

Forecasting Average Daily Temperature in the Southern Coast of the Caspian Sea and its Relationship with Geopotential Height

*S. A. Masoudian

**S. Movahedi

***S. M. Hosseini

****A. Adelzadeh

Forecasting temperature as one of the important climatic parameters plays a major role in climate change research. Therefore, in this study, the surface data of the average daily temperature of selected stations in the Caspian Sea (Anzali, Gorgan, Rasht, Babolsar and Ramsar) and the data of Geopotential height of level of 500 hPa whose data were extracted from the website NCEP/DOE under the US National Oceanic and Atmospheric Organization in hours 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, and 21:00 in the Zulu. During the period from 01/01/1979 to 01/01/2011 AD, four observation days per day were extracted from the NCEP / DOE website for the whole of the northern hemisphere, and then the correlation between the average daily temperature and geopotential data of the 500 hPa equilibrium was calculated throughout the northern hemisphere. The results of the correlation showed that the US with 28, the northern China with 30, Africa with 53 and at last, Japan with 69 pixels have the most pixels. In general, in the northern hemisphere, there are 180 points whose correlation with the temperature of selected station is very high. Also, the forecasting model of stations shows that for each geopotential meter increase, the average daily temperatures of the stations of Anzali, Gorgan, Rasht, Babolsar, and Ramsar increases as 0.1, 1.1, 0.1, 0.1, and 0.1 respectively.

Keywords: Forecasting, Temperature, Geopotential Height, Climate Changes, the Caspian Sea.

*Professor, University of Isfahan, Iran.

**Assistant Professor, University of Isfahan, Iran.

***Assistant Professor, Sayyed Jamal University, Hamedan, Iran.

****M A, University of Isfahan, Iran.

پیش‌یابی میانگین روزانه دما در کرانه‌های جنوبی دریای خزر و ارتباط آن با ارتفاع ژئوپتانسیل

سیدابوالفضل مسعودیان، استاد آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

سعید موحدی، استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

سیدمحمد حسینی، استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی، همدان، ایران

عبدالحسین عادل‌زاده*، کارشناس ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصول: ۱۳۹۳/۱۱/۲۳، پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۱، صص ۱۴۴-۱۲۹

چکیده

پیش‌یابی دما، یکی از فراسنج‌های مهم آب و هواشناسی است که نقش اساسی در واکاوی تغییرات اقلیمی دارد. در این پژوهش، از داده‌های سطحی میانگین روزانه دمای ایستگاه‌های منتخب در کرانه‌های دریای خزر (انزلی، گرگان، رشت، بابلسر و رامسر) و داده‌های جو بالا (ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) استفاده شده است. کمینه و بیشینه این ایستگاه‌ها از بازه زمانی ۱۳۵۷/۱۰/۱۱ تا ۱۳۸۹/۱۰/۱۱ خورشیدی به مدت ۱۱۶۸۹ روز، از سازمان هواشناسی کشور دریافت شده است و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ساعت‌های (۰۰:۰۰، ۰۳:۰۰، ۰۶:۰۰، ۰۹:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۵:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰ زولو) از بازه زمانی ۱۹۷۹/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۱/۰۱/۰۱ میلادی به کمک داده‌های چهار دیدبانی در روز، از تارنمای مرکز NCEP/DOE برای سراسر نیمکره شمالی استخراج شد. سپس همبستگی بین داده‌های میانگین روزانه دما و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سراسر نیمکره شمالی محاسبه شد. نتایج همبستگی نشان داد ایالات متحده آمریکا با ۲۸، شمال چین ۳۰، آفریقا ۵۳ و ژاپن با ۶۹ یاخته، دارای بیشترین یاخته هستند. در نیمکره شمالی، ۱۸۰ نقطه وجود دارد که همبستگی آنها با دمای ایستگاه‌های منتخب بسیار زیاد است. همچنین، الگوی پیش‌یابی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد به‌زای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایش، میانگین روزانه دمای ایستگاه‌های انزلی، گرگان، رشت، بابلسر و رامسر به ترتیب ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: پیش‌یابی، دما، ارتفاع ژئوپتانسیل، تغییرات اقلیمی، دریای خزر.

مقدمه

ویژگی‌های محلی مکان (ناهمواری و ارتفاع از تراز دریا) است (گیونت‌چیو،^{۱۰} ۲۰۰۷: ۲). ادبیات اقلیم‌شناسی جهان در باب دما و واکاوی هم‌مدید (آمار) آن بسیار غنی است. در این باره، کلین و والش^{۱۱} (۱۹۸۳)، دو نوع تصریح^{۱۲} را با هم مقایسه کردند. روش کلین^{۱۳} که در آن، برای پیش‌بینی دمای سطحی از ناهنجاری‌های ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال از غربال گام‌به‌گام پیش‌رونده استفاده می‌شود و روش والش و همکاران (۱۹۸۲) که در آن، رابطه رگرسیون ناهنجاری‌های دما با ضرایب چند بردار ویژه^{۱۴} اول محاسبه می‌شود. نتایج نشان داد روش کلین، پراش^{۱۵} زمستانی را حدود ۱۵ درصد بیشتر از روش متکی به بردارهای ویژه تبیین می‌کند. هارناک و لانزانتی^{۱۶} (۱۹۸۵)، با استفاده از ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، دمای سطح آب اقیانوس آرام شمالی، دمای سطح آب اقیانوس اطلس شمالی و میانگین پهنه‌ای بارش ایالات متحده را به روش تصریح به دست آوردند و بر این باورند که ارتفاع تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برای پیش‌بینی بارش از دمای سطح آب مناسب‌تر است. هیوستون و کرین^{۱۷} (۱۹۹۶)، روش تصریح را با این فرض که در صورت دو برابر شدن دی‌اکسیدکربن، الگوهای هم‌مدید تغییری نخواهد کرد، برای پیش‌بینی دمای سطحی ایالات متحده به کار بردند. مطالعه آنها نشان می‌دهد دمای منطقه دشت‌های بزرگ راکی در زمستان سردتر

یکی از مسائل فراروی بشر در قرن حاضر، تغییرات اقلیمی^۱ است؛ زیرا اینگونه تغییرات، سبب ایجاد پدیده‌های فرین^۲ مانند سیلاب‌های مخرب، گرماها و سرماهای پیش‌بینی نشده، خشکسالی‌های مکرر، نوسان شدید سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها، شیوع آفت و بیماری‌های گیاهی - جانوری، کاهش ضخامت لایه ازن، گرم شدن زمین و ذوب یخچال‌های دائمی با سرعت‌های گوناگون، کاهش سطح آب دریاچه‌ها، کاهش میزان منابع آب شیرین، افزایش توفان‌های گرمسیری، افزایش بیماری‌های ناشی از گرما، کاهش تولید مواد غذایی، افزایش مرگ‌ومیر در کشورهای فقیر، انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری به دلیل نابودی زیستگاه‌های طبیعی شده است (چرچ و همکاران،^۳ ۲۰۰۱: ۶۳۹؛ یو و همکاران،^۴ ۲۰۰۲: ۱۶۱؛ سیلور،^۵ ۲۰۰۸: ۲۸۹؛ سانتوز و همکاران،^۶ ۲۰۱۱: ۱۸۱۴؛ هافمن و همکاران،^۷ ۲۰۱۱: ۱۱۰۶). در میان عناصر اقلیمی، اندازه‌گیری دما در مقایسه با سایر عنصرهای اقلیمی سابقه بیشتری دارد و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا دما، یک متغیر گرمایشی - پوششی^۸ جوی است که تغییر آن، منشأ بسیاری از تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی است و دماهای فرین،^۹ حاصل آن در کنش بین گردش‌های جوی بزرگ و

¹⁰ Guentchev¹¹ Makin and Walsh¹² Specification Method¹³ Klein Method¹⁴ Specific Vector¹⁵ Variance¹⁶ Harnack and Lanzanth¹⁷ Hewitson and Crane¹ Climate Changes² Extreme Phenomena³ Church et al⁴ Yu et al⁵ Silver⁶ Santos et al⁷ Hofmann et al⁸ Thermodynamic⁹ Extreme Temperature

دمای هوا (از ۱ تا ۵ سال) از نوسان سامانه‌های پیوند از دور^۹ است که خود نتیجه مؤلفه نصف‌النهاری باد است. با توجه به رعایت اصل ایجاز، می‌توان از پژوهش‌های مرتبط با واکاوی تغییرات دمایی از اندیشمندانی همچون: برنت و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۷) در اسپانیا، استبان و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۸) در آندورا، اسلام و رحمان^{۱۲} (۲۰۰۸) در پاکستان، چوی و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۹) در مناطق آسیایی و وانگ و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۲) در رودخانه زرد چین نام برد.

در ایران نیز ناظم‌السادات و قاسمی (۱۳۸۳)، معتقدند که نوسان‌های دمای سطح دریای خزر،^{۱۵} پایداری زمانی و مکانی سامانه پرفشار سیبری^{۱۶} را نشان می‌دهد. سرد شدن و گرم شدن بیش از معمول دمای این دریا به ترتیب، نشان‌دهنده تقویت یا تضعیف این سامانه است. در همین زمینه، شبانکاری (۱۳۸۷)، با مقایسه نقش پرفشار سیبری بر دمای کمینه و بیشینه ایران نشان داد، تأثیر سامانه پرفشار سیبری بر دمای کمینه (دمای شب‌هنگام) بیشتر از دمای بیشینه است و رابطه معناداری بین تأثیر پرفشار سیبری بر رخداد دمای ایران وجود دارد. در پژوهشی دیگر، علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی یک دوره سی‌ساله در ایستگاههای منتخب غرب و شمال ایران نشان دادند با توجه به جابه‌جایی هسته‌های مکانی و زمانی موج سرماهای فرین در این مناطق، دما روندی کاهشی داشته است و به سمت سردتر

خواهد شد. چن^۱ (۲۰۰۰)، ناهنجاری‌های دمای زمستانی جنوب سوئد را وابسته به گونه‌های هوای جنکینسون - کولیسون^۲ می‌داند؛ به طوری که هر گونه هوا، دمای کاملاً متمایزی از گونه‌های دیگر دارد. وی به‌کمک نمایه‌های گردشی، توانست ۸۴ درصد پراش ناهنجاری‌های دما را تبیین کند. همچنین یو و همکاران^۳ (۲۰۰۳)، با استفاده از داده‌های صدساله مؤلفه سالانه و ماهانه دما، تغییرات این دو متغیر را برای سرتاسر ژاپن واکاوی کردند. آنها با به‌کارگیری روش من - کندال^۴ به این نتیجه رسیدند که تغییرات دمای سالانه از ۰/۵ درجه در سال ۱۹۰۰ به ۲/۸ درجه سلسیوس در سال ۱۹۶۶ افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر، یوهویی و همکاران^۵ (۲۰۱۰)، بر اساس داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی و با به‌کارگیری روش ناپارامتری من - کندال و الگوی رگرسیون خطی به بررسی اثر اقلیم بر روان‌آب رودخانه اکسین جیانگ در شمال چین^۶ پرداخته و نشان داده‌اند که دما و بارش در بیش از پنجاه سال گذشته، به‌طور گسترده‌ای در تمام قسمت‌های شمالی این منطقه افزایش یافته است. همچنین کاپت و همکاران^۷ (۲۰۱۲)، معتقدند نوسان اطلس شمالی و نوسان شرق اطلس / غرب روسیه^۸ بر آفت دمای هوا در منطقه دریای سیاه در زمان‌های مشخصی تأثیر می‌گذارد؛ به طوری که وردش سریع

⁹ Teleconnection

¹⁰ Brunt et al

¹¹ Esteban et al

¹² Islam and Rehman

¹³ Choi et al

¹⁴ Wang et al

¹⁵ Caspian Sea Surface Temperature (SST)

¹⁶ Siberian High Pressure System (SHPS)

¹ Chen

² Jenkinson-Colison

³ Yue et al

⁴ Mann-Kendall

⁵ Yuhui et al

⁶ Northern Xinjiang of China

⁷ Capet et al

⁸ North Atlantic Oscillation (NAO) and East Atlantic/West Russia Oscillation (EA/WR)

صلاحی و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۷؛ جوان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۱۷).

امروزه یکی از ابزارها و روش‌های مطرح درباره پدیده دما، پیش‌یابی و واکاوی همید دما است؛ زیرا شناخت دقیق سازوکار و نحوه عمل الگوهای گردش جوی و بررسی رفتار دما در آینده بسیار مهم است. بنابراین، در این پژوهش سعی شده است که پیش‌یابی دما و ارتباط آن با تراز میانی جو (۵۰۰ هکتوپاسکال) در ایستگاههای حوضه دریای خزر به صورت واکاوی همید - آماری بررسی شود.

پهنه در دست بررسی

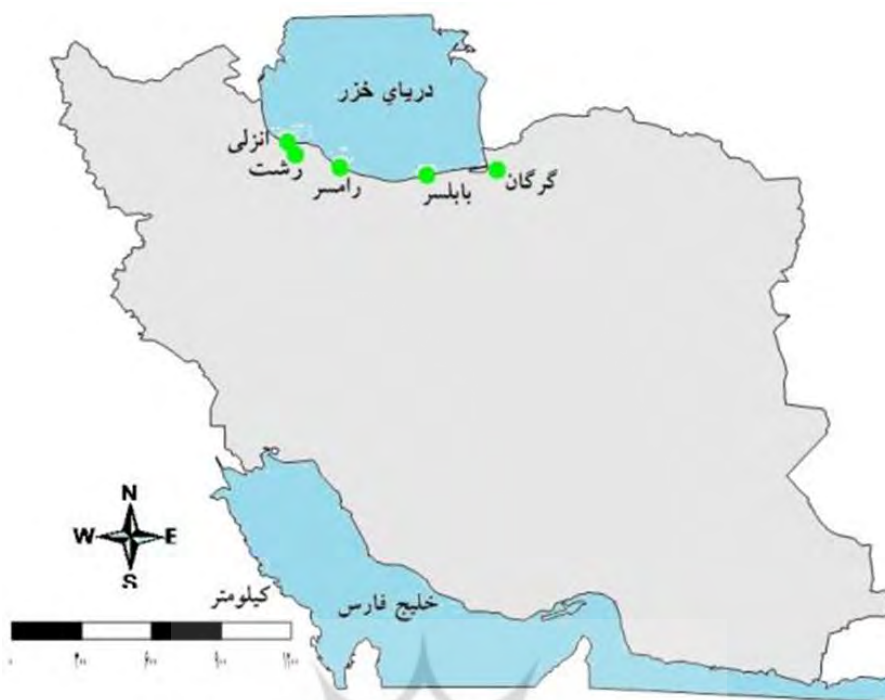
در این پژوهش، از میانگین روزانه دما در پنج ایستگاه همید کرانه‌های جنوبی دریای خزر استفاده شده است. این ایستگاه‌ها شامل گرگان، بابلسر، رامسر، رشت و انزلی است. موقعیت مکانی و جغرافیایی آنها در شکل (۱) و جدول (۱) نمایش داده شده است.

شدن می‌رود. همچنین، مسعودیان (۱۳۹۰) معتقد است ایران از لحاظ دما بسیار متنوع است. به طوری که میانگین دمای ایران ۱۸ درجه سلسیوس است و نسبت به میانگین جهانی (۱۵ درجه سلسیوس) بزرگ‌تر است و جدا از تغییرات مکانی، افتاهنگ عمودی دما در طول سال با تغییرات ضخامت وردسپهر تغییر می‌کند. در بحث واکاوی دما با الگوهای کلان مقیاس جوی، مسعودیان و دارند (۱۳۹۰) مهم‌ترین الگوهای تراز دریا در سرماهای ایران را، ۵ الگوی اصلی پرفشار سیبری - اروپا (پرفشارسیاه)، پرفشار سیبری - ایسلند، پرفشار سیبری، پرفشار خزر - سیبری و الگوی پرفشار شمال دریای خزر دانسته‌اند. ایشان بر این باورند که شدت سرمای حاصل از حاکمیت الگوی ادغامی پرفشار سیبری - اروپا بر ایران به ویژه شمال غرب آن زیاد است. همچنین، خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱)، علت همید سرماهای شدید خراسان را این چنین استنباط می‌کنند که در ۷۰ درصد از موارد، سامانه بندالی با تاوایی، مثبت و در بقیه موارد، استقرار ناوه عمیق روی شمال ایران، عامل اصلی فرارفت^۱ سرماهای شدید شمال خراسان بوده است. پژوهشگران بسیاری با واکاوی آماری دما شامل روند، پیش‌یابی و الگوسازی با استفاده از روش‌های پارامتری، ناپارامتری و سناریوهای آب و هوایی، به بررسی رفتار زمانی - مکانی این فراسنج مهم اقلیمی در بازه و برد^۲ خرد و کلان پرداخته‌اند (مارتینز و همکاران،^۳ ۲۰۱۰: ۲۶۸؛ عساکره و غیور، ۱۳۸۲: ۹۹؛

^۱ Advection

^۲ Interval and Range

^۳ Martinez et al



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های همدید در دست بررسی

ایستگاه‌های منتخب در کرانه‌های جنوبی دریای خزر (انزلی، گرگان، رشت، بابلسر و رامسر) استفاده شده است. کمینه و بیشینه این ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۵۷/۱۰/۱۱ تا ۱۳۸۹/۱۰/۱۱ خورشیدی به مدت ۱۱۶۸۹ روز از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد که ویژگی آماری آنها در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. دمای ایستگاه‌های منتخب حوضه دریای خزر (درجه سلسیوس)

ردیف	ایستگاه	کمینه	میانگین	بیشینه
۱	انزلی	-۰/۵	۱۶/۳	۳۰
۲	گرگان	-۱/۵	۱۷/۷	۳۳/۶
۳	رشت	۳/۸	۱۶/۲	۳۰/۵
۴	بابلسر	۰/۱	۱۷/۳	۳۱
۵	رامسر	-۰/۳	۱۶	۲۹/۹
	میانگین کل	۰/۴۴	۱۶/۷	۳۱

جدول ۱. موقعیت مکانی ایستگاه‌های منتخب در کرانه‌های جنوبی دریای خزر

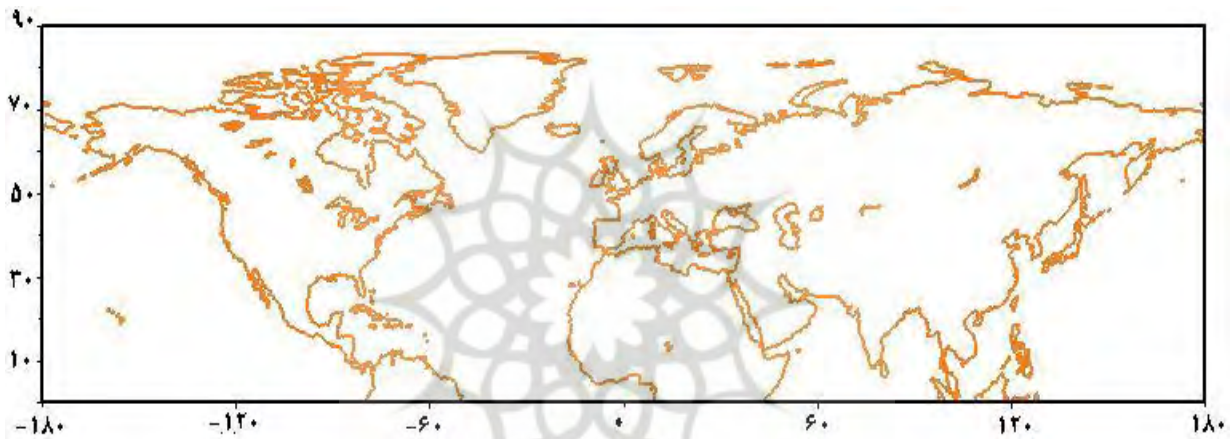
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۱	انزلی	۴۶/۴	۳۷/۴	-۲۶/۲
۲	گرگان	۵۴/۲	۳۶/۸	۱۳/۳
۳	رشت	۴۹/۶	۳۷/۲	۳۶/۷
۴	بابلسر	۵۲/۶	۳۶/۷	-۲۱
۵	رامسر	۵۰/۶	۳۶/۹	-۲۰

داده‌ها و روش‌شناسی

در پژوهش حاضر، از دو پایگاه داده استفاده شده است. پایگاه نخست شامل داده‌های جوی است و چگونگی جریان جوی را مشخص می‌کند و دیگری، پایگاه داده‌های رویداد محیطی (سطحی) است که در این راستا از داده‌های سطحی میانگین روزانه دمای

عرض جغرافیایی ۹۰ تا ۹۰ درجه شمالی را در برمی‌گیرد. البته برای بررسی چگونگی گسترش و اثرگذاری سامانه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، پهنه در دست بررسی، گسترده‌تر از قلمرو ایران انتخاب شده است (شکل ۲). همچنین انتخاب تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌عنوان لایه میانی جو به این دلیل است که اغلب اغتشاش‌های جوی در این تراز اتفاق می‌افتد و بیشترین ناپایداری جوی در این لایه صورت می‌گیرد (علی‌جانی، ۱۳۸۷: ۱۲؛ کاویانی و همکاران، ۱۳۸۶: ۳).

پایگاه دوم، شامل داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است که داده‌های آن از تارنمای NCEP/DOE^۱ وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده در ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۳:۰۰، ۰۶:۰۰، ۰۹:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۵:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰ زولو استخراج شده است. بازه زمانی این داده‌ها از ۱۹۷۹/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۱/۰۱/۰۱ میلادی با شبکه‌بندی ۲/۵×۲/۵ درجه قوسی بوده است که سراسر نیم‌کره شمالی با طول جغرافیایی ۰ تا ۳۶۰ درجه شرقی و



شکل ۲. موقعیت پهنه در دست بررسی

در این پژوهش از روش تصریح استفاده شده است. تصریح، یک روش آماری است که ابتدا سازمان هواشناسی ایالات متحده برای انجام پیش‌بینی‌های ماهانه، آن را طراحی کرده است. هدف از این روش، پیش‌یابی اقلیم به‌کمک نقشه‌های ژئوپتانسیل است و چون در روش تصریح ارتباط گردش‌های جوی با اقلیم سطحی مطرح می‌شود (یارنال، ۱۹۹۳؛ برگردان: مسعودیان، ۱۳۸۵: ۲۰۳)، این روش با تعریفی که از اقلیم‌شناسی هم‌دید مطرح است، انطباق زیادی دارد. تصریح، در میان دو رویکرد آب و هواشناسی هم‌دید

قرار گرفته است؛ از یک سو رویکردی محیطی به گردش‌های جوی دارد؛^۲ چون انتخاب متغیرهای پیش‌بینی (داده‌های گردش‌های جوی)، مستقل از متغیر معیار (دمای هوا) نیست. از سوی دیگر، چون روش تصریح از متغیر سطحی در دست مطالعه پیش‌بینی‌های روزانه به دست می‌آید، می‌توان آمارهای مقایسه‌الگوها را برای آن محاسبه کرد و از این رو، باید آن را رویکردی گردش‌های جوی^۳ دانست (همان: ۲۰۶).

^۱ National Center for Environmental Prediction (NCEP)

^۲ Environmental to Circulation Approach

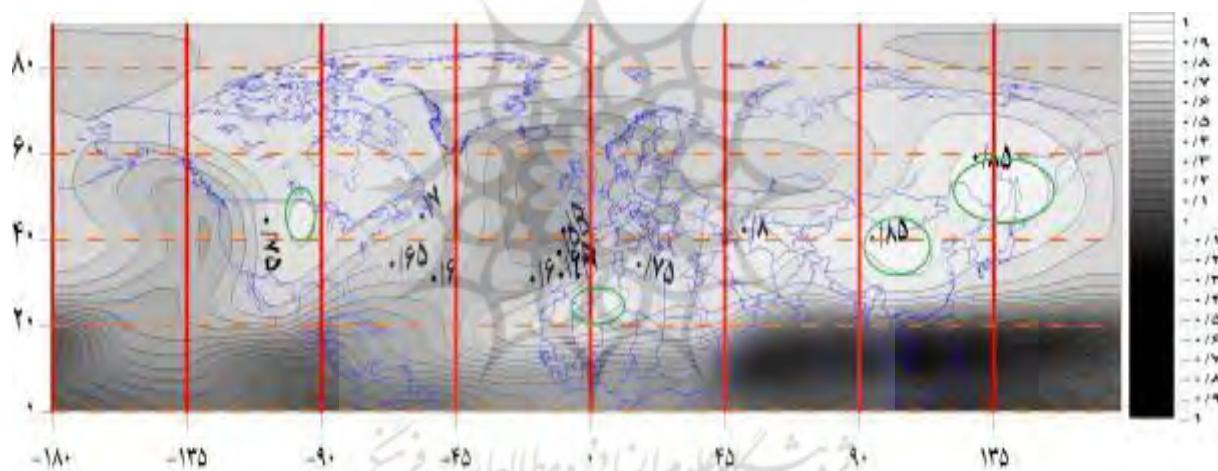
^۳ Circulation to Environmental Approach

بحث و نتایج

معادله پیش‌یابی

هر معادله‌ای که در آن مشتقات زمانی نباشد و تنها ترازمندی میان چندین کمیت را در قلمرو مکانی، برای یک باره زمانی معین نشان دهد، معادله پیش‌یابی می‌گویند (واژه‌نامه انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۲). برای ارائه الگوی پیش‌یابی، همبستگی میانگین روزانه دمای ایستگاههای منتخب با داده‌های جو بالا (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) محاسبه شد. سپس همبستگی به دست آمده، وارد نرم افزار سرفر شد و خطوط هم‌چند همبستگی ایستگاه‌های منتخب در

کرانه‌های جنوبی خزر با نیمکره شمالی ترسیم شد (شکل ۳). چهار منطقه در نیمکره شمالی به دست آمد که با ایستگاههای منتخب، همبستگی زیادی دارد. این چهار منطقه جغرافیایی عبارتند از: ایالات متحده آمریکا با مختصات طول جغرافیایی ۹۰- تا ۱۰۰- و عرض جغرافیایی ۴۱ تا ۵۰ درجه شمالی، آفریقا با مختصات طول جغرافیایی ۵- تا ۱۶- و عرض جغرافیایی ۲۱ تا ۳۰ درجه شمالی، شمال چین با مختصات طول جغرافیایی ۱۰۰ تا ۱۱۰ و عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۴۱ درجه شمالی، ژاپن با مختصات طول جغرافیایی ۱۲۵ تا ۱۵۶ و عرض جغرافیایی ۴۵ تا ۵۵ درجه شمالی.



شکل ۳. همبستگی دما و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ایستگاه‌های منتخب نیمکره شمالی

برای میانگین دمای ایستگاه‌های منتخب باشد. بنابراین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در مساحت یاخته‌ها ضرب شد و میانگین وزنی ارتفاع ژئوپتانسیل به دست آمد (رابطه ۱).

$$WM = \sum_{n=1}^{180} a_i \cdot \sum a_i \cdot hgt \quad (1) \text{ رابطه}$$

منبع: نویسندگان

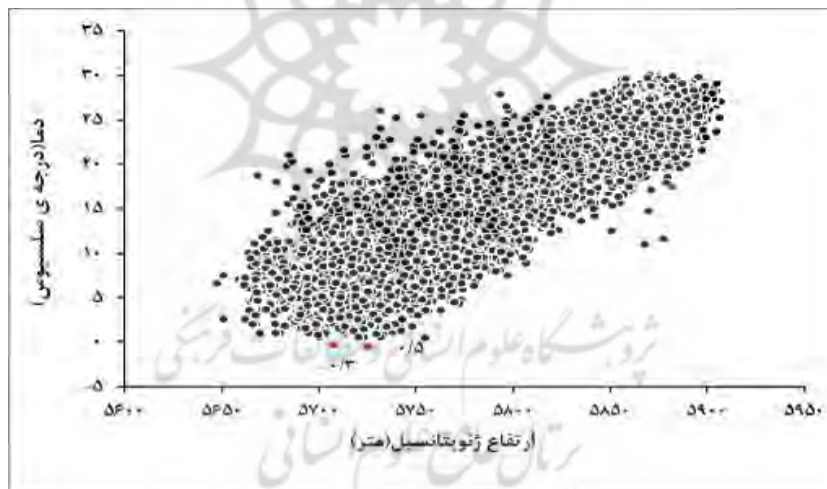
پس از آن جداسازی، موقعیت یاخته‌های آنها مشخص شد. بررسی‌ها نشان داد که ایالات متحده آمریکا با ۲۸، شمال چین ۳۰، آفریقا ۵۳ و در آخر ژاپن با ۶۹ یاخته، بیشترین یاخته‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در نیمکره شمالی ۱۸۰ نقطه وجود دارد که همبستگی آنها با دمای ایستگاه‌های منتخب بسیار زیاد است. بنابراین به نظر می‌رسد میانگین وزنی ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی این ۱۸۰ یاخته بتواند، برآورد خوبی

در این رابطه، (ai) مساحت هر یاخته و (hgt) ارتفاع ژئوپتانسیل هر یاخته است. به این ترتیب، آرایه نمایه چهارگانه به دست آمد. این نمایه، به این دلیل چهارگانه نامیده شده است، که نماینده ارتفاع ژئوپتانسیل چهار قلمرو جغرافیایی مختلف است. در نهایت، الگو رگرسیون این نمایه با میانگین روزانه دمای ایستگاههای منتخب محاسبه شد و معادله پیش‌یابی آن به شرح زیر به دست آمد.

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه انزلی میانگین روزانه دمای ایستگاه انزلی به شدت تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. همبستگی دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل)، ۰/۹۱۶ برآورد شده است؛ به بیان دیگر، نزدیک ۸۴ درصد تغییرات

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه انزلی

میانگین روزانه دمای ایستگاه انزلی به شدت تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. همبستگی دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل)، ۰/۹۱۶ برآورد شده است؛ به بیان دیگر، نزدیک ۸۴ درصد تغییرات



شکل ۴. نمایه جوی انزلی: همبستگی دما (درجه سلسیوس) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

بر وضعیت همدید جو میانی غلبه داشته است. دماهای بین ۸ تا ۲۵ درجه سلسیوس، پراکندگی زیادی دارند که این پراکندگی بین ارتفاع ۵۶۶۰ تا ۵۸۲۰ ژئوپتانسیل متر قرار دارد. بررسی بیشتر روی میانگین روزانه دمای ایستگاههای سواحل دریای خزر نشان می‌دهد، متوسط دمای شبانه حدود ۵ تا ۱۱ درجه سلسیوس سردتر از

برای مثال، ممکن است در دوره ۳ تا ۵ روز متفاوت، که نمایه چهارگانه برابر ۵۷۰۰ تا ۵۷۵۰ ژئوپتانسیل متر بوده است، دمای ایستگاه انزلی بین ۲ تا ۲۸ درجه سلسیوس ثبت شده باشد. در روزهای سردی که دمای صفر درجه سلسیوس ثبت شده است، به احتمال بسیار زیاد، شرایط سطحی حاکم بر ایستگاه

هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه ایجاد می‌شود، میانگین روزانه دمای انزلی نزدیک ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه گرگان
میانگین روزانه دمای ایستگاه گرگان تقریباً تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. همبستگی این دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل) ۰/۸۹۸ برآورد شده است؛ یعنی نزدیک به ۸۱ درصد تغییرات میانگین روزانه دمای گرگان را می‌توان به کمک نمایه چهارگانه تعیین کرد. بررسی بیشتر نشان می‌دهد در این ایستگاه، دماهای زیاد همبستگی بیشتری نسبت به دماهای کم دارند. به دلیل آن که ایستگاه گرگان به دریای خزر و پرفشار سیبری نزدیک است، با وجود یکسان بودن ارتفاع ژئوپتانسیل، دماهای بسیار متفاوتی را تجربه می‌کند (شکل ۵).

دمای بعدازظهرها است. نزدیکی ایستگاه انزلی به منبع رطوبتی دریای خزر از یک طرف و نزدیک بودن به سامانه پرفشار سیبری به‌ویژه در نیمه سرد سال از طرف دیگر، را می‌توان از علت‌های تأثیرگذار بر میانگین دمای این ایستگاه دانست. الگوی خطی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای انزلی و نمایه چهارگانه چنین به دست آمده است (رابطه ۲).

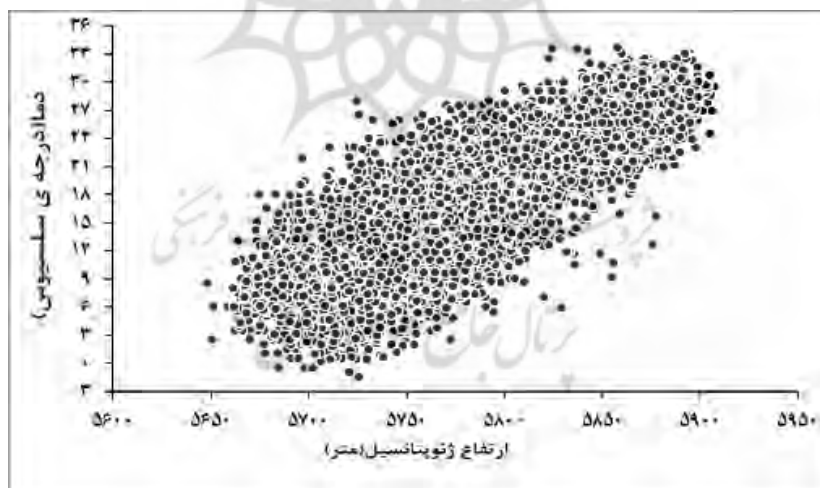
$$T = (0/1075 \text{ ع } 0/0059) * I + (-606/4 \text{ ع } 4/9)$$

$$n = 11689$$

$$T = (0/1075 * I - 606/4)$$

رابطه (۲)

این الگو نشان می‌دهد با اطمینان ۹۵ درصد، می‌توان میانگین روزانه دمای ایستگاه انزلی را بین ۱/۱ تا ۲۶/۴ درجه سلسیوس تخمین زد؛ همچنین، به‌ازای



شکل ۵. نمایه جوی گرگان: همبستگی دما (درجه سلسیوس) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

زیاد، وضعیت حاکم بر ایستگاه بر وضعیت همدید جو میانی غلبه داشته، که چنین دمای پایینی دیده شده است. برای مثال، ممکن است در چند روز متفاوت که نمایه چهارگانه برابر ۵۷۲۰ ژئوپتانسیل متر بوده است،

در توجیه این موضوع، شاید بتوان گفت دماهای پایین به شدت از موقعیت سطحی مانند پوشش و ناهمواری، اثر می‌گیرند. در چند روزی که دمای زیر صفر درجه سلسیوس ثبت شده است، به احتمال بسیار

دمای ایستگاه گرگان بین $2/5 +$ تا $17/5$ درجه سلسیوس ثبت شده باشد. این در حالی است که متوسط روزهای برفی در گرگان ۵ تا ۶ روز برآورد شده و از نظر فصلی، تابستان کم‌بارش‌ترین فصل گرگان است. همین امر باعث افزایش دما به‌ویژه رخداد جوی شرجی است که برای آسایش اقلیمی مردم زیان‌آور است. الگوی خطی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای گرگان و نمایه چهارگانه چنین به دست آمده است (رابطه ۳).

$$T = (0/1146 \text{ ع } 0/0011) * I + (-645/6 \text{ ع } 5/9)$$

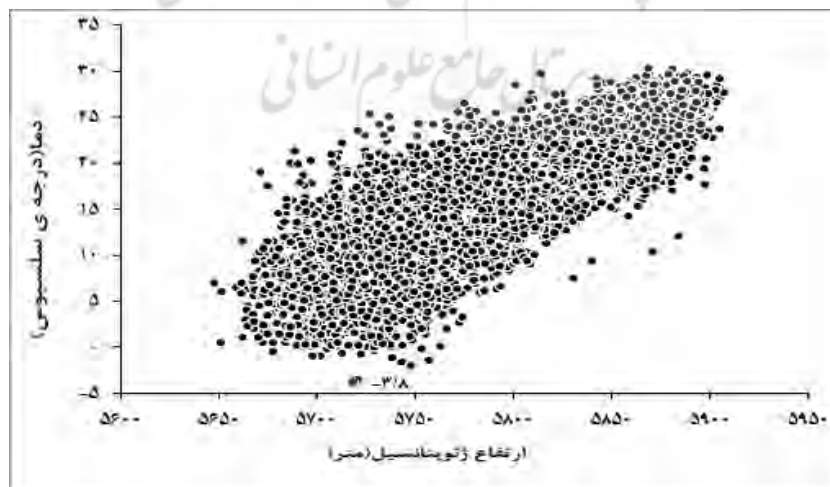
$$n = 11689$$

$$T = (0/1146 * I - 645/6)$$

رابطه (۳)

این الگو با احتمال ۹۵ درصد اطمینان در نمایه چهارگانه، می‌توان میانگین روزانه دمای گرگان را بین $1/9 +$ تا $31/4$ درجه سلسیوس تخمین بزند. به‌ازای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه ایجاد می‌شود، میانگین روزانه دمای گرگان $1/1$ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه رشت نتایج نشان می‌دهد میانگین روزانه دمای ایستگاه رشت نیز تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. همبستگی این دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل) $0/895$ برآورد شده است؛ یعنی نزدیک به ۸۰ درصد تغییرات میانگین روزانه دمای رشت را می‌توان به‌کمک نمایه چهارگانه تعیین کرد. با این حال بررسی کامل و دقیق‌تر نشان می‌دهد وابستگی این دو متغیر در دماهای زیاد بسیار بیشتر است تا دماهای کم (شکل ۶). در نمایه چهارگانه رشت، دماهای زیر ۲۰ درجه سلسیوس با تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همبستگی زیادی نشان نداده است؛ ولی دماهای زیاد به‌شدت از نمایه چهارگانه تبعیت کرده است. به احتمال بسیار زیاد می‌توان گفت، دماهای پایین همانگونه که قبلاً اشاره شد، به‌شدت از موقعیت نوع سطح مانند پوشش زمین و ناهمواری‌ها اثر می‌گیرند. ممکن است با وجود یکسان‌بودن ارتفاع ژئوپتانسیل، ایستگاه رشت دماهای بسیار متفاوتی را تجربه کرده باشد (شکل ۶).



شکل ۶. نمایه جوی رشت: همبستگی دما (درجه سلسیوس) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

است که طی این مدت، دمای هوا را ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس افزایش می‌دهند. الگوی خطی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای ایستگاه رشت و نمایه چهارگانه چنین به دست آمده است (رابطه ۴).

$$T = (0.1072 \text{ ع} + 0.0095) * I + (-6.04/5) \text{ ع} \quad (5/6)$$

$$n = 11689$$

$$T = (0.1072 * I - 6.04/5)$$

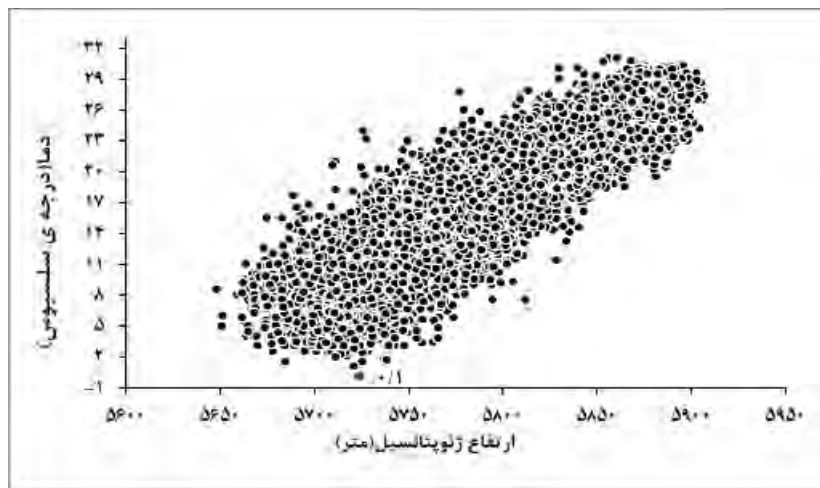
رابطه (۴)

این الگو نشان می‌دهد به احتمال ۹۵ درصد، میانگین روزانه دمای رشت را بتوان در نمایه چهارگانه بین ۱/۴ تا ۲۸/۹ درجه سلسیوس تخمین زد. به‌ازای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه ایجاد می‌شود، میانگین روزانه دمای رشت ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه بابلسر

نتایج الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای ایستگاه بابلسر نیز به شدت تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. به طوری که همبستگی بین دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل) ۰/۹۲۵ برآورد شده است؛ یعنی نزدیک به ۸۶ درصد تغییرات میانگین روزانه دمای بابلسر را می‌توان به کمک نمایه چهارگانه تبیین کرد. با این حال بررسی دقیق و کامل‌تر نشان می‌دهد وابستگی این دو متغیر در دماهای زیاد بسیار بیشتر از دماهای کم است. همچنین در ایستگاه بابلسر علاوه بر اینکه دماهای زیاد تابع نمایه چهارگانه است، می‌توان گفت در دماهای کم، همبستگی خوبی نشان داده است. در چند روز سردی که دمای زیر صفر درجه سلسیوس ثبت شده است، به احتمال زیاد وضعیت حاکم بر ایستگاه، بر وضعیت همدید جو میانی غلبه داشته است (شکل ۷).

برای مثال، ممکن است در چند روز متفاوت که نمایه چهارگانه برابر با ۵۷۲۰ ژئوپتانسیل متر بوده است، میانگین دمای ایستگاه رشت بین ۱+ تا ۱۶ درجه سلسیوس ثبت شده باشد. در روز سردی که دمای ۳- درجه سلسیوس ثبت شده است به احتمال زیاد، وضعیت حاکم بر ایستگاه بر شرایط همدید جو میانی غلبه کرده است که چنین دمایی دیده شده است. در توجه این موضوع می‌توان گفت، آب و هوای رشت خزری و شبه‌مدیترانه‌ای است و دارای تابستان‌های گرم و شرجی و زمستان‌های سرد و مرطوب است. علت وضعیت خاص اقلیمی رشت را می‌توان به دو شکل بررسی کرد. یکی پستی‌های زیاد سواحل دریای خزر و دیگری بادهای منطقه‌ای که از دریای خزر نشئت می‌گیرد و معمولاً به صورت چرخند جریان می‌یابند و در سواحل جنوبی دریای خزر، بیشتر از مغرب به این ایستگاه می‌وزد. رطوبت بسیار زیاد، یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر میانگین دمای ایستگاه رشت به شمار می‌آید. در تمام نیمه سرد سال، این ایستگاه تحت تأثیر مراکز پرفشار سیبری و قطب شمال قرار گرفته است و جریان هوا و باد سرد را از سمت شمال به این شهر می‌آورد. در فصول سرد سال، استان گیلان گاهی به علت استقرار مراکز پرفشار دریای سیاه و جهت و وزش باد، تغییر می‌کند و از سمت جنوب غرب شروع به وزیدن می‌کند که این جریان، پدیده فون یا گرم‌باد را به استان می‌آورد. به صورتی که گاه، ظرف چند ساعت، دمای ایستگاه‌های استان گیلان از جمله رشت، ۲۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. این بادها هر ساله ۳ تا ۷ مرتبه در فصل زمستان و ۱ تا ۳ مرتبه در فصل بهار، حداکثر ۲ تا ۳ روز می‌وزند و سرعت آنها ۲۰ تا ۳۰ متر بر ثانیه



شکل ۷. نمایه جوی بابلسر: همبستگی دما (درجه سلسیوس) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

میانگین روزانه دمای ایستگاه بابلسر ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

الگوی پیش‌یابی میانگین روزانه دما در ایستگاه رامسر همچنین نتایج این پژوهش نشان داد میانگین روزانه دمای ایستگاه رامسر به شدت تابع تغییرات نمایه چهارگانه است. همبستگی متغیر میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل حدود ۰/۹۲۵ برآورد شده است؛ یعنی نزدیک به ۸۶ درصد تغییرات میانگین روزانه دمای رامسر را می‌توان به کمک نمایه چهارگانه تعیین کرد. با این حال بررسی کامل و دقیق‌تر نشان می‌دهد که وابستگی این دو متغیر در دماهای زیاد نسبت به دماهای کم بسیار بیشتر است. با احتمال بسیار زیاد می‌توان گفت که دماهای کم به شدت از وضعیت نوع سطح مانند پوشش زمین و ناهمواری‌ها اثر می‌گیرند. ممکن است با وجود یکسان بودن ارتفاع ژئوپتانسیل، ایستگاه رامسر دماهای بسیار متفاوتی را تجربه کرده باشد (شکل ۸).

کمترین انرژی در سواحل دریای خزر به زمین می‌رسد. از یک طرف، به دلیل وجود عرض جغرافیایی بالا و اینکه بیشتر ایام سال پوشیده از ابر هستند و از طرف دیگر، حاکمیت پرفشار سیبری و هوای سرد شمالی بر آب و هوای بابلسر تأثیر زیادی دارد. عوامل درونی و بیرونی یادشده، بر دمای این ایستگاه چه در نیمه گرم و چه در نیمه سرد غلبه کرده است. الگوی خطی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای بابلسر و نمایه چهارگانه چنین به دست آمده است (رابطه ۵).

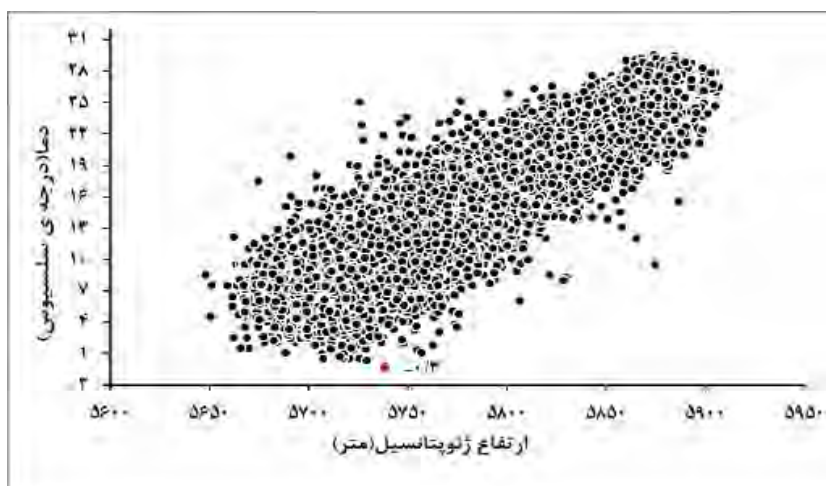
$$T = (0/1075 \text{ ع } / 0008) * I + (-604/9)$$

$$n = 11689$$

$$T = (0/1057 * I - 604/9)$$

رابطه (۵)

این الگو نشان می‌دهد با احتمال ۹۵ درصد، می‌توان میانگین روزانه دمای ایستگاه بابلسر را با توجه به نمایه چهارگانه بین ۲/۳ تا ۲۹/۹ درجه سلسیوس تخمین زد و نشان می‌دهد به‌ازای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه ایجاد می‌شود،



شکل ۸. نمایه جوی رامسر: همبستگی دما (درجه سلسیوس) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

۱/۳ تا ۲۸/۱ درجه سلسیوس تخمین زد؛ یعنی به‌ازای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه ایجاد می‌شود، میانگین روزانه دمای رامسر ۰/۱ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به رخداد گرمایش جهانی و به تبع آن تشدید تغییرات اقلیمی، روند افزایش دمای ایران نسبت به میانگین جهانی بسیار بیشتر است. به همین علت، پژوهش درباره پیش‌یابی دما ارزشمند خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد باد در وردایی دما و جریان‌های دریایی مؤثر است. هوای دریای خزر در زمستان ثبات منطقی ندارد و اغلب دریا توفانی است و جهت بادهای و دمای هوا به‌طور دائم تغییر می‌کند. درباره عنصر اقلیمی باد می‌توان گفت، جهت و سرعت باد در دریای خزر، بستگی به وضع زمین سواحل، اختلاف میزان گرمای خشکی و دریا، فشار بارومتری و تفاوت آن در فصل‌های گوناگون دارد. در زمستان، بادهای سرد در نواحی شمالی روسیه با

برای نمونه، ممکن است در چند روز متفاوت که نمایه چهارگانه برابر با ۵۷۳۰ ژئوپتانسیل متر بوده است، میانگین دمای ایستگاه رامسر بین ۳+ تا ۱۵- درجه سلسیوس ثبت شده باشد. در روز سردی که دمای زیر صفر درجه سلسیوس ثبت شده است، به‌احتمال زیاد وضعیت حاکم بر ایستگاه بر وضعیت همدید جو میانی غلبه کرده است که چنین دمایی دیده شده است. آب و هوای رامسر در نیمه سرد تحت تأثیر سیستم‌ها و عوامل کنترل‌کننده زیادی قرار می‌گیرد؛ ولی در نیمه گرم، آب و هوای آرام‌تر و باثبات‌تری دارد. همچنین الگوی خطی پیش‌یابی میانگین روزانه دمای ایستگاه رامسر و نمایه چهارگانه چنین به دست آمده است (رابطه ۶).

$$T = (0/1043 * I + (-588/2) * I) / (0/1043 * I + (-588/2) * I)$$

$$n = 11689$$

$$T = (0/1043 * I - 588/2)$$

رابطه (۶)

این الگو نشان می‌دهد به‌احتمال ۹۵ درصد، میانگین روزانه دمای رامسر را بتوان در نمایه چهارگانه بین

شدت به سمت جنوب می‌آیند و در برخورد با رشته‌کوه البرز متوقف می‌شوند. دریای خزر به سبب فراوانی واچرخندها (آنتی سیکلون‌ها) اغلب با وزش باد همراه است. انزلی نیز، در فصل گرم سال جهت باد شمال شرقی است و در فصل سرد این جهت از جنوب غربی تا شمال غربی تغییر می‌کند؛ اما در رشت و بابلسر، جهت باد غالب در طول سال، غربی و در رامسر جهت باد غالب در فصل گرم، شرقی و در فصل سرد سال، شمال غربی است. این وضعیت باعث شده است که دمای کرانه‌های جنوبی دریای خزر در اغلب اوقات از بادهای تأثیر بپذیرد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد میانگین دما در هر ۵ ایستگاه بررسی شده، به شدت تابع نمایه چهارگانه است. همبستگی بین دو متغیر (میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل) در انزلی ۰/۹۱۶، گرگان ۰/۸۹۸، رشت ۰/۸۹۵، بابلسر ۰/۹۲۵ و رامسر ۰/۹۲۵ برآورده شده است. به بیان دیگر، در انزلی نزدیک به ۸۴، گرگان ۸۱، رشت ۸۰، بابلسر ۸۶ و رامسر ۸۶ درصد تغییرات میانگین روزانه دما را می‌توان به کمک نمایه چهارگانه تبیین کرد. همچنین، وابستگی متغیرهای میانگین دما و ارتفاع ژئوپتانسیل در دماهای زیاد بسیار بیشتر است تا در دماهای کم. در توجیه این موضوع، شاید بتوان گفت چون دماهای کم به شدت از موقعیت سطحی مانند نوع پوشش زمین و ناهمواری اثر می‌گیرند، ممکن است با وجود یکسان بودن ارتفاع ژئوپتانسیل، ایستگاهها دماهای بسیار متفاوتی را تجربه کرده باشند. نزدیک بودن ایستگاهها به منبع رطوبتی دریای خزر، قرارگرفتن در عرض جغرافیایی بالا و استقرار سامانه پرفشار سیبری به‌ویژه در فصل‌های سرد را می‌توان از دلایل تأثیرگذار بر افزایش و کاهش

دماهای ایستگاه‌های منتخب حوضه دریای خزر به شمار آورد. همچنین نتایج الگوهای پیش‌یابی نشان داد دمای دو متری سطح زمین وابسته به ارتفاع ژئوپتانسیل تراز میانی هواسپهر است و به‌ازای هر یک ژئوپتانسیل متر افزایشی که در نمایه چهارگانه رخ دهد، میانگین روزانه دمای ایستگاه‌های انزلی، گرگان، رشت، بابلسر و رامسر به ترتیب ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱ افزایش را نشان خواهد داد؛ بنابراین، مشاهده می‌شود یافته‌های این پژوهش، توانسته است نتایج دیگر پژوهشگران را درباره افزایش روند دما در سطح جهان و ایران مانند هیوستون و کرین (۱۹۹۶) در آمریکا، یو و همکاران (۲۰۰۳) در ژاپن، یوهویی و همکاران (۲۰۱۰) در شمال چین، مسعودیان (۱۳۹۰) و مسعودیان و دارند (۱۳۹۰) در ایران را تأیید کند. همچنین، ممکن است این نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهش علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) در ایستگاه‌های منتخب غرب و شمال ایران، یکسان نباشد.

منابع

- جوان، کاظم؛ طاهری شهرآئینی، حمید؛ نصیری صالح، فرزین؛ حبیبی نوخندان، مجید، (۱۳۹۰). روشی جدید جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی دما و بارش در حوضه آبریز رودخانه قره‌سو (اردبیل)، مجله پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۵ و ۶، صص ۱۳۰-۱۱۷.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ داوودی، محمود؛ روستا؛ اسماعیل حقیقی، ایمان، (۱۳۹۱). تحلیل همدید سرماهای شدید شمال خراسان، مجله پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۹، صص ۱۲-۱.
- شبانکاری، مهران، (۱۳۸۷). بررسی اثر پرفشار سیبری بر دما و بارش ایران، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، استاد

بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۸، صص ۱۴-۱.

American Meteorological Society (AMS), (2012), <http://amsglossary.allenpress.com>.

Brunt, M., J. Sigro, P. D. Jones, O. Saladdie, E. Agurilar, A. Moberg, D. Lister., A. Walther., (2007), Long - term changes in extreme temperatures and precipitation in Spin, Institute Estudis ,Catalans, Barcelona.

Capet, A., Barth, A., Beckers, J. M., Marilaure, G., (2012), Interannual Variability of Black Sea s Hydrodynamics and Connection to Atmospheric Patterns, Deep-Sea Research II, 77-80: 128° 142.

Chen, D., (2000), A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study, International Journal Climatology, 20:1067-76.

Choi, G, Collins, D, R, Guoyu , T, Blair, B, Marina, F, Yoshikazu, Muhammad, A, Theeraluk, P, Purevjav, G, Pham , T T H, Norlisam, L, Won-Tae K, Kyung-On , B, Yu-Mi, C and Yaqing, Z., (2009): Changes in Means and Extreme Events of Temperature and Precipitation in the Asia-Pacific Network Region, 1955 - 2007, international journal of climatology, 29:1906-1925.

Church, J. A., Gregory, J. M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M.T., Qin, D., Woodworth, P.L., (2001), Changes in sea level. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D. (Eds.), Climate Change 2001, The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, 639-693.

Esteban, P., M. Ninyerola., M. Prohom., (2008), Spatial Modeling of Air Temperature and Precipitation for Andora, Theor. Appl. Climatol. 96:43-56.

Guentchev, G. S., (2007), Changes in Atmospheric Circulation over Europe and the Relationship to Temperature Extreme in Bulgaria, a Dissertation Submitted to

راهنما: دکتر سیدابوالفضل مسعودیان، دانشگاه اصفهان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا.

صلاحی، برومند؛ حسینی، سید اسعد؛ شایقی، حسین؛ سبحانی، بهروز، (۱۳۸۹). پیش‌بینی دماهای حداکثر با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، مطالعه موردی: شهرستان اردبیل، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۸، صص ۵۷-۷۸.

عساکره، حسین؛ غیور، حسنعلی، (۱۳۸۲). تغییرات دمایی کره زمین طی سده گذشته، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.

علیجانی، بهلول، (۱۳۸۷). بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۱۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰، مجله نیوار، شماره ۴۴ و ۴۵.

علیجانی، بهلول؛ پیمان، محمودی؛ پناهی، علی، (۱۳۹۰). مطالعه جابه‌جایی هسته‌های زمانی و مکانی دماهای حداقل در غرب و شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۴۱، صص ۵۱-۶۸.

کاویانی، محمدرضا؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ نجف‌پور، بهرام، (۱۳۸۶). بررسی رابطه الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با بارش‌های حوضه مند، مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، شماره ۳.

مسعودیان، سیدابوالفضل؛ دارند، محمد، (۱۳۹۰). تحلیل هم‌دید سرماهای فرین ایران، فصل‌نامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۲، صص ۱۶۵-۱۸۵.

مسعودیان، سیدابوالفضل، (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس، چاپ دوم، مشهد.

ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر؛ قاسمی، احمدرضا، (۱۳۸۳). تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر

- Using Multiple Nesting. *Journal of Geophysical Research*, 99: 20889° 20905.
- Santos, C. A. C., Neale, C. M. U., Rao, T. V. R., Silvaa, B. B., (2011), Trends in Indices for Extremes in Daily Temperature and Precipitation over Utah USA, *International Journal of Climatology*, 31: 1813° 1822.
- Silver, J., (2008), *Global Warming and Climate Change Demystified*, Mc Grow Hill Companes, 289.
- Walsh, K., McGregor J., (1982), An Assessment of Simulations of Climate Variability over Australia with a Limited Area Model, *International J. of Climatology*, 17: 201-223.
- Wang, W., (2012), Changes in daily temperature and precipitation extremes in the Yellow River Basin China, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, DOI:10.1007/s00477-012-0615-8.
- Yu, P. S., Yang, T. C., Wu, C. K., (2002), Impact of Climate Change on Water Resources in Southern Taiwan, *Journal of Hydrology*, 161-175.
- Yue, S., Hashino, M., (2003), Temperature Trends in Japan: 1900-1996, *Theoretical and Applied Climatology*, 75: 15-27.
- Yuhui, Y, C., liweihong, W., Andsun, G., (2010), Impacts of Climatic Change on River Runoff in Northern Xinjiang of China over Last Fifty Years, *Chin. Gogra, sci*, 20 (3): 193-201.
- Michigan State University for degree of doctor of philosophy department of geography. The Period 1929-1999, *International Journal of Climatology*, 22.
- Harnack, R. P., lanzanth, H., (1985), Investigation of Upper-Air Conditions Occurring with Heavy Summer Rain in Utah, *International Journal of Climatology*, 18: 701° 723.
- Hewitson, B. C., Crane, R. G., (1992), *Climate Downscaling: Techniques and Application*. *Climate Research*, 7: 85° 95.
- Hofmann, M. E., Hinkel, J., Wrobel, M., (2011), classifying Knowledge on Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability in Europe for Informing Adaptation Research and Decision-Making: A Conceptual Meta-Analysis, *Global Environmental Change*, 21: 1106-1116.
- Islam, S. U., Rehman, N., (2008), Future Change in the Frequency of Warm and Cold Spells Durations over Pakistan Simulated by the PRECIS Regional Climate Model, *Young Scientist Conference*, November 5 -12, 2006, Beijing China.
- Martinez, M. D., Serra, C., Burgneno, A., Lana, X., (2010), Time Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature in Catalonia for the Period 1975-2004, *International Journal of Climatology*, 30: 267-290.
- Miken, L., Walsh, K., (1983), *Climate Change Simulations of Tasmanian Precipitation*