GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (52), Winter 2024 https://sanad.iau.ir/journal/ges ISSN: 2008-7845 Doi: 10.71740/ges.2024.979189

Research Paper
Received: 10 March 2024
Revised: 21 May 2024
Acceped: 08 September 2024

A New Approach in Improving and Presenting the Humidex Classification System for Iran (With the Introduction of a Computer Program Designed to Determine Iran's Humidex Weather)

Rasoul Hemmati[1], Batol Zeynali[2], Faramarz Khoshakhlaq[3]

1. Ph.D. Student, Department of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Ardebil, Ardabil, Iran.
2. Professor of Climatology, Department of physical Geography, Faculty of social sciences, University of Mohaghegh Ardabili,Ardabil,Iran. (Corresponding Author)
E-Mail: zeynali.b@uma.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

The change in the climate has a significant impact on the human health. Although there are different opinions about the appropriate temperature for human comfort, the majority of researchers suggest temperatures between 18 and 21 degrees celsius for climatic relief. This pacification is disturbed in two states. The first one takes place when the low temperature accompanies strong wind, and the second is the simultaneity of high temperature and humid weather causing humidex. The humidex phenomenon is created by the parameters taken from foreign sources by calculating the partial vapor pressure in a country. Meanwhile, access to the daily partial vapor pressure statistics of the country's meteorological station is difficult for researchers; therefore, it is necessary to introduce a new formula to calculate the humidex weather. This research aims to provide a localized method for all climatic regions of Iran and the humidex is determined by the minimum meteorological data as a brief and easy formula. To be clarified, a climate map and a specialized chart of Humidex intensity can be accessed along with designed software which is available on the website (weather5.ir). In this research, by calculating the correlation between temperature and relative humidity in 325 synoptic stations of the country during an average period of 30 years (1370-1399), the Humidex is interpolated as an experimental formula. Then the air maps of Iran's humidex will be presented as mild, moderate and severe intensity. The results of this new and localized research illustrate that the humidex phenomenon has the most abundance intensity and continuity in the southern and northern coasts of the country due to the altitude, temperature difference, humidity and proximity to humidity source. Due to the high concentration of population, these areas need comprehensive studies in some restrictive conditions, but in other parts of the country, there are humidex conditions, and even if they have simultaneous condition of high humidity and temperature, they are only on the threshold of weak humidex.

Keywords: Heat, humidity, Climate classification system, Humidity index, climatic view, Humidex.

Citation: Hemmati, R.; Zeynali, B.; Khoshakhlaq, F. (2024), A New Approach in Improving and Presenting the Humidex Classification System for Iran (With the Introduction of a Computer Program Designed to Determine Iran's Humidex Weather), Journal of Geography and Environmental Studies, 13 (52), 48-67. Doi: 10.71740/ges.2024.979189

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – acsses article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Doi: 10.71740/ges.2024.979189

مقاله پژوهشی

رویکرد نوین در اصلاح و ارائه سامانه طبقه‌بندی هوای شرجی برای ایران (با معرفی برنامه کامپیوتری طراحی‌شده تعیین هوای شرجی ایران)

رسول همتی[۱]، بتول زینالی[۲]، فرامرز خوش‌اخلاق[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. دانشیار، گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

تغییر در وضعیت آب و هوا تاثیر معنی‌داری برسلامت انسان دارد. هرچندکه نظرات متفاوتی درمورد میزان دمای مناسب برای راحتی انسان وجود دارد، اما اکثریت پژوهشگران، درجه حرارت‌های بین ۱۸ الی ۲۱ درجه سلسیوس را برای آسایش اقلیمی مطرح می‌کنند. در دو حالت این آسایش بهم می‌خورد، حالت اول رخداد دمای پائین همراه با باد شدید و حالت دوم همزمانی شرایط جوی گرم ومرطوب سبب هوای شرجی (Humidex) می‌شود. پدیده شرجی در کشور با شاخص‌های برگرفته از منابع خارجی با محاسبه فشار بخارآب جزئی انجام می‌شود. این در حالی است که پژوهشگران، به دشواری به آمار فشار بخارآب‌جزئی روزانه ایستگاه هواشناسی کشور دسترسی دارند و براین اساس لازم است فرمول جدیدی برای محاسبه هوای شرجی به صورت ماهیانه معرفی گردد. این پژوهش با هدف ارائه یک روش بومی شده برای تمامی نواحی اقلیمی ایران انجام و در آن هوای شرجی با کمترین داده‌های هواشناسی، در قالب یک فرمول کوتاه و آسان تعیین می‌گردد. برای درک بهتر، اقلیم‌نما و نمودار تخصصی شدت هوای شرجی درکنار یک نرم‌افزار، طراحی و از سایت (weather5.ir) قابل دسترسی می‌باشد دراین تحقیق با محاسبه همبستگی بین دما و رطوبت نسبی در ۳۲۵ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۰)، هوای شرجی در یک فرمول تجربی برآورد و سپس نقشه شرجی با شدت ضیف، متوسط و شدید برای ایران ترسیم گردید. نتایج این تحقیق جدید و بومی شده نشان داد پدیده شرجی به دلیل عامل ارتفاع، اختلاف دما، رطوبت و نزدیکی به منبع رطوبی در سواحل جنوب و سپس سواحل شمال کشور از بیشترین فراوانی، شدت و تداوم برخوردار است. این مناطق باتوجه به تمرکز بالای جمعیتی، نیازمند مطالعات جامع در زمینه شرایط محدودکننده شرجی هستند، اما در سایر نقاط کشور شرایط هوای شرجی وجود ندارد و حتی چنانچه شرایط همزمانی رطوبی و دمائی بالائی نیز داشته باشند، صرفاً در آستانه شرجی ضعیف قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: گرما، رطوبت، سیستم طبقه‌بندی اقلیمی، شاخص رطوبی، اقلیم‌نما، هوای شرجی.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

نویسنده مسئول: بتول زینالی، استادیار، گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. zeynali.b@uma.ac.ir

نحوه ارجاع به مقاله:

همتی، رسول؛ زینالی، بتول؛ خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۴۰۳)، رویکرد نوین در اصلاح و ارائه سامانه طبقه‌بندی هوای شرجی برای ایران (با معرفی برنامه کامپیوتری طراحی‌شده تعیین هوای شرجی ایران)، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۳ (۵۲)، ۶۷-۴۷. Doi: 10.71740/ges.2024.979189

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – acsses article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

در حالی که رطوبت بخشی طبیعی از آب و هوای زمین است، زندگی در مناطقی با سطح رطوبت بالا می‌تواند بسیار ناراحت کننده باشد و حتی خطراتی برای سلامتی به همراه داشته باشد. هوای شرجی زمانی رخ می‌دهد که مقدار زیادی رطوبت در هوا وجود داشته باشد. این امر می‌تواند باعث احساس خفگی و ناخوشایندی شود، به خصوص زمانی که هوا گرم است (باعقیده، ۱۳۹۲).

واژه شرجی دگرگون شده واژه «شرقی» است و این واژه از گویش عرب زبانان جنوب به فارسی وارد شده است. شرجی بودن در لغت، به معنی پر از نم و دم‌شدن هوا به همراه دمای بالا است.

شرجی پدیده‌ای است جوی، که غالباً در کنار اقیانوس‌ها و دریاهای گرم رخ می‌دهد. در آب و هوای شرجی به دلیل اشباع هوا از بخار آب، حالت دم‌کردگی به وجود می‌آید.

در ایران در سواحل خلیج فارس و دریای عمان و در کناره‌های دریای خزر هوای شرجی رخ می‌دهد. این شرایط در کرانه‌های خلیج فارس معمولاً از فروردین و اردیبهشت آغاز می‌شود و ۹ ماه می‌کشد (عباس انجم روز، ۱۳۷۳).

در توصیف پی‌آمدهای شرجی بودن هوا بر انسان، متخصصین براین عقیده هستند که بدن بطور طبیعی با تولید عرق و تبخیر آن در سطح پوست تلاش می‌کند تا همواره دمای داخلی ۳۷ درجه سلسیوس را حفظ کند و زمانی که رطوبت نسبی به حدود ۹۰ درصد برسد به طور کامل متوقف می‌شود. در این شرایط دمای داخلی بدن افزایش می‌یابد که تهدید جدی برای سلامت تلقی می‌شود. انسان در برابر تغییر زیاد و به ویژه ناگهانی مقادیر عناصر اقلیمی حساسیت بالایی دارد و بسیارآسیب پذیر است. در میان عناصر اقلیمی چهار عنصر دما، رطوبت، تابش و باد بیشترین تأثیر را بر آرامش انسان دارند. تغییر در وضعیت آب و هوا تاثیر معنی داری بر سلامت روح و جسم انسان دارد. افزایش همزمان گرما و رطوبت، متابولیسم بدن را دچار اختلال نموده و موجب کاهش تعرق از سطح بدن و افزایش تنش گرمایی می‌گردد (صلاحی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۱).

هر چند که نظرات متفاوتی در مورد میزان دمای مناسب برای راحتی انسان وجود دارد، اما اکثریت پژوهشگران، درجه حرارت‌های بین ۱۸ الی ۲۱ درجه سلسیوس را برای راحتی انسان مطرح می‌کنند (بحرینی و کریمی، ۱۳۸۱).

لنکستر و کارستن (۱۸۹۸)، با انجام مطالعات تجربی مرز شرجی را با توجه به نم نسبی و دما ارائه دادند که مبنای تهیه آن سنجش‌های عملی لنکستر بوده و این بررسی مورد تایید بسیاری از اقلیم‌شناسان است.

دیتریچ (۱۹۷۵) در تعریف هوای شرجی به نقل از شارلو (۱۹۳۵)، بیان می‌کند شرجی‌بودن به عنوان وضعیتی از آب و هوا است که مقدار فشاربخارآب جزئی برابر یا بیشتر از ۱۸.۸ هکتوپاسکال است. دیتریچ براساس مقادیر بحرانی شرجی معرفی‌شده توسط شارلو، تمام ساعات شرجی درسان سالوادور را محاسبه نمود.

استیدمن (۱۹۷۹)، تحقیقات ایشان در مورد مرز شرجی و ارزیابی آن منجر به توسعه شاخص‌های ویژه‌ای براساس فیزیولوژی انسانی و علوم پوشش شده است.

تایلی (۱۹۸۸)، به عنوان ویژگی مشخصه آب و هوای مرطوب مناطق گرمسیری، شدت شرجی در مناطق مختلف کشور فیلیپین را مورد بررسی قرار داد و عنوان کرد فیلیپین بدلیل رطوبت بالا توام با هوای گرمسیری، دارای هوای شرجی در غالب ماه‌های سال می‌باشد.

گرزیگرز زارنوویسکی (۲۰۰۱)، پدیده شرجی را در ۸ نقطه کشور لهستان که دارای چشم‌انداز شهری متفاوت بوده مورد ارزیابی قرار داد. اهم نتایج این پژوهش عبارت بود از دوره‌های شرجی اغلب در نواحی با ساختمان‌های متراکم و زمین‌های آسفالتی و

بتونی سخت مثل ایستگاه مترو و همچنین در مجاورت پهنه‌های آب مثل دریاچه اتفاق می‌افتد. در داخل نواحی که ساختمان‌ها پراکنده وجاده‌ها عریض هستند و یا در نواحی که پوشش گیاهی وجود دارد مثل باغ و پارک پدیده شرجی بندرت بوقوع می‌پیوند.
ساآرونی (۲۰۰۳)، با بررسی شاخص استرس گرمایی در فصل گرم در حوالی تالابی واقع در پارک بگین درشهر تلاویو به این نتیجه رسید کـه اگرچـه اکثر روزها در فصل گرم دارای استرس گرمایی متوسطی هستند و بعضی روزهای آن گرم و خشک و بعضی دیگر شرجی است ولی در عین‌حال نباید از تأثیری که دریاچه در آب وهوای اطراف خود دارد غافل بود.
فالرز (۲۰۰۵)، درباره رخداد پدیده شرجی در لهستان نشان داد در ارتفاع بالاتر از ۱۲۰۰ متر روز شرجی اتفاق نمی‌افتد. ضمن اینکه بدترین شرایط زیست اقلیمی در رابطه با پدیده شرجی در جنوب شرق لهستان است در حالیکه بهترین شرایط در قسمت‌های شمالی و غربی (دور از ساحل) و در ارتفاعات اتفاق می‌افتد.
کریستف بلازجسکی (۲۰۰۶)، با استفاده از شاخص استرس گرمایی به این نتیجه رسید که روزهای شرجی از اواسط آوریل آغاز و تا سپتامبر هم ادامه دارد و بیشترین میزان آن در منطقه کارپتین (اروپای مرکزی و جنوب شرقی) مشاهده می‌شود.
وانگ‌کی‌کوان و گنگ‌یان‌بانگ (۲۰۱۰) با مطالعاتی که بر روی تغییرات امواج گرما و آب و هوای شرجی در شهر پکن به این نتیجه رسیدند کـه بیشترین تعداد روزهای گرم و شرجی در طول دهه چهل رخ داده است.
گارسیا (۲۰۱۹)، تفاوت‌های حرارتی در راحتی - ناراحتی آب و هوای شرجی تابستانی را در ماردل‌پلاتا آرژانتین مورد بررسی و به این نتیجه رسیده، آسایش زیست اقلیمی حالتی از رفاه کامل جسمی، روانی و اجتماعی فرد در رابطه با آب و هوای محیطی دارد. نتایج بدست‌آمده بویژه نتایج مربوط به هوای شرجی تابستانی و اثرات آن بر سلامت شهرنشینان مخصوصا کودکان و سالمندان، گنجاندن این شاخص در اطلاعات هواشناسی روزانه رسانه‌ها در تابستان را توجیه می‌کند.
میلیکالوکیچ و همکاران (۲۰۱۹)، با ارزیابی ناراحتی تابستانی در نیش صربستان با استفاده از شاخص زیست اقلیمی (Humidex) بدین نتیجه رسیدند تغییر تدریجی ویژگی‌های زیست اقلیمی این منطقه در دوره مورد مطالعه (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷) است، بطوریکه از سال ۲۰۰۷ تعداد کل روزهایی که به عنوان "راحت" توصیف شده‌اند کاهش یافته و دهه‌های اخیر به عنوان سال‌های نامطلوب برجسته می‌شوند. با این حال، در تمام دسته‌های تنش گرمایی دیگر که با درجه بالاتر یا پایین‌تر ناراحتی حرارتی مشخص می‌شود، افزایشی در مقادیر شاخص وجود دارد.
سیرنجلو و همکاران (۲۰۲۰)، با ترکیب مدل‌های تصادفی دمای هوا و فشار بخارآب برای تجزیه و تحلیل آسایش زیست اقلیم از طریق شاخص هوای شرجی (Humidex) اقدام نمودند. در این مطالعه، یک رویکرد تصادفی برای توصیف شرایط زیست اقلیمی از طریق مطالعه شاخص هوای شرجی در منطقه کالابریا (جنوب ایتالیا)، که اغلب در ماه‌های تابستان تحت تاثیر امواج گرما قرار می‌گیرد، کارشده است. مطالعه داده‌های دمای هوا و فشار بخارآب و یافته‌های آنها نشان می‌دهد در ایستگاه‌های هواشناسی ساحلی هوای شرجی به مراتب بیشتر از ایستگاه‌های هواشناسی دور از ساحل می‌باشد، همچنین در سواحل در دمای بالای ۳۶ درجه سلسیوس شرایط موج گرما به شدت بر سلامت افراد بویژه کودکان، سالمندان و بیماران مزمن تأثیر می‌گذارد.
دی‌کاستروسیلوا و سانکاره (۲۰۲۱)، تغییرپذیری مکانی و زمانی شاخص هوای شرجی در منطقه شمال شرقی برزیل را مورد بررسی قرار داده و بیان داشته شاخص هوای شرجی، که یک متغیر بسیار مهم برای ارزیابی درجه تنش حرارتی موجودات زنده است، این شاخص دارای تغییرات مکانی، زمان و شدت بوده و به شدت متاثر از سیستم‌های جوی حاکم بر فصل و منطقه بستگی دارد. در مطالعه تاثیر عوامل تشدید یا محدودکننده شاخص هوای شرجی در شمال شرق برزیل طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ مشخص کرده

است. در دوره لانینا، شاخص هوای شرجی در مقیاس ساعتی، روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه کاهش و در دوره ال‌نینو این شاخص در بازه‌های زمانی افزایش نشان می‌دهد.

رئود و مرسه (۲۰۲۱)، در پژوهشی تحت عنوان "استفاده از سنجش شهروندی برای شناسایی مکان‌هایی در معرض گرمای شدید" را در روتردام هلند مورد بررسی قرار دادند. آنها اثرات موج گرمای شش روزه را در جولای ۲۰۱۹ مطالعه و نشان دادند احساس مردم (سنجش شهروندی) در دو منطقه شهری و روستایی متفاوت بوده، بطوریکه مناطق روستایی در شب خنک شده اما مناطق شهری (به دلیل ماهیت ناهمگن محیطی خود) همچنان در معرض دمای بالا به همراه رطوبت قابل ملاحظه قرار داشتند که این خود موجب هوای شرجی و در نتیجه تهدید سلامت افراد آسیب پذیر بوده است. با ترسیم نقشه‌های ترکیبی دما و رطوبت، مکان‌هایی که دچار هوای شرجی شدید بودند شناسایی و سهم جمعیت آسیب‌پذیر آن مناطق را شناسایی کردند.

یامونگ‌جهو و همکاران (۲۰۲۳)، در تحقیق خود تحت عنوان تحلیل سری زمانی تحقیقات محیطی هوای شرجی در افسردگی منطقه چونگ‌کینگ چین به این نتیجه رسیدند، بازدیدهای سرپایی افسردگی از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ به طور قابل توجهی با رطوبت نسبی زیاد (بالاتر از ۶۰ درصد) مرتبط و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی نشان داده که زنان و افراد مسن (۶۰ سال) بیشتر مستعد ابتلا به افسردگی در هوای شرجی هستند.

کاویانی (۱۳۶۰)، اولین مطالعه بر روی هوای شرجی در ایران را انجام داده است، ایشان بر پایهٔ کارهای محققانی مانند شارلو، لنکستر-کارستون، آغاز و پایان ماه شرجی را در مناطق ساحلی جنوبی تعیین و درجهٔ شدت آنها را با هم مقایسه کرد. وی بیان نمود که قطب پدیدهٔ شرجی برخلاف نظر شارلو متعلق به جیبوتی نیست و بندر امام خمینی، بندرعباس و مناطق ساحلی تنگهٔ هرمز از چنان شدت شرجی برخوردارند که احتمالاً می‌توانند به عنوان قطب شرجی واقعی زمین تلقی شوند.

مسعودیان و کاویانی (۱۳۸۷)، بر پایه رابطه لنکستر-کارستون و با توجه به اینکه بیشینه نم نسبی ۱۰۰ درصد است، دمای آستانه شرجی را ۱۶.۸ درجه سلسیوس تعیین نموده‌اند.

علیجانی (۱۳۹۰)، با استفاده از شاخص شرجی استیدمن نشان داد که کمترین تعداد روزهای شرجی در ایستگاه خلخال با کمتر از ۴۰ روز در سال و بیشترین آن در ایستگاه بندرعباس با بیش از ۲۴۰ روز در سال رخ می‌دهد.

مسعودیان (۱۳۹۰)، بر پایهٔ یک رابطهٔ تجربی بین دما و رطوبت نسبی، دمای ۱۶.۸ درجهٔ سلسیوس را آستانه شرجی تعیین نمود. به عبارت دیگر، در دماهای کمتر از ۱۶.۸ درجهٔ سلسیوس پدیدهٔ شرجی دیده نمی‌شود. نتایج محاسبات وی نشان داد که در ایران از اسفند تا آبان ماه شرایط شرجی در بخش‌های کرانه‌ای ایران دیده می‌شود و اوج آن در مرداد ماه است و در این ماه نزدیک به ۱۵ درصد از مساحت کشور در حالت شرجی قرار دارد.

سالاری و باعقیده (۱۳۹۰)، با هدف توسعهٔ گردشگری، پدیدهٔ شرجی را در جزیرهٔ قشم به صورت روزانه بررسی کردند. آنان نشان دادند که جزیرهٔ قشم در طول سال دارای شرجی است، اما در فصول مختلف، با شدت‌های متفاوتی ظاهر می‌شود. ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب بیشترین، و ماه‌های بهمن، دی و آذر به ترتیب کمترین شدت شرجی را به خود اختصاص می‌دهند.

بریمانی و اسمعیل‌نژاد (۱۳۹۰)، با در نظرگرفتن شاخص شرجی برای تعیین فصل گردشگری در سواحل جنوبی ایران بیان نمودند که فصل زمستان و ماه آذر در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه، بدون شرجی و یا ملایم است.

باعقیده و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی آماری و سینوپتیکی پدیدهٔ شرجی در ۱۱ ایستگاه استان‌های شمالی کشور با استفاده از داده‌های دما، رطوبت نسبی و فشار بخار آب اشباع پرداختند. نتایج نشان داد که به طور میانگین ۶۳ روز فوق‌العاده شرجی در سال با تداوم دو روز و بیشتر دیده می‌شود. آگوست شرجی‌ترین ماه سال، و ایستگاه نوشهر با ۱۴۹روز، بیشترین روزهای شرجی را

تجربه می‌کند. در کل، سواحل غربی از شدت شرجی بیشتری نسبت به سواحل شرقی برخوردار است که علت همدیدی آن حاکمیت پرفشار جنب حاره است که با افزوده شدن شدت و وسعت این پرفشار، شدت شرجی در منطقه افزایش پیدا می‌کند.

خسروی و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی آماری پدیدهٔ شرجی در استان خوزستان دریافتند که ایستگاه سینوپتیک ماهشهر بیشترین تعداد روزهای شرجی را داشته و در ایستگاه سینوپتیک دزفول، هیچ روز شرجی دیده نشده است. در کل، هرچه از ایستگاه‌های شمالی استان خوزستان به سمت جنوب استان پیش می‌رویم، از تعداد روزهای شرجی و دورهٔ تداوم آنها کاسته می‌شود. همچنین نتایج به دست آمده بیانگر متفاوت بودن دورهٔ تداوم است و بیشترین دورهٔ تداوم مربوط به آبادان می‌باشد. شرجی‌ترین ماه در استان خوزستان، آگوست است.

میرموسوی و همکاران (۱۳۹۳)، در استان گیلان با استفاده از شاخص شدت شرجی دریافتند که پدیدهٔ شرجی از دههٔ دوم ماه می شروع می‌شود و در دههٔ دوم ماه اکتبر خاتمه می‌یابد. همچنین شرجی بسیار شدید در تمام طول سال در هیچ نقطه‌ای از منطقه رخ نمی‌دهد. شرجی شدید هم فقط در دو ماه جولای و آگوست در بعضی از ایستگاه‌ها رخ می‌دهد.

مولایی‌پارده و خوش‌اخلاق (۱۳۹۳)، با مطالعه تأثیر تغییر اقلیم بر پدیده شرجی ایستگاه آبادان دریافتند که روند تغییرات تعداد روزهای با شدت کم شرجی افزایشی و معنادار و تعداد روزهای با شدت زیاد افزایشی بوده ولی معنادار نبوده است.

برنا و شاعری‌کریمی (۱۳۹۵)، با استفاده از شاخص شدت شرجی، پدیدهٔ شرجی را در ۱۰ ایستگاه استان خوزستان از لحاظ مکانی و زمانی بررسی و به رخداد شرجی در هر ۱۰ ایستگاه اذعان کردند.

محمودی و همکاران (۱۳۹۶)، با بررسی روزهای آغاز و خاتمهٔ شرجی و تعداد روزهای با و بدون شرجی در ۱۳ ایستگاه نیمهٔ‌جنوبی ایران با شاخص فشار بخارجزئی و ارائهٔ آمارهای مربوطه، بیان داشتند که فراوانی روزهای شرجی از جنوب به شمال و از شرق به غرب منطقه کاسته می‌شود.

نعمانی (۱۳۹۸)، در تالیف کتاب "پژوهشی در نوسان شدت شرجی و اثر آن بر گسترش گردشگری استان خوزستان با استفاده از تکنیک TCI" به بررسی پدیده هوای شرجی در استان خوزستان پرداخته و در کتاب خود آورده است. با توجه به ترکیب اثر رطوبت و دما، اقلیمی شرجی را در این نواحی پدید می‌آورد که با توجه به تمرکز بالای جمعیتی، نیازمند مطالعات جامع در زمینه شرایط محدودکننده شرجی است. در راستای نیل به این هدف، محدوده استان خوزستان مورد مطالعه قرارگرفته و داده‌های دما و رطوبت نسبی در محدوده استان با موقعیت‌های مکانی متفاوت از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. شاخص روزهای شرجی برای هر ایستگاه محاسبه و با استفاده از تکنیک TCI روند پدیده شرجی در محدوده استان بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد که پراکندگی روزهای شرجی در استان خوزستان به دلیل عوامل ارتفاع، اختلاف دما، رطوبت و نزدیکی به خطوط ساحلی است و حداکثر دوره زمانی در فصل تابستان است.

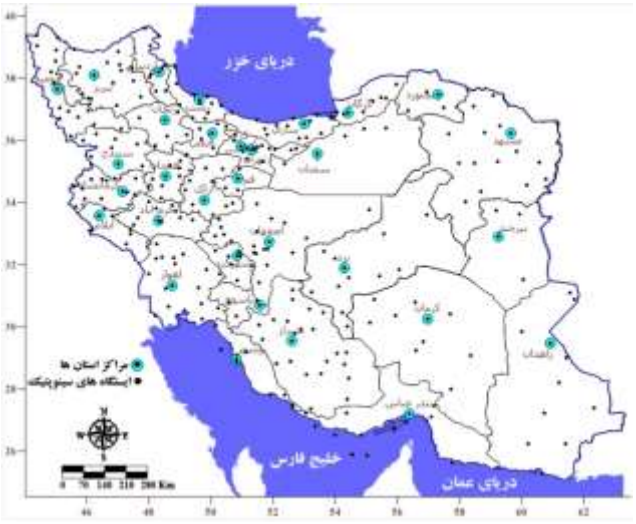
با توجه به تحقیقات قبلی و تا آنجا که اطلاع در دست است، مطالعهٔ گسترده‌ی در خارج کشور در زمینهٔ ویژگی‌های بارز روزهای شرجی به انجام رسیده، اما تجربیات آنها جوابگوی ایران نمی‌باشد. همچنین مطالعات مرتبط با پدیده شرجی در کشور ما بسیار کم و عرصهٔ جغرافیایی و داده‌های مورد استفاده در آنها محدود بوده است.

از اینرو هدف این مطالعه، ارائه یک روش علمی جدید (فرمول، نمودار و...) جهت بررسی شدت روزهای شرجی در راستای تحلیل زمانی و مکانی آن برای کل ایران است.

روش پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه

در این مطالعه برای ارائه سیستم طبقه‌بندی جدید هوای شرجی ایران ۳۲۵ ایستگاه سینوپتیک (همدیدی) موجود در ۳۱ استان کشور مورد بررسی قرار گرفت (شکل-۱).



شکل (۱): موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه

(نقشه با وضوح بالا، مراجعه به پیوست -۱)

دوره آماری مورد مطالعه ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۹۹) انتخاب گردید، داده‌های ساعتی (سینوپ ۳ ساعته) دما و رطوبت نسبی ۳۲۵ ایستگاه سینوپتیک کشور در دورهٔ آماری مورد مطالعه از نظر همگنی بررسی شده و بازسازی داده‌های ناقص متغیرهای اقلیمی در ایستگاه‌ها برای روزهای بسیار محدود با استفاده از روش نسبت‌ها و تفاضل برای تکمیل داده‌هایی که در برخی از سال‌ها خلا آماری داشتند، استفاده شد.

سه شرط بازسازی داده‌ها با این روش عبارت بودند از:

الف) معنی‌دار بودن ضریب همبستگی پیرسون در سطح ۰/۰۱ بین داده‌های اقلیمی مشترک دو ایستگاه دارای آمار کامل و ناقص.

ب) وجود همبستگی به میزان حداقل ۰/۶ بین همان سری داده‌ها.

ج) استفاده از نزدیکترین ایستگاه دارای اقلیم مشابه با ایستگاه دارای دادهٔ ناقص.

وضعیت جوی در دو حالت سبب اختلال در شرایط آسایش می‌شود. حالت اول رخداد دمای پائین همراه با باد شدید و حالت دوم رخداد دمای بالا همراه با رطوبت زیاد. همزمانی شرایط جوی گرم و مرطوب سبب احساس ناراحتی می‌شود که در اصطلاح عامیانه به آن هوای شرجی گفته می‌شود. وضعیت شرجی در هر منطقه با شاخصی به نام شاخص رطوبت (هیومیدکس) اندازه‌گیری و سنجیده می‌شود.

شاخص رطوبت معیاری است که برای عموم مردم در نظر گرفته شده است و چگونگی درک اثرات ترکیبی احساس دمای گرم و رطوبت بالا را توصیف می‌کند.

اصطلاح شاخص رطوبت در سال ۱۹۶۵ ابداع شد (جدول ۱).

شاخص رطوبت یک مقدار اسمی بدون بعد است. اگرچه توسط عموم معادل درجه سلسیوس شناخته می‌شود.

جدول (۱): محدوده احساس شاخص رطوبت برحسب C/

ردیف	شاخص	شرایط آسایش
۱	۲۰-۲۹	احساس کمی ناراحتی
۲	۳۰-۳۹	احساس ناراحتی
۳	۴۰-۴۵	احساس ناراحتی زیاد (کلافگی)
۴	بالاتر از ۴۵	احساس گرمازدگی (بیماری)

در انتخاب شاخص‌های شرجی، غالباً هدف انتخاب شاخص‌هایی می‌باشد که وضعیت شرجی را در مقیاس ساعتی و بیشتر بصورت روزانه و در حد معرفی اقلیم بصورت ماهیانه نشان دهد. با بررسی منابع مختلف تعداد ۱۴ شاخص تجربی شرجی یا مرتبط با شرجی انتخاب شد که همهٔ آنها برای محاسبهٔ وضعیت شرجی یا آسایش، از متغیرهای آب و هوایی نظیر دما، رطوبت نسبی، فشار بخارآب و ابرناکی استفاده نموده‌اند.

این ۱۴ شاخص به همراه منابع مورد استفاده عبارت بودند از:

۱. شاخص شدت شرجی لنکستر و کارستون (D)، (کاویانی، ۱۳۶۰).

۲. شاخص زیست اقلیمی بیکر (CPI) ، (کاویانی، ۱۳۷۱).

۳. دمای معادل فیزیولوژیکی PET، (ماتزاراکیس و همکاران، ۱۹۹۹).

۴. شاخص جو تابستان مؤثر SSI، (تزنکوا و همکاران، ۲۰۰۷).

۵. شاخص دمای معادل موثر EET، (گریگوریوا و فتیسوف، ۲۰۰۷).

۶. شاخص دمای موثر ET، (محمدی، ۱۳۸۶).

۷. شاخص فشار عصبی (CI)، (محمدی، ۱۳۸۶).

۸. شاخص فشار بخار آب (es)، (WMO، ۲۰۰۸).

۹. شاخص آسایش استیدمن-تام (THI)، (ذوالفقاری، ۱۳۸۹).

۱۰. شاخص عدم آسایش DI، (طهباز، ۱۳۸۹).

۱۱. شاخص دما-رطوبت THI، (تولاندی و همکاران،۲۰۱۲).

۱۲. شاخص آسایش فیزیکی PCI، (ژیکوان و یان بانگ، ۲۰۱۰).

۱۳. شاخص دمای مؤثر خالص NET، (هینو و همکاران، ۲۰۱۷).

۱۴. شاخص گرما-رطوبت انسانی، (گلتیچ و همکاران، ۲۰۱۸).

در این پژوهش از بین ۱۴ روش مورد اشاره برای محاسبه شاخص رطوبت (هوای شرجی)، از سه روش معتبر جهانی استفاده و سه شاخص (D، WMO، HI) بطور مبسوط مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

الف) شاخص (D)، شدت شرجی لنکستر و کارستون[1]

این دو محقق با انجام مطالعات تجربی، مرز شرجی را با توجه به نم نسبی و دما ارائه دادند. فرمول ارایه شده توسط آنان فاصله از مرز شرجی را نشان می‌دهد که در آن مقادیر مثبت، نشانگر وضعیت شرجی و مقادیر منفی نشانگر وضعیت غیرشرجی است. برپایهٔ

1. lnexter & Carston

این رابطه و با توجه به این که بیشینهٔ نم نسبی ۱۰۰ درصد است، دمای آستانهٔ شرجی ۱۶.۸ درجهٔ سلسیوس در نظر گرفته شده است (کاویانی، ۱۳۶۰).

به بیان دیگر، در دماهای کمتر از ۱۶.۸ درجه پدیدهٔ شرجی دیده نمی‌شود. بدیهی است که هر چه دما از این مقدار بالاتر رود، میزان رطوبت کمتری مولد شرجی خواهد بود و برعکس.

با استفاده از رابطه شماره۱، شدت شرجی برای هر روز محاسبه و متوسط تعداد روزهای هر ماه، معرف هوای شرجی آن ماه می‌باشد.

رابطه شماره۱.
$$D = \frac{RH}{21.55} - (\frac{100}{T_{°F}}) + 1.3$$

که در آن:

D = شاخص شدت شرجی لنکستر و کارستون

$T_{°F}$ = دمای هوا (برحسب درجه فارنهایت)، به شرطی که دما کمتر از ۶۲.۲ فارنهایت (معادل ۱۶.۸ درجه سلسیوس) نباشد.

RH = رطوبت نسبی هوا (برحسب درصد)

ضریب بدست آمده، براساس شدت در چهار گروه با شدت ضعیف تا بسیار شدید برحسب جدول-۲) به دست می‌آید.

جدول (۲): طبقه‌بندی شاخص شرجی لنکستر و کارستون

توصیف شرجی‌بودن	مقدار شاخص
بدون شرجی	D<0.1
شرجی ضعیف	0.1<D<0.49
شرجی متوسط	0.5<D<0.99
شرجی شدید	1<D<1.49
شرجی بسیار شدید	D>1.5

ب) شاخص فشار بخار آب[1] (WMO)

طبق تعریف شارلو (۱۹۳۹) شرجی به عنوان وضعیتی از آب و هوا است که مقدار فشار بخار آب جزئی برابر یا بیشتر از ۱۸.۸ هکتوپاسکال است. با توجه به رابطه فشار بخارآب با دمای هوا، در دمای بیش از ۱۶.۸ درجه سلسیوس که مقدار فشار بخارآب از ۱۸.۸ هکتوپاسکال بالاتر می‌رود حالت شرجی رخ می‌دهد. شدت شرجی با افزایش رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. همچنین محققانی چون فالرز و اگنیسکاوپیکچ روز شرجی را روزی دانسته‌اند که فشار بخارآب جزئی آن روز برابر یا بیشتر از ۱۸.۸ هکتوپاسکال باشد.

برای محاسبه مقدار فشار بخارآب سازمان هواشناسی جهانی (WMO) در ابزارهای هواشناسی و روش‌های رصد، فرمول راهنمای شماره هشت را معرفی کرده است که به طور گسترده در هواشناسی استفاده می‌شود و به دلیل سادگی آن جذابیت دارد (CIMO، ۲۰۰۸).

این فرمول همراه با فرمول‌های بولتون (Bolton, 1980) و باک (Buck,1996) شکل ریاضی مشابهی با فرمول ماگونز (Magnus Tetens, 1967) قدیمی دارد و فقط در مقدار متغیرها متفاوت است (ربطه شماره ۲ و ۳). در ایران نیز پژوهشگرانی چون (مسعودیان، ۱۳۹۰) و (باعقیده، ۱۳۹۰) برای محاسبهٔ فشار بخارآب اشباع از همین رابطهٔ استفاده کردند.

1. Water Vapor Pressure Index

رابطه شماره۲.

$$e_s = 6.112 \times exp^{(\frac{17.62 \times T}{243.12+T})}$$

رابطه شماره۳.

$$e = \frac{rh \times e_s}{100}$$

پ) شاخص (HI)، گرمایی[1]

شاخص گرمایی در سال ۱۹۷۹ میلادی توسط استیدمن معرفی گردید. بنا به تعریف، شاخص گرمایی یا دمای ظاهری، شاخصی است که با ترکیب دو عنصر درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی، گرمای واقعی را که فرد احساس می‌کند، تخمین می‌زند. شاخص گرمایی استیدمن ترکیب دما و نم نسبی را بیان می‌کند برای اینکه افزایش رطوبت محیط، در احساس انسان از دما اثر دارد. هوای مرطوب مانع تبخیر از بدن شده و حرارت اضافی بدن درآن باقی می‌ماند وانسان احساس خفگی می‌کند.

شاخص گرمایی، هنگامی که فشار بخارآب جزئی برابر ۱.۶ کیلوپاسکال است، مساوی دمای هوا تعریف شده است که در فشار اتمسفری استاندارد (۱۰۱۳.۲۵ هکتوپاسکال)، این مقدار با دمای نقطه شبنم به ارزش ۱۴ درجه سلسیوس (۵۷ فارینهایت) و نسبت مخلوط ۰.۰۱ (۱۰ گرم بخارآب در هر کیلوگرم هوای خشک) برابر است.

این شاخص کاربردهای فراوانی در ارتباط با فعالیت‌های انسانی دارد که از جمله می‌توان به کاربرد آن در محصولات مهندسی و آزمایش‌های فیزیولوژیست‌ها برای اندازه‌گیری استرس دمایی اشاره کرد.

در آمریکا ادارهٔ ملی آب و هوا، استاندارد مشخصی را بر حسب شاخص مذکور برای راهنمایی و مشاورهٔ عمومی مردم برای محافظت از ریسک گرمای هوا به کار می‌برد که بر اساس کار استیدمن تدوین و منتشر شده است. برای محاسبه « شاخص شرجی » به روش استیدمن از رابطه شماره ۴ استفاده می‌گردد.

رابطه شماره۴.

$$\begin{aligned}HI = &-42.379 + 2.04901523(Ta) + \\ &10.143331270(Rh) - 0.22475541(Ta)(Rh) - \\ &6.83787 \times 10^{-3}(Ta^2) - 5.481717 \times 10^{-2}(Rh^2) + \\ &1.22874 \times 10^{-3}(Ta^2)(Rh) + 8.5282 \times \\ &10^{-4}(Ta)(Rh^2) - 1.99 \times 10^{-6}(Ta^2)(Rh^2)\end{aligned}$$

که در آن:

HI = شاخص گرمایی استیدمن

Ta = درجه حرارت (برحسب درجه فارینهایت)

Rh = رطوبت نسبی (برحسب درصد)

رابطهٔ فوق هنگامی معتبر است که دمای هوا بالای ۲۷ درجهٔ سلسیوس (۸۰ درجهٔ فارنهایت) و رطوبت نسبی بالای ۴۰ درصد باشد.

با استفاده از این رابطه، شدت شرجی برای هر روز محاسبه و متوسط تعداد روزهای هر ماه، معرف هوای شرجی آن ماه می‌باشد. ضریب بدست آمده، براساس شدت در چهار گروه برحسب جدول شماره ۳) به دست می‌آید.

1. Heat Index

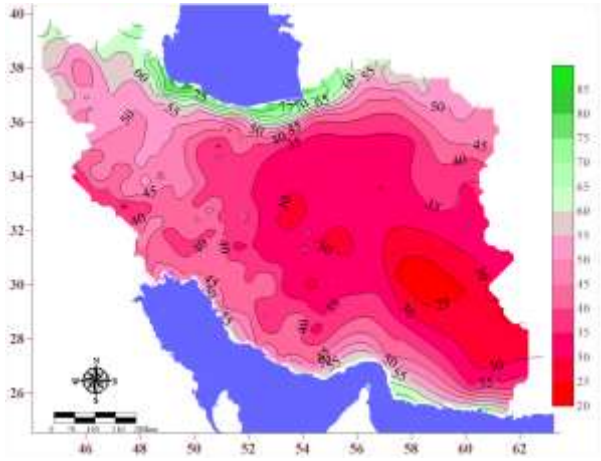
جدول (۳): شاخص گرمایی (Heat Index) استیدمن

ردیف	محدوده شاخص HI	طبقه‌بندی خطر	حساسیت حرارتی
۱	80-90	بسیار گرم	احتیاط
۲	90-105	داغ	احتیاط بسیار
۳	105-130	بسیار داغ	خطرناک
۴	>130	خطرناک	بسیار خطرناک

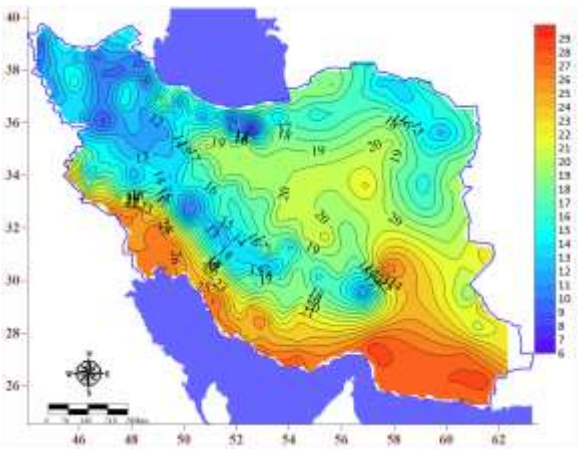
یافته‌های پژوهش

جهت ارایه یک شاخص هوای شرجی جدید برای ایران، در گام اول نیاز است تاثیر دو متغیر دمای هوا و رطوبت نسبی در بازه زمانی معین مشخص گردد.

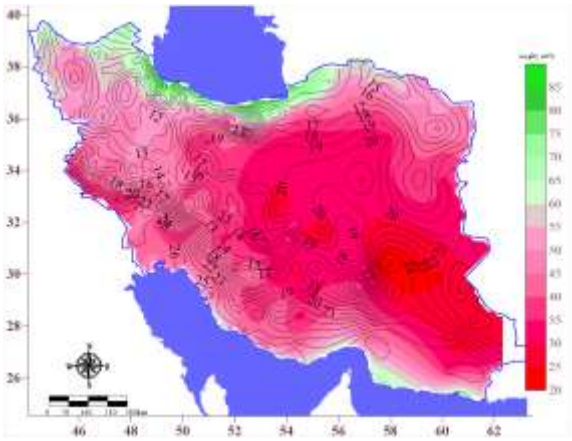
برای اینکه دید بهتری نسبت به شرایط هوای گرم و مرطوب (هوای شرجی) ایران تداعی گردد، نقشه متوسط دما و رطوبت نسبی ماهیانه کشور طی دوره آماری ترسیم گردید. برای هر ۱۲ ماه سال، دو نقشه دما و رطوبت را روی هم انداخته و در نقشه ترکیبی مناطق گرم و مرطوب آن ماه مشخص گردید. در ۳ شکل ذیل روش ادغام دما و رطوبت نسبی ماه اردیبهشت برای نمونه آورده شده است.



شکل (۲): متوسط رطوبت نسبی اردیبهشت



شکل (۳): متوسط دمای اردیبهشت



شکل (۴): ادغام دما و رطوبت نسبی اردیبهشت

مفروضات زیر در بررسی آمار متوسط رطوبت نسبی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، استناد گردید.

الف) بالاترین نم نسبی ایران در سواحل جنوبی دریای خزر و بعد از آن در سواحل دریای خلیج فارس و دریای عمان مشاهده می‌شود.

ب) در نواحی مرتفع مقدار نم نسبی بیشتر از نواحی پست است.

پ) در طول سال بالاترین مقادیر نم نسبی در غالب مناطق ایران در ماه دی و کمترین آن در ماه تیر است.

با توجه به رابطه فشار بخارآب با دمای هوا، در دمای بیش از ۱۶.۸ درجه سلسیوس که مقدار فشار بخارآب از ۱۸.۸ هکتوپاسکال بالاتر می‌رود حالت شرجی رخ می‌دهد. نکته‌ی ایرادی در تعیین شاخص‌های تجربی هوای شرجی این است که در برخی ایستگاه‌ها بویژه در مناطق کوهستانی، بدلیل بالا بودن رطوبت نسبی این ایستگاه‌ها، شاخص محاسبه شده هوای شرجی را نشان می‌دهد. در حالی که بدلیل دمای کمتر آن ایستگاه‌ها، در واقعیت هوا شرجی نیست.

در این تحقیق با محاسبه همبستگی بین دما و رطوبت نسبی ۳۲۵ ایستگاه سینوپتیک کشور ، رابطه همبستگی شروع افزایش هوای شرجی از دمای ۲۰ درجه سلسیوس در حداقل رطوبت نسبی ۲۰ درصد در یک فرمول تجربی (رابطه شماره ۵)، تعیین گردید.

رابطه شماره ۵.

$$\mathbf{H_{iran} = \frac{RH}{25} - \frac{100}{T} + 5}$$

که در آن:

$\mathbf{H_{iran}}$ = شاخص هوای شرجی (برای ایران)

RH = متوسط رطوبت ماهیانه برحسب درصد، بشرطی که بالای ۲۰ درصد باشد.

T = متوسط دمای ماهیانه برحسب سلسیوس، بشرطی که بالای ۲۰ درجه باشد.

با کاربست معادله فوق بر روی داده‌های دمای و رطوبت نسبی ماهیانه کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک ایران، دامنه طبقه‌بندی هوای شرجی و هوای گرم برای ایران طبق جدول ۴ و ۵ تعریف گردید.

جدول (۴): طبقه‌بندی شاخص شرجی‌بودن هوا برای ایران

توصیف شرجی بودن	مقدار شاخص
بدون هوای شرجی	Hiran<2
در آستانه شرجی‌بودن (در این ماه ۱ تا ۲ روز هوا شرجی)	2<Hiran<2.5
شرجی ضعیف (در این ماه ۳ تا ۴ روز هوا شرجی)	2.5<Hiran<3
شرجی متوسط (در این ماه ۵ تا ۶ روز هوا شرجی)	3<Hiran<3.5
شرجی شدید (در این ماه ۱۵ روز و بیشتر هوا شرجی)	Hiran>3.5

جدول (۵): طبقه بندی شاخص هوای گرم برای ایران

توصیف هوای گرم	مقدار شاخص
هوای نیمه‌گرم	20>Tiran<25
هوای گرم	25>Tiran<30
هوای بسیار گرم	30>Tiran<35
هوای داغ	35>Tiran<40
هوای بسیار داغ	Tiran>40

توصیه می‌گردد جهت تعیین دقیق هوای شرجی یک مکان یا منطقه، در بازه زمانی روزانه هوای شرجی محاسبه و فراوانی آن برای ماه بدست آید. اما با توجه به اینکه غالبا آمار روزانه در دسترس عموم نیست، از این رو فرمول پیشنهادی فوق قابلیت محاسبه هوای شرجی ماهیانه را از متوسط روزانه داده‌های هواشناسی دارد.

برای طراحی اقلیم‌نمای هوای شرجی ایران، با بررسی همبستگی دما و رطوبت نسبی بین ۳۲۵ ایستگاه هواشناسی کشور طی دوره آماری (۱۳۷۰ لغایت ۱۳۹۹)، معاله و ضریب همبستگی هوای شرجی با شدت‌های زیر محاسبه گردید.

۱ .ضریب رگرسیون و معادله خط همبستگی هوای شرجی با شدت ضعیف (رابطه شماره ۶).

$y = 0.0015x^2 - 0.3403x + 34.528$ و $R^2 = 0.999$

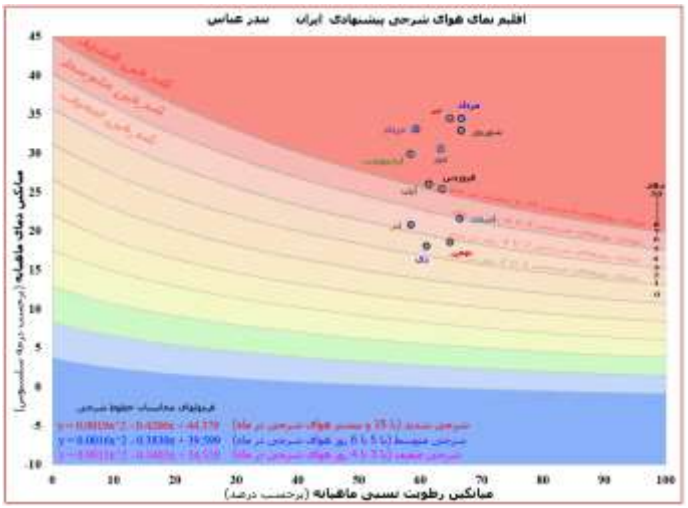
۲ .ضریب رگرسیون و معادله خط همبستگی هوای شرجی با شدت متوسط (رابطه شماره ۷).

$y = 0.0016x^2 - 0.3830x + 39.599$ و $R^2 = 0.9983$

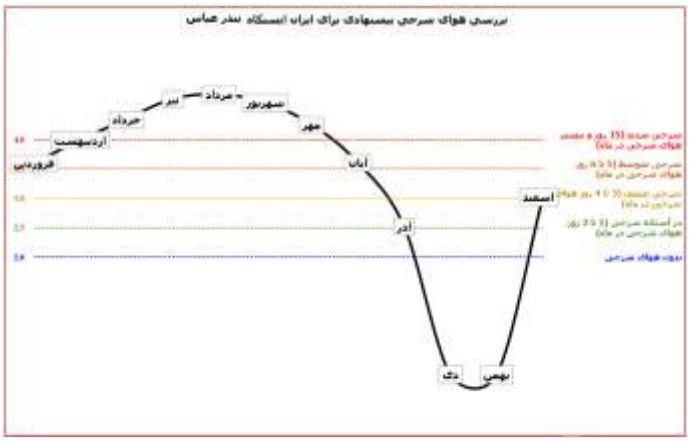
۳ .ضریب رگرسیون و معادله خط همبستگی هوای شرجی با شدت شدید (رابطه شماره ۸).

$y = 0.0019x^2 - 0.4286x + 44.379$ و $R^2 = 0.9988$

با استناد به معادلات فوق، اقلیم‌نمای هوای شرجی ایران با قابلیت آشکارسازی کلیه ماه‌های سال بصورت شکل‌های ۵ و ۶ معرفی می‌گردد.



شکل (۵): اقلیم‌نمای هوای شرجی ماهیانه



شکل (۶): بررسی هوای شرجی ماهیانه

بحث

با بررسی شاخص‌های هوای شرجی در بخش مواد و روش‌ها، مزایا و معایب شاخص‌های خارجی برای ایران و مزایای روش پیشنهادی برای ایران به شرح ذیل ارایه می گردد.

۱) شاخص شدت شرجی لنکستر و کارستون.

برای صحت‌سنجی این طبقه‌بندی، آمار ایستگاه‌های هواشناسی کشور (۳۲۵ ایستگاه) در فرمول فوق جایگزاری و ملاحظه شد که مغایرت‌هایی بین هوای شرجی با اقلیم واقعی وجود دارد، بطوریکه در غالب ایستگاه‌ها، هوای شرجی در بیشتر ماه‌ها در این طبقه-بندی دیده می‌شود. برای بسط بیشتر و برای نمونه ۹ ایستگاه هواشناسی در اقلیم‌های مختلف طی دوره آماری (۱۳۷۰ لغایت ۱۳۹۹) در این مقاله بصورت مقایسه‌ای آورده شده است. مثلا برای ایستگاه تبریز، ۵ ماه هوای شرجی بسیار شدید (از خرداد تا مهر) در طبقه‌بندی اقلیمی لنکستر و کارستون بدست آمده است که این درست نیست و هوای شهر تبریز در ۵ ماه فوق، نیمه‌گرم تا گرم بدون هوای شرجی می‌باشد (جدول-۶).

۲) شاخص گرمایی استیدمن.

مشکل این طبقه‌بندی، اول اینکه محاسبه فرمول آن دشوار بوده و باید از ماشین حساب برای حل آن استفاده کرد و دیگر اینکه هوای شرجی مترادف با دامنه اقلیمی "داغ" و "خطرناک" تعریف شده، که همخوانش (تداعی) چندان برای هوای شرجی ندارد.

۳) شاخص فشار بخارآب (WMO).

این شاخص تنها شرایط شرجی بودن را نشان‌می‌دهد و شدت آن را مشخص نمی‌کند و همچنین برای محاسبه آن نیاز به ماشین حساب می‌باشد.

۴) شاخص جدید پیشنهادی برای ایران.

این سیستم جدید دارای ۸ ویژگی مهم به شرح ذیل می‌باشد.

الف) طبقه‌بندی جدید هوای شرجی، برای تمامی نواحی اقلیمی ایران جوابگو می‌باشد.

ب) با یک فرمول کوتاه و آسان محاسبات هوای شرجی به صورت دستی انجام می‌شود.

پ) در این محاسبات از کمترین داده‌های هواشناسی استفاده شده است.

ت) محاسبات، پاسخگوی بازه‌های زمانی مختلف (ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهیانه) می‌باشد.

ث) این سیستم طبقه‌بندی، شدت هوای شرجی را نیز مشخص می‌نماید.

ج) در طبقات اقلیمی پیشنهادی جدید، شاخص هوای گرم و شرجی با هم تعریف شده است.

ح) برای تفهیم بیشتر و آسان هوای شرجی، علاوه بر فرمول، این طبقه‌بندی اقلیمی ابزار کمکی دیگری چون اقلیم‌نمای هوای شرجی و نمودار تخصصی (مقایسه تمام ماه‌ها با هم در طول سال) برای ارائه دارد.

خ) برای سهولت کار و پرهیز از محاسبات برای تعیین هوای شرجی کشور و در کنار آن بدست آوردن گزارش‌های آنی از جریان کار، "از مفهوم تا تاریخچه روش‌های تعیین هوای شرجی معتبر جهانی" نیاز به یکپارچه‌سازی این اطلاعات (فرمول‌ها و جداول مربوط شاخص‌های گرمایش و رطوبت و همچنین دسترسی سریع به اطلاعات کلیدی و ...) در قالب یک پلتفرم واحد احساس می‌گردید از این رو نرم‌افزار "سیستم طبقه‌بندی هوای شرجی ایران" طراحی گردید(شکل-۱۰).

ساختار خود نرم‌افزار به صورت استفاده از ابزار محاسبات یکپارچه‌سازی صفحه‌گستر ماکروسافت (Excel) می‌باشد. این نرم‌افزار قابلیت اجرا و سازگار با تمام ویندوزهای موجود و قبلی بوده و سطح کیفی خدمات آن با محیطی مناسب، کارپسند و غیرپیچیده با منوها و طبقه‌بندی اسناد هوای شرجی، به راحتی قابل دسترسی و گزارش گیری می‌باشد. این نرم‌افزار با ابزارهایی مانند طراحی جزئیات مسیر گردش کار تعیین هوای شرجی، گزارش‌سازی از طریق ترسیم نمودار تخصصی، اقلیم‌نمای هوای شرجی، جداول مربوط و ... هوای شرجی منطقه دلخواه را برای کاربر با سرعت بالا به چندین روش موجود و پیشنهادی برای ایران تعیین می‌کند. این نرم‌افزار از سایت (weather5.ir) برای عموم قابل دسترسی می‌باشد.

آدرس لینک مستقیم دریافت نرم افزار: (http.//weather5.ir/1402/02/18/post-66)

تعیین وضعیت شرجی مناطق مختلف ایران به روش پیشنهادی جدید نشان می‌دهد شدت شرجی سواحل جنوب و سپس سواحل شمال کشور بیشترین فراوانی، تداوم و شدت شرجی را به مدت چند ماه دارند اما در سایر نقاط کشور شرایط هوای شرجی وجود ندارد و اگر شرایط رطوبی و دمائی بالائی داشته باشند، آن مناطق تنها در روزهائی با آستانه شرجی تا شرجی ضعیف (۳ تا ۴ روز هوای شرجی) قرار می‌گیرند

همچنین در این تحقیق با تحلیل داده‌ها و اطلاعات ۳۲۵ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۷۰ لغایت ۱۳۹۹)، نقشه هوای شرجی ایران با شدت ضیف، متوسط و شدید (شکل‌های شماره ۶ تا ۸) ترسیم و ارائه گردید.

شکل (۶): متوسط تعداد ماه‌های هوای شرجی ضعیف در سال

شکل (۷): متوسط تعداد ماه‌های هوای شرجی متوسط در سال

شکل (۸): متوسط تعداد ماه‌های هوای شرجی شدید در سال

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارائه یک روش بومی شده برای تمامی نواحی اقلیمی ایران انجام گردید این روش بومی نسبت به ۳ شاخص شدت شرجی (لنکستر و کارستون، استیدمن و فشار بخارآب) که پیچیده، و محاسبات پاسخگوی بازه‌های زمانی مختلف (ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهیانه) نبوده و برای مناطقی از ایران جوابگو نیستند، کارآیی بهتری داشته و در آن هوای شرجی با کمترین داده‌های هواشناسی، در قالب یک فرمول کوتاه و آسان تعیین می‌گردد. برای درک بهتر، اقلیم‌نما و نمودار تخصصی شدت هوای شرجی درکنار یک نرم‌افزار، طراحی و از سایت (weather5.ir) قابل دسترسی می‌باشد.

نتایج این تحقیق جدید و بومی شده نشان داد پدیده شرجی به دلیل عامل ارتفاع، اختلاف دما، رطوبت و نزدیکی به منبع رطوبی در سواحل جنوب و سپس سواحل شمال کشور از بیشترین فراوانی، شدت و تداوم برخوردار است.

این مناطق با توجه به تمرکز بالای جمعیتی، نیازمند مطالعات جامع در زمینه شرایط محدودکننده شرجی هستند، اما در سایر نقاط کشور شرایط هوای شرجی وجود ندارد، و حتی چنانچه شرایط همزمانی رطوبی و دمائی بالائی نیز داشته باشند، صرفاً درآستانه شرجی ضعیف (۳ تا ۴ روز هوای شرجی) قرار می‌گیرند.

تشکر و قدردانی

بعد از سپاس از خالق بی همتا، وظیفه خود می‌دانم مراتب سپاس و امتنان خود را نسبت به بزرگوارانی که در تحریر این مقاله علمی از محضر آنان کسب فیض نموده‌ام از جمله اساتید راهنما و مشاور رساله دکتری خود اظهـار نمایم.

پیوست

شکل (۹): نمائی از برنامه کامپیوتری رویکرد نوین در اصلاح و ارائه سیستم طبقه‌بندی هوای شرجی ایران

منابع

۱. انجم‌روز، عباس (۱۳۷۳). *خرماستان ایران: شامل تاریخ پیدایش و آمار خرما و نخلستان‌ها*. تهران: عباس انجم‌روز.

۲. باعقیده، محمد و دیگران (۱۳۹۲). بررسی آماری و سینوپتیکی پدیده شرجی در استان‌های شمالی ایران (گیلان، مازندران، گلستان). *فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی*. ۱۳ (۴۳)، ۱۵۲-۱۳۵.

۳. بحرینی، حسین؛ کریمی، کیوان (۱۳۸۱). *کتاب برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه زمین: دستورالعملی برای طراحی و برنامه‌ریزی محلی پایدار*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۴. برنا، رضا؛ شاعری کریمی، نساء (۱۳۹۵). تحلیل زمانی و مکانی پدیده شرجی در استان خوزستان با استفاده از شاخص شدت شرجی و آزمون من-کندال. *نشریه جغرافیا*. ۱۴ (۴۸)، ۲۳۳-۲۱۴.

۵. بریمانی، فرامرز؛ اسماعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۰). بررسی شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر تعیین فصل گردشگری مورد نواحی جنوبی ایران. *جغرافیا و توسعه*. ۹ (۲۳)، ۴۶-۲۷.

۶. خسروی، محمود؛ الماسی، فائقه؛ آبادی، نسرین (۱۳۹۲). تحلیل آماری پدیده شرجی در استان خوزستان. *نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی*. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته. کرمان. ایران.

۷. ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۹). *آب و هواشناسی توریسم*. تهران: انتشارات سمت.

۸. سالاری، مریم؛ باعقیده، محمد (۱۳۹۰). استفاده از شاخص شدت شرجی در بررسی رخدادهای شرجی جزیرهٔ قشم در راستای توسعه گردشگر. *همایش ملی قشم و چشم‌انداز آینده*. سازمان منطقه آزاد قشم. قشم. ایران.

۹. سعیدی، علی؛ ارجمند، رضا (۱۳۹۳). بررسی شاخص گرمایی (HI) و تأثیر آن بر فعالیت انسان مطالعه موردی: بخش ساحلی استان بوشهر. *نشریه جغرافیا*. ۱۲ (۴۳)، ۲۳۰-۲۱۳.

۱۰. علیجانی، بهلول (۱۳۹۰). تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۱۱ (۲۰)، ۲۹-۲۰.

۱۱. علیجانی، بهلول؛ خسروی، محمد؛ الماسی، فائقه (۱۳۹۳). تحلیل همدیدی سامانه‌های شرجی در استان خوزستان. *نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی*. ۵ (۱۷)، ۷۲-۵۷.

۱۲. کاویانی، محمدرضا (۱۳۶۰). بررسی اقلیمی پدیده شرجی در سواحل و مناطق جنوب کشور. *نشریه تخصصی جغرافیدانان ایران*. ۱ (۱)، ۵۹ - ۳۶.

۱۳. کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۱). ارزیابی اقالیم حیاتی و آستانه‌های تحریک آن در سواحل جنوی خزر و دامنه‌های شمالی البرز میانی. *پژوهش‌های جغرافیایی*. ۴۲ (۱)، ۸۲- ۴۹.

۱۴. محمدی، حسین (۱۳۸۶). *آب و هواشناسی کاربردی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۵. محمودی، پیمان؛ طاوسی، تقی؛ شباب‌مقدم، عبدالمجید (۱۳۹۶). بررسی رفتار زمانی ـ مکانی روزهای شرجی در نیمه جنوبی ایران. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. ۷ (۴)، ۱۰۱-۸۹.

۱۶. کاویانی، محمدرضا؛ مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۷). *اقلیم‌شناسی ایران*. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۷. مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*. مشهد: انتشارات شریعه توس.

۱۸. مولایی‌پارده، اصغر؛ خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۳۹۳). *واکاوی همدیدی شرجی فراگیر خوزستان*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. تهران. ایران.

۱۹. میرموسوی، سید حسین؛ بهزادی‌نیا، عیسی؛ نصیری‌راد، شیما (۱۳۹۳). بررسی شاخص شدت شرجی استان گیلان در راستای توسعه گردشگری. *دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری*. دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان. سمنان. ایران.

۲۰. نعمانی، مجید (۱۳۹۸). *پژوهشی در نوسان شدت شرجی و اثر آن بر گسترش گردشگری استان خوزستان با استفاده از تکنیک TCI*. تهران: انتشارات سنجش و دانش.

21. Anderson, S. R. (1965). Humidex calculation. *Atmosferic Environment Service CDS*. 21, 24-65.

Blazejczyk, K. (2006). Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance. *Geographia Polonica*. 88, 63-82

22. Dieterichs, H. (1975). Dauer and Haufigkeit schuler studen in San Salvador. *Archive fur meteorology Geophysik und Bioklimatologie Serie*. 8 (3-4), 369-377.

23. De Castro Silva, W. T. & Cavalcante, G. H. (2021). Spatiotemporal variability of humidex index over the Northeast region of Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 14 (2), 591-606.

24. Falarz, M. (2005). Days with Sultry Weather in Poland. *Geographical Review*. 77 (3), 311-323.

25. Garcia, M. C. (2019). Thermal differences, comfort/discomfort and Humidex summer climate in Mar del Plata, Argentina. *Urban Climates in Latin America*. 11 (25), 83-109.

26. Grigorieva, E. & Fetisov, D. (2007). Estimation of climatic resources for summer sport recreation in the Jewish Autonomous region of Russia. *Developments in Tourism Climatology*. A. Matzarakis; C. R. de Freitas, and D. Scott (Eds.). Commission on Climate, Tourism and Recreation: International Society of Biometeorology Freiburg.

27. Hino, K.; Lee, J.S. & Asamia, Y. (2017). Associations between Seasonal Meteorological Conditions and the daily step count of adults in Yokohama, Japan: Results of year-round pedometer measurements in a large population. *Preventive Medicine Reports*. 8, 15–17.

28. Lukic, M. et al (2019). An evaluation of summer discomfort in Nis (Serbia) using Humidex. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*. 69 (2), 109-122.

29. Matzarakis, A.; Mayer, H. & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*. 43, 76-84.

30. Rod, J. K. & Maarse, M. J. (2021). Using citizen sensing to identify heat-exposed neighbourhoods. *Urban Science*. 5 (1), 14-15.

31. Saaroni, H. et al (2003). Long-term variations in summer temperatures over the eastern Mediterranean. *Geophysical Research Letters*. 30 (18), 1-8.

32. Sirangelo, B. et al (2020). Combining stochastic models of air temperature and vapour pressure for the analysis of the bioclimatic comfort through the Humidex. *Scientific Reports*. 10 (1), 9-113.

33. Steadman, R. G. (1971). Indices of windchill of clothed persons. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 10 (4), 674-683.

34. Steadman, R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part I. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 18 (7), 861-873.

35. Steadman, R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part II. effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*. (1962-1982), 874-885.

36. Steadman, R. G. (1984). A universal scale of apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 23 (12), 1674-1687.

37. Tahbaz, M. (2010). *Toward a New Chart for Outdoor Thermal Analysis. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort, Cumberland Lodge, Windsor*. UK, London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, http://nceub.org.uk.

38. Tilly, P.J. (1988). Sultriness as a characterizing feature of humid tropical warm climate: White special refrence to the Philippines. *Erdkunde*. 42 (2), 100-114.

39. Tulandi, D. et al (2012). Thermal comfort assessment in the Boulevard area in Manado CBD, North Sulawesi. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*. 12 (2), 49-52.

40. Tzenkova, A. et al (2007). *The Human Comfort Conditions at Bulgarian Black Sea Side, Commission on Climate, Tourism and Recreation*. U.K.: International Society of Biometeorology Freiburg.

41. Wang, X. & Gong, Y. (2010). The impact of an urban dry island on the summer heat wave and sultry weather in Beijing city. *Chinese Science Bulletin*. 55, 1657-1661.

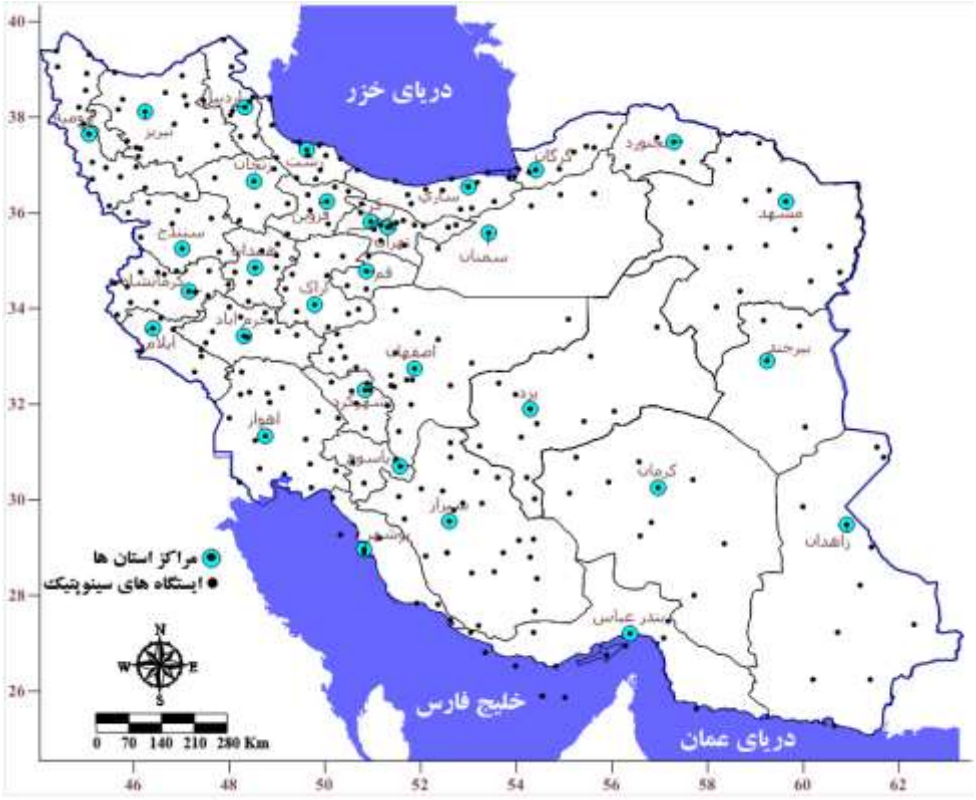
42. WMO (2008). *Meteorological Instruments & Methods of Observation*. CIMO Guide: Formula No 8.

43. XiQuan, W. & YanBang, G. (2010). The impact of an urban dry island on the summer heat wave and sultry weather in Beijing city. *Chinese Science Bulletin*. 55 (16), 1657-1661.

44. Zhou, Y. et al (2023). The role of extreme high humidex in depression in chongqing, China: A time series-analysis. *Environmental Research*. 222, 115400.

45. Zarnowiecki G. (2001). Sultry weather characteristics in KIELCE, Poland. *Dokumentacja Geograficzna*. 23, 119.

پیوست‌ها:



شکل (۱): موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه