

بررسی پدیده شرجی در شهر رشت و تأثیر آن در آسایش حرارتی

سید سعید موسوی

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

پرویز رضایی*

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

بهمن رمضان

استاد گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲

چکیده

اقلیم یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین دستگاه‌های طبیعی شناخته شده در کره زمین است. این دستگاه از عناصر، عوامل و اجزاء گوناگون به همراه اثر متقابل آن‌ها تشکیل شده است. نتیجه کنش و واکنش این عناصر و اجزاء اقلیمی، تکوین پدیده‌های مختلف آب و هوایی است. یکی از پدیده‌های اقلیمی که در سطح ایران و جهان توجه کمی به آن شده، پدیده شرجی است. از این‌رو دیدگاه و هدف این پژوهش، تحلیل و ارزیابی اثر اقلیم بر شرایط آسایش و راحتی فیزیولوژیک انسان تحت تأثیر پدیده شرجی است. محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شهر رشت در استان گیلان است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است. داده‌های مورد استفاده شامل متوسط حداقل، حداکثر و ماهانه دما، رطوبت نسبی، بارش، فشار بخار و دمای نقطه شبنم در دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۷۹-۲۰۱۹) است. جهت تحلیل داده‌ها از شاخص‌های شدت شرجی، فشار بخار جزئی و درجه شرجی استفاده شده است. نتایج پژوهش بیانگر وقوع پدیده شرجی با وجود پایین بودن رطوبت نسبی هوا در چهار ماه ژوئن و جولای و آگوست و سپتامبر است. همچنین ماه آگوست با میانگین دمای ماهانه ۲۵/۲ و دمای نقطه شبنم ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد و فشار بخار ۲۵/۳ هکتوپاسکال شدیدترین مقدار شرجی را داراست که نشان‌دهنده اثر بیشتر عنصر دما در برقراری آسایش حرارتی و نقش بی‌بدیل فشار بخار آب و دمای نقطه شبنم در فیزیک ساخت‌وساز است. همچنین تغییرات درجه حرارت، دمای نقطه شبنم و فشار بخار دارای روند صعودی و برخلاف آن‌ها رطوبت نسبی دارای روند نزولی است. لذا جهت برقراری آسایش حرارتی علاوه بر ایجاد سایه به تهویه طبیعی هوا نیز نیاز است و در این راستا راهکارهایی نیز ارائه شده است.

واژگان کلیدی: اقلیم، آسایش حرارتی، شرجی، دما و رطوبت، شهر رشت

مقدمه

ساختار جغرافیایی هر منطقه بر پایهٔ عناصر و عوامل مختلف آن از جمله عناصر حرارتی و رطوبتی آب و هوا است، بدین جهت برنامه‌ریزی‌های مربوط به رشد و توسعه بدون توجه به اقلیم مناطق امکان‌پذیر نیست (خسروی و همکاران، ۱۳۹۳:۷۳). مطالعه بیوکلیمای انسانی پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌های عمران ناحیه‌ای، به‌ویژه در زمینه مسائل شهری و سکونتگاهی است و از نتایج این‌گونه مطالعات برای اسکان بشر در مناطق جدید و نیز توسعه سکونتگاه‌های موجود بهره‌برداری می‌شود (حنفی، ۱۳۹۹: ۲۶۱). محدوده آسایش مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد (واتسون و لیز، ۱۳۹۹: ۲۸). آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که رضایت‌مندی شخص را از شرایط حرارتی محیط خویش بیان می‌کند (Ashrae, 2017:181). نظر مؤلفان مختلف در مورد دماهای مناسب برای راحتی انسان متفاوت است، این طیف از ۵۸ تا ۸۰ درجه فارنهایت تغییر پیدا می‌کند (بحرینی و کریمی، ۱۳۹۳: ۹۳). حدود منطقه آسایش را برای ایران، می‌توان از نظر دمای هوا در تابستان بین ۲۱/۵ تا ۲۹ و در زمستان بین ۲۰ تا ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد فرض کرد. محدوده رطوبت نسبی هوا نیز در این دو فصل بین ۳۰ تا ۶۵ درصد در نظر گرفته می‌شود (کسمایی، ۱۳۹۵: ۱۶). طبق معیار فانگر با لباس تابستانی و سرعت هوای خطی ۰/۲ متر بر ثانیه و فعالیت معمول و رطوبت نسبی داخلی ۶۰ درصد، حداکثر دمای قابل تحمل برای آسایش افراد ۲۷ درجه سانتی‌گراد است، حال آنکه در همین شرایط با رطوبت نسبی ۳۰ درصد، حداکثر دمای قابل تحمل به ۲۸ درجه می‌رسد و همین امر باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود (Naderi, 1398:1). اگر میزان رطوبت از حد معینی تجاوز کند، آثار آن به‌صورت شوره و سفیدک بر سطوح فضاها خودنمایی می‌کند که به رشد انواع قارچ‌ها کمک کرده و زندگی را از نظر امراض و آسایش حرارتی با ناراحتی مواجه می‌سازد (زمرشیدی، ۱۳۹۵: ۸). در کشور ما تغییرات دما و رطوبت هوا که در راحتی و آسایش انسان تأثیر کاملاً مشخصی دارد قابل توجه است. از عوامل اصلی محدودکننده شرایط آسایش، وقوع پدیده شرجی است که خود تحت کنترل دما و رطوبت است (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲). هوای شرجی به دلیل مختل کردن روش‌های طبیعی دفع گرما از بدن، موجب فشار بر روی سیستم تنفسی می‌شود. یکی از راه‌های دفع گرمای بدن تعریق است اما هنگامی که غلظت بخار آب هوای محیط بالا باشد، این تعریق در پوست با مشکل مواجه شده و گرما به راحتی از بدن خارج نمی‌شود، به همین دلیل راه خنک شدن بدن، تشعشع گرمایی است. لازمه آن این است که دمای هوای محیط کمتر از دمای بدن یعنی ۳۷ درجه سانتی‌گراد باشد تا تبادل حرارتی میان بدن و محیط بیرون انجام شود (که‌ریزی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۱۴). مطالعه پدیده شرجی به‌عنوان یک ویژگی اقلیمی عمومی از یک سو و تأثیرات و کاربردهایی که در بخش‌های مختلف زندگی انسان از جمله شرایط اقلیمی محیط کار و سکونت دارد از سوی دیگر، کاملاً ضروری است (مجرّد و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۴). سابقهٔ مطالعهٔ شرجی به آب و هواشناسان اروپایی برمی‌گردد. استیدمن^۱ (۱۹۷۹) در ایالات متحدهٔ آمریکا و کانادا بر پایهٔ مقدار البسهٔ مورد نیاز برای رسیدن به آسایش حرارتی و کاهش مقاومت مورد

¹ -Steadman

نیاز پوست برای رسیدن به تعادل حرارتی، شرحی نسبی تابستانه را در دو آب و هوای گرم و مرطوب و گرم و خشک ارزیابی کرد. وی شرایط شرحی را مساوی با فشار بخار آب $1/6$ هکتو پاسکال مرتبط دانست و بر اساس آن، جدول دمای ظاهری مرتبط با دماها و رطوبت‌های تابستانه را ارائه کرد. لنکستر و کارستن^۱ با انجام مطالعات تجربی، مرز شرحی را با توجه به نم نسبی و دما ارائه دادند و این بررسی مورد تأیید بسیاری از اقلیم‌شناسان است (کاوایانی، ۱۳۶۰). فالرز^۲ (۲۰۰۵) نشان داد که میانگین تعداد روزهای با آب و هوای شرحی در سراسر لهستان با حرکت در شمال غرب، جنوب شرق به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد و از ارتفاع ۱۲۰۰ متر بالاتر روز شرحی اتفاق نمی‌افتد. بلازجسیک^۳ (۲۰۰۶) با استفاده از شاخص استرس گرمایی در لهستان نشان داد که روزهای شرحی از اواسط آوریل آغاز و تا سپتامبر هم ادامه دارد و بیشترین میزان آن در منطقه کارپتین مشاهده می‌شود. ویپیچ^۴ (۲۰۰۹) تغییرات طولانی‌مدت رطوبت هوا در کراکوف (۲۰۰۰-۱۹۰۱) را با استفاده از تجزیه و تحلیل مقادیر فشار بخار آب، کسری اشباع و دما مورد بررسی قرارداد و به این نتیجه رسید که تغییرات طولانی مدت رطوبت هوا بیش از همه در تغییرات کسری اشباع قابل مشاهده است و رشد مقادیر کسری اشباع در نیمه گرم سال بیشتر است. اندلر و ماتزاراکیس^۵ (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر منطقه جنگل سیاه در جنوب غربی آلمان نشان دادند استرس حرارتی شرحی به علت افزایش دما بخصوص در عرض‌های پائین سیر صعودی داشته است. ژیکوان و یانبانگ^۶ (۲۰۱۰) با مطالعه تغییرات دهه‌ای آب و هوای شرحی در شهر پکن (۲۰۰۰-۱۹۴۰) نشان دادند که تعداد روزهای شرحی طی دهه‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ کاهش و طی دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ افزایش یافته است. شی و همکاران^۷ (۲۰۱۱) با مطالعه روند دما، رطوبت و شرحی در چین دریافتند که به‌جز تبت در سایر ایستگاه‌ها تعداد روزهای هوای شرحی دارای روند مثبت است. پژوهشی با استفاده از روش‌های مختلف در ایستگاه لسکو در لهستان، نشان می‌دهد که متوسط فراوانی روزهای شرحی در سال بین ۷ تا ۶۵ روز متغیر است (Wereski & Wereski, 2012). پژوهش دیگری اثر مراکز شهری را در تعدیل احساس حرارتی در شهر ورشو لهستان مورد بررسی قرار داد و مشخص شد که روزهای شرحی در دوره مورد مطالعه (۲۰۰۶-۲۰۱۰) از ماه می تا سپتامبر و اغلب در ماه اوت رخ می‌دهد و بیشترین فراوانی روزهای شرحی در نواحی جنگلی مشاهده می‌شود که علت آن نیز کاهش تهویه و وجود تبخیر است (Majewski. et al, 2013). بررسی وقوع روزهای شرحی بر اساس معیارهای شارلو، دمای معادل و شاخص استرس گرمایی در منطقه لوبلین لهستان نشان می‌دهد که روزهای شرحی در این منطقه در طول سال از ماه می تا اکتبر اتفاق می‌افتد. همچنین دوره حداکثری وقوع این پدیده از ماه ژوئن تا اوت بوده و بیشترین فراوانی آن نیز در ماه جولای است (Bartoszek & wegrzyn, 2013). ولادوت^۸ (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان آسایش در دشت

¹ -Lancaster & Carston

² -Falarz

³ -Blazejczyk

⁴ -Wypych

⁵ -Ender & Matzarakis

⁶ -Xiquan & YanBang

⁷ -Shi

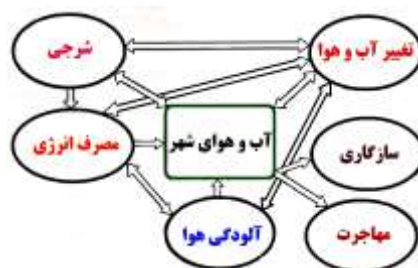
⁸ -Vladut

اولتینیا با بهره‌گیری از شاخص دما-رطوبت نتیجه گرفت که متعادل‌ترین ماه‌ها آوریل، مه، اکتبر و نوامبر هستند. استیگر و همکاران^۱ (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان گنجاندن مسائل شرجه برای دمای درک‌شده در آب و هوای معتدل با استفاده از شاخص PMV و مدل دوگره‌ای PT و نیز دمای نقطه شبنم نشان دادند که شرجه مشتق شده از PT معیار مناسب‌تری برای درک شرجه است. ایچیم^۲ (۲۰۲۰) شرایط آسایش بیوکلیماتیک منطقه ایاس در رومانی را با استفاده از شاخص دما-رطوبت بررسی نمود و نتیجه گرفت که شرایط بسیار سرد ۰/۴٪ کل سال را در بخش‌های داخلی شهر و ۶٪ را در مناطق روستایی در بر می‌گیرد، در حالی که شرایط گرم از ۰/۱۸٪ در وسط جزیره گرم شهری تا ۰/۱۵٪ در منطقه روستایی متفاوت است. در ایران، مطالعات مرتبط با پدیده شرجه بسیار محدود است. از معدود کارهای انجام گرفته می‌توان به پژوهش کاویانی (۱۳۶۰) اشاره کرد که با بررسی روش‌های مناسب جهت محاسبه ماه‌های شرجه با الهام از تجارب شارلو، روگه و لانکستر و کارستن، با انتخاب ۳۵ ایستگاه اقلیمی جنوب کشور و بررسی آمار ۱۰ ساله آن‌ها، آغاز و پایان ماه‌های شرجه این مناطق را تعیین نمود و نشان داد که درجه شدت شرجه اکثر ایستگاه‌های جنوبی کشور در مردادماه به جز سواحل جنوب‌شرقی کشور بیش از سایر ماه‌ها است و ایستگاه بندر امام خمینی حداکثر درجه شرجه را با ۱۲/۴- کسب کرده است. مسعودیان (۱۳۹۰) بر پایه یک رابطه تجربی بین دما و رطوبت نسبی، آستانه شرجه را ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد تعیین نمود. وی نشان داد که در ایران از اسفند تا آبان شرایط شرجه در بخش‌های کران‌های ایران دیده می‌شود و اوج آن در مردادماه رخ می‌دهد و در این زمان نزدیک به ۱۵ درصد مساحت کشور دارای حالت شرجه است. آرمش (۱۳۹۰) با استفاده از رابطه شدت شرجه و روش کریجینگ، در مقیاس ماهانه برای جنوب ایران نشان داد که سواحل استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان به علت عرض جغرافیایی کمتر استعداد بیشتری برای وقوع این پدیده اقلیمی دارند، به طوری که حتی در دوره سرد سال احتمال وقوع شرجه در مناطق فوق وجود دارد. باعقیده و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی پدیده شرجه در سواحل جنوبی دریای خزر نفوذ کم‌فشار پاکستان و زبانه پرفشار دریای سیاه را در ایجاد موج‌های شرجه این ناحیه مؤثر دانسته‌اند. و دریافتند که میزان شرجه در سواحل غربی دریای خزر بیش از مناطق شرقی آن است. خسروی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی آماری پدیده شرجه در استان خوزستان دریافتند که ماه‌شهر بیشترین تعداد روزهای شرجه را داشته و در دزفول، هیچ روز شرجه دیده نشده است. بیشترین دوره تداوم مربوط به آبادان است و شرجه‌ترین ماه در این استان نیز آگوست است. در پژوهش دیگری تحلیل همدیدی سامانه‌های شرجه (۲۰۰۸-۱۹۹۴) برای استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن است که در دوره گرم سال در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، استیلای کامل پرفشار دینامیکی جنب حازه، گسترش و تقویت نصف‌النهاری آن موجب تقویت و تداوم پایداری برفراز جو منطقه شده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۳). طاووسی و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی شدت شرجه در بندر چابهار جهت توسعه گردشگری، به این نتیجه رسیدند که بیشترین فراوانی روزهای شرجه مربوط به ماه‌های اردیبهشت تا شهریور است. مولایی‌پارده و سلحشور (۱۳۹۳)، با بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی شرجه در آبادان دریافتند که روند تغییرات تعداد روزها

¹ -Staiger

² -Ichim

با شدت کم، افزایشی و معنادار است و تعداد روزهای با شدت زیاد، افزایشی بوده و معنادار نیست. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۳)، با مطالعه شاخص شدت شرجی در استان گیلان نتیجه گرفتند که پدیده شرجی از دهه ۵۰م تا دوم ماه می شروع می‌شود و در دهه ۶۰م تا دوم ماه اکتبر خاتمه می‌یابد و به ترتیب ایستگاه‌های بندر انزلی و رشت بیشترین فراوانی با روزهای شرجی دارند. برنا و جهان (۱۳۹۳)، با بررسی پدیده شرجی در استان بوشهر به این نتیجه رسیدند که بر اساس نقشه پهنه‌بندی نوسانات سالانه شدت شرجی، ایستگاه بوشهر از بیشترین شدت شرجی برخوردار است. در مطالعه دیگری بررسی آماری شاخص شرجی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (۲۰۱۱-۱۹۹۷) در استان هرمزگان نشان داد که مناطق ساحلی (جاسک، بندرلنگه، بندرعباس) و جزایر ابوموسی، سیری، کیش و قشم از شرجی بیشتری برخوردارند. شرجی‌ترین ماه مرداد و فصل تابستان به ترتیب با شدت ۱/۵۴ و ۱/۱۴ است (سلامتی هرمزی و رمضان‌نژاد، ۱۳۹۵). برنا و شاعری کریمی (۱۳۹۵) پدیده شرجی را در ۱۰ ایستگاه استان خوزستان از لحاظ مکانی و زمانی بررسی و به رخداد شرجی در همه این ایستگاه‌ها اذعان کردند. تغییرات اقلیمی که آثار و نشانه‌های آن به صورت امواج گرم نامتعارف و روند افزایشی دماهای ایستگاهی تظاهر پیدا کرده است، در صورت افزایش رطوبت نسبی می‌تواند یک پدیده تهدیدکننده فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی باشد (کره‌بندی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۴). لذا گرمایش جهانی موجب توجه بیشتر به این‌گونه پژوهش‌ها شده است. پژوهش‌های اشکار سازی تغییرات آب و هوایی در جهان، حاکی از آن است که جهان آینده، گرم‌تر، با تغییرپذیری شدید بارش و رطوبت هوای بیشتری خواهد بود و در صورت پایبند نبودن کشورها به توافقنامه پاریس که الزام‌های سیاسی ایجاد کرده است، تغییرات دمایی در جهان بسیار شدیدتر خواهد بود، به طوری که میانگین دمای ایران در صورت پایبند نبودن به تعهدات این توافقنامه از سوی همه کشورهای جهان حدود ۲/۵ و در صورت پایبند بودن به آن، ۱/۳ درجه سلسیوس تا پایان سده جاری نسبت به دوره ۱۹۸۶-۲۰۰۵ افزایش می‌یابد (دفتر مرجع ملی هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم، ۱۳۹۶: ۲۰). رابطه تغییرات آب و هوایی و پدیده شرجی یک رابطه دوسویه است، بدین معنا که با رخداد تغییرات آب و هوایی، پدیده شرجی شدیدتر می‌شود و بر عکس و به‌عنوان یک پسخوراند مثبت عمل می‌کند. با افزایش میزان شرجی بر مصرف انرژی در شهرها افزوده می‌شود که این افزایش با تغییرات آب و هوایی رابطهای دوسویه دارد و از سوی دیگر منجر به افزایش آلودگی هوا می‌شود. رابطه آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی نیز دوطرفه است و با افزایش یکی، دیگری نیز افزایش می‌یابد. با تغییر آب و هوای شهر، شهروندان یا با شرایط جدید سازگاری پیدا می‌کنند و یا مجبور به مهاجرت می‌شوند (شکل ۱) (قائدی، ۱۳۹۶: ۱۹۶).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: چارچوب مفهومی اثر تغییرات آب و هوایی بر پدیده شرچی و پیامدهای آن در شهر (قائدی، ۱۳۹۶: ۱۹۷)

با افزایش میزان شرچی بر میزان تشکیل باران‌های اسیدی خشک افزوده می‌شود که می‌تواند با تأثیر بر ساختمان‌های شهری موجب پوسیدگی و خوردگی سنگ‌های ساختمانی و سازه‌ها شود. تأثیر باران اسیدی بر انسان به صورت غیرمستقیم است که با استفاده انسان از مواد غذایی و منابع آب که تحت تأثیر آلودگی قرار گرفته‌اند، موجب پیامدهای منفی بر انسان می‌گردد (Singh and Agrawal, 2008: 21). از آنجا که افزایش شرچی به معنای افزایش دما و رطوبت هوا به صورت هم‌زمان است، لذا استفاده از منابع انرژی برای تهیه مطبوع ساختمان‌ها افزایش می‌یابد و از آنجایی که بیشترین منبع انرژی جهان سوخت‌های فسیلی است، بنابراین بر میزان آلودگی هوا افزوده می‌شود (قائدی، ۱۳۹۶: ۲۰۶). جلگه ساحلی دریای خزر فقط با در بر گرفتن ۴ درصد مساحت کشور، ۱۲ درصد کل جمعیت ایران را در برمی‌گیرد و ترکیب اثر رطوبت و دما، پدیده اقلیمی شرچی را در این ناحیه پدید می‌آورد (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳۶). شهر رشت با توجه به گسترش کالبدی و چشم‌انداز آینده آن، فاصله کم آن به مناطق شهری و روستایی مجاور و نیز تأثیرگذاری آن بر دیگر مناطق شهری و روستایی استان به جهت الگوی مرکزیت، همچنین فرم شهری آشفته آن، نیازمند مطالعه و توجه ویژه به مقوله آب‌وهوا در توسعه پایدار و بالاخص مسکن پایدار است. چراکه افزایش مشکلاتی نظیر رشد جمعیت و قیمت فزاینده زمین باعث افزایش تعداد ساختمان‌های مسکونی خصوصاً به صورت آپارتمان با تعداد واحدهای زیاد (۶ واحد و بالاتر) در این شهر شده و در همین راستا با کاهش سطح مفید فضای زندگی و ناهمسازی با اقلیم، مشکلاتی چون عدم آسایش روحی و جسمی و مصرف فزاینده انرژی جهت سرمایش و گرمایش را به دنبال دارد. لذا با توجه به تمرکز جمعیتی بالا، سیل عظیم مهاجرت به این شهر به جهت کار، ادامه تحصیل و سایر عوامل و نیز قابلیت‌های گردشگری فراوان، سعی شده است شرایط محدودکننده شرچی و تأثیر آن بر آسایش حرارتی از دیدگاه آماری در این پژوهش مورد بررسی قرار گیرد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

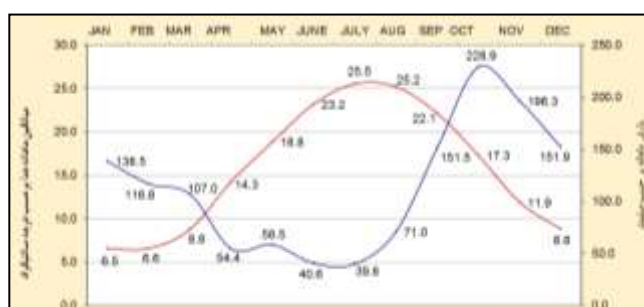
شهر رشت مرکز استان گیلان که دارای طول جغرافیایی $45^{\circ} 35' 49''$ و عرض $30^{\circ} 16' 37''$ است واقع در شمال کشور و جنوب دریای خزر است که از شمال به شهرستان‌های بندرانزلی و خم‌ام (مرداب انزلی در شمال غرب آن) و از غرب به

جدول ۱: نوع اقلیم شهر رشت بر اساس سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی اقلیمی (محاسبه توسط نگارندگان)

سیستم طبقه‌بندی اقلیمی	کوپن	ایوانف	سیلیانینوف	دمارتن	آمپرزه	تورنث ویت
نوع اقلیم	معتدل	مرطوب جنگلی	استپی جنگلی	بسیار مرطوب	خیلی مرطوب	مرطوب مزو ترمال (معتدل)

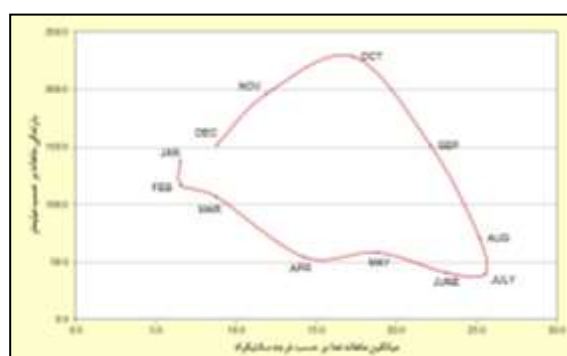
مأخذ: نگارندگان

در شهر رشت، اکثر روزهای سال هوا ابری بوده (حدود ۱۶۷ روز) و کمبود انرژی تابشی محسوس است (میانگین ساعات آفتابی سالانه حدود ۱۶۶۷ ساعت). اغلب روزهای سال بارانی (حدود ۱۴۱ روز) و رطوبت نسبی بالا است (میانگین سالانه حدود ۸۱ درصد) و مجموع روزهای ابری و بارانی حدود ۳۰۸ روز از سال است (سازمان هواشناسی کشور).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: نمودار آمبروترمیک شهر رشت



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: نمودار کلیماگرام (هایتروگراف) شهر رشت

دوره مرطوب در شهر رشت از اواخر شهریور شروع شده و تا اوایل فروردین ادامه دارد و بقیه ایام سال با کمبود بارش و خشکی همراه است. همچنین نوسانات بسیار زیاد بارندگی نسبت به دما مشهود است (شکل ۳ و ۴). با توجه به اهداف پژوهش، ماهیت پژوهش کاربردی است. جهت دستیابی به اهداف مورد نظر از آمار هواشناسی مربوط به دو ایستگاه سینوپتیک فرودگاه و کشاورزی رشت استفاده شده است. به جهت نزدیکی بیشتر ایستگاه فرودگاه رشت به بافت شهری، از آمارهای این ایستگاه در روند پژوهش، بیشتر استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده شامل متوسط حداقل، حداکثر و ماهانه دما، بارش، رطوبت نسبی، فشار بخار و دمای نقطه شبنم در دوره آماری ۴۰ ساله

(۱۹۷۹-۲۰۱۹) است. روش کار در این پژوهش مبتنی بر روابط ریاضی است و ابزارهای اصلی تحلیل شاخص‌های شدت شرجی، فشار بخار آب جزئی، درجه شرجی و در نهایت پس از بررسی زمان وقوع پدیده شرجی در شهر رشت تأثیر آن بر آسایش حرارتی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه به تشریح مدل‌های مرتبط جهت دستیابی به اهداف پژوهش پرداخته می‌شود.

شاخص شدت شرجی (D):

این شاخص علاوه بر وجود شرجی، شدت آن را نیز تعیین می‌کند. براساس این رابطه، با توجه به بیشینه رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد، شرجی تنها در دماهای بالاتر از ۱۶/۸۳ درجه سانتی‌گراد می‌تواند رخ بدهد (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۰۴).

$$D = \frac{RH}{21.55} - \frac{100}{T} + 1.3$$

T = میانگین دما (سانتی‌گراد)، RH = رطوبت نسبی (درصد)، D = شدت شرجی (۱)

جدول ۲: طبقه‌بندی شاخص شدت شرجی (قائدی، ۱۳۹۶: ۱۹۸)

مقدار شرجی	نوع شرجی
صفر تا ۰/۴۹	شرجی ضعیف
۰/۵ تا ۰/۹۹	شرجی متوسط
۱ تا ۱/۴۹	شرجی شدید
بیش از ۱/۵	شرجی بسیار شدید

از این شاخص برای تعیین مقدار شدت شرجی برای هر ماه در شهر رشت استفاده شده است (جدول ۲). برای تحلیل شرایط شرجی از نمودار لانکستروکارستن نیز استفاده می‌شود. محور افقی این نمودار دمای هوا و محور عمودی آن رطوبت نسبی است و محدوده مطبوع و شرجی با یک منحنی از هم جدا شده‌اند (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۰: ۳).

شاخص فشار بخار آب جزئی (e):

طبق تعریف شارلو (۱۹۳۵) شرجی به‌عنوان وضعیتی از آب و هواست که مقدار فشار بخار آب جزئی برابر یا بیشتر از ۱۸/۸ هکتوپاسکال است (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱). از این شاخص جهت تعیین مقدار تأثیر نوسانات عناصر فشار بخار و دمای نقطه شبنم بر کیفیت حرارتی مصالح و نیز برقراری آسایش در داخل فضاهای مسکونی شهر رشت استفاده شده است. این شاخص با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

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

e = فشار بخار آب جزئی (هکتوپاسکال) (۲)

$$e_s = 6.112 \times \exp \left[\frac{17.62T}{(243.12 + T)} \right]$$

RH = رطوبت نسبی (درصد)، e_s = فشار بخار آب اشباع (هکتوپاسکال)

T = میانگین دما (سانتی گراد) (مجرد و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۴) (۳)

شاخص درجه شرجه (w-sult):

تیپ‌های مختلف آب‌وهوایی در رابطه با شدت دما و رطوبت نسبی بر روی انسان بوسیله این شاخص نشان داده می‌شود. برای محاسبه مقدار شاخص درجه شرجه در شهر رشت از نرم افزار Bioklima و جدول ۳ استفاده شده است.

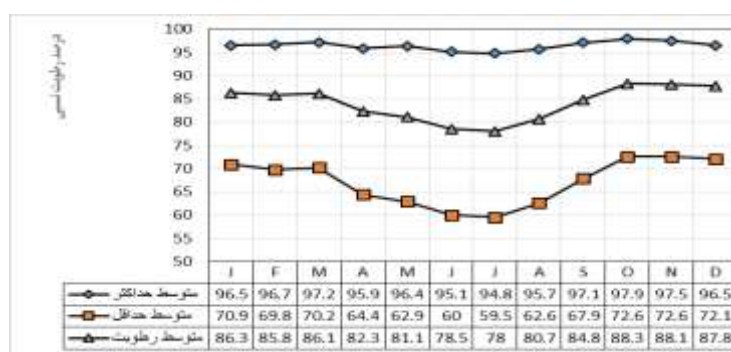
جدول ۳: آستانه‌های تعیین شده براساس شاخص درجه شرجه (اسماعیل نژاد، ۱۳۹۲: ۴۵)

w-sult	درجه شرجه
صفر	حداقل وجود شرایط شرجه
۱	شرجه ملایم
۲	شرجه بالا

بحث و یافته‌ها

یافته‌های اقلیمی

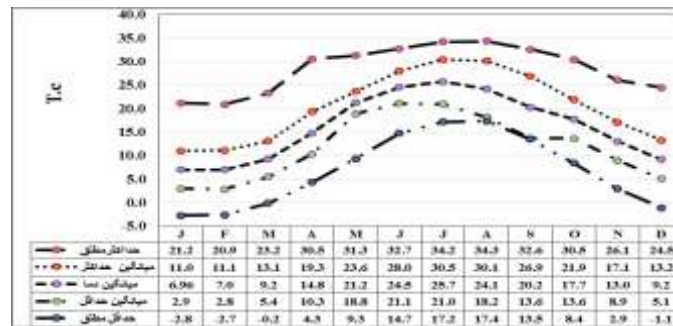
رژیم رطوبتی: میزان رطوبت در فضاهای مسکونی به نوع اتاق و فصل بستگی دارد. همانطور که رطوبت زیاد باعث ایجاد میکرو اقلیمی نامطبوع می‌شود، رطوبت کم نیز باعث افزایش شدت تبخیر از پوست شده و هر دو موجب تأثیر بر آسایش حرارتی انسان می‌شوند. اکثر استانداردهای جهانی رطوبت مناسب را بدون در نظر گرفتن فصل ۴۰ تا ۶۰ درصد می‌دانند (Gost30494 Standard, 2011). متوسط رطوبت نسبی در ماه اکتبر با مقدار ۹۷/۹۳ درصد بیشترین و در ماه جولای با ۵۹/۴۶ درصد به کمترین مقدار خود می‌رسد. میانگین ماهانه رطوبت نسبی نیز هیچگاه از ۷۸ درصد پایین‌تر نیامده است (شکل ۵).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: میانگین رطوبت نسبی ماهانه ایستگاه سینوپتیک رشت

رژیم حرارتی: به دلیل مجاورت با دریا، اختلاف درجه حرارت روز و شب چه در تابستان و چه در زمستان چندان متغیر نیست، زیرا دریا به مراتب دیرتر از خشکی گرما و سرمای خود را از دست می‌دهد. از طرفی اگر درجات حرارت مطلق مد نظر قرار گیرد، دامنه نوسانات تقریباً زیاد بوده بطوریکه در بعضی سال‌های استثنایی، شهر رشت با تابستان‌ها و زمستان‌های غیرقابل تحمل (مانند روزهای برفی زمستان ۱۳۸۳) مواجه می‌گردد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: نمودار میانگین عوامل اصلی پنج گانه درجه حرارت ماهانه

شکل ۶ نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده دما در عدم برقراری آسایش حرارتی در فضاهای مسکونی شهر رشت است. البته رطوبت باعث کاهش دمای هوای خشک می‌شود. بدین ترتیب منطقه آسایش گسترش می‌یابد و محدوده‌های بالای منطقه آسایش نیز قابل تحمل می‌گردد. مقدار بارش فراوان در شهر رشت بر موازنه بین مقدار رطوبت و دما تأثیرگذار است، بعبارتی تفاوت باران حداکثر و میانگین ماهانه در اکثر قریب به اتفاق ماه‌ها، بالای ۱۱۰ میلیمتر و در تمام ماه‌های سال بالای ۶۵ میلیمتر می‌باشد. همچنین بالغ بر ۴۰٪ از سال‌ها در طول دوره آماری بارشی بالاتر از مقدار میانگین ماهانه دارند که خود باعث افزایش ضریب کج باران و تأثیر فرسایشی بیشتر می‌شود.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۷: نمودار حدود منطقه آسایش در شهر رشت

همچنین با توجه به شکل (۷) در ماه‌های اکتبر تا آوریل احساس ناراحتی گرمایی وجود ندارد. در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر بیشترین ناراحتی گرمایی وجود دارد که در ماه آگوست به بالاترین حد خود می‌رسد.

توزیع ماهانه شاخص‌های آسایشی

شاخص شدت شرجه: پایین‌تر بودن دما بدلیل عرض جغرافیایی بالاتر در شهر رشت نسبت به شهرهای جنوبی کشور باعث گردیده که حالت شرجه بسیار شدید در هیچ ماهی از سال مشاهده نشود. بالابودن رطوبت نسبی در حد اشباع، حاصل از شدت تبخیر آب گرم دریای خزر و نبود مکانیسم صعود برای ریزش باران، توأم با موجب تراکم بخار آب در سطح زمین و تشدید هوای خفقان‌آور شرجه شدید در ماه آگوست شده است. البته نقش بی‌بدیل بالابودن درجه حرارت نسبت به پایین بودن رطوبت نسبی در تابستان جهت احساس حالت شرجه قابل تأمل است. بطور کلی شهر رشت از اواخر ماه می تا اوایل اکتبر آب و هوای شرجه را داراست.

جدول ۴: نتایج آماری شاخص شدت شرجه برای شهر رشت

پارامتر	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شدت شرجه		-۹/۰۲	-۹/۰۵	-۵/۴۳	-۱/۹۷	-۰/۱۴	۰/۶۲	۰/۹۴	۱/۰۱	۰/۶۹	-۰/۳۳	-۲/۴۴	-۵/۳۷
نوع شرجه		-	-	-	-	-	شرجه متوسط	شرجه متوسط	شرجه شدید	شرجه متوسط	-	-	-

مأخذ: نگارندگان

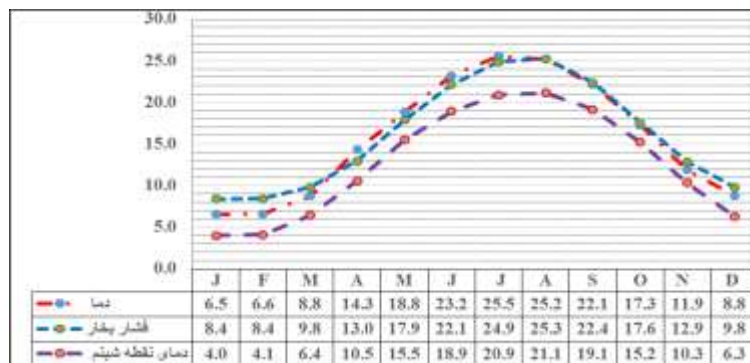
فراوانی روزهای شرجه در شهر رشت حاکی از ۹۰ روز با شرجه متوسط و ۳۰ روز توأم با شرجه شدید است. با توجه به مقادیر شاخص شدت شرجه در دو ماه اکتبر و می (بسیار نزدیک به صفر) و همچنین بالا بودن رطوبت نسبی در این دو ماه نسبت به ماه‌های ژوئن تا سپتامبر و نیز مشاهدات میدانی، به نظر می‌رسد که این دو ماه نیز با شرجه ضعیف همراه باشند. در ماه‌های ژانویه تا آوریل، نوامبر و دسامبر نیز اصلاً پدیده شرجه رخ نداده است (جدول ۴).

شاخص فشار بخار آب جزئی و دمای نقطه شبنم: میزان رطوبت در رابطه با جنس مصالح ساختمان و گسترده بودن یا فشردگی آن قابل تأمل است. محدوده فشار بخار آب ۰/۶۷ تا ۲/۲۷ کیلو پاسکال حد قابل تحمل آسایشی برای انسان است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۹۵). در شهر رشت ماه‌های تیر تا مهر (ژوئن تا اکتبر) فشار بخاری بالاتر از ۲ کیلو پاسکال را تجربه می‌کنند، که موجب نفوذ رطوبت از خارج به داخل فضاهای مسکونی می‌شود. در صورتی که جداره‌های خارجی از مصالح نفوذپذیر باشند بخار آب از داخل جداره‌ها انتقال یافته، باعث افت کیفیت حرارتی مصالح و عدم آسایش حرارتی در داخل خواهد شد. شرایط با نقطه شبنم بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های می تا اکتبر (اردیبهشت تا مهر) ایجاد ناراحتی را به دنبال دارد، در حالی که هوا با نقطه شبنم بالاتر از ۲۱ درجه

سانتی‌گراد (آگوست) حتی موجب گرفتگی می‌شود (جدول ۵) و (شکل ۸) عدم محاسبه صحیح نقطه شبنم بسیار حائز اهمیت است، زیرا باعث دوام کوتاه مدت مصالح جداره‌ها می‌شود و عدم آسایش حرارتی را به دنبال دارد.

جدول ۵: نتایج آماری شاخص فشار بخار آب جزئی برای شهر رشت (برحسب هکتوپاسکال)

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
پارامتر	۸/۳۶	۸/۴۱	۹/۸۰	۱۲/۹۷	۱۷/۸۸	۲۲/۱۲	۲۴/۸۸	۲۵/۲۵	۲۲/۳۸	۱۷/۵۸	۱۲/۸۷	۹/۸۰
نوع شرعی	-	-	-	-	-	شرعی	شرعی	شرعی	شرعی	-	-	-



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: نمودار میانگین فشار بخار و دمای نقطه شبنم

تغییرات فشار بخار آب موجود در مقاطع مختلف از ضخامت دیوارهای ساختمان، تابع تغییرات درجه حرارت همان مقاطع بوده و به‌طور خطی اُفت می‌کند، در صورتی که تغییرات درجه حرارت بخار آب اشباع شده (شبنم) لگاریتمی است.

شاخص درجه شرعی (w-sult):

نتایج این شاخص نشان می‌دهد که از اواسط خرداد تا اواسط شهریور همراه با شرعی ملایم است (جدول ۶).

جدول ۶: نتایج آماری شاخص درجه شرعی برای شهر رشت

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
w-sult	۱	۱	۱
نوع شرعی	-	-	-	-	-	شرعی ملایم	شرعی ملایم	شرعی ملایم	-	-	-	-

مأخذ: نگارندگان

توزیع سالانه عناصر اقلیمی در طول دوره آماری (۱۹۷۹-۲۰۱۹)

از آنجا که مقدار فشار بخار اشباع شده به درجه حرارت هوا بستگی دارد، هنگامی که دومی بالا می‌رود، هوا می‌تواند بخار آب بیشتری را جذب کند، در حالی که فشار اشباع افزایش می‌یابد. این واقعیت برای فیزیک ساخت و ساز بسیار مهم است.



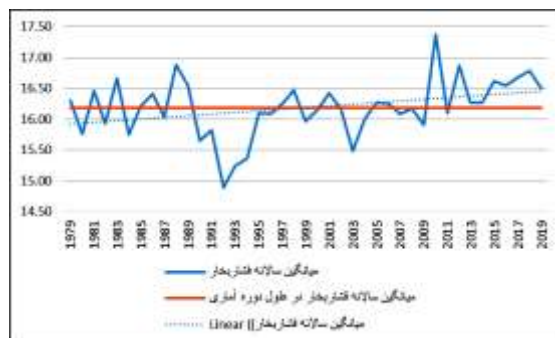
شکل ۱۰. روند تغییرات سالانه درجه حرارت در شهر رشت



شکل ۹. روند تغییرات سالانه دمای نقطه شبنم در شهر رشت

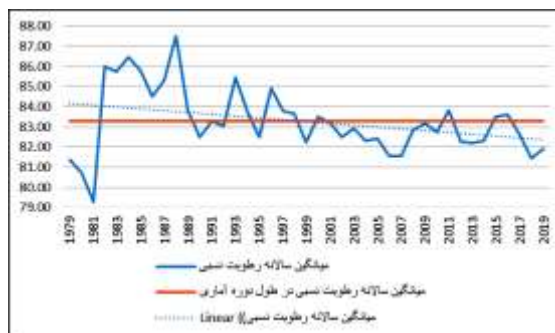
مأخذ: نگارندگان

دامنه تغییرات دمای نقطه شبنم سالانه $2/53$ درجه سانتی‌گراد است و 50 درصد از سال‌ها دمای نقطه شبنمی بالاتر از میانگین سالانه ($12/85$ درجه سانتی‌گراد) دارند. تغییرات دمای نقطه شبنم دارای روندی صعودی با شیب ملایم $6/6$ درصد است و روند روبه رشد افزایش تغییرات آن از میانگین سالانه به‌خصوص در دهه اخیر مشهود و قابل توجه است (شکل ۹). دامنه تغییرات درجه حرارت سالانه نیز $3/02$ درجه سانتی‌گراد است و $52/5$ درصد از سال‌ها درجه حرارتی بالاتر از میانگین سالانه ($16/09$ درجه سانتی‌گراد) دارند. تغییرات درجه حرارت دارای روندی صعودی با شیب $10/8$ درصد است و روند روبه رشد افزایش تغییرات دما از میانگین سالانه آن به‌خصوص در دهه اخیر مشهود و قابل توجه است (شکل ۱۰).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۱. روند تغییرات سالانه فشار بخار در شهر رشت



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲. روند تغییرات سالانه رطوبت نسبی در شهر رشت

دامنه تغییرات فشار بخار سالانه ۲/۳۰ هکتوپاسکال است و ۵۰ درصد از سالها فشار بخاری بالاتر از میانگین سالانه (۱۶/۱۹ هکتوپاسکال) دارند. تغییرات فشار بخار دارای روندی صعودی با شیب ملایم ۶/۶ درصد است و روند روبه رشد افزایش تغییرات آن از میانگین سالانه به خصوص در دهه اخیر مشهود و قابل توجه است (شکل ۱۱). دامنه تغییرات رطوبت نسبی سالانه نیز ۴ درصد است و ۴۲/۵ درصد از سالها رطوبت نسبی بالاتر از میانگین سالانه (۸۳/۲۸ درصد) دارند. تغییرات رطوبت نسبی دارای روندی نزولی با شیب ۸/۹ درصد است و روند کاهشی آن از میانگین سالانه به خصوص در دو دهه اخیر به جز سالهای اندکی، مشهود و قابل توجه است (شکل ۱۲).

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش ضمن تأیید نظرات بسیاری از محققین قبلی بیانگر وقوع پدیده شرجی با وجود پایین بودن رطوبت نسبی هوا در چهار ماه ژوئن و جولای و آگوست و سپتامبر است. ماه آگوست نیز با میانگین دمای ماهانه ۲۵/۲ و دمای نقطه شبنم ۲۱/۱ درجه سانتیگراد و فشار بخار ۲۵/۳ هکتوپاسکال شدیدترین مقدار شرجی را داراست که نشان دهنده اثر بیشتر عنصر دما در برقراری آسایش حرارتی و نقش بی‌بدیل فشار بخار آب و دمای نقطه شبنم در فیزیک ساخت و ساز است. البته روند صعودی درجه حرارت و دمای نقطه شبنم و روند نزولی رطوبت نسبی در طول دوره آماری نیز مشاهده شده است. به عبارت دیگر بیشترین ناراحتی گرمایی در ماههای ژوئن تا سپتامبر وجود دارد که در ماه آگوست به بالاترین حد خود می‌رسد. شدت تبخیر آب گرم دریای خزر و نبود مکانیسم صعود برای ریزش باران باعث بالا رفتن رطوبت نسبی در حد اشباع و توأمأ موجب تراکم بخار آب در سطح زمین و تشدید هوای خفقان آور شرجی شدید به خصوص در ماه آگوست می‌شود. علت دیگر کمی ساعات آفتابی (میانگین ساعات آفتابی سالانه در شهر رشت حدود ۱۶۶۷ ساعت) و ارتفاع کم حداقل انرژی تابشی است. ابرناکی آسمان (حدود ۱۶۷ روز از سال در شهر رشت) باعث می‌شود درصد زیادی از تابش مستقیم در برخورد با سطح ابر منعکس شود و به عبارتی نسبت تابش پراکنده به تابش مستقیم بیشتر است. همچنین تغییر اقلیم و افزایش پایداری هوا در مناطق مختلف کشور موجب افزایش روزهای شرجی در این شهر شده است. پایین تر بودن دما به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر در شهر رشت نسبت به شهرهای جنوبی کشور نیز باعث گردیده که حالت شرجی بسیار شدید در هیچ ماهی از سال مشاهده نشود. مقایسه این نتایج با مطالعات دیگری در همین منطقه (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۲؛ باعقیده و همکاران، ۱۳۹۶؛ کیقبادی فر، ۱۳۹۵) همسو بوده و یافته‌های آنان را تأیید می‌کند، به جز اختلافات اندک که ممکن است ناشی از تغییر طول دوره آماری مورد استفاده در مطالعات فوق باشد. شایان ذکر است که علاوه بر تأیید نتایج فوق در پژوهش (حنفی، ۱۳۹۹)، شهر رشت دارای مطلوبیت آسایش سالانه نسبت به شهرهای همدان، اصفهان، سمنان، کرمانشاه، اردبیل، شیراز، کرمان، زاهدان، اهواز و تهران معرفی شده است. فراوانی تعداد روزهای با شرجی شدید نیز در شهر رشت برابر ۳۰ روز بوده که در پژوهش (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۳) برابر با ۶۰ روز البته برای دوره آماری سه ساله (۲۰۱۲-۲۰۰۷) به دست آمده است. بطور میانگین طول کل دوره شرجی در

پژوهش (مجرد و همکاران، ۱۳۹۸) برای دوره آماری ۲۸ ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۷) با استفاده از داده‌های روزانه از ۲۲ می تا ۱۲ اکتبر (حدود ۱۴۳ روز) به دست آمده است که در این پژوهش با استفاده از داده‌های ماهانه حدود ۱۲۰ روز است. لذا ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر نه تنها به سایه بلکه به جریان هوای طبیعی (کوران) جهت برقراری آسایش نیاز دارند. البته از این نظر ماه ژوئن کمترین و ماه آگوست بیشترین نیاز را دارد. پدیده شرجی یکی از رویدادهای فرین اقلیمی در حاشیه سواحل شمالی ایران است. تعیین تاریخ‌های وقوع اولین و آخرین روز شرجی، طول دوره شرجی و بدون شرجی و فراوانی وقوع روزهای شرجی می‌تواند در بسیاری از برنامه‌ریزی‌های اجتماعی، اقتصادی، گردشگری، سلامتی و بهداشت جسم و روح و مقابله با آلودگی هوا مفید باشد، زیرا با رخداد گرمایش جهانی و در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی در چند دهه گذشته، دما و رطوبت جو در بسیاری از مناطق جهان فزونی یافته است. روشن است که مدیریت و برنامه‌ریزی می‌تواند تهدیدهای محیطی را کاهش داده و حتی به فرصت تبدیل نماید. لذا در راستای موضوع پژوهش پیشنهاد می‌گردد توجه به طرح محله و نظرات اقلیم‌شناسان شهری جهت استقرار درست زمین‌های تفکیکی (خصوصاً بافت جدید) در برابر تقویم وزش باد مدنظر قرار گرفته شود. همچنین رعایت افزایش سرانه متعارف فضاهای سبز شهری و ایجاد جزایر سرمایی شهری با گونه‌های گیاهی مناسب و نیز استفاده از مصالح ساختمانی همساز با این اقلیم می‌تواند تأثیر بسزایی در برقراری آسایش حرارتی داشته باشد.

منابع

- ۱- آرمش، محسن (۱۳۹۱): تحلیل مکانی امکان وقوع پدیده شرجی در جنوب ایران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، سومین همایش ملی ژئوماتیک، تهران، صص ۲۳۴-۲۲۲
- ۲- اسماعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۲): پردازش داده‌های اقلیمی (جلد اول - چاپ اول)، فکربکر
- ۳- اصلاح‌عربانی، ابراهیم (۱۳۸۷): کتاب گیلان، جلد اول و دوم (چاپ سوم)، پژوهشگران
- ۴- باعقیده، محمد و همکاران (۱۳۹۲): بررسی آماری و سینوپتیکی پدیده شرجی در استان‌های شمالی ایران (گیلان، مازندران، گلستان)، فضای جغرافیایی، سال ۱۳، شماره ۴۳، ۱۵۲-۱۳۵
- ۵- باعقیده، محمد و همکاران (۱۳۹۶): بررسی مقایسه‌ای تنش‌های حرارتی در سواحل شمال و جنوب ایران، تحقیقات سلامت در جامعه، دوره ۳، شماره ۲، ۱۱-۱
- ۶- بحرینی، سید حسین و کریمی، کاظم (۱۳۹۳): برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه سرزمین (چاپ پنجم)، تهران، دانشگاه تهران
- ۷- برنا، رضا و شاعری کریمی، نساء (۱۳۹۵): تحلیل زمانی و مکانی پدیده شرجی در استان خوزستان با استفاده از شاخص شدت شرجی و آزمون من-کندال، جغرافیا (انجمن جغرافیای ایران)، سال ۱۴، شماره ۴۸، صص ۲۳۳-۲۱۴
- ۸- برنا، رضا و جهان، آیین (۱۳۹۳): بررسی پدیده شرجی در استان بوشهر با استفاده از شاخص شدت شرجی، دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری، صص ۱۶-۱
- ۹- حنفي، علی (۱۳۹۹): تعیین تقویم زمانی آسایش اقلیمی به‌منظور برنامه‌ریزی گردشگری در شهرهای منتخب توریستی کشور، مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره ۴، شماره ۸، صص ۲۷۴-۲۵۹

- ۱۰- حسینی، سید علی و همکاران (۱۳۹۲): مکان‌یابی جهات بهینه توسعه فیزیکی شهر رشت با استفاده از مدل AHP، چشم‌انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی، سال ۸، شماره ۲۳، صص ۵۵-۷۲
- ۱۱- خسروی، محمود و علیجانی، بهلول و الماسی، فائقه (۱۳۹۲): تحلیل آماری پدیده شرجی در استان خوزستان، نخستین کنفرانس ملی آب‌وهوا شناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی، کرمان، ایران، صص ۱-۱۳
- ۱۲- خسروی، محمود و علیجانی، بهلول و الماسی، فائقه (۱۳۹۳): تحلیل هم‌پدیدی سامانه‌های شرجی در استان خوزستان، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۵، شماره ۱۷ و ۱۸، صص ۵۷-۷۲
- ۱۳- خوش‌اخلاق، فرامرز و همکاران (۱۳۹۰): تحلیل آماری پدیده شرجی در استان خوزستان، یازدهمین کنگره جغرافیادانان ایران، تهران، ایران، صص ۷-۱
- ۱۴- دفتر مرجع ملی هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC, 1396)، آشکارسازی ارزیابی اثرات و چشم‌انداز تغییر اقلیم در ایران طی قرن بیست و یکم، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، صص ۱-۴۴
- ۱۵- رحیمی دانش، سروناز و همکاران (۲۰۱۹): بررسی تأثیر معماری همساز با اقلیم در فرم‌یابی برج مسکونی (شهر رشت)، ششمین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و علوم محیط‌زیست، استکهلم، سوئد، صص ۱-۱۳
- ۱۶- زمرشیدی، حسین (۱۳۹۵): معماری ایران: اجرای ساختمان با مصالح سنتی (چاپ سیزدهم)، تهران، زمرد
- ۱۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان (۱۳۹۸): سالنامه آماری استان گیلان، معاونت آمار و اطلاعات
- ۱۸- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۹۵): مقررات و معیارهای طراحی و اجرایی جزئیات تپ ساختمان (جلد اول: اقلیم و ویژگی‌های ساختمانی)، چاپ سوم، نشریه ۱-۱۶۷
- ۱۹- سلامتی هرمزی، وحید و رضانی نژاد، اصغر (۱۳۹۵): بررسی آماری شاخص شرجی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و ماهواره نوا جهت استحصال آب (استان هرمزگان)، اولین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست‌محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها، اردبیل، مرکز همایش‌های بین‌المللی دانشگاه محقق اردبیلی، صص ۱-۱۴
- ۲۰- قائدی، سهراب (۱۳۹۶): تغییرات آب‌وهوایی و پدیده شرجی در شهرهای ساحلی (مطالعه موردی: استان هرمزگان)، مطالعات عمران شهری، دور اول، شماره ۲، صص ۱۹۳-۲۱۰
- ۲۱- طاووسی، تقی و همکاران (۱۳۹۳): ارزیابی شاخص شدت شرجی در تحلیل رخدادهای شرجی بندر چابهار در توسعه گردشگری، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری منابع طبیعی و توسعه پایدار، صص ۸
- ۲۲- کاویانی، محمدرضا (۱۳۶۰): بررسی اقلیمی پدیده شرجی در سواحل و مناطق جنوب کشور، نشریه تخصصی جغرافیادانان ایران، دوره ۱، شماره ۳، صص ۳۶-۵۹
- ۲۳- کسمایی، مرتضی (۱۳۹۵): اقلیم و معماری (چاپ هشتم)، تهران، انتشارات خاک
- ۲۴- کره بندی، زهرا و سلیقه، محمد و علیجانی، بهلول (۱۳۹۸): بررسی و تحلیل توزیع فضایی پدیده شرجی در سواحل شمالی خلیج فارس، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال ۱۲، شماره ۴۴، صص ۳۱-۴۹
- ۲۵- کهریزی، فرانک و ناصر زاده، محمدحسین و علیجانی، بهلول و احمدی، اسماعیل (۱۳۹۷): تعیین تقویم شرجی و علل سینوپتیک آن در سواحل جنوب کشور، محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۲، صص ۲۱۳-۲۲۶
- ۲۶- کیقبادی‌فر، مهدی (۱۳۹۵): تحلیلی بر فراوانی و شدت روزهای شرجی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه رازی کرمانشاه
- ۲۷- مجرد، فیروز و ذوالفقاری، حسن و کیقبادی‌فر، مهدی (۱۳۹۸): تحلیل ویژگی‌های روزهای شرجی در ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۶، شماره ۴، صص ۱۹-۳۶
- ۲۸- مسعودیان، سیدابولفضل (۱۳۹۰): آب و هوای ایران (چاپ اول)، تهران، شریعه توس
- ۲۹- مولایی‌پارده، اصغر و سلحشور، فریبا (۱۳۹۳): تأثیر تغییر اقلیم بر روی شرجی (ایستگاه آبادان)، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، صص ۱-۱۴
- ۳۰- میر موسوی، سید حسین و همکاران (۱۳۹۳): بررسی شاخص شدت شرجی استان گیلان در راستای توسعه گردشگری. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، صص ۱-۱۳
- ۳۱- واتسون، داند و لبر، کنت (۱۳۹۹): طراحی اقلیمی (چاپ ۱۵)، ترجمه: وحید قبادیان و محمد فیض‌مهدوی، دانشگاه تهران.

- 32- Ashrae Handbook.,(2017): Fundamentals, American Society Of Heating, Refrigerating And Airconditioning Engineers, Atlanta
- 33- Blazejczyk, K.,(2006): Climate And Bioclimate Of Poland, *Geographia Polonica*, No77:3148.
- 34- Bartoszek, K., And A. Węgrzyn.,(2013): Sultry Days In The Lublin And Nałęczów Region From 1966 To 2010. *Geographical Studies*, 133: 21-34 (In Polish With English Abstract).
- 35- Endler, C., And A. Matzarakis.,(2010): Climate And Tourism In The Black Forest During The Warm Season, *International Journal Of Biometeorology* No 55:173–186.
- 36- Falarz, M.,(2005): Days With Sultry Weather In Poland. *Geographical Review*, Vol 5, Pp.311- 323.
- 37- Gost 30494 Standards, (2011): Residential And Public Buildings, Microclimate Parameters For Indoor Enclosures, Russian.
- 38- Ichim. P., And Sfic. L.,(2020): The Influence Of Urban Climate On Bioclimatic Conditions In The City Of Iasi, Romania, *Journal/Sustainability* 2020, 12, 2-18
- 39- Majewski, G.,And Przewoźniczuk, W. And Kleniewska. M.,(2013): The Effect Of Urban Conurbation On The Modification Of Human Thermal Perception, As Illustrated By The Example Of Warsaw (Poland). *Theor. Appl. Climatol*, 116: 147-154.
- 40- Naderi, E.,(1398): Relative Humidity And Comfort. Retrieved 2021, July. 29, From Upgreen Grid Information Network.
- 41- Sharluo, R.G.,(1935): The Assessment Of Sultriness(Part I:A Temperature–Humidity Index Based On Human Physiology And Clothing Science), *Journal Of Applied Meteorology*,42:861-873.
- 42- 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*, 18:861-73.
- 43- Shi, X., Lu. Ch., And Xu. X.,(2011): Variability And Trends Of High Temperature High Humidity, And Sultry Weather In The Warm Season In China During Period 1961- 2004, *Journal Of Applied Meteorology And Climatology*, 50, 127-144.
- 44- Singh, A. And Agrawal, M.(2008): Acid Rain And Its Ecological Consequences, *Journal Of Environmental Biology*,29(1), 15-24.
- 45- Staiger, H., Laschewski, G., Wetterdienst, D., And Matzarakis, A.,(2016): Theoretical And Applied Climatology, 131(1-2)
- 46- Vladut, A.,(2016): Thermal Comfort Within Oltenia Plain, *Oltenia Journal For Studies In Natural Sciences*, Vol. Xxxii/1, 115-121
- 47- Wypych, A.,(2009): Twentieth Century Variability Of Surface Humidity As The Climate Change Indicator In Kraków(Southern Poland),*Theoretical And Applied Climatology*,No.101:475-482.
- 48- Wereski, S, And S. Wereski.,(2012): The Methods Of Determining Sultriness Based On Meteorological Data From Lesko During The Period 1981-2010. *Review Of Geophysics*, 2: 223-232 (In Polish With English Abstract).
- 49- Xiquan, W., & Yanbang, G.,(2010): The Impact Of An Urban On The Summer Heat Wave And Sultry Weather In Beijing City, Vol 55, Pp.1657-1661.
- 50- (سازمان هواشناسی کشور) <https://data.irimo.ir>