

## مقایسه آسایش حرارتی گردشگران در دو شهر آبادان و زنجان با استفاده از شاخص‌های بیوکلیمایی فشار عصبی (CI)، ترجونگ و MEMI

الهام فریدی

گروه جغرافیا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

فریده عظیمی<sup>۱</sup>

گروه جغرافیا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۰

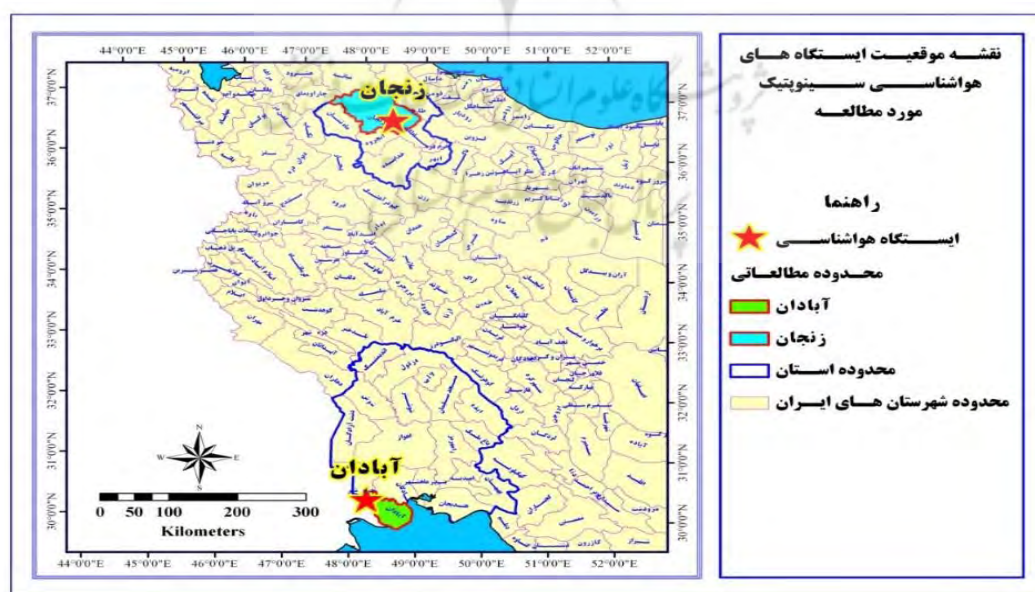
### چکیده

این تحقیق به مقایسه آسایش حرارتی گردشگران در شهرهای آبادان و زنجان با استفاده از شاخص‌های فشار عصبی، ترجونگ و شاخص MEMI پرداخته و از داده‌های هواشناسی این ایستگاه‌های سینوپتیک طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۴-۱۳۹۴) استفاده شده. نتایج شاخص فشار عصبی (CI) نشان می‌دهد: شرایط سرد در هیچ یک از ماه‌های سال در آبادان مشاهده نمی‌شود و هوا در اواخر پاییز و در زمستان خنک است. ضرایب آسایش انسانی زنجان در تابستان نشانگر وضعیت آسایش بو ده، هشت ماه از سال هوا سرد است و چهار ماه آن هوا خیلی خنک و آسایش است. شاخص Terjung شرایط اقلیم روزانه در آبادان برای ماه‌های آذر، بهمن و اسفند حاکمیت شرایط اقلیمی مطبوع و اقلیم شبانه بیشتر نشان دهنده‌ی خنک (ماه فروردین) تا بسیار خنک (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) است؛ مقایسه‌ی شرایط حرارتی روز و شب زنجان نشان می‌دهد که در پاییز و زمستان شرایط حرارتی بسیار خنک، سرد، بسیار سرد و فوق العاده سرد و در تابستان و بهار بسیار خنک بر منطقه استیلا دارد. شاخص MEMI آبادان در ماه‌های دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک در ماه‌های اسفند و آذر در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. با توجه به مدل‌ها مناسب‌ترین زمان برای گردشگر زمستان در آبادان و تابستان در زنجان می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** آسایش حرارتی، گردشگران، شاخص  $C_1$ ، شاخص Terjung، شاخص MEMI آبادان، زنجان.

## مقدمه

یکی از عوامل مؤثر بر آسایش و سلامتی انسان، شرایط اقلیمی است. آب و هوا علت اصلی فصلی بودن پدیده‌ی توریسم است (محمدی و سعیدی، ۱۳۸۷). اسکات و مک بویل<sup>۱</sup> (۲۰۰۱)، با مطالعه ۱۷ ایستگاه از کشور کانادا توانمندی شاخص اقلیم توزیستی را در تعیین اقلیم بر صنعت توریسم کانادا مورد تأکید قرار دادند (Scott & McBoyle, 2001). انجام ارزیابی از شاخص‌های آب و هوا سبب بهبود صنعت گردشگری است و شاخص‌های اقلیمی دیگر که به عامل دما مرتبط هستند، نقش تعیین کننده‌ای در جذب توریسم دارند (De Freitas et al, 2008). تغییر محیط زیست بر سلامتی و آسایش افراد تأثیر می‌گذارد و راحتی در یک فضای باز تحت تأثیر عوامل زیادی است (Deb & Ramachandraiah, 2010). توجه به خرد اقلیم شهری و آسایش حرارتی در توسعه شهری بسیار ضروری است. بنابراین با توجه به آستانه بالا و پایین هر کدام از شاخص‌های مورد مطالعه، می‌توان میزان آسایش اقلیمی را برآورد کرد (Wasim Yahia & Johansson, 2013). خسروی (۱۳۷۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان اثرات اقلیم و تغییرات اقلیمی بر صنعت توریسم، به ارائه اطلاعاتی در رابطه با تأثیر شرایط مطلوب بر صنعت توریسم پرداخته و جهت سهولت کار، توریسم را به دو نوع زمستانی و تابستانی تقسیم بندی نموده است. صالحیان و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقاتشان در مورد رشت به این نتیجه رسیدند که: که منطقه از نظر آسایش اقلیمی، از شرایط سرد تا گرم و شرجی قرار دارد. در این مدل‌ها و شاخص‌ها، رهنمودها و ارزیابی‌های لازم از نظر آسایش و عدم آسایش انسان در مواقع مختلف سال، مناسب با ویژگی‌های و خصوصیات شهر رشت به عنوان ایستگاه مورد مطالعه منطقه‌ی مرطوب ارائه می‌شود. که می‌تواند پایه اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌های عمرانی در این شهر شود. هدف این پژوهش مقایسه آسایش حرارتی گردشگران در دو شهر آبادان و زنجان با استفاده از شاخص‌های فشار عصبی (C<sub>i</sub>)، ترجونگ (Terjung) و شاخص موازنه حرارتی ترمو- فیزیولوژیک MEMI می‌باشد.



شکل ۱. نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مورد مطالعه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

<sup>1</sup> Scott & McBoyle

در این مطالعه آمار هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و زنجان طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۴-۱۳۹۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۱). به منظور مقایسه آسایش حرارتی گردشگران در دو شهر آبادان و زنجان با استفاده از شاخص‌های بیوکلیمایی و داده‌های اقلیمی که از ایستگاه‌های هواشناسی آبادان و زنجان استخراج گردید، و با استفاده از روابط ریاضی و آماری، مدل‌ها و شاخص‌های مختلف زیست-اقلیمی و نرم افزارهای رایانه‌ای به شکل سیستماتیک شرایط آسایشی در شهرهای آبادان و زنجان تجزیه و تحلیل گردید. برای ارزیابی آسایش انسان در دو شهر آبادان و زنجان از شاخص‌ها و مدل‌هایی هم چون فشار عصبی (CI)، ترجونگ (Terjung) و شاخص موازنه حرارتی ترموفیزیولوژیک MEMI استفاده شده است.

## نتایج

### بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی گردشگران

در این پژوهش سعی شد شرایط آسایش حرارتی گردشگران محدوده‌های مطالعاتی، بر اساس شاخص‌های فشار عصبی (CI)، ترجونگ (Terjung) و شاخص موازنه حرارتی ترمو-فیزیولوژیک MEMI با استفاده از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و زنجان مورد ارزیابی قرار گیرد.

### - شاخص بیوکلیمایی فشار عصبی (CI)

این شاخص، نوع فشار فیزیولوژیکی وارده جهت ایجاد آسایش بین جذب و دفع گرما را تعیین می‌کند. میزان جذب و دفع گرما بسته به فعالیت انسان و میزان تغییر سرعت حرارت و رطوبت بدن انسان و محیط تغییر می‌کند. هدف از تعیین این شاخص، تشریح سطح آسایش با استفاده از پارامترهای دما، رطوبت و باد است (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۱) (جدول ۱).

جدول ۱. درجه بندی ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی (CI)

ضرایب آسایش مربوط به دماهای بیشتر از ۲۰ درجه سانتیگراد	ضرایب آسایش مربوط به دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد	ضرایب آسایش (CI)	آهنگ سرمایش (H)	ضریب آسایش (CI)	آهنگ گرمایش (I)
کمتر از -۵	مطبوع	۳۹۵ و کمتر			خنک با شرایط عدم آسایش
کمتر از ۵- تا -۱	خنک	۳۹۶-۵۴۰			خنک
۰	خیلی خنک	۵۴۱-۷۹۰			آسایش
بین ۱ تا ۵	سرد	۷۹۱-۹۹۹			گرم با شرایط آسایش
بین ۶ تا ۱۰	خیلی سرد	۱۰۰۰-۱۱۹۹			گرم با شرایط عدم آسایش
بین ۱۱ تا ۱۵	سرما می‌گزنده	۱۲۰۰-۱۴۳۹			شرایط عدم آسایش زیاد
بیشتر از ۱۵	سطح پوست به سرعت یخ می‌زند	۱۴۴۰ و بیشتر			کاملاً شرایط عدم آسایش

منبع: پاینده، ۱۳۸۴

به منظور شناخت وضعیت بیوکلیماتیک در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مورد مطالعه (ایستگاه آبادان و زنجان)، با استفاده از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک آبادان و زنجان و به کمک شاخص فشار عصبی (CI)، ضرایب آسایش حرارتی طی دوره مطالعاتی در ماه‌های مختلف سال محاسبه و به صورت جدول تنظیم شده است. جدول ۲ ضرایب آسایش شاخص فشار عصبی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه را برای ماه‌های با میانگین دمای کمتر از ۲۰ درجه (ضریب H) و ماه‌های بیشتر از ۲۰ درجه (ضریب I) نشان می‌دهد. جدول ۳ نیز شرایط آسایشی ایستگاه‌های مذکور را بر مبنای محاسبات شاخص فشار عصبی نشان می‌دهد.

➤ **ایستگاه آبادان:** بر اساس جدول ۲، که ضرایب آسایش انسانی ایستگاه آبادان را بر حسب شاخص فشار عصبی نشان می‌دهد. شرایط سرد در هیچ یک ماه‌ها در طول سال مشاهده نمی‌شود و نشان می‌دهد که استان خوزستان و ایستگاه آبادان از زمستان واقعی برخوردار نیست. شرایط اقلیمی در اواخر فصل پاییز و در فصل زمستان (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) خنک است. گستره‌ی شرایط آسایش با گرمی هوا (گرم با شرایط آسایش) در فرودین و مهر ماه در ایستگاه مطالعاتی مشاهده می‌شود. در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و شهریور در ایستگاه آبادان وضعیت گرم با شرایط عدم آسایش و نهایتاً در فصل تابستان (ماه‌های تیر و مرداد) وضعیت گرم با و شرایط عدم آسایش زیاد حاکم است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در سطح محدوده مطالعاتی هفت ماه از سال هوا گرم تا بسیار گرم و پنج ماه آن هوا خنک و مطبوع است (جدول ۳).

➤ **ایستگاه زنجان:** بر اساس جدول ۲، که ضرایب آسایش انسانی ایستگاه زنجان را بر حسب شاخص فشار عصبی نشان می‌دهد. شرایط سرد در ماه‌های اردیبهشت و مهر، شرایط خیلی سرد در ماه فروردین مشاهده می‌شود. شرایط اقلیمی در فصل پاییز و فصل زمستان؛ سرمای گزنده (ماه‌های آبان و اسفند) و سطح پوست به سرعت یخ می‌زند (ماه‌های آذر، دی و بهمن) است. در ماه‌های خرداد و شهریور در ایستگاه زنجان وضعیت اقلیم خیلی خنک و نهایتاً در فصل تابستان (ماه‌های تیر و مرداد) وضعیت آسایش حاکم است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در سطح محدوده مطالعاتی (ایستگاه زنجان)، هشت ماه از سال هوا سرد تا سطح پوست به سرعت یخ می‌زند و چهار ماه آن هوا خیلی خنک و آسایش است (جدول ۳).

جدول ۲. مقدار شاخص بیوکلیمایی فشار عصبی (CI) برای ایستگاه‌های سینوپتیک

مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۷۴-۱۳۹۴

نام ایستگاه	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
شاخص فشار عصبی		I	I	I	I	I	I	I	H	H	H	H	H
آبادان		۲,۱	۷,۷	۱۰,۸	۱۲,۴	۱۲,۸	۸,۹	۴,۴	۳۶۷,۲	۴۸۰,۶	۵۱۸,۴	۵۰۴,۳	۴۰۵,۲
شاخص فشار عصبی		H	H	H	I	H	H	H	H	H	H	H	H
زنجان		۱۰۸۹,۹	۸۹۳,۶	۶۹۷,۳	۰,۱۱	۰,۱	۱۳۴,۹	۹۸۹,۷	۱۲۵۲,۸	۱۵۰۳,۳	۱۶۳۶,۹	۱۵۶۱,۸	۱۳۴۰,۴

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

جدول ۳. وضعیت آسایش شاخص بیوکلیمایی فشار عصبی (CI) برای ایستگاه‌های سینوپتیک

مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۷۴-۱۳۹۴

نام ایستگاه	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
شاخص فشار عصبی		I	I	I	I	I	I	I	H	H	H	H	H
آبادان		گرم با شرایط آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	گرم با شرایط عدم آسایش	گرم با شرایط آسایش	گرم با شرایط آسایش	مطبوع	خنک	خنک	خنک	خنک
شاخص فشار عصبی		H	H	H	I	I	H	H	H	H	H	H	H
زنجان		خیلی سرد	سرد	خیلی خنک	آسایش	آسایش	آسایش	خیلی خنک	سرد	سرمای گزنده	سطح پوست به سرعت یخ می‌زند	سطح پوست به سرعت یخ می‌زند	سطح پوست به سرعت یخ می‌زند

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

## - شاخص بیوکلیمایی ترجونگ (Terjung)

این شاخص یکی از مهم‌ترین روش‌های زیست اقلیم انسانی برای ارزیابی آسایش انسان محسوب می‌شود. از مهم‌ترین مزایای این شاخص نسبت به سایر روش‌ها بهره‌گیری همزمان از بیشتر شاخص‌های اقلیمی است که مجموعه‌ی شرایط ارگانسیم انسان را کنترل می‌کنند. با استفاده از این شاخص می‌توان مناسب‌ترین منطقه را برای اقامت و سکونت افرادی که از حساسیت و یا بیماری‌های مربوط به نوعی هوا و اقلیم رنج می‌برند، مشخص کرد (رمضانی و کیانپور، ۱۳۸۸) (جدول ۴).

جدول ۴. مفاهیم سمبل‌ها و علائم چارت ضریب راحتی بر حسب بررسی ترجونگ (Terjung)

سم	بل	گروه	احساس غالب
-6	ماوراء سرما	Ultra Cold	UC
-5	فوق العاده سرد	Extremely cold	EC
-4	بسیار سرد	Very cold	VC
-3	سرد	Cold	CD
-2	بسیار خنک	Keen	K
-1	خنک	Cool	C
0	مطبوع (آسایش)	Moderate	M
+1	گرم	Warm	W
+2a	داغ	Hot	H
+2b	بسیار داغ	Very hot	S
+3	فوق العاده داغ	Extremely hot	Eh

منبع: کاویانی، ۱۳۷۳

بر اساس شاخص ترجونگ، تعیین ضریب آسایش روز، در ماه‌های مختلف سال بررسی گردید؛ به این صورت که میانگین بیشینه دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین کمینه رطوبت نسبی روزانه به درصد استفاده می‌شود. با توجه به شاخص ترجونگ ضریب آسایش شب از میانگین کمینه دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین بیشینه رطوبت نسبی روزانه به درصد محاسبه می‌شود.

## تعیین ضریب راحتی روز

بر اساس روش ترجونگ، برای تعیین ضریب راحتی روز از میانگین حداکثر دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه از درصد استفاده می‌شود. ضریب راحتی روز برای ماه‌های مختلف سال ایستگاه‌های آبادان و زنجان در جدول ۵ ارائه گردیده است.

➤ **ایستگاه آبادان:** با توجه به جدول ۵، محدوده‌ی ضریب راحتی روز شاخص ترجونگ ایستگاه آبادان، شرایط آسایش اقلیمی روزانه‌ی ماه‌های مورد بررسی به ترتیب برای ماه‌های آذر، بهمن و اسفند حاکمیت شرایط اقلیمی مطبوع (آسایش) را نشان می‌دهد. ماه دی شرایط اقلیمی روزانه‌ی ایستگاه آبادان خنک می‌باشد. ماه‌های فروردین و آبان شرایط گرم را نشان می‌دهد. از ماه‌های اردیبهشت تا مهر شرایط اقلیمی ایستگاه آبادان داغ می‌باشد.

➤ **ایستگاه زنجان:** نتایج حاصل از جدول ۵، از شرایط فیزیولوژیکی بسیار متفاوتی بین ماه‌های سال در ایستگاه زنجان حکایت دارد. این جدول نشان می‌دهد که که از ماه آبان تا ماه فروردین شرایط اقلیمی روزانه‌ی ایستگاه زنجان بسیار

خنک می‌باشد. در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد شرایط اقلیمی گرمی بر منطقه استیلا دارد و تنها در ماه‌های اردیبهشت، شهریور و مهر است که شرایط اقلیمی منطقه مطبوع (آسایش) می‌باشد.

جدول ۵. وضعیت آسایش اقلیمی روزانه شاخص بیوکلیمایی ترجونگ (Terjung) برای ایستگاه‌های سینوپتیک

مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۷۴

نام ایستگاه	پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
آبادان	حداکثر دما	۸۹٫۸	۱۰۲٫۲	۱۱۰٫۵	۱۱۳٫۴	۱۱۳٫۴	۱۰۸٫۳	۹۶٫۶	۸۰٫۲	۶۷٫۸	۶۴٫۶	۶۹٫۴	۷۸٫۱
	حداقل رطوبت	۲۴	۱۶	۱۳	۱۵	۱۵	۱۵	۲۲	۳۵	۴۷	۴۸	۳۷	۳۰
	ضریب رطوبت	+1	+2a	+2a	+2a	+2a	+2a	+2a	+2a	+1	0	-1	0
	ضریب راحتی روز	گرم	داغ	داغ	داغ	داغ	داغ	داغ	گرم	مطبوع (آسایش)	مطبوع (آسایش)	خنک	مطبوع (آسایش)
زنجان	حداکثر دما	۶۱٫۵	۷۴٫۷	۸۳٫۸	۸۹٫۴	۸۳	۷۲٫۶	۶۹٫۶	۵۷	۴۵	۳۹٫۷	۲۳	۵۳
	حداقل رطوبت	۳۶٫۲	۳۱٫۸	۲۵٫۹	۲۴٫۱	۲۵٫۷	۲۴٫۷	۳۳٫۶	۴۲٫۷	۵۲٫۶	۵۷٫۷	۵۳٫۲	۴۳٫۶
	ضریب رطوبت	-2	0	+1	+1	+1	0	0	-2	-2	-2	-2	-2
	ضریب راحتی روز	بسیار خنک	مطبوع (آسایش)	گرم	گرم	گرم	مطبوع (آسایش)	مطبوع (آسایش)	مطبوع (آسایش)	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

### تعیین ضریب راحتی شب

با توجه به شاخص ترجونگ ضریب راحتی شب از میانگین حداقل دمای روزانه به درجه فارنهایت و میانگین حداکثر رطوبت نسبی روزانه به درصد محاسبه می‌شود. ضریب راحتی روز برای ماه‌های مختلف سال ایستگاه‌های آبادان و زنجان در جدول ۶ ارائه گردیده است.

➤ **ایستگاه آبادان:** با توجه به جدول ۶، شرایط اقلیمی شبانه‌ی ایستگاه آبادان بیشتر نشان دهنده‌ی اقلیم خنک (ماه فروردین) تا بسیار خنک (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) است؛ اما در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد نمایانگر اقلیم گرم می‌باشد. شرایط اقلیمی شبانه‌ی ماه‌های اردیبهشت، شهریور و مهر نمایانگر اقلیم مطبوع (آسایش) می‌باشد.

➤ **ایستگاه زنجان:** جدول ۶، نشان می‌دهد که با توجه به حاکمیت شرایط اقلیمی بسیار خنک، سرد، بسیار سرد و فوق العاده سرد بر منطقه، استفاده از وسایل گرمایشی در شب‌ها ضروری می‌باشد. مقایسه‌ی شرایط حرارتی روز و شب ایستگاه زنجان نشان می‌دهد که در فصول پاییز و زمستان شرایط حرارتی بسیار خنک، سرد، بسیار سرد و فوق العاده سرد و در فصل تابستان و بهار شرایط اقلیمی بسیار خنک بر منطقه استیلا دارد.

جدول ۶. وضعیت آسایش اقلیمی شبانه شاخص بیوکلیمایی ترجونگ (Terjung) برای ایستگاه‌های سینوپتیک

مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۷۴

نام ایستگاه	پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
آبادان	حداکثر دما	۶۴٫۲	۷۳٫۴	۷۹٫۴	۸۲٫۲	۸۰٫۸	۷۳٫۹	۶۵٫۵	۵۵٫۸	۴۷٫۷	۴۵	۴۷٫۸	۵۴٫۹
	حداکثر رطوبت	۷۰	۵۶	۴۷	۴۸	۵۲	۵۸	۷۰	۸۰	۸۸	۸۹	۸۳	۷۷
	ضریب رطوبت	-1	0	+1	+1	+1	0	0	-2	-2	-2	-2	-2
	ضریب راحتی شب	خنک	مطبوع (آسایش)	گرم	گرم	گرم	مطبوع (آسایش)	مطبوع (آسایش)	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک
زنجان	حداکثر دما	۳۸٫۵	۴۶	۵۲٫۲	۵۸٫۳	۵۸	۵۰	۴۱٫۴	۳۳٫۳	۲۵٫۵	۲۰٫۷	۲۳٫۲	۳۱٫۱
	حداکثر رطوبت	۷۸٫۷	۷۶٫۳	۶۶٫۲	۶۱٫۳	۶۱٫۹	۶۱٫۴	۷۱٫۳	۸۴٫۱	۸۴٫۱	۷۴	۸۵٫۹	۸۲٫۶
	ضریب رطوبت	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-5	-4
	ضریب راحتی شب	خنک	خنک	خنک	خنک	خنک	خنک	خنک	بسیار خنک	سرد	بسیار سرد	فوق العاده سرد	بسیار سرد

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

## شاخص موازنه حرارتی ترموفیزیولوژیک MEMI

مدل MEMI جزء مدل‌های موازنه حرارتی ترموفیزیولوژیک است که به عنوان مبنایی برای به دست آوردن شاخص‌های PET, PMV و SET محسوب می‌گردد. پیراسنج‌های مورد نیاز در این مدل برای تعیین شاخص‌های SET و PET, PMV به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۱. پیراسنج‌های موقعیتی؛ شامل طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع هندسی محل.
۲. فراسنج‌های هواشناسی شامل: دمای هوای خشک بر حسب درجه سانتی‌گراد، فشار بخار به هکتوپاسکال، رطوبت نسبی به درصد، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و میزان ابرناکی آسمان بر حسب اکتا. در این پژوهش از فراسنج‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهر آبادان و زنجان به صورت سری‌های زمانی ساعت ۱۵ به وقت محلی در مدل وارد گردید.
۳. دسته سوم از پیراسنج‌ها شامل متغیرهای فردی که به عنوان ویژگی‌های فیزیولوژیک مؤثر در مدل لحاظ می‌گردند. در این رابطه می‌بایست ویژگی‌های فردی مثل قد، وزن، سن و جنسیت وارد مدل شود. با توجه به این که داده‌های فیزیولوژیک، پوشش و نوع فعالیت بسیار متفاوت و متغیر هستند، بنابراین طبق توصیه مدل، می‌توان مواردی را به صورت میانگین یا حالت استاندارد در نظر گرفت.
۴. پیراسنج‌های دسته چهارم شامل: نوع پوشش و فعالیت می‌باشند. پوشش فرد بر حسب کلو<sup>۱</sup> و فعالیت بر حسب وات مشخص می‌شود. در مورد پوشش رقم ۰/۹ و فعالیت متوسطی مثل رانندگی با ۸۰ وات را می‌توان برای یکی از جنس‌های مرد یا زن در نظر گرفت (Hoppe, 1999).

## ۱- شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV)

این شاخص به صورت تجربی در مورد تعادل گرمایی انسانی بر حسب یک نظرسنجی از احساس حرارتی مشتق شده است (ذوالفقاری، ۱۳۸۶). مقیاس PMV نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی ۷ درجه‌ای است که دامنه آن از ۳/۵- (سرد) تا ۳/۵+ (گرم) تغییر می‌کند. صفر در این مقیاس نشانگر احساس حرارتی خنثی است (جدول ۷).

جدول ۷. ضرایب و مشخصات شاخص نظرسنجی تورسمی پیش‌بینی شده (PMV)

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت حرارتی	ضریب PMV
تنش گرمایی بسیار شدید	بسیار سرد	$< -3/6$
تنش گرمایی شدید	سرد	$-3/5$ تا $-2/6$
تنش گرمایی متوسط	خنک	$-2/5$ تا $-1/6$
تنش گرمایی اندک	کمی خنک	$-1/5$ تا $-0/6$
بدون تنش حرارتی	راحت	$-0/5$ تا $0/5$
تنش گرمایی اندک	کمی گرم	$1/5$ تا $0/6$
تنش گرمایی متوسط	گرم	$2/5$ تا $1/6$
تنش گرمایی شدید	داغ	$3/5$ تا $2/6$
تنش گرمایی بسیار شدید	بسیار داغ	$> 3/6$

منبع: ذوالفقاری، ۱۳۸۶

➤ ایستگاه آبادان: بررسی شرایط اقلیم آسایش ایستگاه آبادان با شاخص نظر متوسط پیش‌بینی شده (PMV) در مقیاس زمانی ماهانه نشان می‌دهد که هر چند که خروجی شاخص (PMV) تقریباً شبیه شاخص دمای معادل

<sup>۱</sup> واحد نارسنایی لباس را کلو می‌گویند: مقاومت گرمایی یک کلو معادل ۰/۱۵۵ وات بر درجه سانتی‌گراد در متر مربع است.

فیزیولوژیک (PET) می‌باشد ولی در شاخص میانگین نظرسنجی پیش بینی شده در تعدادی از ماه‌های سال سردتر یا خنک‌تر هستند. در شاخص (PMV) طول دوره آسایش اقلیمی و زمان مناسب برای انجام فعالیت‌های گردشگری در آبادان کوتاه است و در دو بازه زمانی مجزا از یکدیگر در اواخر زمستان و اواخر پاییز به وقوع می‌پیوندد. آبادان تنها در ماه‌های اسفند و آذر در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. بر اساس شاخص میانگین نظرسنجی پیش بینی شده ماه‌های دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک و آبان و فروردین با برخورداری از تنش گرمایی اندک تا متوسط در رتبه دوم اقلیم آسایش قرار دارند. بالاترین تنش گرمایی در آبادان در دوره گرم سال وجود دارد. طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور آبادان با داشتن شرایط تنش گرمایی بسیار شدید در خارج از محدوده آسایش اقلیمی قرار دارد. عمده‌ترین محدودیت زیست اقلیمی و گردشگری آبادان مربوط به تنش گرمایی است. در این شاخص در هیچ یک از ماه‌های سال تنش سرمای بسیار شدید در آبادان وجود نداشته است (جدول ۸).

➤ **ایستگاه زنجان:** بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PMV)، در مقیاس ماهانه در ایستگاه زنجان، ماه‌های آذر، دی و بهمن از لحاظ حساسیت حرارتی، بسیار سرد (تنش سرمایی بسیار شدید) می‌باشند. ماه‌های آبان و اسفند از لحاظ تنش فیزیولوژیکی دارای تنش سرمایی شدید (سرد) است. ماه‌های فروردین و مهر به ترتیب دارای حساسیت حرارتی هوای خنک و کمی خنک هستند. ماه‌های تیر و مرداد از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی متوسط و برخوردار از حساسیت حرارتی گرم است. خرداد ماه از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی اندک و برخوردار از حساسیت حرارتی کمی گرم است. در ماه‌های اردیبهشت و شهریور شرایط آسایش اقلیمی (بدون تنش حرارتی) حکم فرما می‌باشد (جدول ۸).

جدول ۸ وضعیت اقلیم گردشگری بر اساس شاخص متوسط نظر سنجی پیش بینی شده (PMV)

برای ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۷۴

ردیف	نام ایستگاه	شاخص	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
		ضریب PMV	۱,۳	۲,۸	۳,۷	۴,۲	۴,۱	۳,۴	۲,۳	۰,۴	-۱	-۱,۵	-۱,۲	-۰,۱
۱	آبادان	درجه تنش فیزیولوژیک	تنش گرمایی اندک	تنش گرمایی شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی شدید	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی حرارتی	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی حرارتی
		حساسیت حرارتی	کمی گرم	داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	گرم	راحت	کمی خنک	کمی خنک	کمی خنک	راحت
		ضریب PMV	-۲	-۰,۴	۱,۳	۱,۶	۱,۷	-۰,۳	-۱,۴	-۳,۴	-۴,۹	-۵,۸	-۶,۵	-۳,۴
۲	زنجان	درجه تنش فیزیولوژیک	تنش سرمایی متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش گرمایی اندک	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش سرمایی اندک	تنش سرمایی شدید	تنش سرمایی شدید	تنش سرمایی شدید	تنش سرمایی بسیار شدید	تنش سرمایی بسیار شدید
		حساسیت حرارتی	خنک	راحت	کمی گرم	گرم	گرم	راحت	کمی خنک	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد



## شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)

شاخص معروف دمای معادل فیزیولوژیک یا PET یکی دیگر از شاخص‌های معروف دما- فیزیولوژیک است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است (ذوالفقاری، ۱۳۸۶) (جدول ۹).

جدول ۹. ضرایب و مشخصات شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت حرارتی	ضریب PET
تنش سرمایی بسیار شدید	بسیار سرد	۴<
تنش سرمایی شدید	سرد	۴
تنش سرمایی متوسط	خنک	۸
تنش سرمایی اندک	کمی خنک	۱۳
بدون تنش حرارتی	راحت	۱۸
تنش گرمایی اندک	کمی گرم	۲۳
تنش گرمایی متوسط	گرم	۲۹
تنش گرمایی شدید	داغ	۳۵
تنش گرمایی بسیار شدید	بسیار داغ	۴۱

منبع: ذوالفقاری، ۱۳۸۶

➤ **ایستگاه آبادان:** بررسی شرایط اقلیم آسایش ایستگاه آبادان با شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در مقیاس زمانی ماهانه نشان می‌دهد که طول دوره آسایش اقلیمی و زمان مناسب برای انجام فعالیت‌های گردشگری در آبادان کوتاه است و در دو بازه زمانی مجزا از یکدیگر در اواخر زمستان و اواخر پاییز به وقوع می‌پیوندد. آبادان تنها در ماه‌های اسفند و آذر در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. ماه‌های دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک و آبان و فروردین با برخورداری از تنش گرمایی اندک تا متوسط در رتبه دوم اقلیم آسایش قرار دارند. بالاترین تنش گرمایی در آبادان در دوره گرم سال وجود دارد. طی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور آبادان با داشتن شرایط تنش گرمایی بسیار شدید در خارج از محدوده آسایش اقلیمی قرار دارد. عمده‌ترین محدودیت زیست اقلیمی و گردشگری آبادان مربوط به تنش گرمایی است. در این شاخص در هیچ یک از ماه‌های سال تنش سرمایی بسیار شدید در آبادان وجود نداشته است (جدول ۱۰).

➤ **ایستگاه زنجان:** بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، در مقیاس ماهانه در ایستگاه زنجان، ماه‌های آذر، دی و بهمن از لحاظ حساسیت حرارتی، بسیار سرد (تنش سرمایی بسیار شدید) می‌باشند. ماه‌های آبان و اسفند از لحاظ تنش فیزیولوژیکی دارای تنش سرمایی شدید (سرد) است. ماه‌های فروردین و مهر به ترتیب دارای حساسیت حرارتی هوای خنک و کمی خنک هستند. ماه‌های تیر و مرداد از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی متوسط و برخورداری از حساسیت حرارتی گرم است. خرداد ماه از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی اندک و برخورداری از حساسیت حرارتی کمی گرم است. در ماه‌های اردیبهشت و شهریور شرایط آسایش اقلیمی (بدون تنش حرارتی) حکم فرما می‌باشد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. وضعیت اقلیم گردشگری بر اساس شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)

برای ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۷۴

ردیف	نام ایستگاه	شاخص	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	
۱	آبادان	ضریب PET	۲۸،۵	۳۶،۷	۴۲،۱	۴۴،۷	۴۴،۴	۴۰،۸	۳۴،۷	۲۳،۹	۱۷،۱	۱۴،۵	۱۵،۸	۲۰،۲	
		درجه تنش فیزیولوژیک	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی بسیار شدید	تنش گرمایی شدید	تنش گرمایی اندک	تنش گرمایی اندک	بدون تنش	تنش سرمای	تنش سرمای	بدون تنش
		حساسیت حرارتی	گرم	داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	بسیار داغ	داغ	کمی گرم	راحت	کمی خنک	کمی خنک	راحت
		ضریب PET	۶،۵	۱۷،۱	۲۲،۲	۲۷،۵	۲۸،۱	۱۶،۶	۱۳،۶	۲،۵	-۴،۷	-۵،۵	-۶،۴	۳،۲	
۲	زنجان	درجه تنش فیزیولوژیک	تنش سرمای متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش گرمایی اندک	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش سرمای اندک	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	
		حساسیت حرارتی	خنک	راحت	کمی گرم	گرم	گرم	راحت	کمی خنک	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد	
		ضریب PET	۳،۲	-۶،۴	-۵،۵	-۴،۷	۲،۵	۱۳،۶	۱۶،۶	۲۸،۱	۲۷،۵	۲۲،۲	۱۷،۱	۱۴،۵	۱۵،۸
		درجه تنش فیزیولوژیک	تنش سرمای متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش گرمایی اندک	تنش گرمایی متوسط	تنش گرمایی متوسط	بدون تنش حرارتی	تنش سرمای اندک	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید	تنش سرمای شدید

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶

### نتیجه گیری

امروزه مطالعات بیوکلیمایی انسانی، پایه و اساس بسیاری از برنامه ریزی‌های توریسمی است. تفاوت‌های زمانی - مکانی آب و هوا در مناطق مختلف یک پتانسیل قوی برای گردشگری است. سطح آسایش انسان تحت تأثیر عوامل محیطی و فیزیولوژیکی قرار دارد. ضرایب آسایش انسانی ایستگاه آبادان را بر حسب شاخص فشار عصبی نشان می‌دهد. شرایط سرد در هیچ یک ماه‌ها در طول سال مشاهده نمی‌شود و نشان می‌دهد که استان خوزستان و ایستگاه آبادان از زمستان واقعی برخوردار نیست. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در سطح محدوده مطالعاتی (ایستگاه زنجان)، هشت ماه از سال هوا سرد تا سطح پوست به سرعت یخ می‌زند و چهار ماه آن هوا خیلی خنک و آسایش است. بر اساس روش ترجونگ، برای تعیین ضریب راحتی روز ایستگاه آبادان محدوده‌ی ضریب راحتی روز شاخص ترجونگ ایستگاه آبادان، شرایط آسایش اقلیمی روزانه‌ی ماه‌های مورد بررسی به ترتیب برای ماه‌های آذر، بهمن و اسفند حاکمیت شرایط اقلیمی مطبوع (آسایش) را نشان می‌دهد. در ایستگاه زنجان تنها در ماه‌های اردیبهشت، شهریور و مهر است که شرایط اقلیمی منطقه مطبوع (آسایش) می‌باشد. با توجه به شاخص ترجونگ ضریب راحتی شب شرایط اقلیمی شبانه‌ی ایستگاه آبادان بیشتر نشان دهنده‌ی اقلیم خنک (ماه فروردین) تا بسیار خنک (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) است؛ اما در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد نمایانگر اقلیم گرم می‌باشد. در ایستگاه زنجان نشان می‌دهد که با توجه به حاکمیت شرایط اقلیمی بسیار خنک، سرد، بسیار سرد و فوق العاده سرد بر منطقه، استفاده از وسایل گرمایشی در شب‌ها ضروری می‌باشد. شاخص موازنه حرارتی ترمو- فیزیولوژیک MEMI نشان داد که فعالیت‌های گردشگری در آبادان کوتاه است و در دو بازه زمانی مجزا از یکدیگر در اواخر زمستان و اواخر پاییز به وقوع می‌پیوندد. آبادان تنها در ماه‌های اسفند و آذر در شرایط بدون تنش قرار دارد و دارای بالاترین کیفیت آسایش اقلیمی است. ماه‌های

دی و بهمن با برخورداری از تنش سرمایی اندک و آبان و فروردین با برخورداری از تنش گرمایی اندک تا متوسط در رتبه دوم اقلیم آسایش قرار دارند. بر اساس شاخص شاخص موازنه حرارتی ترمو- فیزیولوژیک MEMI در مقیاس ماهانه در ایستگاه زنجان، ماه‌های آذر، دی و بهمن از لحاظ حساسیت حرارتی، بسیار سرد (تنش سرمایی بسیار شدید) می‌باشند. ماه‌های آبان و اسفند از لحاظ تنش فیزیولوژیکی دارای تنش سرمایی شدید (سرد) است. ماه‌های فروردین و مهر به ترتیب دارای حساسیت حرارتی هوای خنک و کمی خنک هستند. ماه‌های تیر و مرداد از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی متوسط و برخوردار از حساسیت حرارتی گرم است. خرداد ماه از لحاظ درجه فیزیولوژیک دارای تنش گرمایی اندک و برخوردار از حساسیت حرارتی کمی گرم است. در ماه‌های اردیبهشت و شهریور شرایط آسایش اقلیمی (بدون تنش حرارتی) حکم فرما می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق؛ شاخص فشار عصبی (CI) برای ماه‌های فروردین، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند (آبادان) و ماه‌های تیر و مرداد (زنجان) و بر اساس شاخص ترجونگ (Terjung)، ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند (آبادان) و ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر (زنجان) و بر اساس شاخص MEMI به این نتیجه رسیده‌ایم که ماه‌های آذر و اسفند (آبادان) و ماه‌های اردیبهشت و شهریور (زنجان) برای فعالیت‌های گردشگری مناسب می‌باشد.

#### منابع

- پاینده، ن، ا (۱۳۸۴)، پهنه بندی دمای مؤثر در سطح کشور، پایان نامه دکترا، گروه جغرافیا دانشگاه اصفهان.
- خسروی، محمود (۱۳۷۹)، بررسی اثرات اقلیم و تغییرات اقلیمی بر صنعت توریسم، مجله سپهر، شماره ۳۹.
- رضایی، بهمن، کیانپور، حسن (۱۳۸۸)، شناخت آسایش بیوکلیماتیک انسانی در حوضه‌ی شهرک ماسوله‌ی گیلان، فصلنامه‌ی علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره‌ی یازدهم، شماره‌ی ۴.
- ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۶)، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردشگری در تبریز با استفاده از شاخص‌های pet و pmv، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، ص ۱۴۱-۱۲۹.
- صالحیان، مسعود، مهدیزاده سولا، جواد، اردشیری کله‌ر، مهدی (۱۳۹۲)، ارزیابی و اعتبار سنجی شاخص‌های زیست اقلیمی در منطقه‌ی مرطوب (مطالعه موردی: شهر رشت)، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران، انجمن محیط زیست کومش، دانشگاه صنعت هوایی.
- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲)، بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸.
- محمدی، حسن، سعیدی، علی (۱۳۸۷)، شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی: قم)، مجله محیط شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۷، پاییز، صص ۸۹-۷۳.
- De Freitas, C. R., scott, D., MCBOyle, G, " Asecond generation climate index for tourism: specificaltion and Verification " International of Biometeoroty.52: 399-407, 2008.
- Deb, C., & Ramachandraiah, A, The significance of physiological equivalent temperature (PET) in outdoor thermal comfort studies. Intl J Eng Sc Techno, 2(7), 2825-2828, 2010.
- Hoppe, P., (1999) the Physiological Equivalent Temperature-a Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment, Int. J. Biometeorology. 43:71-75.
- Scott, D., & McBoyle, G, Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. In Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation (pp. 69-88). International Society of Biometeorology, 2001.
- Wasim Yahia. M and Johansson. E, Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria, International Journal of Biometeorology, Vol, Issue 4, pp 615-630, 2013.