

اثر دمای محیط بر رزم

()

چکیده:

دما حالتی از جو است که با رطوبت، سرعت باد و سایر عوامل جوی در تعامل است. هرگاه دمای محیط در ارتباط با انسان و ویژگیهای فیزیولوژیک وی قرار گیرد، اثرات ویژه‌ای بر توانایی جسمانی انسان می‌گذارد. درحالتهایی دما می‌تواند توان جسمانی یک رزمنده را برای مدتی طولانی به حداکثر برساند و گاهی فعالیت‌های وی را ناخواسته مختل نماید. بیش از هشتاد سال است که پژوهش‌های فراوانی در ارتباط با ارائه‌ی شاخص‌های دمایی^۱ انجام گرفته است. (پپی^۲ ۲۰۰۴، ص ۱) مقاله حاضر در صدد معرفی و بهره‌برداری از مهمترین شاخص‌هایی است که تا کنون ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: محیط رزم، رزمنده، شاخص دما، دمای مؤثر، شاخص سوز باد، شاخص دمای مرطوب، محفظه کروی مرطوب، شاخص دمای آشکار، شاخص داغی حرارت تابستان، دمای آسایش.

۱-Heat Indexes

۲-Pepi G.W.

مقدمه :

آیا می‌توان به مدت ۲۴ ساعت یا بیشتر در سردخانه‌ای با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد زیر صفر مقاومت نمود و یا در شرایطی معادل آن خوب جنگید؟ آیا می‌شود در دمای گرم و شرجی جنوب کشور، عملیاتی را طراحی نمود و به اهداف عملیات در همان شرایط دسترسی پیدا کرد؟ در صورتی که دما ۵۰ درجه سانتیگراد باشد چطور و چگونه خواهد بود؟ آیا جواب منفی است و باید گفت امکان ندارد؟ آیا دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی ۹۰٪ در بندرانزلی با دمای ۳۰ درجه و رطوبت ۲۰٪ در یزد یکسان است؟ تحمل کدام هوا راحت و کدام مشکل‌ساز است؟ در این مقاله تلاش شده است به بررسی عملکرد دمای محیط در ارتباط با انسان و معرفی شاخص‌های دمایی پرداخته شود و همراه با شناخت ویژگی‌های دما و انسان در مدل‌های دمای آسایش و شاخص‌های دمایی به سؤالات مزبور از دیدگاه تحلیلی اقلیم‌شناسی پاسخ داده شود.

دمای محیط

دمای محیط پیرامون انسان تحت تأثیر هفت عامل قرار دارد (کاویانی و علیجانی ۱۳۷۱). این عوامل عبارتند از :

- تابش خورشید به عنوان اصلی‌ترین عامل گرمایش سطح زمین

- هدایت گرمایی سطح زمین : تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین، توسط هدایت گرمایی ملکول‌ها روزانه تا عمق ۳۰ سانتیمتری زمین نفوذ می‌نماید؛ این حرارت مجدداً و به تدریج بویژه در شب به صورت موج بلند به جو باز می‌گردد و سبب می‌شود که هنگام صبح و قبل از طلوع آفتاب سردترین هوا را داشته باشیم .

ارتفاع هر نقطه از سطح زمین نسبت به سطح دریا: به طور متوسط به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح زمین، ۰/۶ درجه سانتی گراد دمای هوا کاهش می‌یابد. بنابراین مناطق کوهستانی مرتفع بویژه قله کوه‌های بلند حتی در تابستانها سرد می‌باشند.

- نوع ناهمواری و جهت آفتاب‌گیری: جنس سنگ‌های ناهمواری و جهت سطوح ناهمواریها نسبت به تابش خورشید، در میزان جذب حرارت مؤثر است. بنابراین، مناطق استوایی به جهت تابش اشعه خورشید که تقریباً عمود بر سطح زمین است حرارت بیشتری دریافت می‌نمایند و قطبین زمین به عکس می‌باشد.

- ابری بودن هوا: در روزهای تابستان ابرها به دلیل داشتن اثر گلخانه‌ای، مانع عبور انرژی موج بلند سطح زمین از ابر می‌گردد؛ لذا در روزهای ابری تابستان، انرژی حرارتی در زیر ابرها متراکم شده، تحمل هوا کمی مشکل می‌گردد.

- جابه‌جایی افقی و عمودی هوا: توده‌های هوا در مقیاس سیستم‌های سینوپتیکی جابه‌جا می‌گردند. ابعاد توده‌های هوا بین ۳۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلومتر است و متوسط عمر آنها بین ۲ تا ۱۲ روز می‌باشد. این توده‌های هوا به محض اینکه به منطقه‌ای برسند، هوای آن ناحیه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند.

- جریانات اقیانوسی: جابه‌جایی آب‌های اقیانوسها در مقیاس اقیانوسی، سبب تغییر دمای هوا در بالای آن می‌گردد. این جریانات بر روی دمای سواحل مجاور تأثیر زیادی دارند.

دمای محیط به طور مستقیم قابلیت‌ها و تواناییهای انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به‌طوری‌که فعالیت‌های انسان در دماهای بحرانی به شدت کاهش می‌یابد و حتی ممکن است سلامتی فرد، مختل شده، به حالت اغماء و بیهوشی درآید و نهایتاً منجر به مرگ وی گردد.

دمای بدن انسان

بدن انسان همانند یک ژنراتور، انرژی حرارتی تولید می‌کند. دمای تولید شده می‌باید در درجه حرارت ۳۷ درجه سانتی‌گراد، ثابت نگهداشته شود. تنظیم این درجه حرارت توسط یک ترموستات که در قسمت هیپوتالاموس مغز قرار دارد تنظیم می‌گردد. این موضوع متأثر از محیط نیست؛ اما شبانه روز تأثیر اندکی بر آن دارد و با نوسانات $\pm 1/4$ درجه سانتیگراد در طی شبانه روز، رقمی ثابت است. این مکانیسم (خودکار بودن درجه حرارت)، موجب تنظیم درجه حرارت بدن می‌گردد. انسان با این مکانیسم قادر است درجه حرارت‌های بسیار بالا و بسیار پایین را به مدت کوتاهی تحمل کند.

درجه حرارت بدن انسان در هنگام صبح، قبل از برخاستن از خواب، حدود ۳۵/۸ درجه سانتیگراد است. این درجه حرارت در طول روز به طور ممتد افزایش می‌یابد تا در ساعت ده شب به اوج خود می‌رسد. در این زمان، درجه حرارت بدن معادل ۳۷/۲ درجه سانتیگراد است و به تدریج پایین آمده و در ساعت دو تا سه صبح مجدداً به حداقل خود باز می‌گردد. در شرایط عادی با فرمانی که بدن از مغز می‌گیرد دمای بدن تنظیم می‌گردد. (هوش‌ور ۱۳۸۱، ص ۷۰)

هنگامی که شخص در معرض محیطی با هوای گرم قرار می‌گیرد، احساس گرما می‌کند. با فرمان ترموستات مغز، پوست بدن آن شخص شروع به عرق‌ریزی می‌کند. بدین ترتیب با تبخیر عرق از سطح پوست، دمای بدن کاهش می‌یابد. یک گرم آب که در سطح بدن بخار گردد ۶۰۰ کالری برودت ایجاد می‌نماید (کاویانی و علیجانی ۱۳۷۱، ص ۲۰۰)، که در کاهش دمای بدن کاملاً مؤثر است. هنگامی که دمای بدن تحت تأثیر عواملی مانند دمای محیط کاهش می‌یابد، ترموستات بدن با ایجاد فرمان لازم موجب می‌شود تا جریان گردش خون در رگها و مویرگهای سطح بدن

افزایش یابد و بدین وسیله از کاهش دمای پوست در سطح بدن جلوگیری نماید و یا با ایجاد لرزش در سطح جسم باعث بالا رفتن دمای بدن گردد.

انسان در درجه حرارت معین (۳۷ درجه سانتی گراد) فعالیت فکری و بدنی بیشتری دارد و در بالاتر و پایین تر از آن حد، دچار مشکل شده، از فعالیت او کاسته می شود. چرا که بدن انسانها برای تطبیق خود با دمای بحرانی مجبور به فعالیت اضافی می شود و از انرژی مضاعف بهره می برد؛ لذا دچار خستگی زود رس شده، از بازدهی کار او به شدت کاسته می گردد. (صفوی ۱۳۷۸، ص ۴۰)

به طور کلی هفت عامل اصلی ذیل، مبین این مسأله است که چگونه یک شخص احساس گرمی یا سردی می نماید:

الف) عوامل محیطی :

۱- دمای هوا

۲- سرعت جریان باد

۳- تابش خورشید

۴- رطوبت هوا

ب) عوامل فردی :

۱- میزان فعالیت فرد

۲- مقدار لباسی که فرد پوشیده

۳- تفاوت های فردی مثل سن ، جنس ، بیماری و...

تحقیقات در ارتباط با مقدار پوشش لباس به منظور عایق سازی بدن نسبت به دما، اولین بار برای اهداف نظامی انجام گرفت. مقدار لباس پوشیده شده با واحدی به

نام کلو^۱ (CLO) اندازه‌گیری می‌شود. یک کلو عبارت از مقدار لباسی است که یک فرد در حال استراحت (نشسته) پوشیده باشد، درحالی‌که در محیطی با دمای ۲۱ درجه سانتیگراد و ۵۰٪ رطوبت نسبی در معرض جریان هوا با سرعت ۰/۰۵ m/s قرار گرفته باشد و با آن مقدار لباس احساس آسایش (نه احساس گرمی و نه احساس سردی) بنماید.

$$1 \text{ CLO} = 0.16 \text{ c.m}^3 / \text{w} \quad (۱)$$

بدین ترتیب مقدار عایق بودن پوشش لباس به شرح جدول شماره یک تقسیم‌بندی می‌گردد.

(جدول شماره ۱) مقدار عایق بودن پوشش لباس

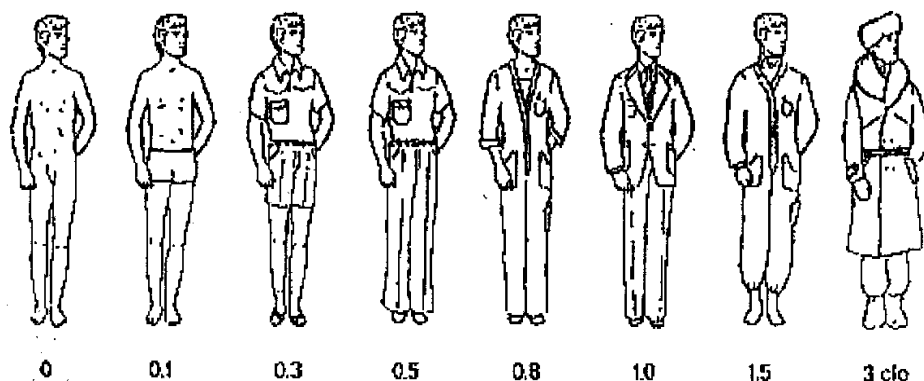
ترکیب لباسها	Clo	$\text{m}^2 \cdot \text{k} / \text{w}$
بدون لباس	۰	۰
لباس شنا	۰/۱	۰/۱۸
لباس نازک تابستانه	۰/۵	۰/۰۷۸
لباس کار	۰/۸	۰/۱۲۴
لباس زمستانه در محیط بسته	۱	۰/۱۵۵
لباس نسبتاً سنگین اروپایی	۱/۵	۰/۲۳۳
لباس زمستانه سنگین	۳	۰/۴۶۶

مأخذ: (چان^۲، ۲۰۰۴)

همچنین در شکل شماره یک تصویر لباس و مقدار CLO آن قید گردیده است.

۱ - CLO

۲ - Chan



(شکل شماره ۱) مقدار لباس بر حسب (clo)

اثرات متقابل دمای بدن انسان و دمای محیط

بدن انسان نسبت به دما به دو صورت پاسخ می‌دهد:

الف: لرزش (در محیط سرد)

ب: عرق نمودن (در محیط گرم)

معادله توازن دمای بدن بدین شرح است:

$$S = M - W - E - Q \quad (2)$$

در این جا :

S = مقدار حرارت ذخیره در بدن (w/m^2)

M = مقدار سوخت و ساز (w/m^2)

W = کار مکانیکی (فعالیت یدی) توسط بدن (w/m^2)

E = مقدار کل تبخیر از دست داده که شامل تبخیر ناشی از تعرق می‌باشد (w/m^2)

Q = مجموع مقادیر حرارت کاهش یافته از پوست (تبادل دمای خشک) (w/m^2)

مقدار سوخت و ساز بدن انسان

مقدار سوخت و ساز بدن بستگی به موارد ذیل دارد:

مقدار فعالیت ماهیچه‌ها

شرایط محیطی

اندازه بدن

واحد اندازه‌گیری سوخت و ساز «Met» می‌باشد و برابر است با $58/2 \text{ wm}$.

مقدار سوخت و ساز بدن در ارتباط با بعضی از فعالیت‌ها در جدول شماره ۲ درج گردیده است.

(جدول شماره ۲) انواع فعالیت‌ها و مقدار سوخت و ساز بدن معادل آن

نوع فعالیت	سوخت و ساز (Met)	نوع فعالیت	سوخت و ساز (Met)
استراحت	۰/۷	کارخانه توپ ریزی و فلزات	۲/۲-۳
خواب	۰/۸	کار سنگین	۱/۵
تکیه زدن	۱	رانندگی	۲/۴
قدم زدن	۲-۳/۴	تدریس	۳/۲
کار اداری	۱/۱-۱/۳	ورزشهای سبک	۵-۷/۲

مأخذ: (چان، ۲۰۰۴)

کاهش حرارت بدن بر اثر تبخیر:

کاهش حرارت بدن بر اثر تبخیر به دو طریق انجام می‌گیرد:

الف: از دست دادن حرارت بر اثر تبخیر آب بدن همراه با بازدم تنفس

ب: کاهش ناشی از تبخیر عرق پوست.

معادله تبخیر به شرح ذیل است :

$$E = E_{res} + E_{sk} \quad (3)$$

E_{res} = کاهش بخار ناشی از تنفس

E_{sk} = کاهش دما بر اثر تبخیر سطح پوست

مبادله دما بین بدن انسان و محیط اطراف

تبادل حرارت بین انسان و محیط بر اثر صعود هوا و تابش را مبادله دمای

خشک گویند. این مبادله به صورت‌های ذیل انجام می‌گیرد:

هنگامی که سوخت‌وساز بدن یک «مت»^۱ باشد انسان در یک هوای معتدل ۲۵/۵

درجه سانتیگراد با لباس سبک و یا ۳۱ درجه سانتیگراد بدون لباس، نه احساس

سردی می‌نماید و نه احساس گرمی؛ اما هنگامی که درجه حرارت محیط کاهش می‌یابد

مقدار تبخیر از سطح پوست کاهش یافته، در نتیجه تبادل دمای ذخیره شده در بدن

منفی می‌گردد.

هنگامی که دمای بدن به ۲۹ درجه سانتیگراد برسد مقدار کاهش حرارت بر

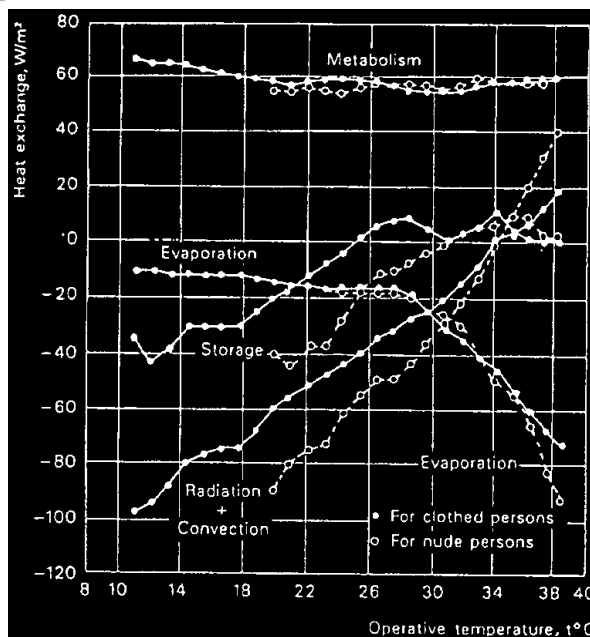
اثر تبخیر در محیط آزاد کمتر انجام گرفته تا بدین‌وسیله دمای بدن به تعادل خود

برسد و آن گاه که دما به ۴۴ درجه سانتیگراد رسید حالت اغماء و بیهوشی پیش

می‌آید و مرگ حتمی است.

^۱ . *Metabolic Rate = MET*

(در نمودار شماره ۱) مبادله دمای خشک بین محیط و شخص درج گردیده است.



(نمودار شماره ۱) مبادله دمای خشک بین محیط و شخص (چان، ۲۰۰۲)

توانایی‌های جسمانی یک رزمنده

توان فعالیت یک رزمنده و تداوم آن در دماهای مختلف، متفاوت است. بهترین حالت هنگامی است که فرد در تبادل دما با محیط، احساس آسایش بیشتری داشته باشد. در این حالت فرد می‌تواند فعالیت و کارایی خود را به حداکثر برساند. این موضوع تحت عنوان شاخص‌های دما مورد بررسی قرار گرفته است. تاکنون شاخص‌های فراوانی ارائه گردیده است که در ذیل به چند مورد آن اشاره می‌گردد. لازم به ذکر است که در دماهای مختلف با اتخاذ شیوه‌هایی می‌توان دمای آسایش را ایجاد نمود و یا حداقل به آن نزدیک شد؛ مثلاً با افزایش یا کاهش لباس، نوع تغذیه و یا کاهش مدت پست‌های نگهبانی و تعویض زودتر آنها و غیره...

انواع شاخص‌های دمایی^۱

۱- شاخص جدید «داغی حرارت تابستانی»^۲

شاخص «داغی حرارت تابستانی» توسط جان دبلیو پیپی^۳ در سال ۱۹۸۷ ارائه گردید (پیپی، ۱۹۹۸، ص...). نویسنده بیش از ۲۵ سال مهندس مکانیک مرتبط با ناسا^۴ بوده است و در ارتباط با آنالیز، طراحی، تست، همگذاری و اختلاط فضا بر اساس ماهواره‌های هواشناسی فعالیت نموده است. پس از ارائه‌ی این شاخص، تقاضا از سراسر جهان او را رهنمون ساخت تا با تحقیقات خود شاخص جدید «داغی حرارت تابستانی» را در آغاز هزاره جدید میلادی در مقالات سالانه AMS^۵ ارائه نماید.

شاخص جدید داغی حرارت تابستانی محدوده‌ی تعریف شده‌ای را از دمای استرس و عدم آسایش با استفاده از معادلات معنی‌دار ارائه می‌دهد. این شاخص بر طبق گفته‌ی واضع آن با مروری بر پیشینه‌ی موجود ۷۵ ساله، خلاصه‌ای از شاخص‌های مختلف و متنوعی را فراهم آورده است و ما را متوجه نقایص آنها می‌نماید. این شاخص از سوی انجمن مهندسی حرارت و برودت آمریکا «آشرا»^۶ نیز به واسطه آزمون‌ها و تحلیل‌های انجام شده در دانشگاه‌ایالتی کانزاس مورد تایید قرار گرفته است.

۱. Heat index

۲. New Summer Simmer Index

۳. John W. Pepi

۴. NASA

۵. American Meteorology Service

۶. ASHRAE

شاخص جدید **NSSI** یکی از جدیدترین شاخص‌های دما - رطوبت است که با استفاده از مدل‌های فیزیولوژیک و آزمون بر روی اشخاص به اثبات رسیده است و می‌تواند با محیط خشک به منظور مقبولیت عمومی مردم به کار رود. این شاخص که در تابستانها و یا هوای بالای ۲۲ درجه سانتی‌گراد کاربرد دارد همانند شاخص «سوز باد»^۱ (مورد استفاده در زمستانها) یک معادله معنی‌دار واقعی را به دست می‌دهد و نه تنها دلالت بر این دارد که هوای گرم چگونه احساس می‌گردد، بلکه شناختی نسبت به گرم شدن آزمون‌های منحصر به فرد (اشخاص) را برای خطرهای مرتبط با فیزیولوژی بدن می‌سازد. شاخص جدید **SSI** با استفاده از معادله ذیل به دست می‌آید:

$$SSI = 1.98(TF - (0.55 - 0.0055(RH)))(TF - 58) - 56.83 \quad (۴)$$

در این جا:

TF = درجه حرارت هوا به درجه فارنهایت

RH = رطوبت نسبی به صورت عددی کامل

این شاخص هنگامی به کار می‌رود که دمای هوا ۲۲ و حداکثر ۵۳ درجه سانتی‌گراد و نهایت گرمی هواست. این شاخص در جدول شماره ۳ طبقه‌بندی شده است.

۱. Wind Chill

(جدول شماره ۳) طبقه‌بندی شاخص جدید «داغی حرارت تابستانی»

طبقه‌بندی	شاخص جدید SSI	اثرات
احساس خنکی	$70 \leq SSI < 77$	افراد بسیاری احساس راحتی با کمی خنکی می‌نمایند.
آسایش	$77 \leq SSI < 83$	تمامی افراد در این شرایط احساس راحتی می‌نمایند.
احساس راحتی با کمی گرما	$83 \leq SSI < 91$	افراد بسیاری احساس راحتی با کمی گرمی دارند.
کمی گرم	$91 \leq SSI < 100$	افزایش حرارت که همراه با احساس ناراحتی می‌باشد.
گرمای متوسط	$100 \leq SSI < 112$	احساس ناراحتی همراه با خطر گرمزدگی
گرمای زیاد	$112 \leq SSI < 125$	ناراحتی زیاد و گرمزدگی وجود دارد.
حداکثر دما	$125 \leq SSI < 150$	حداکثر ناراحتی (خطر گرمزدگی زیاد است).

مأخذ : جان دبلیو پیپی ۲۰۰۴

۲- شاخص دما - رطوبت ^۱(THI)

شاخص دما - رطوبت به دنبال اندازه‌گیری عکس‌العمل بدن انسان به ترکیبی از دما و رطوبت توسط محققى به نام ارل.سی.تام^۲ (تام، ۶۰-۱۹۵۹، ص ۵۷) در اداره اقلیم شناسی آمریکا، ابداع گردید تام شاخص رطوبت دما را بدین شکل ارائه نمود :

$$THI = 0.4 (T + Tw) + 15 \quad (5)$$

در اینجا THI شاخص دما- رطوبت و T دمای هواست که در سایه اندازه‌گیری می‌شود و TW دمای دماسنج تر می‌باشد. تبخیر آب باعث می‌شود تا دمای هوا کاهش یابد و این موضوع به این دلیل است که فشار هوا می‌خواهد به حد ثابتی برسد، لذا

^۱. Temperature Humidity Index

^۲. Earl. C. Thom

دمای هوا توسط تبخیر آب سردتر می‌گردد تا فشار هوا به مقداری ثابت برسد. عملاً دمای دماسنج تر با گردش هوا پیرامون دماسنجی که مخزن آن توسط پارچه‌ای خیس پوشانیده شده اندازه‌گیری می‌شود. THI ، T و TW تماماً به درجه فارنهایت است. هنگامی که THI برابر ۷۱ یا کمتر باشد بیشتر مردم، در حال استراحت و یا بدون فعالیت، احساس آسایش می‌نمایند. هنگامی که $THI = 79$ باشد هر شخصی تقریباً عرق می‌نماید و احساس ناراحتی دارد. هرگاه به ۸۰ برسد ناراحتی فرد شدت می‌یابد، کارها به نحو مفید انجام نمی‌گردد و فعالیت‌های بدنی باید محدود گردد. هنگامی که THI به ۹۰ درجه برسد فوریت‌هایی پزشکی ضرورت می‌یابد. گرچه خوشبختانه به ندرت چنین وضعیتی مشاهده می‌گردد.

شاخص دما - رطوبت با اندازه‌گیری رطوبت هوا و دمای دماسنج تر قابل اندازه‌گیری است:

$$THI = 0.55 T + 0.2Td + 17.5 \quad (6)$$

$$THI = T - 0.55 (1 - RH) (T - 58) \quad (7)$$

در معادله شماره (۶) T دمای هوا به $^{\circ}F$ (درجه فارنهایت) و Td دمای نقطه شبنم به $^{\circ}F$ است.

در معادله شماره (۷)، T دمای هوا به $(^{\circ}F)$ و RH رطوبت نسبی بین صفر و یک است.

هنگامی که هوا شرجی باشد یک الی دو درجه به هر کدام از فرمول‌های ۵، ۶ و ۷ اضافه می‌شود. اشکالی که بر معادله تام وارد است این است که رطوبت تنها متغیری نیست که بر روی عکس‌العمل بدن انسان نسبت به دما واکنش نشان می‌دهد؛ بلکه فعالیت‌های بدنی و در معرض تابش مستقیم پرتوهای خورشیدی بودن، فشار حرارتی را افزایش می‌دهد، و یک نسیم باعث کاهش آن می‌گردد.

۳- شاخص دمای مرطوب محفظه کروی^۱

در سالهای پس از جنگ جهانی دوم، نیروی دریایی آمریکا در خلال تمرین نظامی در جزایر پاریس در جنوب کارولینا متحمل تلفات قابل توجهی بر اثر گرما شد. بی‌درنگ دپارتمان مطالعات نیروی دریایی مأموریت یافت تا اثرات دما را بر روی توانایی تمرینات نظامی بررسی نماید. (AFPD^۲، ۲۰۰۲، ۴۸-۱)

در آن سالها «یاگ لو»^۳ مدت یک سال در حال تحقیق برای نوشتن مقاله‌ای فنی در این زمینه بود. مطالعات و تحقیقات یاگ لو در آن زمان منجر به ابداع نوعی شاخص دمایی شد که «دمای محفظه کروی مرطوب» نامگذاری گردید. بعداً در سال ۱۹۸۹ این شاخص به عنوان یک استاندارد بین‌المللی (ISO 7243) پیشنهاد شد. دمای محفظه کروی مرطوب توسط سه دماسنج متفاوت اندازه‌گیری می‌شود:

۱- دماسنج محفظه خشک^۴

۲- دما سنج محفظه مرطوب که محفظه آن در لفافه‌ای از پارچه‌ی کتان است و انتهای پارچه‌ی مزبور در یک ظرف آب مقطر قرار دارد. لذا پارچه‌ی کتان باید همواره، خیس باشد تا بدین وسیله به طور دائم تبخیر ادامه یابد و باعث خنکی محفظه گردیده و به حالت تعریق شباهت پیدا نماید.^۵

۳- یک دما سنج محفظه خشک استاندارد (ترموگلوب)^۶ که محفظه آن در یک گوی سیاه به قطر ۶ اینچ قرار دارد. (شکل ۲) بدین وسیله اندازه‌ی اثرات تابش

۱. *Wet Bulb Glob Temperature = WBGT*

۲. *Air Force Policy Directive*

۳. *YOGLOU*

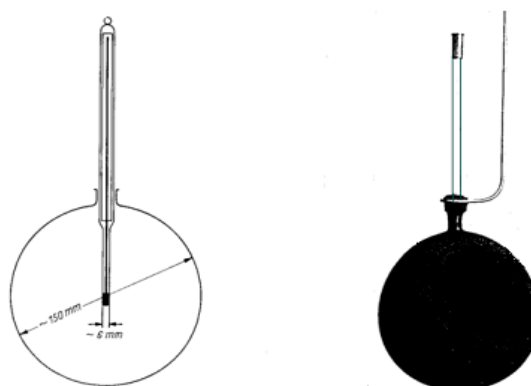
۴. *Dry Bulb Temperature = DB*

۵. *Wet bulb Temperature = WB*

۶. *Thermoglob*

خورشید و سایر تابش‌های حرارتی اندازه‌گیری می‌شود^۱. این سه نوع درجه حرارت به صورت معادله زیر با هم یکی می‌شوند :

$$WBGT = 0.7WB + 0.2GT + 0.1 DB \quad (۸)$$



(شکل ۲) دماسنج ترموگلوب

۴- شاخص دمای آشکار^۲:

دمای آشکار چگونگی احساس گرما را در ترکیبی از رطوبت و دما نشان می‌دهد. مطالعات مربوط به شاخص دمای آشکار توسط استدمن^۳ (۱۹۷۹) به انجام رسید. این شاخص کاربردهای فراوانی در ارتباط با فعالیت‌های انسانی دارد. از جمله در محصولات مهندسی و آزمایش‌های فیزیولوژیست‌ها برای اندازه‌گیری استرس دمایی بکار می‌رود. در آمریکا اداره ملی آب و هوا، استاندارد مشخصی را بر حسب

۱. *Black Globe Temperature = GT*

۲. *Apearant Tempenure Index*

۳. *Steadman*

شاخص مذکور برای راهنمایی و مشاوره عمومی مردم برای محافظت از ریسک گرمای هوا به کار می‌برد که به طور ساده «شاخص دما» نامیده می‌شود و براساس کار استدمن تدوین یافته و در سال ۱۹۷۹ تحت عنوان «تشخیص شرجی قسمت ۱ و ۲» منتشر شده است.

استدمن در سال ۱۹۸۴ کار قبلی خود را با استفاده از آزمایش‌هایی در شرایط گوناگون در محیط بسته و سایه و همچنین محیط باز و در معرض تابش آفتاب توسعه بخشید.

۵- شاخص «سوز باد»

شاخص «سوز باد» نمادی از احساس سرمای باد است که در ترکیب با درجه حرارت پایین ایجاد می‌گردد. هنگامی که باد می‌وزد ما احساس می‌کنیم که هوا سردتر است. این سنجش (احساس سردی) آن چیزی است که شاخص سوز باد بیان می‌نماید. واژه «سوز باد» اولین بار توسط آزمایش‌های انجام شده در سال ۱۹۳۹ توسط پاول سیپل^۱ ارشد نظامیان آمریکا در نواحی قطب جنوب و جغرافیدانی به نام چارلز پاسل^۲ انجام گرفت و نتایج آن در سال ۱۹۴۵ تحت عنوان «انطباق و سازش جهانگردان با اقلیم قطب جنوب» منتشر گردید. (سیپل، پاسل، ۱۹۴۵) سیپل و پاسل در خلال اقامت در قطب جنوب، یخ‌زدگی ۲۵۰ گرم آب یک استوانه پلاستیکی را در محیط باز و در سرعت‌های متفاوت باد مورد آزمایش قرار دادند و نتایج آزمایش خود را به شکل فرمول شماره (۹) برای محاسبه مقدار شاخص سوز باد ارائه نمودند.

$$H = (10.45 + 10\sqrt{v} - v)(33 - T) \quad (9)$$

۱. Sipple p.

۲. Pasel

در این جا :

H = سرد کنندگی باد به کیلو کالری در متر مربع

V = سرعت باد به متر در ثانیه

T = دما به سیلسیوس

این دو محقق ادعا نمودند که دمای پوست بدن، بدون پوشش قدری کمتر از 37°C و برابر 33°C است و بر اساس فرمول، پوست بدن باید به اندازه‌ای متناسب با اختلاف بین دمای پوست و هوا سرد شود. ضریب ثابت فرمول مذکور مبتنی بر سرعت باد می‌باشد و مقدار آن بر پایه کاهش دمای جابه‌جا شده به دلیل آشفته‌گی حرکت هوا در اطراف بدن است. (زونیس، ۱۹۹۸، ص ۱۱)

استدمن (۱۹۷۱) اولین انطباق باد را بر اساس فرض نفوذ حرارت از لباس، کاهش حرارت بر اثر باز دم و عوامل آن در تعیین آنچه که وی «دمای هم‌ارز سوز باد» نامید، انجام داد. استدمن دمای پوست را که در معادله سیپل - پاسل 33 درجه‌ی سانتیگراد بود به 30 درجه‌ی سانتیگراد تصحیح نمود.

شيفر (۱۹۸۸)^۲ و شوورد^۳ (۱۹۹۵ - ۱۹۹۳) معادله استدمن را با دقت بیشتری مورد بررسی قرار دادند. آنها نقاط روباز بدن را که هیچ گونه پوششی نداشت و به طور مستقیم در معرض باد بود به طور دقیق‌تری مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند قسمت‌هایی از بدن که در معرض هوای سرد قرار می‌گیرد زودتر آسیب می‌بیند و باعث سرمازدگی شخص می‌گردد.

۱. *wind chill equivalent temperature*

۲. *Shifer*

۳. *Schwerdt*

هر چند شاخص سوز باد تا سال ۲۰۰۰ پیشرفت خوبی داشته است لکن هنوز اشکالاتی بر آن وارد است. از جمله این که سرعت باد به کار رفته در آن معادله، سرعت باد استاندارد است که در ایستگاه‌های هواشناسی در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود و این سرعت با سرعت در ارتفاع ۱/۵ متری که ارتفاع متوسط صورت یک فرد است متفاوت است، لذا سرویس ملی هواشناسی آمریکا (NWS)^۱ و سرویس هواشناسی کانادا (MSC)^۲ که هر دو تا سال ۲۰۰۰ به مدت ۵۰ سال از شاخص سرمایش سیپل - پاسل استفاده می‌کردند با تشکیل مرکز مشترکی به نام JAG/ TI ^۳ تصمیم به بازبینی در فرمول سوز باد و ارتقای آن گرفتند. (وجتساک ۲۰۰۴، ص ۱۲-۲) در نتیجه معادله شماره (۱۰) ارائه گردید. در این معادله اگر چه سرعت باد استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی ضرایب به گونه‌ای در نظر گرفته شده که سرعت باد در ارتفاع متوسط ۱/۵ متری لحاظ شود. فرمول JAG/ TI به شرح ذیل است:

$$W = 13.12 + 0.6215 \times T_{air} - 11.37(V_{10m})^{0.16} + 0.3965 \times T_{air} \times (V_{10m})^{0.16} \quad (10)$$

۱. National Weather service

۲. Meteorological Service of Canada

۳. Joint Action Group of Temperature

(جدول شماره ۴) سوز باد با توجه به میزان دما بر حسب سانتیگراد و سرعت هوا
بر حسب متر بر ثانیه

Tair Wind	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

راهنمای یخ زدگی :

خطر یخ زدگی کم برای بیشتر مردم
خطر یخ زدگی برای بیشتر مردم در ۱۰ الی ۲۰ دقیقه
خطر یخ زدگی برای بیشتر مردم در ۵ الی ۱۰ دقیقه
خطر یخ زدگی برای بیشتر مردم در ۲ دقیقه

ماخذ: خدمات ملی آب و هوای کانادا (۲۰۰۴)

W = شاخص سوز باد به سلسیوس

(V_{10m}) = سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از زمین به km/h

۶- شاخص دمای آسایش فنگر

این شاخص توسط پرفسور فنگر^۱ استاد دانشگاه فنی دانمارک و مدیر مرکز بین المللی محیط سربسته و انرژی ابداع گردید. فنگر دمای آسایش را در سال ۱۹۷۲ به عنوان رساله‌ی دکتری خود ارائه نمود. نامبرده تا کنون دارای ۳۰۰ مقاله می‌باشد و رساله وی به عنوان یک کتاب با تیراژ ۱۳۰۰۰ جلد از طرف مؤسسه **Mack GrawHill** به چاپ رسید و تا کنون بارها تجدید چاپ گردیده است.

فنگر با استفاده از آزمایشگاههایی که در اختیار داشت تمامی عوامل اقلیمی و فیزیولوژیک را که در ارتباط با دما بودند، مورد مطالعه و آزمایش قرار داد. در واقع جایگاه **PMV** در هفت سطح مزبور معادل طبقه‌ی (۰) یعنی هوای معتدل می‌باشد که فرد در آن حالت نه احساس گرما دارد و نه احساس سرما. وی اندازه‌ی احساس سنجش دمایی را مطابق با احساس پذیرش عمومی و با توجه به جمیع شرایط طبیعی و ساختار فیزیولوژیک بدن و سایر پارامترها مانند مقدار پوشش لباس و غیره تعیین نموده است. شرایط دمای آسایش از نظر فنگر شامل موارد ذیل است که با توجه به سیستم خود تنظیمی بدن انسان طراحی نموده است:

- نگهداری دمای ثابت بدن
- سطح فعالیت
- دمای پوست بدن
- تراوش عرق از سطح پوست

۱. Fanger

همچنین عوامل محیطی مانند رطوبت نسبی و سرعت جریان باد.

فنگر معادله دمای آسایش را به شکل ذیل ارائه نمود (فنگر، ۱۹۷۰، ۱۱۱):

$$\frac{A}{ADU}(1-\eta)-0.35\left[43-0.061\frac{M}{ADU}(1-\eta)-pa\right]-0.42\left[\frac{M}{ADU}(1-\eta)-50\right]-0.0023\frac{M}{ADU}(44-pa)-0.0014\frac{M}{ADU}(34-t_v) \\ = 3.4 \times 10^{-8} FCL[TCL+273]^4 - (tmrt+273)^4 + FCLhc(T_{cl}-ta)$$

در اینجا:

Fcl = نسبت ناحیه‌ای از سطح پوشیده‌ی بدن به ناحیه‌ی بدون پوشش بدن

Icl = پایداری دمایی سطح پوست پوشیده‌ی بدن نسبت به سطح بیرونی لباس به **Clo**

M = نرخ سوخت و ساز بدن به **(Met)**^۱

Adu = مساحت سطح بدن انسان به **(m²)**

I = فعالیت مکانیکی خروجی بدن **(Kcal/hrm²)**

v = حرکت نسبی هوا **(m/s)**

V = تهویه ریوی

Ta = دمای هوا **(°C)**

pa = فشار جزئی بخار آب در پیرامون فرد **(mm/Hg)**

tmrt = میانگین دمای تابشی **(°C)**

این محقق به منظور تعیین میزان انحراف از دمای آسایش، مدل دیگری تحت

عنوان «پیشگویی ناراحتی دمایی» **(PDD)**^۲ ارائه نمود. (فنگر، ۱۹۷۰، ۱۲۸)

PDD درصد انحراف از **PMV** را نشان می‌دهد.

با استفاده از مدل‌های **PMV** و **PDD** می‌توان به ارزیابی دمای آسایش افراد با

توجه به نوع فعالیت، مقدار لباس پوشیده شده و شرایط محیطی پرداخت و قابلیت‌ها

^۱. *Metabolic rate*

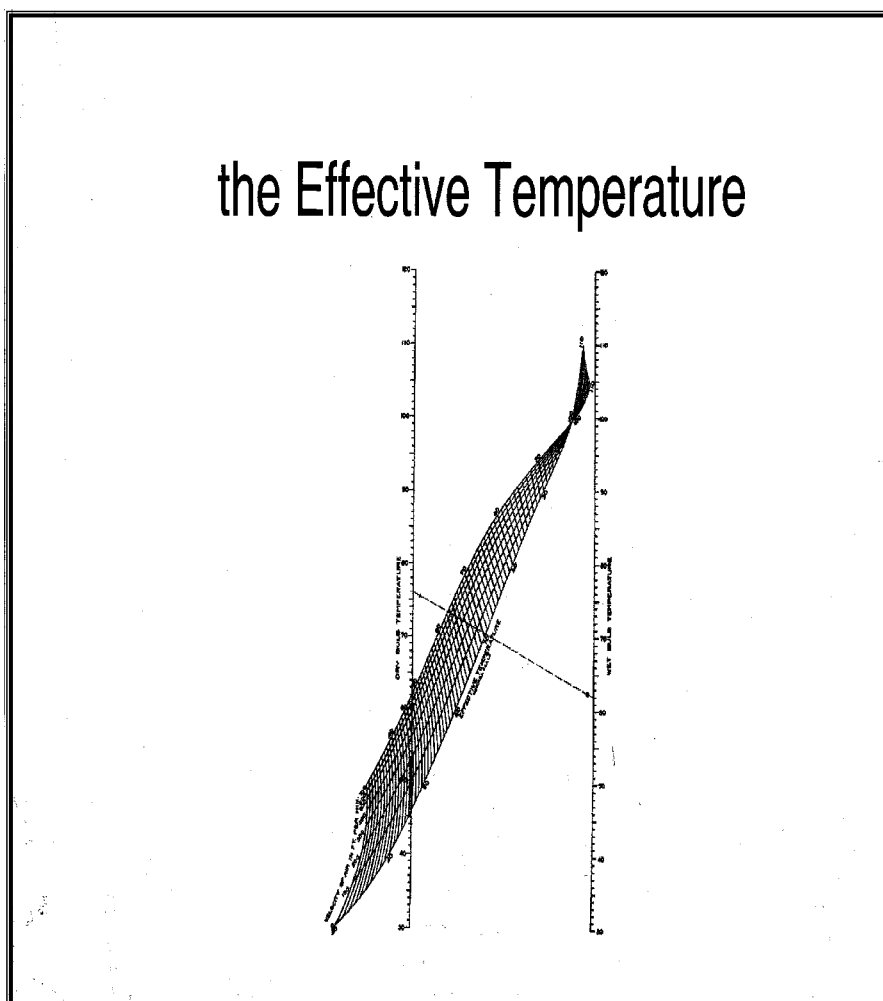
^۲. *Predicted Percent of dissatisfied people at each PMV = PDD*

و توانایی‌های یک فرد رزمنده را با توجه به میزان فعالیت که برای وی در نظر گرفته شده و میزان سبکی و سنگینی آن فعالیت‌ها و مقدار لباسی که پوشیده و با توجه به شرایط محیطی که باید در آن محیط دست به فعالیت نظامی بزند می‌توان سنجید.

۷ - شاخص دمای مؤثر^۱:

این شاخص پس از جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۲۰ توسط موسسه اشرا در آمریکا ابداع گردید. بدین ترتیب که تعدادی داوطلب را در اتاقهایی با شرایط دما، باد و رطوبت معین وارد کردند و نظر آنها را نسبت به آن دما جویا شدند. لذا محدوده‌ای را که افراد در شرایط مختلف دمایی احساس آسایش می‌نمودند مشخص کردند. این محدوده دمایی را برروی نمودار سایکرومتریک پیاده نمودند و با این روش خطوط همدمای آسایش به دست آمد. (رازجویان ۱۳۶۷) بعداً اشکالاتی از جمله شرایط فیزیولوژیک بر این دما وارد گردید. اشرا با بر طرف نمودن نقاط ضعف این نمودار، شاخص جدید دمای مؤثر را در سال ۱۹۷۲ ارائه نمود. این شاخص هنوز به عنوان یکی از بهترین شاخص‌های استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد و نه تنها در امور نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد بلکه در ارتباط با معماری ساختمان نیز کاربرد وسیعی پیدا کرده است. همچنین در ارتباط با کارخانه‌جات صنعتی به منظور افزایش تولید و کاهش خطرات ناشی از حوادث کار، به ویژه در گرمای تابستان و یا در نظام آموزشی کشورها در ارتباط با کاهش استرس دمایی دانش پژوهان در محیط آموزشی و کلاس و افزایش کیفیت فراگیری دروس استفاده می‌گردد و در این رابطه مطالعات و تحقیقات فراوانی انجام گرفته است. در شکل شماره ۳ دمای مؤثر جدید مشاهده می‌گردد.

۱. Effective Temperature



ماخذ: آشرا ۲۰۰۱

(شکل شماره ۳) نمودار دما مؤثر استاندارد

۷-۱- نحوه استفاده از دمای مؤثر

بر روی محور قائم سمت چپ، دمای خشک را علامت گذاری کنید.
بر روی محور قائم سمت راست، دمای تر علامت گذاری کنید.
منحنی سرعت باد معین نمایید. (یکی از محورهای ترسیم شده)
دو نقطه‌ی علامت‌گذاری شده در بند ۱ و ۲ را به هم وصل نمایید تا نمودار سرعت باد را در نقطه‌ای قطع نماید.
دمای مؤثر آن نقطه که منطبق با یکی از خطوط دمای مؤثر است قرائت شود.
این نقطه دمای مؤثر مورد نظر می‌باشد.
با داشتن دمای تر و خشک و سرعت باد به راحتی از روی نمودار فوق می‌توان دمای مؤثر یک ناحیه را معین نمود. آمار درجات حرارت خشک و مرطوب یا با استفاده از نقشه سایکرومتریک و حرارت نسبی به دست می‌آید و یا مستقیماً از ایستگاههای هواشناسی محل دریافت می‌گردد. (غیور ۱۳۷۱) این دما طبق تعریفی که از دمای مؤثر شده معادل حالتی است که شخص با رطوبت نسبی ۵۰٪ و با شرایط دمای همگن و تابش محدود به جسم سیاه و با همان شرایط فیزیولوژیکی و همان احساس راحتی، مشابه آن احساس دمایی را در شرایط غیر آزمایشگاهی و در محیط واقعی تجربه می‌نماید.
بنابراین با به دست آوردن دمای مؤثر در یک زمان و مکان خاص می‌توان ارزیابی صحیح و دقیقی از توان رزم در ارتباط با دما، رطوبت و باد در منطقه‌ی عملیاتی مورد نظر به دست آورد. این ارزیابی در سرنوشت عملیات مؤثر است.

۷- نتیجه گیری

اطلاع از شاخص‌های دمایی مورد بحث، دید ما را نسبت به دما در ارتباط با فعالیتهای نظامی وسعت می‌بخشد و این مسأله را روشن می‌سازد که چرا اتحاد شوروی سابق، تدبیر خود را برای حمله به دشمن در سیبری برای وقتی گذاشته است که درجه برودت هوا به ۴۰ درجه زیر صفر برسد؛ یعنی دمای هوایی که بیش از دوبرابر سردتر از دمای فریزری است که در مقدمه از آن بحث گردید.

تجربه‌های تاریخی روسیه در حمله به این کشور در شرایط سرد زمستان مؤید نظر ماست؛ چرا که ناپلئون با آن همه فتوحات و قدرت نظامی در مقابله با سرمای شدید روسیه شکست خورد. در صورتی که روسها با تجربه‌ای که از چنین سرمایی داشتند به خوبی از عهده‌ی جنگ در چنین شرایط سرد زمستان بر می‌آمدند. مورد دوم شرایط سرمای سخت روسیه در سال ۱۹۴۱ می‌باشد که سرنوشت لنینگراد را که در آن سال در محاصره آلمانها بود، به نفع قوای روسیه تغییر داد و نکته آخر این که با شناخت کامل از شاخص‌های دمایی می‌توان در طراحی و برنامه‌ریزی‌های نظامی حداکثر بهره‌برداری را از دما داشت، از توان نیروها به شکل صحیح بهره‌گیری نمود و نه تنها بر توان رزم افزود بلکه عملیات‌ها را به حول و قوه الهی قرین موفقیت ساخت.

منابع

- رازجویان، محمود، (۱۳۷۱)، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، چاپ اول، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- صفوی، سیدیچی، (۱۳۷۸)، مقدمه‌ای بر جغرافیای نظامی ایران، جلد اول، چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، تهران.
- کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۷۱) مبانی آب و هواشناسی، چاپ اول، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها «سمت» تهران.
- غیور، حسنعلی (۱۳۷۱)، تأثیر اقلیم در معماری فولادشهر (تشعشع، دما و رطوبت)، مجموعه مقالات هشتمین کنگره جغرافیدانان ایران، دانشگاه اصفهان، صص ۲۸۷-۲۶۰.
- هوش ور، زردشت (۱۳۸۱)، پاتولوژی جغرافیایی ایران، جلد اول، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

- Chan, lok, S. heat Exchange. Retrieved December 2002 Form [http://personal.cityu.eduhk/~bsappllec/heat exchange. htm](http://personal.cityu.eduhk/~bsappllec/heat%20exchange.htm)
- Cornel University Ergonomic Web: Ambient Environment: Thermal Conditions – [http://ergo.human.cornel.edu/student dentdownloads/DEA350notes /thermal / thcondnotes. html](http://ergo.human.cornel.edu/student%20downloads/DEA350notes/thermal/thcondnotes.html)
- Cornel University Ergonomic Web: Ambient Environment: Thermal Environment – Lecture 20 Retrieved April 2004'14 ' from [http://ergo. http://human . Cornel .edu / student dentdownloads/ DEA350notes/Thermal / thcomnotes2. 2 html](http://ergo.human.cornel.edu/student%20downloads/DEA350notes/Thermal/thcomnotes2.2.html)
- Fanger P.O' (1972)' Thermal comfort Analysis and Application in Environmental Engineering ' McGraw-Hill book Company ' New York
- Pepi J.W.' (2004)'New Summer Simmer Index. Retrieved September 5 ' 2004 [http"/WWW. idad.com /ssi/ssi-page1.htm](http://www.idad.com/ssi/ssi-page1.htm)
- Steadman R. G. (1999'July).The Free –Convective Anomaly , Journal of Applied Physiology ' Vol. 67, Issue 1, 5473