



تعیین محدوده زمانی آسایش حرارتی برای شهر تبریز

شاهین حیدری^۱، شهلا غفاری جباری^{۲*}

۱- استادیار، پردیس هنرهای زیبا، دانشکده معماری، دانشگاه تهران

۲- کارشناس ارشد معماری- انرژی، پردیس هنرهای زیبا، دانشکده معماری، دانشگاه تهران

*تهران، صندوق پستی ۱۴۱۵۵-۶۴۵۸ shahla.ghafari@yahoo.com

چکیده- با توجه به وجود اقلیم‌های متنوع در ایران، طراحی معماری باید با توجه به شرایط اقلیمی انجام شود؛ این بویژه در شرایطی که شرایط حرارتی بحرانی باشد اهمیت بیشتری داشته و به مهمترین چالش ذهنی معمار تبدیل می‌شود. اقلیم سرد یکی از اقلیم‌های مهمی است که به طراحی خاص نیاز دارد. در این اقلیم فصل تابستان بسیار کوتاه بوده و در بیشتر زمانها دمای محیط در زیر محدوده آسایش قرار دارد. مهمترین مسأله، گرمایش است، زیرا بیشتر زمانها، به افزایش دما تا محدوده آسایش نیاز است. در این مقاله اقلیم سرد و خشک تبریز به‌عنوان میدان تحقیق انتخاب و تحلیل حرارتی برای آن انجام شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در ماه‌های آذر تا بهمن همواره باید برای گرمایش از تجهیزات مکانیکی فعال در کنار تجهیزات غیرفعال استفاده شود. در ماه اسفند در طول روز به‌جز ساعات ظهر نیز همواره به استفاده از تجهیزات مکانیکی نیاز است. این نیاز در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در محدوده دماهای حداقل به چشم می‌خورد.

کلیدواژگان: اقلیم سرد، تحلیل حرارتی، عملکرد حرارتی، محدوده آسایش حرارتی، شرایط محیطی

Determining Thermal Comfort Period for Tabriz

Sh. heidari¹, Sh. Ghafari Jabari^{2*}

1. Assistant professor, School of architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Iran.

2. M. A. Student in Energy – Architecture, College of fine Arts, University of Tehran, Iran.

*P.O. Box 14155-6458, Tehran, Iran shahla.ghafari@yahoo.com

Abstract- Considering the diverse climates of Iran, the need for architectural design according to climate zones is obvious. Especially in critical thermal conditions this need will be more important and becomes the architect's most important challenge.

Cold climate is one of the important climates which deserve special design. In cold climate, summer is very short and environmental temperature is often below the comfort range, so the most important issue is heating. Since in most of the time we require to increase the temperature up to the comfort range.

This article aims to provide solutions for critical climate conditions. So Tabriz with a dry and cold climate was selected and its thermal analysis was done. Through this analysis we find out when there is heating problems and we can design solutions based on these findings. This information will help us to design the selected site conditions.

KeyWords: Cold Climate, Thermal Analysis, Thermal Performance, Comfortable Zone, Environmental Conditions.

۱- مقدمه

یکی از مهمترین موارد در طراحی خوب ساختمان، تأمین آسایش حرارتی است. در تعریف استاندارد اشری: آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که احساس رضایت از شرایط حرارتی محیط را بیان می‌کند. آسایش حرارتی به عوامل زیر وابسته است:

۱- دما و تابش (دمای حباب خشک، تابش متوسط) ۲- دماهای موثر و منتج شده^۱ ۳- رطوبت نسبی ۴- سرعت و شدت گردابه‌های جریان هوا ۵- پوشش ۶- شرایط محیطی دیگری مانند: دمای سطوح، دمای پنجره‌ها، سن فرد، سازگاری فرد با محیط، گرادیان عمودی دمای هوا [۱].

اینها نشان می‌دهد که نمی‌توان احساس انسان نسبت به محیط را از طریق بررسی برخی از عوامل اقلیمی مانند درجه حرارت، رطوبت نسبی یا جریان هوا توصیف کرد، زیرا ترکیب این عوامل بر انسان تأثیر گذاشته و با آسایش فیزیکی او رابطه دارد. بسیاری از مهندسان محیط تا کنون پژوهشهای زیادی را در زمینه تعیین محدوده حرارتی در مناطق مختلف کشور انجام داده‌اند. برای مثال می‌توان به [۲] و [۵] اشاره کرد.

در این مقالات با بررسی شرایط هوایی و تعیین میزان PMV PPD، محدوده آسایش حرارتی تعیین شده و راهکارهای مناسبی برای طراحی اقلیمی ارائه شده است. براساس منابع موجود به نظر می‌رسد که در ایران تاکنون و رطوبت انجام شده است [۲] و [۳]. بدین منظور در این مقاله سعی شده که به روشی مشابه [۴] و [۵] و به کمک تحلیل‌ها و داده‌های موجود، شرایط مطلوب هوایی برای اقلیم سرد و خشک (برای شهر نمونه تبریز) به دست آید.

۲- نرم‌افزار اشری کامفورت^۲

در این مقاله به کمک نرم‌افزار اشری کامفورت به تحلیل حرارتی شهر تبریز می‌پردازیم. این نرم‌افزار، براساس استانداردهای سازمان اشری برای تعیین شرایط آسایش

حرارتی تهیه شده است. این برنامه شامل متغیرهای موثر بر آسایش حرارتی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی، میزان فعالیت و پوشش و سرعت وزش باد بوده و می‌تواند با توجه به این متغیرها، وضعیت حرارتی و میزان نیاز به گرمایش و سرمایش و رطوبت را مشخص کند به این ترتیب که مقدار PMV^۳ (کمیتی از ادراک آسایش حرارتی) و مقدار PPD^۴ (کمیتی از نارضایتی حرارتی) را مشخص می‌کند. PMV همواره بین ۳- و ۳+ است و هر چه به صفر نزدیکتر بوده و PPD درصد کمتری داشته باشد، رضایت حرارتی افزایش می‌یابد [۶].

۳- روش تحقیق

در این تحقیق براساس اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور [۷] و با استفاده از نرم‌افزار اشری کامفورت برای دوره نه ساله (۱۹۹۶-۲۰۰۵) و با توجه به متغیرهایی که بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارد، تحلیل حرارتی انجام شده است. به کمک این تحلیل می‌توان تعیین کرد که در چه فصلی از سال فقط با استفاده از طراحی اقلیمی مناسب می‌توان به شرایط آسایش حرارتی رسید و در چه زمانهایی حتماً باید از سیستم‌های مکانیکی در کنار طراحی همساز با اقلیم استفاده شود [۸].

۴- داده‌ها و اطلاعات

تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی، در ۶۲۰ کیلومتری شمال باختری تهران و تقریباً در مرکز جغرافیایی استان، آذربایجان شرقی بر روی جلگه وسیعی در ۵۰ کیلومتری شرق دریاچه ارومیه قرار دارد و شعبه‌ای از تلخه‌رود (آجی چای) به نام مهران رود از میان شهر می‌گذرد. در جدول (۱) داده‌های تبریز آورده شده است.

جدول ۱ داده‌های جغرافیایی تبریز

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۴۶،۲۸ درجه	۳۸،۱۳ درجه	۱۳۶۴ متر

3. Predict Mean Vote

4. Predict Percent Dissatisfied

1. Operative and Resultant Temperature

2. Comfort Ashrae

۵- عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی

شش متغیر اساسی که بر پاسخ انسان به شرایط حرارتی اثر مستقیم دارد عبارتند از: دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و جریان هوا، نرخ فعالیت و لباس. داده‌های دمایی و رطوبت، مهمترین شاخص تشخیص حرارتی است [۹].

از سوی دیگر جریان هوا نیز باعث تبادل حرارتی بین بدن و محیط می‌شود و بنابراین تأثیر فراوانی بر احساس آسایش حرارتی دارد. نوع پوشش و فعالیتی که فرد انجام می‌دهد نیز می‌تواند بر احساس حرارتی وی تأثیر بگذارد. فرد در حال نشسته نسبت به فردی که در حال کندن زمین است نسبت فعالیت یک به هشت دارد. فردی که اکسیژن بیشتری مصرف می‌کند، حرارت تولید شده بیشتری دارد. در سال ۱۹۶۷ دومین^۱ و پاسمور^۲ حرارت تولید شده در فعالیتهای مختلف را محاسبه و ارائه کردند [۱۰].

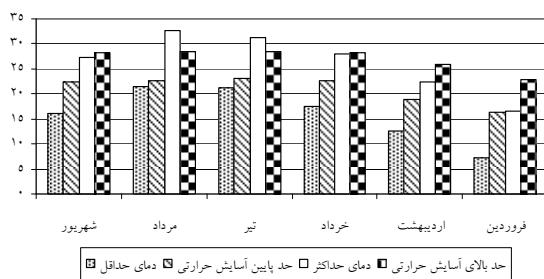
علاوه بر فعالیت، لباس نیز می‌تواند عامل کاهش دهنده قدرت سرمایشی باشد؛ زیرا لباس گرمای بدن را حبس کرده و از دست رفتن آسان گرما را از بدن ناممکن می‌سازد. عوامل گفته شده مانند تبخیر، تابش و وزش، به نوع لباس (نوع و مقدار) بستگی دارد. بنابراین مقدار لباس نیز باید در محاسبات آسایش حرارتی در نظر گرفته شود. در استاندارد اشری برای پوشش‌های مختلف اعداد مختلفی ارائه شده است [۱۱]. به کمک این داده‌ها می‌توان شرایط آسایش حرارتی را شبیه‌سازی کرد.

۶- نتایج و بحث

بر اساس داده‌های موجود و به کمک نرم‌افزار اشری کامفورت داده‌ها تحلیل شده و نتایج به شکل نمودارهایی ارائه شده است. خلاصه این تحلیل‌ها در زیر ارائه می‌شود. همان‌گونه که در شکل (۱) می‌بینید، در ماه فروردین به‌طور متوسط دما، نسبت به ماه‌های قبل، به شرایط آسایش حرارتی نزدیکتر است. رطوبت نسبی متوسط برابر ۴۷٪ و شرایط رطوبتی مناسبی است. اما در دماهای حداقل، $PMV=3$ و 100% فرد از شرایط ناراضی است.

1. Domin
2. Pasmore

در این دما برای رسیدن به حد پایین آسایش در سردترین حالت به نه درجه افزایش دما نیاز است. در ماه اردیبهشت مقدار لباس کاهش و وزش هوا بیشتر می‌شود. این باعث می‌شود که حد پایین آسایش در حدود ۲٫۸ درجه افزایش یابد (جدول ۲). شرایط حرارتی در ماه خرداد در بیشتر زمانها مناسب بوده و به تغییر حرارتی چندانی نیاز نیست و حتی در دماهای حداقل، اختلاف اندکی در حدود ۵ درجه تا حد پایین آسایش حرارتی فاصله وجود دارد.



نمودار ۱ دمایی ماه‌های فروردین تا شهریور

حد بالای آسایش حرارتی در این ماه برابر ۲۸٫۱ درجه و حداکثر دما پایین‌تر از این مقدار است (جدول ۲). در ماه تیر وضع حرارتی شبیه به ماه ژوئن بوده و در محدوده دماهای متوسط داخل محدوده آسایش قرار داریم. شکل (۱) نشان دهنده دما در این دو ماه است. در دامنه دماهای حداکثر، دما بیشتر از حد بالای آسایش حرارتی بوده و اختلاف دمای متوسط که برای سرمایش باید تامین کرد، حدود ۲٫۸ درجه است. در ماه مرداد در دامنه دماهای متوسط داخل محدوده آسایش قرار داریم. در شهریور اختلاف کمی در حدود ۰٫۵ درجه تا حد پایین آسایش داریم و در دماهای حداقل نیز بسیار نزدیک به محدوده آسایش هستیم و ۱٫۲ درجه تا حد پایین آسایش فاصله است. این میزان در شهریورماه ۶٫۲ درجه است. در دماهای حداکثر ماه مرداد، مانند تیرماه، شرایط حرارتی بالاتر از حد بالای آسایش قرار دارد و به‌طور متوسط به ۴٫۱ درجه سرمایش نیاز است. در شهریور ماه، در دماهای حداکثر در محدوده آسایش قرار داریم.

جدول ۲ شرایط حرارتی در ماه‌های فروردین تا شهریور

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	
۲۱,۸	۲۶,۸	۲۶,۳	۲۳,۲	۱۷,۴	۱۲,۱	متوسط دمای روزانه ($^{\circ}\text{C}$)
۱۶,۱	۲۱,۵	۲۱,۳	۱۷,۶	۱۲,۵	۷,۳	حداقل دمای روزانه ($^{\circ}\text{C}$)
۲۷۲	۳۲,۶	۳۱,۳	۲۷,۹	۲۲,۴	۱۶,۶	حداکثر دمای روزانه ($^{\circ}\text{C}$)
۳۸,۸۵	۳۴,۶	۳۶,۸	۴۱	۴۹,۸	۵۷,۴	رطوبت متوسط (%)
۱,۲	۱,۸	۲	۱,۶	۱,۵	۱,۳	سرعت باد (m/s)
۸۴,۳	۸۴,۳	۸۴,۳	۸۴,۳	۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	نرخ فعالیت (w/m^2)
۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱۵۵	۰,۲۱	نرخ پوشش ($\text{m}^2\text{k}/\text{w}$)
۰,۵	آسایش	آسایش	آسایش	۱,۶	۴,۲	$T_{c.\text{min}} - T_a$ ($^{\circ}\text{C}$)
۶,۲	۱,۲	۱,۷	۵,۱	-	-	$T_{c.\text{max}} - T_{\text{max}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
آسایش	-۴,۱	-۲,۸	آسایش	۶,۵	۹	$T_{c.\text{min}} - T_{\text{min}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
۰	-	-	-	آسایش	آسایش	$T_{c.\text{min}} - T_{\text{max}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
۲۲,۳	۲۲,۷	۲۳	۲۲,۷	۱۹	۱۶,۳	حد پایین آسایش حرارتی ($^{\circ}\text{C}$)
۲۸,۲	۲۸,۵	۲۸,۵	۲۸,۲	۲۵,۹	۲۲,۹	حد بالای آسایش حرارتی ($^{\circ}\text{C}$)

دمای آسایش ($T_{c. \text{Min}}$) حداکثر اختلاف دمای ۱۳,۴ درجه باید تأمین شده و در دمای حداقل، اختلاف دمایی که باید جبران شود در حدود ۱۷,۵ درجه است. در این ماه نیز همواره نیاز به گرمایش احساس می‌شود. شرایط در ماه اسفند تقریباً همین‌گونه است، اما به علت افزایش سرعت باد و کاهش رطوبت نسبی، دمای آسایش در حدود ۲ درجه بالاتر از دمای آسایش بهمن ماه است. در این ماه همچنان دماهای حداقل و متوسط زیر ۱۰ درجه بوده و فقط در حدود ظهر گاهی دما به ۱۲ درجه می‌رسد. بر اساس جدول (۳) در این ماه نیز همواره به گرمایش نیاز است.

۷- جمع بندی

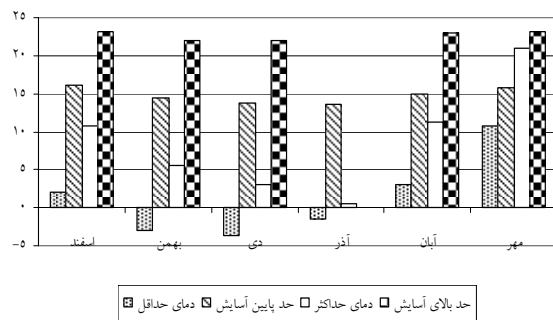
در دسته بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت که در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند یعنی سردترین ماه‌های سال، همواره نمودار دمایی ماه‌های مهر تا اسفند شرایط حرارتی بسیار نامناسب بوده و در بیشتر زمانها دما زیر ۱۰ درجه است. با توجه به مباحث مطرح شده توسط گیونی: "طراحی مناسب، تا ۸ درجه می‌تواند به تأمین آسایش حرارتی کمک کند"، می‌توان

از ماه مهر دمای حداقل به شدت کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که در این ماه اختلاف دمای حداقل و حد پایین آسایش برابر ۵,۱ درجه است. همین اختلاف در آبان به ۱۲ درجه می‌رسد. دماهای حداکثر در مهرماه، داخل محدوده آسایش هستند و در آبان‌ماه در این دماها به گرمایش متوسط برابر ۳,۸ درجه نیاز است (جدول ۳).

در آذرماه به‌طور متوسط برای تأمین آسایش حرارتی داخل ساختمان تا حد پایین آسایش حرارتی، اختلاف دمای حدود ۱۱,۸ درجه باید تأمین شود. در دی ماه اختلاف دمای حداقل با حد پایین آسایش ۱۷,۳ درجه و اختلاف دمای حداکثر برابر ۱۰,۷ درجه است. رطوبت متوسط در هر دو ماه در حدود ۶۷٪ است. در طول این ماه، دما هیچگاه به حد آسایش نمی‌رسد و بنابراین مهمترین مسأله، گرمایش فضا است (شکل ۲). در بهمن‌ماه، متوسط دما، همچنان زیر صفر درجه یعنی در شرایط نامناسب حرارتی است.

PMV در دمای متوسط، حداقل و حداکثر، همواره برابر ۳- بوده و ۱۰٪ مردم ناراضی هستند و رطوبت نسبی برابر ۵۹٪ است. برای رساندن دمای متوسط به حد پایین

زیر ۸ درجه است و در فصل گرمتر این اختلاف به ۱,۵ درجه می‌رسد. بنابراین به کمک طراحی همساز با اقلیم و تمهیدات غیرفعال می‌توان دما را به حد آسایش در داخل فضا رسانید.



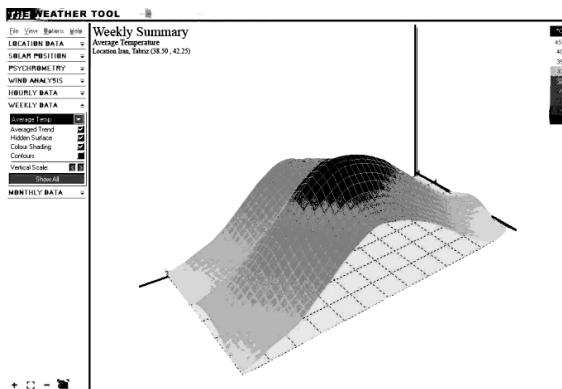
نمودار ۲ دمای ماه‌های مهر تا اسفند

نتیجه گرفت که در این ماه‌ها، فقط با استفاده از تجهیزات غیرفعال نمی‌توان به حد آسایش رسید و استفاده از تجهیزات فعال ضروری است [۱۲]. رطوبت در این ماه‌ها مناسب بوده و نیاز به تغییرات رطوبت احساس نمی‌شود. با آغاز ماه فروردین شرایط دمایی بهتر شده و اختلاف دمای کمتری بین دمای متوسط و دمای آسایش وجود دارد و دامنه اختلاف برابر ۴,۱ < Tc. min-Ta است. در ماه خرداد تا مهر، دما در حد آسایش حرارتی قرار دارد. در دامنه دماهای حداقل، از آبان تا فروردین، اختلاف دما با حدپایین آسایش بسیار بالا بوده و فقط با استفاده از تجهیزات غیرفعال نمی‌توان به آسایش حرارتی دست یافت، بلکه استفاده از تجهیزات غیرفعال ضروری است. از اردیبهشت تا مهر، اختلاف دمای حداقل با حد پایین آسایش حرارتی

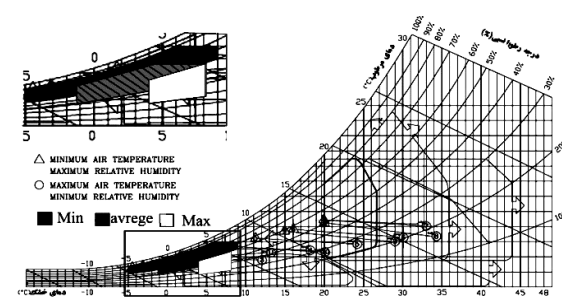
جدول ۳ شرایط حرارتی در ماه‌های مهر تا اسفند

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	
۶,۲	۱,۱	-۰,۵	۱,۸	۶,۹	۱۵,۴	متوسط دمای روزانه (°C)
۲,۱	-۳	-۳,۶	-۱,۵	۳	۱۰,۷	حداقل دمای روزانه (°C)
۱۰,۸	۵,۵	۳	۰,۵	۱۱,۲	۲۰,۹	حداکثر دمای روزانه (°C)
۶۳,۵	۶۴,۴	۶۸,۹	۶۵	۵۵,۶	۴۵,۲	متوسط رطوبت (%)
۱,۳	۱	۰,۶	۰,۵	۰,۵	۰,۸	سرعت باد (m/s)
۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	۷۷,۳۳	نرخ فعالیت (w/m ²)
۰,۲۱	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲۱	۰,۲۱	نرخ پوشش (m ² k/w)
۹,۹	۱۳,۴	۱۴,۲	۱۱,۸	۸,۱	۰,۴	Tc.min - Ta (°C)
۱۴	۱۷,۵	۱۷,۳	۱۵,۱	۱۲	۵,۱	Tc.min - Tmin(°C)
-	-	-	-	-	آسایش	Tc.max - Tmax(°C)
۵,۳	۹	۱۰,۷	۱۳,۱	۳,۸	-	Tc.min - Tmax(°C)
۱۶,۱	۱۴,۵	۱۳,۷	۱۳,۶	۱۵	۱۵,۸	حد پایین آسایش حرارتی (°C)
۲۳,۱	۲۱,۹	۲۱,۹	۲۱,۸	۲۳	۲۳,۱	حد بالای آسایش حرارتی (°C)

سایکرومتریک، نقاله خورشیدی و غیره را برای تحلیل در اختیار کاربر قرار دهد. شکل (۴) نمودار دمایی به دست آمده از این نرم افزار را نشان می دهد. در شکل (۵) نمودار سایکرومتری تبریز آورده شده است. در این نمودار سه ناحیه مشخص شده که محدوده دماهایی را که در آنها به تجهیزات فعال نیاز است نشان می دهد. همان گونه که در شکل دیده می شود در محدوده دمای حداقل در ماه های مهر تا فروردین به استفاده از تجهیزات فعال نیاز است. در محدوده دماهای متوسط، این نیاز در ماه های آبان تا اسفند وجود دارد. در دامنه دماهای حداکثر هر چند در ماه های آبان تا اسفند در زیر محدوده آسایش هستیم، اما فقط در ماه های آذر، دی و بهمن به استفاده از تجهیزات مکانیکی نیاز است. اگر این نتایج را با نتایج به دست آمده از نرم افزار اشری کامفورت مقایسه کنیم، می بینیم که نتایج یکسان است.

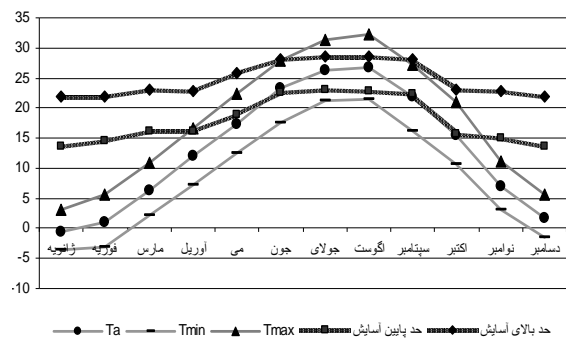


نمودار ۴ هفتگی دمای تبریز



نمودار ۵ سایکرومتریک تبریز

همان گونه که در شکل (۳) می بینیم، در ماه های آبان تا اسفند در حداکثر دما، همچنان نمودار دما در زیر حد پایین آسایش قرار دارد. با گرم شدن تدریجی هوا و با آغاز فروردین ماه به تدریج در محدوده آسایش قرار می گیریم. اما در ماه های تیر و مرداد، دمای حداکثر بالاتر از حد بالای آسایش حرارتی است. اما چندان آزار دهنده نیست. با سرد شدن تدریجی هوا، در ماه های شهریور و مهر بار دیگر، در محدوده آسایش قرار می گیریم. بنابراین می توان نتیجه گرفت که نیاز به سرمایش در ماه های تیر و مرداد بیشتر است. اختلاف دمای حداکثر و حد بالای آسایش کمتر از ۸ درجه بوده و بنابر گفته گیونی می توان با طراحی مناسب، نیاز به استفاده از تجهیزات فعال برای سرمایش را کاهش داد.



نمودار ۲ مقایسه شرایط دمایی با حد آسایش حرارتی

۸- اعتبارسنجی

برای اطمینان یافتن از درستی نتایج، داده ها را در نرم افزار و درتولز^۷ وارد کردیم. در این نرم افزار با وارد کردن اطلاعات آب و هوایی منطقه می توان محدوده آسایش حرارتی را به صورت ساعتی به دست آورد [۱۳].

روش کار چنین است که پس از وارد کردن داده ها شامل داده های ساعتی دمایی، تابشی، باد، طول و عرض جغرافیایی نرم افزار می تواند نمودارهای دمایی، نمودار

7. The Weather Tools

۹- نتیجه گیری

از مباحث بالا نتایج زیر به دست می آید:

۱. در محدوده دماهای حداقل همواره زیر حد پایین آسایش قرار داریم. این اختلاف در تمامی ماههای سال به جز، اردیبهشت تا مهر، بالای ۸ درجه است. بنابراین به استفاده از تجهیزات فعال نیاز است.
۲. در محدوده دماهای متوسط ماههای خرداد تا مرداد، در محدوده آسایش قرار داریم. اما در ماههای آذر تا اسفند، به استفاده از تجهیزات فعال همراه با تجهیزات غیرفعال نیاز است. در سایر ماهها می توان با تجهیزات غیرفعال به محدوده آسایش حرارتی رسید.

۳. در محدوده دماهای حداکثر یعنی ماههای فروردین تا مهر، در محدوده آسایش حرارتی قرار داریم و فقط در ماههای تیر و مرداد، با اختلاف اندکی، درجه حرارت بیشتر از حد بالای آسایش است که با تجهیزات غیرفعال قابل جبران شود. در ماههای آبان تا اسفند در زیر حد پایین آسایش حرارتی قرار داریم اما فقط در ماههای آذر، دی و بهمن به استفاده از تجهیزات فعال نیاز است.

نتایج به دست آمده در جدول (۴) دسته بندی شده است در این جدول خانه های علامت زده شده نیاز به تجهیزات مکانیکی را نشان می دهد.

جدول ۴ ماههایی از سال که به تجهیزات مکانیکی نیاز است

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دماهای متوسط									*	*	*	*
دمای حداقل	*	*						*	*	*	*	*
دمای حداکثر									*	*	*	

- [4] Bin Hussein Ibrahim, Bin Ibrahim Izani; BinYosoff Zamiri, Boosroh Harriffin, «Thermal Comfort Zone of a compus Buildings in Malaysia», International conference on Thermal engineering, 31 Des 2001
- [5] Melukov, Arsan, «Thermal Comfort: comfort zone, measurement and analysis of results», Technical University of Danmark, 2007, www.ie.dtu.dk
- [6] ASHRAE Standard 55-1992, Thermal Environmental conditions for Human occupancy, American Society of heating, Refrigerating and Air conditioning Engineer, Atlanta.1992
- [7] سایت هواشناسی کشور ایران www.irimo.net
- [8] غفاری جباری، شهلا، «طراحی مجموعه تجاری با رویکرد جذب از طریق پوسته»، پایان نامه

۱۰- منابع

- [1] ASHRAE Handbook, Fundamentals (SI), American Society of Heating, refrigerating and Air conditioning Engineer, Atlanta, 1993
- [2] Sharples Steve, Heidari Shahin, «A comparative analysis of short-term and long-term thermal comfort surveys in Iran», School of Environment and Development, Centre for the Built Environment, Sheffield Hallam University, 18 March 2002, www.science direct.com
- [3] Fayaz Rima, M. Kari Behrouz, «Comparison of energy conservation building codes of Iran, Turkey, Germany, China, ISO 9164 and EN 832 “, Department of Architecture, 30 January 2009, www.science direct .com.

[۱۱] حیدری، شاهین، "بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان"، معاونت امور انرژی، دفتر بهینه سازی مصرف انرژی، ۱۳۸۳

[12] Givoni, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines Energy And Building, 1992

[13] www.squ1.com/software/the_weather_tools

کارشناسی ارشد معماری انرژی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸

[9] Hayter Richard, «DESIGNING FOR COMFORT», Kansas State, University Manhattan, KS, USA, 2007

[10] ASHREA, Standard 55-66, Thermal Comfort Condition. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, New York, 1966