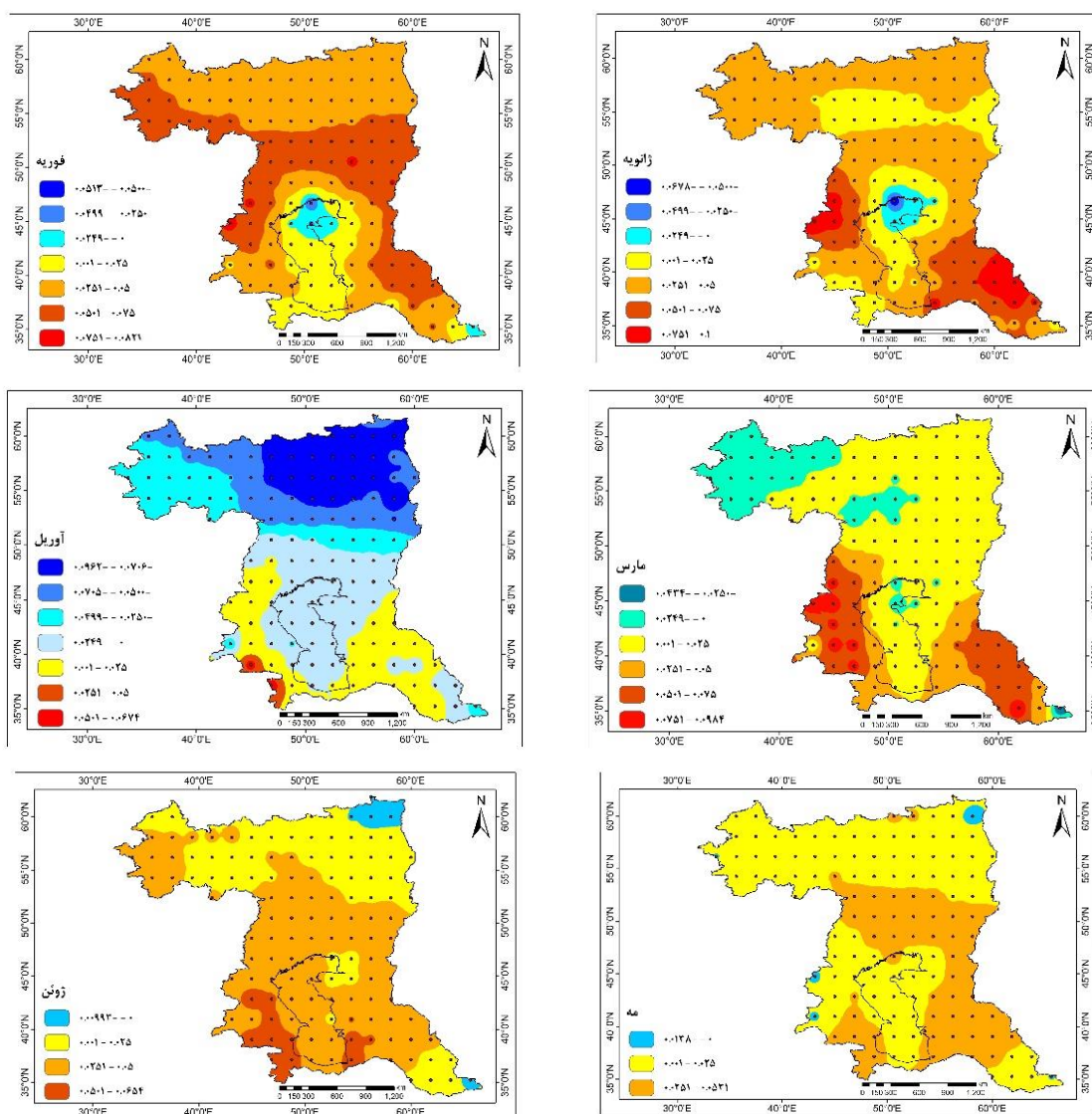
شکل ۳: پهنه‌بندی روند دما طی ماه‌های ژوئای تا دسامبر در حوضه مورد مطالعه

(۴) نقشه‌های شیب دمای ماه‌های ژانویه تا ژوئن ارائه شده است. در ماه ژانویه در مناطق مرکزی حوضه که شامل قسمت‌های شمالی دریای خزر می‌شود شیب روند دما $-۰/۰۲$ تا $-۰/۰۶$ درجه سانتیگراد بوده است. این روند کاهش بوده و به ازای هر سال دما در این مناطق بین مقادیر ذکر شده کاهش پیدا کرده است. نواحی جنوب شرقی و غربی حوضه که شامل ترکمنستان و روسیه می‌شود از جمله مناطقی هستند روند دما در آن‌ها افزایشی بوده و شیب روند دما در این مناطق بین $۰/۰۷$ تا $۰/۱$ درجه سانتیگراد بوده است. در ماه فوریه مناطق شمالی دریای خزر شیب روند دما بین ۰ تا

سایر پژوهشگران نیز در پژوهش‌های مختلف بیان کرده‌اند که روند دما در مناطق مختلف افزایشی و در ماه‌های مختلف دارای شدت و ضعف است. قربانی و احمدی (۱۴۰۱) نشان دادند دمای کمینه و بیشینه ایران از روند افزایشی برخوردار است. درختی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند دمای ایران طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۴ افزایشی بوده و در آینده نیز دارای افزایش است. نتایج این پژوهش نیز حاکی از روند افزایشی در حوضه دریای مازندران می‌باشد و با سایر پژوهش‌های انجام شده همخوانی دارد. به منظور بررسی شیب روند دمای حوضه مورد مطالعه از آزمون شیب سن استفاده شد. در شکل

دما از روند کاهشی برخوردار بوده است. در محدوده دریای خزر نیز شیب روند دما بین ۰ تا -0.2 درجه سانتیگراد بوده است. در این ماه به غیر از مناطق جنوب شرقی و جنوب غربی حوضه که شیب روند دما بین 0.01 تا 0.2 درجه سانتیگراد بوده، در سایر مناطق حوضه دما کاهش داشته است. در ماه می تقریباً در کل حوضه شیب روند دما بین 0.01 تا 0.5 درجه سانتیگراد بوده و دما افزایش داشته است. در ماه ژوئن تنها در محدوده کوچکی از شمال حوضه شیب روند دما بین ۰ تا -0.09 درجه سانتیگراد بوده و دما کاهش داشته است. در سایر قسمت‌های حوضه شیب روند دما بین 0.01 تا 0.6 درجه سانتیگراد بوده است. در این مناطق و به خصوص در قسمت‌های جنوبی حوضه که ایران و ارمنستان را در بر می‌گیرد، دما افزایش داشته است.

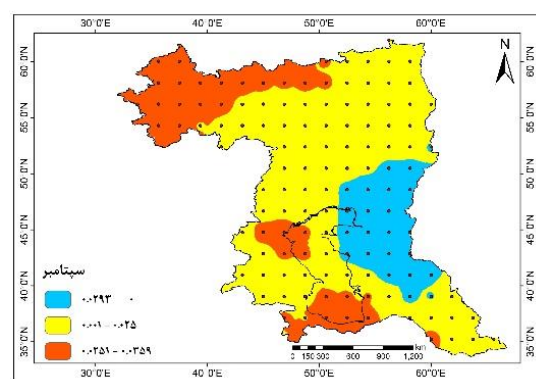
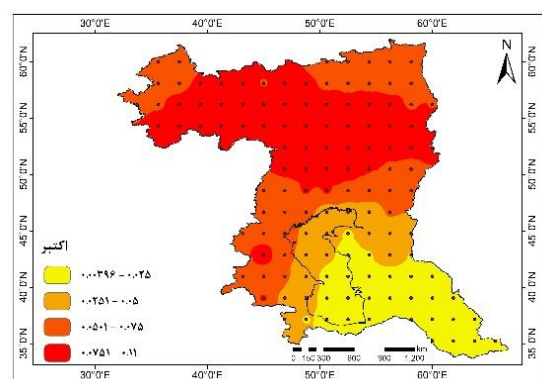
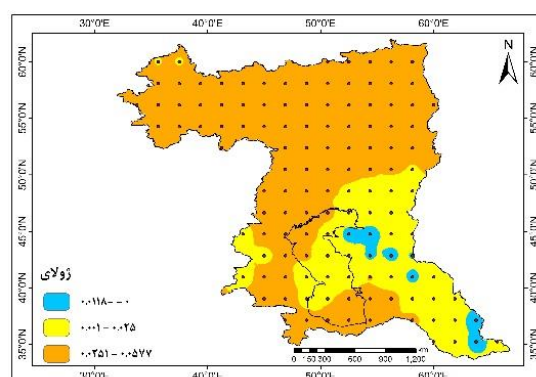
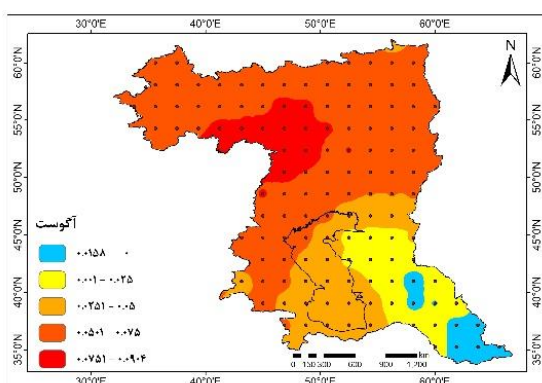
-0.4 درجه سانتیگراد بوده و روند کاهشی داشته است. در مناطق مرکزی از غرب تا شرق حوضه که روسیه را در بر می‌گیرد، شیب روند دما بین 0.5 تا 0.7 درجه سانتیگراد بوده و دما در حال افزایش می‌باشد. در ماه مارس مناطق شمال غربی حوضه (روسیه) شیب روند دما بین ۰ تا -0.2 درجه سانتیگراد بوده و دما روند کاهشی داشته است. مناطق جنوب شرقی و جنوب غربی حوضه شامل ترکمنستان، افغانستان، گرجستان و روسیه نیز افزایش دما داشته‌اند. در جنوب شرقی شیب روند دما بین 0.5 تا 0.7 درجه سانتیگراد و در جنوب غرب بین 0.5 تا 0.9 درجه سانتیگراد بوده است. طی ماه آوریل در کل نیمه شمالی حوضه (روسیه) که شیب روند دما بین ۰ تا -0.9 درجه سانتیگراد بوده است. طی دوره مورد مطالعه در این مناطق

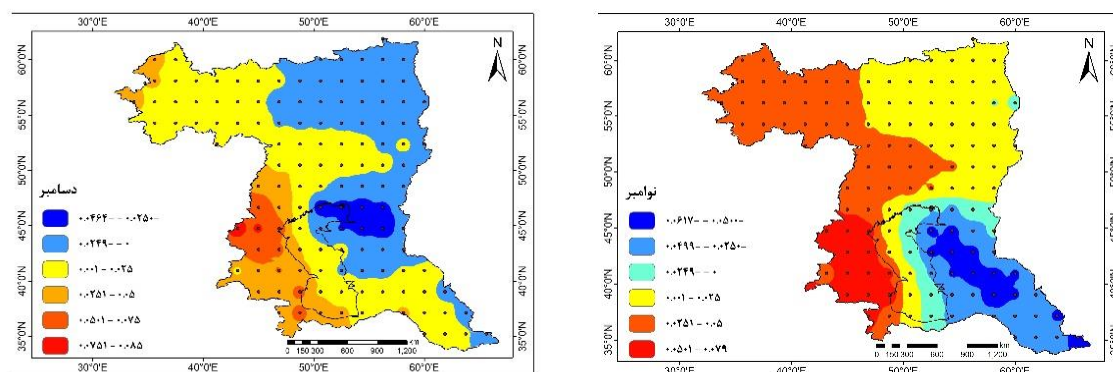


شکل ۴: پهنه‌بندی شیب روند دما طی ماه‌های ژانویه تا ژوئن در حوضه مورد مطالعه

غربی حوضه و قسمت‌هایی از جنوب حوضه که در ایران قرار دارد، شیب روند دما بین $0/02$ تا $0/03$ درجه سانتیگراد بوده است. طی ماه اکتبر دمای حوضه افزایش پیدا کرده است. به‌خصوص در نیمه شمالی حوضه که شیب روند دما بین $0/05$ تا $0/1$ درجه سانتیگراد بوده و دمای این مناطق روند افزایشی داشته است. در ماه نوامبر در مناطق جنوب شرقی حوضه شامل افغانستان و ترکمنستان شیب روند دما بین 0 تا $0/06$ درجه سانتیگراد بوده و دمای این مناطق از روند کاهشی برخوردار بوده است. گوشه جنوب غربی حوضه نیز شامل قسمت‌هایی از ایران، ارمنستان، گرجستان و آذربایجان شیب روند دما بین $0/05$ تا $0/09$ درجه سانتیگراد بوده و روند دما افزایشی بوده است. طی ماه دسامبر نیز در نیمه شرقی حوضه شامل قزاقستان و روسیه شیب دما بین صفر تا $0/04$ درجه سانتیگراد بوده و در جنوب شرقی حوضه شامل گرجستان و قسمت‌هایی از روسیه شیب دما بین $0/05$ تا $0/08$ درجه سانتیگراد بوده و دمای این مناطق روند افزایشی داشته است.

نقشه‌های شیب روند دما طی ماه‌های ژولای تا دسامبر در شکل (۵) ارائه شده است. طبق این نقشه‌ها طی ماه ژولای شیب روند دما در قسمت‌هایی از جنوب شرق حوضه که در کشور ترکمنستان قرار دارد بین صفر تا $0/01$ درجه سانتیگراد بوده و دما کاهش داشته است. در سایر مناطق حوضه شیب روند دما بین $0/01$ تا $0/05$ درجه سانتیگراد بوده و دما در این نواحی افزایش داشته است. طی ماه آگوست گوشه جنوب شرقی حوضه که در کشور افغانستان قرار دارد، شیب روند دمای بین 0 تا $0/01$ درجه سانتیگراد را داشته و دمای آن کاهش داشته است. در سایر مناطق حوضه شیب روند دما بین $0/01$ تا $0/09$ درجه سانتیگراد بوده و دما افزایش داشته است. به‌خصوص نیمه شمالی حوضه و شمال غربی حوضه که در روسیه قرار دارد، شیب روند دما بین $0/07$ تا $0/09$ درجه سانتیگراد بوده و دمای این مناطق از روند افزایشی برخوردار بوده است. در ماه سپتامبر مناطق شرقی حوضه که در محدوده کشور قزاقستان قرار دارد، شیب روند دما بین صفر تا $0/02$ درجه سانتیگراد بوده و دما کاهش داشته است. در شمال





شکل ۵: پهنه‌بندی شیب روند دما طی ماه‌های ژولای تا دسامبر در حوضه مورد مطالعه

۴- نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از روند متوسط دمای حوضه دریای مازندران نشان‌دهنده آن است که در ماه‌های ژولای، آگوست و اکتبر تقریباً کل حوضه به‌غیر از جنوب شرق آن که در محدوده ترکمنستان، افغانستان و حتی قسمت‌هایی از ایران و ازبکستان می‌شود؛ از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. در ماه آوریل پهنه غالب حوضه مورد مطالعه پهنه روند کاهشی بوده که نیمه شمالی حوضه و قسمت‌هایی از دریای خزر را در بر گرفته است. طی ماه‌های ژانویه، فوریه، نوامبر و دسامبر نیز روند کاهشی در حوضه مشاهده شده ولی تنها در مناطق شمالی دریای خزر مشاهده شده است. روندهای افزایشی تقریباً در تمام ماه‌های سال رخ داده ولی از نظر مکانی در ماه‌های مختلف متفاوت بوده است. در ماه اکتبر بیش‌ترین مساحت حوضه را روند افزایشی پوشش داده و در ماه آوریل کم‌ترین پهنه است. در سایر ماه‌های سال نیز به‌طور کلی مناطق جنوب شرق، جنوب غرب و قسمت‌هایی از مرکز حوضه از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. طی ماه سپتامبر نیز تنها محدوده دریای خزر روند افزایشی نشان داده و سایر قسمت‌های حوضه بدون روند بوده‌اند. در ماه‌های ژولای، آگوست و اکتبر که بیش‌ترین مساحت حوضه را روند افزایشی فراگرفته باتوجه به نقشه‌های شیب روند دما مقدار افزایش دما در این ماه‌ها متفاوت است و ماه اکتبر بیش از سایر ماه‌ها افزایش دما داشته است. طبق نتایج شیب روند دما، در ماه ژولای مقدار افزایش دما در مناطقی که روند افزایشی دما داشته‌اند بین ۰/۲ تا ۰/۵ درجه سانتیگراد بوده است. در ماه آگوست مقدار افزایش دما در مناطق دارای روند افزایشی بین ۰/۵ تا ۰/۹ درجه سانتیگراد و در ماه اکتبر مقدار افزایش دما

در پهنه‌های روند افزایشی بین ۰/۲ تا ۰/۱ درجه سانتیگراد بوده است. از نظر زمانی بیش‌ترین مقدار افزایش دما طی دوره آماری مورد مطالعه در ماه اکتبر و در مناطق شمالی حوضه که در محدوده کشور روسیه هستند، مشاهده شده است. در این مناطق دما بین ۰/۷ تا ۰/۱ درجه سانتیگراد افزایش داشته است. در ماه آوریل نیز که روند کاهشی در مناطق شمالی حوضه و محدوده کشور روسیه رخ داده، دما بین ۰/۲ تا ۰/۰۹- درجه سانتیگراد کاهش داشته است. به‌خصوص در مناطق شمالی روسیه که مقدار کاهش دما بیش‌تر بوده است. باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که روند دمای حوضه دریای مازندران تابع عرض جغرافیایی است.

امروزه حوضه‌های آبی بر اثر تأثیر گرمایش جهانی بر اکوسیستم دستخوش تغییر شده‌اند. گرمایش جهانی باعث آب‌شدن یخ‌های قطبی و افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها می‌شود و شهرهای ساحلی را با مشکل پیشروی آب مواجه کرده است. افزایش دما، تغییر در الگوی آب‌وهوا، بارش‌های سیل‌آسا، کاهش تنوع گونه‌های گیاهی و افزایش طوفان‌های گردوغبار از جمله تبعات تغییرات اقلیم در خشکی است، اما در دریاها اوضاع متفاوت است و کمی پیچیده‌تر است. به‌خصوص برای دریای مازندران که به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه جهان است. دریای مازندران به‌دلیل محصور شدن در پهنه‌های آبی و کوه‌ها و قرارگرفتن در معرض آب‌وهوای خاص، مستعد تهدیدهای مختلف است. کاهش ذخایر ماهیان، تخریب سواحل، خطر کاهش تنوع زیستی، کاهش کیفیت محیط‌زیست و گونه‌های بیگانه مهاجم مهم‌ترین تهدیدات برای دریای مازندران هستند. هم‌چنین تغییر تراز آب دریا،

پیرنیا، ع.، حبیب‌نژاد روشن، م.، سلیمانی، ک. (۱۳۹۴)، بررسی تغییرات دما و بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر و مقایسه آن با تغییرات در مقیاس جهانی و نیمکره شمالی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶ (۱۱)، ۹۰-۱۰۰.

جهان‌تیغ، ح.، رشیدی، ا.، عادل‌زاده، ع. (۱۴۰۳). پیش‌یابی دمای بیشینه‌ی استان کرمان و ارتباط آن با ارتفاع ژئوپتانسیل (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴ (۷۳)، ۴۸۴-۵۰۰.

حکیمی‌خانسر، ح.، حیدری، ع.، راشدی، س.، باقری، ع. (۱۴۰۳). استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی دمای روزانه هوا در شهر رشت. هواشناسی کشاورزی، ۱۲ (۱)، ۱۹-۵.

خسروی، آ.، آذری، م. (۱۴۰۱). تعیین روند زمانی و مکانی و نقطه تغییر دما و بارش در حوضه کشف‌رود. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۶۶)، ۲۸۹-۳۰۶.

خوردندی، م.، قلخانی، ح.، باطنی، م. (۱۴۰۲). تحلیل روند زمانی تغییرات بارش و دما در حوضه‌های آبریز ایران. هواشناسی کشاورزی، ۱۱ (۲)، ۶۹-۵۱.

درخشی، ج.، سبحانی، ب.، جهانبخش اصل، س. (۱۴۰۳). پیش‌بینی مقادیر دما و بارش طی دهه‌های آینده با به‌کارگیری مدل CanESM2 در حوضه آبخیز اهرچای. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴ (۷۲)، ۴۹-۶۴.

درگاهیان، ف.، دوستکامیان، م.، پودینه، م. (۱۴۰۱). ناحیه‌بندی اقلیمی در ناحیه مرطوب خزری. فصلنامه علمی علوم و فنون آبخاکی، ۳ (۳)، ۴۹-۶۴.

سبحانی، ب.، دل‌آرا، ق. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر الگوهای جوی مختلف بر تغییرات امواج گرمایی شهرستان نیر. جغرافیا و روابط انسانی، ۷ (۱)، ۶۳۷-۶۲۶.

صابری لویه، ف.، علیجانی، ب.، خالدی، ش. (۱۳۹۸). برآورد تغییرات آب‌وهوایی آینده در ساحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل آب‌وهوایی منطقه‌ای. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۶ (۱)، ۱۳۸-۱۱۱.

صلاحی، ب.، صابر، م.، وطن‌پرست، ف. (۱۴۰۲). ارزیابی ناهنجاری‌های دمایی دوره گرم سال در ایستگاه‌های منتخب استان اردبیل تحت شرایط تغییر اقلیم. مطالعات علوم محیط زیست، ۸ (۲)، ۶۶۹۲-۶۶۸۲.

علوی‌نیا، ح.، زارعی، م. (۱۴۰۰). آنالیز روند تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی داده‌های بلندمدت بارش

تغییر مسیر جریان‌ات دریایی، گسترش بیابان‌زایی به‌ویژه در سواحل شرقی دریا، افزایش فراوانی طوفان‌های دریایی، افزایش دمای سطح آب، کاهش تنوع گونه‌ای نیز از جمله اثرات تأثیر گرمایش جهانی بر اکوسیستم دریای مازندران محسوب می‌شوند که خسارت زیادی برای بوم‌سازگان ساحلی، صیادی و دریایی به همراه دارد. تغییرات دما بر مؤلفه‌های زیستی دریای مازندران اثرگذار است. افزایش دما و گرم‌شدن آب دریا منجر به از بین رفتن برخی از اجزای اکوسیستم شده و لذا نابودی گونه‌های ریزتر چرخه زیستی دریا را دچار مشکل می‌کند. افزایش دمای رخ داده هم‌چنین موجب افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی، کاهش دوره رشد و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود؛ لذا ضرورت دارد برنامه‌ریزان مربوطه در بخش‌های مختلف، راهکارهای لازم جهت سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند. با توجه به رخداد افزایش دما در حوضه دریای مازندران و اثراتی که بر اکوسیستم این حوضه دارد پیشنهاد می‌گردد که روند بارش حوضه نیز با استفاده از داده‌های شبکه‌ای بررسی شود. هم‌چنین تغییرات تراز آب دریا نیز بررسی و ارتباط آن با دمای حوضه بررسی شود. باتوجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌گردد راهکارهای لازم به‌منظور سازگاری با پیامدهای ناشی از افزایش دما بررسی و اجرایی شود. هم‌چنین عملیات آبخیزداری در حوضه مورد مطالعه بررسی و اصلاحات لازم در رابطه با آن صورت پذیرد. ضرورت دارد الگوی کشت حوضه نیز متناسب با تغییرات رخ داده در اقلیم حوضه تغییر یابد و محصولاتی که به آب کم‌تری نیاز دارند و با دمای بالا سازگاری بیش‌تری دارند کشت شود.

۵- مراجع

ارشاد حسینی، م.، کشتکار، ا.، حسینی، م.، افضلی، ع. (۱۴۰۰). تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال و روش تخمین گر شیب سن نمونه پژوهش: دشت یزد - اردکان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۲ (۴)، ۸۷-۱۰۶.

باعقیده، م.، قاسمی، م.، انتظاری، ع. (۱۴۰۳). مطالعه آماری ویژگی‌های امواج گرمایی کلانشهر اصفهان. مطالعات علوم محیط‌زیست، ۹ (۴)، ۹۳۷۱-۹۳۵۷.

- Brooks, C.E.P., Carruthers, N.B. (1953). Handbook of statistical methods in meteorology. First Edition: Her Majesty's Stationery Office, 412 pages.
- Burn, D.H., Hag Elnur, M.A. (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255(1-4), 107-122.
- Derakhshi, J., Sobhani, B., Jahanbakhsh Assal, S. (2024). Forecasting temperature and precipitation values in the coming decades by using the canESM2 model in the Aharchai watershed. *Geographical Sciences Applied Research Journal*, 24 (72), 49-64. (In Persian).
- Ershad Hosseini, M., Keshtkar, A., Hosseini, M., Afzali, A. (2021). Analyzing the trend of time changes in the quality of underground water resources using the non-parametric Mann-Kendall test and the age slope estimation method of the research sample: Yazd-Ardakan Plain. *Environmental Geography and Planning*, 32(4), 87-106, (In Persian).
- Faquseh, H., Grossi, G. (2024). Trend analysis of precipitation, temperature and snow water equivalent in Lombardy region, northern Italy. *Sustain. Water Resour. Manag.* 10(18).
- Ghorbani, Kh., Brarkhanpour Ahmadi, P. (2022). Investigating the trend of temporal and spatial changes in minimum and maximum temperature limit quantiles in Iran. *Climate Change Research*, 3(12), 53-68. (In Persian).
- Hakimi Khansar, H., Heydari, A., Rashidi, S., Bagheri, A. (2024). Using artificial intelligence models to predict daily air temperature in Rasht city. *Agricultural Meteorology*, 12(1), 5-19. (In Persian).
- Jahantigh, H., Rashidi, A., Adelzadeh, A. (2024). Prediction of the maximum temperature of Kerman province and its relationship with geopotential height (500 hectopascal level). *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, 24 (73), 484-500. (In Persian).
- Khamidov, S., Li, Zhi, N., Makhliyo, P., Bakhtiyor, P. (2023). Assessment of temperature and precipitation trends in Kashkadarya, Uzbekistan, E3S Web of Conferences 365, 01005, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336501005>
- Khorsandi, M., Ghalkhani, H., Bateni, M. (2023). Analysis of the time trend of و دما در جنوب شرق ایران. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۱(۴۴)، ۱-۱۶.
- قربانی، خ، برارخان‌پور احمدی، ص. (۱۴۰۱). بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی در چندک‌های حدی کمینه و بیشینه دما در ایران. پژوهش‌های تغییرات آب‌وهوایی، ۳(۱۲)، ۵۳-۶۸.
- مرادی‌نژاد، ا، خسروبیگی، س. (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش منطقه اراک. مطالعات علوم محیط‌زیست، ۹(۴)، ۹۵۳۴-۹۵۲۴.
- مزیدی، ا، بهاء‌الدین بیگی، ح. (۱۴۰۰). مطالعه روند دما، بارش و سرعت باد، در مناطق شمالی و غربی استان کرمان با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری. جغرافیا و روابط انسانی، ۴(۲)، ۲۵۴-۲۴۶.
- مسعودیان، ا. (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته. جغرافیا و توسعه، ۳(۳)، ۱۰۶-۸۹.
- موقری، ع. (۱۴۰۳). مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار دمای سالانه شهر ارومیه با استفاده از مدل باکس-جنکینز و ارتباط آن با گردش عمومی جو منطقه. جغرافیا و روابط انسانی، ۷(۱)، ۶۲۵-۶۰۹.
- میرحسینی، ح، گندمکار، ا، افروس، ع، عباسی، ع. (۱۴۰۰). بررسی روند تغییرات سری‌های دمایی مناطق شرقی ایران به‌منظور بررسی تغییرات منطقه‌ای. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۱(۴۲)، ۱۴۱-۱۲۵.
- نوروزی، ع، همایی، م، ترکمان، م. (۱۴۰۲). تحلیل روند پارامترهای اقلیمی استان خوزستان با استفاده از آزمون من کندال (TFPW-MK). مطالعات علوم محیط‌زیست، ۸(۲)، ۶۵۲۱-۵۱۰۶.

References

- Alavinia, H., Zareei, M. (2021). Analysis of the climate change trend using extreme indicators of long-term rainfall and temperature data in southeast Iran. *Regional Planning Quarterly*, 11(44), 1-16. (In Persian).
- Baaghdeh, M., Ghasemi, M., Atziri, A. (2024). Statistical study of heat wave characteristics of Isfahan metropolis. *Environmental Science Studies*, 9(4), 9371-9357, (In Persian).
- Bhattacharyya Gouri K., Richard A. Johnson. (1977), "Statistical concepts and methods", John Wiley and Sons.

- Science Studies, 8(2), 6510-6521. (In Persian).
- Safari, B., Sebaziga, J.N. (2023). Trends and variability in temperature and related extreme indices in rwanda during the past four decades. 14, 1449. <https://doi.org/10.3390/atmos14091449>
- Salahi, B., Saber, M., Watanparast, F. (2023). Evaluation of temperature anomalies in the warm period of the year in selected stations of Ardabil province under the conditions of climate change. Environmental Science Studies, 8(2), 6682-6699. (In Persian).
- Salnikov, V., Talanov, Y., Polyakova, S., Assylbekova, A., Kauazov, A., Bultekov, N., Musralinova, G., Kissebayev, D., Beldeubayev, Y. (2023). An assessment of the present trends in temperature and precipitation extremes in Kazakhstan. Climate, 11(33). <https://doi.org/10.3390/cli11020033>
- Sen, P.K. (1966). Estimates of the regression coefficients based on Kendalls tau. Journal of Amer, 63, 1379-1389.
- Sobhani, B., Del Ara, Q. (2024). Investigating the effect of different weather patterns on the changes of heat waves in Nair city. Geography and Human Relations, 7(1), 626-637. (In Persian).
- Song, B., Park, K. (2021). Temperature trend analysis associated with land-cover changes using time-series data (1980–2019) from 38 weather stations in South Korea. Sustainable Cities and Society, 65, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102615>.
- Sweeney, A. J., Fu, Q., Po - Chedley, S., Wang, H., Wang, M. (2024). Unique temperature trend pattern associated with internally driven global cooling and Arctic warming during 1980-2022. Geophysical Research Letters, 51, e2024GL108798. <https://doi.org/10.1029/2024GL108798>
- Yisehak, M., Biniyam, K.W.D. (2022). Extreme temperature trend and return period mapping in a changing climate in Upper Tekeze river basin, Northern Ethiopi. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 128, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103234>.
- precipitation and temperature changes in Iran's watersheds. Agricultural Meteorology, 11(2), 51-69. (In Persian).
- Khosravi, A., Azari, M. (2022). Determining the temporal and spatial trend and change point of temperature and precipitation in the Kashfroud basin. Applied Research Journal of Geographical Sciences. 22 (66), 289-306. (In Persian).
- Kliengchuay, W., Mingkhwan, R., Kiangkoo, N. et al. (2024). Analyzing temperature, humidity, and precipitation trends in six regions of Thailand using innovative trend analysis. Sci Rep 14, 7800. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57980-5>
- Lukoye Makokha, G., Shisanya, Ch.A. (2011). Trends in mean annual minimum and maximum near surface temperature in Nairobi City, Kenya. Advances in Meteorology, 2010, Article ID 676041, 6 pages, doi:10.1155/2010/676041.
- Mazidi, A., Bahauddin Beigi, H. (2021). Studying the trend of temperature, precipitation and wind speed in the northern and western regions of Kerman province using parametric and non-parametric tests. Geography and Human Relations, 4(2), 246-254. (In Persian).
- Mirhoseini, H., Gandomkar, A., Afros, A., Abbasi, A. (2021). Investigating the trend of temperature series changes in the eastern regions of Iran in order to investigate regional changes. Quarterly Journal of Geography (Regional Planning), 11(42), 125-141. (In Persian).
- Moradinejad, A., Khosrobeigi, S. (2024). Assessing the impact of climate change on temperature and precipitation parameters in Arak region. Environmental Science Studies, 9(4), 9524-9534. (In Persian).
- Movaghari, A. (2024). Modeling and forecasting the behavior of the annual temperature of Urmia using the Box-Jenkins model and its relationship with the general circulation of the region's atmosphere. Geography and Human Relations, 7(1), 609-625. (In Persian).
- Norouzi, A., Homaei, M., Turkman, M. (2023). Analyzing the trend of climatic parameters of Khuzestan province using the Mann-Kendall test (TFPW-MK). Environmental