

محدوده آسایش حرارتی در تهران*

** دکتر محمدتقی رضائی حریری

*** مهندس ریما فیاض

کلمات کلیدی:

آسایش حرارتی، تهران، عایق حرارتی، صرفه جویی در مصرف انرژی، گرمایش و سرمایش.

چکیده:

از نظر فیزیولوژیک، شرایط آسایش حرارتی محدوده ای است از دما و رطوبت که در آن مکانیسم تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت خود باشد. تعیین محدوده آسایش حرارتی و استفاده از آن در طراحی ساختمان و سیستم های تأسیساتی نه تنها بر اندازه دستگاه های حرارتی و برودتی، بلکه بر ضخامت عایق و مصرف انرژی در ساختمان نیز تأثیر مستقیم دارد. به همین منظور لازم است برای مناطق مختلف اقلیمی کشور محدوده های آسایش حرارتی با دیدگاه تأمین آسایش برای انسانها و همچنین کاهش مصرف انرژی مشخص گردد. در نتیجه می توان در مقیاس وسیع نسبت به صرفه جویی انرژی اقدام نمود. در این مقاله به عنوان اولین قدم، محدوده آسایش حرارتی شهر تهران با دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی معرفی می شود. رعایت محدوده حرارتی پیشنهادی می تواند ضمن تأمین شرایط مناسب داخلی از مصرف سوختهای فسیلی در اوقات سرد و نیروی برق در اوقات گرم سال بکاهد.

- * مقاله حاضر از جمله نتایج طرح پژوهشی « کاربرد عناصر معماری خورشیدی در بناهای بلند اقلیم حاشیه کویر » است که توسط معاونت پژوهشی دانشگاه تهران حمایت مالی گردیده است و بدینوسیله از معاونت و شورای پژوهشی دانشگاه تهران سپاسگزاری می شود.
- ** دانشیار گروه معماری دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
- *** دانشجوی دکترای معماری، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

تعیین شده است و دامنه تغییرات پیشنهاد گردیده است. حال آنکه برای ۳ عامل آخر مقادیر ثابت ارائه کرده اند. محققان در کشورهای مختلف محدوده های متنوعی را برای آسایش حرارتی پیشنهاد کرده اند که برخی از آنها در جدول شماره (۱) مشاهده می شود. در همین جدول محدوده آسایش حرارتی لازم الاجرا در چند کشور مختلف نیز به چشم می خورد. محدوده حرارتی و رطوبتی پیشنهادی در جدول مزبور از 5°C تا 50°C و رطوبت نسبی صفر تا ۱۰۰٪ را در بر می گیرد. نگاه دقیق تر به جدول فوق روشن می سازد که در اغلب موارد محدوده دمایی از حداقل 19°C تا حداکثر 27°C است. میزان رطوبت نسبی نیز از ۲۰٪ تا ۸۰٪ در نوسان بوده و شرایط فعالیت و پوشش افراد در کار اداری نشسته و کت و شلوار معمولی با حدود (۱) 0.67 Clo مقاومت حرارتی است. غیر از مورد محدوده دمایی « فانگر » جدول (۱) ردیف ۱۳، در سایر موارد محدوده های آسایش حرارتی با توجه به اقلیم هر کشور تعیین شده است. به این معنی که در کشوری با اقلیم سرد مثل انگلستان محدوده دمایی پایین تر و در اقلیم های معتدل مثل فرانسه و آمریکا محدوده دمایی بالاتری پیشنهاد شده است. علت این امر تأثیر مستقیم محدوده آسایش حرارتی بر میزان مصرف انرژی در ساختمانها است. در اقلیم های سرد با کاهش محدوده دمای آسایش تا حد قابل تحمل برای افراد، میزان مصرف انرژی مورد نیاز برای گرمایش کاهش می یابد و در اقلیم های معتدل با نزدیک کردن محدوده آسایش به مرزهای احساس گرما و احساس سرما (با توجه به فعالیت اداری نشسته و نوع پوشش که پیش از این ذکر شد) مقدار انرژی مصرفی را برای سرمایش و گرمایش در طول سال به حد بهینه می رسانند. در کشور ما نیز چون دیگر کشورها تعیین مرزهای آسایش حرارتی در مصرف انرژی خصوصاً مصرف سوختهای فسیلی نظیر گازوئیل، نفت سفید و گاز طبیعی تأثیر عمده خواهد داشت.

تعیین مرزهای آسایش حرارتی در کشور ما بدون توجه به پهنه بندی اقلیمی گسترده آن امکان پذیر نمی باشد. در حقیقت تعیین فقط یک محدوده آسایش حرارتی برای تمام این سرزمین

سرآغاز

از نظر فیزیولوژیک، شرایط آسایش حرارتی محدوده ای است از دما و رطوبت که در آن مکانیسم تنظیم حرارتی بدن در حداقل فعالیت خود باشد (Givonis 1976). تعیین محدوده آسایش حرارتی بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه دستگاههای حرارتی و برودتی و ضخامت عایق و جنس پوسته خارجی ساختمان تأثیر مستقیم دارد. بنابراین لازم است که برای هر منطقه اقلیمی محدوده آسایش حرارتی به طور دقیق مشخص گردد.

روش تحقیق

در این مقاله برای دستیابی به محدوده آسایش حرارتی در تهران از مقایسه محدوده های آسایش حرارتی سایر کشورها، روش اولگی و مشاهدات تجربی استفاده شده است.

محدوده آسایش حرارتی

محدوده آسایش حرارتی به ۸ عامل به شرح زیر وابسته است، که به ترتیب اهمیت عبارتند از:

۱. دما
۲. رطوبت
۳. فشار بخار آب
۴. سرعت جریان هوا
۵. تابش از جداره های داخلی فضا
۶. انسان (سن، جنس)
۷. نوع فعالیت انسان
۸. نوع پوشش انسان

از میان عوامل نامبرده، ۵ عامل اول حائز اهمیت بیشتری بوده و در اغلب محدوده های آسایش تعریف شده به آنها توجه شده است. سه عامل آخر به علت اینکه از طرف طراحان قابل کنترل نیستند در محدوده های مختلف آسایش حرارتی، ثابت فرض شده اند. به این معنی که برای ۵ عامل اول مقادیر خاصی

جدول شماره (۱): محدوده آسایش حرارتی (Fanger, 1972; Olgyay, 1973; Givoni, 1976 and Ashraf, 1985)

ردیف	مرجع	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت جریان هوا (m/sec)	سایر
۱	ورنون ^(۲) (انگلیس)	۱۹ تابستان - ۱۶/۷ زمستان	-	۰/۲۵	-
۲	بدفورد ^(۳) (انگلیس)	۱۳-۲۲	-	-	-
۳	مارکام ^(۴)	۱۵/۵ - ۲۴/۵	۴۰-۷۰	-	هنگام ظهر
۴	بروکس ^(۵) (انگلیس)	۱۳/۵ - ۲۱	-	-	-
۵	P4.S.R. (انگلیس)	۲۷-۵۴ دمای خشک ۱۶-۳۶ دمای مرطوب	-	۰/۵۰-۲/۵	لباس کار یا لباس زیر
۶	H.S.I (آمریکا)	۲۱-۴۹	-	۰/۲۵-۱	فشاربخار ۳-۴۲ میلیمتر جیوه
۷	I.T.S	۲۰-۵۰	-	۰/۱-۳/۵	فشاربخار ۵-۴۰ میلیمتر جیوه
۸	دمای منتج (فرانسه)	۲۰-۴۵ دمای خشک ۱۸-۴۰ دمای مرطوب	-	۰-۳	-
۹	دمای مؤثر (آمریکا)	۲۲-۲۷	-	۰/۱-۱/۵	درحال استراحت
۱۰	دمای مؤثر (آمریکا)	۱۷-۲۱/۵	-	-	بالباس معمولی درحال استراحت
۱۱	یاگلو - درینکر ^(۶) (آمریکا)	۱۹-۲۴	-	-	بالباس معمولی در حال استراحت
۱۲	اوگلی ^(۷) (آمریکا)	۲۱-۲۷/۷	۳۰-۶۵	-	کار سبک، کت و شلوار معمولی
۱۳	فانگر ^(۸) (دانمارک)	۵-۴۰	۰-۱۰۰	۰/۱-۱/۵	برای انواع فعالیتها و پوششها
۱۴	استاندارد ایالات متحده آمریکا	۲۲/۲-۲۵/۶	۲۰-۸۰	۰/۱۵-۰/۲۵	لباس معمولی، کار اداری نشسته
۱۵	استاندارد آلمان	۲۰-۲۶	۳۵-۶۵	-	DIN1946 / BI.2
۱۶	استاندارد فرانسه	۱۹	-	-	-
۱۷	استاندارد انگلستان	۲۱/۵ - ۲۷	۵۵%	-	۱-۱ PMV ^(۹) و +۱
۱۸	استاندارد اطریش	۲۰	-	-	اتاق اداری

در مناطق مختلف و همچنین نوع لباس ایشان در تعیین مرزهای آسایش حرارتی بسیار مؤثر است و می بایست مورد توجه قرار گیرد. لذا به عنوان اولین قدم در این راه محدوده آسایش حرارتی برای شهر تهران پیشنهاد می شود.

برای تعیین محدوده آسایش حرارتی در تهران با دیدگاه کاهش مصرف انرژی در ساختمانها، لازم است که محدوده مزبور را با توجه به شرایط حرارتی تابستانی و زمستانی این شهر پیشنهاد کرد. زیرا در اقلیم تهران در اوقات گرم نیاز به سرمایش

کفایت نخواهد کرد. وجود اقلیم های چندگانه در ایران، از اقلیم سرد کوهستانی تا اقلیم گرم و خشک کویری، و نیز اقلیم گرم و مرطوب جنوبی به خوبی گویای این امر است که باید برای هر کدام از اقلیم نامبرده و یا حتی برای هر شهر مهم ایران محدوده آسایش حرارتی معینی تعریف نمود. زیرا تنها در این صورت می توان به اهداف موردنظر یعنی صرفه جویی در مصرف انرژی و نیز تأمین آسایش حرارتی افراد ساکن دست یافت. بویژه نباید از یاد برد که حضور اقوام مختلف نژادی و عادات فرهنگی آنان

و در اوقات سرد نیاز به گرمایش است (کسماتی، ۱۳۷۲). تعیین محدوده آسایش حرارتی تابستانی و زمستانی سبب می شود که مرزهای آسایش حرارتی به مرزهای حرارتی قابل تحمل افراد نزدیک شده و در مصرف انرژی در طول سال صرفه جویی چشمگیری به عمل آید.

از میان تمام نمودارهای حرارتی که بر آنها محدوده آسایش مشخص شده است، تنها نمودار « اولگی » است که در آن قابلیت تطبیق بر عرضهای جغرافیایی زیر ۴۰ پیش بینی شده است. لذا در تعیین محدوده آسایش حرارتی تهران از این نمودار استفاده می شود (شکل ۱).

بر اساس نمودار مزبور و با توجه به اینکه شهر تهران در عرض جغرافیایی ۳۵° ۴۲' شمالی واقع است، حد پایین آسایش حرارتی در تابستان ۲۱/۵°C و حد بالای آن ۲۸°C خواهد بود و هم چنین حد پایین آسایش حرارتی در زمستان ۲۰°C و حد بالای آن ۲۴/۵°C خواهد شد. نگاهی به آمار ۱۰ ساله هواشناسی تهران (۱۹۹۴-۱۹۸۴) نشان می دهد که از اواسط خرداد ماه دمای هوا به ۲۸°C می رسد و در همین زمان نیز در اغلب ساختمانها از وسایل برودتی استفاده می شود. بنابراین لازم است که حد بالای آسایش تابستان را کاهش داد. در جدول (۱) حد بالای آسایش در اقلیم معتدل مانند ایالات متحده آمریکا حداکثر ۲۷/۷°C (جدول ۱، ردیف ۱۲) و پس از آن ۲۷°C (جدول ۱، ردیف ۱۷) ذکر شده است. بنابراین می توان حد بالای آسایش را برای تهران در شرایط تابستانی ۲۷°C فرض کرد. خصوصاً اینکه دمای مزبور در اواخر اردیبهشت ماه و اوایل خردادماه بوده و در فضای داخل به ندرت از وسایل برودتی استفاده می شود و ضمناً اکثر افراد در این دما با لباس سبک احساس ناراحتی نخواهند کرد. حد پایین آسایش زمستان در تهران یعنی ۲۰°C از نظر آمار هواشناسی سالانه مربوط به ماه فروردین و اواخر شهریور بوده و در نتیجه از نظر آسایش حرارتی دمایی مطلوب می باشد. حد بالای آسایش زمستان یعنی ۲۴/۵°C با توجه به آمار هواشناسی دمای مربوط به اواسط اردیبهشت ماه و اوایل خرداد ماه است. با توجه به اینکه دمای

۲۳/۵°C تیز شرایط مزبور را داشته و هنوز در آن احساس آسایش حرارتی وجود دارد، لذا برای صرفه جویی در مصرف انرژی گرمایشی می توان با کاهش ۱°C در حد بالای آسایش در زمستان، حد مزبور را به ۲۳/۵°C رسانید. پس می توان گفت که محدوده آسایش حرارتی تابستانی در تهران ۲۷°C-۲۱/۵°C و محدوده آسایش حرارتی زمستانی ۲۳/۵°C-۲۰°C پیشنهاد می شود. برای تعیین مرزهای آسایش حرارتی علاوه بر دما باید مقدار رطوبت نسبی هوا را نیز تعیین نمود. بر اساس پیشنهاد « اولگی » محدوده رطوبت نسبی مناسب ۶۵٪-۳۰٪ است و بر اساس مقادیر مندرج در ASHRAE این محدوده ۸۰٪-۲۰٪ می باشد. تطبیق شرایط دمایی و رطوبتی نشان می دهد که دمای ۲۷°C در تابستان همراه با رطوبت نسبی ۸۰٪ شرایط نامناسبی را ایجاد می کند. در چنین شرایطی انسان احساس ناراحتی کرده و شرایط هوا اصطلاحاً شرجی می باشد (Evans, 1980). بنابراین حد بالای رطوبت نسبی برای تهران باید کاهش داده شود. از آنجا که دمای ۲۷°C و رطوبت نسبی ۶۵٪ شرایط دمایی و رطوبتی مناسبی را تشکیل می دهند، لذا پیشنهاد می گردد که حد بالای رطوبت نسبی ۶۵٪ باشد. حد پایین آن نیز با توجه به مقادیر دمایی پیشنهادی، در حد ۲۰٪ مناسب است.

نتیجه گیری

بنابراین می توان این طور نتیجه گرفت که محدوده آسایش حرارتی در تهران برای شرایط تابستانی ۲۷°C-۲۱/۵°C و برای شرایط زمستانی ۲۳/۵°C-۲۰°C و رطوبت نسبی ۶۵٪-۲۰٪ است (شکل ۲). در پایان لازم است به این نکته اشاره شود که برای تعیین دقیقتر محدوده آسایش حرارتی نقاط مختلف با دیدگاه صرفه جویی در مصرف انرژی لازم است، آزمایشهایی تحت شرایط کنترل شده حرارتی و رطوبتی روی افراد این سرزمین با سن، جنس و نژاد مختلف انجام گیرد تا ضمن تأمین آسایش حرارتی در فضاهای داخل از مصرف بی رویه سوختهای فسیلی و ایجاد آلودگی هوا ممانعت به عمل آید.

یادداشتها

۱- میزان مقاومت حرارتی لایه های لباس و هوای محبوس بین آنها:

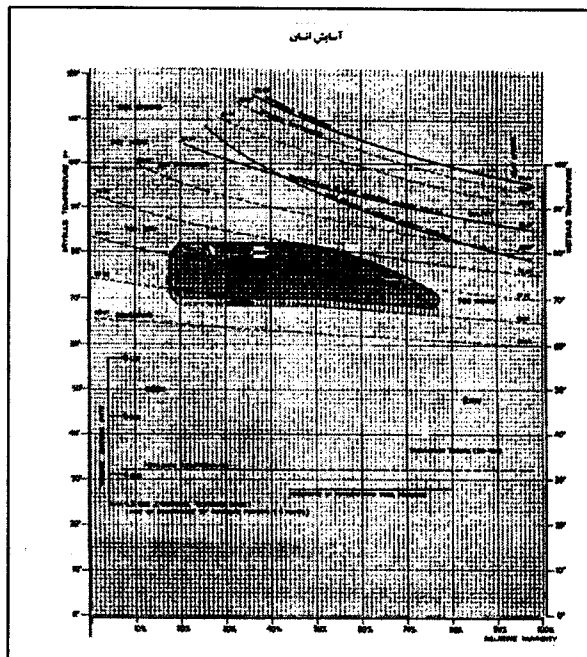
$$1.Clo = 0.16 \left[\frac{mK}{W} \right]$$

- 2- Vernon. H.M.
- 3- Bed Ford, T.
- 4- Markham, S.F.
- 5- Brooks, C.E.P.
- 6- Yaglou-Drinker
- 7- Olgay. V.
- 8- Fanger. P.O.
- 9- Predicted Mean Vote

منابع مورد استفاده

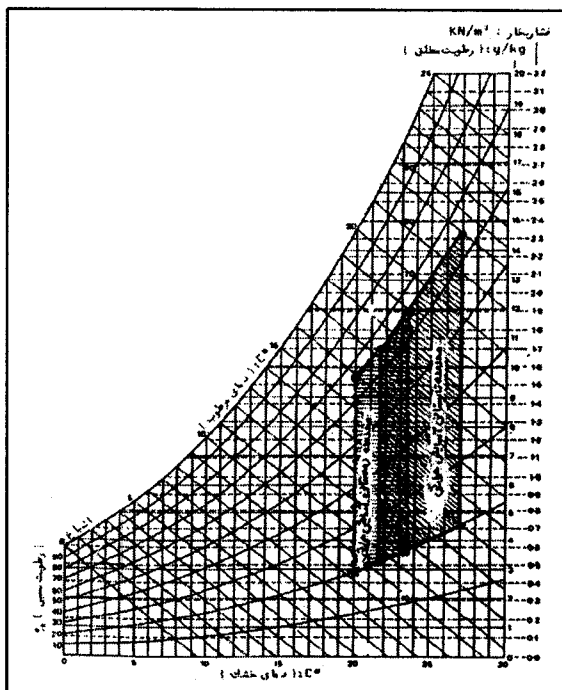
- کسمایی، مرتضی. ۱۳۷۲. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه ۱۵۱. پهنه بندی اقلیمی ایران. مسکن و محیط های مسکونی.

- Givoni, B.M. 1976. Climate and Architecture - Applied Science Publishers.
- Olgay, V. 1973. Design with Climate - Princeton University press:18-21.
- Fanger, P.O. 1972. Thermal comfort. Mc Grawhill: 43-55.
- ASHRAE Handbook. 1985. American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers: 8.19-8.23.
- Evans, M. 1980. Housing, Climate and Comfort - The Architectural press: 28-29.



شکل شماره (۱): نمودار اولگی

جدول ییو کلیماتیک ساختمانی (Givoni, 1976)



مأخذ: مقاله حاضر (این تصویر نتیجه خود بررسی است و از مأخذی برداشت نشده است).

شکل شماره (۲): محدوده آسایش حرارتی

در تابستان و زمستان برای تهران.

تصحیح و پوزش

در شماره پیش نام آقای مهندس داریوش علیدوست نویسنده دوم مقاله «کاربرد سیستماتیک مدل تخریب در ارزیابی اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سدلتیان» به دلایلی از قلم افتاده بود که بدینوسیله تصحیح می گردد.

سر دبیر