نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸.
صفحات 19 تا 36

تحلیل ویژگی‌های روزهای شرجی در ایران

فیروز مجرد[1]، دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی ،کرمانشاه، ایران.
حسن ذوالفقاری، دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی ،کرمانشاه،ایران.
مهدی کیقبادی فر، دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی ،کرمانشاه، ایران.

دریافت مقاله : 1397/09/15 پذیرش نهایی:1397/11/23

چکیده

پدیدهٔ شرجی به‌واسطهٔ اثر ترکیبی دما و رطوبت بالا رخ می‌دهد و همواره باعث بروز مشکلاتی برای فعالیت‌های انسانی می‌شود. در پژوهش‌های قبلی، این پدیده در مناطق محدودی از کشور و با تعداد شاخص‌های کمتری مطالعه شده است. این پژوهش با هدف بررسی فراوانی، تداوم و شدت روزهای شرجی در سرتاسر ایران با سه شاخص شدت شرجی، فشار بخار آب جزئی و گرمایش به انجام رسیده است. به این منظور داده‌های روزانهٔ دما و رطوبت نسبی ۱۰۱ ایستگاه سینوپتیک کشور در یک دورهٔ زمانی ۲۸ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۷) جمع‌آوری و با سه شاخص یادشده مطالعه شد. نتایج تحقیق نشان داد دو شاخص شدت شرجی و فشار بخار آب جزئی برای تبیین شرایط شرجی در ایران مناسبند و برونداد آنها تفاوت محسوسی با یکدیگر ندارد. اما شاخص گرمایش به نتایج مطلوب منتهی نشد. بر اساس شاخص منتخب، یعنی شاخص شدت شرجی، سواحل جنوب و سپس سواحل شمال کشور، بیشترین فراوانی، تداوم و شدت شرجی را دارند. اما در سایر نقاط کشور شرایط شرجی حاکم نیست و به طور میانگین حتی یک روز با شرایط شرجی مشاهده نمی شود. در سواحل جنوب، به دلیل حاکمیت پرفشار آزور، وضعیت شرجی زودتر از سایر نقاط کشور، در روز ۱۴ فروردین آغاز می شود و با تداوم ۷ ماه و ۱۱ روز، در ۲۵ آبان خاتمه می‌یابد. اما در سواحل شمالی کشور، با یک تأخیر ۴۸روزه، از ۱ خرداد آغاز و با تداوم تقریبی ۴ ماه و ۱۹ روز، در ۲۰ مهر خاتمه می‌یابد. بندر چابهار در ساحل دریای عمان با ۲۹۱ روز شرجی که ۱۶۰ روز آن وضعیت شرجی بسیار شدید را داراست، بالاترین و بندر آستارا در سواحل خزر با ۱۲۶ روز پایین‌ترین تعداد روزهای شرجی را دارا هستند. در سواحل شمالی، وضعیت شرجی بسیار شدید دیده نمی‌شود. روند سالانهٔ تعداد روزهای شرجی در هیچ ایستگاهی معنی‌دار نیست.

واژه‌های کلیدی: شرجی، دما، رطوبت نسبی، شاخص‌های شرجی، ایران.

مقدمه

[1] . نویسنده مسئول: Email: f_mojarrad@yahoo.com

ترکیب اثر رطوبت و دما پدیدهٔ اقلیمی شرجی را به وجود می‌آورد. شدت شرجی با افزایش نم نسبی افزایش و با کاهش دما کم می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷: ۷۴). این پدیده تأثیر شگرفی بر آسایش و سایر فعالیت‌های انسانی دارد. اهمیت و ضرورت این پدیده در مطالعات کاربردی مختلف و بویژه در مطالعات اقلیم شناسی زیستی هنگامی روشن می‌شود که افزایش شدت آن، باعث سلب آسایش انسان شده و احساس تنگی نفس همراه با تنفس سخت به انسان دست می‌دهد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۶). ترکیب دما و نم نسبی و سرعت باد احساسی را بوجود می‌آورد که به آن دمای مؤثر و یا دمای ظاهری گویند. دمای ظاهری شاخصی برای اندازه‌گیری ناراحتی اقلیمی است. در دمای نقطهٔ شبنم ۱۴ درجه، دمای معمولی با دمای ظاهری برابر است. در دماهای شبنم بالا، دمای ظاهری بیشتر از دمای معمولی است. یعنی اینکه بدن انسان گرمایی بیشتر از دمای معمولی محیط احساس می کند (علیجانی، ۱۳۹۰). سابقهٔ مطالعهٔ شرجی به دانشمندان آب‌وهواشناس اروپایی برمی‌گردد. استیدمن (Steadman, 1979) در ایالات متحدهٔ آمریکا و کانادا بر پایهٔ مقدار البسهٔ مورد نیاز برای رسیدن به آسایش حرارتی، و کاهش مقاومت مورد نیاز پوست برای رسیدن به تعادل حرارتی، شرجی نسبی تابستانه را در دو آب‌وهوای گرم‌ومرطوب و گرم‌وخشک ارزیابی کرد. وی شرایط شرجیِ مساوی را با فشار بخار آب ۱/۶ هکتوپاسکال مرتبط دانست و بر آن اساس، جدول دمای ظاهری مرتبط با دماها و رطوبت‌های تابستانه را ارائه کرد. فالارز (Falarz, 2005) با مطالعهٔ شرایط شرجی در ۵۳ ایستگاه هواشناسی سرتاسر لهستان بر پایهٔ فشار بخار مساوی یا بیش از ۱۸/۸ هکتوپاسکال، نشان داد که در ارتفاع بالاتر از ۱۲۰۰ متر حالت شرجی اتفاق نمی‌افتد. ضمن این‌که از نظر شرجی، بدترین شرایط بیوکلیمایی در سواحل جنوب شرق و بهترین آن در قسمت‌های شمالی و غربی (دور از ساحل) و در ارتفاعات حاکم است. همچنین یک روند افزایشی معنادار در تعداد روزهای شرجی در نیمهٔ دوم قرن بیستم در قسمت‌های غربی لهستان رخ داده است. شوئن (Schoen, 2005) با ارائهٔ یک مدل جدید شاخص دما-رطوبت مبتنی بر سه پارامتر دمای دما سنج خشک، رطوبت نسبی و دمای نقطهٔ شبنم، موفق به تفکیک شرایط شرجی از غیرشرجی شد. وی در مقایسهٔ مدل خود با مدل رگرسیونی چندجمله‌ای چندگانه که توسط سرویس هواشناسی ملی[1] ایالات متحدهٔ آمریکا ارائه شده بود و حاوی ۱۶ پارامتر بود، بیان داشت که مدلش ضمن سادگی از دقت بسیار بیشتری برخوردار است و می‌تواند دماهای خارج از محدودهٔ جداول را به‌خوبی برون‌یابی کند. ژیکوان و یان‌بانگ (XiQuan & YanBang, 2010) تغییرات دهه‌ای امواج گرمایی و آب‌وهوای شرجی را در شهر پکن طی دورهٔ ۱۹۴۰-۲۰۰۰ بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که تعداد روزهای شرجی طی دهه‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ کاهش و طی دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ افزایش یافته است. وِرسکی و وِرسکی (Wereski & Wereski, 2012) با استفاده از پنج روش مختلف، از جمله معیار شارلو (فشار بخار واقعی معادل یا بیش از ۱۸/۸ هکتوپاسکال)، به بررسی تداوم و روند زمانی تعداد روزهای شرجی در لهستان پرداختند. نتایج نشان داد که طول دوره و روندهای شرجی، بسته به روش مورد استفاده، متفاوت بوده است. بارتوشک و وگرزین (Bartoszek & Wegrzyn, 2013) روزهای شرجی را در منطقهٔ لوبلین و نالچوو[2] لهستان بر اساس سه شاخص هواشناسی زیستی (معیار شارلو، دمای معادل و شاخص تنش حرارتی) از ماه‌های می تا اکتبر بررسی کردند و ضمن اثبات روند معنی‌دار افزایشیِ کم‌آبی و گرمایش بیش از حد بدن انسان، به حداکثر فراوانی روزهای شرجی در ماه جولای پی بردند.

1 - The National Weather Service
2 - Lublin & Nałęczów

در ایران نیز مطالعاتی در زمینهٔ پدیدهٔ شرجی انجام شده است؛ اما عرصهٔ جغرافیایی و دادههای مورد استفاده در آنها محدود بوده است. اولین مطالعهای که بر روی شرجی در ایران به انجام رسیده است، مربوط به تحقیق کاویانی (۱۳۶۰: ۳۶) است که بر پایهٔ کارهای محققانی مانند شارلو، لانکاستر و کارستون، آغاز و پایان ماههای شرجی را در مناطق ساحلی جنوب کشور تعیین و درجهٔ شدت آنها را با هم مقایسه کرد. وی بیان نمود که قطب پدیدهٔ شرجی بر خلاف 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. 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 بهترتیب بیشترین، و ماههای بهمن، دی و آذر بهترتیب کمترین شدت شرجی را به خود اختصاص میدهند. مسعودیان (۱۳۹۰: ۱۱۰) 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 آبانماه شرایط شرجی در بخشهای کرانهای ایران دیده می شود و اوج آن در مرداد ماه است و در این ماه نزدیک به ۱۵ درصد از مساحت کشور در حالت شرجی قرار دارد. 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. شرجیترین ماه سال، آگوست است 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 جنبحاره است که با افزوده شدن شدت و وسعت این پرفشار، شدت شرجی در منطقه افزایش پیدا میکند. 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. 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 می شود. همچنین نتایج بهدستآمده بیانگر متفاوتبودن دورهٔ تداوم است و بیشترین دورهٔ تداوم مربوط به ایستگاه آبادان میباشد. شرجیترین ماه در استان خوزستان، آگوست است. خسروی و همکاران (۱۳۹۳) در تحلیل همدیدی سامانههای شرجی در استان خوزستان، با استخراج و تحلیل موجهای شرجی به تفکیک دو دورهٔ گرم و سرد در بازهٔ زمانی ۱۹۹۴-۲۰۰۸ به این نتیجه رسیدند که در دورهٔ گرم، استیلای کامل پرفشار دینامیکی جنبحارهای در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و همزمان با آن کمفشارهای حرارتی سطح زمین به خصوص کمفشار شبهجزیرهٔ عربستان، و در دورهٔ سرد سال تسلط مرکز پرفشار جنبحارهای مهمترین عوامل در هدایت جریانهای نصفالنهاری مثبت (جنوبی) و انتقال رطوبت از دریاهای گرم جنوب به سمت استان خوزستان و وقوع پدیدهٔ شرجی محسوب می شود. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۳) در استان گیلان با استفاده از شاخص شدت شرجی دریافتند که پدیدهٔ شرجی از دههٔ دوم ماه می شروع می شود 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. برنا و شاعری کریمی (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 نیمهٔ جنوبی ایران با شاخص فشار بخار جزئی و ارائهٔ آماره‌های مربوطه، بیان داشتند که فراوانی روزهای شرجی از جنوب به شمال و از شرق به غرب منطقه کاسته می‌شود.

با توجه به تحقیقات قبلی و تا آنجا که اطلاع در دست است، تاکنون مطالعهٔ گسترده‌ای در سرتاسر ایران در زمینهٔ ویژگی‌های بارز روزهای شرجی بر اساس درجهٔ شدت به انجام نرسیده است. از اینرو هدف این مطالعه، بررسی فراوانی، تداوم و شدت روزهای شرجی و تحلیل زمانی و مکانی آن در کل ایران است.

داده‌ها و روش‌کار

با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر، پوشش تمام سطح کشور از لحاظ رخداد شرجی است، لذا از داده‌های روزانهٔ دما، رطوبت نسبی و فشار بخار آب جزئی ۱۰۱ ایستگاه سینوپتیک در یک دورهٔ ۲۸ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴) استفاده شده است. موقعیت ایستگاه‌های منتخب در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل۱- نقشهٔ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

بازسازی داده‌های ناقص پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت نسبی و فشار بخار) در ایستگاه‌ها برای روزهای بسیار محدود با استفاده از روش تفاضل‌ها به انجام رسیده است. سه شرط بازسازی داده‌ها با این روش عبارت بودند از: الف- معنی‌داربودن ضریب همبستگی پیرسون در سطح ۰/۰۱ بین داده‌های اقلیمی مشترک دو ایستگاه دارای آمار کامل و ناقص، ب- وجود همبستگی به‌میزان حداقل ۰/۶ بین همان سری داده‌ها، و ج- استفاده از نزدیک‌ترین ایستگاهِ دارای اقلیم مشابه با ایستگاه دارای دادهٔ ناقص. ایستگاه‌های نهبندان و بشرویه به مدت ۲ سال و ایستگاه دهلران به مدت ۴ سال فاقد آمار دما و رطوبت، و ایستگاه دوگنبدان به مدت ۲ سال فاقد آمار دما بودند که این سال‌ها از سری‌های

ایستگاه‌های مربوطه حذف شدند. برای محاسبهٔ شاخص‌ها از میانگین مقادیر پارامترها برای هر روز دورهٔ آماری استفاده شد.

در انتخاب شاخص‌های شرجی، هدف، انتخاب شاخص‌هایی بود که وضعیت شرجی را در مقیاس روزانه نشان دهد. به این منظور در وحلهٔ اول، تعداد ۱۶ شاخص تجربی شرجی یا مرتبط با شرجی بررسی شدند که همهٔ آنها برای محاسبهٔ وضعیت شرجی یا آسایش، از پارامترهای آب‌وهوایی نظیر دما، رطوبت نسبی، فشار بخار آب و ابرناکی استفاده می‌کنند. از آن بین، ۱۳ شاخص به دلیل آنکه پدیده را در مقیاس ماهانه یا سالانه بررسی می‌کردند و یا به هر صورت با اهداف این مطالعه همخوانی نداشتند، حذف شدند. این ۱۲ شاخص به همراه منابع مورد استفاده عبارت بودند از: ۱- شاخص دما-رطوبت[1] THI (تولاندی و همکاران، Tulandi et al, 2012 ؛ باعقیده و همکاران، ۱۳۹۰)، ۲- شاخص آسایش استیدمن-تام THI (ذوالفقاری، ۱۳۸۹: ۱۰۴)، ۳- شاخص فشار عصبی CI (محمدی، ۱۳۸۶: ۱۸۸)، ۴- شاخص گرما-رطوبت روی انسان Humidex (گِلتیچ و همکاران، Geletič et al, 2018)، ۵- دمای معادل فیزیولوژیکی[2] PET (ماتزاراکیس و همکاران، Matzarakis et al, 1999)، ۶- شاخص دمای مؤثر خالص[3] NET (لی و چان، Li & Chan, 2000؛ هینو و همکاران، Hino et al, 2017)، ۷- شاخص جوشش تابستان[4] SSI (تزنکوا و همکاران، Tzenkova et al, 2007: 152)، ۸- شاخص دمای مؤثر[5] ET (محمدی، ۱۳۸۶: ۱۲۳)، ۹- شاخص آسایش فیزیکی[6] PCI (ژیکوان و یان‌بانگ، XiQuan & YanBang, 2010)، ۱۰- شاخص زیست‌اقلیمی بیکر CPI (کاویانی، ۱۳۷۱)، ۱۱- شاخص دمای معادل مؤثر[7] EET (گریگوریوا و فتیسوف، Grigorieva & Fetisov, 2007: 89) و ۱۲- شاخص عدم آسایش[8] DI (طهباز، Tahbaz, 2010: 8). در نهایت، با توجه به اهداف مطالعه، سه شاخص: ۱- شدت شرجی، ۲- فشار بخار آب جزئی و ۳- گرمایش برای مطالعه انتخاب شد. در زیر شاخص‌های یادشده معرفی می‌شود.

۱- شاخص شدت شرجی: لانکاستر-کارستون با انجام مطالعات تجربی، مرز شرجی را با توجه به نم نسبی و دما ارائه دادند. رابطهٔ آنان (رابطهٔ ۱) فاصله از مرز شرجی را نشان می‌دهد و در آن مقادیر مثبت، نشانگر وضعیت شرجی و مقادیر منفی نشانگر وضعیت غیرشرجی است (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷: ۷۵).

$$D = \frac{RH}{21.55} - \frac{100}{T} + 1.3$$ رابطهٔ ۱

که در آن D شدت شرجی، RH نم نسبی و T دمای هواست. بر پایهٔ این رابطه و با توجه به این که بیشینهٔ نم نسبی ۱۰۰ در صد است، دمای آستانهٔ شرجی، ۱۶/۸ درجهٔ سلسیوس است. به بیان دیگر، در دماهای کمتر از ۱۶/۸ درجه پدیدهٔ شرجی دیده نمی‌شود (همان: ۷۶). بدیهی است که هر چه دما از این مقدار بالاتر رود، میزان رطوبت کمتری مولد شرجی خواهد بود و برعکس. با استفاده از این رابطه شدت شرجی برای هر روز محاسبه شد. در تحقیق حاضر، روز شرجی روزی در نظر گرفته شد که در ایستگاه مورد نظر، مقدار شاخص شدت شرجی (D) ۰/۱ یا بیشتر باشد. اگرمقدار

1 - Temperature-Humidity Index
2 - Physiological Equivalent Temperature
3 - Net Effective Temperature
4 - Summer Simmer Index
5 - Effective Temperature
6 - Physical Comfort Index
7 - Equivalent Effective Temperature
8 - Discomfort Index

D برابر صفر باشد، در مرز شرجی قرار داریم. روزهای شرجی بر اساس مقادیر شاخص شدت شرجی، به ۴ گروه به شرح جدول ۱ تقسیم شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص شدت شرجی

شرجی ضعیف	۰/۰-۱/۴۹
شرجی متوسط	۰/۰-۵/۹۹
شرجی شدید	۱-۱/۴۹
شرجی بسیار شدید	+۱/۵

۲- شاخص فشار بخار آب جزئی: فشار بخار آب جزئی با استفاده از رابطهٔ ۲ به‌دست می‌آید (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۲):

$$e = \frac{rh \times es}{100}$$ رابطهٔ ۲

که در آن e فشار بخار آب جزئی (هکتوپاسکال)، rh رطوبت نسبی و es فشار بخار آب اشباع (هکتوپاسکال) است. برای محاسبهٔ فشار بخار آب اشباع (es) از رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۱۰۹):

$$ES = 6.112 \times EXP[17.62 \times T \div (243.12 + T)]$$ رابطهٔ ۳

که در آن T دما به درجهٔ سلسیوس و ES فشار بخار اشباع بر حسب هکتوپاسکال است. محققانی چون فالرز و اگنیسکاویپکچ روز شرجی را روزی دانسته‌اند که فشار بخار آب جزئی آن روز برابر یا بیشتر از ۱۸/۸ هکتوپاسکال باشد (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین در این پژوهش بر اساس شاخص فشار بخار آب جزئی، روز شرجی روزی در نظر گرفته شد که فشار بخار آب جزئی در آن روز برابر یا بیشتر از ۱۸/۸ هکتوپاسکال باشد.

۳- شاخص گرمایش[1] (HI): این شاخص 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 در آن باقی می‌ماند و انسان احساس خفگی می‌کند (علیجانی، ۱۳۹۰). شاخص گرما، هنگامی که فشار بخار آب جزئی برابر ۱/۶ کیلوپاسکال است، مساوی دمای هوا تعریف شده است که در فشار اتمسفری استاندارد (۱۰۱۳/۲۵ هکتوپاسکال)، این مقدار با دمای نقطهٔ شبنم به ارزش ۱۴ درجهٔ سلسیوس (۵۷ درجهٔ فارنهایت) و نسبت مخلوط ۰/۰۱ (۱۰ گرم بخار آب در هر کیلوگرم هوای خشک) برابر است (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعات مربوط به این شاخص در سال ۱۹۷۹ میلادی توسط استیدمن انجام گرفت. بنا به تعریف، شاخص گرما یا دمای ظاهری، شاخصی است که با ترکیب دو عنصر درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی، گرمای واقعی را که فرد احساس می‌کند، تخمین می‌زند. 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 آب‌وهوا، 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 یافته و در سال ۱۹۷۹ میلادی تحت عنوان «شاخص شرجی» منتشر شده است (سعیدی و ارجمند، ۱۳۹۳). برای محاسبهٔ شاخص گرما از رابطهٔ ۴ استفاده می‌شود (علیجانی، ۱۳۹۰):

1 - Heat Index

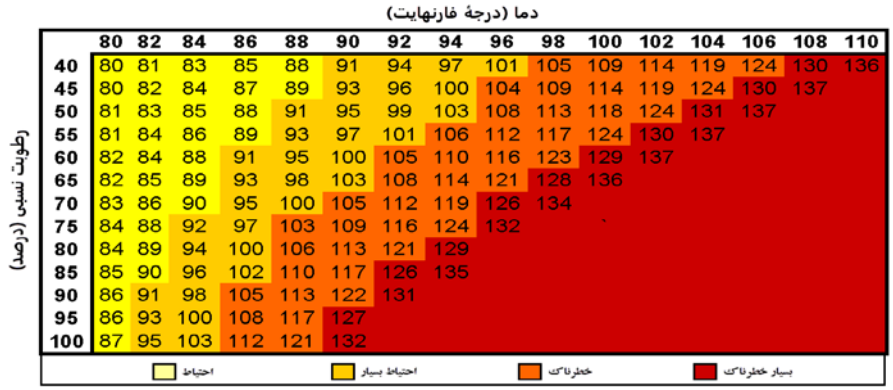
رابطهٔ ۴

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

که در آن HI مقدار شاخص گرمایش به درجهٔ فارنهایت، Ta دمای هوا به درجهٔ فارنهایت و Rh رطوبت نسبی به درصد است. رابطهٔ فوق هنگامی معتبر است که دمای هوا بالای ۲۷ درجهٔ سلسیوس (۸۰ درجهٔ فارنهایت) و رطوبت نسبی بالای ۴۰ درصد باشد (شکل ۲). جدول ۲ مقادیر آستانهٔ شاخص HI را در درجه‌های مختلف حساسیت انسان نشان می‌دهد (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص گرمایش (HI)

محدودهٔ شاخص HI	طبقه‌بندی خطر	حساسیت حرارتی
۸۰-۹۰	احتیاط	بسیار گرم
۹۰-۱۰۵	احتیاط بسیار	داغ
۱۰۵-۱۳۰	خطرناک	بسیار داغ
بیشتر از ۱۳۰	بسیار خطرناک	خطرناک



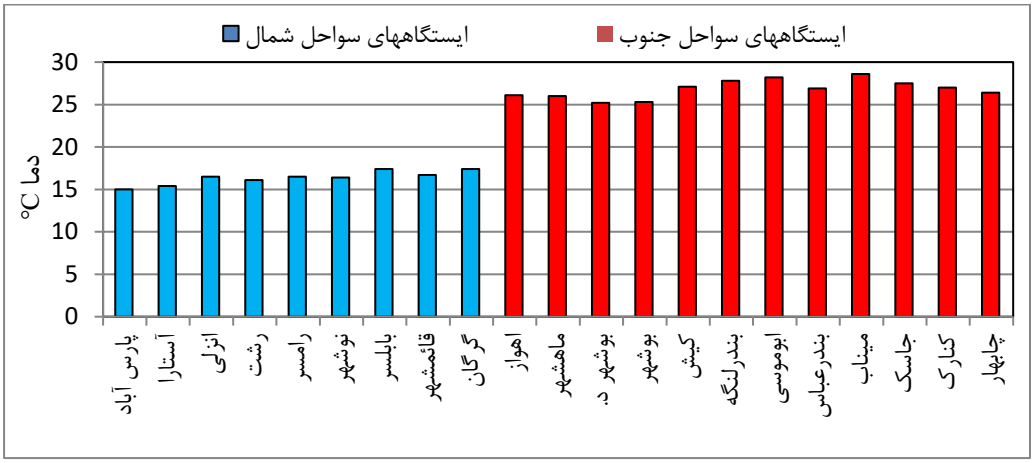
شکل ۲- طبقه‌بندی شاخص گرما (HI) (www.nws.noaa.gov/om/heat/heat_index.shtml)

شرح و تفسیر نتایج

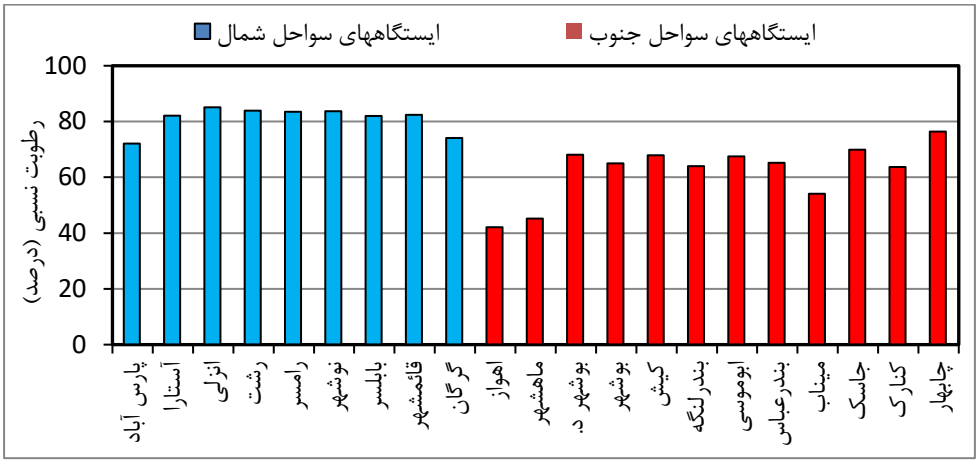
- **توزیع زمانی و مکانی پدیدهٔ شرجی در ایران بر اساس شاخص شدت شرجی**

نتایج بررسی شاخص شدت شرجی نشان داد که پدیدهٔ شرجی در سطح کشور فراگیر نبوده و منحصر به نوار ساحلی شمال و جنوب کشور است. بر اساس این شاخص، از میان ۱۰۱ ایستگاه انتخابی مورد مطالعه در این پژوهش، تعداد ۲۱ ایستگاه دارای شرایط شرجی بودند که همگی در سواحل دریای خزر در شمال و سواحل خلیج فارس و دریای عمان در جنوب قرار دارند. دمای میانگین سالانهٔ ایستگاه‌های واقع در نوار ساحلی شمال کشور بین ۱۵ تا ۱۷/۴ درجهٔ سلسیوس و در سواحل جنوبی عموماً بالاتر و بین ۲۵/۲ تا ۲۸/۶ درجه سلسیوس است. از لحاظ شرایط رطوبتی، وضعیت معکوس است. ایستگاه‌های سواحل شمال، گرچه در عرض جغرافیایی بالاتری قرار دارند، اما به‌دلیل شرایط خاص توپوگرافی جلگهٔ خزر و وجود رطوبت فراوان و البته دمای پایین‌تر، دارای میانگین رطوبت نسبی سالانهٔ بالاتری بین ۷۲ تا ۸۵ درصد هستند. اما ایستگاه‌های جنوبی، عمدتاً به علت دارابودن دمای بالاتر، رطوبت نسبی پایین‌تری دارند؛ ضمن اینکه مقدار رطوبت بین ایستگاه‌ها یکنواخت نیست. ایستگاه‌های کنارهٔ دریای عمان و قسمت‌های شرقی و مرکزی خلیج

فارس رطوبت نسبی حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد دارند. اما ایستگاه‌های قسمت غربی خلیج فارس به‌دلیل قرارگیری در موقعیت داخلی‌تر، میانگین رطوبت نسبی خیلی پایین‌تر و در حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد دارند. شکل ۳ مقادیر میانگین دما و شکل ۴ مقادیر میانگین رطوبت نسبی سالانه را برای ایستگاه‌های دارای وضعیت شرجی ایران نشان می‌دهد.

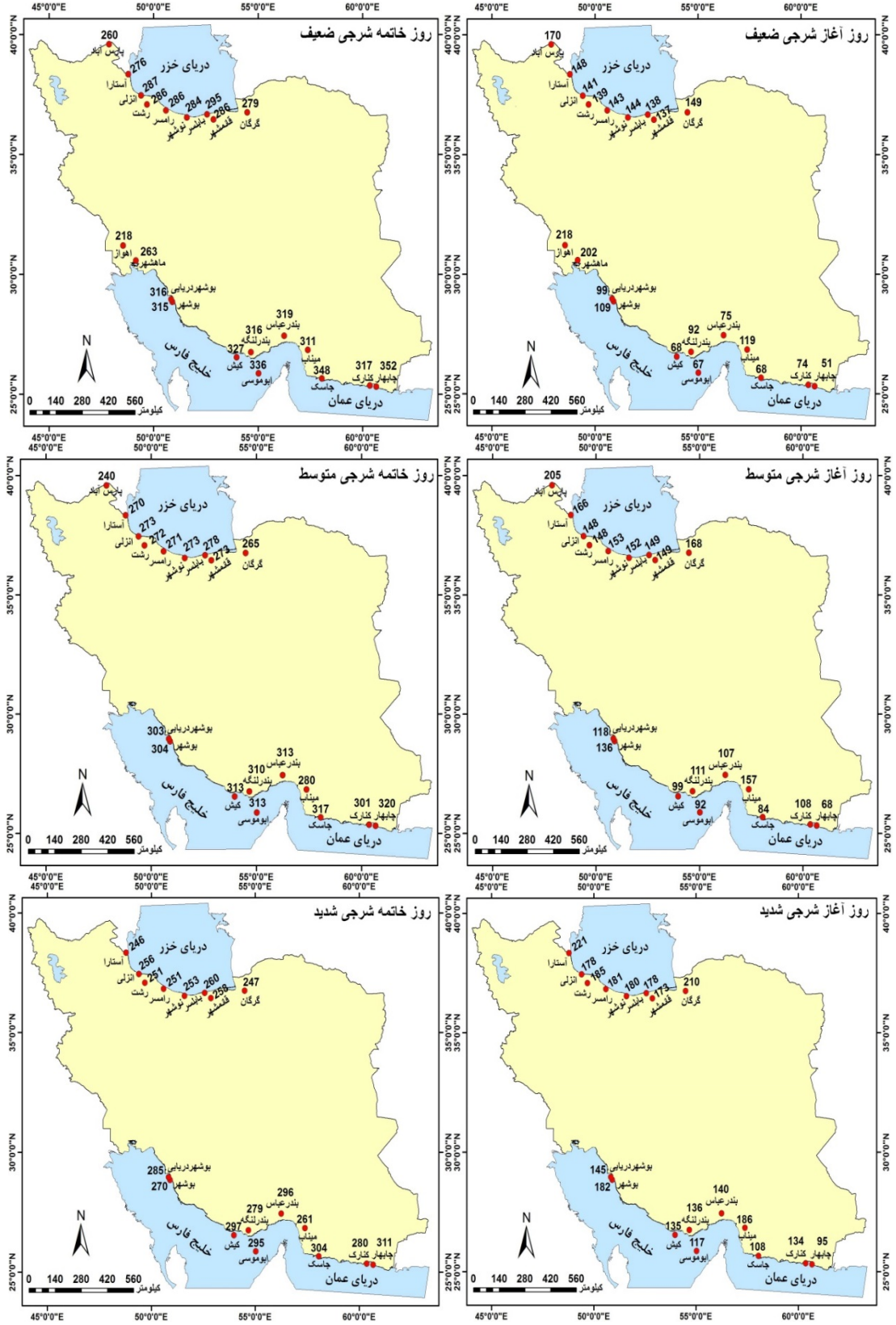


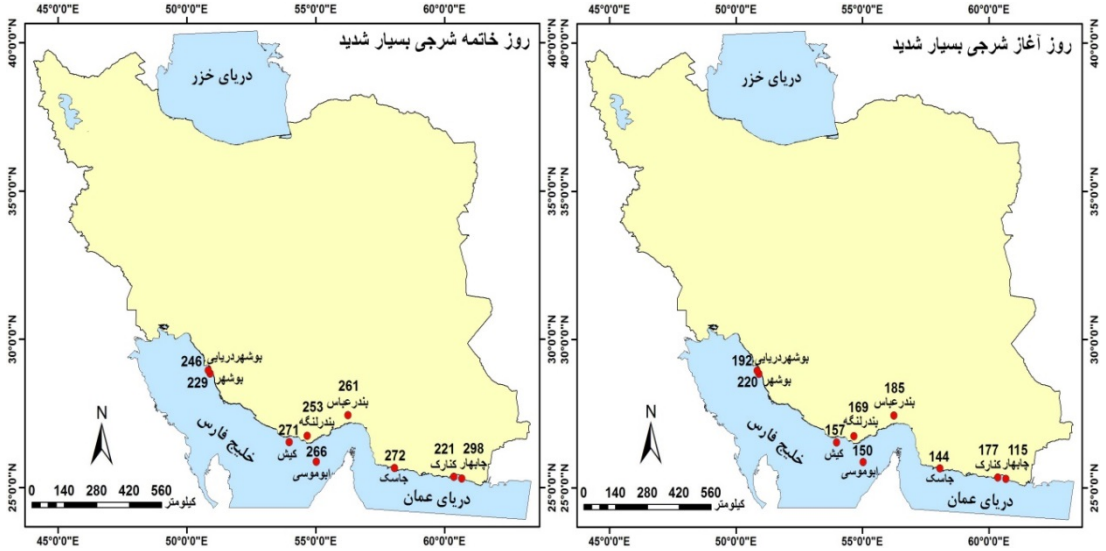
شکل ۳- میانگین دمای سالانهٔ ایستگاه‌های دارای شرجی (۲۰۱۴-۱۹۸۷)



شکل ۴- میانگین رطوبت نسبی سالانهٔ ایستگاه‌های دارای شرجی (۲۰۱۴-۱۹۸۷)

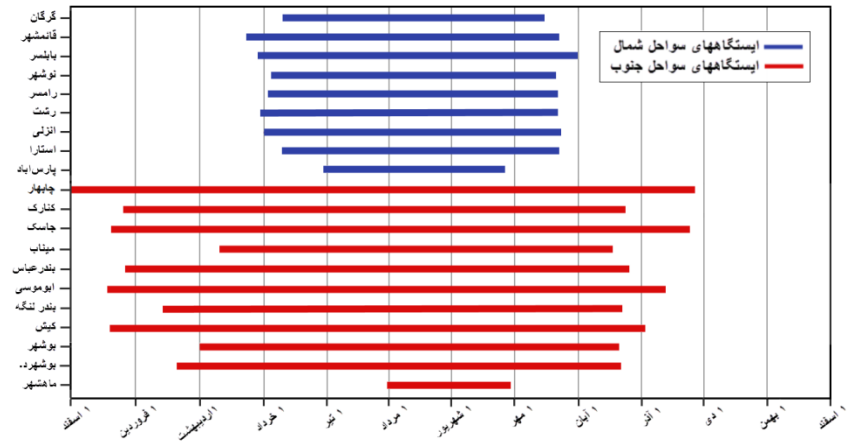
نقشه‌های روز ژولیوسی آغاز و خاتمهٔ شرجی در ایستگاه‌ها با مبدأ اول ژانویه که بر اساس رده‌بندی شدت شاخص شدت شرجی (جدول ۱) تهیه شده، در شکل ۵ نشان داده شده است.


روز آغاز شرجی ضعیف
روز خاتمه شرجی ضعیف
روز آغاز شرجی متوسط
روز خاتمه شرجی متوسط
روز آغاز شرجی شدید
روز خاتمه شرجی شدید
دریای خزر
خلیج فارس
دریای عمان
N
0 140 280 420 560
کیلومتر



شکل ۵- روزهای آغاز و خاتمهٔ شرجی در چهار آستانهٔ شاخص شدت شرجی (۲۰۱۴-۱۹۸۷)

با توجه به نقشه‌های شکل ۵، از لحاظ مکانی، پدیدهٔ شرجی در سطح کشور فقط در نوار ساحلی شمال و جنوب کشور به‌ا ضافهٔ چند ای ستگاه دور از ساحل مانند پارس‌آباد مغان، گرگان و اهواز اتفاق می‌افتد و در دیگر مناطق ک شور، بطور میانگین حتی یک روز نیز با شرایط شرجی مشاهده نمی‌شود. علت این امر وجود دو پهنهٔ عظیم آبی به عنوان سرچشمهٔ رطوبت جو در سواحل شمالی و جنوبی ایران است. در سواحل شمالی کشور به طور میانگین روز آغاز شرجی، مصادف با ۱ خرداد ماه (۲۲ می) و روز خاتمهٔ شرجی مصادف با ۲۰ مهر (۱۲ اکتبر) است. بنابراین در این منطقه، ۴ ماه و ۱۹ روز از طول سال دارای شرایط شرجی ا ست. اما در سواحل جنوبی، مدت زمان شرجی طولانی‌تر ا ست و به طور میانگین شرجی در روز ۱۴ فروردین (۳ آوریل) آغاز و در روز ۲۵ آبان (۱۶ نوامبر) خاتمه می‌یابد. بنابراین تداوم دورهٔ شرجی به طور میانگین به ۷ ماه و ۱۱ روز از سال می‌ر سد. این امر با توجه به عرض جغرافیایی پایین‌تر و ا ستیلای ن سبتاً دائمی پرفشار آزور در جنوب طبیعی به نظر می‌ر سد. در مناطق خشک داخلی ایران با وجود دمای بالا، و ضعیت شرجی دیده نمی شود. این امر به دلیل موقعیت داخلی و بادپناهی، دوری از منابع رطوبتی، فقر یا فقدان پو شش گیاهی و عدم نفوذ کافی ســـامانه‌های مرطوب و باران‌زا به این مناطق اتفاق می‌افتد. شـــکل ۶ میانگین روزهای آغاز و خاتمه و طول مدت شرجی را در ایستگاه‌های کشور نشان می‌دهد.

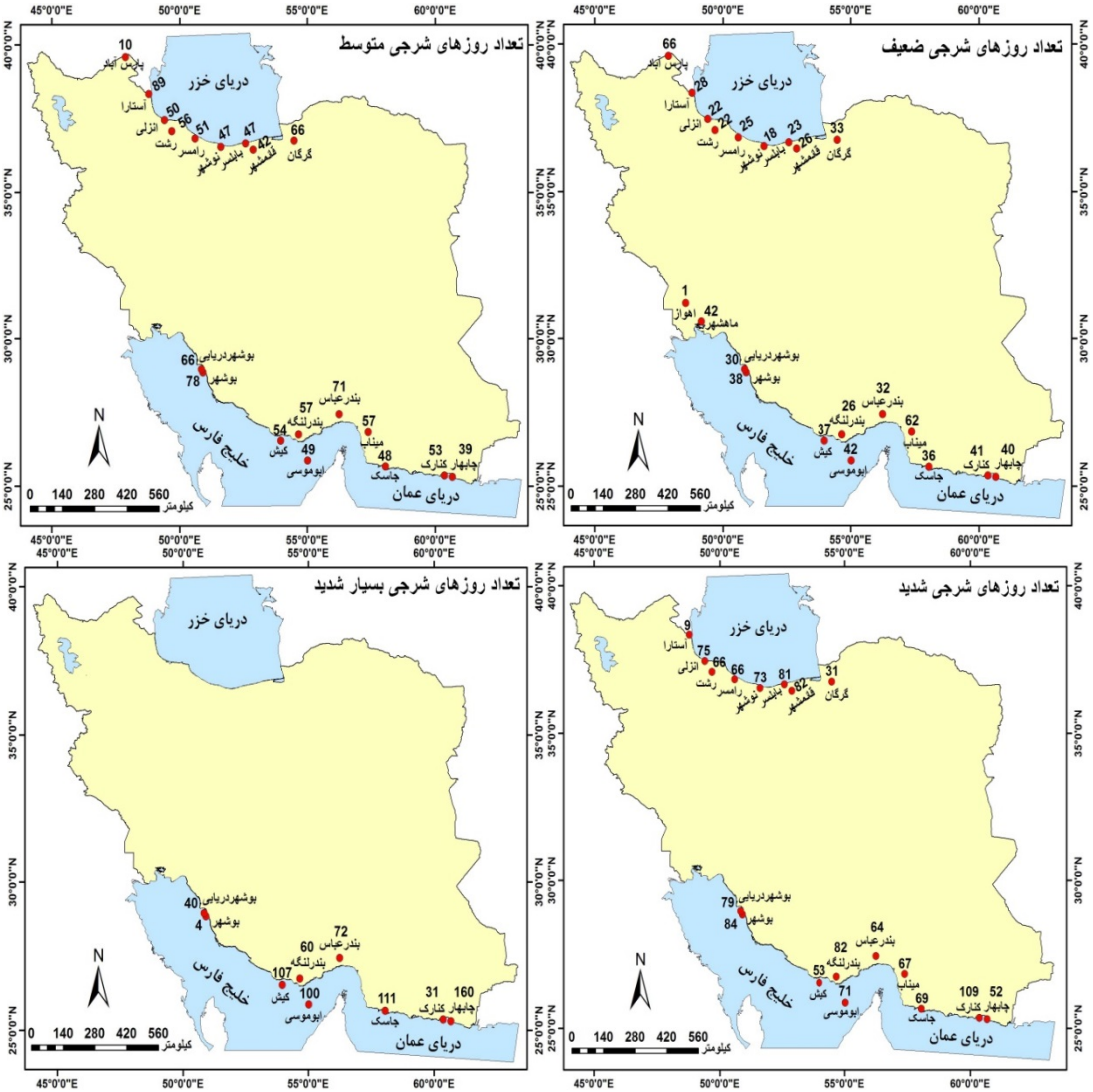


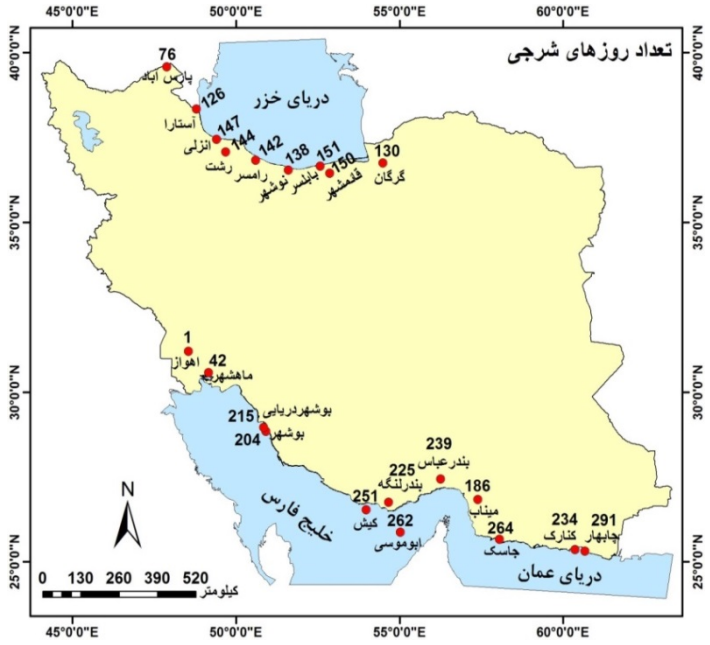
شکل ۶- میانگین تاریخ‌های آغاز و خاتمه و طول مدت شرجی در ایستگاه‌های دارای شرجی کشور (۲۰۱۴-۱۹۸۷)

از نظر تعداد روزهای شرجی بر پایهٔ شاخص شدت شرجی (شکل‌های ۷ و ۸)، ایستگاه‌های سواحل جنوبی به دلایلی که گفته شد، از بیشترین فراوانی سالانهٔ رخداد روزهای شرجی برخوردار هستند. اما اختلافات بین آنها به واسطهٔ دوری یا نزدیکی به ساحل، اهمیت منابع رطوبی مجاور، اختلاف عرض جغرافیایی و احتمالاً تفاوت در مسیرهای ورود رطوبت، بیشتر از سواحل شمال است (شکل ۸). بیشترین تعداد روز شرجی مربوط به بندر چابهار در سواحل دریای عمان با ۲۹۱ روز و بعد از آن بندر جاسک با ۲۶۴ روز است. کمترین تعداد روز شرجی نیز متعلق به ایستگاه اهواز با ۱ روز و بعد از آن بندر ماهشهر با ۴۲ روز است. در حالت مقایسه‌ای بین ایستگاه‌های سواحل جنوب، ایستگاه‌های کنارهٔ دریای عمان در مقایسه با ایستگاه‌های کنارهٔ خلیج‌فارس، از تعداد روزهای شرجی بیشتری برخوردارند که این امر به دلیل عرض جغرافیایی پایین‌تر، استیلای نسبتاً دائمی پرفشار آزور و نفوذ رطوبت موسمی‌های جنوب شرق آسیا رخ می‌دهد. تعداد روزهای شرجی بسیار شدید در سواحل جنوب قابل توجه است؛ شمار این روزها در چابهار به ۱۶۰ روز و بعد از آن در بندر جاسک به ۱۱۱ روز در سال می‌رسد. نبود روزهای شرجی بسیار شدید در میناب که در فاصلهٔ تقریبی ۲۵ کیلومتری از ساحل قرار دارد، طبیعی به نظر می‌رسد. اما در ایستگاه کنارک که فاصلهٔ کمی با چابهار دارد، بسیار کمتر است. اختلاف نسبتاً زیاد کنارک با چابهار از نظر تعداد روزهای شرجی بسیار شدید (به‌ترتیب۳۱ روز در برابر ۱۶۰ روز) با توجه به اینکه هر دو ایستگاه موقعیت ساحلی دارند، احتمالاً به دلیل اختلاف در مسیر ورود رطوبت از سمت دریای عرب و اقیانوس هند است که روزهای شرجی را در مرز شدید و بسیار شدید قرار می‌دهد و با اندک کاهشی در مقدار رطوبت، شرجی از حالت بسیار شدید به شدید و یا بالعکس تغییر می‌یابد. والا مجموع روزهای شرجی شدید و بسیار شدید در هر دو ایستگاه قابل توجه است (شکل ۸). اختلاف بین تعداد روزهای شرجی بسیار شدید در دو ایستگاه بوشهر و بوشهر دریایی نیز دلایل مشابهی دارد که البته دلایل بروز این اختلافات نیازمند مطالعات بیشتر بر روی نقشه‌های باد و مسیرهای ورود رطوبت است. هر چه به طرف غرب یعنی ایستگاه‌های ساحلی خلیج فارس حرکت می‌کنیم، عموماً از تعداد روزهای شرجی با شدت‌های مختلف کاسته می شود. چرا که نفوذ رطوبت به کرانه‌های خلیج فارس به واسطهٔ پیشروی بیشتر در داخل خشکی، کمتر از کرانه‌های دریای عمان است. تا آنجا که در برخی از ایستگاه‌ها مانند اهواز و بندر ماهشهر در غرب خلیج فارس به دلیل دوری از ساحل و در نتیجه عدم نفوذ رطوبت کافی، طول مدت شرجی کوتاه‌تر و شدت آن بسیار کمتر است و اساساً روزهای با حالت شرجی شدید و بسیار شدید در این دو ایستگاه دیده نمی شود. در مقابل، تعداد روزهای شرجی در سواحل شمالی خیلی کمتر است و به طور میانگین به ۱۴۰ تا ۱۵۰ روز در سال می‌رسد. اختلافات تعداد روزهای شرجی نیز بین ایستگاه‌های این ناحیه به دلیل تشابه موقعیت ساحلی، عرض جغرافیایی تقریباً یکسان و نیز باریک‌بودن جلگه خزر، خیلی کمتر از ایستگاه‌های جنوبی است (شکل ۸). شدت شرجی نیز کمتر است؛ به نحوی که در هیچکدام از ایستگاه‌های سواحل شمال، روزهای با حالت شرجی بسیار شدید دیده نمی‌شود. دلیل اصلی پایین‌تر بودن تداوم و نیز کمتر بودن تعداد روزهای شرجی در سواحل خزر، پایین‌تر بودن دما به علت عرض جغرافیایی بالاتر است. ایستگاه پارس‌آباد مغان در فاصلهٔ ۱۲۵ کیلومتری غرب دریای خزر در بین تمام ایستگاه‌های مورد بررسی در این تحقیق، بیشترین فاصله را از ساحل دارد و همانند ایستگاه‌های اهواز و ماهشهر در جنوب، دارای تعداد روزهای شرجیِ کمتر و فاقد روزهای شرجی شدید و بسیار شدید است. ارتفاع کم (۵۰ متر) و موقعیت جلگه‌ای این ایستگاه، زمینهٔ نفوذ رطوبت دریای خزر را تا مسافت‌های بیشتر فراهم می‌سازد. در نتیجه تعداد روزهای شرجی در این ایستگاه قابل توجه است (۷۹ روز). در ایستگاه گرگان در شرق دریای خزر به دلیل

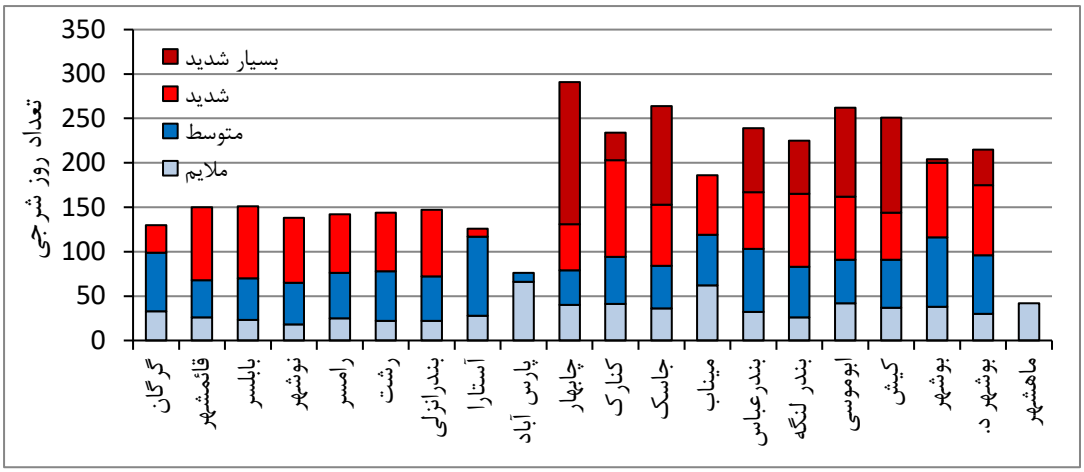
دوری نسبی از ساحل، تعداد روزهای شرجی، بخصوص روزهای شرجی شدید، کمتر از ایستگاه‌های سواحل شمال است. ایستگاه آ ستارا نیز علیرغم قرارگیری در موقعیت ساحلی، به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر و در نتیجه پایین‌تر بودن دما و احتمالاً تزریق رطوبت کمتر، روزهای شرجی شدید کمتری را تجربه می‌کند.

لازم به ذکر ا ست، طول دورۀ شرجی در هر ای ستگاه، از تفا ضل دو روز خاتمه و آغاز شرجی به‌ا ضافۀ عدد یک (برای احتساب خود روز آغاز یا خاتمه) به دست آمده است. همچنین ممکن است در برخی از ایستگاه‌ها فراخور شرایط آب‌وهوایی و توپوگرافی، در همۀ روزهای دورۀ شرجی شرایط شرجی حاکم نبا شد. به عبارت دیگر، بین روزهای آغاز و خاتمۀ شرجی، روزهای غیرشرجی نیز وجود داشته باشد. به همین دلیل احتمال دارد در بعضی از ایستگاه‌ها تعداد کل روزهای شرجی، از تعداد روزهای طول دورۀ شرجی کمتر باشد.





شکل ۷- میانگین سالانهٔ تعداد روزهای شرجی (۲۰۱۴-۱۹۸۷)



شکل ۸- میانگین سالانهٔ تعداد روزهای شرجی با شدت‌های مختلف (۲۰۱۴-۱۹۸۷)

نتایج این مطالعه با نتایج مطالعهٔ سالاری و باعقیده (۱۳۹۰) در قشم مطابقت خوب و با مطالعهٔ محمودی و همکاران (۱۳۹۶) در منطقهٔ ساحلی جنوب مطابقت نسبی دارد. در مطالعهٔ محمودی و همکاران (۱۳۹۶) برای برخی از ایستگاه‌های داخلی دور از سواحل جنوبی ایران نیز شرجی گزارش شده است. درحالیکه مطالعهٔ حاضر وقوع شرجی را برای این ایستگاه‌ها ثابت نمی‌کند و آن را عموماً مختص سواحل می‌داند. همچنین با نتیجهٔ پژوهش علیجانی (۱۳۹۰) برای ایران تفاوت نسبتاً زیادی دارد. شاید به این علت که در تحقیق ایشان دمای بالای ۲۷ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی بالای ۴۰ درصد مد نظر قرار نگرفته است. اختلافات، با مطالعهٔ برنا و شاعری کریمی (۱۳۹۵) نیز زیاد است. آنان وقوع شرجی را برای هر ۱۰ ایستگاه استان خوزستان با همان شاخص مورد استفاده در این تحقیق (شاخص شدت شرجی) اثبات کردند. اما این مطالعه وقوع شرجی را فقط برای دو ایستگاه تأیید می‌کند.

- **رَوند تعداد روزهای شرجی در ایران بر اساس شاخص شدت شرجی**

برای محاسبهٔ رَوند روزهای شرجی در ایستگاه‌ها از معادلات رگرسیون خطی استفاده شده است. شرط مهم استفاده از این معادلات، نرمال‌بودن سری‌های زمانی شرجی در ایستگاه‌ها ست که با آزمون‌های نرمال‌بودن در نرم‌افزار SPSS به اثبات ر سید. تبعیت سری‌های زمانی شرجی از توزیع نرمال با توجه به تغییرپذیری ب سیار کم عوامل مؤثر در شرجی (دما، رطوبت) غیرعادی به نظر نمی‌رسد. جدول ۳ نتایج محاسبهٔ رَوند روزهای شرجی را به همراه نرخ روند (مقدار افزایش یا کاهش تعداد روزهای شرجی در هر سال در دورهٔ آماری) برای ایستگاه‌های دارای شرایط شرجی نشان می‌دهد. به لحاظ محدودیت صفحات مقاله، ارائهٔ همهٔ نتایج مقدور نشد و فقط مهمترین نتایج روند ذکر گردید.

جدول ۳- رَوند تعداد روزهای شرجی در ایستگاه‌های دارای شرجی ایران به همراه وضعیت معناداری (۲۰۱۴-۱۹۸۷)

ردیف	نام ایستگاه	نرخ رَوند شرجی (روز در سال)	سطح معناداری	ردیف	نام ایستگاه	رَوند شرجی (روز در سال)	سطح معناداری
۱	پارس‌آباد	۰/۲	۰/۵۱۷	۱۱	بوشهر د.	۰/۵	۰/۴۶۷
۲	آستارا	-۰/۵	۰/۵۷۵	۱۲	بوشهر	-۰/۷	۰/۴۳۰
۳	انزلی	۰/۲	۰/۷۸۷	۱۳	کیش	-۰/۳	۰/۷۲۶
۴	رشت	-۰/۴	۰/۸۲۴	۱۴	بندرلنگه	-۰/۱	۰/۸۴۱
۵	رامسر	-۰/۳	۰/۵۵۴	۱۵	ابوموسی	۰/۱	۰/۸۹۴
۶	نوشهر	۰/۰۴	۰/۹۴۷	۱۶	بندرعباس	۰/۱	۰/۸۲۶
۷	بابلسر	۰/۳	۰/۸۲۹	۱۷	میناب	۰/۲	۰/۵۱۳
۸	قائمشهر	۰/۸	۰/۵۶۰	۱۸	جاسک	۰/۰۰۲	۰/۹۹۶
۹	گرگان	-۰/۵	۰/۶۴۰	۱۹	کنارک	-۰/۱	۰/۸۱۱
۱۰	ماهشهر	-۰/۲	۰/۷۰۴	۲۰	چابهار	۰/۳	۰/۶۷۹

با توجه به جدول ۳، تعداد رزوهای شرجی در برخی از ایستگاه‌ها روند افزایشی و در برخی دیگر روند کاهشی دارد. بیشترین روند کاهشی مربوط به ایستگاه بندر بوشهر با ۰/۷ روز کاهش در سال، و بیشترین روند افزایشی مربوط به ایستگاه قائمشهر با ۰/۸ روز افزایش در سال بوده است. اما به لحاظ آماری روند تعداد روزهای شرجی در ایران در هیچ ایستگاهی معنی‌دار نیست.

- **نتایج شاخص فشار بخار آب جزئی**

تعداد روزهای شرجی بر اساس این شاخص، تفاوت زیادی با شاخص شدت شرجی نشان نمی‌دهد. ایستگاه‌های واقع در مناطق خشک مرکزی، شرق و غرب کشور فاقد روز شرجی هستند و تنها سواحل شمال و جنوب کشور دارای شرجی هستند. کمترین تعداد روز شرجی مربوط به ایستگاه صفی‌آباد دزفول با ۲ روز و بعد از آن ایستگاه اهواز با ۳ روز است. بیشترین تعداد نیز متعلق به بندرچابهار با ۲۹۱ روز و بعد از آن بندرجاسک با ۲۶۴ روز است.

- **نتایج شاخص گرمایش**

نتایج محاسبهٔ تعداد روزهای شرجی بر پایهٔ این شاخص در جدول ۴ نشان داده شده است. روزهایی که مقدار شاخص آن‌ها بالای ۸۰ است، الزاماً شرایط شرجی مورد نظر اکثر ایرانیان را ندارد. ولی می‌توان گفت که از نظر شرایط فیزیولوژیکی نامناسب است (علیجانی، ۱۳۹۰). بیشترین تعداد روز شرجی بر اساس این شاخص، مربوط به جزیرهٔ ابوموسی با ۲۰۲ روز و کمترین آن مربوط به امیدیه و اهواز با ۱ روز و بعد از آن قائمشهر با ۶ روز است. در سواحل دریای خزر، به خصوص قسمت غربی آن، روز شرجی وجود ندارد که این برخلاف تصور ذهنی ما از شرایط اقلیمی این ناحیه ا ست. لذا نتایج این شاخص برای نوار ساحلی شمال، منطقی به نظر نمی‌ر سد. همچنین شاخص مذکور، ۹ روز

شرجی را برای ایستگاه جلفا که در منطقه‌ای سردسیر قرار دارد، نشان می‌دهد که قابل تأمل است. یکی از دلایلی که بر اساس این شاخص، قسمت غربی سواحل دریای خزر فاقد روز شرجی است، این است که شاخص گرمایش، دمای بالای ۲۷ درجهٔ سلسیوس و رطوبت بالای ۴۰ درصد را معیار تعریف حالت شرجی قرار می‌دهد و به همین علت است که بخش غربی سواحل دریای خزر علی‌رغم داشتن رطوبت بالا فاقد روز شرجی است که البته پذیرفتنی به نظر نمی‌رسد.

جدول۴- تعداد روزهای شرجی بر اساس شاخص گرمایش (HI)

نام ایستگاه	خیلی گرم ۸۹-۸۰	داغ ۱۰۴-۹۰	خیلی داغ ۱۲۹-۱۰۵	بسیار داغ >۱۳۰	مجموع	نام ایستگاه	خیلی گرم ۸۹-۸۰	داغ ۱۰۴-۹۰	خیلی داغ ۱۲۹-۱۰۵	بسیار داغ >۱۳۰	مجموع
جلفا	۹	۰	۰	۰	۹	کنارک	۲۶	۱۲۴	۴۶	۰	۱۹۶
پارس‌آباد	۳۴	۰	۰	۰	۳۴	گرگان	۶۴	۰	۰	۰	۶۴
بوشهر	۴۸	۷۸	۵۴	۰	۱۸۰	بابلسر	۲۸				۲۸
بوشهر د.	۳۰	۸۱	۶۵	۰	۱۷۶	قائمشهر	۶	۰	۰	۰	۶
آبادان	۱۵	۰	۰	۰	۱۵	ابوموسی	۱۹	۷۰	۱۱۳	۰	۲۰۲
امیدیه	۱	۰	۰	۰	۱	بندرعباس	۳۳	۵۹	۱۰۲	۰	۱۹۴
اهواز	۱	۰	۰	۰	۱	بندرلنگه	۱۶	۶۳	۱۱۶	۰	۱۹۵
ماهشهر	۱۱	۳	۰	۰	۱۴	جاسک	۲۰	۹۳	۸۵	۰	۱۹۸
دزفول	۱۵	۰	۰	۰	۱۵	ج. کیش	۳۴	۷۱	۹۵	۰	۲۰۰
چابهار	۱۵	۱۲۷	۴۱	۰	۱۸۳	میناب	۲۴	۷۶	۹۷	۰	۱۹۷

- **مقایسهٔ نتایج سه شاخص**

مقایسهٔ نتایج سه شاخص (جدول ۵) نشان می‌دهد که دو شاخص اول و دوم، یعنی شدت شرجی و فشار بخار آب جزئی تقریبا مانند هم عمل کرده‌اند و تفاوت محسوسی با هم ندارند. اما نتایج شاخص سوم، یعنی شاخص گرمایش با دو شاخص دیگر تفاوت عمده دارد. بر اساس شاخص گرمایش، جلفا دارای ۹ روز شرجی است و همچنین قسمت غربی سواحل دریای خزر نیز فاقد روز شرجی است. همچنین بیشترین تعداد روز شرجی را ابوموسی با ۲۰۲ روز شرجی دارا ست. لیکن هر دو شاخصِ شدت شرجی و فشار بخار آب جزئی، بیشترین تعداد روز شرجی را متعلق به ایستگاه چابهار با ۲۹۱ روز شرجی می‌دانند.

جدول ۵- مقایسهٔ تعداد روزهای شرجی بر اساس سه شاخص شدت شرجی، فشار بخار آب جزئی و گرمایش

ایستگاه	شاخص			ایستگاه	شاخص		
	شدت شرجی	فشار بخار جزئی	گرمایش		شدت شرجی	فشار بخار جزئی	گرمایش
جلفا	-	-	۹	بوشهر	۲۰۴	۲۰۴	۱۸۰
پارس‌آباد	۷۶	۷۶	۳۴	کیش	۲۵۱	۲۵۰	۲۰۰
آستارا	۱۲۶	۱۲۷	-	بندرلنگه	۲۲۵	۲۲۵	۱۹۵
انزلی	۱۴۷	۱۵۰	-	ابوموسی	۲۶۲	۲۶۲	۲۰۲
رشت	۱۴۴	۱۴۹	-	بندرعباس	۲۳۹	۲۳۹	۱۹۴
رامسر	۱۴۲	۱۴۴	-	میناب	۱۸۶	۱۸۷	۱۹۷
نوشهر	۱۳۸	۱۴۲	-	جاسک	۲۶۴	۲۶۴	۱۹۸
بابلسر	۱۵۱	۱۵۴	۲۸	کنارک	۲۳۴	۲۳۳	۱۹۶
قائمشهر	۱۵۰	۱۵۰	۶	چابهار	۲۹۱	۲۹۱	۱۸۳

گرگان	۱۳۰	۱۳۰	۶۴	آبادان	-	۵	۱۵
اهواز	۱	۳	۱	امیدیه	-	۵	۱
ماهشهر	۴۲	۴۴	۱۴	صفی‌آباد	-	۲	۱۵
بوشهر د.	۲۱۵	۲۱۴	۱۷۶				

نتیجه‌گیری

مطالعهٔ پدیدهٔ شرجی به عنوان 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. به خصوص بررسی این پدیده به‌عنوان یکی از نمایه‌های آسایش انسانی در مناطق ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش تلاش شده است تا با استفاده از سه شاخص شدت شرجی، فشار بخار آب جزئی و گرمایش، تعداد روزهای شرجی در ایران مطالعه شود.

بر اساس نتایج تحقیق، دو شاخص شدت شرجی و فشار بخار آب جزئی با اختلاف اندکی نسبت به یکدیگر بروندادهای قابل قبولی از وضعیت شرجی کشور ارائه دادند، اما شاخص گرمایش به نتایج مطلوب منتهی نشد. بر پایهٔ شاخص شدت شرجی، وقوع پدیدهٔ شرجی به جز چند ایستگاه داخلی‌تر، منحصر به مناطق ساحلی شمال و جنوب کشور است و در مناطق خشک مرکزی و دیگر نواحی کشور اتفاق نمی‌افتد. این پدیده در کرانه‌های ساحلی جنوب حدود ۷/۵ ماه از سال (۱۴ فروردین تا ۲۵ آبان) تداوم دارد. اما در کرانه‌های ساحلی دریای خزر طول مدت کوتاهتری دارد و با یک تأخیر ۴۸ روزه نسبت به جنوب، از ۱ خرداد آغاز و تا ۲۰ مهر به مدت حدود ۴/۵ ماه تداوم دارد. به همین علت سواحل جنوبی کشور در مقایسه با سواحل شمالی، تعداد روز شرجی بیشتری دارد که بیشترین آن مربوط به بندرچابهار با ۲۹۱ روز و کمترین آن مربوط به اهواز با ۱ روز و سپس بندرماهشهر با ۴۲ روز است. در سواحل شمال کشور تعداد روزهای شرجی از ۱۲۶روز در آستارا تا ۱۵۱ روز در بابلسر متغیر است. از نظر شدت، ایستگاه‌های سواحل شمالی روزهای شرجی بسیار شدید ندارند. اما در سواحل جنوب، رخداد شرجی بسیار شدید امری معمول است. در سایر نقاط کشور شرجی رخ نمی‌دهد (به استثناء ایستگاه پارس‌آباد مغان). برای رسیدن به نتایج بهتر، پیشنهاد می شود در مطالعات آتی، عوامل سینوپتیکی و سیستم‌های آب‌وهوایی به وجود آورندهٔ وضعیت شرجی در شدت‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. به خصوص شار رطوبت و مطالعهٔ مسیر و میزان تزریق رطوبت می‌تواند در درک و تبیین صحیح تفاوت‌های مکانی شرجی بسیار مفید باشد. همچنین مطالعهٔ ساعتی وقوع پدیده به منظور کشف رفتار دقیق زمانی آن در عرصه‌های مختلف جغرافیایی، از دیگر پیشنهادهاست.

منابع

باعقیده، محمد؛ فائزه شجاع و الهه عسگری. ۱۳۹۰. ارزیابی شرایط اقلیم آسایشی در قطب‌های گردشگری جنوب ایران (کیش، قشم، چابهار). *اندیشهٔ جغرافیایی*، **۵(۹)**: ۱۲۳-۱۳۹.

باعقیده، محمد؛ علیرضا انتظاری و فائزه شجاع. ۱۳۹۱. بررسی وقوع درجه‌های مختلف استرس‌های گرمایی در سواحل جنوب ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*، **۲**: ۵۵-۶۸.

باعقیده، محمد؛ علیرضا انتظاری، علی نعیمی و مریم سالاری. ۱۳۹۲. بررسی آماری و سینوپتیکی پدیدهٔ شرجی در استان‌های شمالی ایران (گیلان، مازندران، گلستان). *فضای جغرافیایی*، **۱۳(۴۳)**: ۱۳۵-۱۵۲.

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

خسروی، محمود؛ فائقه الماسی و نسرین آبادی. ۱۳۹۲. تحلیل آماری پدیدهٔ شرجی در استان خوزستان. *نخستین کنفرانس ملی آب‌وهواشناسی*، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.

خسروی، محمود؛ علیجانی بهلول و الماسی، فائقه. ۱۳۹۳. تحلیل همدیدی سامانه‌های شرجی در استان خوزستان. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، **۵(۱۷-۱۸)**: ۵۷-۷۲.

ذوالفقاری، حسن. ۱۳۸۹. *آب‌وهواشناسی توریسم*، چاپ اول. انتشارات سمت، تهران.

سالاری، مریم و محمد باعقیده. ۱۳۹۰. استفاده از شاخص شدت شرجی در بررسی رخدادهای شرجی جزیرهٔ قشم در راستای توسعهٔ گردشگری. *همایش ملی قشم و چشم‌انداز آینده*، قشم، سازمان منطقه آزاد قشم.

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

علیجانی، بهلول. ۱۳۹۰. تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۱۷(۲۰)**: ۹-۳۰.

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

کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۱. ارزیابی اقالیم حیاتی و آستانه‌های تحریک آن در سواحل جنوبی خزر و دامنه‌های شمالی البرز میانی. *پژوهش‌های جغرافیایی*، **۱۰۴۲**: ۴۹-۸۲.

محمدی، حسین. ۱۳۸۶. *آب‌وهواشناسی کاربردی*، چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

محمودی، پیمان؛ تقی طاوسی و عبدالمجید شباب مقدم. ۱۳۹۶. بررسی رفتار زمانی-مکانی روزهای شرجی در نیمهٔ جنوبی ایران. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، **۷(۴)**: ۸۹-۱۰۱.

مسعودیان، سید ابوالفضل و محمدرضا کاویانی. ۱۳۸۷. *اقلیم‌شناسی ایران*، چاپ اول. انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.

مسعودیان، سید ابوالفضل. ۱۳۹۰. *آب‌وهوای ایران*، چاپ اول. انتشارات شریعه توس، مشهد.

میرموسوی، سیدحسین؛ عیسی بهزادی‌نیا و شیما نصیری‌راد. ۱۳۹۳. بررسی شاخص شدت شرجی استان گیلان در راستای توسعهٔ گردشگری. *دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری*، سمنان، دانشکدهٔ کویرشناسی دانشگاه سمنان، مرکز بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.

Bartoszek, K. and A. Węgrzyn. 2013. Sultry Days in the Lublin and Nałęczów Region from 1966 to 2010. *Geographical Works*, **133**: 21-34 (In Polish with English Abstract).

Falarz, M. 2005. Days with Sultry Weather in Poland. *Geographical Review*, **77(3)**: 311-323 (In Polish with English Abstract).

Geletič, J.; M. Lehnert, S. Savić, and D. Milošević. 2018. Modelled Spatiotemporal Variability of Outdoor Thermal Comfort in Local Climate Zones of the City of Brno, Czech Republic. *Science of the Total Environment*, **624**: 385–395.

Grigorieva, E. and D. Fetisov. 2007. Estimation of Climatic Resources for Summer Sport Recreation in the Jewish Autonomous Region of Russia. *In Book: Developments in Tourism Climatology*, Editors: A. Matzarakis; C. R. de Freitas, and D. Scott. Commission on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology Freiburg: 87-92.

Hino, K.; J. S. Lee, and Y. Asamia. 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.

Li, P. W., and S. T. Chan. 2000. Application of a Weather Stress Index for Alerting the Public to Stressful Weather in Hong Kong. *Meteorological Applications*, **7**: 369–375.

Matzarakis, A.; H. Mayer, and M. G. Iziomon. 1999. Applications of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. *International Journal of Biometeorology*, **43**: 76-84.

Schoen, C. 2005. A New Empirical Model of the Temperature–Humidity Index. *Journal of Applied Meteorology*, **44(9)**: 1413-1420.

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**: 861-873.

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.

Tulandi, D.; H. Pramoedyo, B. Yanuwiadi, and W. Rotinsulu. 2012. Thermal Comfort Assessment in the Boulevard Area in Manado CBD, North Sulawesi. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, **12(2)**: 49-52.

Tzenkova, A.; J. Ivancheva, E. Koleva, and P. Videnov. 2007. The Human Comfort Conditions at Bulgarian Black Sea Side, *In Book: Developments in Tourism Climatology*, Editors: A. Matzarakis; C. R. de Freitas, D. Scott. Commission on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology Freiburg.

Wereski, S. and S. Wereski. 2012. The Methods of Determining Sultriness Based on Meteorological Data from Lesko during the Period 1981-2010. *Geophysical Review*, **57(2)**: 69-78 (In Polish with English Abstract).

XiQuan, W., and G. YanBang. 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.