جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۹، تابستان ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۵/۳
تأیید نهایی : ۱۳۹۴/۱۲/۹
صفحات : ۲۶ - ۱۷

# تأثیر محدودهٔ آسایش حرارتی بر طراحی معماری منطقهٔ سیستان

**محمد علی سرگزی** [۱]

## چکیده

آسایش حرارتی در عین وابستگی به ویژگی‌های فیزیولوژیک انسان، متأثر از مجموع عوامل اقلیمی همچون درجه حرارت، رطوبت نسبی، جریان هوا و ... است. از این‌رو، در مباحث مربوط به تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی انسان، تأثیر ترکیب عوامل اقلیمی بر آسایش فیزیکی او مورد بررسی قرار می‌گیرند. از دیگر سو، مصرف انرژی در ساختمان‌ها با دماهای تعریف شده به‌عنوان حد پایین و بالای آسایش ارتباط مستقیم داشته و بر این اساس، در فرایند توسعهٔ همگام با محیط زیست، به منظور کاهش مصرف انرژی در تأمین گرمایش و سرمایش بناها، ارزیابی آسایش حرارتی به صورتی بومی ضروری است. بررسی‌ها نشان می‌دهد آزمایش‌ها و مطالعات اندکی وجود دارد که مشخص کنندهٔ شرایط مطلوب آسایش از نظر دما و رطوبت باشند. این موضوع در خرد اقلیم‌هایی همچون منطقهٔ سیستان به دلیل دوری از مرکز و نبود امکانات کافی، شدت بیشتری پیدا می‌کند. بدین منظور، این مقاله در صدد است تا به کمک تحلیل‌ها و داده‌های موجود، شرایط مطلوب هوای داخل ساختمان را برای اقلیم گرم و خشک این منطقه به دست آورد. بر اساس نتایج این تحقیق ضمن محاسبهٔ حد پایین و بالای محدودهٔ آسایش در منطقهٔ سیستان معلوم می‌شود، در چه زمانی از سال مشکلات حرارتی (عدم آسایش) وجود داشته و راهکارهای طراحی باید چگونه باشند. روش پژوهش بر اساس ثبت اطلاعات اقلیمی کلی و خاص منطقه در نرم افزار، اصلاح اطلاعات و تحلیل آنهاست. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، در منطقهٔ سیستان ماههای معتدل (قرار گرفتن دمای محیط در محدودهٔ آسایش) حداقل بوده و در نه ماه سال نیاز به گرمایش و سرمایش وجود دارد. در این شرایط معمار باید تلاش کند با بهره‌گیری از راهکارها و تمهیدات معمارانه، مصرف انرژی در ساختمان را به منظور تأمین گرما و سرما به حداقل برساند.

**کلید واژگان:** اقلیم سیستان، طراحی منطبق با اقلیم گرم و خشک، محدودهٔ آسایش حرارتی، تنظیم شرایط محیطی، توسعهٔ پایدار.

۱- عضو هیات علمی- مربی- دانشکده هنر و معماری - دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول) masargazi@arts.usb.ac.ir

**مقدمه**

ایجاد شرایط آسایش ساکنین بناها، یکی از مباحث اصلی در حوزهٔ معماری و شهرسازی است. تأمین این نیاز با استفاده از حداقل انرژی‌های کمکی برای تولید گرما و سرما، از دو جنبه حائز اهمیت است. از یکسو ساختمان‌های هماهنگ با اقلیم یا ساختمان‌هایی با طراحی اقلیمی، کیفیت بهتری از نظر آسایش حرارتی انسان دارند. از سوی دیگر، هماهنگی ساختمان با شرایط اقلیمی موجب صرفه‌جویی در مصرف سوخت مورد نیاز جهت کنترل شرایط محیطی این‌گونه ساختمان‌ها می‌شود. آمارهای تحلیلی مصرف سوخت کشور طی دهۀ ۱۳۷۶ الی ۱۳۸۶ نشان می‌دهد، بخش خانگی حدود ۳۰ درصد مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص داده که از کل این مقدار ۷۰ در صد آن در روشنایی و گرمایش و سرمایش مصرف می‌شود. بدیهی است صرفه‌جویی در مقادیر فوق به هر میزان، اثر قابل ملاحظه‌ای در کلان مصرف انرژی خواهد داشت. از این منظر، طراحی منطبق با اقلیم هر منطقه، تأمین شرایط راحتی و تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی، در زمرهٔ مهمترین راهکارها است.

این امر در گرو بررسی شرایط جوی و اقلیمی است که به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر زندگی، آسایش و سلامتی انسان، امروزه در قالب شاخه‌ای از علم با عنوان زیست اقلیم انسانی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد (بیبر و هیگینز،۱۳۸۱: ۹۳).

ساکنان بناها در شرایط اقلیمی یکسان، احساس آسایش حرارتی مشابهی دارند (Fishman and Pimbert,1979:682) و شرایط آسایش حرارتی، طبق تعریف، محدوده‌ای است از دما و رطوبت که در آن ساز و کار تنظیم بدن در حداقل فعالیت باشد (Givoni, 1976: 287). تعیین دقیق محدودهٔ آسایش حرارتی بر محاسبات حرارتی ساختمان و تمهیدات لازم در انتخاب تأسیسات و مصالح ساختمان و مصرف انرژی، تأثیر مستقیم دارد؛ از این‌رو، از حدود نیمهٔ دوم قرن بیستم میلادی، محاسبهٔ محدوده‌های آسایش داخل ساختمان به روش‌های مختلفی صورت گرفته و سابقهٔ فعالیت‌های علمی در این زمینه متعدد است. گریفتس (۱۹۹۰) روش‌های برودت تبخیری حاصل از نقش محیط بیرونی (فضای سبز) را در کنترل دمای فضای داخل ساختمان پیشنهاد کرده است. گریشفیلد (۱۹۷۹) با تأکید بر انتخاب محل ساختمان، استفادهٔ بهینه از حداکثر شرایط خرد اقلیم محلی را در آسایش حرارتی مفید دانسته و نقش عوامل تابش، باد و جهت استقرار ساختمان را در کنترل حرارت فضای داخلی توضیح داده است. اولگی در سال ۱۹۷۳ با ترسیم جدول بیوکلیماتیک شرایط حرارتی و رطوبتی را در ارتباط با آسایش انسان و طراحی معماری مطرح نمود. در ادامه گیونی (۱۹۷۶) جدول زیست- اقلیمی ساختمان و ماهانی (۱۹۷۱) جداول ارزیابی شرایط بیوکلیمای ساختمانی را پیشنهاد دادند.

در کشور ما، تحقیقات مرتبط با آسایش حرارتی از دهۀ ۵۰ خورشیدی و با تکیه بر توجه به اقلیم و طراحی معماری شروع گردید. مطالعات انجام گرفته عموماً در رابطه با معماری و ساختمان است که به ارزیابی زیست اقلیم ساختمان از طریق شاخص‌هایی مانند ماهانی، گیونی، ترجونگ و ... پرداخته‌اند (صفایی‌پور و دیگران،۱۳۹۲: ۱۹۵).

بررسی پیشینهٔ تحقیق نشان می‌دهد، توسلی (۱۳۸۱) روش‌های دستیابی به معماری همساز با اقلیم را تشریح نموده و رازجویان (۱۳۶۷ و ۱۳۷۹) ضمن برشمردن عوامل مؤثر در شرایط آسایش انسان، معماری بومی ایران را از منظر میزان انطباق با اقلیم و تأمین شرایط آسایش حرارتی به خصوص در ارتباط با باد، مورد بررسی و تحلیل قرار داده است. کسمایی (۱۳۹۱) با بهره‌گیری از شیوه‌های علمی، معماری ساختمان را با در نظر گرفتن عرض جغرافیایی و اقلیم هر منطقه، همچنین میزان و نحوهٔ استفاده از تهویهٔ طبیعی مورد بررسی قرار داده است. قبادیان و مهدوی (۱۳۸۴) اصول علمی و راهکارهای اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. طاهباز و جلیلیان (۱۳۸۷) ضمن تقسیم کل کشور به هشت محدودهٔ جغرافیایی، معیارهای آسایش پهنه‌های

مختلف را مقایسه و ضمن تشریح شرایط اقلیمی هر پهنه و تعیین نیازها و بررسی معماری بومی، دستورالعمل‌های طراحی در آن پهنه را ارائه نموده‌اند. محمدی و سعیدی (۱۳۸۷) با تحلیل شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی شرایط آسایش انسان در اقلیم گرم و خشک روش‌های قابل استفاده در این مناطق را مورد بررسی قرار داده‌اند. محمودی (۱۳۸۸) ضمن مطالعهٔ کالبدی بادگیرها در معماری ایران، کارکرد آنها را به عنوان یک سامانهٔ سرمایشی در بهبود شرایط آسایش معماری بومی ایران مورد بررسی قرار داده است.

در تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی یا محدودهٔ راحتی حرارتی ، چهار متغیر اساسی دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و جریان هوا بر روی پاسخ‌های انسان به شرایط حرارتی محیط، اثر مستقیم و قطعی دارند (حیدری و غفاری،۱۳۸۹: ۳۸). علاوه بر آن، فشار بخار آب به عنوان پنجمین متغیرِ عوامل مورد توجه مطرح است. عوامل دیگری از جمله نوع فعالیت، پوشش، سن و جنس افراد وجود دارند که در این گونه مطالعات قابل کنترل نیستند (رازجویان، ۱۳۶۷: ۳۸-۵۳). این موضوع در تعیین روش‌های عمدهٔ مطالعات آسایش حرارتی مؤثر است؛ در روش اول که روش آزمایشگاهی خوانده می‌شود، متغیرهای محیطی و اختصاصی ثابت نگه داشته شده و احساس شخص در موارد خاصی پرسش می‌شود. در حالی که در روش دوم تحت عنوان روش مطالعات میدانی، با ثابت گرفتن شرایط محیطی کلیهٔ متغیرهای آب و هوایی و اختصاصی همزمان با طرح پرسش‌های احساس حرارتی اندازه‌گیری می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد، هر یک از دو روش فوق مشکلات خاص خود را داشته، چنانچه پژوهشگر مطالعهٔ میدانی را با مطالعهٔ آزمایشگاهی همسو کند، اعتماد به نتایج حاصل بیشتر می‌شود (حیدری و غفاری،۱۳۸۹: ۳۸).

**داده‌ها و روش‌شناسی**

مطالعات صورت گرفته در زمینهٔ شرایط آسایش حرارتی در مناطق گرم و خشک، عمدتاً مربوط به مناطق مرکزی ایران است. سایر مناطق کشور از جمله سیستان ضمن تبعیت از اصول کلی اقلیم گرم و خشک، به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و اقلیمی، وزش بادهای خاص منطقه و متأثر بودن از دریاچهٔ هامون دارای شرایط خاصی هستند؛ از این‌رو، ضروری است شرایط آسایش حرارتی برای منطقهٔ سیستان به عنوان یک خرد اقلیم بررسی گردد.

این منطقه درمحدودهٔ جغرافیایی بین ۳۰ درجه و ۱۲ دقیقه الی ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۵۹ دقیقه الی ۶۱ درجه و۵۰ دقیقه طول شرقی قرارگرفته و به صورت یک پیشروی از خاک ایران در خاک افغانستان نمایان می‌شود. آب و هوای منطقهٔ سیستان بر اساس روش چند متغیرهٔ آماری از نوع گرم و خشک، روش کوپن از نوع نیمه خشک و روش پهنه‌بندی اقلیمی آمبرژه از نوع بیابانی معتدل است (گروه اقلیم‌شناسی خشکسالی،۱۳۸۹: ۲).

برای تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در منطقهٔ سیستان، آمار و نمودارهای اخذ شده از نرم افزار متونورم با آمار مربوط به فاکتورهای اقلیمی متوسط، حداقل و حداکثر دما، متوسط، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، یخبندان، بارش، تابش و سمت و سرعت باد برگرفته از ایستگاه سینوپتیک منطقهٔ جمع آوری و مقایسه می‌شود:

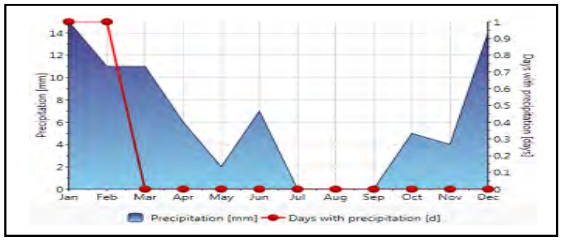
جدول ۱ داده‌های نرم افزار متونورم

| سایت منطقه‌ای | | منطقهٔ سیستان | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| طول جغرافیایی | ۶۱.۵۰ | عرض جغرافیایی | ۳۱ | ارتفاع از سطح دریا | ۴۸۹ |
| دما | دوره ۲۰ ساله | | ۱۳۸۳-۱۳۶۴ ه.ش | | |
| ایستگاه | در مرکز منطقه، شهر زابل | | | | |

منبع: نگارنده

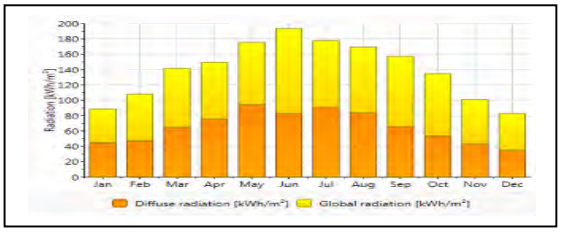
در شکل‌های شمارهٔ ۱ الی ۳ نمودارهای بارش، تابش و دمای متوسط برگرفته از داده‌های نرم افزار متونورم[1]، مشاهده می‌شود:

1 - meteonorm



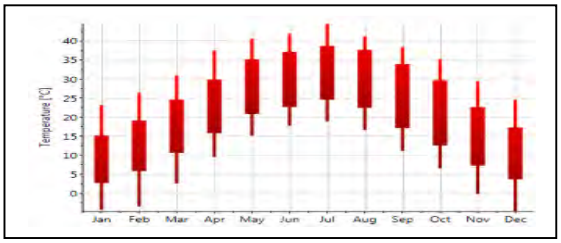

**شکل ۱ نمودار بارش روزانه (۱۳۶۴-۱۳۸۳ ه.ش)**

منبع: نرم افزار متونورم




**شکل ۲ نمودار تابش خورشید (۱۳۶۴-۱۳۸۳ه.ش)**

منبع: نرم افزار متونورم




**شکل ۳ نمودار دمای متوسط (۱۳۶۴-۱۳۸۳ ه.ش)**

منبع: نرم افزار متونورم

جدول شماره ۲، آمار هواشناسی منطقه را در دورهٔ ۳۰ ساله ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۱ هجری شمسی بر پایه داده‌های ایستگاه هواشناسی زابل نشان می‌دهد.

**جدول۲ میانگین ماهانه و سالانهٔ دمای خشک و رطوبت نسبی ایستگاه زابل**

| ماه (Month) | | درجه حرارت خشک ( c ̊) | رطوبت نسبی (٪) | دمای حداکثر | دمای حداقل |
|---|---|---|---|---|---|
| فروردین | Apr | ۲۱,۱ | ۴۲,۸ | ۲۸,۹ | ۱۳,۴ |
| اردیبهت | May | ۲۷,۸ | ۳۴,۱ | ۳۵,۶ | ۱۹,۹ |
| خرداد | Jun | ۳۲,۱ | ۲۷,۳۷ | ۳۹,۷ | ۲۴,۵ |
| تیر | Jul | ۳۵ | ۲۴,۱۷ | ۴۲ | ۲۸ |
| مرداد | Aug | ۳۴,۳ | ۲۲,۷۷ | ۴۱,۱ | ۲۷,۵ |
| شهریور | Sep | ۳۰,۴ | ۲۲,۵۷ | ۳۷,۷ | ۲۳ |
| مهر | Oct | ۲۴,۶ | ۲۹,۳۳ | ۳۲,۲ | ۱۶,۲ |
| آبان | Nov | ۱۸ | ۳۹,۶ | ۲۶,۱ | ۹,۸ |
| آذر | Dec | ۱۱,۳ | ۴۹,۸ | ۱۸,۵ | ۴,۱ |
| دی | Jan | ۸,۵ | ۵۳,۵ | ۱۴,۵ | ۱,۸ |
| بهمن | Feb | ۱۰,۱ | ۵۲,۹۳ | ۱۷ | ۳,۲ |
| اسفند | Mar | ۱۵ | ۴۷,۶ | ۲۲,۴ | ۷,۵ |
| سال | Year | ۲۲,۴ | ۳۷,۲ | ۳۶ | ۸,۸ |

منبع: سالنامهٔ آماری سازمان هواشناسی (۱۳۶۲-۱۳۹۱ ه.ش)

در این پژوهش از نتایج نرم افزار متونورم و آمارهای ایستگاه هواشناسی زابل استفاده شده است. مقایسهٔ داده‌های نرم افزار متونورم و آمار ایستگاه هواشناسی زابل و نتایج حاصل از تطبیق آنها با شرایط واقعی منطقه، امکان استفاده از سایر اطلاعات نرم افزار متونورم از جمله میزان تابش خورشید را که آمار ایستگاه هواشناسی فاقد آن است، میسر می سازد.

روش تحقیق در این پژوهش، مبتنی بر استفاده از مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی و نرم‌افزارهای رایانه‌ای است که آسایش حرارتی انسان را با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی منطقهٔ مورد مطالعه -که قابلیت‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد ارزیابی می‌نماید؛ از این‌رو، با استفاده از شاخص‌های نمودارهای اولگی و سایکرومتریک و اصلاح آنها، دمای شرایط آسایش انسانی در منطقهٔ سیستان طی ۱۲ ماه

سال محاسبه و بررسی شده است و در انتها با اصلاح محدودهٔ آسایش حرارتی و پیشنهاد حد بالا و پایین آسایش حرارتی تابستانه و زمستانه، موقعیت دماهای متوسط، حداقل و حداکثر نسبت به حد بالا و پایین محدودهٔ آسایش بررسی و نیاز به تجهیزات گرمایش و سرمایش برآورد شده است.

## تعیین محدودهٔ آسایش

از نیمهٔ دوم قرن بیستم میلادی تلاش‌های متعددی به منظور محاسبهٔ محدوده‌های آسایش حرارتی صورت گرفته و روش‌های مختلفی نیز ارائه گردیده است.ابتفاده از «خطوط آسایش معادل» یکی از اولین روش‌های تعیین محدودهٔ آسایش است که نشان دهندهٔ دمای مؤثر بوده و با علامت ET[1] نمایش داده می‌شد. بعد از آن، دمای مؤثر نوین با علامت *ET[2] جایگزین روش قبلی گردید (Gagge et al , 1971, pp 247-263). یکی از کامل‌ترین روش‌ها که بسیاری از معیارهای آسایش را مد نظر قرار داده، توسط فانگر و تحت عنوان PMV[3] بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط پیرامون شکل گرفت (Fanger, 1972, pp 43-55). کامل شدهٔ این روش با عنوان PPD[4] مطرح گردید. اولگی ضمن مد نظر قراردادن معیارهای متعدد آسایش همانند روش فانگر، حوزهٔ کاربرد روش‌های تعیین محدودهٔ آسایش را به عرض‌های جغرافیایی زیر ۴۰ درجه تعمیم داد (Olgaya,1973, pp 14-23). اگر چه به اعتقاد گیونی، روش اولگی مناسبِ نواحی مرطوب بوده و استفاده از آن در نواحی خشک ممکن است به نتایج غیر واقعی منتهی شود (کسمایی،۱۳۹۱: ۹۸) وی با ارائهٔ نمودار سایکرومتریک، ویژگی‌های ساختمان را به منظور قرار گرفتن هوای داخلی ساختمان متأثر از شرایط بیرون در محدودهٔ آسایش مشخص می نماید (همان: ۹۹). در سال‌های اخیر نیز اتلاف انرژی، شرایط اقلیمی، تداوم حضور در دمایی خاص، شرایط کاری، جنس افراد، میزان رطوبت و عواملی از این دست مبنای مطالعات آسایش حرارتی بوده اند (صادقی‌روش و طباطبایی،۱۳۸۸: ۴۰).

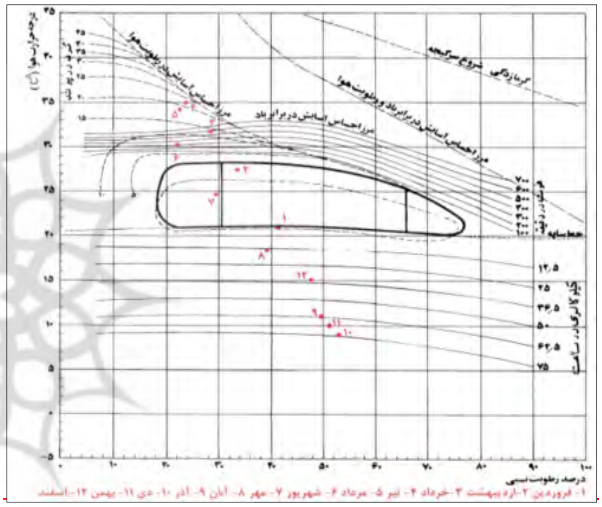
در این مقاله به منظور دستیابی به محدوده‌های آسایش حرارتی منطقهٔ سیستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه، روش اولگی و برای دستیابی به تدابیر معماری، نمودار سایکرومتریک گیونی مد نظر قرار می‌گیرد. نکتهٔ حائز اهمیت توجه به نحوهٔ اصلاح روش اولگی برای عرض جغرافیایی زیر ۴۰ درجه است. بر اساس روش اولگی به ازای هر ۵ درجه تنزل عرض جغرافیایی ۰,۴ درجه حرارت محدودهٔ آسایش حرارتی تابستان اصلاح می‌شود (همان: ۴۱). بر این اساس و پس از تعیین موقعیت ماهانهٔ ایستگاه زابل بر روی نمودار آسایش حرارتی اولگی (شکل شماره ۴) حد بالا و پایین آسایش حرارتی تابستانه اصلاح گردید.

حد پایین و بالای آسایش حرارتی در تابستان طبق نمودار اولگی، به ترتیب ۲۱,۲ و ۲۸ درجه سانتیگراد است. با توجه به عرض جغرافیایی این منطقه و اختلاف آن با عرض جغرافیایی مبنا (۹ درجه= ۳۱ درجه-۴۰ درجه)، می‌بایست طبق مدل اولگی ۰,۷۲ درجه به حد پایین و بالای آسایش حرارتی تابستانه اضافه نمود؛ از این‌رو، حد پایین آسایش حرارتی در تابستان ۲۱,۹۲ درجه سانتیگراد و حد بالای آن ۲۸,۷۲ درجه سانتیگراد خواهد بود. همچنین حد پایین آسایش حرارتی در زمستان ۲۰,۴ درجه سانتیگراد و حد بالای آن ۲۴,۸ درجه سانتیگراد است.

برای تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی علاوه بر دما، میزان رطوبت نسبی هوا نیز مؤثر است. در این زمینه اولگی و ASHRAE (2001) دو محدودهٔ رطوبتی مناسب ارائه نموده‌اند. بر اساس پیشنهاد اولگی، محدودهٔ رطوبت نسبی مناسب ۶۵٪-۳۰٪ و بر اساس مقادیر مندرج در ASHRAE این محدوده ۸۰٪-۲۰٪ است (رضایی حریری و فیاض،۱۳۸۰: ۱۶). تطبیق شرایط دمایی و رطوبتی حاکی از آن است که دمای ۲۸,۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد در تابستان همراه با رطوبت

1 - Effective Temperature
2 - New Effective Temperature
3 - Predicted Mean Vote
4 - Predicted Percentage of Dissatisfied

۸۰٪ شرایط نامناسبی را ایجاد می‌کند. در چنین شرایطی انسان احساس ناراحتی کرده و شرایط هوا اصطلاحا شرجی است (Evans, 1980, 28-29). بنابراین، حد بالای رطوبت نسبی برای منطقهٔ سیستان باید کاسته شود. از آنجا که رطوبت نسبی ۶۵٪ در دمای تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد شرایط دمایی و رطوبتی مناسبی را تشکیل می‌دهند؛ لذا حد بالای رطوبت نسبی مطابق نظر اولگی ۶۵٪ پیشنهاد می‌شود. حد پایین آن نیز با توجه به مقادیر دمایی پیشنهادی در حد ۲۰٪ مناسب است.

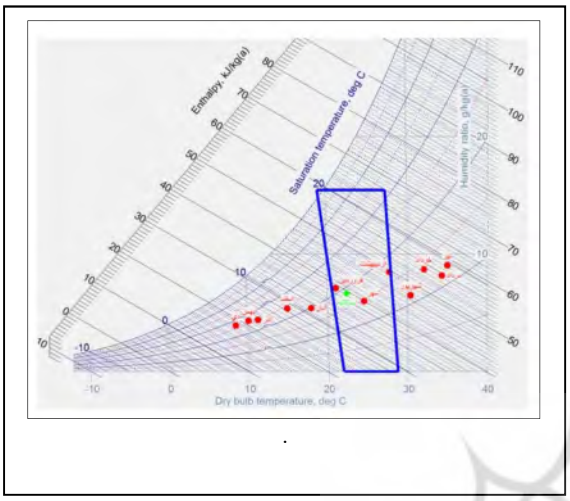


**شکل ۴ نمودار زیست – اقلیمی اولگی (*Olgaya, 1973*) وضعیت آسایش حرارتی ایستگاه زابل به تفکیک ماهانه.** منبع: نگارنده.

## نتایج و بحث

اطلاعات اقلیمی موجود برگرفته از ایستگاه هواشناسی و داده‌های نرم افزار متئورم، بر اساس نمودار سایکرومتریک گیونی تجزیه و تحلیل شده، نتایج حاصل در قالب موارد ذیل ارائه گردید.

موقعیت ماهانهٔ ایستگاه زابل بر روی نمودار سایکرومتریک (شکل شماره ۵) نشان می‌دهد که تنها سه ماه فروردین، اردیبهشت و مهر در محدودهٔ آسایش حرارتی قرار گرفته و چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور در وضعیتی قرار دارند که بدون جریان هوا و برودت ناشی از تبخیر ذرات آب، احساس آسایش برای افراد میسر نیست. در این بین ماههای خرداد و شهریور وضعیت بهتری داشته و با کوران هوا می‌توان به حد بالای آسایش حرارتی تابستانه دست یافت. پنج ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند در موقعیتی قرار گرفته‌اند که احساس آسایش بدون دریافت گرمای تابشی (خورشید یا منبع دیگر) امکان‌پذیر نیست.




**شکل ۵ نمودار سایکرومتریک وضعیت آسایش حرارتی ایستگاه زابل به تفکیک ماهانه** (منبع: نگارنده)

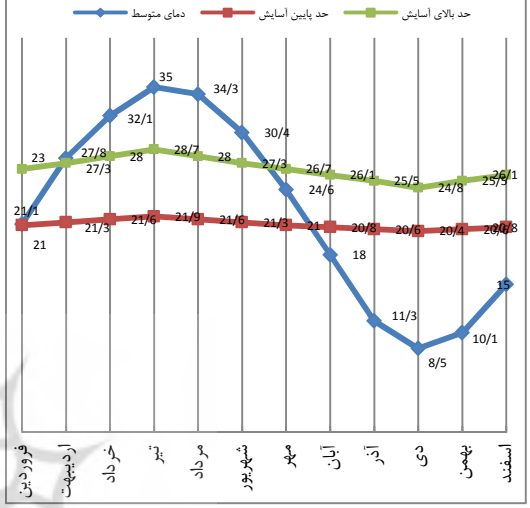
## دماهای متوسط

در دسته‌بندی کلی برای دمای متوسط هر ماه بر اساس شکل شماره ۶ می‌توان نتیجه گرفت که در ماههای آذر، دی و بهمن که سردترین اوقات در طول سال هستند، همواره شرایط حرارتی نامناسب است و در اکثر اوقات دمایی زیر ۱۱٫۳ درجه سانتیگراد تجربه می‌شود.

تحلیل دمای متوسط نشان می‌دهد، تفاوت دمای بیرون با حد پایین آسایش زمستانه بیشتر از ۸ درجه است. بر اساس مباحث مطرح شده توسط گیونی که «یک طراحی مناسب می‌تواند تا ۸ درجه به تامین آسایش حرارتی داخل فضا کمک کند» (حیدری و غفاری،۱۳۸۹: ۴۰). می‌توان نتیجه گرفت، در این ماهها، تنها با اتکا به تجهیزات غیر فعال (طراحی معماری مناسب) نمی‌توان به حد آسایش رسید و استفاده از تجهیزات فعال (مکانیکی) ضروری است.

در ماههای خرداد، تیر، مرداد و شهریور که گرمترین ماههای سال هستند، در اغلب اوقات، دمایی بالای ۳۰ درجه سانتیگراد تجربه می‌شود. در این بین در خرداد و شهریور، می‌توان با تجهیزات غیر فعال (طراحی

معماری مناسب) شرایط داخل فضا را به محدودهٔ آسایش نزدیک نمود؛ ولی تأمین شرایط آسایش در ماههای تیر و مرداد بدون تجهیزات فعال امکان‌پذیر نیست.

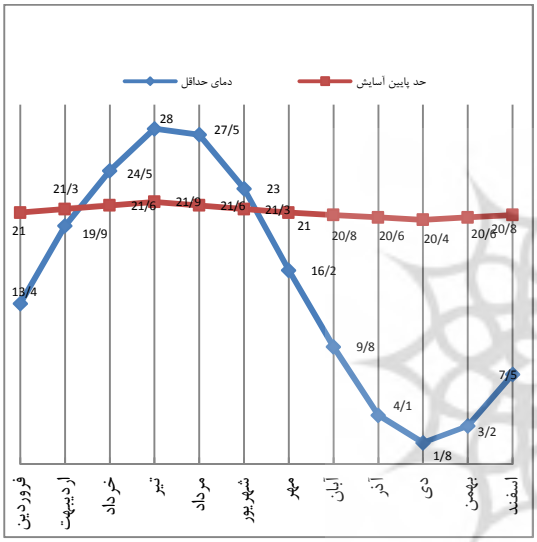



**شکل۶- دمای متوسط در مقایسه با حد پایین و بالای آسایش حرارتی** منبع: نگارنده

## دماهای حداقل

هر چند در اقلیم گرم، اکثر اوقات نیازمند تأمین سرمایش هستیم؛ اما باید بررسی شود که در این اقلیم نیاز به گرمایش تا چه اندازه اهمیت دارد؛ از این‌رو، به دست آوردن اطلاعات و تحلیل در مورد دماهای حداقل مهم است. با توجه به شکل شماره ۷ و علی‌رغم برداشت اولیه از اقلیم گرم و خشک، مشاهده می‌شود در پنج ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند حداقل دمایی بین ۱٫۸ الی ۹٫۸ درجهٔ سانتیگراد تجربه می‌شود. با توجه به اختلاف این دماها با حد پایین محدودهٔ آسایش زمستانه (بیش از ۱۱ درجه= ۹٫۸-۲۰٫۴)، اختلاف دمای فاحشی بین دمای بیرون و دمای داخل وجود دارد. تجهیزات غیرفعال در این ماهها نمی‌تواند به تنهایی پاسخگوی نیاز حرارتی باشد. شرایط حرارتی در دماهای حداقل (دی ماه و بهمن ماه)، بحرانی‌تر هستند.

در ماههای فروردین، اردیبهشت و مهر حداقل دما کمتر از حد پایین آسایش حرارتی است. در عین حال، این فاصله چندان زیاد نیست. با توجه به میزان انرژی تابشی خورشید در منطقهٔ سیستان (شکل شماره ۲) با طراحی مناسب متکی به انرژی تابشی خورشید، می‌توان به کمک تمهیدات ضعیف گرمایشی و بدون بهره‌برداری از انرژی‌های فسیلی دماهای حداقل را تا حد پایین دمای آسایش بالا آورد و محیط مناسبی را فراهم کرد.

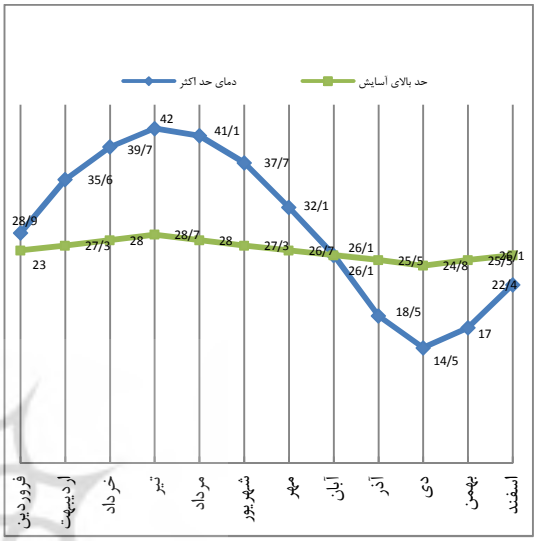



**شکل۷- دمای حداقل در مقایسه با حد پایین آسایش حرارتی**
منبع: نگارنده

## دماهای حداکثر

توجه به بحرانی‌ترین شرایط حرارتی، مهمترین مسأله‌ای است که باید در اقلیم گرم و خشک مد نظر قرار گیرد. در صورت حل مشکل عدم آسایش حرارتی در این شرایط، در بیشتر دامنهٔ دماهای دیگر، مسأله حل می‌شود. با توجه به شکل شماره ۸، در ماههای اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور، حداکثر دمایی بین ۳۵٫۶ تا ۴۲ درجه سانتیگراد را شاهد هستیم. علی‌رغم آنکه دمای متوسط ماههای اردیبهشت، خرداد و شهریور نزدیک به محدودهٔ آسایش تابستانه قرار دارند. با وجود این، در شرایط دمای حداکثر این ماهها اختلاف دمای بین محیط خارج و فضای داخل بیش از ۸ درجه بوده و نیاز به

تجهیزات فعال ضروری است. در ماههای تیر و مرداد که دارای بحرانی‌ترین شرایط هستند، هم در حالت دمای متوسط و هم در شرایط دمای حداکثر، تنها راه ایجاد شرایط آسایش در بنا، استفاده از تجهیزات فعال است.




**شکل۸- دمای حداکثر در مقایسه با حد بالای آسایش حرارتی**

منبع: نگارنده

## راهکارهای معماری بومی منطقه در تأمین شرایط آسایش داخلی بنا

معماری بومی منطقه سیستان واجد راهکارهای متعددی به منظور تأمین شرایط آسایش حرارتی داخل بنا است. علاوه بر فشردگی فرمِ پلانِ بناها، حداقل بودنِ سطوح بازشوها، گستردگی پلان بناها در جهت شرقی-غربی، قرارگیری سطح بزرگتر بنا رو به جنوب و شرق، بلندی دیوارها به منظور سایه‌اندازی و نیز بهره‌گیری از سقف گنبدی شکل که خصوصیات عمومی بناهای اقلیم گرم و خشک هستند، می‌توان به شاخصه‌های ذیل اشاره نمود:

**۱- بادگیر مورد استفاده در منطقهٔ سیستان**

این نوع بادگیر کوتاه، یک طرفه و دارای یک دهانه است. (شکل شماره ۹) ابعاد خاص بادگیر و حفرهٔ داخل آن حتی در شرایط توقف باد می‌تواند به عنوان دریچه‌ای در سقف، جریان طبیعی هوا را از پایین به بالا به وجود آورد (قبادیان،۱۳۸۷: ۱۴۱).

**۲- سیستم سرمایشی خارخانه**

در اقلیم گرم و خشک، تبخیر آب می‌تواند موجب کاهش دمای هوا شود (زندیه و پروردی‌فرد، ۱۰:۱۳۸۹) بر اساس این، در معماری بومی منطقهٔ سیستان به منظور مرطوب نمودن بادهای گرم و خشک منطقه، با تعبیه خارخانه (شکل شماره ۱۰) اقدام به ایجاد تأسیسات سرمایشی نموده تا توسط برودت ناشی از تبخیر قطرات موجود در خارها، هوای داخل ساختمان خنک شود (رازجویان،۱۳۶۷: ۴۱).

**۳- جان پناه مشبک**

از ویژگی‌های فرمی در معماری بومی منطقه، وجود جان‌پناه‌های مشبک دربام خانه‌ها است (شکل شماره ۱۱). این جان پناه‌ها ضمن تأمین حفاظ در بام خانه با ایجاد جریان هوا و خنکی در بام‌ها، علاوه بر ایجاد دید و منظر زیبا، محل مناسبی برای خواب در شب را فراهم نموده است. (توسلی،۱۳۸۱: ۱۱۹) تکرار هماهنگ سطوح پر و خالی که آسمان را به درون بنا وارد می‌کند، از زیبایی‌های قابل توجه در معماری بومی سیستان است.

**شکل ۹ گنبد و بادگیر مورد استفاده در معماری بومی سیستان**

**۱۳۹۲** (منبع: نگارنده)

## تامین شرایط آسایش حرارتی با رویکرد مصرف بهینهٔ انرژی در معماری منطقهٔ سیستان

به طور کلی حد پایین و بالای آسایش حرارتی در تابستان و زمستان در منطقهٔ سیستان تفاوت زیادی با سایر مناطق اقلیم گرم و خشک ندارد. با وجود این، بر اساس نتایج نمودار سایکرومتریک (شکل شماره ۵)، شکل‌های شمارهٔ ۶ الی ۸ و تحلیل‌های ارائه شده،

مشخص شد که به جز ماههای فروردین، اردیبهشت و مهر، در بقیهٔ ماههای سال مشکلات حرارتی (عدم آسایش) وجود دارد که بخشی از آن را می‌توان با طراحی متناسب با اقلیم و محدودهٔ آسایش حرارتی برطرف نمود. به عبارتی، با بهره‌گیری از تجهیزات غیر فعال می‌توان آسایش حرارتی ۸ ماه از سال را با حداقل وابستگی به انرژی فسیلی تأمین نمود. این تمهیدات آنگونه که ذکر آن رفت در معماری گذشته منطقه سابقه داشته و در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان نیز در قالب طراحی مناسب پوسته و عایق کاری بنا ارائه شده است. توجه به تابش خورشید و کسب و دفع به موقع حرارت آن از طریق توجه به طراحی پنجره‌ها و سایبان‌ها، جهت‌گیری مناسب بنا، استفاده از سیستم گلخانه‌ای و استفاده از نور مناسب روز برای روشنایی از دیگر راهکارهای تجهیزات غیر فعال هستند. در دو ماه از فصل سرد و دو ماه از فصل گرم استفاده از تجهیزات فعال در کنار تجهیزات غیر فعال ضروری است.

**شکل۱۰: نمونه ای از خارخانه‌های سیستان ، ۱۳۹۲** (منبع: نگارنده)

**شکل ۱۱: جان پناه های مشبک سیستان ، ۱۳۹۱** (منبع: نگارنده)

## نتیجه‌گیری

منطقهٔ سیستان به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و اقلیمی، وزش بادهای خاص و متأثر بودن از دریاچهٔ هامون، شرایط زیست اقلیمی ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. این ویژگی‌ها، ضمن قراردادن این منطقه در دسته‌بندی اقلیم گرم و خشک و شرایط خاص گرمایی این اقلیم در فصل تابستان، شرایط زمستانی آن را نیز در وضعیت قابل ملاحظه ای قرار داده است. بر اساس این، در اقلیم منطقهٔ سیستان علاوه بر توجه به طراحی مناسب اقلیمی، تأمین گرمایش و سرمایش در زمستان و تابستان از طریق تجهیزات فعال ضروری است. موارد ذیل به عنوان نتایج این مقاله ارائه می‌شوند:

۱- در محدودهٔ دماهای حداقل، در ۸ ماه از سال دمای حداقل، در محدودهٔ کمتر از حد پایین آسایش قرار دارد. همانگونه که ذکر آن رفت در سه ماه می‌توان توسط روش‌های غیر فعال (طراحی معماری مناسب)، دما را به حد پایین آسایش نزدیک نمود؛ ولی در پنج ماه دیگر، در اوقاتی از شبانه روز استفاده از تجهیزات فعال گرمایشی ضروری است.

۲- در محدودهٔ دماهای متوسط، سه ماه فروردین، اردیبهشت و مهر در محدودهٔ آسایش قرار دارند. در آبان ماه تأمین آسایش حرارتی با تمهیدات غیر فعال امکان پذیر است. در سایر ماهها، فقط از طریق بهره‌گیری از تجهیزات فعال رسیدن به آسایش حرارتی امکان‌پذیر است.

۳- در محدودهٔ دماهای حداکثر، در ماههای اردیبهشت تا شهریور (۵ ماه)، دمای حداکثر بیش از ۸ درجه بیشتر از حد بالای محدوده آسایش است. در این ماهها، استفاده از تجهیزات فعال در کنار تمهیدات غیر فعال ضروری است. این شرایط در دو ماه تیر و مرداد بحرانی است.

طراحی معماری منطبق با نیازهای حرارتی و اجرای تمهیدات غیر فعال، استفاده از تجهیزات مناسب و پر بازده و آموزش مصرف صحیح و به موقع انرژی،

راهکارهای رسیدن به معماری همسازی با اقلیم، توسعهٔ متناسب با محیط زیست (توسعهٔ پایدار) و کاهش مصرف انرژی هستند.

## منابع


بیبر، آن و کاترین هیگینز (*۱۳۸۱*). برنامه‌ریزی محیطی برای توسعهٔ زمین، ترجمه سید حسین بحرینی؛کیوان کریمی، انتشارات دانشگاه تهران.

توسلی، محمود (۱۳۸۱). ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک ایران، چاپ چهارم، انتشارات پیام: پیوند نو، تهران.

حیدری، شاهین؛ غفاری جباری، شهلا (۱۳۸۹). منطقهٔ راحتی حرارتی در اقلیم سرد و خشک ایران، هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره ۴۴، زمستان ۸۹، صص ۳۷- ۴۲.

رازجویان، محمود (۱۳۶۷). آسایش به وسیلهٔ معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

رازجویان، محمود (۱۳۷۹). آسایش در پناه باد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

رضایی حریری، فیاض، محمدتقی؛ فیاض، ریما (۱۳۸۰). محدودهٔ آسایش حرارتی در تهران، محیط شناسی، سال ۲۷، شماره ۲۸، زمستان ۱۳۸۰، صص ۱۳- ۱۷.

زندیه، مهدی؛ پروردی‌فرد،سمیرا (۱۳۸۹). توسعهٔ پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۰، صص ۲-۲۱.

سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۹). طبقه بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان سیستان و بلوچستان، گروه اقلیم‌شناسی خشکسالی.

صادقی روش، محمد حسن؛ طباطبایی، سیدمهدی (۱۳۸۸). تعیین محدودهٔ آسایش حرارتی در آب و هوای خشک: شهر یزد، هویت شهر، سال سوم، شماره ۴، بهار و تابستان، صص ۳۹-۴۶ .

صفایی‌پور، مسعود؛ شبانکاری، مهران؛ تقوی، طیبه (۱۳۹۲). شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی؛ شهر شیراز)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۴، پیاپی ۵۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صص ۱۹۳- ۲۱۰.

طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو (۱۳۸۷). اصول طراحی معماری همساز با اقلیم در ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

قبادیان، وحید؛ فیض مهدوی، محمد (۱۳۸۴). اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان، دانشگاه تهران، تهران.

قبادیان،وحید(۱۳۸۷)، بررسی اقلیمی ابنیهٔ سنتی ایران، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

کسمایی، مرتضی (۱۳۹۱). اقلیم و معماری، نشر خاک، اصفهان.

محمدی، حسین؛ سعیدی، علی (۱۳۸۷). شاخص‌های زیست‌اقلیمی مؤثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعهٔ موردی؛ شهر قم)، مجله محیط‌شناسی، سال ۳۴، شماره ۴۷، پاییز ۱۳۸۷، صص ۷۳- ۸۶.

محمودی، مهناز (۱۳۸۸). بادگیر- نماد معماری ایران، انتشارات یزدا، تهران.

Ashrae. (2001), Ashrae Fundamentals Handbook, American Society Heating refrigerating and Air conditioning Inc. Atlanta.

Evans, M. (1980). "Housing, Climate and Comfort", The architectural press: 28-29

Fanger, P.O (1972 ) "Thermal comfort analysis & Applications in environmental engineering" McGraw- Hill, USA.

Fishman, D.S. and Pimbert, S.L (1979) " Survey of Subjective Responses to the Termal Environment in Offices Indor Climate" Danish Building Reserch Institute Copenhagen, Denmark.

Gagge, A.P., Stalwijk, J.A.J and Nishi , Y(1971) "An Effective Temprature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Requlatory Response ASHRAE trans" USA

Givoni, B. (1976) "Man, Climate and Architecture" Elsevier press,New York, USA.

Griffiths, I. D. (1990) "Thermal Comfort in Building with Passive Solar Features, Report ENS-090-uk, Department of Psychology, University of Surrey, UK.

Koenigsberger, O.H., Mahoney, C. and Evans, J.M. (1971) " Climate and House Design ", United Nations. Department of Economic and Social Affairs.; Centre for Housing, Building, and Planning (United Nations).

Olgyay, V. (1973) " Design with Climate" princeton university press, USA.