

## ارزیابی ضرائب زیست اقلیمی مؤثر در آسایش انسان

### مطالعه موردی : شهر یزد

محمد حسن صادقی روش\*

استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

#### چکیده

ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی امروزه به عنوان ابزاری کار آمد در دست برنامه ریزان منطقه‌ای به حساب می‌آید تا با شناسایی نقاط بحرانی ضمن هدایت فعالیت‌های توسعه‌ای به مناطق کم خطر، ارزش افزوده سرمایه گذاری‌ها را در مناسب‌ترین حالت ممکن در حوزه شهری، عمرانی، سکونتگاهی، معماری و جهانگردی تضمین سازند. بنابراین در این مقاله سعی شد شرایط زیست اقلیمی شهر یزد، بر اساس شاخص‌های بیکر، تراجونگ، ترموهیگرومتریک و اولگی با استفاده از آمارهای سینوپتیک ایستگاه یزد طی سال‌های ۱۹۹۵ الی ۲۰۰۷ مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاصله نشان داد که در طول سال طیف وسیعی از شرایط زیست- اقلیمی از فوق العاده داغ تا بسیار خنک در منطقه حاکم است. همچنین در این میان شاخص اولگی که در آن قابلیت تطبیق برای عرض‌های جغرافیایی زیر ۴۰ درجه پیش بینی شده نسبت به سایر شاخص‌ها برای تعیین محدوده آسایش مناسب‌تر ارزیابی شد.

واژگان کلیدی : آب و هوای خشک، آسایش حرارتی، شاخص‌های زیست - اقلیمی، یزد.

#### مقدمه

در فرایند توسعه همگام با محیط زیست، مطالعات محیطی نقش مهمی ایفا می‌کنند. از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات زیست- اقلیمی<sup>۱</sup> اشاره کرد که پایه و اساس فعالیت‌های معماری، شهرسازی، جهانگردی و غیره می‌باشد (Lauren, 2003, PP 28). بنابراین لازم است این شرایط به صورت محلی مورد ارزیابی قرار گیرد. از طرفی از آن‌جا که بیش از ۶۰ درصد وسعت ایران در اقلیم خشک و فراخشک واقع شده است (دفتر تثبیت شن و بیابانزدائی، ۱۳۸۴، ۸)، بنابراین شناسایی شرایط زیست- اقلیمی در این حوضه‌ها اهمیت مضاعفی می‌یابد. پنج عامل اقلیمی دما، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا (باد) و تابش از جداره‌های داخلی در تعیین شرایط زیستی مورد توجه می‌باشند و سایر عوامل از جمله نوع فعالیت، پوشش، سن و جنس افراد به دلیل این که قابل کنترل نیستند، ثابت فرض شده‌اند (رازجویان، ۱۳۶۷، ۳۸-۵۲، جهانبخش، ۱۳۷۷، ۶۷-۶۸).

به منظور ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی کوشش‌های زیادی صورت گرفته است، یکی از اولین روش‌ها، مدل سرما- باد است که بر پایه دفع انرژی از سطح پوست در سال ۱۹۳۹ توسط پاول سایپل<sup>۱</sup> ارائه شد. (Woodson, 1981, PP 815) ترجونگ در سال ۱۹۶۸ نمودار زیست اقلیمی را که شاخص آسایش را بر مبنای دو پارامتر دمای خشک و رطوبت نسبی ارزیابی می کند، ارائه کرد (McGregor, 1993, 707-725). در سال ۱۹۷۰ بورویو<sup>۲</sup> شاخص دمای ظاهری (AT<sup>۳</sup>) را مطرح کرد. که بیانگر دمای احساس شده بود. سپس این مدل توسط استدمن توسعه یافت. (Steadman, 1984: 1674-1678, Watts & Kalkstein, 2004 : 305-513) و سرانجام این شاخص پس از اصلاحاتی از تابستان ۱۹۸۷ مورد قبول سازمان ملی هواشناسی آمریکا قرار گرفت و در گزارشات این سازمان مورد استفاده قرار می گیرد. (Climate Analysis Center, 1987) در سال ۱۹۷۲ بیکر<sup>۴</sup> با تلفیق کمیتهای دما و جریان باد شاخص قدرت خنک کنندگی محیط را ارائه کرد (Becker et al, 2003, Pp. 747-756). در همین زمان شاخص دمای مؤثر (ET)<sup>۵</sup> ارائه شد و در ادامه با انجام اصلاحاتی دمای مؤثر نوین (ET<sup>\*6</sup>) مطرح شد. (Gagge et al , 1972, Pp. 247-262). فانگر<sup>۷</sup> محدوده آسایش را بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط ارائه کرد (Fanger, 1972, Pp 43-55) از آنجایی که این روش، بسیاری از معیارهای آسایش را در بر دارد روش کاملی به حساب می آید. این روش تحت عنوان PMV<sup>8</sup> عنوان شد. بعدها این روش توسعه یافت و تحت عنوان PPD<sup>9</sup> مطرح شد. اولگی<sup>۱۰</sup> روشی را مطرح کرد که نه تنها همانند روش فانگر، معیارهای آسایش متعددی را مد نظر قرار داده بود بلکه پیشنهادی را برای کاربرد این روش برای عرض‌های جغرافیایی دیگر (عرض‌های زیر ۴۰ درجه) ارائه داد. (Olgyay, 1973, pp 14-23) اداره استاندارد ایالات متحده به سال ۱۹۸۵، میزان رطوبت سطح پوست که به واسطه تعرق به وجود می آید را بهترین روش برآورد نارضایتی حرارتی برشمرد و بر این اساس دمای سطح پوست (ts) و میزان رطوبت آنرا (w) به عنوان دو عامل مهم در محاسبه حدود آسایش حرارتی ارائه کرد. (ASHRAE, 1985, Pp 819-823) در ادامه زوکلائی در سال ۱۹۸۷ محدوده دمای آسایش را بر اساس میانگین دمای محیط تعریف کرد (Szokolay, 1987, Pp 134-165).

در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی وضعیت زیست - اقلیمی به انجام رسیده است که عمدتاً رابطه این موضوع را با عوامل دیگر از جمله شرایط کاری و افزایش صدمات ناشی از کار (Amai et al, 2007, Pp 3955-3964, Kwong et all, 2009, Pp 315-324, Sopian and Daghigh, 2009, Pp 1973-1997, Holz et al, 1997, Pp 31- 43; Martin et ) اتلاف انرژی (1980, Ismail and et all , 2009, Pp 1495-1501

1 - Povel saypel

2 -Bureau

3 - Apparent Temperature

4 - Becker, S

5 - Effective Temperature

6 - New Effective Temperature

7 - Fanger. P. O

8 - Predicted Mean Vote

9 - Predicted Percentage of Dissatisfied

10 - Olgyay. V

Tsutsumi et al, 2007, Pp ) شرایط اقلیمی (a, 2008, Pp 561-572, Corgnati et al, 2008, Pp627-636 4034-4042)، سابقه دمایی (به عنوان مثال، مدت زمان در معرض حرارت روزانه قرار گرفتن و غیره) Chun (et al, 2008, Pp 877-885)، میزان رطوبت (Kosar and Dumitrescu, 2005, Pp 1051-1060)، کاهش تمرکز در فعالیت‌های آموزشی (Schneider, 2002: 552-888)، و غیره بیان می‌کند. در این مطالعات به منظور تعیین وضعیت شرایط زیست - اقلیمی انسانی معمولاً از مدل‌های اشاره شده استفاده شده است.

### مواد و روش‌ها

#### - منطقه مورد مطالعه

از آن‌جا که ۶۴/۶۶ درصد از وسعت اراضی کشور به مساحت ۱۰۴۶۴۴۶ کیلومتر مربع در اقلیم‌های خشک و فرا خشک واقع شده است (دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی، ۱۳۸۴، ۸)، تعیین محدوده آسایش حرارتی در این اقلیم در اولویت قرار گرفت. بنابراین شهر یزد با موقعیت جغرافیایی ۵۴°، ۳۱° عرض شمالی و ۲۴°، ۵۴° طول شرقی (شکل ۱) و ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا با اقلیم خشک و سرد (شکل ۲) و فاقد ماه مرطوب (شکل ۳)، با میانگین بارش سالانه ۶۰، میانگین دمای ۲۰/۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۷/۳ درصد، به عنوان یک نمونه بارز از اقلیم‌های خشک مد نظر قرار گرفت.

#### - روش تحقیق

در این پژوهش به منظور ارزیابی جامع شرایط زیست اقلیمی در ارتباط با مفهوم آسایش انسانی از مدل‌ها و روش‌های مختلفی استفاده شد. تا ضمن دستیابی و مقایسه نتایج حاصل شده از هر مدل با سایر روش‌ها، دید همه جانبه نگر و دارای ضریب اطمینان بالا نسبت به وضعیت زیست - اقلیمی انسانی حاصل می‌شود، از این رو پنج شاخص مهم اقلیمی مد نظر قرار گرفت که عبارتند از: شاخص ترجونگ<sup>۱</sup>، شاخص بیکر<sup>۲</sup>، شاخص اولگی<sup>۳</sup>، شاخص ترموهیگرومتریکی<sup>۴</sup> و شاخص سرما-باد<sup>۵</sup>. در این زمینه به منظور محاسبه روابط مطرح در این شاخص‌ها و دستیابی به نتایج مستدل از آمار ۱۳ ساله ایستگاه سینوپتیک فرودگاه یزد طی سال‌های آماری ۱۹۹۵ الی ۲۰۰۷ استفاده شد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۶-۱۳۷۴).

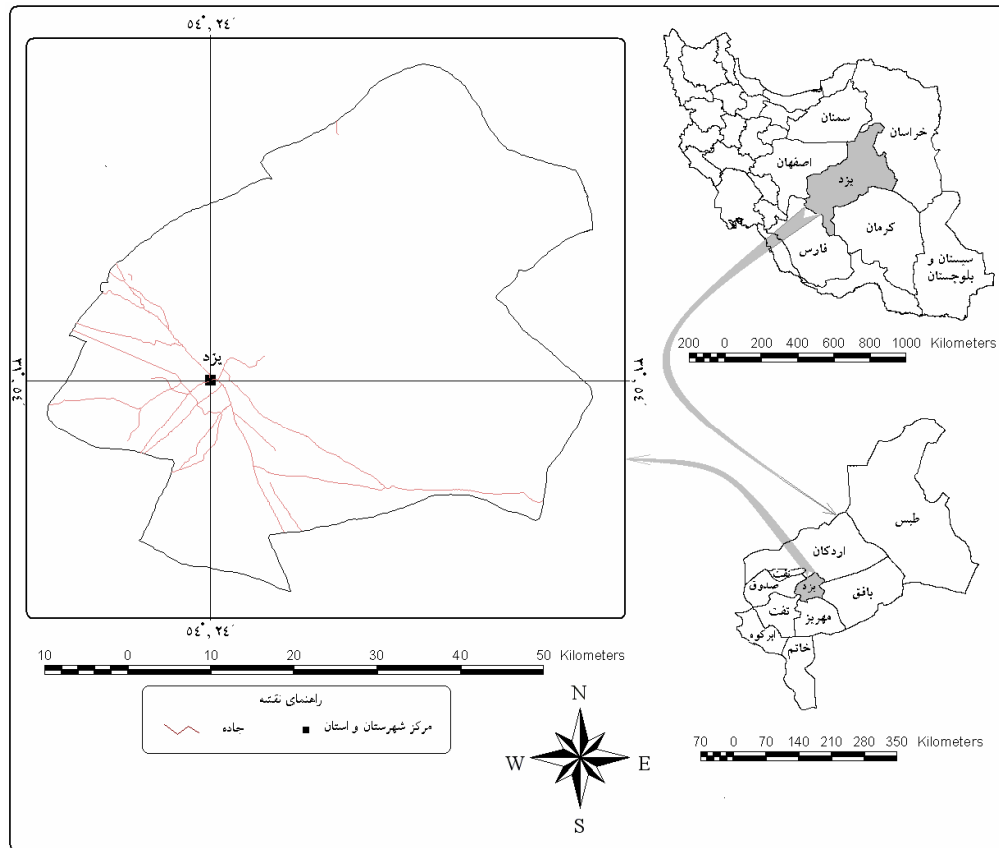
<sup>۱</sup> - Terjung index

<sup>۲</sup> - Becker index

<sup>۳</sup> - Olgay index

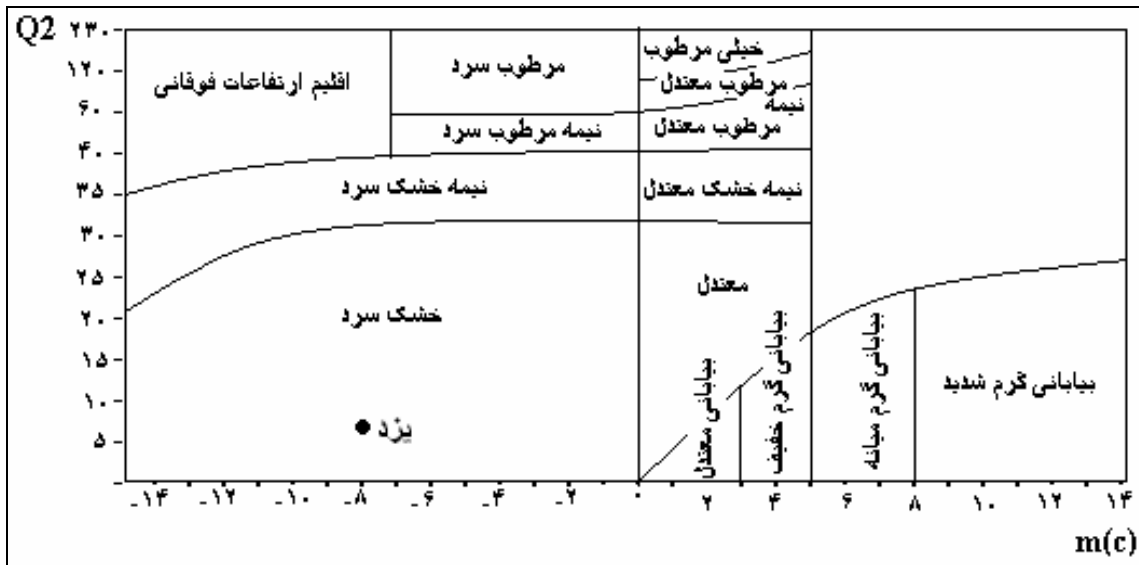
<sup>۴</sup> - Thermohigrometric index

<sup>۵</sup> - Chill- wind index



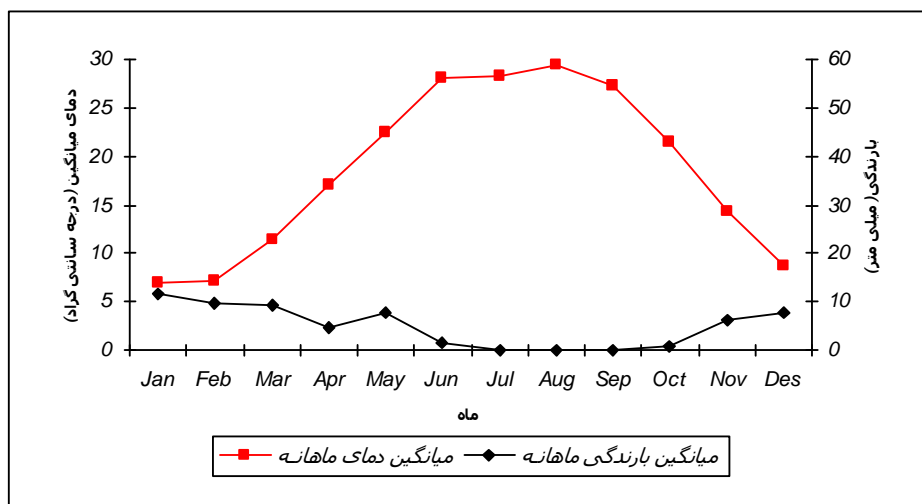
منبع: نگارنده

شکل ۱. استان یزد به تفکیک شهرستان



منبع: نگارنده

شکل ۲. موقعیت اقلیمی شهر یزد بر مبنای اقلیم نمای آمبرژه طی سالهای ۱۹۹۵-۲۰۰۷



منبع: نگارنده

شکل ۳. کلیماگرام ایستگاه یزد طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۰۷

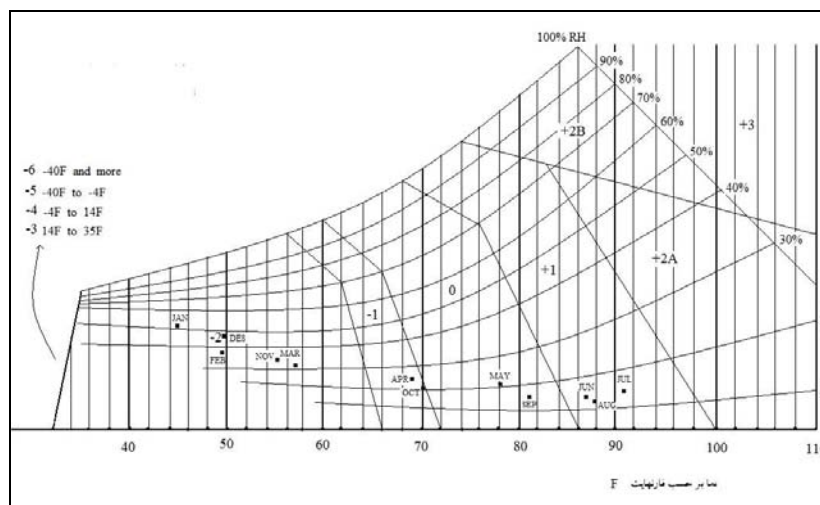
### - شاخص ترجونگ

شاخص ترجونگ یکی از مهمترین روش‌های ارزیابی شرایط زیست اقلیمی انسانی در رابطه با آسایش حرارتی محسوب می‌شود. امتیاز این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که از کلیه مؤلفه‌های اقلیمی مؤثر در آسایش انسانی از جمله دما، رطوبت، باد، تابش و ساعات آفتابی همزمان در طراحی نمودار (شکل ۴) و تشکیل جدول (جدول ۱) استفاده شده است در عین حال به منظور سهولت محاسبه در ساختار نمودار دو مؤلفه میانگین دمای روزانه بر حسب فارنهایت و میانگین رطوبت نسبی ماهانه بر حسب درصد به کار برده شده به صورتی که در واقع این نمودار بیان کننده ضرایب راحتی انسان در شرایط ترکیب‌های متفاوت دما و رطوبت و شرایط متعارف (پوشش معمولی و عدم فعالیت فیزیکی) می‌باشد (McGregor, 1993: 707-725). در این نمودار محور افقی معرف دما بر حسب فارنهایت و خطوط منحنی معرف رطوبت نسبی بر حسب درصد است، محل برخورد این دو پارامتر اقلیمی نمایش دهنده شرایط حرارتی مختلفی است که با نمادهایی بر روی جدول و شکل نمایش داده شده است (جدول ۱ و شکل ۴).

جدول ۱. ضرائب، نمادها و علائم شاخص ترجونگ

شرح	گروه	شرایط زیست- اقلیمی	ضریب ترجونگ
Ultra cold	Uc	بی نهایت سرد	-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	Vh	بسیار داغ	+۲B
Extremely hot	Eh	فوق العاده داغ	+۳

منبع: McGregor, 1993



منبع: McGregor, 1993

شکل ۴. نمودار ضریب حرارتی ترجونگ

## - شاخص بیکر

این شاخص از دو کمیت دما و جریان باد برای ارزیابی شرایط زیست اقلیمی و برآورد آسایش، استفاده می- کند و بر اساس رابطه ۱ که تحت عنوان قدرت خنک کنندگی بیان می شود محاسبه می گردد. (Becker et al, 2003, pp747-756)

$$CP = (0.126 + 0.134 \times V^{0.1622}) \times (36/5 - T)_{\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{sec}} \quad (1)$$

در این رابطه:

CP = قدرت خنک کنندگی محیط

V = میانگین ماهانه سرعت باد (m/sec)

T = میانگین دمای روزانه (C°)

در رابطه ۱ قدرت خنک کنندگی محیط با توجه به اختلاف بین دمای بدن و دمای هوا بر حسب میکرو کالری بر سانتی متر مربع در ثانیه ( $\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{sec}$ ) بیان شده است. بیکر درجات خنک کنندگی محیط و آستانه تحریک زیست اقلیمی را به صورت جدول ۲ بیان کرده است.

جدول ۲. شاخص زیست اقلیمی بیکر

علائم	شاخص بیکر	شرایط محیطی	شرایط زیست اقلیمی
A	$0 \geq BI < 5$	داغ، گرم، شرجی و نامطبوع	فشار زیست اقلیمی
B	$5 \geq BI < 10$	گرم قابل تحمل	محدوده آسایش زیست اقلیمی
C	$10 \geq BI < 20$	ملایم و مطبوع	محدوده آسایش زیست اقلیمی
D	$20 \geq BI < 30$	خنک	تحریک ملایم
E	$30 \geq BI < 40$	سرد و کمی فشار دهنده	تحریک متوسط تا شدید
F	$40 \geq BI < 50$	خیلی سرد	نسبتاً آزار دهنده
G	$50 \geq BI < 60$	فوق العاده سرد (نامطبوع)	به شدت آزار دهنده

منبع: Becker et al, 2003

بر اساس روش بیکر (جدول ۲) چنانچه قدرت خنک کنندگی (CP) کمتر از ۵ (به دلیل درجه حرارت بالا) و یا بیشتر از ۲۰ باشد (به دلیل سرمای محیط) عدم آسایش و راحتی زیست- اقلیمی ایجاد می شود.

#### - شاخص ترموهیگرومتریکی

به منظور برآورد شاخص بیو کليمایی ترموهیگرومتریکی از دو متغیر میانگین دمای خشک<sup>۱</sup> ماهانه و میانگین دمای نقطه شبنم<sup>۲</sup> ماهانه استفاده می شود. این شاخص بیشتر به منظور ارزیابی شرایط آسایش در مناطق خشک به کار می رود (اسکورو، ۱۳۷۷) که طی رابطه ۲ محاسبه می شود.

$$DI = 0.99Td + 0.36Tdp + 41/5 \quad (2)$$

در این رابطه

DI = شاخص زیست - اقلیمی ترموهیگرومتریکی

Td = میانگین دمای خشک ماهانه (C°)

Tdp = میانگین دمای نقطه شبنم ماهانه (C°)

1 -Mean temperature dry bulb  
2 -Mean temperature dew point

پس از محاسبه شاخص آسایش زیست - اقلیمی ترمو هیگرومتریک برای هر ماه، این شاخص با جدول شرایط زیست اقلیمی انسانی (جدول ۳) مقایسه و ارزیابی می‌شود تا شرایط آسایش یا عدم آسایش در ماه‌های مختلف سال برآورد شود.

جدول ۳. شاخص زیست - اقلیمی انسانی بر اساس مدل ترمو هیگرومتریک

محدوده ضرائب	شرایط زیست- اقلیمی انسانی
$DI > 80$	صد در صد افراد به دلیل گرما از ناراحتی رنج می‌برند
$80 \geq DI > 75$	پنجاه درصد افراد به دلیل گرما از ناراحتی رنج می‌برند
$75 \geq DI > 60$	احساس آسایش و راحتی حرارتی
$DI \leq 60$	احساس سرما

منبع: اسکورو، ۱۳۷۷

#### - شاخص سرما- باد

برای تعیین وضعیت زیست - اقلیمی انسانی می‌توان از روش ضریب تأثیر خنک‌کنندگی باد که تحت عنوان شاخص سرما - باد بیان می‌شود استفاده کرد.

این شاخص برای اولین بار در سال ۱۹۳۹ توسط پاول سایپل<sup>۱</sup> ارایه شد و از همان زمان تا کنون به عنوان یکی از پارامترهای مهم ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی به شمار می‌رود. این شاخص معرف میزان دفع انرژی بر حسب کیلو کالری بر متر مربع از سطح بدن در شرایط متعارف یعنی عدم فعالیت بدنی و دمای عادی پوست یعنی  $33^{\circ}\text{C}$  ( $91/4^{\circ}\text{F}$ ) در طی یک ساعت می‌باشد. که طی رابطه ۳ برآورد می‌شود (Woodson, 1981, PP 815).

$$H = (1.0/45 + 1.0 \cdot \sqrt{V} - V)(33 - T) \quad (3)$$

در این رابطه

$$H = \text{ضریب دفع انرژی (Kcal/hr/M}^2\text{)}$$

$$V = \text{میانگین ماهانه سرعت باد (m/sec)}$$

$$T = \text{میانگین دمای ماهانه (}^{\circ}\text{C)}$$

پس از محاسبه شاخص آسایش زیست - اقلیمی سرما- باد برای هر ماه، این شاخص با جدول ضرائب تأثیر باد (جدول ۴) مقایسه و ارزیابی شد تا شرایط آسایش یا عدم آسایش در ماه‌های مختلف سال برآورد شود.



جدول ۴. ضریب تأثیر باد در مقیاس سرما - باد

شرایط زیست - اقلیمی	مقدار دفع انرژی (Kcal/hr/M <sup>2</sup> )
دمای انجماد گوشت	WC > ۱۴۰۰
بی نهایت سرد	۱۲۰۰ ≥ WC < ۱۴۰۰
فوق العاده سرد	۱۰۰۰ ≥ WC < ۱۲۰۰
بسیار سرد	۸۰۰ ≥ WC < ۱۰۰۰
سرد	۶۰۰ ≥ WC < ۸۰۰
بسیار خنک	۳۰۰ ≥ WC < ۶۰۰
خنک	۲۰۰ ≥ WC < ۳۰۰
مطبوع و دلپذیر (احساس آسایش)	۵۰ ≥ WC < ۲۰۰
گرم (احساس گرما روی پوست بدن)	۲۰ ≥ WC < ۵۰
بسیار گرم (گرمای نامطبوع)	۱۰ ≥ WC < ۲۰
فوق العاده گرم (گرمای بسیار نامطبوع)	WC < ۱۰

منبع: Woodson, 1981

### - ضریب اولگی

در این پژوهش به منظور تعیین شرایط زیست اقلیمی از شاخص اولگی (Olgay, 1973, PP 14-23) نیز که در آن قابلیت تطبیق برای عرض‌های جغرافیایی زیر ۴۰ درجه پیش بینی شده است، استفاده شد و با توجه به عرض جغرافیایی شهر یزد، نمودار زیست اقلیمی اولگی، در محدوده آسایش حرارتی تابستانی، اصلاح شد. (افزایش ۰/۴ درجه حرارت به ازاء هر ۵ درجه تنزل عرض جغرافیایی) سپس برآورد اولیه‌ای از حد بالا و پایین آسایش حرارتی تابستانه (۶ ماه گرم سال، از ۱۱ فروردین تا ۱۱ مهر) و زمستانه (۶ ماه سرد سال، از ۱۲ مهر تا ۱۰ فروردین) بر طبق نمودار زیست اقلیمی اصلاح شده اولگی صورت گرفت (شکل ۳). سپس با محاسبه میانگین ماهانه و سالانه درجه حرارت خشک و رطوبت نسبی بر طبق مدل اولگی و انتقال داده‌های برآورد شده بر روی نمودار زیست اقلیمی، وضعیت آسایش حرارتی ایستگاه یزد به تفکیک ماهانه مورد ارزیابی قرار گرفت (صادقی روش، ۱۳۸۸، ۳۹-۴۶).

### نتایج

#### - نتایج حاصل از کاربرد شاخص ترجونگ در ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی یزد

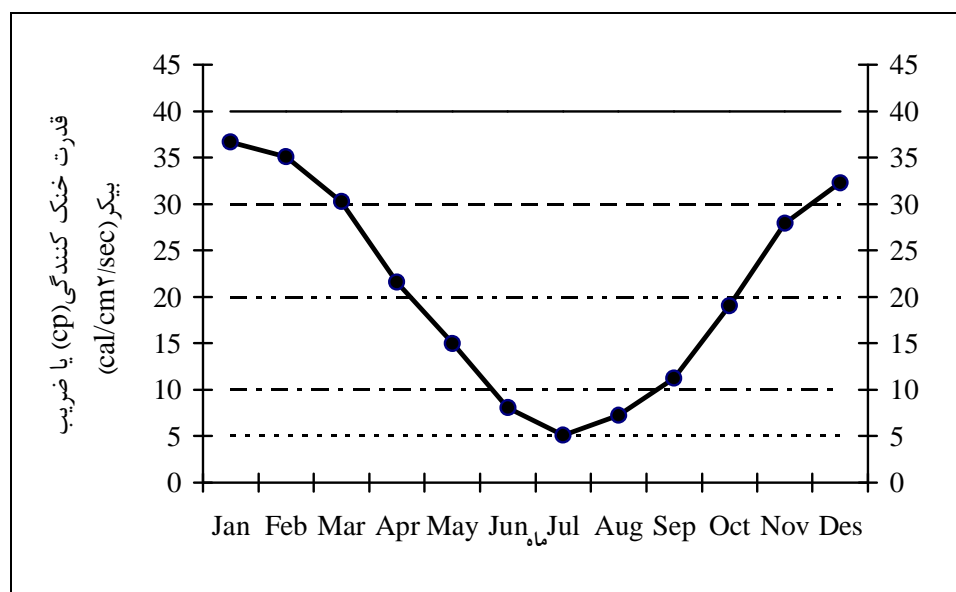
بر اساس جدول ۵ در منطقه مطالعاتی پنج ماه از سال یعنی ماه‌های دی، بهمن، اسفند، آبان و آذر در محدوده ۲- (شکل ۴) قرار می‌گیرد که معرف شرایط فیزیوکلیماتولوژیک بسیار خنک است. این شاخص در منطقه مطالعاتی در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در محدوده +۱ واقع می‌شود که شرایط فیزیوکلیماتولوژیک گرم را تداعی می‌کند و در ماه‌های فروردین و مهر احساس غالب هوای خنک (ضریب -۱) است و تنها دو ماه اردیبهشت و شهریور در محدوده آسایش صفر واقع شده‌اند که مبین شرایط مطبوع است. شرایط فیزیولوژیک سالیانه یزد بر اساس شاخص ترجونگ، خنک (ضریب -۱) ارزیابی شد.

جدول ۵. ضریب آسایش شهر یزد بر مبنای شاخص ترجونگ (۱۹۹۵-۲۰۰۸)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
احساس غالب	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	خنک	مطبوع	گرم	گرم	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک
میانگین دما (F)	۴۴/۲۵	۴۹/۹۲	۵۷/۶۵	۶۹/۰۶	۷۸/۱۷	۸۷/۰۶	۹۱/۰۷	۸۷/۸۷	۸۱/۵۹	۷۰/۰۸	۵۵/۷۶	۴۹/۰۴
میانگین رطوبت (%)	۵۲/۶	۳۸/۳	۳۲/۶	۲۵/۸	۲۰/۱	۱۴/۷	۱۵/۳	۱۳/۹	۱۴/۹	۲۱/۸	۳۶/۵	۴۷/۱

منبع: نگارنده

- نتایج حاصل از کاربرد شاخص بیکر در ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی یزد با استفاده از رابطه ۱ و بر مبنای آمار ۱۳ ساله (۱۹۹۵-۲۰۰۷) ایستگاه سینوپتیک یزد، قدرت خنک کنندگی محیط به تفکیک ماه برای شهر یزد محاسبه شد. و نتایج حاصل شده به صورت نمودار روند ماهانه تحریک و آستانه زیست اقلیمی شهر یزد تهیه شد (شکل ۵).



منبع: نگارنده

شکل ۵. شاخص زیست اقلیمی بیکر برای شهر یزد طی سالهای ۱۹۹۵-۲۰۰۷

منحنی ضریب زیست اقلیمی بیکر (شکل ۵) حالت سینوسی دارد. به این معنی که از دی ماه تا تیر ماه با افزایش دما، روند کاهش CP ملاحظه می‌شود. در حالی که از تیر ماه تا آذر ماه به دلیل کاهش دما این روند افزایشی می‌باشد. به عبارت دیگر در ماه‌های زمستان (دی، بهمن و اسفند) و آخرین ماه فصل پاییز (آذر) مقدار CP به بالاترین حد خود می‌رسد و از مرز ۳۰ میکرو کالری بر سانتی متر مربع در ثانیه فراتر می‌رود که مطابق

جدول ۲ فشار بیوکلیمایی به صورت تحریک متوسط تا شدید ناشی از سرمای فصل زمستان می باشد. این شرایط در ماه های فروردین (به دلیل روند افزایشی دما) و آبان (به دلیل روند کاهشی دما) در محدوده D (شرایط محیطی خنک) قرار می گیرند. و همچنان فشار بیوکلیمایی به صورت تحریک ملایم ناشی از خنکی هوا بر منطقه حاکم است.

مطابق شکل ۵ سایر ماه های سال در محدوده آسایش بیوکلیمایی قرار می گیرند. به این صورت که در ماه های اردیبهشت، شهریور و مهر شرایط آسایش زیست - اقلیمی به صورت هوای ملایم و مطبوعی بر منطقه حاکم است. و در سه ماه خرداد، تیر و مرداد، مقدار CP کاهش یافته ولی همچنان شرایط محیطی دارای گرمای قابل تحمل است و در محدوده آسایش زیست اقلیمی برآورد می شود.

#### - نتایج حاصل از کاربرد شاخص ترموهیگرومتریک در ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی یزد

نتایج حاصله از شاخص ترمو هیگرومتریک ایستگاه یزد برای سال های ۹۵ الی ۲۰۰۷ (جدول ۶) نشان می دهد که میزان DI ماه های دی، بهمن، اسفند، آبان و آذر پایین تر از ضریب عددی ۶۰ می باشند. که این ضرایب مبین این نتیجه هستند که در فضای آزاد انسان احساس سرما می کند.

ضریب راحتی ترمو هیگرومتریک سه ماهه بهار و ماه های مرداد، شهریور و مهر مابین ۶۰ تا ۷۵ می باشد که مبین شرایط بیو کلیمایی مطلوب و در محدوده آسایش حرارتی ارزیابی می شود. و تنها تیر ماه است که به دلیل بالا بودن ضریب ترمو هیگرومتریک بالای ۷۵ این نتیجه گرفته می شود که پنجاه درصد افراد به دلیل گرما از ناراحتی رنج می برند.

جدول ۶. ضریب آسایش شهر یزد بر مبنای شاخص ترمو هیگرومتریک (۲۰۰۷-۱۹۹۵)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
دمای خشک (C°)	۶/۳۳	۹/۶۵	۱۴/۲۵	۲۰/۶۸	۲۵/۹۸	۳۱/۱۴	۳۳/۱۷	۳۱/۵۱	۲۷/۸۳	۲۱/۰۲	۱۲/۷۱	۸/۲۷
دمای نقطه شبنم (C°)	-۴/۱	-۵/۶۸	-۴/۶۸	-۱/۷۶	-۰/۴۶	-۰/۰۸	۲/۴۵	-۰/۰۷	-۲/۳۱	-۲/۸	-۳/۲۱	-۳/۹۱
میزان DI	۴۶/۲۹	۴۹/۰۱	۵۳/۹۳	۶۱/۳۴	۶۷/۰۶	۷۲/۳۰	۷۵/۲۲	۷۲/۷۲	۶۸/۲۲	۶۱/۳	۵۲/۹۲	۴۸/۲۸

منبع: نگارنده

#### - نتایج حاصل از کاربرد شاخص سرما - باد در ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی یزد

با استفاده از رابطه ۳ شاخص سرما - باد برای ماه های مختلف ایستگاه سینوپتیک یزد محاسبه شد (جدول ۷). بر اساس جدول مذکور، شاخص سرما - باد به تدریج از شهریور ماه افزایش یافته و به حد اکثر دفع انرژی در بهمن ماه به میزان ۵۹۱/۲۷ کیلو کالری می رسد. از اسفند ماه بار دیگر به تدریج میزان دفع انرژی از سطح بدن کاهش می یابد، با کاهش این شاخص ملاحظه می شود که در ماه های اردیبهشت، خرداد و شهریور شاخص سرما - باد در وضعیت آسایش و هوای مطبوع قرار می گیرد. نتایج حاصله نشان از شرایط زیست -

اقلیمی گرم با ضریب ۴۹/۲۱ در مرداد ماه دارد و کمترین میزان دفع انرژی بر طبق این مدل در تیر ماه با ضریب ۴/۶۹ اتفاق می افتد که تداعی کننده هوای فوق العاده گرم است.

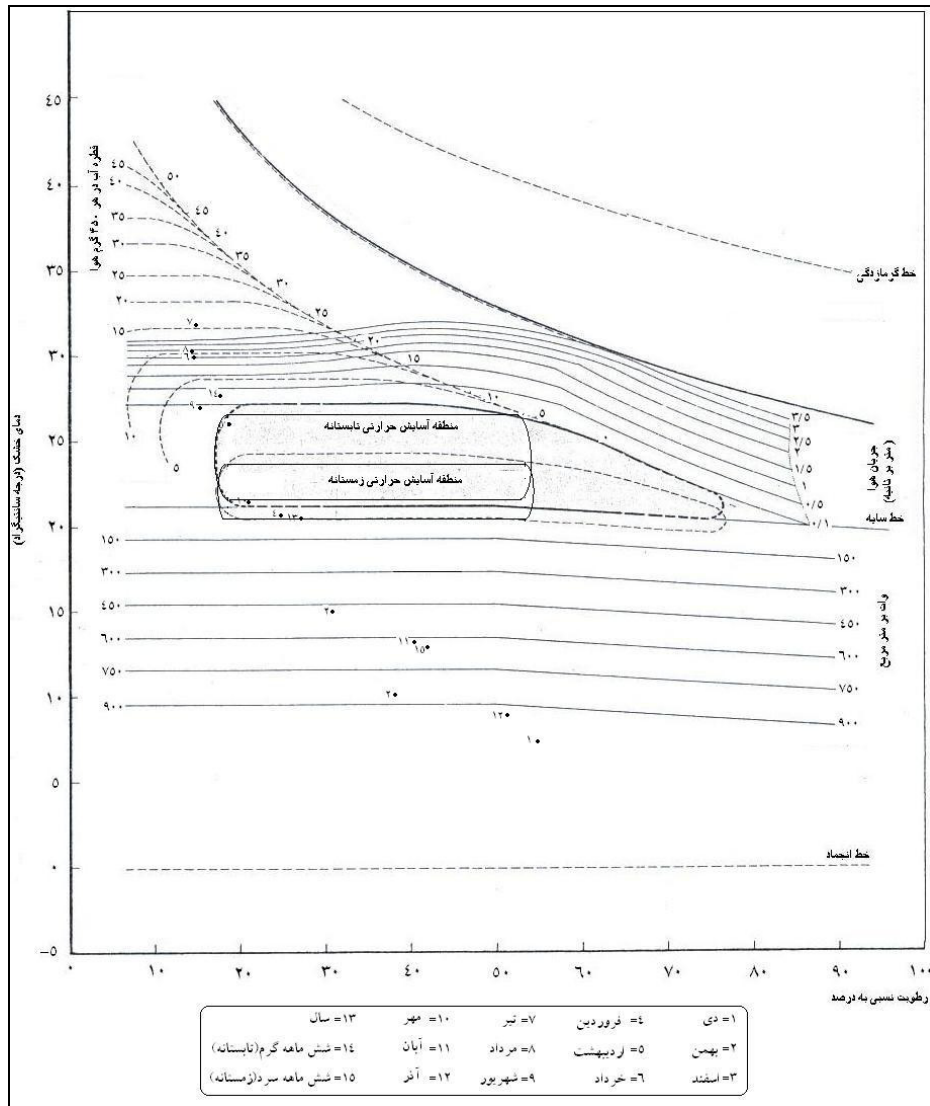
جدول ۷. ضریب آسایش شهر یزد بر مبنای شاخص سرما - باد (۱۹۹۵-۲۰۰۷)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
میانگین دما (C°)	۶/۸۱	۹/۹۶	۱۴/۲۵	۲۰/۵۹	۲۵/۶۵	۳۰/۵۹	۳۲/۸۲	۳۱/۰۴	۲۷/۵۵	۲۱/۱۶	۱۳/۲	۹/۴۷
سرعت باد (m/sec)	۳/۱۳۷	۳/۴۸۷	۳/۶۵	۳/۶۳۷	۳/۷۳۷	۳/۶۷۵	۳/۷۳۷	۳/۴۷۵	۳/۲۱۲	۳/۱۶۲	۲/۹۸۷	۲/۹۷۵
ضریب سرما-باد	۶۵۵/۰۹	۵۹۱/۲۷	۴۹۱/۲۵	۳۲۹/۰۳	۱۹۱/۴۲	۶۲/۲۳	۴/۶۹	۴۹/۲۱	۱۳۷/۱۱	۲۹۶/۸۱	۴۸۹/۹۱	۵۸۱/۷۸

منبع: نگارنده

#### - نتایج حاصل از کاربرد شاخص اولگی در ارزیابی شرایط زیست - اقلیمی یزد

با مشاهده موقعیت ماهانه ایستگاه یزد بر روی نمودار زیست اقلیمی اولگی (شکل ۳) این نتایج حاصل می شود که تنها سه ماه فروردین، اردیبهشت و مهر (نقاط ۴، ۵ و ۱۰) در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفته و چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور (نقاط ۶، ۷، ۸ و ۹) در وضعیتی قرار دارند که بدون جریان هوا و برودت ناشی از تبخیر ذرات، احساس آسایش برای افراد میسر نیست. در نهایت پنج ماه دیگر سال، شامل ماه های دی، بهمن، اسفند، آبان و آذر (نقاط ۱، ۲، ۳، ۱۱ و ۱۲)، در موقعیتی قرار گرفته اند که احساس آسایش بدون قرار گرفتن در معرض گرمای تابشی (انرژی خورشید یا منبع دیگر) امکان پذیر نیست.



منبع: نگارنده

شکل ۳. نمودار زیست - اقلیمی اولگی (Olgyay, 1973) ایستگاه یزد به تفکیک ماهانه

### نتیجه گیری

ارزیابی شرایط زیست اقلیمی ضمن شناسایی شرایط آسایش یا عدم آسایش اقلیمی حاکم بر منطقه، با هدایت برنامه ریزان، ارزش افزوده سرمایه گذاری‌های ملی و منطقه‌ای را در پایدارترین و مناسب‌ترین حالت ممکن تضمین می‌سازد. در این ارتباط نتایج حاصله از کاربرد شاخص‌های مختلف در ارزیابی شرایط زیست اقلیمی شهر یزد بیانگر این مطلب هست که استفاده از یک شاخص به تنهایی کافی نیست و به منظور دستیابی به نتایج با ضریب اطمینان بالا لازم است شاخص‌های مختلف مد نظر قرار گیرد.

نتایج حاصل از مجموع ارزیابی‌ها بیانگر این موضوع است که به ترتیب اولویت ماه‌های اردیبهشت، شهریور، مهر، خرداد، فروردین، مرداد و تیر مناسب‌ترین ماه‌ها از نظر راحتی زیست - اقلیمی انسانی می‌باشند (جدول ۸) و سایر ماه‌ها سرد، خنک و بسیار خنک ارزیابی می‌شوند که این نتیجه گیری با طبقه بندی اقلیمی شهر یزد بر مبنای مدل آمبرژه (شکل ۲) که اقلیم سرد و خشک را برای آن در نظر می‌گیرد مطابقت دارد. بنابراین فعالیت‌های توسعه‌ای متاثر از شرایط اقلیمی می‌توانند به ترتیب اولویت ذکر شده در این ماه‌ها برنامه ریزی و اجرا شوند.

در این روش‌ها شاخص اولگی که در آن قابلیت اصلاح و تطبیق برای عرض‌های جغرافیایی زیر ۴۰ درجه پیش بینی شده است، به واقعیت نزدیک تر می‌باشد. در عین حال نتایج حاصله از این شاخص‌ها بیانگر این موضوع است که سه ماه اردیبهشت، خرداد و مهر دارای شرایط زیست - اقلیمی مطبوع می‌باشند. نتایج حاصله از این پژوهش و پژوهش‌های مشابه می‌تواند در برنامه ریزهای مختلف فعالیت‌های توسعه که شرایط زیست - اقلیمی در آن نقش موثری بازی می‌کنند به صورت کارآمد مورد استفاده قرار گیرد. از جمله این فعالیت‌های توسعه‌ای می‌توان به معماری، مسکن، جهانگردی، زمینه‌های بهداشتی، پزشکی و مسائل مربوط به مکان‌یابی بهینه برای احداث واحدهای حساس مانند بیمارستان‌ها، آسایشگاه‌ها و تفریحگاه‌ها اشاره کرد.

جدول ۸. نتایج حاصل از شاخص‌های زیست - اقلیمی (۲۰۰۷-۱۹۹۵)

شاخص	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
ترجونگ	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	خنک	مطبوع	گرم	گرم	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک
پیکر	سرد	سرد	سرد	خنک	مطبوع	گرم	گرم	گرم	مطبوع	مطبوع	خنک	سرد
ترموهیگرومتریک	سرد	سرد	سرد	مطبوع	مطبوع	مطبوع	گرم	مطبوع	مطبوع	مطبوع	سرد	سرد
سرما- باد	سرد	بسیار خنک	بسیار خنک	بسیار خنک	مطبوع	مطبوع	بسیار گرم	گرم	مطبوع	خنک	بسیار خنک	بسیار خنک
اولگی	سرد	سرد	سرد	مطبوع	مطبوع	گرم	گرم	گرم	گرم	مطبوع	سرد	سرد

منبع: نگارنده

## منابع

- ۱- اسکورو، ژیزل (۱۳۷۷): آب و هوا و شهر، ترجمه شهریار خالدی، چاپ اول، تهران، انتشارات طبیعت.
- ۲- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۶-۱۳۷۴): سال‌نامه هواشناسی کشور، آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک یزد و ساری (۲۰۰۷-۱۹۹۵)، تهران، انتشارات سازمان هواشناسی.

- ۳- جهانبخش، سعید (۱۳۷۷): ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیازهای حرارتی ساختمان، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره چهل و هشت، صص ۶۸-۶۷
- ۴- دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی (۱۳۸۴): خلاصه برنامه ملی مدیریت مناطق بیابانی کشور (۱۴۰۳-۱۳۸۴)، تهران، انتشارات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری.
- ۵- رازجویان، محمود (۱۳۶۷): آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ۶- صادقی روش، محمد حسن (۱۳۸۸): تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوایی خشک، دو فصل‌نامه هویت شهر، سال سوم، شماره چهارم، صص ۴۶-۳۹.

- 7- Amai, H., Tanabe, S. I., Akimoto, T., Genma, T (2007): Thermal Sensation and Comfort With Different Task Conditioning Systems: Building and Environment, 42, Pp: 3955-3964.
- 8- ASHRAE Handbook (1985): American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc; Publications office, USA.
- 9- Becker, S., Potchter, O., Yaakov, Y. (2003): Calculated and Observed Human Thermal Sensation in an Extremely Hot and Dry Climate, Energy and Buildings, 35, Pp: 747-756.
- 10- Chun, C., Kwok, A., Mitamura, T., Miwa, N., Tamura, A (2008): Thermal Diary: Connecting Temperature History to Indoor Comfort, Building and Environment, 43, Pp: 877-885.
- 11- Climate Analysis Center (1987): Weekly Climate Bulletin, US National Weather Service, California.
- 12- Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M (2008): The Impact of Indoor Thermal Conditions, System Controls and Building Types on The Building Energy Demand, Energy and Buildings, 40, Pp: 627-636.
- 13- Fanger, P.O (1972): Thermal Comfort Analysis & Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill, USA.
- 14- Gagge, A. P., Stalwijk, J. A. J and Nishi, Y. (1971): An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response ASHRAE Trans, USA.
- 10- Holz, R., Hourigan, A., Sloop, R., Monkman P., Krarti, M (1997): Effects of Standard Energy Conserving Measures on Thermal Comfort, Building and Environment, 32, Pp: 31-43.
- 15- Ismail, A.R., Jusoh, N., Zulkifli, R., Sopian, K., Deros, B. M., (2009): Thermal Comfort Assessment: A Case Study at Malaysian Automotive Industry, American Journal of Applied Sciences, 6, Pp: 1495-1501.
- 16- Kwong, Q. J., Adam, N. M., Tang, S. H., (2009): Effect of Environmental Comfort Factors in Enclosed Transitional Space toward Work Productivity, American Journal of Environmental Sciences, 5, Pp: 315-324.
- 17-Lauren, T., (2003): Climate and Architecture, Available from: <http://www.serch.man.climate.and.architecture.Londonmek.ac.uk>.
- 18- Martín, H.R., Martínez, R.F.J., Gómez, V.E (2008): Thermal Comfort Analysis of a Low Temperature Waste Energy Recovery System: SIECHP, Energy and Buildings, 40, Pp: 561-572.
- 19- Olgyay, V. (1973): Design With Climate, Princeton University Press, USA.
- 20-Schneider, M., (2002): Do School facilities Affect Academic Outcomes? National Clearinghouse for Educational Facilities Press, USA, Available from: [www.edfacilities.org](http://www.edfacilities.org).
- 21- Sopian, K., Daghigh, R., (2009): The Impact of Air Exchange Effectiveness on Thermal Comfort in an Air-Conditioned Office, American Journal of Applied Sciences, 6, Pp: 1973-1980
- 22- Steadman, R. G., (1984): A universal Scale of Apparent Temperature, Climate Applied Meteorology, 23, Pp: 1674-1687.

- 23- Szokolay, S.V. (1987): Thermal Design of Buildings, Raia Education Division Canberra, Australia.
- 20- Tsutsumi, H., Tanabe, S. I., Harigaya, J., Iguchi, Y., Nakamura, G (2007): Effect of Humidity on Human Comfort and Productivity After Step Changes from Warm and Humid Environment, Building and Environment, 42, Pp: 4034-4042.
- 21- McGregor, G. R. (1993): A preliminary Assessment of The Spatial and Temporal Characteristics of Human Comfort in China, International Journal of Climatology, 13, Pp: 707-725.
- 22- Woodson, W. E., (1981): Human Factors Design Handbook, McGraw-Hill. USA
- 23- Watts, J. D., Kalkstein, L. S., (2004): The Development of a Warm-Weather Relative Stress Index for Environmental Applications, Journal of Applied Meteorology, 43, PP: 503-513.