

## شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر شیراز)

مسعود صفایی‌پور: دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران \*  
مهران شبانکاری: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران  
سید طیبه تقوی: دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۴/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۰، صص ۲۱۰-۱۹۳

### چکیده

شناخت پتانسیل‌های طبیعی، به عنوان بستر فعالیت‌های انسانی پایه و اساس غالب برنامه‌ریزی‌های محیطی و آسایش سرزمین را تشکیل می‌دهد. در این راستا ویژگی‌های اقلیمی و عناصر غالب آن در پراکندگی فضایی و شکل‌گیری رفتار محیطی جوامع انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند تا آنجا که امروزه مطالعات و بررسی‌های بیوکلیمای انسانی، پایه و اساس برنامه‌ریزی‌های شهری، عمرانی، سکونتگاهی، معماری، جهانگردی و غیره است. در این پژوهش، آسایش یا عدم آسایش انسان در شیراز بر اساس مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی بیکر، ترجونگ، فشار عصبی، دمای مؤثر و (TCI) با استفاده از داده‌های آماری ۳۹ ساله (۱۳۸۹-۱۳۵۰) مورد بررسی قرار گرفت و بهترین زمان برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در این شهر تعیین شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شاخص‌های بیوکلیمایی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایش شیراز را دارند و با وجود تفاوت‌های جزئی، نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی این شهر ارائه می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که شیراز در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط گرم تا بسیار خنکی برخوردار است؛ طی فصول زمستان و تابستان از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و با آغاز فصول بهار و پاییز در ماه‌های گذار از سرما به گرما (فروردین) و گرما به سرما (آبان) اقلیم شیراز به شرایط آسایش انسانی نزدیک می‌شود. در مجموع بهار با شرایط منحصر بفرد آسایش انسانی، بهترین فصل برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در شیراز است.

واژه‌های کلیدی: آسایش بیوکلیمایی، ترجونگ، بیکر، دمای مؤثر، فشار عصبی و (TCI)

### مقدمه

می‌آید که با شناخت آب و هوا و استفاده از توانهای

گونگون آن همراه باشد.

یکی از عوامل مؤثر بر زندگی، آسایش و سلامتی انسان، شرایط جوی و اقلیمی است که امروزه در قالب شاخه‌ای از علم با عنوان زیست اقلیم انسانی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد (محمدی، ۱۳۸۷: ۷۳). بیوکلیماتولوژی، علم

شناخت پتانسیل‌های اقلیمی، به عنوان بستر فعالیت‌های انسانی، پایه و اساس غالب برنامه‌ریزی‌های محیطی و آسایش سرزمین را تشکیل می‌دهد؛ چنانچه تضمین توفیق کامل غالب برنامه‌ریزی‌های توسعه شهری، عمرانی، سکونتگاهی، معماری و جهانگردی هنگامی به دست

متعددی که روی انسان انجام داد، حاصل آن را به صورت نمودار ارائه کرد.

(هونام<sup>۲</sup>، ۱۹۶۷) نیز با استفاده از شاخص دمای مؤثر، آسایش اقلیمی شهر «آلیس اسپرینگز»<sup>۳</sup> را مورد مطالعه قرار داد و مشاهده کرد که قسمت قابل توجهی از فصل گرم سال در این شهر از لحاظ آسایش اقلیمی نامساعد است. (بوگا<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳) به منظور تعیین شاخص‌های قابل اطمینان برای حفاظت از فشارهای حرارتی در نیجریه، شاخص‌های مختلف از جمله شاخص ماهانی، اوانز، نمودار زیست اقلیم و حرارت مؤثر را با هم مقایسه کردند. (موریلون-گالوز<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴) اطلس بیوکلیمای انسانی مکزیکو را با تحلیل داده‌های اقلیمی دوره ۱۹۸۰-۱۹۵۱م. و براساس شاخص‌های الگی و گیونی تهیه کردند.

(بودن و گراب<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵) نیز به بررسی آسایش حرارتی در پنج شهر تونس از دو منطقه پرداختند. آنها در تحقیق خود از حدود ۲۰۰ نفر در خصوص شرایط زندگی طبیعی خود در محیط کار و محل زندگی در هر ماه از یک سال سوال کرده و نتایج آن را با شاخص‌های آسایش حرارتی مقایسه کردند. نتایج مطالعه نشان دهنده وجود ارتباط معنی‌دار بین شرایط آسایش حرارتی اعلام شده با شاخص‌های آسایش حرارتی بوده است. (توی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۷) به مطالعه و تعیین آسایش بیوکلیماتیک در شهر ارزروم در سه منطقه شهری، روستایی و شهری جنگلی ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند که مناطق شهری جنگلی

مطالعه و ارزیابی تأثیر آب و هوا بر روی موجودات زنده اعم از گیاهان، جانوران و انسان است. با توجه به این گرایش منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد؛ یا به عبارت دیگر انسان در آن شرایط احساس گرما و سرما نکند. حالت خنثی بودن حرارتی نیز شرایطی است که ارگانیسم انسانی می‌تواند بیلان حرارتی خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند، بدون اینکه دچار کمبود یا مازاد انرژی شود. در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دیدگاه اقلیمی چهار عنصر دما، باد، رطوبت و تابش نقش عمده‌ای دارند. در این عناصر دما و رطوبت تأثیر بیشتری در سلامت و راحتی انسان دارند و به همین دلیل بیشتر مدل‌ها و شاخص‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار شده است.

طی سال‌های اخیر روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای شناخت و درجه تأثیر عناصر اقلیمی بر روی ارگانیسم انسان ابداع شده است و در مورد سنجش شرایط آسایش و راحتی انسان پژوهش‌های متعددی انجام شده است. قدیمی‌ترین مطالعات شامل مطالعه مدل اولگی است که در دهه‌ی شصت با ارائه‌ی نمودار زیست اقلیمی به تعیین نقش جداگانه و مشخص عوامل پرداخت. او بر اساس آزمایش‌ها و محاسباتی که در چهار منطقه مختلف اقلیمی آمریکا انجام داد، نتیجه گرفت که نیاز به ظرفیت و مقاومت حرارتی مناطق یکسان نیست. در همین دهه گیونی نمودار بیو کليمایی را ارائه کرد. (ترجونگ<sup>۱</sup>، ۱۹۶۶) تقسیم بندی بیوکلیمایی را مطرح کرد و طی آزمایش‌های

2 - Hounam

3 - Alice springs

4 - Bogda

5 - Morillon & Galvez

6 - Bouden & Ghrab

7 - Toy

1 - Terjung

ظاهری بیشینه روزانه در این شهرها مشخص کرد که به دلیل بالا بودن دما، در ساعات گرم روز تنش گرمایی به صورت جدی سلامت مردم را تهدید می‌کند.

طیف دیگری از مطالعات انجام گرفته در رابطه با معماری و ساختمان است مانند: (رازجویان، ۱۳۷۵)، (موحدی و عساکره، ۱۳۷۰: ۲۳)، (نجم سلیقه، ۱۳۸۳: ۱۴۴)، (خوشحال، ۱۳۸۵: ۱۷۳) و (شاه بختی و شفیع، ۱۳۸۹: ۵۹) این گونه مطالعات به ارزیابی زیست اقلیم ساختمان از طریق شاخص‌هایی مانند ماهانی، گیونی، ترجونگ و ... پرداخته اند. (صفایی پور، ۱۳۸۹: ۱۱۳) ضمن بررسی تاثیر عناصر اقلیمی در معماری شهر لالی یافت که آسایش حرارتی در لالی در طی بیشتر شبها مناسب بوده ولی در بیشتر ماه‌های سال آسایش حرارتی در روز مناسب نیست. بهترین جهت قرارگیری ساختمانها جهت شمالی - جنوبی با کشیدگی شرقی - غربی است. فاصله گذاری بین ساختمانها بافت فشرده و متراکم و اندازه بازشوها در اندازه کوچک مناسبتر است. دیوارهای داخل و خارجی و بامها، باید از مصالح سنگین ساخته شوند تا زمان تاخیر این مصالح بیشتر از ۸ ساعت باشد. گروه دیگری از مطالعات نیز به بررسی اقلیم زیستی کشور در رابطه با فعالیت گردشگری پرداخته‌اند مانند: (بذرپاش، ۱۳۸۷: ۹۴)، (ساری صراف، ۱۳۸۹: ۶۳)، (فرج زاده و احمد آبادی، ۱۳۸۹: ۳۲) و (فرج زاده و ماتزارکیس، ۲۰۰۹: ۵۴۵).

از آنجا که شیراز به عنوان یکی از بزرگترین و پرجمعیت ترین شهرهای ایران از قطب‌های بزرگ گردشگری محسوب می‌شود، در پژوهش حاضر سعی شده است تا

سازگاری بیشتری با شاخص آسایش حرارتی مورد استفاده دارد.

در سال‌های اخیر مطالعه اقلیم شناسی استراحتی اریزونای آمریکا (هارتز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶)، مطالعه آسایش حرارتی در دریاچه سان مون<sup>۲</sup> تایوان (لین و ماتزاراکیس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸) و تعیین آسایش زیست اقلیمی در مسیر ارض روم با سیستم اطلاعات جغرافیایی (زنگین<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹) انجام شده است.

مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی اقلیم زیستی کشور دارای تنوع موضوعی خاص است و می‌توان آنها را به سه دسته تقسیم نمود. بخشی از این مطالعات به ارزیابی اقلیم زیستی محض پرداخته و شرایط راحتی انسان را در ایام مختلف سال در مناطق مورد مطالعه خود تبیین نموده‌اند؛ مانند: (کاوایانی، ۱۳۷۲: ۳۲)، (جهانبخش، ۱۳۷۷: ۶۸)، (پاینده، ۱۳۸۴: ۷۳)، (ذوالفقاری، ۱۳۸۶: ۱۲۹)، (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷: ۴۵) و (محمودی، ۱۳۸۷: ۴۴). (ناظم السادات و مجنون هریس، ۱۳۸۷: ۷۱) به بررسی میزان راحتی انسان در شرایط اقلیمی مختلف در شهرهای شیراز و بندرعباس پرداختند و بیان نمودند که دمای ظاهری شیراز به دلیل رطوبت نسبی کم، پایین تر از دمای مشاهده شده این شهر قرار می‌گیرد و تا اندازه‌ای در احساس رضامندی هوا در این شهر مؤثر است. خطر وقوع گرمزدگی، آفتابزدگی، انقباض حرارتی عضلات و تحلیل رفتگی حرارتی به ترتیب در شهرهای بندرعباس و شیراز در روزها و ماههای گرم تابستان، بخصوص در روزهای مربوط به ماههای تیر و مرداد بیشتر است. تعیین دمای

1 - Hartz  
2 - Sun moon  
3 - Lin & Matzarakis  
4 - Zengin

ضمن بهره‌گیری از معتبرترین مدل‌های تجربی، شرایط اقلیم زیستی شهر مذکور از نظر کیفیت حرارتی و آثار فیزیولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و الگوی مناسبی به منظور تعیین درجه آسایش (راحتی)، یا عدم آسایش در منطقه مورد مطالعه در طول ماه‌ها و فصول مختلف برای برنامه‌ریزی گردشگری ارائه گردد.

- داده‌ها و روش‌شناسی

شهر شیراز به لحاظ وجود تنوع و تعدد جاذبه‌های طبیعی، تاریخی و فرهنگی خاص خود از مناطق منحصر به فرد گردشگری است و می‌تواند به عنوان قطب اکوتوریسم کشور مطرح باشد. شهر شیراز به لحاظ توانمندی‌های متعددی که در جهت جذب گردشگر دارد نیازمند به شناخت و ارزیابی اقلیم آسایش با استفاده از روش‌های علمی مورد قبول است تا بطور سیستماتیک تأثیر عناصر اقلیمی بر فعالیت‌های گردشگران را مشخص و پتانسیل‌ها و قابلیت‌های اقلیمی آن مورد استفاده گردشگران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

شهرستان شیراز به مرکزیت شهر شیراز با وسعت ۸۷۲۵ کیلو متر مربع، ۸/۵ درصد از کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است. این شهرستان بین نصف النهارهای ۵۲ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و مدارهای ۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (حسینی، ۱۳۸۱: ۱۰). ارتفاع شهر شیراز از سطح دریا ۱۴۴۸ متر است و طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ جمعیت آن ۱۲۲۷۳۳۱ نفر می‌باشد (سرشماری، ۱۳۸۵).

داده‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل تمامی اندازه‌گیری‌های ماهانه عناصر اقلیمی ایستگاه سینوپتیک

شیراز با دوره آماری ۳۹ ساله (۱۳۸۸-۱۳۵۰) است که به عنوان پایگاه اطلاعاتی مورد پردازش قرار گرفته است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۹).

روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر استفاده از روابط ریاضی، مدل‌ها و شاخصهای زیست اقلیمی و نرم افزارهای رایانه‌ای است که آسایش انسان را با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه که توانایی‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد، ارزیابی می‌نماید. در این مقاله با استفاده از شاخصهای ترجونگ، بیکر، دمای مؤثر، فشار عصبی و TCI شرایط آسایش انسانی شهر شیراز طی ۱۲ ماه سال محاسبه و بررسی شده است و بهترین زمان (ماه‌ها) برای برنامه‌ریزی فعالیت‌های محیطی - گردشگری مشخص گردیده است.

- تحلیل یافته‌ها

- شاخص ترجونگ

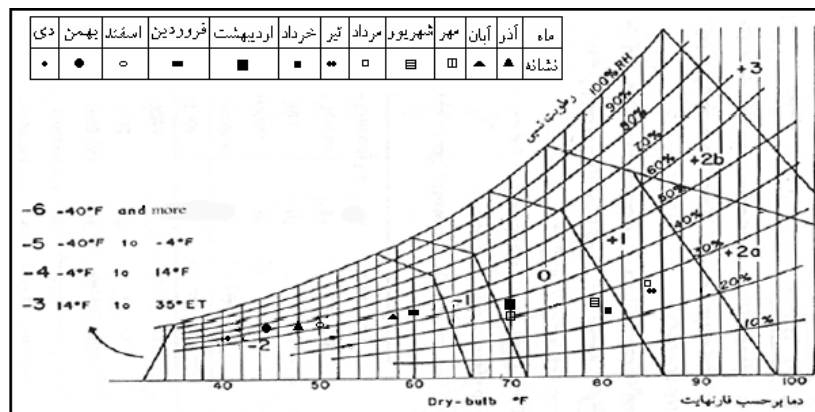
شاخص ترجونگ یکی از مهم‌ترین روش‌های زیست اقلیمی برای ارزیابی آسایش انسان محسوب می‌شود. امتیاز این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که از کلیه مشخصه‌های اقلیمی، یعنی دما، رطوبت، باد، تابش و ساعات آفتابی که مجموعه شرایط دمایی بدن انسان را کنترل می‌کنند، همزمان استفاده شده است. با استفاده از این شاخص می‌توان مناسب‌ترین منطقه را برای اقامت و سکونت افرادی که از حساسیت و بیماری‌های مربوط به نوعی هوا و اقلیم رنج می‌برند، مشخص کرد (کاویانی، ۱۳۷۲: ۳۲). علاوه بر این می‌تواند در تعیین محل مناسب برای احداث ساختمان‌های حساس از قبیل آسایشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، تفریحگاه‌ها، صنعت گردشگری

ترکیب‌های متفاوت دما، رطوبت و شرایط متعارف، یعنی پوشش معمولی و عدم فعالیت فیزیکی به دست می‌آورد (ترجونگ، ۱۹۶۸). در شکل (۱)، محور افقی، معرف دما بر حسب درجه فارنهایت و خطوط منحنی، معرف رطوبت نسبی بر حسب درصد است. محل برخورد این دو عنصر در شرایط متفاوت، در محدوده‌های مختلفی قرار می‌گیرد، که با اعداد و نمادهایی نشان داده شده است (جدول ۲)

و برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای کاربرد فراوانی داشته باشد (گیونی، ۱۹۹۷). شاخص ترجونگ بر اساس ضریب راحتی و ضریب تأثیر خنک‌کنندگی باد استوار است که با توجه به داده‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه (جدول ۱)، بررسی شده و نتایج آنها به صورت جداول و نمودار ارائه شده است. برای تعیین ضریب راحتی از شکل (۱) استفاده می‌شود. این نمودار در واقع نشان دهنده میزان آسایشی است که انسان در شرایط

جدول ۱- داده‌های ماهانه متغیرهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شیراز

ماه	DBT(C)	Tmax(C)	RH(mean)%	RH(Min)%	R(mm)	S(Hr)	W(m/s)
دی	۶/۶	۱۲/۶	۶۱	۳۷	۷۹/۲۲	۳۱۸/۳	۱۲
بهمن	۷/۳	۱۳/۶	۵۷	۳۲	۵۸/۷۱	۳۲۸/۵	۱۳
اسفند	۱۱/۱	۱۷/۷	۵۱	۲۶	۴۹/۲۳	۳۵۴/۹	۱۵
فروردین	۱۵/۱	۲۲/۲	۴۸	۲۴	۳۸/۹۲	۳۹۳/۷	۱۵
اردیبهشت	۲۰/۹	۲۸/۹	۳۶	۱۶	۱۲/۷۷	۳۹۸/۳۵	۱۵
خرداد	۲۶/۱	۳۵/۱	۲۵	۱۰	۰/۴۴	۴۳۲/۱۴	۱۳
تیر	۲۹/۴	۳۸/۱	۲۴	۱۰	۰/۵۶	۴۲۹/۶۶	۱۲
مرداد	۲۹/۲	۳۷/۷	۲۷	۱۲	۱/۲۹	۴۱۰/۴۴	۱۳
شهریور	۲۶/۱	۳۵/۲	۲۷	۱۱	۰/۰۸	۳۹۷/۴۲	۱۱
مهر	۲۰/۷	۲۹/۸	۳۲	۱۳	۱/۶۴	۳۵۵/۸	۱۲
آبان	۱۴/۶	۲۲/۷	۴۴	۲۱	۱۹/۵۶	۳۵۲/۲	۱۱
آذر	۹/۲	۱۶/۱	۵۵	۳۱	۶۴/۷۲	۳۲۱/۶	۱۲



شکل ۱- محدوده‌ی ضرایب راحتی شهر شیراز برحسب بررسی ترجونگ (۱۹۶۶)

## جدول ۲- مفاهیم، نمادها و علائم شاخص ضریب راحتی

	گروه	احساس غالب	سمبل
Ultra cold	Uc	ماورای سرما	-۶
Extremely cold	Ec	فوق العاده سرد	-۵
Very cold	Vc	بسیار سرد	-۴
Cold	Cd	سرد	-۳
Keen	K	بسیار خنک	-۲
Cool	C	خنک	-۱
Moderate	M	مطبوع	۰
Warm	W	گرم	+۱
Hot	H	داغ	+۲a
Very hot	S	بسیار داغ	+۲b
Extremely hot	Eh	فوق العاده داغ	+۳

شرایط فیزیولوژیک مطبوع می باشد. بطور کلی با توجه به چارت راحتی و روابط و فرمول‌های محاسبه شده، شرایط فیزیولوژیک سالانه در شیراز در محدوده نزدیک به آسایش قرار می‌گیرد. بر اساس شاخص ترجونگ بتریب فصل بهار و اوایل پاییز بهترین و فصول تابستان و زمستان نامناسبترین زمان گردشگری در شیراز است.

بر اساس جدول (۳) در منطقه‌ی مورد مطالعه شش ماه از سال، یعنی ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین، آبان و آذر در محدوده‌ی ۲- شکل (۱) قرار می‌گیرد که معرف شرایط فیزیولوژیک بسیار خنک است؛ ماه‌های تیر و مرداد در محدوده‌ی ۱+ واقع می‌شوند که وضعیت گرم را در روی چارت نشان می‌دهد و ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهر در محدوده‌ی آسایش صفر واقع شده‌اند که مبین

## جدول ۳- ضرایب راحتی شهر شیراز بر اساس شاخص ترجونگ

ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
پارامتر	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
محدوده ضریب راحتی ترجونگ	-۲	-۲	-۲	-۲	۰	۰	+۱	+۱	۰	۰	-۲	-۲
گروه ضریب راحتی ترجونگ	K	K	K	K	M	M	W	W	M	M	K	K
احساس غالب	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع	مطبوع	گرم	گرم	مطبوع	مطبوع	بسیار خنک	بسیار خنک
محدوده ضریب راحتی (روز)	-۲	-۲	-۲	۰	+۱	a+۲	a+۲	a+۲	a+۲	+۱	۰	-۲
گروه ضریب راحتی (روز)	K	K	K	M	W	H	H	H	H	W	M	K
احساس غالب در روز	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع	گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	گرم	مطبوع	بسیار خنک
محدوده ضریب راحتی (شب)	-۳	-۳	-۲	-۲	-۲	-۲	۰	۰	-۲	-۲	-۲	-۲
گروه ضریب راحتی (شب)	CD	CD	K	K	K	K	M	M	K	K	K	K
احساس غالب در شب	سرد	سرد	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع ع	مطبوع	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک

## تعیین ضریب راحتی روز

در روش ترجونگ، برای تعیین ضریب راحتی روز، در ماههای مختلف سال از میانگین حداکثر دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه به درصد استفاده می شود. بر اساس جدول (۳) در منطقه - ی شیراز چهار ماه از سال، یعنی ماههای خرداد، تیر، مرداد و شهریور در محدوده  $+2a$  قرار می گیرند که معرف شرایط فیزیولوژیک داغ است و طی چهار ماه از سال یعنی دی، بهمن، اسفند و آذر در محدوده  $-2$  واقع می شود که شرایط ضریب آسایش بسیار خنک را دارد. دو ماه فروردین و آبان در محدوده صفر که شرایط آسایش مطبوع است و دو ماه اردیبهشت و مهر در محدوده  $+1$  آسایش قرار می گیرد که وضعیت هوای گرم را نشان می دهد.

## تعیین ضریب راحتی شب

برای تعیین ضریب راحتی شب در طول سال، بر پایه‌ی شاخص ترجونگ، ضریب راحتی شب از میانگین حداقل دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداکثر رطوبت نسبی روزانه به درصد محاسبه می شود. در جدول شماره‌ی (۳) شرایط فیزیولوژیک شهر شیراز بر اساس شکل شماره‌ی (۱) و خصوصیات اقلیمی محاسبه شده و نتایج زیر به دست آمده است. در این شهر هشت ماه اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، شهریور، مهر، آبان و آذر در محدوده  $-2$  قرار می گیرند که بیانگر شرایط

فیزیولوژیک بسیار خنک هستند و ماههای دی و بهمن در محدوده  $-3$  قرار دارند که نشان دهنده وضعیت ضریب راحتی سرد بر روی چارت است. ماههای تیر و مرداد نیز در محدوده  $+0$  (صفر) قرار می گیرند و دارای شرایط فیزیولوژیک مطبوع هستند.

## شاخص بیکر

برای ارزیابی آسایش انسان در شهر شیراز از شاخص بیوکلیمای بیکر (۱۹۷۲) نیز استفاده شده است. این روش به دلیل این که در میان تمام عناصر اقلیمی در رابطه با ترکیب بیو کلیمای انسانی که تلفیقی از کمیت‌های دما و جریان باد است، جامع تر و مناسب تر است؛ انتخاب شده است. بیکر برای محاسبه قدرت خنک کنندگی محیط (cp) از رابطه زیر استفاده کرده است.

$$\text{رابطه ی (۱)} \quad \text{mcal/cm}^2/\text{Sec} \quad (t) \\ Cp = (0.26 + 0.34 \times V^{0.732}) \times (36/5)$$

در رابطه فوق:

V: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

t: معدل دمای روزانه بر حسب درجه سلسیوس است. در رابطه (۱) قدرت خنک کنندگی محیط با توجه به اختلاف بین دمای بدن و دمای هوا بر حسب  $\text{mcal/cm}^2/\text{Sec}$  نشان داده شده است. بیکر درجات خنک کنندگی محیط و آستانه‌های تحریک بیو کلیمای انسانی (آسایش انسان) را به صورت جدول (۴) ارائه کرده است.

جدول ۴- درجات قدرت خنک کنندگی محیط و آستانه‌های بیوکلیمایی بر حسب روش بیکر

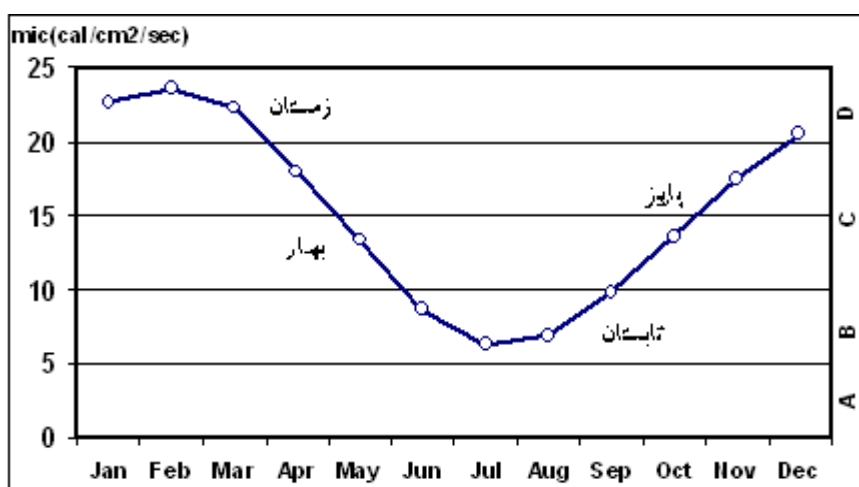
شماره محدوده	میزان CP	شرایط محیطی	شرایط بیوکلیمای انسانی
A	۴-۰	داغ، گرم، شرجی و نامطبوع	فشار بیوکلیمایی
B	۹-۵	گرم قابل تحمل	محدوده آسایش بیوکلیمایی
C	۱۹-۱۰	ملاهم و مطبوع	محدوده آسایش بیوکلیمایی
D	۲۹-۲۰	خنک	تحریک ملاهم
E	۳۹-۳۰	سرد و کمی فشار دهنده	تحریک متوسط تا شدید
F	۴۹-۴۰	خیلی سرد	به طور متوسط آزار دهنده
J	۵۹-۵۰	سرد نامطبوع	به شدت آزار دهنده

استفاده از داده‌های اقلیمی جدول (۱) و به کمک شاخص بیکر مقدار خنک‌کنندگی محیط در ماه‌های مختلف سال برای شهر شیراز محاسبه و به صورت جدول (۵) تنظیم شده است.

بر اساس جدول (۴) در روش بیکر چنانچه مقدار cp کمتر از ۵ و یا بیشتر از ۲۰ باشد؛ فشار بیو‌کلیمایی وجود خواهد داشت. در حالت اول به دلیل درجه حرارت زیاد شرایط نامطلوب ایجاد می‌شود و در حالت دوم به دلیل برودت محیط، شرایط عدم آسایش بوجود می‌آید. با

جدول ۵- میزان cp برای ماه‌های مختلف سال در شهر شیراز (بر حسب میکرو کالری بر سانتیمتر مربع)

آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
۲۰/۵۲	۱۷/۵۱	۱۳/۶۳	۹/۸۱	۶/۹۳	۶/۳۲	۸/۷	۱۳/۳۳	۱۷/۹۹	۲۲/۳۳	۳۳/۶۴	۲۲/۶



شکل ۲- روند ماهانه تحریکات زیست اقلیم انسانی شهر شیراز

مطبوع که محدوده‌ی شرایط آسایش زیست اقلیمی است تغییر می‌یابد (محدودی حرف C). در تابستان مقدار cp به شدت کاهش می‌یابد بطوری که مقدار آن در ماه‌های تیر و مرداد به ۶/۳ و ۶/۹ میکرو کالری می‌رسد در نتیجه شرایط محیطی شهر شیراز گرم قابل تحمل بوده و در محدوده آسایش زیست اقلیمی قرار دارد (محدوده حرف B).

در فصل پاییز، میزان قدرت خنک‌کنندگی محیط افزایش می‌یابد و مقدار cp در ماه‌های مهر و آبان به ترتیب به ۱۳/۶ و ۱۷/۵ میکروکالری می‌رسد در نتیجه شرایط

بر اساس ارقام به دست آمده در جدول (۵)، نمودار روند ماهانه تحریک بیو‌کلیمایی شهر شیراز ترسیم شده است. بررسی شکل (۲) آشکار می‌سازد که در دوره سرد سال، طی ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند که محدوده آن با حرف D نشان داده شده است؛ مقدار cp شیراز بیش از ۲۲ میکرو کالری بر سانتیمتر مربع در ثانیه است که نشان دهنده‌ی تحریک ملایم زیست اقلیم انسانی ناشی از خنکی و سرمای فصل زمستان است. با آغاز بهار بتدریج از مقدار cp کاسته می‌شود، به گونه‌ای که شرایط محیطی از حالت تحریک و فشار نسبی به حالت شرایط ملایم و



زیر شاخص فراهم شده است توپای (۲۰۰۷). این زیر شاخصها عبارتند از:

- شاخص آسایش روزانه (CID): برای محاسبه این زیر شاخص از متغیرهای حداکثر دمای روزانه و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه استفاده شده است. این زیر شاخص شرایط آسایش گرمایی را در مواقعی که حداکثر فعالیت محیطی وجود دارد؛ نشان می‌دهد و سهم آن در (TCI)، ۴۰ درصد است. برای اندازه‌گیری آسایش حرارتی از متغیرهای دما و رطوبت بر مبنای نمودار ضریب راحتی، شکل (۳) استفاده شده و ارقام آن از محل تقاطع دما و رطوبت نسبی به دست می‌آید (میسزکوفسکی، ۱۹۸۵). در شاخص آسایش، مساعدترین و بهینه‌ترین منطقه از لحاظ آسایش گرمایی محدوده بین ۲۷-۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰-۳۰ درصد می‌باشد که مقدار (TCI) آن با ارزش ۵ مشخص می‌شود.

- شاخص آسایش شبانه روزی (CIA): متغیرهایی که در این زیر شاخص استفاده می‌شوند شامل میانگین دمای روزانه و میانگین رطوبت نسبی روزانه می‌باشند. این شاخص چون شرایط آسایش حرارتی را در کل شبانه روز نشان می‌دهد حتی در مدتی که افراد در حال استراحت هستند، اهمیت کمتری نسبت به شاخص قبلی دارد و فقط سهم ۱۰ درصدی در (TCI) دارد. برای محاسبه شاخص آسایش ۲۴ ساعته از متغیرهای میانگین روزانه دما و میانگین رطوبت نسبی روزانه بر مبنای نمودار ضریب راحتی شکل شماره ۳ استفاده می‌شود (میسزکوفسکی، ۱۹۸۵). در مجموع می‌توان گفت که سهم دو شاخص (CID) و (CIA) در مقدار (TCI) یک منطقه ۵۰ درصد است.

محیطی شیراز با تغییر به آب و هوای ملایم و مطبوع، در محدوده آسایش انسانی قرار می‌گیرد (محدودی حرف C).

نتایج حاصل از شاخص بیکر نشان می‌دهد که فصول بهار و پاییز مناسب‌ترین زمان برای فعالیت‌های گردشگری در شیراز است.

#### شاخص زیست اقلیمی TCI

شاخص اقلیم توریستی (TCI) بوسیله میسزکوفسکی<sup>۱</sup> ابداع شده است. این شاخص ترکیبی، عناصر اقلیمی را که بیشترین ارتباط را با کیفیت تجربه توریستی برای غالب توریست‌ها دارد، به طور سیستماتیک بررسی می‌کند. امتیاز روش (TCI) نسبت به سایر روش‌ها این است که این شاخص از کلیه متغیرهای مهم اقلیمی یعنی دما، رطوبت، بارش، باد و ساعات آفتابی که مجموعه شرایط حرارتی بدن انسان را کنترل می‌کنند، در ارتباط با فعالیت‌های محیطی استفاده می‌کند، ساری صراف (۱۳۸۹).

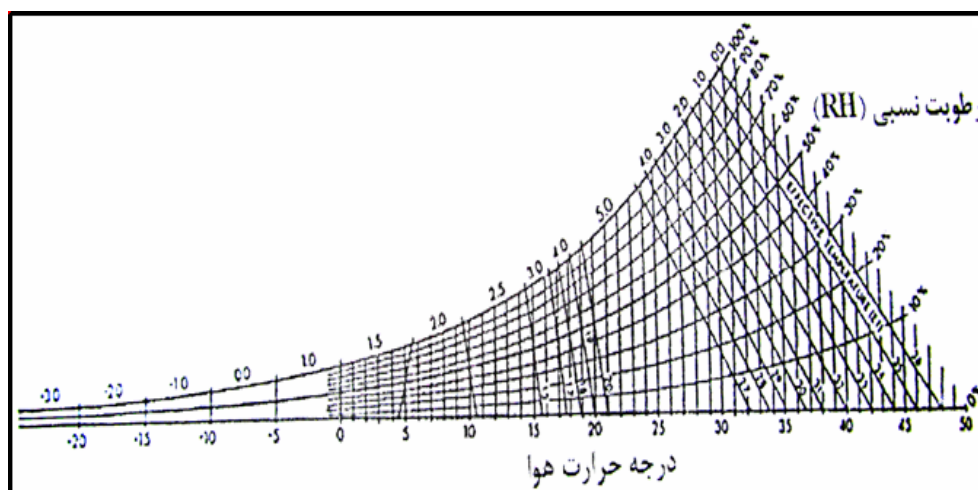
در این شاخص به علت محدودیت داده‌های هواشناسی، تعداد متغیرهای مورد استفاده به ۷ مورد کاهش یافته است. این متغیرها عبارتند از: میانگین حداکثر ماهانه دمای روزانه، میانگین دمای روزانه، حداقل رطوبت نسبی روزانه (به درصد)، میانگین رطوبت نسبی، بارش (mm)، ساعات آفتابی و میانگین سرعت باد (m/s یا km/h).

این ۷ متغیر تشکیل ۵ زیر شاخص را در (TCI) می‌دهند. با یک سیستم رتبه دهی استاندارد که میزان آن از ۵ (مقدار مطلوب و ایده آل) تا ۳- (فوق العاده نامطلوب و نامساعد) است، پایه عمومی و کلی برای اندازه‌گیری هر

کننده و عدم آسایش دارد. ساعات آفتابی نیز مانند بارش دارای وزن ۲۰ درصدی در (TCI) است. در کل بیشترین نور آفتاب، بیشترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد. در فرمول (TCI) از متغیر میانگین ساعات آفتابی در روز) تقسیم میانگین ماهانه ساعات آفتابی بر تعداد روزهای هر ماه) استفاده می‌شود و برای تعیین رتبه از جدول مربوطه استفاده می‌گردد، میسزکوفسکی (۱۹۸۵).

- بارش (P): بارش بطور کلی اثری منفی در تفریحات و فعالیت‌های محیطی دارد. در سیستم رتبه دهی، با افزایش بارش، مقدار رتبه آن کاهش می‌یابد که تأثیر منفی افزایش بارش را در لذت، تفریح و آسایش اقلیمی افراد نشان می‌دهد. سهم این زیر شاخص در (TCI) ۲۰ درصد است.

- ساعات آفتابی (S): بطور کلی نور خورشید در فعالیت‌های محیطی اثر مثبت دارد اما در اقلیم داغ اثر ناراحت



شکل ۳- نمودار سایکرومتریک شاخص آسایش حرارتی بر اساس دمای مؤثر (ASHRAE, 2001)

بندی باد برای (TCI) در نظر گرفته شده است، میسزکوفسکی (۱۹۸۵).  
برای محاسبه شاخص اقلیم توریستی، متغیرهای یاد شده از جدول (۱) استخراج شده سپس با توجه به اهمیت نسبی شان در آسایش محیطی وزن دهی و رتبه بندی می‌شوند و مقادیر زیر شاخص‌ها به دست می‌آید و در نهایت، در رابطه (۲) قرار می‌گیرند تا مقدار (TCI) محاسبه شود جدول (۶).

$$\text{TCI} = 2(\xi \text{CID} + \text{CIA} + 2\text{P} + 2\text{S} + \text{W}) \quad \text{رابطه ی (۲)}$$

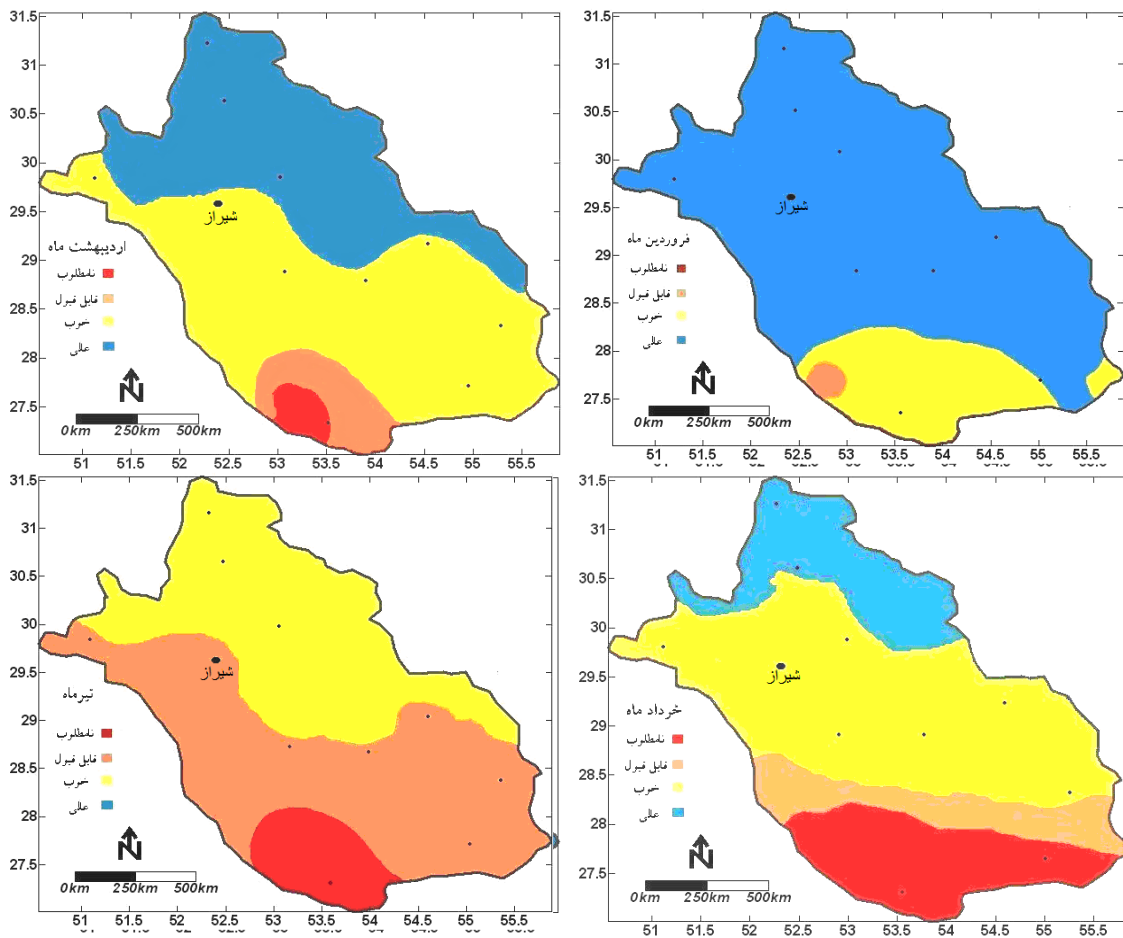
- جریان هوا، میانگین سرعت باد (W): اثر این متغیر بستگی به دمای هوا دارد. در اقلیم داغ به علت تبخیر و خنک‌کنندگی دارای اثر مثبت است ولی در اقلیم سرد به علت اثر خنک‌کنندگی باد تأثیر منفی در آسایش دمایی انسان دارد. همچنین هر چه قدر سرعت باد افزایش یابد باعث افزایش عدم آسایش می‌شود و به عنوان یک عامل منفی در امر فعالیت‌های محیطی رتبه آن در فرمول (TCI) کمتر می‌شود. با توجه به اثرات متفاوت باد در احساس آسایش اقلیمی در مناطق مختلف، ۴ نوع سیستم رتبه

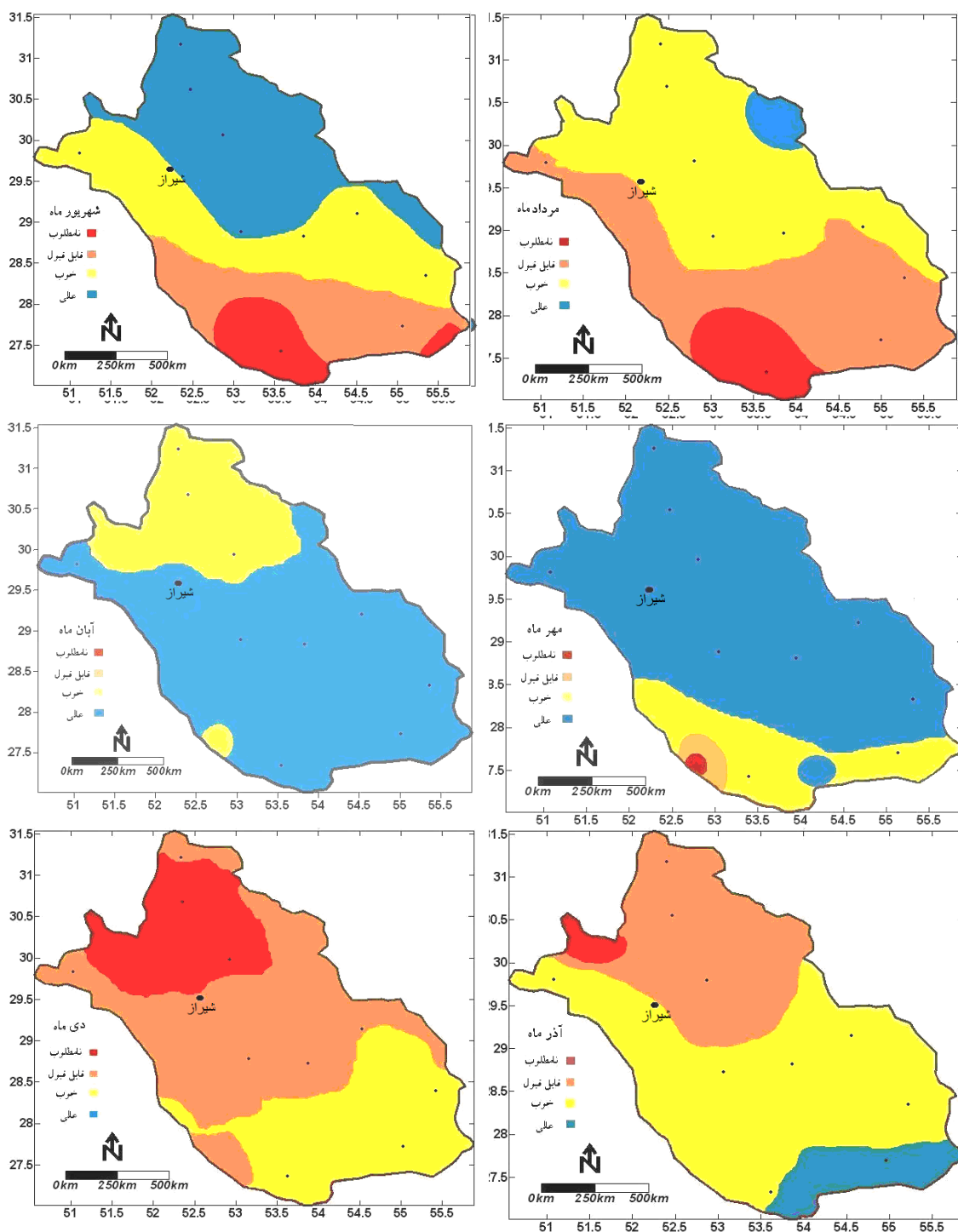
جدول ۶- رتبه‌های مربوط به مؤلفه‌های مؤثر بر شاخص اقلیم گردشگری شهر شیراز

مؤلفه‌ها / ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
R	۲/۵	۳/۵	۳/۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴/۵	۳
S	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵	۵	۵	۴/۵	۴	۳/۵
W	۴	۴	۴	۳	۵	۰	۰	۰	۰/۵	۴	۳/۵	۳/۵
CLA	۲	۲	۲/۵	۳	۵	۳	۱/۵	۱/۵	۳	۴/۵	۲/۵	۲
CID	۲/۵	۲/۷۵	۳/۷۵	۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۴/۵	۴

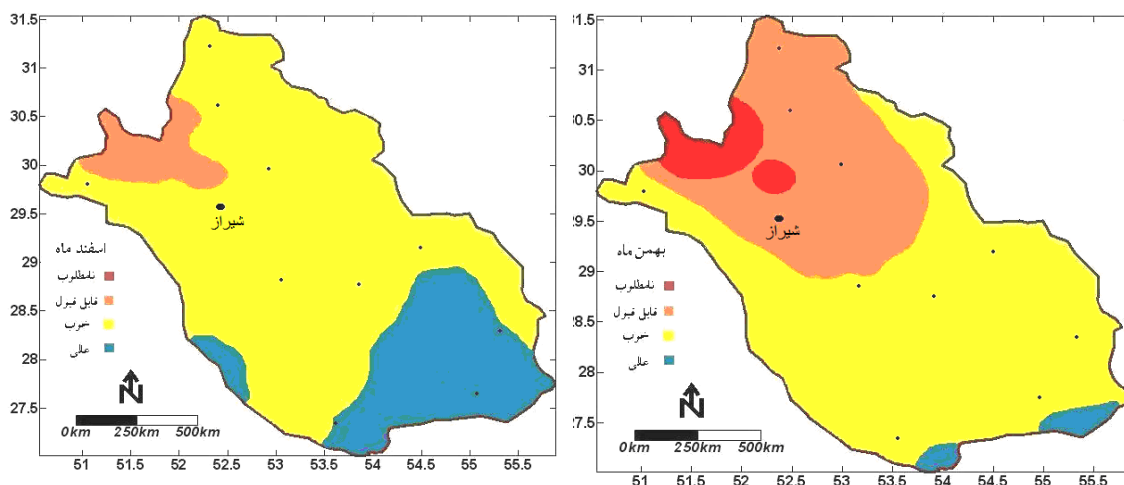
اردیبهشت، خرداد، شهریور، آذر، و اسفند با قرار گرفتن در گروه رتبه توصیفی خوب از شرایط نسبتاً مناسبی برای فعالیت‌های محیطی برخوردار هستند. طی ماه‌های دی، بهمن، تیر و مرداد شهر شیراز با داشتن رتبه توصیفی قابل قبول از شرایط مناسبی برای آسایش انسانی برخوردار نیست شکل (۴) و جدول (۷).

نتایج حاصل از ارزیابی و پهنه بندی شاخص اقلیم گردشگری برای استان فارس و شهر شیراز طی ماههای مختلف سال نشان می دهد که ماههای فروردین، مهر و آبان بهترین وضعیت اقلیمی (رتبه توصیفی عالی) را از نظر آسایشی دارند. بر این اساس بهترین فصول گردشگری در شهر شیراز اوایل بهار و نیمه اول پاییز است. ماه‌های





شکل ۴- پهنه بندی آسایش اقلیمی استان فارس با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI) برای بهار و تابستان



ادامه شکل ۴- پهنه بندی آسایش اقلیمی استان فارس با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI) برای پاییز و زمستان

جدول ۷- مقادیر ماهانه (TCI) شهر شیراز

عناصر/ ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
TCI	۵۵	۵۸	۶۹	۸۴	۶۶	۶۱	۵۷	۵۸	۶۱	۸۰	۸۲	۶۹
رتبه توصیفی	قابل قبول	قابل قبول	خوب	عالی	خوب	خوب	قابل قبول	قابل قبول	خوب	عالی	عالی	خوب

گرم	۲۲/۲ تا ۲۵/۶
آسایش	۱۷/۸ تا ۲۲/۲
خنک	۱۵/۵ تا ۱۷/۸
خیلی خنک	۱/۶۷ تا ۱۵/۵
سرد	۱/۶۷ تا -۱۰
خیلی سرد	-۱۰ تا -۲۰
بسیار سرد	< -۲۰

شاخص دمای مؤثر (Temperature effective)

مبنای این روش نیز بر استفاده از دمای هوا و رطوبت قرار دارد و با کمک این دو پارامتر امکان بررسی وضعیت آسایش اقلیمی فراهم می‌شود. دمای مؤثر با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ET = T - .4(T - 10)\left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (3)$$

در این رابطه T: دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد، RH: رطوبت نسبی بر حسب درصد و ET: مقدار دمای مؤثر است.

جدول ۸- آسایش انسان بر اساس دمای

مؤثر (محمدی، ۱۳۸۶)

ضریب راحتی	دمای مؤثر بر حسب سانتیگراد
بسیار گرم	>۳۰
شرجی	۲۷/۵-۳۰
خیلی گرم	۲۵/۶ تا ۲۷/۵

بر اساس ضرایب آسایش انسانی در این روش جدول (۸)، طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهر شهر شیراز در شرایط آسایش قرار دارد. طی ماه‌های تیر و مرداد شیراز دارای شرایط گرم بوده و در خارج از محدوده آسایش است. در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین، آبان و آذر نیز با داشتن شرایط خیلی خنک، شیراز از محدوده آسایش فاصله می‌گیرد جدول (۹).

جدول ۹- وضعیت آسایش اقلیمی بر اساس دمای مؤثر در شهر شیراز

آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	ماه □ پارامتر
۹/۳	۱۳/۵	۱۷/۸	۲۱/۴	۲۳/۶	۲۳/۵	۲۱/۳	۱۸/۱	۱۴/۱	۱۰/۹	۷/۸	۷/۱	مقدار دمای مؤثر
خیلی خنک	خیلی خنک	آسایش	آسایش	گرم	گرم	آسایش	آسایش	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	وضعیت آسایش

## شاخص فشار عصبی

یکی از روش‌های تعیین دمای مؤثر استفاده از شاخص فشار عصبی است که هدف آن تشریح درجات آسایش با استفاده از عنصر دما، رطوبت و باد است، محمدی (۱۳۸۷). شاخص فشار عصبی برای دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I = (0.05 + U^2 \times 10 - 4) (T - 80 + 0.11U)$$

در رابطه فوق I: شاخص دمای مؤثر، T: دما بر حسب فارنهایت و U: رطوبت نسبی به درصد است.

جدول ۱۰- درجه‌بندی ضرایب آسایش حاصل از فرمولهای تعیین شاخص فشار عصبی

اقلیم سرد (دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد)		اقلیم گرم (دماهای بیشتر از ۲۰ درجه سانتیگراد)	
ضریب آسایش (H)	آهنگ سرمایش	ضریب آسایش (CI)	آهنگ گرمایش
۳۹۶-۵۴۰	خنک	کمتر از -۵	خنک با شرایط عدم آسایش
۵۴۱-۷۹۰	خیلی خنک	کمتر از -۵ تا -۱	خنک
۷۹۱-۹۹۹	سرد	۰	آسایش
۱۰۰۰-۱۱۹۹	خیلی سرد	بین ۱ تا ۵	گرم با شرایط آسایش
۱۲۰۰-۱۴۳۹	سرمای گزنده	بین ۶ تا ۱۰	گرم با شرایط عدم آسایش
۱۴۴۰ و بیشتر	سطح پوست به سرعت یخ می‌زند.	بین ۱۱ تا ۱۵	شرایط عدم آسایش زیاد

برای محاسبه شاخص فشار عصبی شهر شیراز در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر که میانگین دما بیش از ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است، از رابطه‌ی (۴) و طی ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین، آبان و آذر که میانگین دما از ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کمتر است، از

شاخص فشار عصبی برای دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

(۵)

$$+9-V)(33-T)^{0.5}H=(10/9V$$

در رابطه فوق H: قدرت خنک‌کنندگی بر حسب  $Kcalhr^{-1}m^{-2}$ ، T: دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد و V: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه است جدول (۱۰).

رابطه‌ی (۵) استفاده شده است. بر اساس جدول (۱۱) که ضرایب آسایش انسانی شیراز را بر حسب شاخص فشار عصبی نشان می‌دهد در ماه‌های خرداد تا شهریور شرایط آسایش وجود دارد. اردیبهشت و مهر شرایط آسایش خنک دارند. ماه‌های فروردین و آبان ضریب آسایش

خیلی خنک دارند. در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و آذر گرم با شرایط آسایش را داراست. ضریب آسایش سرد است و بالاخره مرداد ماه ضریب

جدول ۱۱- وضعیت ضریب آسایش اقلیمی شهر شیراز بر اساس فرمولهای تعیین شاخص فشار عصبی

پارامتر / ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
مقدار ضریب	CI				-۱/۲	۰/۲	۰/۸	۰/۹	۰/۲۳	-۱/۱		
	H	۹۱۷/۶	۹۰۷/۲	۷۹۳/۱	۶۴۸/۲						۶۲۸/۴	۸۲۷/۳
شاخص فشار عصبی	سرد	سرد	سرد	خیلی خنک	خنک	آسایش	گرم با آسایش	گرم با آسایش	آسایش	خنک	خیلی خنک	سرد

جدول ۱۲- مقایسه ضریب آسایش شهر شیراز بر اساس شاخص‌های زیست اقلیمی

ماه / شاخص	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی
بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع	مطبوع	گرم	گرم	مطبوع	مطبوع	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	ترجوتنگ
سرد	خیلی خنک	خنک	آسایش	آسایش	گرم با آسایش	گرم با آسایش	آسایش	خنک	خیلی خنک	سرد	سرد	فشار عصبی
خنک (تحریک ملایم)	محدوده آسایش	مطبوع	آسایش	آسایش	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	گرم قابل تحمل	مطبوع	مطبوع	خنک (تحریک ملایم)	خنک (تحریک ملایم)	بیکر
خوب	عالی	عالی	خوب	خوب	قابل قبول	قابل قبول	خوب	خوب	عالی	خوب	قابل قبول	TCI
خیلی خنک	خیلی خنک	آسایش	آسایش	گرم	گرم	آسایش	آسایش	آسایش	خیلی خنک	خیلی خنک	خیلی خنک	دمای مؤثر

بخشهای کشاورزی، صنعتی و نیز جاذبه‌های تاریخی، فرهنگی، مذهبی و طبیعی فراوان همواره گردشگران بسیاری را به سوی خود فرا می‌خواند.

این پژوهش نشان داد که شاخصهای زیست اقلیمی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایش شیراز را دارند و ابزار سودمندی برای تحلیل و معرفی اوقات مطلوب و نامطلوب برای فعالیت‌های گردشگری در این شهر هستند.

ارزیابی آسایش انسانی شیراز با استفاده از شاخصهای زیستی اقلیمی بیکر، ترجوتنگ، فشار عصبی، دمای مؤثر و (TCI) آشکار نمود که اولاً شرایط بیوکلیمایی این شهر در طول سال از تنوع نسبتاً زیادی برخوردار است و از شرایط گرم تا بسیار خنک متغیر است؛ ثانیاً با وجود تفاوت‌های

بررسی نتایج حاصل از این پژوهش و مقایسه آن با تحقیقات پیشین، ضمن تایید بسیاری از نظرات محققین قبلی آشکار نمود که شهر شیراز با داشتن استعدادهای فراوان گردشگری دارای دو دوره اوج آسایش زیست اقلیمی در بهار و اوایل پاییز است. تجربه آب و هوای شیراز در طول سال و مقایسه آن با نتایج جدول شماره-۱۲) نشان می‌دهد که دو شاخص ترجوتنگ و دمای مؤثر کارایی بیشتری برای تبیین شرایط مناسب گردشگری این شهر ارائه می‌دهند.

### نتیجه‌گیری

شیراز مرکز استان فارس، یکی از کلانشهرهای ایران و از مهمترین شهرهای گردشگری کشور است. این شهر با داشتن توانهای محیطی قابل بهره برداری بسیار در

جزئی، همه شاخص‌ها نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی شهر شیراز ارائه می‌دهند  
 بررسی و مقایسه شاخصها نشان داد که از نظر زمانی، در اردیبهشت، خرداد و مهر بهترین شرایط آسایشی برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در شیراز فراهم است. در دوره سرد سال (آبان تا فروردین)، شیراز با داشتن هوای بسیار خنک تا سرد از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و طی ماههای تیر و مرداد شرایط بیوکلیمایی گرمی و نامطلوبی دارد. در مجموع بهار با شرایط منحصر بفرد آسایش انسانی، بهترین فصل برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در شیراز است.

#### منابع

اصفهان، شماره ۱، صص ۱۸۶-۱۷۱.  
 ذولفقاری، حسن (۱۳۸۶)، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV) پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۴۱-۱۲۹.  
 رازجویان، محمود (۱۳۷۵)، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی تهران.  
 سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان فارس (۱۳۸۲)، طرح ساماندهی گردشگری درون شهر شیراز با هدف ماندگاری بیشتر گردشگران، دفتر اول سازمان هواشناسی استان فارس، آمار روزانه عناصر اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شیراز و کلیماتولوژی در سالهای ۱۹۵۰-۲۰۱۰ میلادی». صص ۸۸-۶۳.  
 ساری صراف، بهروز و جلالی، طاهره (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی کلیماتوریسم منطقه ارسباران با استفاده از شاخص (TCI) مجله فضای جغرافیایی، شماره ۳۰، صص ۸۸-۶۳.  
 سلیقه، محمد (۱۳۸۳)، مدل‌سازی مسکن همساز با اقلیم شهر چابهار، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، صص ۱۷۰-۱۴۴.  
 شاه بختی، م.، شفیع‌زاد (۱۳۸۹)، تحلیل شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان در شهر بابل، دومین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، صص ۶۳-۵۹.  
 عساکره، حسین و موحدی، سعید (۱۳۷۰)، تعیین دمای مؤثر جهت طراحی اقلیمی در مناطق شمالی و جنوبی خوزستان، سپهر، شماره ۲۳.  
 فرج زاده، م و احمد آبادی، ع (۱۳۸۸)، ارزیابی و پهنه بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم

بذریاش، رملکی، ح. حسینی، ع (۱۳۸۷)، بررسی آسایش حرارتی در فضای آزاد جهت اکوتوریسم در شهرستان بابل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۰، صفحات ۹۳ تا ۱۰۸.

پابنده، نصرالله و زکی، غلامرضا (۱۳۸۴)، محاسبه دمای مؤثر استاندارد با طراحی نرم افزار سلامت، مطالعه موردی: محاسبه دمای مؤثر ۱۳۰ ایستگاه سژنوپتیک کشور پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۷، صص ۹۲-۷۳.

جهانبخش، س (۱۳۷۷)، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیازهای حرارتی ساختمان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۸، صص ۶۸.

حسینی، ع (۱۳۸۱)، مطالعه جامع گردشگری استان فارس صص ۱۰.

خوشحال، جواد- غازی، ایران و آرمین، عباسعلی (۱۳۸۵)، استفاده از گروه بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست اقلیم انسانی (مطالعه موردی اصفهان)، مجله پژوهشی



- Bouden C., Ghrab N. 2005, An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context: A field study result; *Energy and Buildings*, Vol. 37.
- Farajzadeh, M. and Matzarakis, A. 2009, Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. *Meteorological Applications*, 16: 545-555. doi: 10.1002/met.150
- Givoni, Baruch, 1997, *Climate consideration in building and urban design*, Wiley, New York.
- Hamilton M., Daviad J., Maddison, J., Richards, J., Tol, 2005, climate change and international tourism: A simulation study. *Global Environmental Change* 15: pp253-266
- Hartz Donna A., Brazel Anthony J., Heisler Gordon M., 2006, A case study in resort climatology of Phoenix, Arizona, USA, *International Journal of Biometeorology*, Vol 51: 73-83.
- Hounam, C.E. 1967, Meteorological factors affecting comfort with special reference to Alice Springs, Australia, *International journal of biometeorology*, vol., 11, n.2, July.
- Lin Tzu -Ping, Matzarakis Andreas, 2008, Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan, *International Journal of Biometeorology*, Vol. 52, 281-290.
- Mieczkowski, Z. و 1985 The tourism climatic index a methods of evaluation of world climate for tourism, *Canadian Geographer*, 29(3) wan. *International Journal of Biometeorology* 52, 281-290.
- Morillon-Galvez D., Saldana-Flores R., 2004; Tejeda-Martinez A. *Human bioclimatic atlas for Mexico; Solar Energy*, Vol. 76.
- Terjung, W.H. 1968, World Patterns of the Monthly Comfort Index. *International journal of biometeorology*, vol., 12, n.2, pp. 119-123, 141.
- Topay, M. و 2007, The importance of climate for recreational planning in rural areas: case study of Mugla province. In proceedings of the First International Workshop on climate, tourism and recreation, [www.mif.uni-freiburg.de/isb](http://www.mif.uni-freiburg.de/isb).
- Toy S., Yilmaz S., Yilmaz h., 2007; Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of گردشگری (TCI)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱، بهار، صص ۳۱-۴۲.
- کاویانی، م (۱۳۷۲)، بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸.
- کسمایی، م (۱۳۷۲)، پهنه بندی اقلیمی ایران- مسکن و محیط‌های مسکونی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- محمدی، ح (۱۳۸۶) آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم
- محمدی، ح و سعیدی، ع (۱۳۸۷)، شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان مطالعه موردی شهر قم، مجله محیط شناسی، سال ۳۴، شماره ۴۷.
- محمودی، پیمان (۱۳۸۷)، گردشگری و تعیین محدوده ی آسایش اقلیمی آن در شهرستان مریوان با استفاده از شاخص‌های دمای مؤثر و تنش تجمع‌ی، رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۲، صص ۴۹-۴۴.
- ناظم السادات، سید محمود و مجنون هریس، ابوالفضل (۱۳۸۶) مطالعه میزان شرایط آسایش انسانی در شرایط آب و هوایی مختلف، نواحی شهری شیراز، بندرعباس، بیرجند و اردبیل، مجله محیط شناسی، شماره ۳۴، صص ۸۰-۷۱.
- صفایی پور، م (۱۳۸۹) بررسی تاثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری: مطالعه موردی شهر لالی، فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال اول، شماره ۲، صص ۱۰۳-۱۱۶.
- Ashrae, 2001, *Ashrae Fundamentals Handbook*, American Society Heating refrigerating and Air conditioning Inc. Atlanta.
- Bogda M., Prucnal-O., 2003, Choice of thermal index for architectural design with climate in Nigeria; *Habitat international*, 44.

in Erzurm-Rize expressway corridor using GIS, Building and Environment, Vol. xxx, (xx-xx), Article in Press

Erzurum, Turkey; Building and Environment, Vol. 42.

Zengin Murat, Kopar Ibrahim, Karhan Faris, 2009, Determination of bioclimatic comfort

## The Effective Bioclimatic Indices on Evaluating Human Comfort (A Case Study: Shiraz City)

M. Safaeipoor, M. Shabankari, T. Taghavi

Received: July 15, 2011/ Accepted: April 8, 2012, 47-52 P

### Extended Abstract

#### 1- Introduction

Knowing climatic potentials as the background of human activities, constitutes the base for most of the environmental planning and logistics of land; therefore, the majority of the planning of urban development, construction, habitat, architectural, and tourism expansion is perfectly assured when it is accompanied by weather cognition and the use of its various potencies. The most ancient studies and models for knowing and for the degree of influence of climatic elements on human organism along with its bioclimatic diagrams have been done by Bogda in Nigeria (2003) who compared different indices with each other such as Mahani (Evanza) indices, bioclimatic diagram,

and the effective temperature. Morillon-Galvez (2004) provided a human bioclimatic atlas Mexico by analyzing given climatic data based on indices of (Olgay and Givoni). Bouden and Grab (2005) also examined thermal comfort in five cities of Tunisia in two regions. Toy and colleagues (2007) studied and determined the bioclimatic comfort in three different land uses, urban, rural, and urban-sylvan region, in the city of Erzurum in Turkey. In recent years, studies have been done in resort climatology of Arizona in USA by Hartz and colleagues (2006), thermal comfort in Sun Moon Lake by Lin and Matzarakis (2008), and determination of bioclimatic comfort in Erzurum-Rize expressway corridor by using Geographical Intelligence System (GIS) by Zengin and colleagues (2009).

The bulk of studies done in the context of evaluating the bioclimatic of Iran embody various subjects. Some of these studies have investigated the evaluation of only bioclimatic and human comfort conditions, such as Kaviani

---

#### Author(s)

M. Safaeipoor (✉)  
Associate Professor of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran  
email: safae\_85@yahoo.com

M. Shabankari  
Assistant Professor of Climatology, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

T. Taghavi  
M.A. of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

(1372), Jahanbakhsh (1377:68), Zolfaghari (1386:129), Mohammadi and Saeedi (1387:45), Mahmoodi (1387:44) and Nazemosadat and Majnoni Haris (1387:71). Another group of studies has evaluated bioclimatic of building by indexes of Mahani, Givoni, and Terjung. Some of them are Movahedi and Asakereh (1370), Najari Salyghe (1383:144), (Khoshhal: 1385) and Shahbakti and Shafiee (1389:59-63). The other group of studies also investigates bioclimatic of Iran in relation with tourism activities, such as Bazrpash and colleagues (1387:94), Sari Sarraf (1389:63), Farajzadeh and Ahmadi (1389:31-42), and Farajzadeh and Matzarakis (2009:545).

## 2- Data and Methodology

In the present study, monthly given data of climatic elements of Shiraz with 39-yearly statistical period (1971-2009) and with the help of models and bioclimatic indexes of Terjung, Baker, effective temperature, neurotic pressure, and TCI have been evaluated and the best time (months) for planning the environmental activities have been determined in order to reveal the best conditions for human comfort during a year.

## 3- Discussion

Since Shiraz, one of the biggest and most populated cities of Iran, has been considered as one of the biggest tourism-industrial poles, the present study while using the most reliable empirical models tries to analyze the bioclimatic conditions of Shiraz from two perspectives: its thermal qualities, and its physiological

influences, and a suitable model has been offered for determining the degree of comfort, or the lack of comfort in the studied region during days, months, years, and seasons.

Terjung index reveals that Shiraz during months of January, February, March, April, November, and December has very cool physiological conditions. Months of July and August have hot bioclimatic conditions. Physiological conditions are moderate during months of May, June, September, and October. In the method of Baker, during cold period of the year (months of December, January, February, March) moderate changes of human bioclimatic as a result of cool and cold weather is observed in Shiraz. Environmental conditions in spring change from relative stimulus and pressure to moderate and mild conditions. Environmental conditions during summer are tolerable, and in spring because of having moderate, mild weather, they are suitable for human comfort.

The results of analyzing Tourism Climate index (TCI), show that months April and November have the best climatic condition (the excellent degree) for comfort. The months of December, January, February, March by sitting in the group of good degree have the relative appropriate conditions for environmental activities. Shiraz is not suitable for tourism activities during the months of June until September because of its low degree and the lack of conditions for comfort.

There are conditions of comfort in neurotic pressure index during the months of June until October. May and October have cool conditions of comfort

while the months of April and November have very cool coefficient of comfort. Coefficient of comfort is cold during the months of January, February, March, and December, and finally August has warm coefficient with conditions of comfort. In Effective Bioclimatic Indexes during the months of May until October conditions of comfort while the months of July and August have warm conditions and the other months have very cool conditions.

The study and comparison of indexes reveal that the best conditions of comfort for environmental activities in Shiraz from time perspective are in May, June, and October. During the cold period of every year (from November to April), Shiraz is excluded from the limits of bioclimatic comfort because of its very cool bioclimatic conditions. It also has warm and unfavorable bioclimatic conditions during July and August. As a whole, spring with its unique conditions for human comfort is the best season for environmental and tourism activities in Shiraz.

#### 4- Conclusion

The analysis of human comfort by using bioclimatic indexes reveals that bioclimatic index of Shiraz mostly has a wide range of variety during the year and changes from warm conditions to very cool conditions. Despite trivial differences, all indexes present the same aspects of climatic comfort of Shiraz.

The analysis and comparison of bioclimatic indexes reveal that from time perspective the best conditions for environmental activities Shiraz is in May, June, September and October. During cold period of year (from December to

March), Shiraz is excluded from the limits of bioclimatic comfort because of its very cool bioclimatic conditions. It also has warm and unfavorable bioclimatic conditions during July and August. As a whole, spring with its unique conditions for human comfort, is the best season for environmental and tourism activities in Shiraz.

**Key words:** Bio-climatic comfort, Terjung, Baker, Neurotic strain, TCI, Effective temperature

#### References

- Asakereh, Hossein and Movahedy, Saeed, 1990, Determination effective temperature for climatic planning in northern and southern regions province of Khouzestan, *Sepehr Journal*, No. 23.
- Ashrae, 2001, *Ashrae Fundamentals Handbook*, American Society Heating refrigerating and Air conditioning Inc. Atlanta.
- Bazrpash, R., Maleki, H., Hossini, A., 2009, Study effective bioclimatic in free space for ecotourism in Babolsar urban, *Geographical research Journal*, No. 90, 93-108.
- Bogda M., Prucnal-O, 2003, Choice of thermal index for architectural design with climate in Nigeria; *Habitat international*, 44.
- Bouden C., Ghrab N. 2005, An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context: A field study result; *Energy and Buildings*, Vol. 37.
- Farajzadeh Hassan, Matzaralis Andreas, 2009, Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran, *Meteorological Applications*, No. 16, 545-55.

- Farajzadeh, M. and Ahmadabadi Ali, 2009, Evaluation and Zoning of climate-tourism of Iran with Using (TCI), Geographical research Journal, No. 71, 22-31.
- Farajzadeh, M. and Matzarakis, A. 2009, Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. Meteorological Applications, 16: 545-555. doi: 10.1002/met.150
- Givoni, Baruch, 1997, Climate consideration in building and urban design, Wiley, New York.
- Hamilton M. David  
J. Maddison, richards, j-  
Tol, 2005, climate change and international tourism: A simulation study Global Environmental change 15, pp253-266
- Hartz Donna A., Brazel Anthony J., Heisler Gordon M., 2006, A case study in resort climatology of Phoenix, Arizona, USA, International Journal of Biometeorology, Vol 51: 73-83.
- Hounam, C.E. 1967, Meteorological factors affecting comfort with special reference to Alice Springs, Australia, International journal of biometeorology, vol., 11, n.2, July.
- Jahanbakhsh Saeed, 1998, Evaluation of human bioclimatic of Tabriz and temperature needs of building, Geographical research Journal, paper No, 421.
- Kaviani Mohamad Reza, 1993, Study and zoning map of human bioclimatic of Iran, Geographical research Journal, No. 48, 47-65.
- Khoshhal Javad, Ghazy Iran, Arvin Abasali, 2006, Using cluster grouping in bioclimatic zonation; case study: Esfahan Province, research journal of Esfahan University (humanities). Vol. 20, No. 1, P 171-186.
- Lin Tzu -Ping, Matzarakis Andreas, 2008, Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan, International Journal of Biometeorology, Vol. 52, 281-290.
- Mahmoodi Pyman, 2008, Tourism and comfort bioclimatic threshold in Marivan urban by using effective temperature index, Rashed education geography Journal No. 22.
- Mieczkowski, Z. 1985 The tourism climatic index a methods of evaluation of world climate for tourism, Canadian Geographer, 29(3)wan. International Journal of Biometeorology 52, 281-290.
- Mohamadi Hossin, 2008, Applied climatology, Tehran, university, second edition
- Mohamadi Hossin, Saeydi Ali, 1998, Effective bioclimatic indexes on human comfortable evaluations; study area: Qom urban, environmental study Journal, Vol, 34, No. 47, 73-86.
- Morillon-Galvez D, Saldana-Flores R., 2004, Tejada-Martinez A Human bioclimatic atlas for Mexico; Solar Energy, Vol. 76.
- Nazem Olsadat Seyed Mohamad, Majnoni heris Abolfasl, 2007, The study of human comfortable rate in different climate conditions (study area: Shiraz, Banar Abas, Birjand, Ardebil urban) Environment Study Journal, Vol. 34, No. 48, 71-80.

- Payandeh Nasrollah, Zaki Gholamreza, 2006: Standard effective temperature by Salamat software planning, Geographical research Journal, No57, 73-91.
- Razjoyan Mahmood, 1988, Comfortable conditions with suitable architecture with climate, Shahid Beheshti University Press, Tehran, Iran.
- Salygheh Mohamad, 2002, Modeling of suitable habitat with climate for Chah Bahar urban, Geography and development Journal, No. 36, 1447-170.
- Sari Sarraf Behrooz, Jalali Tahereh 2010, Zoning of clima- tourism of Arasbaran with Using(TCI) geoghraphical space journal of Abhar AzadrUniversity . Vol. 30, P 63-88.
- Shahbakti .M, and Shafii.R, 2010, The analysis of bio-climatic index effective on human comfort in babolsar urban, the second conference Geographical student, p 59,63.
- Terjung,W.H.1968,World Patterns of the Monthly Comfort Index. International journal of biometeorology ,vol.,12,n.2,pp.119-123,141. Topay, M 2007,The importance of climate for recreational planning in rural areas: case study of Mugla province. In proceedings of the First International Workshop on climate, tourism and recreation, [www.mif.uni-freiburg.de/isb](http://www.mif.uni-freiburg.de/isb).
- Toy S., Yilmaz S., Yilmaz h,2007; Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey; Building and Environment,Vol. 42
- Zengin Murat, Kopar Ibrahim, Karhan Faris, 2009, Determination of bioclimatic comfot in Erzurum-Rize expressway corridor using GIS, Building and Environment, Vol. xxx, (xx-xx), Article in Press
- Zolfaghari Hassan, 2007, Determine suitable temporal calendar for recreation in Tabriz using PET and PMV, Geographical research quarterly, No. 62, 129-141.

