

**Geographic Notion**

Vol. ۱۶. spring ۲۰۱۷

Zanjan University

No. ۱۱۶

**اندیشه جغرافیایی**

سال نهم، شماره شانزدهم، بهار ۱۳۹۶

دانشگاه زنجان

مقاله شماره ۱۱۶

**مقایسه شاخص های آسایش برای ارزیابی راحتی اقلیمی شهر تهران**

بهلول علیجانی<sup>۱</sup>، زینب سادات رضوی<sup>۲</sup>

**چکیده**

آب و هوا در تمام جنبه های زندگی انسان اثر گذارده و برخورداری از یک شرایط زیستی راحت و بدون تنش در محیط زندگی آرزوی هر انسانی ست زیرا هر نوع فعالیت انسانی از خوابیدن تا انجام پروژه های کلان اقتصادی به وسیله شرایط آب و هوایی کنترل می شود. بنابراین به منظور انتخاب هماهنگ ترین شاخص ها برای ارزیابی راحتی در شهر تهران، آمار ۸ ساعت دیده بانی دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار بخار آب و ابرناکی ۵ ایستگاه مهرآباد، دوشان تپه، ژئوفیزیک، شمال تهران و چیتگر تهران طی سالهای ۲۰۰۱-۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی دریافت شد. سپس شاخصهای ساده، دمای معادل (T<sub>qe</sub>)، دمای مؤثر (TE) و دمای مؤثر تابشی (ERT) و شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) انتخاب و با استفاده از نرم افزارهای Matlab و Bioklima و Excel وضعیت آسایش شهر تهران محاسبه شد. میانگین ماهانه وساعتی ۱۰ساله مطالعاتی ۵ ایستگاه هر شاخص مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شده اند. نتایج میانگین ساعتی و ماهانه شاخص دمای معادل (T<sub>qe</sub>) و شاخص دمای مؤثر (TE) نشان داد که سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر (زمستان) سرد، مارس و آوریل و می (بهار) دارای آسایش و ژوئن و ژوئیه (تابستان) گرم می باشد اما نتایج دو شاخص دمای مؤثر تابشی (ERT) و شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) متفاوت تر است. نتایج بررسی شاخصها نشان داد که شاخص ساده دمای معادل، دمای مؤثر و دمای مؤثر تابشی برای ارزیابی راحتی ساعت های ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر و شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی برای ارزیابی راحتی ماهانه و ساعت ۲۱:۳۰ شب شاخص های مناسبی برای ارزیابی راحتی در شهر تهران هستند.

<sup>۱</sup> - استاد اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی تهران

<sup>۲</sup> - کارشناسی ارشد آب و هواشناسی شهری از دانشگاه خوارزمی تهران \* تلفن: ۰۹۱۹۴۰۰۲۷۷۳

email: [zainab.razavi@gmail.com](mailto:zainab.razavi@gmail.com)

**کلمات کلیدی:** آسایش اقلیمی، شاخص های اقلیم آسایش، شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)، شاخص دمای مؤثر تابشی (ERT).

#### مقدمه

آب و هوا در تمام جنبه های زندگی انسان اثر می گذارد به طوری که راحتی و آسایش حرارتی انسان تابع عوامل اقلیمی مختلفی از جمله دما، رطوبت، تابش، باد و غیره می باشد. دمای مناسب پوست بدن انسان ۳۴ درجه سانتی گراد و دمای درونی بدن ۳۷ درجه سانتی گراد می باشد. اگر دمای محیط کمتر از دمای پوست باشد، بدن حرارت از دست می دهد تا تعادلی بین دمای محیط و پوست ایجاد شود و در نتیجه انسان احساس سرما می کند و چنانچه دمای محیط بیشتر از دمای پوست باشد، پوست بدن بر اثر دریافت حرارت محیط گرمتر شده و موجب ناراحتی انسان می شود. بنابراین آسایش حرارتی وضعیتی است که شخص از محیط احساس رضایت می کند البته با توجه به اینکه ویژگی های فیزیولوژیکی و روانی، از فردی به فرد دیگر متفاوت است، ایجاد آسایش در یک محیط معین (خواه داخل خانه یا خارج از آن) کار دشواری است (گوسلینگ و همکاران، ۲۰۱۴)<sup>۱</sup>. در طول قرن گذشته تحقیقات بسیاری در مورد چگونگی تعریف آسایش حرارتی و چگونگی درجه بندی تنش حرارتی وجود داشته که حاصل آن ارائه شاخصهای مختلف برای توصیف آسایش حرارتی و تنش حرارتی است. حدود ۱۰۰ شاخص شناخته شده در جهان به طور کلی سه دسته اند (بلیزی چک و همکاران، ۲۰۱۲)<sup>۲</sup>: یک دسته شاخصهایی که تنها با استفاده از فاکتورهای اقلیمی چون دما، رطوبت، سرعت باد، تابش و فشار بخار هوا محاسبه می شوند که به شاخصهای ساده مشهورند مانند شاخص دمای معادل (q<sub>e</sub>T)<sup>۳</sup>، دمای مؤثر (TE)<sup>۴</sup> و دمای مؤثر

<sup>۱</sup>) Gosling Simon

<sup>۲</sup>) Blazejczyk

<sup>۳</sup>) Equivalent Temperature

<sup>۴</sup>) Effective Temperature

تابشی (ERT)<sup>۱</sup> دسته دوم شاخصهایی که از اندازه گیری سطح نسبی آسایش بر گروهی از افراد در محیط آزمایشگاه محاسبه شده اند و به شاخصهای تجربی معروف اند (مانند شاخص (PSI)<sup>۲</sup> (موران و همکاران، ۲۰۱۳)<sup>۳</sup> و دسته سوم شاخصهایی اند که علاوه بر نیاز به فاکتورهای اقلیمی، براساس یک مدل تعادل حرارتی (هولوپاینن، ۲۰۱۲) طراحی شده اند که با نام شاخصهای منطقی معروف اند مانند شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)<sup>۴</sup> که بر اساس مدل تعادل حرارتی فالو (فالو و همکاران، ۲۰۱۲)<sup>۵</sup> و یک مدل لباس شبیه سازی و محاسبه شده است (بلزی چک و همکاران، ۲۰۱۳)<sup>۶</sup>. امروزه با توجه به توسعه شهرنشینی بدون در نظر گرفتن آسایش اقلیمی، شاخصهای بسیار فراوانی در سطح جهان و ایران توسعه یافته اند زیرا این شاخصها مطالعه آسایش اقلیمی شهرهای نابسامان امروزی را ممکن می سازد و با شناخت بهتر شرایط اقلیمی و آسایشی منطقه، برنامه ریزی در بخشهای مختلف جامعه چون سلامت و بهداشت مردم، گردشگری، اقلیم درمانی، طراحی فضاهای داخلی و خارجی شهرها بسیار اصولی تر و دقیق تر خواهد شد. با توجه به فراوان بودن این شاخصها اینکه کدامیک از شاخصها میتواند بهترین ارزیابی را از آسایش در شهر تهران داشته باشند، مسئله ای است که در این تحقیق به آن پرداخته خواهد شد.

مطالعات گسترده ای در سطح جهان با استفاده از این شاخص ها صورت گرفته است. مطالعات نشان داده که با استفاده از این شاخص ها میتوان رخداد های شدید گرما و سرما را که بر سلامت و میزان مرگ و میر انسانها مؤثر بوده، بررسی کرد (بلزی چک، ۲۰۰۵) و حتی شرایط مساعد اقلیمی را برای اهداف گردشگری و تفریحی تعیین

<sup>۱</sup>) Radiation Effective Temperature

<sup>۲</sup>) Physiological Strain Index.

<sup>۳</sup>) Moran,

<sup>۴</sup>) Holopainen, R.

<sup>۵</sup>) Universal Thermal Climate Index

<sup>۶</sup>) Fiala

<sup>۷</sup>) Blazejczyk,

نمود (ایدزیکوسکا، ۲۰۱۰)<sup>۱</sup>. تعیین تنش سرما و آسایش شهر ورشو (لیندner، ۲۰۱۱)<sup>۲</sup>، تقسیم بندی فضایی اقلیمی و زیست اقلیمی (بلیزی چک و ماتزراکیس، ۲۰۰۷)<sup>۳</sup> و همچنین ارزیابی تأثیر عناصر خاص آب و هوایی و وضعیت سینوپتیک منطقه بر مقادیر خاص این شاخصها که بر توسعه احساسات حرارتی مردم تأثیر می گذارد (پورلوشاک، ۲۰۱۱)<sup>۴</sup> از جمله پژوهش هایی است که انجام گرفته و نتایج آنها برای تحقیقات گردشگری، مراقبت های بهداشتی و برنامه ریزی شهری قابل استفاده است. معرفی بهترین شاخص برای ارزیابی راحتی توسط پژوهشهای مقایسه ای صورت گرفته است. شاخصهای ساده با یک شاخص منطقی مانند شاخص اقلیم حرارتی جهانی مقایسه شده و به علت عدم استفاده از فاکتور تابش در شاخصهای ساده، رفتار شاخص اقلیم حرارتی جهانی را در یک روز آفتابی بهتر از دیگر شاخصها نشان داده (نواک، ۲۰۱۱)<sup>۵</sup> و همچنین از مقایسه شاخصهای ساده و تجربی با شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی مشخص شده که این شاخص توانایی لازم برای نشان دادن شرایط اقلیمی (بیوکلیماتیکی) و آسایش انسان در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی را داراست (بلیزی چک و همکاران، ۲۰۱۲).

از جمله پژوهشهای صورت گرفته در کشور مان، تقسیم بندی اقلیم آسایش کشور به ۲۳ گروه قابل کاربرد برای اهداف ساخت و ساز (کسمایی، ۱۳۷۲)، ارزیابی کلی شرایط راحتی اقلیمی نواحی مختلف آب و هوایی ایران (معاونی، ۱۳۸۰) و مطالعه توزیع مکانی سرمایش باد در منطقه شمال غرب کشور و ارتباط آن با دیگر عناصر (رسولی و عزیززاده، ۱۳۸۵) را می توان نام برد. همچنین بررسی توان بالقوه گسترش صنعت توریسم استان گلستان و شرایط آسایش اقلیمی این استان با استفاده از شاخصهای دمای مؤثر و

<sup>۱</sup>) Idzikowska, D.

<sup>۲</sup>) Lindner, K.

<sup>۳</sup>) Blazejczyk

<sup>۴</sup>) Polrolniczak, M.

<sup>۵</sup>) Novak, M.

ترجونگ و جدول زیست اقلیمی اولگی مورد ارزیابی قرار گرفته است (زیتونلی، ۱۳۸۵) و تقویم مناسب آسایش شهر تبریز با استفاده از شاخصهای مدل ریمن تعیین شده است (ذولفقاری ۱۳۸۶). از جمله پژوهشهای مقایسه ای میتوان به مقایسه شاخصهای مدل ریمن برای ارزیابی آسایش اقلیمی شمال شرق آذربایجان غربی اشاره کرد (ساری صراف و همکاران، ۱۳۸۹). تعیین زمان خطر گرمزدگی و آفتاب زدگی شهر ساری و یزد و مقایسه آنها با هم توسط شاخص دمای ظاهری (صادقی روش، ۱۳۸۹) و ارزیابی آسایش اقلیمی ۴ شهر گردشگری کشور (مشهد، اصفهان، رشت و کیش) با استفاده از روشهای قدیمی (ترجونگ و اولگی و...) و روشهای نوین (دمای معادل، درجه سختی و...) و تعیین مناسبترین زمان سفر به این مناطق نیز از جمله مطالعات صورت گرفته است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به موارد مطرح شده تاکنون در این زمینه مطالعه ی جامع و دقیقی انجام نشده است. بنابراین تحقیق حاضر سعی دارد که این موضوع را بررسی کند. پس این پژوهش با معرفی شاخص جدید منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) و مقایسه آن با شاخصهای ساده دمای معادل ( $q_eT$ )، دمای مؤثر (TE)، دمای مؤثر تابشی (ERT) بهترین شاخص برای ارزیابی راحتی شهر تهران را ارائه کرده است. این تحقیق به دنبال اهداف زیر است:

۱) محاسبه آسایش اقلیمی شهر تهران با استفاده از شاخص های زیست اقلیمی نرم افزار بیو کلیما

۲) مقایسه این شاخصها برای ارزیابی آسایش اقلیمی شهر تهران (۳) معرفی بهترین و دقیق ترین شاخص یا شاخص ها برای برآورد درست آسایش اقلیمی شهر تهران

نتایج این پژوهش میتواند توسط معماران به منظور محاسبه میزان اتلاف و مصرف انرژی برای ایجاد آسایش در ساختمان، در صنعت گردشگری برای مکانیابی بهینه و تعیین بهترین فصل گردشگری، برای اقلیم شناسان برای ارائه شناخت بهتر از اقلیم منطقه

وطراحان شهری برای طراحی شهرها با توجه به ایجاد آسایش در فصول بحرانی مورد استفاده قرار گیرد.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهر تهران است که در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه تا ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی در پهنه ای بین کویر و کوه قرار گرفته است. آب و هوای شهر تهران متأثر از کوهستان در شمال و دشت در جنوب است. بنابراین در مناطق کوهستانی دارای آب و هوای معتدل و در دشت، نیمه بیابانی است. تهران در مرز شرایط جوی بری و اقیانوسی قرار گرفته و تمایل آن به موقعیت بری بیشتر از وضعیت اقیانوسی است. از نظر فصلی، هوای تهران در زمستان تحت تاثیر سامانه پرفشار شمالی سبیری قرار گیرد. در تابستان ها عامل مهم، سیستم کم فشار حرارتی کویر مرکزی است که سبب می شود هوا گرم و خشک باشد. در مجموع تهران دارای زمستان های نسبتاً سرد و تابستان های نیمه گرم تا خیلی گرم است (کسمایی، ۱۳۷۲).

### داده ها و روش ها

از بین حدود ۱۰۰ شاخص شناخته شده در جهان (بایزی چک و همکاران، ۲۰۱۲)، برای این تحقیق شاخص های ساده دمای معادل ( $T_{qe}$ )، دمای مؤثر (TE) و دمای مؤثر تابشی (ERT) و شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) انتخاب شدند. برای محاسبه این شاخصها آمار ۸ ساعت دیده بانی دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار بخار آب و ابرناکی ۵ ایستگاه مهرآباد، دوشان تپه، ژئوفیزیک، شمال تهران و چیتگر تهران طی سالهای ۲۰۰۱ - ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی دریافت شد. برای محاسبه این شاخص ها از نرم افزار بیوکلیما استفاده شده است که داده های سرعت باد برحسب متر بر ثانیه در ارتفاع ۱ متر و ۲۰ سانتی متر شهر و شدت تابش خورشید در ساعتهای دیده بانی به شرح زیر برای این نرم افزار با استفاده از Excel و Matlab آماده سازی شده اند.

فرمول (۱) تبدیل سرعت باد (متر بر ثانیه) ایستگاه ( $V_s$ ) به سرعت باد (متر بر ثانیه) شهری در ارتفاع ۱۰ متری ( $V_u$ ):

$$v_u = v_s \times \frac{\left(\frac{10}{G_u}\right)^{a_u}}{\left(\frac{10}{G_s}\right)^{a_s}}$$

فرمول (۲) تبدیل سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری سطح شهر ( $v_{z0}$ ) به ارتفاع مورد نظر  $z$  متری شهر ( $v_z$ ):

$$v_z = v_{z0} \times \left(\frac{z}{z_0}\right)^a$$

جدول (۱) مقادیر مربوط به  $G$  و  $a$  به این صورت است:

G	a
۲۷۰	۰/۱۴
۳۷۰	۰/۲۲
۵۰۰	۰/۳۳-۰/۴

همچنین برای محاسبه شدت تابش کلی خورشید از فرمولهای ۳ و ۴ استفاده شده است. لازم به توضیح است که شدت تابش کلی خورشید در سطح افق مورد نیاز بوده که از جمع تابش مستقیم و تابش پخشی بر سطح افق بدست می آید. طبق فرمولهای فوق این پارامتر برای تمام ساعت های اندازه گیری شده ایستگاه مهر آباد در اکسل محاسبه شده اند (ثوردویچ و ریدوسالوویچ، ۲۰۰۱):<sup>۱</sup>

(۳) فرمول محاسبه تابش مستقیم:

$$I_{Bn} = E_0 e^{-B/\sin\alpha}$$

<sup>۱</sup>) Dordevic and Radosavljevic

$$I_{Bn} = \text{تابش مستقیم}$$

$$E_0 = \text{ثابت خورشیدی}$$

$$e = \text{عدد اوپلر یا ثابت نپر معادل با } 2,7182818$$

$$B = \text{ضریب میرایی تابش خورشید در جو زمین}$$

$$\text{Sin}\alpha = \text{ارتفاع خورشید که بر اساس فرمول زیر به دست می آید:}$$

جدول ۲) ثابت خورشیدی ( $E_0$ )، فاکتور تابش پخش (c) و ضریب میرایی تابش خورشید در جو

زمین (B) روز بیست و یکم هر ماه:

ماه	$E_0$ (بر حسب وات بر متر مربع)	B	c
ژانویه	۱۲۰۹	۰/۱۴۲	۰/۰۵۸
فوریه	۱۱۹۳	۰/۱۴۴	۰/۰۶۰
مارس	۱۱۶۴	۰/۱۵۶	۰/۰۷۱
آوریل	۱۱۱۵	۰/۱۸۰	۰/۰۹۷
می	۱۰۸۴	۰/۱۹۶	۰/۱۲۱
ژوئن	۱۰۶۹	۰/۲۰۵	۰/۱۳۴
ژوئیه	۱۰۶۶	۰/۲۰۷	۰/۱۳۶
اوت	۱۰۸۸	۰/۲۰۱	۰/۱۲۲
سپتامبر	۱۱۳۱	۰/۱۷۷	۰/۰۹۲
اکتبر	۱۱۷۲	۰/۱۶۰	۰/۰۷۳
نوامبر	۱۱۹۹	۰/۱۴۹	۰/۰۶۳
دسامبر	۱۲۱۲	۰/۱۴۲	۰/۰۵۷

برای محاسبه ارتفاع خورشید ( $\text{Sin}\alpha$ ) از فرمولهای زیر استفاده شد:

$$\sin \alpha = \cos \phi \times \cos \delta \times \cos h + \sin \phi \times \sin \delta$$



$\Phi$  = عرض جغرافیایی محل که برای شهر تهران ایستگاه مهرآباد ۳۵/۷ می باشد.

$\delta$  = مدار میل خورشید است که براساس فرمول زیر محاسبه میشود:

$$\delta = 23.4 \times \sin \left[ \frac{360(286 + t_j)}{365} \right]$$

که در این فرمول  $t_j$  شماره روز از اول ژانویه می باشد.

$h$  - فاصله زاویه ای تا ظهر

(۴) فرمول محاسبه تابش پخشی ( $I_d$ ):

$$I_d = c I_{Bn} F_{SS}$$

$I_d$  = تابش پخشی

$I_{Bn}$  = تابش مستقیم

$c$  = فاکتور تابش پخشی

$F_{SS}$  = با رابطه زیر به دست می آید و در این فرمول  $s$  زاویه اشعه خورشید نسبت به

سطح افق است که در این مقاله صفر در نظر گرفته شده است:

$$F_{SS} = \frac{1}{2} (1 + \cos s)$$

میانگین ماهانه شاخص های مذکور برای هر ۸ ساعت شبانه روز و میانگین ساعتهای ۹:۳۰ صبح، ۱۵:۳۰ ظهر و ۲۱:۳۰ شب آنها به صورت جدول و نمودارهایی تهیه شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

### شاخصها

#### دمای معادل ( $T_{qe}$ )

دمای معادل تأثیر مشترک درجه حرارت هوا ( $t$ ) و فشار بخار آب ( $e$ ) را بر ارگانیسم انسان، بر حسب درجه سانتی گراد میسنجد. دمای معادل به عنوان درجه حرارت

هوایی (فشار هوا ثابت) که اگر تمام بخار آب در آن متراکم شود تعریف میشود. درجه حرارت معادل به صورت زیر محاسبه میشود<sup>۱۸</sup>:

$$T_{eq} = t + 1.5 e$$

جدول ۳) آستانه های تعریف شده برای شاخص  $T_{qe}$  (بر حسب درجه سانتی گراد)<sup>۱۹</sup>

درجه حرارت معادل ( $T_{qe}$ )	احساس حرارتی انسان
> ۱۸	سرد
۱۸-۲۴	خنک
۲۴-۳۲	کمی خنک
۳۲-۴۴	راحت
۴۴-۵۶	کمی شرجی
بالای ۵۶	شرجی

### دمای مؤثر (ET)

دمای مؤثر تأثیر مشترک درجه حرارت هوا ( $t$ ) و سرعت باد ( $v$ ) و طوبیت نسبی ( $RH$ ) را بر شخصی که در سایه ایستاده است، بر حسب درجه سانتی گراد ارزیابی میکند. دمای مؤثر با استفاده از فرمول میسنارد محاسبه میشود<sup>۲۰</sup>:

$$ET = t - 0.4 (t - 10) (1 - 0.01 RH) \rightarrow 1 - v \leq 0.2 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow 2 - v > 0.2 \text{ m/s}$$

$$ET = 37 - \frac{(37 - t)}{\{0.68 - 0.0014 RH + [\frac{1}{(1.76 + (1.4 \times v^{0.75}))}]\}} - 0.29t (1 - 0.01 RH)$$

<sup>۱۸</sup> (<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>)

<sup>۱۹</sup> (<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>)

### دمای مؤثر تابشی (ERT)

دمای تابشی مؤثر تأثیر مشترک دمای هوا (t)، سرعت باد (v)، رطوبت نسبی هوا (HR) و تابش کلی خورشید (Kglob) را بر انسان، بر حسب درجه سانتی گراد ارزیابی میکند. دمای تابشی مؤثر بر اساس دمای مؤثر به صورت زیر محاسبه میشود<sup>۱</sup>:

$$TRE = ET + [(1 - 0.01 ac) Kglob] [(0.0155 - 0.00025 ET) - (0.0043 - 0.00011 ET)]$$

جدول ۴) آستانه های تعریف شده برای شاخص ERT و TE (بر حسب درجه سانتی گراد)<sup>۱</sup>

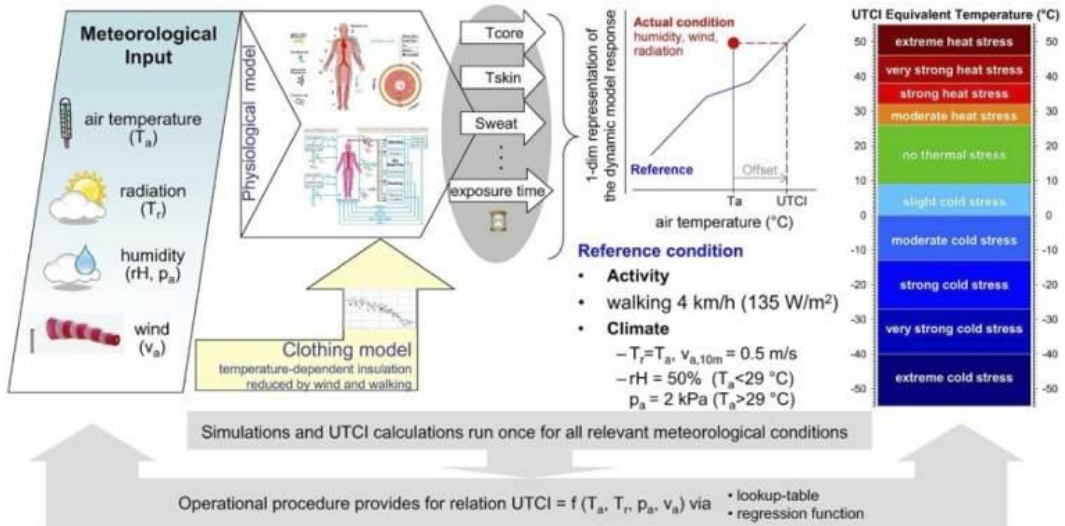
دمای تابشی مؤثر و دمای مؤثر	احساس حرارتی انسان
۱ <	بسیار سرد
۱-۹	سرد
۹-۱۷	خنک
۱۷-۲۱	خنک و مطبوع
۲۱-۲۳	راحت
۲۳-۲۷	گرم
بالای ۲۷	داغ

### شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)

در سال ۱۹۹۹ انجمن بین المللی هواشناسی زیستی، کمیسیونی برای توسعه شاخص حرارتی جهانی UTCI تأسیس کرد. هدف از این پروژه استخراج یک روش ارزیابی حرارتی بر اساس پیشرفته ترین مدل فیزیولوژیک حرارتی بود. تا سال ۲۰۰۹ سازمان همکاری های اروپا در زمینه علوم و فنون به همراه ۴۰ دانشمند برجسته از ۲۳ کشور

<sup>۱)</sup> (<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>)

جهان موفق به توسعه این شاخص جدید شدند (بلیزی چک و همکاران، ۲۰۱۰). در شکل شماره ۱ مفهوم این شاخص و متغیرهای مورد نیاز آن نشان داده شده است. شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) از جمله شاخص های هواشناسی زیستی است که بر اساس دما، رطوبت و یا سرعت باد، دمای درک شده توسط انسان را تخمین می زند (گوسلینگ و همکاران، ۲۰۱۳). این شاخص با مدل تعادل حرارتی فالابا همراه یک مدل لباس شبیه سازی و محاسبه می شود. مدل لباس مورد استفاده دارای ۳ ویژگی مهم است: ۱) عایق لباس تعریف شده در این مدل توسط جمعیت عمومی شهر از نظر رفتاری با دمای محیط انطباق دارد. ۲) از توزیع لباس بر بخشهای مختلف بدن، مقادیر عایق برای قسمت های مختلف مدل بدست می آید. ۳) کاهش مقاومت حرارتی و تبخیری لباس ناشی از باد و پوشنده لباس است که پوشنده یا سرعت ۴ کیلومتر در ساعت و با ۱۳۵ وات در متر مربع نرخ متابولیسم در حال دویدن است، در نظر گرفته شده است. این شاخص بیان کننده دمای معادلی است که دارای ۵۰ درصد رطوبت نسبی (فشار بخار آب ۲ هکتوپاسکال)، با هوای آرام و دمای تابشی برابر دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد می باشد. این شاخص بر اساس معیارهای بدست آمده از پاسخ های فیزیولوژیک شبیه سازی شده به بیش از ۱۰ دسته تنش حرارتی اعم از استرس شدید سرد به گرمای شدید طبقه بندی شده است (جدول ۶). طبق شکل ۱ مقادیر UTCI از شبکه ی داده های هواشناسی شامل: دما  $T_a$ ، سرعت باد  $v_a$ ، متوسط دما تابشی  $T_r$  و فشار بخار آب  $a_p$  با دو روش ساده جدول الگوریتمی و معادلات رگرسیونی محاسبه و شبیه سازی می شود. این روشها به دو صورت پروژه و بسایتی ([www.utci.com](http://www.utci.com)) و نرم افزارهای منتشر شده ای چون یو کلیما در دسترس هستند. (بلیزی چک و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل (۱) مفهوم شاخص اقليم حرارتي جهاني (UTCI) به عنوان دمای معادل که از مدل فيزيولوژيک حرارتي فالا (Fiala) مشتق شده و با يک مدل لباس تکميل شده است.<sup>۱</sup>

جدول (۶) IUTC در شرايط استرس حرارتي در انسان به صورت زير طبقه بندي ميشود (بر حسب سانتي گراد)<sup>۲</sup>

UTCI	رده استرس
+۴۶ بالاتر از	تنش گرمایی شديد
+۴۶ تا +۳۸	تنش گرمایی بسيار قوی
+۳۸ تا +۳۲	تنش گرمایی قوی
+۳۲ تا +۲۶	تنش گرمایی متوسط
+۲۶ تا +۹	عدم تنش حرارتي
+۹ تا ۰	کمی تنش سرمايي
۰ تا -۱۳	تنش سرمايي متوسط
-۱۳ تا -۲۷	تنش سرمايي قوی
-۲۷ تا -۴۰	تنش سرمايي بسيار قوی
-۴۰ پايينتر از	تنش سرمايي شديد

<sup>۱</sup>) Blazejczyk

<sup>۲</sup>) (<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>)

### یافته های پژوهش

میانگین ساعتی و ماهانه شاخص های دمای معادل ( $T_{eq}$ )، دمای مؤثر (ET)، دمای مؤثر تابشی (TRE) و شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) به صورت جدول و نمودار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند که نتایج حاصل به این صورت است:

### دمای معادل ( $T_{eq}$ )

میانگین ساعتی و ماهانه این شاخص بر اساس جدول شماره ۷ سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر (فصل زمستان) را سرد ارزیابی می کند زیرا در این فصل شهر تهران تحت تأثیر سامانه پر فشار سیبری بود و هوای سرد حاکم است.

جدول ۷) بررسی راحتی انسان با استفاده از شاخص دمای معادل ( $T_{eq}$ )

$T_{eq}$	۹:۳۰	۱۵:۳۰	۲۱:۳۰	میانگین ماهانه
ژانویه	سرد	سرد	سرد	سرد
فوریه	سرد	سرد	سرد	سرد
مارس	خنک	خنک	خنک	خنک
آوریل	کمی خنک	کمی خنک	کمی خنک	کمی خنک
می	راحت	راحت	راحت	راحت
ژوئن	راحت	کمی شرجی	راحت	راحت
ژوئیه	کمی شرجی	کمی شرجی	کمی شرجی	کمی شرجی
اوت	کمی شرجی	کمی شرجی	کمی شرجی	کمی شرجی
سپتامبر	راحت	راحت	راحت	راحت
اکتبر	راحت	راحت	کمی خنک	راحت
نوامبر	خنک	کمی خنک	خنک	خنک
دسامبر	سرد	سرد	سرد	سرد

ارزیابی ساعتی و ماهانه شاخص مذکور به سمت فصل بهار (مارس و آوریل) به علت حرکت بادهای غربی و سیستمهای کنترل کننده آب و هوای شهر تهران به سمت عرضهای پایین، از خنک تا کمی خنک بوده تا اینکه میانگین ساعتی و ماهانه ماه می (اردیبهشت - خرداد) حاکمیت راحتی و آسایش را بر شهر نشان می دهد. با نزدیک شدن فصل تابستان پرفشار جنب حاره به سمت عرضهای بالا تر حرکت کرده و در نتیجه میانگین ساعت ۱۵:۳۰ دقیقه ماه ژوئن (خرداد-تیر) کمی شرجی برآورد می شود، در صورتی که ساعتهای ۹:۳۰ صبح و ۲۱:۳۰ شب و میانگین ماهانه شهر تهران را دارای آسایش نشان می دهد. با نزدیک شدن به فصل تابستان حاکمیت پرفشار جنب حاره بر آسایش شهر تهران تأثیر میگذارد، میانگین ساعتی و ماهانه دو ماه ژوئیه (تیر - مرداد) و اوت (مرداد-شهریور) گرم بودن هوا را نشان می دهد. هر چه به فصل زمستان نزدیک می شویم پرفشار جنب حاره به سمت عرضهای جنوبی عقب نشینی می کند و کم کم با آغاز فصل پاییز (سپتامبر و اکتبر) آسایش و راحتی حاکم میشود. ماه نوامبر (آذر) به علت حرکت سامانه پرفشار سیبری به سمت عرضهای ایران و آغاز بارشها خنک ارزیابی شده است.

### دمای مؤثر (ET)

شاخص دمای مؤثر ارزیابی سرمای زمستانی شهر تهران را با میانگین ساعتی و ماهانه سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر در جدول شماره ۸ نشان می دهد. با ورود به فصل بهار و کاهش تأثیرات الگوهای زمستانی، میانگین ساعتی و ماهانه دو ماه مارس، آوریل و می (اسفند - خرداد) از خنک تا خنک و مطبوع ارزیابی شده است. میانگین ماهانه وساعتهای ۹:۳۰ صبح و ۲۱:۳۰ ماه ژوئن راحت ولی میانگین ساعت ۱۵:۳۰ را گرم و با حاکمیت الگوهای تابستانی بر شهر تهران میانگین ساعتی و ماهانه دو ماه ژوئیه (تیر - مرداد) و اوت (مرداد-شهریور) را گرم برآورد می کند. کم کم با حرکت الگوهای

تابستانی به طرف عرضهای جنوبی میانگین ماهانه و ساعتهای ۹:۳۰، ۱۵:۳۰، ماه سپتامبر (شهریور - مهر) راحت و میانگین ساعت ۲۱:۳۰ شب خنک و مطبوع و با شروع ورود الگوهای زمستانی بر شهر تهران میانگین ساعتی و ماهانه دو ماه اکتبر و نوامبر (پاییز) خنک تا خنک و مطبوع ارزیابی شده است.

جدول ۸) بررسی راحتی انسان با استفاده از شاخص دمای مؤثر (ET)

ET	۹:۳۰	۱۵:۳۰	۲۱:۳۰	میانگین ماهانه
ژانویه	سرد	سرد	سرد	سرد
فوریه	سرد	سرد	سرد	سرد
مارس	خنک	خنک	خنک	خنک
آوریل	خنک	خنک	خنک	خنک
می	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع
ژوئن	راحت	گرم	راحت	راحت
ژوئیه	گرم	داغ	گرم	گرم
اوت	گرم	گرم	گرم	گرم
سپتامبر	راحت	راحت	خنک و مطبوع	راحت
اکتبر	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع	خنک	خنک
نوامبر	خنک	خنک	خنک	خنک
دسامبر	سرد	سرد	سرد	سرد

### دمای مؤثر تابشی (TRE)

فاکتور تابش پارامتر مهمی در ارزیابی راحتی ست (بلیزی چک و همکاران، ۲۰۱۲) که این شاخص از این فاکتور استفاده کرده و ارزیابی متفاوتی از آسایش نسبت به شاخص دمای مؤثر دارد. شاخص مذکور براساس جدول شماره ۹ میانگین ماهانه و ساعت ۲۱:۳۰ شب ماه ژانویه و فوریه (فصل زمستان) را سرد و میانگین ساعتهای ۹:۳۰ صبح و



۱۵:۳۰ ظهر را خنک برآورد کرده که به خاطر تأثیر تابش در این ارزیابی است. این شاخص هم مانند دو شاخص قبل تحت تأثیر حرکت الگوهای زمستانی به طرف عرضهای بالا و شروع اعتدالین میانگین ماهانه وساعتی ماه های مارس (اسفند-فروردین) و آوریل (فروردین- اردیبهشت) را خنک تا خنک و مطبوع برآورد کرده ،درحالی که ساعت ۱۵:۳۰ ماه آوریل راحت ارزیابی کرده است. این شاخص به علت فاکتور تابشش میانگین ساعت های ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه می (اردیبهشت-خرداد) را گرم و ساعت ۲۱:۳۰ شب این ماه را خنک و مطبوع و میانگین ماهانه آن را راحت ارزیابی کرده است. با توجه به حرکت پرفشار جنب حاره به سمت کشورمان ایران ،میانگین ساعت های ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه ژوئن (خرداد-تیر) و اوت (تیر -مرداد) داغ، ساعت ۲۱:۳۰ شب راحت و میانگین ماهانه آنها را گرم ارزیابی شده است.

جدول ۹) بررسی راحتی انسان با استفاده از شاخص دمای مؤثر تابشی (TRE)

TRE	۹:۳۰	۱۵:۳۰	۲۱:۳۰	میانگین ماهانه
ژانویه	خنک	خنک	سرد	سرد
فوریه	خنک	خنک	سرد	سرد
مارس	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع	خنک	خنک
آوریل	خنک و مطبوع	راحت	خنک	خنک
می	گرم	گرم	خنک و مطبوع	راحت
ژوئن	داغ	داغ	راحت	گرم
ژوئیه	داغ	داغ	گرم	داغ
اوت	داغ	داغ	راحت	گرم
سپتامبر	داغ	داغ	خنک و مطبوع	راحت
اکتبر	گرم	گرم	خنک	خنک و مطبوع
نوامبر	خنک و مطبوع	خنک و مطبوع	خنک	خنک
دسامبر	خنک	خنک	خنک	خنک

همچنین میانگین ماهانه و ساعت ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه ژوئیه (مرداد- شهریور) داغ و میانگین ساعت ۲۱:۳۰ شب آن داغ، ارزیابی شده است. با توجه به عقب نشینی تدریجی پرفشار جنب حاره ماه سپتامبر (شهریور- مهر) از نظر میانگین ماهانه راحت ولی میانگین ساعت ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر داغ و ساعت ۲۱:۳۰ شب خنک و مطبوع برآورد شده است. همچنین میانگین ساعتهای ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه اکتبر (مهر-آبان) گرم، میانگین ساعت ۲۱:۳۰ شب خنک و میانگین ماهانه آن خنک و مطبوع ارزیابی شده است. در اواخر فصل پاییز و با شروع ورود سامانه های بارش زا میانگین ساعتی و ماهانه دو ماه نوامبر (آبان و- آذر) و دسامبر (آذر- دی) از خنک تا خنک مطبوع بیان شده است. بنابراین با توجه به فاکتور تابش در این شاخص اوقات روز متفاوت از شاخص دمای مؤثر (ET) ارزیابی شده است.

### اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)

شاخص اقلیم حرارتی جهانی شاخص منطقی که با از استفاده عناصر اقلیمی دما، باد، تابش و رطوبت نسبی و یک مدل تعادل حرارتی و یک مدل لباس، آسایش را ارزیابی میکند. بنابراین این شاخص بر اساس جدول شماره ۱۱ برآوردی متفاوت نسبت به شاخص های قبلی دارد به ویژه میانگین ساعت های ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر روند آسایش اقلیمی شهر تهران را بازگو نمیکند در حالی که از میانگین ماهانه و ساعت ۲۱:۳۰ شب ارزیابی بهتری دارد. به همین علت میانگین ساعت های ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه های ژانویه، فوریه و دسامبر (فصل زمستان) را دارای عدم تنش حرارتی و میانگین ماهانه ولی ساعت ۲۱:۳۰ شب را کمی سرد برآورد کرده است. این شاخص میانگین ماهانه و ساعتهای ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه مارس (اسفند- فروردین) و ماه نوامبر (آبان- آذر) را راحت (عدم تنش حرارتی) اما ساعت ۲۱:۳۰ این دو ماه را کمی سرد بیان میکند.

جدول ۱۱) بررسی راحتی انسان با استفاده از شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)

UTCI	۹:۳۰	۱۵:۳۰	۲۱:۳۰	میانگین ماهانه
ژانویه	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	کمی سرد	کمی سرد
فوریه	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	کمی سرد	کمی سرد
مارس	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	کمی سرد	عدم تنش حرارتی
آوریل	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی
می	متوسط گرم	متوسط گرم	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی
ژوئن	متوسط گرم	تنش گرمایی قوی	عدم تنش حرارتی	متوسط گرم
ژوئیه	تنش گرمایی قوی	تنش گرمایی بسیار قوی	متوسط گرم	تنش گرمایی قوی
اوت	تنش گرمایی قوی	تنش گرمایی بسیار قوی	متوسط گرم	متوسط گرم
سپتامبر	متوسط گرم	تنش گرمایی قوی	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی
اکتبر	متوسط گرم	متوسط گرم	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی
نوامبر	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	کمی سرد	عدم تنش حرارتی
دسامبر	عدم تنش حرارتی	عدم تنش حرارتی	کمی سرد	کمی سرد

تنها ماهی که از نظر میانگین ساعتی و ماهانه راحت و بدون تنش حرارتی برآورد شده ماه آوریل (فروردین- اردیبهشت) می باشد. در حالی که میانگین ساعتهای ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر ماه می از فصل بهار (اردیبهشت- خرداد) و ماه اکتبر از فصل پاییز (مهر-آبان) را متوسط گرم و میانگین ماهانه ولی ساعت ۲۱:۳۰ شب آنها بدون تنش حرارتی و راحت برآورد شده است. میانگین ماهانه و ساعت ۹:۳۰ صبح ماه ژوئن (خرداد-تیر) متوسط گرم، میانگین ساعت ۱۵:۳۰ ظهر تنش گرمایی قوی در حالی که ساعت ۲۱:۳۰ شب عدم تنش حرارتی و راحتی بر شهر تهران حاکم بوده است. همچنین میانگین ماهانه و ساعت ۹:۳۰ صبح ماه ژوئیه (تیر-مرداد) شهر تهران دارای تنش گرمایی قوی، ساعت ۱۵:۳۰ ظهر تنش گرمایی بسیار قوی و ساعت ۲۱:۳۰ شب متوسط گرم می باشد. شهر تهران در ماه اوت (مرداد- شهریور) از نظر میانگین ماهانه و ساعت ۲۱:۳۰ شب متوسط گرم، ساعت ۹:۳۰ صبح دارای تنش گرمایی قوی و ساعت ۱۵:۳۰ ظهر نیز تنش

گرمایی بسیار قوی را داراست. این شاخص میانگین ماهانه و ساعت ۲۱:۳۰ شب ماه سپتامبر (شهریور-مهر) را برای شهر تهران دارای عدم تنش حرارتی و راحت بیان کرده ولی میانگین ساعت ۹:۳۰ صبح را متوسط گرم و ساعت ۱۵:۳۰ ظهر را با تنش گرمایی قوی نشان داده است.

## بحث

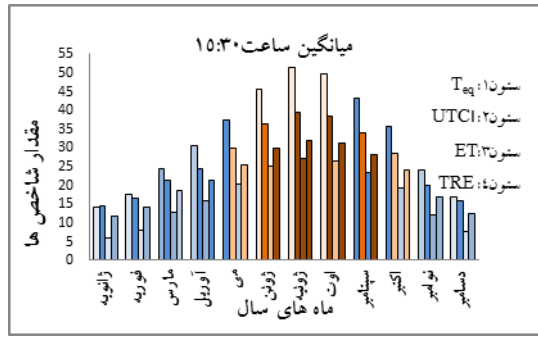
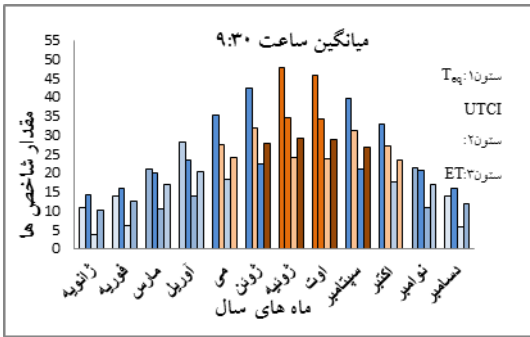
### مقایسه شاخصها

در این بخش هر ۴ شاخص را از نظر میزان هماهنگی در ارزیابی آسایش با استفاده از نمودار ستونی و طبق راهنمای رنگهای ستونها (جدول ۱۲) مقایسه و بررسی میشود. شکل شماره ۲ میانگین ساعت ۹:۳۰ صبح هر چهار شاخص را نشان می دهد. در این ساعت تنها شاخص دمای معادل (T<sub>eq</sub>) با دمای مؤثر (ET) ماه های ژوئن (خرداد- تیر) و سپتامبر (شهریور- مهر) را دارای راحتی و آسایش بیان می کنند. اما مقایسه میانگین ساعت ۱۵:۳۰ شاخصهای مورد نظر در شکل شماره ۳ گویای این مطلب است که شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) با دمای مؤثر تابشی (TRE) ماه آوریل (فروردین- اردیبهشت) و شاخص دمای معادل (T<sub>eq</sub>) با دمای مؤثر ماه سپتامبر (شهریور- مهر) را راحت بیان می کنند.

جدول ۱۲) راهنمای رنگهای نمودارهای مقایسه ای

	سرد		کمی گرم
	کمی سرد		گرم و مرطوب
	کمی خنک و خنک و مطبوع		بسیار گرم
	خنک		داغ
	آسایش		فوق العاده داغ

در حالی که مقایسه میانگین ساعت ۲۱:۳۰ طبق شکل شماره ۴ نشان می دهد که شاخص دمای معادل ( $T_{eq}$ ) با اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) در ارزیابی آسایش سه ماه می (اردیبهشت-خرداد)، سپتامبر (شهریور-مهر) و ژوئن (خرداد-تیر) با هم هماهنگ بوده اند. همچنین شاخص دمای معادل ( $T_{eq}$ ) با دمای مؤثر تابشی (TRE) ماه ژوئن (خرداد-تیر) را راحت بر آورد کرده اند. در مقایسه میانگین ماهانه شاخص ها از نظر ارزیابی راحتی به هم نزدیک تر و هماهنگ تر شده اند که در شکل شماره ۵ قابل مشاهده است. در این مقایسه شاخص دمای معادل ( $T_{eq}$ ) با ۳ شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)، دمای مؤثر (ET) و دمای مؤثر تابشی (TRE) در ارزیابی راحتی ماه سپتامبر (شهریور-مهر) و همچنین با شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) در ارزیابی راحتی اکتبر (مهر-آبان)، با دمای مؤثر (ET) در بر آورد راحتی ماه ژوئن (خرداد-تیر) و با ۲ شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) و دمای مؤثر تابشی (TRE) در ارزیابی راحتی ماه می (اردیبهشت-خرداد) هماهنگی دارد. همچنین شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) با ۳ شاخص دمای معادل ( $T_{eq}$ )، دمای مؤثر (ET) و دمای مؤثر تابشی (TRE) در ارزیابی راحتی ماه سپتامبر (شهریور-مهر) و همچنین با ۲ شاخص دمای مؤثر تابشی (TRE) و دمای معادل ( $T_{eq}$ ) در ارزیابی راحتی ماه می (اردیبهشت-خرداد) و با دمای معادل ( $T_{eq}$ ) در ارزیابی راحتی ماه اکتبر (مهر-آبان) هماهنگ است. بنابراین ۴ شاخص مذکور در میانگین ماهانه بیشترین هماهنگی را با یکدیگر دارند.

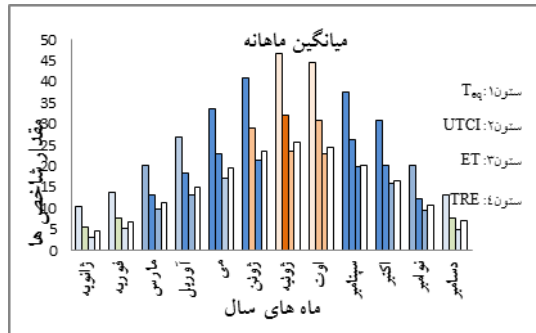
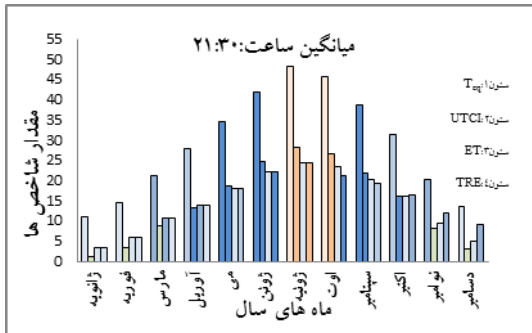


شکل شماره ۲: مقایسه ۴ شاخص برای ساعت ۹:۳۰ صبح

شکل شماره ۳: مقایسه ۴ شاخص برای ساعت ۱۵:۳۰ ظهر

شهر تهران

شهر تهران



شکل شماره ۴: مقایسه ۴ شاخص برای ساعت ۲۱:۳۰ شب

شکل شماره ۵: مقایسه ۴ شاخص برای میانگین ماهانه

شب شهر تهران

شهر تهران

### نتیجه گیری

مقایسه میانگین ساعتی و ماهانه شاخصهای دمای معادل ( $T_{eq}$ )، اقلیم حرارتی جهانی (UTCI)، دمای مؤثر (ET) و دمای مؤثر تابشی (TRE) نشان دهنده آن است که ارزیابی شاخصهای ساده با شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) کمی متفاوت بوده است. به طوری که در مقایسه ارزیابی آسایش میانگین ساعت ۹:۳۰ صبح و ۱۵:۳۰ ظهر شاخص های ساده یعنی دمای معادل، دمای مؤثر (ET) و دمای مؤثر تابشی (TRE) با یکدیگر به طور نسبی هماهنگ بوده اند در حالی که شاخص اقلیم حرارتی جهانی برآوردی متفاوت داشته است. اما شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) در مقایسه ارزیابی آسایش میانگین ساعت ۲۱:۳۰ شب و ماهانه به شاخص های ساده نزدیکتر و با

آنها هماهنگ تر بوده است. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که شاخص های ساده دمای معادل ( $T_{eq}$ )، دمای مؤثر (ET) و دمای مؤثر تابشی (TRE) برای ارزیابی آسایش ساعت های صبح و ظهر شهر تهران مناسب هستند در حالی که شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) آسایش و راحتی ساعت ۲۱:۳۰ شب و ماهانه را بهتر نشان می دهد. با توجه به مطالعه صورت گرفته، در ایران مشابه چنین پژوهشی برای شهر تهران انجام نشده است ولی در سطح جهان و برای خرد اقلیم های دیگری از این دست مطالعه، پژوهش های جامعی انجام شده است که از این جمله می توان به پژوهش گسترده بلیزی چک و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرده که با روش رگرسیون خطی، شاخص های ساده و منطقی و تجربی را با شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) مقایسه کرده اند و نتیجه ای مشابه گرفته اند که شاخص منطقی اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) برآوردی همچون دیگر شاخص ها از آسایش و عدم آسایش داشته باشد.

## منابع

- ۱) اسمعیل نژاد، م.، ف.، بریمانی، (۱۳۹۰)، بررسی شاخصهای زیست اقلیمی مؤثر بر تعیین فصل گردشگری (نواحی جنوب ایران)، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۳، صص ۲۷-۴۶.
- ۲) ذوالفقاری، ح.، ۱۳۸۶، تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخصهای دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV)، *مجله پژوهشهای جغرافیایی*، شماره ۶۲، صص ۱۲۹-۱۴۱.
- ۳) رسولی، ع الف.، م.، عزیز زاده، ۱۳۸۵، مدل سازی مکانی پدیده سرمایش بادی در شمال غرب کشور، *مجله تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۸۰، صص ۳۰-۵۰.
- ۴) زیتونلی، ع.، ۱۳۸۵، *ارزیابی شاخصهای آسایش اقلیمی با تاکید بر نقش توریستی استان گلستان*، خسروی، م.، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده علوم زمین و جغرافیا.
- ۵) ساری صراف، ب.، غ ح.، محمدی، ع.، حسینی صدر، ۱۳۸۹، تعیین مناسبترین شاخص ریمن برای مطالعه اقلیم آسایش در شمال شرق آذربایجان غربی، *مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، ۲۱-۲۳ اردیبهشت ۸۹، تهران.

۶) صادقی روش، م.، ۱۳۸۹، مقایسه میزان آسایش حرارتی انسانی در شرایط آب و هوای خشک و مرطوب (مطالعه موردی شهر یزد و ساری)، فصلنامه علمی - پژوهشی خشک بوم، شماره ۲، صص ۵۰-۶۱.

۷) کسمایی، م.، ۱۳۷۲، *بهنه بندی اقلیمی ایران مسکن و محیط های مسکونی*، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران ۵۰۰ صفحه.

۸) معاونی، آ.، ۱۳۸۰، تعیین و بررسی شاخص آسایش آب و هوایی در یازده ایستگاه منتخب کشور، برای، غ.ر.، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی

۱) Blazejczyk, K., ۲۰۰۵, New indices to assess thermal risks outdoors. *Environmental Ergonomics XI, Proc. of the 11th International Conference*, ۲۲-۲۶ May, ۲۰۰۵ Ystat, Sweden, pp. ۲۲۲-۲۲۵.

۲) Blazejczyk, K., Broede, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B. and Kunert, A., ۲۰۱۰, Principle of the New Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscellanea Geographica*, No. ۱۴, pp. ۹۱-۱۰۲.

۳) Blazejczyk, K., Broede, P., Fiala, D., Havenith, G., Jendritzky, G., Kampmann, B., Epstein, Y. and Psikuta, A., ۲۰۱۳, An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*, No. ۸۶, pp. ۵-۱۰.

۴) Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H., Tinz, B., ۲۰۱۲, Comparison of UTCI to selected thermal indices. *Int J Biometeorol*, No. ۵۶, pp. ۵۱۵-۵۳۵.

۵) Blazejczyk, K. and Matzarkis, A., ۲۰۰۷, Assessment of bioclimatic differentiation of Poland based on the human heat balance. *Geographia Polonica*, No. ۸۰, pp. ۸۲-۶۳.

۶) Brode P., Blazejczyk K., Fiala D., Havenith G., Holmer I., Jendritzky G., Kuklanek K. and Kampmann, B., ۲۰۱۳, The Universal Thermal Climate Index UTCI Compared to Ergonomics Standards for Assessing the Thermal Environment. *Industrial Health*, No. ۵۱, pp. ۱۶-۲۴.

۷) Gosling Simon N., Bryce Erin K., Grady Dixon P., Gabriel Katharina M. A., Gosling Elaine Y., Hanes Jonathan M., Hondula David M., Liang L., Mac Lean P. A. B., Muthers S., Nascimento S. T., Petralli M., Vanos Jennifer K. and Wanka Eva R., ۲۰۱۴, A glossary for biometeorology. *Int J Biometeorol*, No. ۵۸, pp. ۳۰۸-۲۷۷.

۸) Idzikowska, D., ۲۰۱۰, Bioclimatic conditions of Paris, Rome and Budapest on the basis of the Universal Climate Index. *Miscellanea Geographica*, No. ۱۴, pp. ۱۰۳-۱۰۹.

۹) Lindner, K., ۲۰۱۱, Assessment of sensible climate in Warsaw using. *Prace i Studia Geograficzne*, No. ۴۷, pp. ۲۹۱-۲۸۵.

۱۰) Moran, S. D., Shitzer, A. and Pandol, K. D., ۲۰۱۳, A physiological strain index to evaluate heat stress. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, No. ۲۷۵, pp. ۱۳۴-۱۲۹.

۱۱) Novak, M., ۲۰۱۱, A comparison of an UTCI to some other selected indices. *Bioclimate: Source and Limit of Social Development, International Scientific Conference*, ۶th - 9th September ۲۰۱۱, Slovakia.



- ۱۲) Polrolniczak, M., ۲۰۱۱, Sensible temperature at the Leba sandbar (Słowiński National Park) on selected days of the summer season. *Quaestiones geographicae*, No. ۳۰, pp. ۸۳-۹۹.
- ۱۳) Radosavljevic, J. and Dordevic, A., ۲۰۰۱, Defining of the intensity of solar radiation on horizontal and oblique surfaces on earth. *Working and Living Environmental Protection*, No. ۲, pp. ۷۷-۸۶.
- ۱۴) Holopainen, R., ۲۰۱۲, A human thermal model for improved thermal comfort. *Julkaisija- Utgivare-Publisher, Finland*.
- ۱۵) Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B. and Jendritzky, G., ۲۰۱۲, UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *Int J Biometeorol*, No. ۵۶, pp. ۴۱-۴۲۹.

### *Comparing the different climatic indices in assessing the comfort condition of Tehran urban area*

#### Abstract

The climate controls all aspects of human including his comfort in the environment. The Tehran urban area is a very complicated and problematic region for living. For this reason we have decided to evaluate its climatic conditions from to see if it is comfort for its dwellers. We have used different indices to choose the most applicable one. For this purpose the hourly data of temperature, relative humidity, water vapor pressure, wind speed, and cloudiness of Mehrabad, Dowshan Tappeh, Geophysic, Tehran Shomal, and Chitgar stations were obtained from the Meteorological Organization of Iran for the ۲۰۰۱-۲۰۱۰ period. The comfort indices of Equivalent Temperature ( $T_{eq}$ ), Effective Temperature (ET), Radiation Effective Temperature (TRE), Universal Thermal Condition Index (UTCI), were calculated from these data in the environment of BioKlima software. Their results were compared for the different times of the day. The results showed that the Equivalent Temperature ( $T_{eq}$ ), Effective Temperature (ET), and Radiation Effective Temperature (TRE) indices were suitable for the ۹:۳۰ am and ۳:۳۰ pm. But the UTCI was suitable for the monthly and ۹:۳۰ pm conditions.

Key words: comfort indices, climate and urban comfort, urban climate, living in urban areas, climate comfort indices.