

بر اساس نمایه‌ی اقلیمی انجام گرفته است

درجه‌بندی زیست‌اقلیمی شهرها و استراحتگاه‌های آفریقای جنوبی



مؤلف: استفان بیکر

ترجمه: راحله صنیعی / کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان
یوسف قویدل رحیمی / دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده

مناسب لباس در هوای آزاد قدم می‌زنند، انجام گرفته است. روزهای گرم و سرد، با توجه به دامنه و تداوم ناراحتی در برابر گرما و سرما تعریف می‌شوند. شهرها براساس نمایه‌ی اقلیمی رتبه‌بندی و براساس فراوانی ماهانه‌ی روزهای سرد و گرم تفسیر شده‌اند. با توجه به میانگین دمای سالانه، مناسب‌ترین شرایط را می‌توان تنها در طول کمربند ساحلی

در این مقاله، شرایط اقلیمی ۳۱ شهر و تفرجگاه آفریقای جنوبی در ارتباط با احساس گرمایی افراد مورد بررسی قرار گرفته است. ارزیابی شرایط حرارتی، براساس محاسبات مبتنی بر تعادل انرژی انسان و برای شناخت عدم آسایش در برابر گرما و سرما برای افرادی که با پوشش

(بندر سنت جونز، خلیج ریچاردسون لوسیا) مشاهده کرد. نامناسب ترین شرایط نیز در ناحیه‌ی مدیریت‌های اطراف کیپ تاون، کارو و شردلاوود وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: زیست اقلیم‌شناسی، معادله‌ی فانگر، استرس حرارتی، میانگین رأی پیش‌بینی شده، آفریقای جنوبی

۱. مقدمه

احساس راحتی مردم در شهرها، با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و کیفیت زندگی شهری تعیین می‌شود. در همه جای دنیا، شهرها براساس یک سلسله ضوابطی درجه‌بندی می‌شوند که دربرگیرنده‌ی ابعادی مانند: تعداد سکنه، استاندارد زندگی، هزینه‌های زندگی، قدرت اقتصادی و غیره است. هدف این تحقیق ارائه‌ی مدلی برای ارزیابی شرایط زیست اقلیمی - حرارتی از یک شهر مشخص (مبنا) با استفاده از معادله‌ی راحتی **فانگر**^۱ (۱۹۷۲) و به‌کارگیری این معادله برای شهرها و تفرجگاه‌ها در آفریقای جنوبی است.

تریونگ^۲ (۱۹۶۶) و **آلیسمیس و کالما**^۳، در سال ۱۹۷۹ ارزیابی‌ها و درجه‌بندی‌هایی از استرس حرارتی برای افراد در آمریکا و استرالیا، انجام دادند. **ژنریسکی**^۴ و همکارانش نیز، طی سلسله تحقیقاتی از سال ۱۹۷۹ تا سال ۱۹۹۰، شاخصی برای ارزیابی شرایط زیست اقلیمی حرارتی شهرها تهیه کردند. که در آن، شهرها به شش رده تقسیم شده بودند و از آن‌ها برای تشریح فراوانی سوانح ناشی از استرس حرارتی یا ناراحتی‌های ناشی از سرما استفاده می‌شد. **سیدل**^۵ نیز در سال ۱۹۹۰ بر مبنای میزان استرس گرمایی و سرمای یک ارزیابی زیست‌هواشناختی از تفرجگاه‌هایی که شرایط اقلیمی مدیریت‌های بر آن‌ها حاکم بود، انجام داد. یک ارزیابی کامل از شرایط اقلیمی محلی باید همراه با سنجش شرایط زیست اقلیم شناختی، تحلیل شرایط تشعشع شیمیایی و شیمی هوا باشد [Ahlheim, 1989].

چون تنها داده‌های دما برای این تحقیق در دسترس بوده، لذا درجه‌بندی اقلیمی ارائه شده، به تعیین شرایط دمایی محدود شده است. ارزیابی دقیق شرایط گرمایی نیز تنها برای بخش‌هایی از محدوده‌های زیر پوشش ایستگاه‌ها می‌تواند معتبر باشد، در حالی که با توجه به عواملی مانند عرض جغرافیایی، جهت دامنه، ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها، سطوح گوناگون زمین و غیره، می‌توان تفاوت‌هایی را که با توجه به عوامل مذکور به‌وجود می‌آیند، مشاهده کرد. با این حال، این تغییرات در مقایسه با تفاوت‌های زیست اقلیمی شهرها بسیار ناچیز هستند، تا جایی که نتایج حاصله را تنها می‌توان به منظور نشان دادن اقلیم متوسط (میانگین) شهری در نظر گرفت.

۲. محاسبه‌ی احساس گرمایی

اثرات شرایط دمایی در احساس راحتی افراد تحت عناوین متفاوت، موضوع مطالعاتی بسیاری از علوم و دانشمندان بوده است. مؤلفین گوناگون احساس حرارتی و یا در معرض استرس قرار گرفتن مردم را با

عوامل آب‌وهوایی در ارتباط قرار داده‌اند (شارلو، ۱۹۵۰؛ کینگ، ۱۹۵۱؛ لیسترن، ۱۹۵۱؛ تام، ۱۹۵۹؛ سور، ۱۹۸۰). رابطه‌ی تجربی ساده‌ای برای پیوند دادن احساس گرمایی با دمای ثبت شده از طریق دماسنج خشک و دمای ثبت شده با دماسنج مرطوب و سرعت باد، وضع شده است. فانگر (۱۹۷۲)، **گیوونی**^۶ (۱۹۷۶)، **هاپ**^۷ (۱۹۸۴)، **دوفرینتز**^۸ (۱۹۸۵)، ژندریسکی و همکارانش (۱۹۹۰)، اثرات پیچیده‌ی عوامل متعددی را که در دستگاه تنظیم حرارتی بدن انسان دخالت دارند، یادآوری و مدل‌هایی را برای تشریح بیلان انرژی بدن انسان تهیه کرده‌اند. چنان‌که ورودی داده‌های اقلیمی مورد نیاز چنین مطالعاتی در دسترس باشد، به‌کارگیری چنین مدل‌هایی برای تشریح بیلان انرژی، ما را به محاسبه‌ی حد متوسط احساس گرمایی عده‌ای از مردم در حال فعالیت در نواحی معین قادر خواهد ساخت (به بخش ۳ رجوع شود).

به کمیت درآوردن شرایط گرمایی محیط انسان براساس معادله‌ی تعادل انرژی انسانی که مطابق با قانون اول ترمودینامیک است، صورت گرفته است. در این معادله، کل جریان‌ات انرژی مؤثر بر تعادل انرژی

در همه جای دنیا، شهرها براساس یک سلسله ضوابطی درجه‌بندی می‌شوند که دربرگیرنده‌ی ابعادی مانند: تعداد سکنه، استاندارد زندگی، هزینه‌های زندگی، قدرت اقتصادی و غیره است

حرارتی افراد مورد توجه قرار گرفته است (فانگر، ۱۹۷۲؛ هاپ، ۱۹۸۴؛ دوفرینتز، ۱۹۸۵؛ ژندریسکی و همکاران، ۱۹۹۰). شکل ۱ مؤلفه‌هایی را که بر سیستم تعادل انرژی انسانی مؤثرند، نشان می‌دهد. فانگر در سال ۱۹۷۲ معادله‌ی آسایش حرارتی خود را براساس این فرض که آسایش حرارتی با حداقل فعالیت‌های دستگاه تنظیم حرارتی انسان در ارتباط است، ارائه کرد.

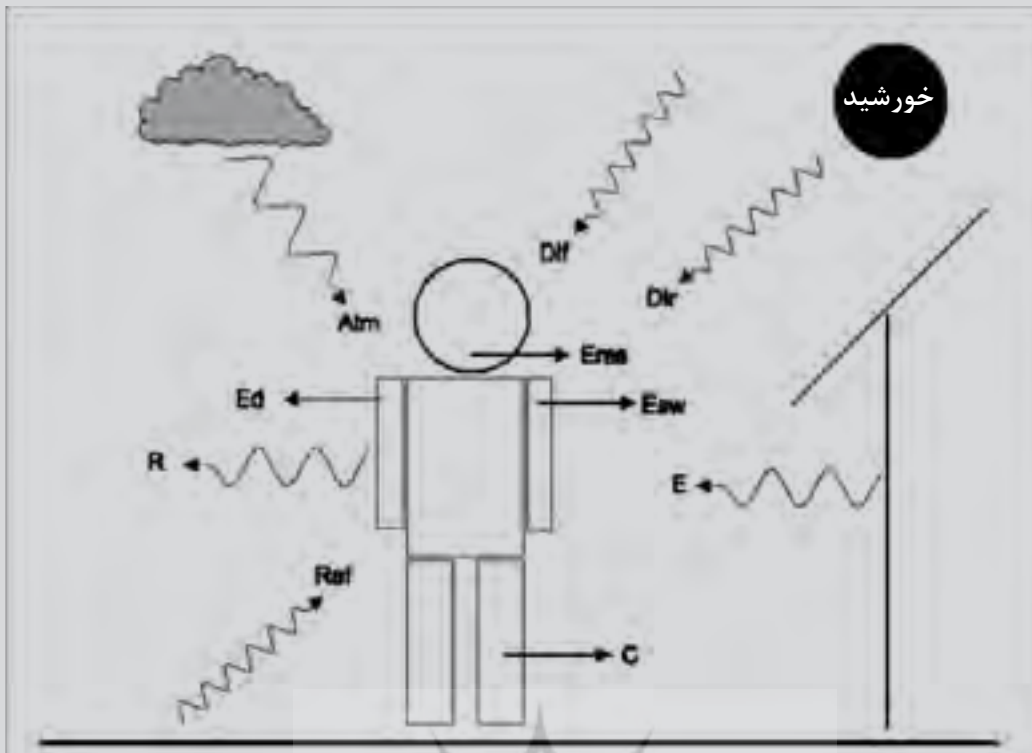
$$PMV = \frac{(H - E_{cl} - E_{sk} - C - R) / A}{E_{sw} - E_{re} - C - R} \quad (0.028 + 0.202 * \text{Exp}(-0.036 \text{Met}/A))$$

در معادله‌ی فوق داریم:

PMV: متوسط آرای پیش‌بینی شده در مورد احساس حرارتی افراد (به جدول ۱ رجوع کنید)، met: سوخت و ساز (متابولیسم) بدن، A: سطح (مساحت) بدن، H، حرارت داخلی تولید شده در بدن بر اثر متابولیسم

محاسبه‌ی Ed، ESW، ERE، C و R براساس وابستگی عوامل یاد شده به مقدار سوخت و ساز بدن، هم‌چنین وابستگی آن‌ها به عوامل گوناگون هواشناسی صورت گرفته است (برای درک بهتر به شکل ۱ نگاه کنید). عوامل یاد شده توسط فانگر (۱۹۷۲)، هاپ (۱۹۸۴)، ژندریسکی و همکارانش (۱۹۹۰) و بیکر (۱۹۹۶) بررسی شده‌اند.





شکل ۱- مؤلفه های تشکیل دهنده ی بیلان انرژی انسان از ژندریسکی و همکارانش، ۱۹۹۰

مفهوم اختصارات شکل عبارت است از:

C: شار گرمایی انتقالی و هم‌گرا، Ed: شار گرمایی نهان حاصله از پخش بخار آب، Esw: شار انرژی نهایی حاصل از تعرق، Eres: شار انرژی حاصل از تنفس، Atm: تشعشع برگشتی جو در طول موج بلند، Dir: تشعشع مستقیم خورشیدی، Dif: تشعشع پخش شده، Ref: تشعشع منعکس شده در طول موج کوتاه، R: تشعشع موج بلند بدن انسان، E: تشعشع موج بلند محیط اطراف.

جدول ۱. رابطه‌ی بین مقدار PMV با احساس حرارتی بدن و درصد افراد قرار گرفته در معرض استرس‌های حرارتی

احساس	PMV	درصد افراد در معرض عدم آسایش حرارتی
استرس سرمایی شدید	بیشتر از -۲/۵	>۸۰
استرس سرمایی متوسط	بین -۲/۵ و ۱/۵	>۵۰
استرس سرمایی ملایم	-۱/۵ تا -۵/۵	>۱۰
محدوده آسایش حرارتی	۵/۵ تا ۱/۵	۱۰ <
استرس گرمایی ملایم	۱/۵ تا ۵/۵	>۱۰
استرس گرمایی متوسط	۱/۵ تا ۲/۵	>۵۰
استرس گرمایی شدید	بیش از ۲/۵	>۸۰

گروه‌هایی چون: استرس‌های ملایم (آرام)، متوسط و شدید، به همراه درصد افرادی که در معرض ناراحتی حرارتی قرار دارند، نشان داده شده است.

در تحقیقات اخیر، ضعف استفاده از یک حالت یکسان مطالعاتی در رابطه‌ی تبادل حرارتی مشابه با رابطه‌ی فانگر برای محیط در حال تغییر بررسی شده و استفاده از مدل‌هایی تطبیقی نظیر مدل ارایه شده توسط دی‌دیبر^۱ و همکارانش، مورد توجه خاصی قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که گرمای مورد انتظار و تنظیم و تعدیل فصلی، نقش مهمی

احساس ناراحتی گرمایی به‌عنوان یک «انحراف کاذب» از بیلان انرژی، از مبدأ صفر تعیین می‌شود. به این علت آن را انحراف کاذب می‌نامند که دمای پوست و میزان تعریق بدن را به همان صورت که در بدن تولید می‌شود، در نظر می‌گیرند؛ در صورتی که در واقعیت چنین نیست. فانگر ثابت کرده است، افزایش انحراف مورد نظر با افزایش احساس ناراحتی افراد و با درصد افرادی که در معرض ناراحتی‌های گرمایی قرار می‌گیرند، در ارتباط است. در جدول ۱، ارتباط بین انحراف مورد محاسبه و گسترش استرس حرارتی در قالب یک تقسیم‌بندی در

در توقع گرمایی مردم ایفا می‌کنند. **وایین** ۱۱ اظهار داشته است که این عوامل گرچه با توجه به نژاد، فرهنگ و سازگاری جماعات مختلف، تفاوت‌هایی را با هم نشان می‌دهند، اما اختلاف در احساسات مختلف شرایط گرمایی را به صورت واضح نشان می‌دهند. ویژگی‌های مذکور برای تفاسیر گوناگونی که بیان عدم آسایش حرارتی در محیط مورد استفاده واقع می‌شوند، مفید هستند. این مطالعه به محاسبه و تغییر ظاهری و تداوم آسایش حرارتی - و نه به تفاوت‌های موجود بین طبقات مختلف آسایش حرارتی - کمک می‌کند. بر این اساس، حالت یکنواختی معادله‌ی فانگر، علی‌رغم ناکافی بودنش، شرایط حرارتی شهر را به نحوی که در این مطالعه به انجام رسیده است، به خوبی توصیف می‌کند.

۱-۲. تطبیق مدل بیلان انرژی

محاسبه‌ی احساس حرارتی براساس مدل بیلان انرژی فانگر مستلزم آگاهی از شرایط زیر است:

● مقدار سوخت‌وساز بدن شخص که به فعالیت‌ها، جنس، قد، وزن و سن او بستگی دارد. [Hoppe, 1984; Fanger, 1972; Kleiber, 1967]; با محاسباتی که در خصوصیات فردی به نام **کلیمای مایکل** انجام دادند، ویژگی‌های وی را که دارای ۱/۷۵ قد، ۷۵ کیلوگرم وزن. ۳۵ سال سن و جنسیت مذکر بود، به عنوان شاخص استاندارد برای اندازه‌گیری‌های خود برگزیدند. این استاندارد به علت در نظر نگرفتن ویژگی‌های درونی افراد، توسط محققانی چون **مایر** ۱۱ (۱۹۸۶) مورد انتقاد قرار گرفت. با وجود این، با در نظر گرفتن این که احساس حرارتی افراد به واسطه‌ی دیگر عوامل فیزیولوژیکی و روان‌شناختی می‌تواند تغییر یابد [Ganong, 1971; weihe, 1985]، می‌توان استاندارد پرمعنی و دقیقی را که مقایسه‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد، به‌عنوان شاخص اصلی مورد توجه قرار داد. در این رابطه مقدار سوخت‌وساز استاندارد بدن برای فردی که با سرعت ۳/۲ کیلومتر در ساعت در زمین هموار پیاده روی می‌کند، ۲۲۰ وات بر متر مربع مورد محاسبه قرار گرفته و به عنوان شاخص استاندارد پذیرفته شده است.

● ضریب پس‌تابی تشعشع موج بلند برای بدن انسان که برای محاسبه‌ی اتلاف حرارت بدن بر اثر تشعشع ضروری است، تقریباً برابر با ۱ در حالت لخت [Hardy and Muschenheim, 1970] و ۰/۹۵ برای بدن با پوشش لباس [Fanger, 1972] مورد محاسبه قرار گرفته است. ژندریسکی و همکارانش (۱۹۹۰) حد متوسط ۰/۹۷ را در این مورد ترجیح داده‌اند. در این مطالعه، میزان پس‌تابی طول موج بلند برای افراد با لباس تابستانی ۰/۹۷ و با لباس زمستانی ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است.

● براساس نمایه‌ی مورد استفاده‌ی ژندریسکی و همکارانش (۱۹۹۰)، عامل عایق بودن لباس (I) برای البسه‌ی تابستانی سبک به میزان ۰/۵ و برای البسه‌ی زمستانی به میزان ۱/۵ تعیین شده است. عامل «FCI» که مساحت پوشیده شده‌ی بدن با لباس تا قسمت‌های بدون پوشش و یا لخت بدن توصیف شده است، برای تابستان به میزان

۱/۱ و برای زمستان به مقدار ۱/۲ در نظر گرفته شده است.

● ضریب پس‌تابی برای سطوح متفاوت که برای محاسبه‌ی شارهای (جریان‌ات) تابشی محیط و اتلاف گرمای بدن از طریق تشعشع (R) ضروری است. به مقدار ۰/۹ برای طول موج بلند و ۰/۲ برای طول موج کوتاه مورد توافق و پذیرش قرار گرفته است [Paltridge & ppatt, 1976].

● سرعت باد برای ارتفاع فیزیولوژیکی مربوطه از ۱/۵ متری بالای سطح زمین و با استفاده از «معادله‌ی هلمن» برای ارتباط سرعت باد و ارتفاع وزش آن، مورد محاسبه قرار گرفته است [Hellmann, 1917]. نیم‌رخ بادنمای ۰/۳۳ برای نواحی شهری به عنوان عدد ثابت در نظر گرفته شده است.

● سطح بدن تا مقدار ۱/۹ مترمربع به عنوان مقدار استاندارد در نظر گرفته شده است که براساس «معادله‌ی دوپویس»، فردی را که دارای ۱/۷۵ متر قد و ۷۵ کیلوگرم وزن است، به عنوان نمونه به نمایش می‌گذارد [Hoppe, 1984].

۳. پایگاه داده‌ها

محاسبه‌ی بیلان انرژی بدن انسان براساس مدل فوق مستلزم دسترسی به این داده‌هاست: دمای هوا، رطوبت، سرعت باد، تابش مستقیم خورشید، تابش پراکنده و تابش برگشتی جو در طول موج بلند

مدت زمان فاصله بین دفعات اندازه‌گیری نباید از سه ساعت تجاوز کند (حداقل ۸ بار اندازه‌گیری در روز) تا کنترل جریان روزانه داده‌ها و محاسبه‌ی مستمر ویژگی اصلی روزانه، امکان‌پذیر باشد. داده‌های دما، رطوبت، سرعت باد و تابش خورشیدی همگی در سطوح سه ساعته از ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۳ در دست‌رس بوده‌اند. داده‌های پوشش ابری (ابرناکی) عموماً به سه بار مشاهده در روز محدود شده‌اند (۸ صبح، ۲ ظهر و ۸ شب) و با متوسط دقتی برابر با ۰/۲ اکتا گرد شده‌اند.

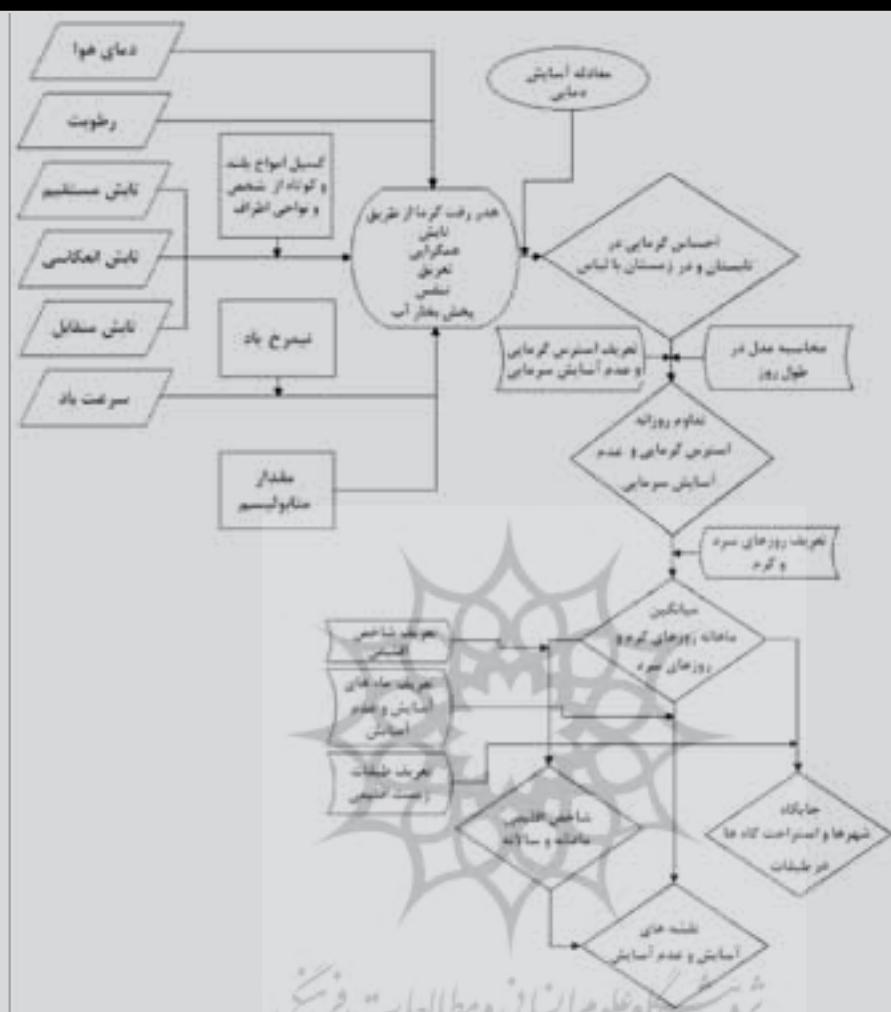
داده‌های مفقود نیز با میانگین دقت اندازه‌گیری معادل با ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد برای دما، ۱۰ درصد برای رطوبت، دو متر مربع در ثانیه برای سرعت باد، ۸۰ وات در مترمربع برای تابش مستقیم خورشیدی و ۴۰ وات در مترمربع برای تابش پراکنده، بازسازی شده‌اند. معادلات و مقدار دقت به‌کار رفته در بازسازی داده‌های مفقود، از تحلیل رگرسیونی سری داده‌های کامل نشئت گرفته و تابش برگشتی جو در طول موج بلند خورشیدی نیز براساس نظریه‌ی **کاستن** ۱۱ (۱۹۸۹) محاسبه شده است.

۴. ارزیابی زیست‌اقليمی

الف) تعاریف و محاسبات

در ارزیابی‌های اقلیمی، به هنگام پردازش و تلخیص بخش بزرگی از داده‌های ورودی، به منظور ارائه‌ی اطلاعات به‌صورت قابل فهم‌تر، واضح‌تر و با معنی‌تر، برای نشان‌دادن اطلاعات خروجی، از حروف اختصاری، استفاده می‌شود. هدف این مطالعه، تشریح و

محاسبه‌ی عواملی است که اساس بخش اعظم اطلاعات خروجی این مطالعه را تشکیل می‌دهند (هشت موضوع از احساس گرمایی افراد با لباس‌های گوناگون و به هنگام فعالیت‌های متفاوت روزمره). اطلاعات مذکور به صورت جدولی مورد پردازش قرار گرفته‌اند. شکل ۲ فرایندها و مراحل تحلیل زیست - اقلیمی این مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایش شماتیک تجزیه و تحلیل زیست اقلیم شناختی بکار گرفته شده در این مطالعه.

به این معنی است که مردم، هم در مرحله‌ای که در حوالی ظهر اتفاق می‌افتد و هم صبح هنگام یا بعدازظهر، در معرض استرس گرمایی قرار دارند. احساس ناراحتی سرمایی نیز به‌طور متوسط به این صورت قابل توصیف است: روزهای سرد (CD) روزهایی توأم با بیش از ۱۶ ساعت ناراحتی ملایم ($PMV < -0.5$) ناشی از سرما برای فردی است که با لباس زمستانی در سایه در حال قدم زدن است. وقوع رویدادی با اوصاف ذکر شده مبین این واقعیت است که مردم نه تنها در شب، بلکه در طول روز نیز در معرض عدم آسایش ناشی از سرما قرار دارند.

محاسبات مربوط به احساس حرارتی مردم با لباس‌های تابستانی و زمستانی، به هشت بار اندازه‌گیری در طول روز محدود شده است. خط سیر زمانی بین اندازه‌گیری رخدادهای فوق از طریق رگرسیون خطی مورد محاسبه قرار گرفته است. معادله‌ی

ارزیابی زیست اقلیمی شهرها و مکان‌ها در آفریقای جنوبی، براساس توالی استرس‌های گرمایی و حدوث ناراحتی در برابر سرما انجام یافته است. این مطالعه به طور اعم شامل دو نکته‌ی اساسی است: اولاً، عوامل روزهای گرم (HD) و روزهای سرد (CD) با تهیه‌ی داده‌هایی درخصوص رویدادهای فوق‌الذکر در یک مقطع زمانی ماهانه، تبیین شده‌اند. ثانیاً، توالی این رخدادهای با استفاده از نمایه‌ی اقلیمی (CI) بیان شده است، چرا که تفاوت چندان زیادی بین عدم آسایش ناشی از سرما یا گرما برای انسان وجود ندارد ($PMV > 2/5$).

استرس گرمایی از طریق عامل روز گرم (HD) تعریف می‌شود. که در برگیرنده‌ی روزهای دارای بیش از سه ساعت استرس گرمایی شدید است و برای فردی که با لباس معمولی زیرآفتاب تابستانی پیاده‌روی می‌کند، محاسبه شده است. وقوع رخدادی با این اوصاف



زیر به ما اجازه می‌دهد زمان‌های شروع و پایان عدم آسایش حرارتی را در طول روزهای متفاوت محاسبه کنیم. بنابر معادله‌ی مذکور، روزهای توأم با عدم آسایش حرارتی ناشی از سرما یا گرما و نحوه‌ی تعیین روز سرد یا روز گرم، با توجه به محدوده‌های زمانی ماهانه و سالانه قابل محاسبه هستند.

$$T = ((PMV_{thres} - PMV_p) + T_p) / ((PMV_p - PMV_p) * (T_p - T_1))$$

در معادله‌ی فوق داریم:

T : زمان شروع و اتمام عدم آسایش.

PMV_{thres} : آستانه‌ی احساس ناراحتی (۲/۵) برای استرس

گرمایی و ۱/۵- برای استرس سرمایگی).

T_p : نزدیک‌ترین ساعت وقوع با PMV بیشتر از حد آستانه

برای احتساب زمان آغاز استرس و نزدیک‌ترین زمان با کمترین

PMV برای اتمام استرس یا عدم آسایش.

T_1 : برابر است با: ۳ ساعت $T_p - T_1$.

PMV_p : حاصل ضرب T_1 در PMV .

PMV_p : حاصل ضرب T_p در PMV .

جدول ۲ مدلی را برای تبیین تفاوت شرایط دمایی محیط

در ۹ رده‌ی زیست اقلیمی نشان می‌دهد که برابر است با

حداکثر وقوع روزهای گرم در ماه‌های تابستان و روزهای سرد

در ماه‌های زمستان.

CI ملاکی برای درجه‌بندی وضعیت کیفی اقلیم یک شهر

یا استراحتگاه در رابطه با آسایش حرارتی مردم محسوب

می‌شود. توالی بالای رخدادهای ناخوش‌آیند (روزهای توأم

با استرس‌های گرمایی و سرمایگی) موجب افت و نزول رتبه

در درجه‌بندی می‌شود که از ۰ تا ۱۰ رده‌بندی شده است.

براساس تعریف، عدد ۱۰ در رده‌بندی بیانگر آن است که

نه روزهای گرم و نه روزهای سرد از نظر وقوع قابل انتظار

نیستند. در حالی که عدد صفر در شاخص اقلیمی، بیانگر

وضعیتی از وقوع ۳۰ روز گرم یا سرد توأم با استرس است

(به جدول ۳ رجوع شود). معادله‌ی CI به شرح زیر تعریف شده

است:

$$CI_{(month)} = (-(HD_{(month)} + CD_{(month)}) / 3) + 10$$

نمایه‌ی اقلیمی سالانه که از طریق محاسبه‌ی میانگین حسابی

نمایه‌های اقلیمی ماهانه به‌دست می‌آید، به‌صورت زیر قابل توصیف

است:

$$CI = \sum CI_{(month)} / 12$$

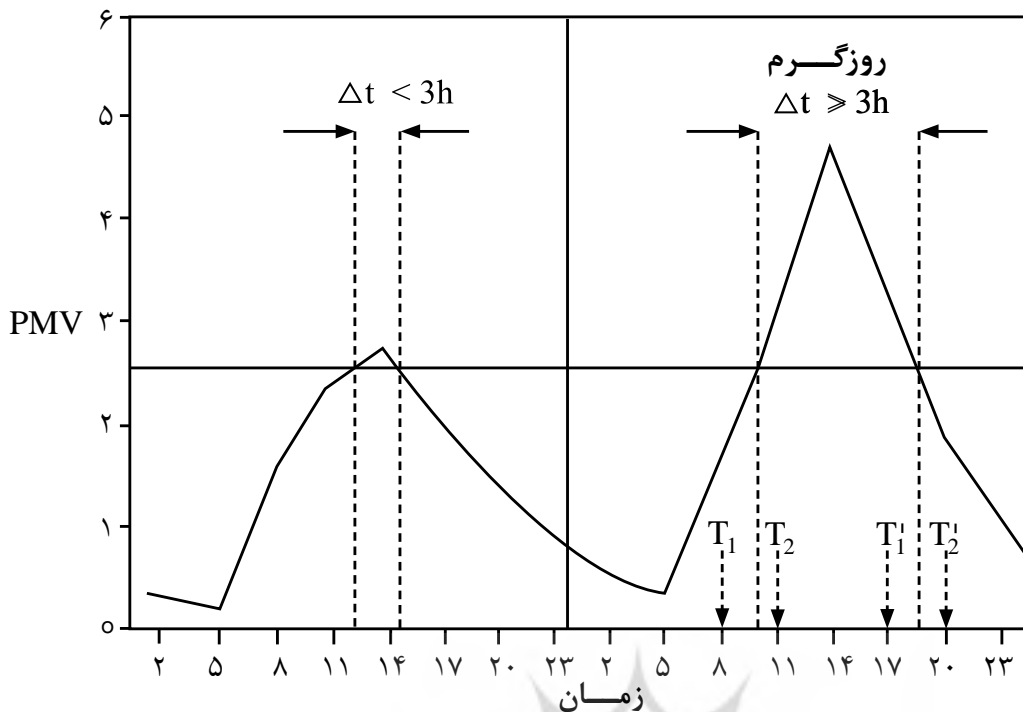
در این معادله داریم: CI: نمایه‌ی اقلیمی سالانه، $\sum CI$:

مجموع مقادیر متوسط نمایه‌های اقلیمی ماهانه و عدد ۱۲، تعداد

ماه‌های سال هستند.

ردیف	روزهای گرم	روزهای سرد	توصیف	مکان‌ها
۱	۰-۱۰	۰-۱۰	کمی استرس گرمایی در تابستان، اندکی عدم آسایش سرمایگی در زمستان	بندر سن جونز
۲	۱۰-۲۰	۰-۱۰	استرس گرمایی متوسط در تابستان، اندکی عدم آسایش سرمایگی در زمستان	دوربان، سن لوسیا، نل اسپرویت، خلیج ریچارد، بندر شپستون
۳	۲۰-۳۰	۰-۱۰	استرس گرمایی شدید در تابستان، اندکی عدم آسایش سرمایگی در زمستان	اسکوکوزا
۴	۰-۱۰	۱۰-۲۰	کمی استرس گرمایی در تابستان، عدم آسایش سرمایگی متوسط در زمستان	خلیج الکساندر، جورج، لندن شرقی، بندر الیزابت
۵	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	استرس گرمایی متوسط در تابستان، عدم آسایش سرمایگی متوسط در زمستان	فورت بوفرت، پیتزبورگ یوتهاک
۶	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	استرس گرمایی شدید در تابستان، عدم آسایش سرمایگی متوسط در زمستان	گراف رایت، کیمبرلی، آپینگتون، پروتیل، پروتاریا، پوتچفستروم
۷	۰-۱۰	۲۰-۳۰	کمی استرس گرمایی در تابستان، اندکی آسایش سرمایگی شدید در زمستان	دماغه آگولهاوس، دماغه کولومبین
۸	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	استرس گرمایی متوسط در تابستان، عدم آسایش سرمایگی شدید در زمستان	بتلهم، کپ تاون، ژوهانسبورگ
۹	۲۰-۳۰	۲۰-۳۰	استرس گرمایی شدید در تابستان عدم آسایش سرمایگی شدید، در زمستان	بلوم فانتین، فرازبورگ، وركستر، گروت فانتین، هاوگوس، مالمسپوری

جدول ۲- طبقات یا گروه‌های زیست اقلیم شناختی.



شکل ۳- مفهوم روزهای سرد و گرم.

تعداد روزهای سرد و گرم	مقدار نمایه اقلیمی
۳۰	۰
۲۷	۱
۲۴	۲
۲۱	۳
۱۸	۴
۱۵	۵
۱۲	۶
۹	۷
۶	۸
۳	۹
۰	۱۰

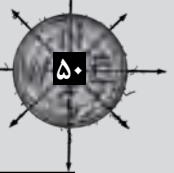
جدول ۳- رابطه ی موجود بین نمایه ی اقلیمی و تعداد روزهای سرد و گرم.

افزایش روزهای گرم، مقدار شاخص به زیر خط میانگین نزول می کند و در این مدت به کمترین مقدار خود در طول سال می رسد. تعداد نسبتاً کم روزهای گرم در بندر «الیزابت» در تابستان و میزان متوسط روزهای سرد در زمستان تا آوریل، به تدریج مقدار نمایه اقلیمی را از حدود ۶/۴ کمی به سوی تغییرات مثبت و از ماه اوت تا سپتامبر به سوی تغییرات منفی (کاهش مقدار نمایه اقلیمی) سوق می دهد. به علت کاهش

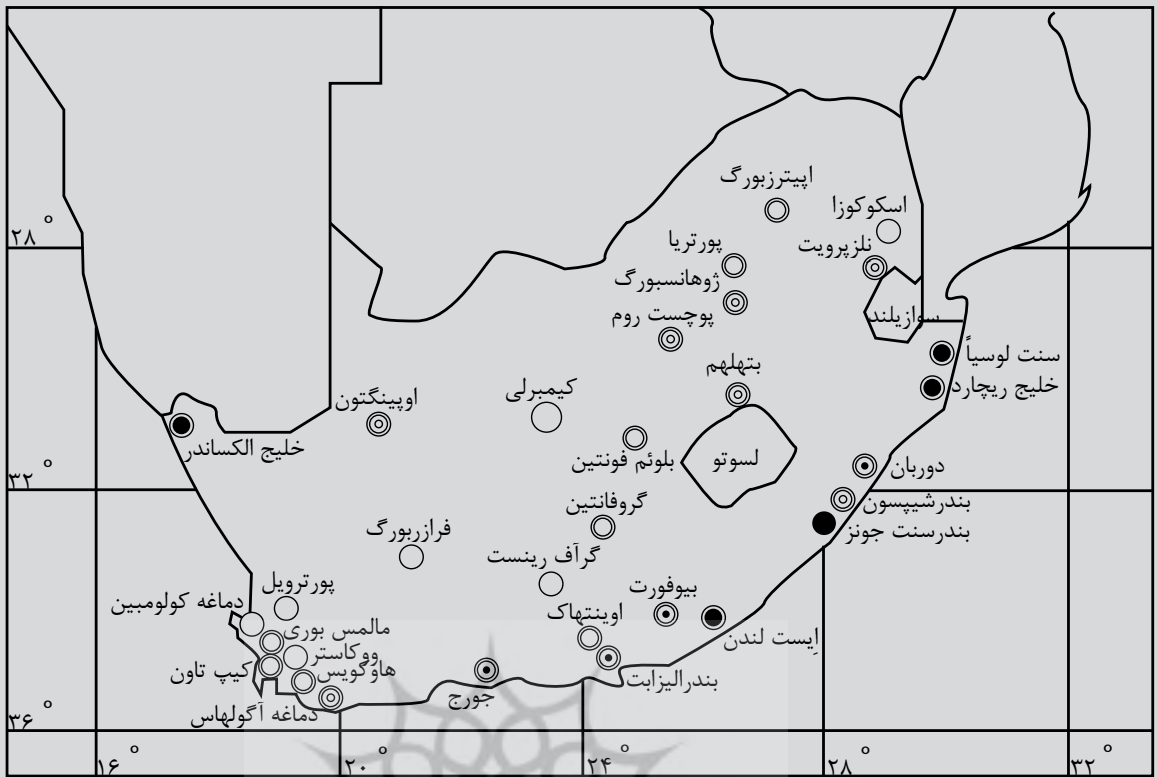
ب) درجه بندی زیست اقلیمی شهرها و استراحتگاه های آفریقای جنوبی

تحلیل داده های ۳۱ شهر و استراحتگاه (این مکان هادر شکل های ۴ و ۵ قابل مشاهده اند) در آفریقای جنوبی، انواع متفاوتی از شرایط زیست اقلیمی را با اندکی عدم آسایش دمایی در تابستان و زمستان (بندر سنت جونز با کمتر از ۱۰ ماه بدون روز سرد یا گرم) تا استرس گرمایی شدید در تابستان و عدم آسایش ناشی از سرما در بلام تاون، فراز بورگ، وورکاستر، گروفانتین، هاوکویس و مالمس بوری، به نمایش می گذارد. اسکو کوزا، ایستگاهی با روزهای بسیار گرم در تابستان (بیش از ۲۰ روز گرم در ماه) است. روزهای سرد زمستانه در آن به ندرت به وجود می آیند و غالباً زمستانی معتدل را پشت سر می گذارد. در حالی که دماغه ی آگولهاوس و دماغه ی کولومبین، ویژگی های متضادی را به نمایش می گذارند که اکثراً با روزهای سرد در زمستان و به ندرت با روزهای گرم در تابستان همراهی می شود.

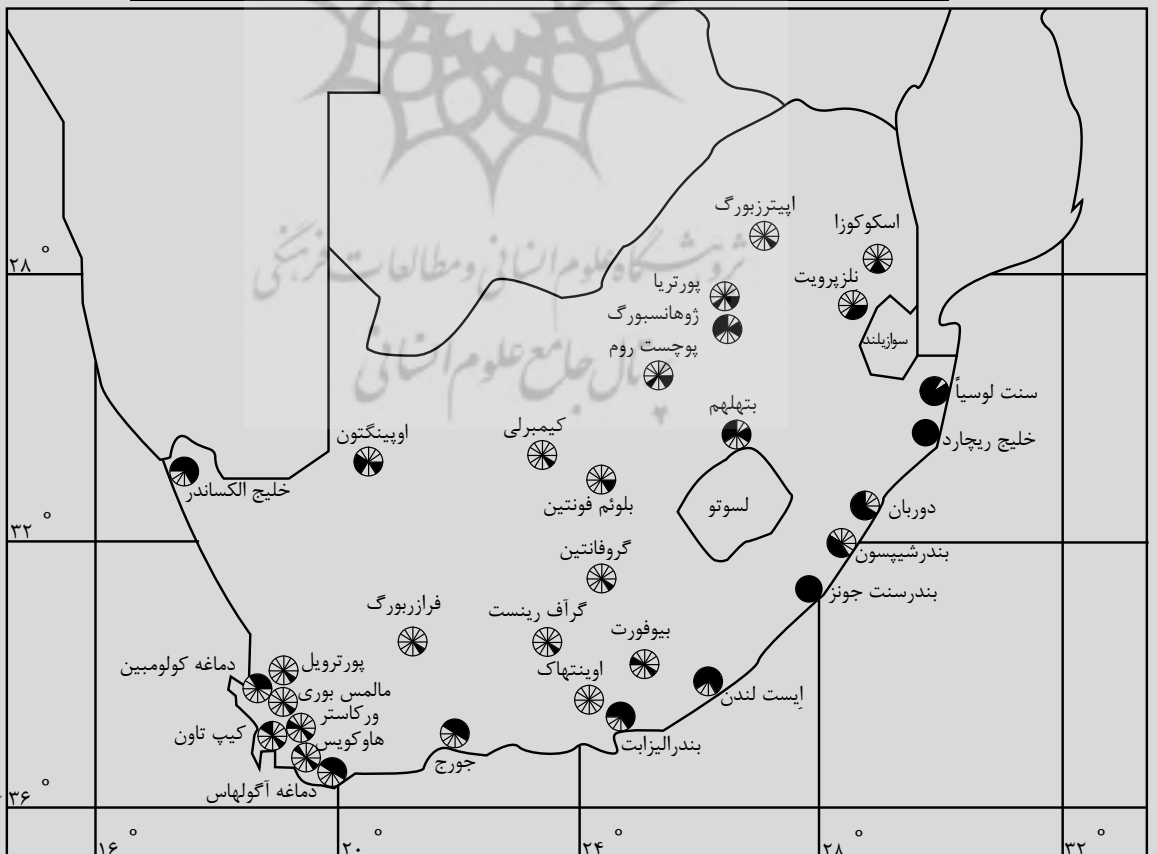
شمار اندک روزهای توأم با عدم احساس آسایش اقلیمی در سراسر ایام سال در خلیج ریچارد، ما را به میزان بسیار بالای نمایه اقلیمی (متوسط ۷/۸) که با نوسانات اندکی همراه است، راهنمایی می کند. تعداد نسبتاً زیاد روزهای گرم ژانویه در مقایسه به مارس، موجب به وجود آمدن انحرافی جزئی در میانگین نمایه اقلیمی در این ماهها می شود. تقریباً با اطمینان می توان اظهار داشت که مقدار نسبتاً کم نمایه اقلیمی در اسکو کوزا، با تعدد نسبی روزهای گرم در ارتباط است و به این دلیل، تغییرات سالانه ی آن بسیار واضح تر از خلیج ریچارد است. مقدار نمایه اقلیمی در ماههای زمستان در وضعیتی بالاتر از حد میانگین قرار می گیرد، اما از ماه ژوئن تا اوت به تدریج با



شکل ۴- داده های آب و هوای سالانه.



شکل ۵- آسایش و عدم آسایش حرارتی در سطوح ماههای دوازده گانه ی سال.



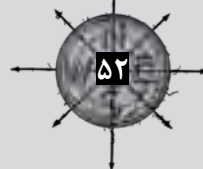
Month



ماههای با کمتر از ۱۲ روز گرم یا سرد
ماههای با بیش از ۱۲ روز گرم یا سرد

جدول ۴: مقادیر نمایه‌ی اقلیمی شهرها و استراحتگاه‌های آفریقای جنوبی

درجه‌بندی	محل	درجه‌بندی	محل	درجه‌بندی	محل
۹	بندر شپستون	۹/۵	دماغه‌ی آگولهاوس	۸/۲	بندر سن جونز
۸/۶	خلیج ریچارد	۸/۵	خلیج الکساندر	۷/۸	سن لوسیا
۸/۲	دوربان	۸/۵	لندن شرقی	۷/۸	خلیج ریچارد
۸/۲	سن لوسیا	۸/۲	بندر سن جونز	۷/۴	لندن شرقی
۷/۷	نل اسپرویت	۷/۹	جورج	۷/۱	خلیج الکساندر
۷/۲	بندر سن جونز	۷/۶	دماغه‌ی کولومبین	۶/۸	دوربان
۶/۸	اسکوکوزا	۷/۲	بندر الیزابت	۶/۴	بندر الیزابت
۶/۱	پیتربورگ	۶/۷	سن لوسیا	۶	جورج
۵/۹	آپینگتون	۶/۶	خلیج ریچارد	۵/۹	دماغه‌ی آگولهاوس
۵/۶	لندن شرقی	۵/۴	کیپ‌تاون	۵/۸	آپینگتون
۵/۵	گراف رینت	۵/۲	ژوهانسبورگ	۵/۶	نل اسپرویت
۴/۸	پروتاریا	۴/۸	دوربان	۵/۶	بندر شپستون
۴/۶	پوتچفستروم	۴/۷	فورت بوفرت	۵/۳	ژوهانسبورگ
۴/۵	خلیج الکساندر	۴/۶	یوتنهاگ	۵/۱	بتلهم
۴/۳	بندر الیزابت	۴/۴	بتلهم	۵/۱	پوتچفستروم
۴/۱	یوتنهاگ	۳/۸	بندر شپستون	۴/۹	فورت بوفرت
۴	فورت بوفرت	۳/۵	نل اسپرویت	۴/۹	پیتربورگ
۴	کیمبرلی	۳/۲	پیتربورگ	۴/۷	کیپ‌تاون
۳/۹	جورج	۳	هاوگوس	۴/۷	پروتاریا
۳/۴	پورترویل	۲/۷	مالمسبوری	۴/۷	یوتنهاگ
۲/۳	مالمسبوری	۲/۷	پوتچفستروم	۴/۲	هاوگوس
۲/۲	گروت فانتین	۲/۳	ورکستر	۴/۱	بلوم فانتین
۲	کیپ‌تاون	۲	گروت فانتین	۴/۱	گروت فانتین
۲	ورکستر	۲	پروتاریا	۴	مالمسبوری
۱/۸	هاوگوس	۱/۶	بلوم فانتین	۳/۹	ورکستر
۱/۴	دماغه‌ی آگولهاوس	۱/۶	اسکوکوزا	۳/۸	دماغه‌ی کولومبین
۱/۳	بلوم فانتین	۱/۶	آپینگتون	۳/۸	کیمبرلی
۰/۹	دماغه‌ی کولومبین	۱/۲	فرازبورگ	۳/۷	گراف رینت
۰/۸	ژوهانسبورگ	۰/۷	پورترویل	۳/۶	اسکوکوزا
۰/۶	بتلهم	۰/۶	کیمبرلی	۳/۳	پورترویل
۰/۶	فرازبورگ	۰/۵	گراف رینت	۳/۲	فرازبورگ
ژئوپه		ژئوپه		طول سال	



جدول ۵. تفاوت‌های حرارتی ماهانه‌ی شرایط زیست اقلیم‌شناسی

محل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
خلیج الکساندر	□	□	□	□	□	△	-	-	□	□	□	□
بتلهم	+	△	□	□	-	-	-	-	□	□	□	□
بلوم فانتین	+	+	+	□	□	-	-	-	△	△	+	+
دماغه‌ی آگولهاوس	□	□	□	□	-	-	-	-	-	-	□	□
دماغه‌ی کولومبین	□	□	□	-	-	-	-	-	-	-	-	□
کیپ تاون	+	+	+	-	-	-	-	-	-	△	□	□
دوربان	+	+	+	+	□	□	□	□	□	□	□	□
لندن شرقی	-	□	□	-	□	-	-	-	□	□	□	□
فورت بوفرت	+	+	+	△	□	-	-	-	△	□	△	+
فرازبورگ	+	+	+	□	-	-	-	-	-	△	+	+
جورج	□	□	□	□	-	-	-	-	-	-	□	□
گراف رینت	+	+	+	+	-	-	-	△	△	+	+	+
گروت فانتین	+	+	+	□	-	-	-	-	△	△	△	+
هاوگوس	+	+	+	□	-	-	-	-	-	-	□	+
ژوهانسبورگ	+	+	□	□	-	-	-	-	□	□	□	□
کیمبرلی	+	+	+	△	-	-	-	-	△	+	+	+
مالمسبوری	+	+	+	□	-	-	-	△	△	△	□	+
نل اسپرویت	+	+	+	□	□	□	□	△	+	+	+	+
پیترزبورگ	+	+	+	+	□	-	-	△	+	+	+	+
بندر الیزابت	□	□	□	□	□	□	□	-	-	□	□	□
بندر شپستون	+	+	+	+	+	□	□	□	□	△	+	+
بندر سن جونز	□	□	□	□	□	-	-	-	□	□	□	□
پورترویل	+	+	+	△	□	-	-	-	□	+	+	+
پوتچفستروم	+	+	+	□	□	□	□	□	△	+	+	+
پروتوریا	+	+	+	□	□	□	□	□	+	+	+	+
خلیج ریچارد	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
اسکوکوزا	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
سن لوسیا	□	+	□	□	□	-	-	□	□	□	□	□
یوتنهاگ	+	+	+	+	△	-	-	□	△	△	+	+
آپینگتون	+	+	+	□	□	-	-	□	□	□	+	+
ورکستر	+	+	+	□	-	-	-	-	△	□	+	+

□ شرایط مطلوب (کمتر از ۱۲ روز توأم با احساس ناراحتی) و نمایه‌ی اقلیمی بیش از ۵، + شرایط گرم (بیش از ۱۲ روز گرم در ماه)، - شرایط سرد (بیش از ۱۲ روز سرد در ماه) و △ شرایط سرد و گرم (۱۲ روز سرد یا گرم در ماه)





روزهای سرد پیترزبورگ به طرف زمستان، تغییرات سالانه‌ی اندکی در مقدار نمایه‌ی اقلیمی آن مشاهده می‌شود که با افزایشی در تعداد روزهای سرد و روند معکوس، با تابستان همراه است. میانگین نمایه‌ی اقلیمی ۴/۹ مقادیر کمی بالاتر را در زمستان، یک حد بهینه و مطلوب در ماه مه، و نمایه‌ی اقلیمی اندکی پایین‌تر از حد بهینه را در تابستان نشان می‌دهد. مرحله‌ی گذر از تابستان به زمستان در شهر «آپینگتون» بسیار متفاوت‌تر از شهر پیترزبورگ است. از تعداد روزهای گرم آپینگتون در بهار کاسته می‌شود، اما هنوز بر تعداد روزهای سرد افزوده نشده است و در مقایسه با پاییز، حالت معکوس حاکم شده است. این نتایج از تغییرات مثبتی حکایت دارد که در این اوقات در حد متوسط ۵/۸ در مقدار نمایه‌ی اقلیمی به وجود می‌آید، این در حالی است که تغییرات منفی در نمایه‌ی اقلیمی، در تابستان‌ها زمینه‌ی ظهور می‌یابد. در دماغه‌ی «آگولهاوس»، بیشترین تعداد روزهای بسیار سرد و بسیار گرم مشاهده می‌شود که این امر با ویژگی‌هایی که در این زمان در اسکوکوزا حاکمیت دارد، در تباین کامل است. میانگین نمایه‌ی اقلیمی تنهادر ماه‌های آوریل و اکتبر به رقم ۵/۴ نزدیک می‌شود، اما در بقیه‌ی ماه‌های سال نسبت به حد متوسط تغییرات بسیار زیادی را نشان می‌دهد. دماغه‌ی آگولهاوس شرایط بهینه‌ی خود را در ماه‌های تابستان نشان می‌دهد، اما در زمستان شرایط اقلیمی آن موجب ظهور روزهای بسیار سردی می‌شود. از این نظر شرایط «کیپ تاون» به شرایط دماغه‌ی آگولهاوس بسیار شباهت دارد. روزهای سرد زیادی دارد و به سمت تابستان، به‌طور کاملاً مشخص بر تعداد روزهای گرم آن به تدریج افزوده می‌شود. مناطق دارای متوسط نمایه‌ی اقلیمی در حدود رقم ۴/۷، با اندک تغییرات مثبت در تابستان، حد بهینه و مطلوب در آوریل و تغییرات منفی در زمستان همراهی می‌شوند. شرایط حرارتی «بلوم فانتین» مشابهت زیادی با شرایط آپینگتون دارد اما نسبت بیشتری از روزهای سرد زمستانی را که با تغییرات منفی شدیدی در نمایه‌ی اقلیمی آن (میانگین ۴/۱) همراه است، تجربه می‌کند.

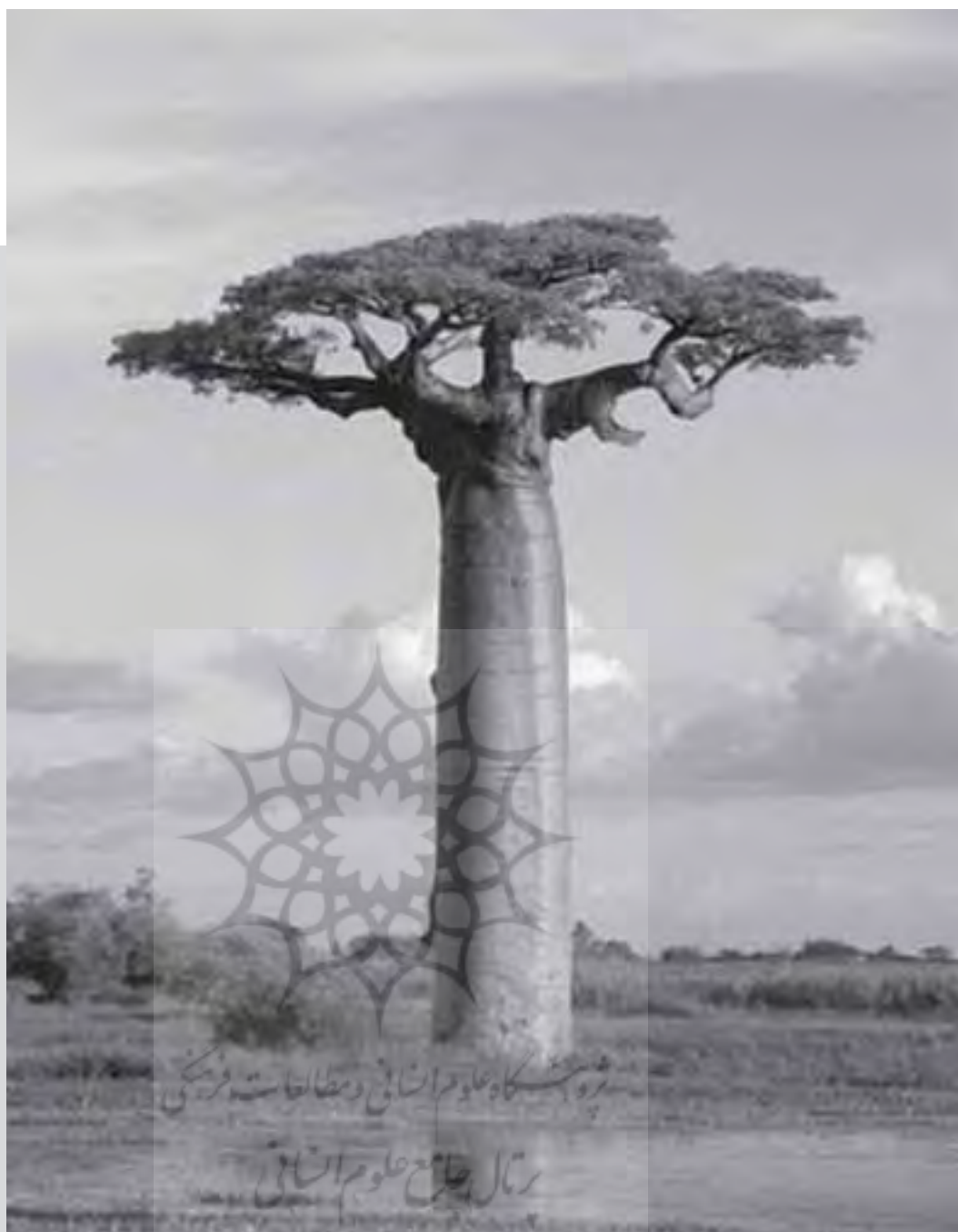
در جدول ۴ مقادیر عددی محاسبه شده برای کل ۳۱ شهر و استراحتگاه نشان داده شده است. مقادیر بالاتر میانگین نمایه‌ی اقلیمی، حول و حوش عدد ۸ (به‌طور متوسط ۶ روز توأم با ناراحتی در ماه) از بندر سنت جونز، سنت لوسیا و خلیج ریچارد تا کمی بالاتر از متوسط، عدد سه در نمایه‌ی اقلیمی

(تقریباً ۲۱ روز توأم با ناراحتی در ماه) در فرازبورگ، پورترویل، اسکوکوزا و سایر جاها، در نوسان است. مقدار عددی نمایه‌ی اقلیمی در ژانویه از تقریباً ۹ (کمتر از ۳ روز توأم با احساس ناراحتی در ماه) تا کمتر از ۱ (بیش از ۲۷ روز توأم با احساس ناراحتی در ماه) تغییر پذیری دارد. مطلوب‌ترین مکان‌ها در ژانویه دماغه‌ی آگولهاوس و خلیج الکساندر، و نامطلوب‌ترین جاها گریف رینت، کیمبرلی و پورترویل هستند. در ماه جولای، شیشسون و خلیج ریچارد در بالای جدول، فرازبورگ، بتلهم و ژوهانسبورگ در پایین‌ترین قسمت جدول قرار دارند.

در تصویر ۴، شهرها و استراحتگاه‌های مورد مطالعه با حداکثر مقدار عددی نمایه‌ی اقلیمی سالانه‌ی خود نشان داده شده‌اند که همگی در طول سواحل، در جاهایی که تحت تأثیر آب، میزان تأثیر حداکثرهای اقلیمی کاهش و تعدیل می‌یابند، قرار دارند (به جدول ۵ مراجعه کنید). شهرها و استراحتگاه‌های واقع در سواحل جنب حاره‌ای که از «سنت لوسیا» تا بندر الیزابت کشیده شده‌اند، در برخی فواصل به ویژه تا شمال و قسمت‌های جنوبی «دوربان»، مقادیر بالاتری را نشان می‌دهند، در حالی که خود شهر دوربان به همراه همسایه خود «بندر شیشسون» شرایط کمی نامطلوب‌تر را دارا هستند. همان‌طور که **جورج** نشان داده است. شرایط بندر الیزابت نیز به همراه شرایط حاکم بر سواحل معتدل‌تر جنوبی کمی دورتر از آن، ویژگی‌های اندکی بدتر از بندر سنت جونز و لندن شرقی را نشان می‌دهد.

۵. نتیجه‌گیری

ویشمن و همکارانش (۱۹۸۷) و بوشر (۱۹۹۲) ارتباط موجود بین شرایط زیست‌اقلیمی و ریسک‌های بهداشتی و مرگ‌ومیر را یادآوری کرده‌اند، درجه‌بندی شهرها براساس نمایه‌ی اقلیمی به روشی که در این مطالعه نشان داده شده است، می‌تواند طبقه‌بندی این ریسک‌ها را امکان‌پذیر کند و بُعد اقلیمی کیفیت زندگی کردن در شهرها و استراحتگاه‌ها را مورد آرزویی قرار دهد. تحقیقات بیشتر و کارآمدتر در این زمینه، با به‌کارگیری و توجه به بُعد کیفیت هوا و دخالت آن در نمایه‌ی اقلیمی و استفاده از نمایه‌ی اقلیمی برای شهرهای دیگری در خارج از آفریقای جنوبی، امکان‌پذیر خواهد بود.



پی‌نوشت

9. deDear
10. wyon
11. Mayer
12. kasten

این مقاله ترجمه‌ای است از:

S. Beacker (2000). Bioclimatological Rating of Cities and Resorts in South Africa According to the Climatic Index, *International Journal of Climatology*, (20): 1403-1414.

منابع در دفتر مجله موجود است.

1. Fanger
2. Terjung
3. Auliciems & Kalma
4. Jendritzky
5. Seidl
6. Givoni
7. Hoppe
8. defreitas