

تعیین مطلوبیت شرایط آسایش مدارس شهر یزد بر اساس شاخص‌های زیست- اقلیمی

کمال امیدوار*^۱، یحیی‌علیزاده شورکی^۲، عبدالنبی زارعشاهی^۳

^۱دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

^۲کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

^۳کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۶/۱۲، تاریخ پذیرش نهائی: ۹۰/۱۱/۱۹)

چکیده

شناخت توان آسایش زیست-اقلیمی یا بیوکلیماتیک، در معماری مراکز آموزشی و به طور خاص، مدارس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. توجه به خصوصیات اقلیمی و اثراتی که اقلیم در شکل‌گیری این گونه ساختمانها می‌گذارد، از نظر آسایش حرارتی و هماهنگی ساختمان، با شرایط اقلیمی موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده و از لحاظ زیست محیطی، سالم تر و بهتر است.

این پژوهش، به منظور بررسی تعیین مطلوبیت شرایط آسایش مدارس یزد، بر اساس شاخص‌های زیست-اقلیمی انجام شده و هدف آن، استفاده حداکثر از پتانسیل‌های محیطی در جهت صرفه‌جویی انرژی و بالا بردن کیفیت آسایشی در محیط آموزشی و سالم سازی محیط زیست است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و از حیث نوع تحقیق کاربردی است و شامل دو بخش اقلیمی و معماری می‌شود که جداگانه مطرح و نتیجه‌گیری شده‌است. در این راستا، با استفاده از آمار ۲۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۸۵) اقلیمی به بررسی عناصر مهم آب و هوایی، چون: دما، بارش، رطوبت، باد و تابش پرداخته، و به کمک شاخص‌های زیست-اقلیمی ماهانی، گیونی، ترجونگ و با استفاده از الگوی سایکرومتریک به روش اوانز، آسایش اقلیمی در شهر یزد تعیین شد. نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که حدود ۵۵ درصد طول سال، هوای شهر یزد از لحاظ دمایی و رطوبتی، خارج از محدوده آسایش قرار دارد.

همچنین، با توجه به آمار ۱۰ ساله مدارس نوساز شهر یزد (۱۳۷۵-۱۳۸۵) موجود در اداره کل نوسازی و تجهیز مدارس استان یزد (شناسنامه و پلان مدارس) به مسایلی مانند جهت استقرار ساختمان مدرسه در ارتباط با زاویه تابش و باد، ابعاد پنجره‌ها و بازشوها و نقش آنها در تهویه کلاس، تعیین عمق و اندازه سایبان، فرم ساختمان مدارس و فضای سبز موجود در مدارس نوساز شهر یزد بررسی شده و نتایج تحقیق نشان داد که جهت استقرار و نحوه قرارگیری (کشیدگی شرقی- غربی) با استانداردهای اقلیمی شهر یزد هماهنگی دارد. وجود پنجره‌ها در نمای جنوبی و شمالی مدارس این شهر باعث تهویه طبیعی بهتری در این مدارس شده است. در زمینه سایبان و عمق استاندارد این سایبانها با شرایط اقلیمی این شهر و همچنین نوع، میزان و محل قرارگیری پوشش گیاهی در مدارس نوساز شهر یزد، تناسبی با شرایط اقلیمی این شهر ندارند.

کلید واژه‌ها:

اقلیم و معماری، مدارس نوساز، شاخص زیست- اقلیمی، شهر یزد.

مقدمه

(رابطه بین اقلیم و عواملی مانند تحرک، بی حالی و بازده درسی)، طاووسی و همکاران (میزان تطابق معماری مدارس نوساز شهر اصفهان با شاخص‌های اقلیمی) نام برد.

به طور خلاصه می‌توان هدف این تحقیق تعیین مطلوبیت شرایط آسایش مدارس نوساز شهر یزد با استفاده از شاخص‌های زیست - اقلیمی با تأکید بر اوانز بیان نمود. بطوری که بتوان با استفاده از انرژیهای تجدید پذیر مانند تابش خورشید و باد در مدارس شرایط محیطی مناسب برای آموزش و یادگیری در مدارس فراهم نمود.

مواد و روشها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، شامل دو بخش است:

- **عناصر اقلیمی:** برای شناسایی تپ اقلیمی شهر یزد از آمار ایستگاه سینوپتیک این شهر در دوره ۲۰ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵) استفاده و مورد بررسی قرار گرفته است. عناصر اقلیمی مورد استفاده شامل، باد (جهت وزش باد غالب و باد نامطلوب، سرعت وزش باد غالب، تعداد روزهای طوفانی) دما (متوسط دما، حداکثر و حداقل دمای ماهانه) و تعداد روزهای یخبندان، رطوبت نسبی، بارش، تابش آفتاب و ساعات آفتابی است. در ابتدا شرایط آسایش زیست اقلیمی در فضای داخلی مدارس با روش‌های گیونی، ماهونی، ترچونگ با استفاده از جداول داده‌ها و کلیموگرام تعیین گردید. همچنین، از روش کاربردی اوانز به خاطر همبستگی بیشتر، جهت شناخت آسایش زیست اقلیمی مدارس با استفاده از پارامترهای فوق، محدوده‌های مجاز آسایش و راحتی بافت در سایه و آفتاب؛ شب و روز با استفاده از جداول معیار مربوط و نمودارهای سایکرومتریک الگوی اوانز به تفصیل محاسبه و تعیین گردیده است.

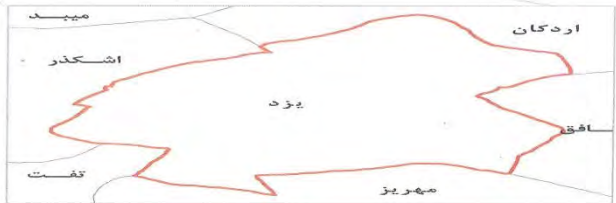
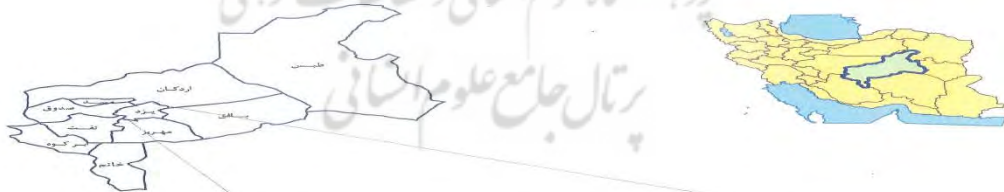
تبعیت از معیارهای زندگی مدرن و پیامدهای مصرف بی‌رویه انرژیهای فسیلی، مردم را از ساخت و زندگی در خانه‌هایی که با اقلیم منطقه مطابقت داشته بیرون کشانده و ساختمانهایی برای آنها به ارمغان آورده که نیاز به مصرف بالای انرژي دارد. بنابراین، حرکت به سوی بهره‌گیری از منابع طبیعی و پتانسیل‌های موجود در هر منطقه جهت فراهم آوردن رفاه پایدار، ضرورت انکارناپذیری است.

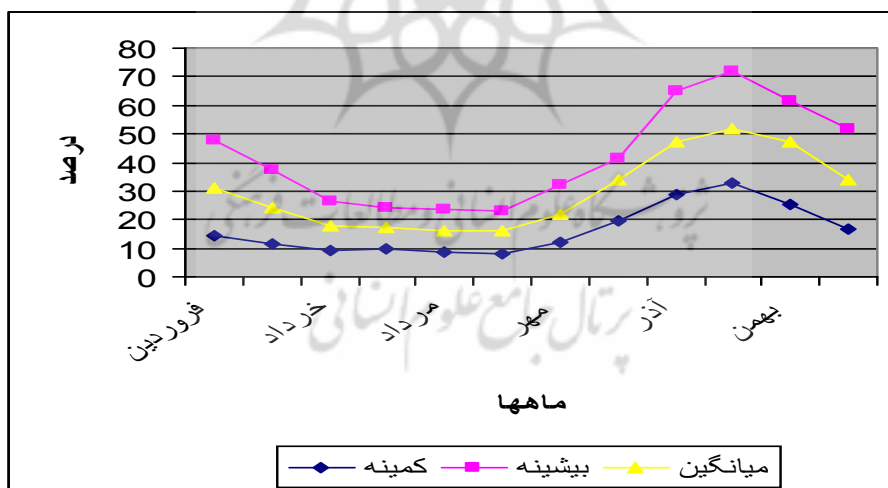
از طرفی، بیش از ۳۰ درصد جمعیت کشور را دانش آموزان، تشکیل می‌دهند. آگاه‌سازی فرزندان این مرز و بوم و بیان راههای جلوگیری از اتلاف انرژي برای آنها می‌تواند فرهنگ صرفه جویی را در آنها تقویت کند. همچنین ارائه روشهای صحیح مبتنی بر شرایط اقلیمی هر منطقه در خصوص طراحی ساختمان مدارس می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف انرژي در مراکز آموزشی در بعد ملی نیز باعث صرفه جویی ارزی قابل توجهی شده و حتی می‌تواند در بعد آسایش روحی - روانی دانش آموزان، تأمین سلامت آنها، حفاظت محیط زیست و مقابله با آلودگی هوا به ویژه در نواحی متراکم شهر مفید واقع شود.

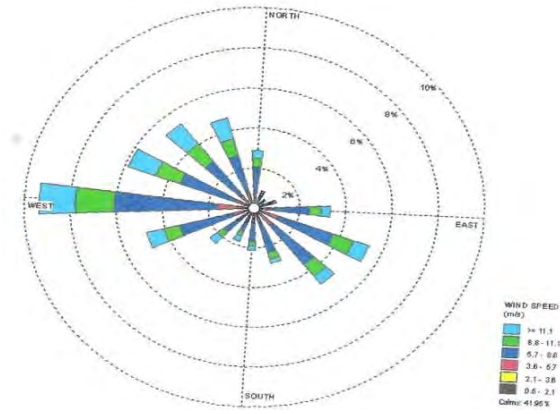
فعالیت‌های علمی انجام گرفته در زمینه اقلیم معماری متعدد است، از جمله کارهای انجام شده در این زمینه در سطح جهانی کار ویکتور اولگی (Olgay) (شرایط رطوبتی و حرارتی را در رابطه با احتیاجات انسان)، ترچونگ (تقسیم بندی زیست اقلیمی انسانی)، هاید (Hyde) (طراحی ساختمان را در دو تیپ آب و هوا)، گالوز و همکاران (Galvez et all) (کنترل زیست اقلیم داخل ساختمان) است. در مورد اقلیم و ساخت فضاهای آموزشی در ایران نیز می‌توان به کار کسمایی (تاثیر شرایط آب و هوا در شکل‌گیری ساختمان‌های آموزشی)، رازجویان (سنجش شرایط آسایش و راحتی فضای داخل ساختمان)، مرتضوی



شوه شگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



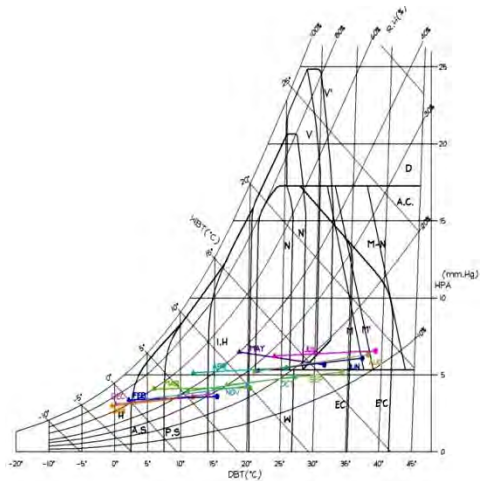




پروہش گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی

آسایش حرارتی فراهم نمود. اما در دوره گرم برای ایجاد آسایش باید از وسایل مکانیکی سرمایشی استفاده کرد. که به خاطر همزمانی آن با تعطیلی تابستانی مدارس مورد تأکید نیست.

- معیار ماهونی: کارل ماهانی، نخستین بار در سال ۱۹۷۱ به وسیله جداول مخصوص به ارزیابی وضعیت گرمایی یک منطقه و تشخیص مسایل معماری آن پرداخته است. ماهونی منطقه آسایش شب و روز هر ماه را با توجه به متوسط سالانه دما و متوسط رطوبت نسبی محل مورد مطالعه، تعیین نموده است.



شکل ۴: نمودار زیست-اقلیمی ساختمانی شهر یزد-روش گیونی
نمودار زیست - اقلیمی ساختمانی شهر یزد نشان می‌دهد در دوره سرد و در هنگام روز با استفاده از سیستم‌های فعال و غیر فعال خورشیدی می‌توان

جدول ۱: ارزیابی آسایش حرارتی در ایستگاه یزد بر اساس معیار ماهونی

| ماه‌های سال | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند |
|-------------------------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|
| متوسط حداکثر دما | ۲۶/۳ | ۳۱/۶ | ۳۶/۵ | ۴۰/۱ | ۳۸/۹ | ۳۶/۸ | ۳۰/۶ | ۲۶/۵ | ۱۶/۱ | ۱۲/۹ | ۱۴/۸ | ۲۰/۱ |
| حد بالای آسایش در روز | ۳۱ | ۳۴ | ۳۴ | ۳۴ | ۳۴ | ۳۴ | ۳۴ | ۳۱ | ۳۰ | ۲۶ | ۲۷ | ۳۰ |
| حد پایین آسایش در روز | ۲۵ | ۲۶ | ۲۶ | ۲۶ | ۲۶ | ۲۶ | ۲۶ | ۲۵ | ۲۲ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۲ |
| متوسط حداقل دما | ۱۲/۴ | ۱۷/۱ | ۲۱/۷ | ۲۵/۹ | ۲۳/۹ | ۲۰/۸ | ۱۵/۲ | ۱۰/۹ | ۳/۲ | ۰/۵ | ۱/۷ | ۶/۱ |
| حد بالای آسایش در شب | ۲۰ | ۲۳ | ۲۵ | ۲۵ | ۲۵ | ۲۵ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ |
| حداقل پایین آسایش در شب | ۱۲ | ۱۴ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۴ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| وضعیت حرارتی در روز | مناسب | مناسب | گرم | گرم | گرم | گرم | مناسب | مناسب | سرد | سرد | سرد | مناسب |
| وضعیت حرارتی در شب | سرد | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد |

داده های جدول، آسایش حرارتی در روز، در ماههای فروردین، اردیبهشت، مهر و آبان فراهم است در ماههای خرداد تا آخر شهریور گرم و سه ماه سال

در اینجا، با در نظر گرفتن اثر عوامل اقلیمی بر ساختمان و تأمین نیازهای حرارتی آن در شهر یزد، به وضعیت آسایش در این شهر به روش ماهانی پرداخته شده و نتایج آن در جدول ۱ ثبت شده است. بر مبنای

- ۱- رطوبت نسبی- در چهار گروه ۰/۳۰، ۰-۰/۵۰، ۰/۷۰-۰/۱۰۰، ۰/۵۰-۰/۷۰؛
۲- جریان هوا- از غیر محسوس، (۱/متر بر ثانیه)، تا محسوس (۱ متر بر ثانیه)؛

در روز سرد است و در شب ۶ ماه سرد، ۵ ماه مناسب و یک ماه گرم است.
- تعیین منطقه آسایش با روش اوانز: اوانز در کتاب خانه سازی، اقلیم و آسایش برای تعیین منطقه آسایش رابطه‌ی دمای خشک هوا را با:

جدول ۲. تعیین منطقه آسایش شب و روز به روش اوانز

| مقیاس | شرایط گرمایی | رطوبت نسبی | دمای روزانه | دمای شب |
|-------|---|------------|-------------|-----------|
| الف | محدوده منطقه‌ی راحت به ازای جریان هوایی معادل ۱ متر در ثانیه | ۰-۳۰ | ۳۲/۵-۲۹/۵ | ۲۹/۵-۲۷/۵ |
| | | ۳۰-۵۰ | ۳۰/۵-۲۸/۵ | ۲۹-۲۶/۵ |
| | | ۵۰-۷۰ | ۲۹/۵-۲۷/۵ | ۲۸/۵-۲۶ |
| | | ۷۰-۱۰۰ | ۲۹-۲۶ | ۲۸-۲۵/۵ |
| ب | محدوده منطقه‌ی راحت به ازای لباس سبک تابستانی و یا یک روانداز سبک در شب (جریان هوای نامحسوس ۰/۱ متر در ثانیه) | ۰-۳۰ | ۳۰-۲۲/۵ | ۲۷/۵-۲۰ |
| | | ۳۰-۵۰ | ۲۸-۲۲/۵ | ۲۶/۵-۲۰ |
| | | ۵۰-۷۰ | ۲۷/۵-۲۲/۵ | ۲۶-۲۰ |
| | | ۷۰-۱۰۰ | ۲۷-۲۲/۵ | ۲۵/۵-۲۰ |
| ج | محدوده منطقه‌ی راحت به ازای لباس سبک معمولی و گرم و روانداز ضخیم در شب | ۰-۳۰ | ۲۲/۵-۱۸ | ۱۶-۲۰ |
| | | ۳۰-۵۰ | ۲۲/۵-۱۸ | ۱۶-۲۰ |
| | | ۵۰-۷۰ | ۲۲/۵-۱۸ | ۱۶-۲۰ |
| | | ۷۰-۱۰۰ | ۲۲/۵-۱۸ | ۱۶-۲۰ |

۳- فعالیت- استراحت یا کارهای سبک خانه؛
۴- پوشاک- لباس سبک تابستانی و لباس زمستانی همان گونه که از جدول ۳ بر می آید:
هوای روزهای دی، بهمن، اسفند با وجود لباس گرم فضای آموزشی، مقیاس (ج)، سرد است. پس هوا در مقیاس (الف، ب) به طریق اولی سرد خواهد بود.

در روی ساختمان؛ مشخص می کند. نتیجه در جدول ۲
ارایه شد.
با توجه به حداکثر رطوبت نسبی و حداقل رطوبت نسبی هر ماه، منطقه آسایش شب و روز یزد در مقیاس الف، ب، ج تعیین شده است. به ازاء حداقل (حداکثر) رطوبت نسبی، منطقه آسایش روز (شب) انتخاب می شود. (جدول ۳)
معدل حداکثر (حداقل) دمای هر ماه را با محدوده منطقه آسایش روز (شب) سنجیده می شود و وضعیت

جدول ۳: شرایط آسایش روزانه و شبانه یزد برای ۳ مقیاس الف، ب، ج با معیار اوانز

| زمان | سه مقیاس | دی | پس | استیلا | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر |
|------|----------|-----|-----|--------|---------|----------|-------|------|-------|--------|------|------|-----|
| روز | ج | سرد | سرد | راحت | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | راحت | سرد |
| | ب | سرد | سرد | سرد | راحت | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | سرد | سرد |
| | الف | سرد | سرد | سرد | سرد | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | سرد | سرد |
| شب | ج | سرد | سرد | سرد | سرد | راحت | گرم | گرم | گرم | راحت | راحت | سرد | سرد |
| | ب | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | راحت | راحت | راحت | راحت | سرد | سرد | سرد |
| | الف | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد | سرد |

محاسبات نگارندگان

هوای روزهای اسفند و آذر مطابق مقیاس (ج)، و در ماه‌های فروردین، مهر مطابق مقیاس (ب) خوب و راحت به نظر می‌رسد. هوای سایر روزهای سال، با وجود جریان محسوس هوا - یک متر در ثانیه در وزش باشد - (شرایط مقیاس الف) سرد به نظر خواهد آمد. مطالب بالا با توجه به توان انسان و قابلیت تطبیق او با محیط از راه کم کردن و زیاد کردن لباس شرایط اقلیم آسایش را فراهم کرد.

جدول ۴: نتایج شاخص‌های زیست اقلیمی ایستگاه یزد (۱۳۸۵-۱۳۶۵)

| شاخص | روز | شب | روز | شب | روز | شب | روز | شب | روز | شب | روز | شب | روز | شب |
|----------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| شاخص ترجوتک | مطبوع | بسیار خنک | بسیار خنک | خنک | مطبوع | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | مطبوع |
| | شب | بسیار خنک | بسیار خنک | بسیار خنک | بسیار خنک | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | سرد |
| شاخص ماهانی | روز | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | مناسب |
| | شب | سرد | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | مناسب | سرد |
| شاخص اوانز | روز | راحت | راحت | راحت | راحت | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | راحت |
| | شب | سرد | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | راحت | سرد |
| شاخص گیونی | روز | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | گرم | آسایش |
| | شب | سرد | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | آسایش | سرد |

محاسبات نگارندگان

مرداد و شهریور در هنگام روز بایستی به کمک وسایل سرمایشی به شرایط آسایش نزدیک کرد اگرچه در ماههای تابستان فعالیت مدارس به طور کامل ادامه ندارد، ولی برگزاری امتحانات نوبت مرداد و شهریور و کلاسهای تابستانی در مدارس لزوم برنامه‌ریزی آسایش حرارتی لازم به نظر می‌رسد.

بر اساس جدول ۴، با مقایسه چهار شاخص زیست اقلیمی مشخص می‌شود که ماههای آذر، دی و بهمن، شرایط عدم آسایش وجود دارد؛ البته می‌توان در هنگام روز به کمک نور خورشید تا حدودی گرمای آن را تأمین نمود و در شب‌ها به طور معمول از مدارس استفاده نمی‌شود. در ماههای خرداد، تیر،

خشک نسبت به اقلیمهای مرطوب تأثیر کمتری بر ساختمان دارد و نیز با ایده‌ها و تمهیدات معماری، نظیر: بادخور، بادخان، بادگیر و راحت تر می‌توان آن را کنترل نمود. بنابراین، تابش خورشید را به عنوان مهمترین عامل تأثیرگذار بر جهت‌گیری ساختمان، مورد بررسی قرار می‌دهیم. مناسب‌ترین جهت برای استقرار جبهه اصلی بنا، جهتی است که کمترین گرما را در مواقع گرم و بیشترین گرما را در مواقع سرد، دریافت نماید. بر این اساس، میزان تابش خورشید بر جداره‌های مختلف در شهر یزد بر اساس روابط زیر محاسبه شده‌است.

$$I_S = I_n * \cosh * \cos Z$$

برای جهت جنوب

$$I_{SE} = I_n * \cosh(\cos Z + \sin Z) \cos 45$$

برای جهت جنوب شرقی

$$I_{SW} = I_n * \cosh(\cos Z - \sin Z) \cos 45$$

برای جهت جنوب غربی

$$I_N = -I_n * \cosh * \cos Z$$

برای جهت شمال

$$I_{NE} = I_n * \cosh(\sin Z - \cos Z) \cos 45$$

برای جهت شمال شرقی

$$I_{NW} = -I_n * \cosh(\cos Z - \sin Z) \cos 45$$

برای جهت شمال غربی

$$I_E = I_n * \cosh * \sin Z$$

برای جهت شرقی

$$I_W = -I_n * \cosh * \sin Z$$

برای جهت غربی

در این فرمول‌ها I_n اشعه تابیده شده در سطح عمود بر اشعه، h زاویه تابش، Z جهت تابش می‌باشند. (کسمایی، ۱۳۸۵، ص ۲۸) با توجه به روابط ذکر شده، کسب انرژی لازم در مواقع گرم و سرد سال در شهر یزد برآورد شده و در جدول ۵ آمده است.

علیرغم استفاده از روش‌های گیونی، ماهانی و فشار عصبی به منظور اطمینان از وجود تفاوت معنی‌دار بین چهار روش، تمام ۴۸ متغیر (دما و رطوبت نسبی در ۱۲ ماه در دو موقع شب و روز) به صورت تک تک پرازش شده است. بر این اساس، روش فشارعصبی کمترین پیوستگی داشته، حذف و روش اوانز به عنوان روش مناسب برای تعیین آسایش در شهر یزد با سطح اطمینان ۹۵ درصد تشخیص داده شده که به تفصیل در زیر بیان می‌شود.

طراحی اقلیمی ساختمان مدارس نوساز در یزد

مهمترین اهداف طراحی اقلیمی ساختمان‌های آموزشی عبارتند از:

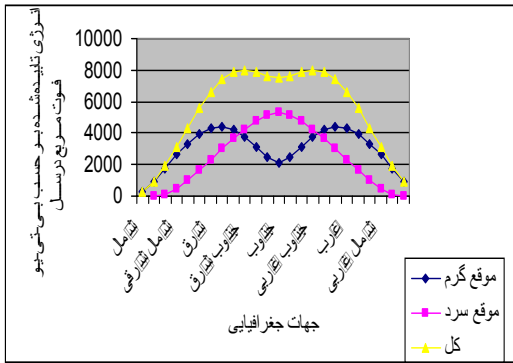
الف- بالا بردن کیفیت شرایط آسایش که باعث ارتقاء سطح آموزشی می‌شود.

ب- کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی که پیامد آن جلوگیری از گسترش آلودگی‌های زیست محیطی است.

ج- تقویت فرهنگ صرفه جویی و بیان راههای جلوگیری از اتلاف انرژی در میان دانش‌آموزان.

بدین منظور در این قسمت، اصول اقلیمی ساخت مدارس در شهر یزد ارائه خواهد شد.

جهت ساختمان: روش الگی از جمله روشهای انتخاب جهت استقرار ساختمان است، البته در این تحقیق روش انتخاب جهت استقرار ساختمان به عواملی چون: تابش، بادهای مناسب و نامناسب منطقه، ظرفیت و مقاومت مصالح، بازسوها، خرد اقلیم و فضای سبز بستگی دارد. از این میان تابش خورشید و وزش باد، به علت اینکه در اختیار بشر نبوده و نمی‌توانیم جهت و وضعیت آن را تغییر دهیم، مهمتر است و می‌بایست جهت‌گیری ساختمان را بر مبنای آنها تعیین کرد. اما از آنجا که باد در اقلیمهای



| جهت | تابستان | زمستان |
|-----------|---------|--------|
| شمال | ۴۵۲ | ۱۴۰ |
| شمال شرقی | ۲۶۴۷ | ۴۴۱ |
| مشرق | ۴۲۹۶ | ۲۳۱۱ |
| جنوب شرقی | ۳۷۸۸ | ۴۲۲۵ |
| جنوب | ۲۱۴۰ | ۵۳۴۳ |
| جنوب غربی | ۳۷۸۸ | ۴۲۲۵ |
| مغرب | ۴۲۹۶ | ۲۳۱۱ |
| شمال غربی | ۲۶۴۷ | ۴۴۱ |



این سایه بان ایجاد می‌شود، به دست آوریم و همچنین عمق نفوذ آفتاب در سردترین روز سال را محاسبه و بررسی کنیم. برای به دست آوردن ارتفاع سایه ایجاد شده از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$h = \frac{D \times \tan \beta}{\cos(Z + N)} = \frac{53 \times 65}{\cos 180 + 0} = \frac{344}{1} = 344$$

$H =$ ارتفاع سایه ایجاد شده در دی ماه $D =$ پیش آمدگی سایه بان افقی $\beta =$ زاویه تابش در اول دی در ساعت ۱۲ (هنگام ظهر) $Z =$ زاویه سمت (آزیموت) در اول دی $N =$ زاویه بین خط عمود بر پنجره و جنوب حقیقی (با توجه به اینکه ۱۵ درجه به سمت شرق چرخش داریم به جای N عدد ۱۵ گذاشته‌ایم).
برای محاسبه $\tan \alpha$ از رابطه زیر استفاده شده

$$\tan \alpha = \frac{h}{D} = \frac{344}{53} = 0/649$$

$h =$ ارتفاع سایه ایجاد شده به متر در دی ماه
 $D =$ پیش آمدگی سایه بان

حال می‌توان عمق نفوذ آفتاب به داخل کلاس را بدست آورد.

جدول ۶: عمق سایبان مورد نیاز در زمانهای گرم سال - سانتیمتر.

$$\ell = \frac{h}{\tan \alpha} = \frac{3}{0/649} = 4/09$$

میزان نفوذ آفتاب به داخل کلاس در اول دی ماه برای جهت جنوب $3/56 = 53 - 4/09$ متر براساس این محاسبات نتیجه می‌گیریم که این سایبان، در زمستان مانع نفوذ آفتاب به داخل کلاس نمی‌شود. با توجه به اینکه اوج تابش از ساعت ۱۱ تا ساعت ۱۴ است، پس باید حد بالایی پنجره و حد پایینی آن بر این اساس

ابتدای امر منطق این روش به خوبی درک نشود. (رازجویان، ۱۳۶۷، ص ۱۳۸) اما مناسب ترین روشها از نظر کاربرد، روش محاسباتی است. که در این پژوهش برای تعیین اندازه سایبان‌های پنجره‌های جنوبی کلاس از این روش استفاده شده است. عمق سایبان افقی و سپس اندازه سایه ایجاد شده تحت تأثیر سایبان افقی انتخاب شده و در انتها عمق نفوذ آفتاب در روز اول دی ماه (فصل سرد) را به ترتیب زیر محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه عمق سایبان افقی از رابطه زیر استفاده می‌کنیم. (زمردیان، ۱۳۸۶: ۱۶۲)

$$CP = \frac{BH}{\tan \alpha}$$

$CP =$ پیش آمدگی سایبان

$BH =$ ارتفاع ساختمان

$\alpha =$ زاویه تابش خورشید در روز اول تیر

به عنوان مثال اگر ساختمان مدرسه‌ای کاملاً رو به جنوب و ارتفاع کلاس ۳ متر باشد، مقدار پیش آمدگی مورد نیاز، جهت تأمین سایه بر روی پنجره عبارت است از:

$$CP = \frac{3}{\tan 80} = 0/53$$

بنابراین، با ایجاد سایبانی به عمق ۵۳ سانتی متر، می‌توان از نفوذ آفتاب به داخل کلاس جلوگیری کرد. اگر ساختمان به طرف شرق یا غرب چرخیده باشد، باید به ازای هر ۱۵ درجه انحراف یک ساعت تغییر زمان محاسبه کرد. لذا با ۱۵ درجه انحراف به سمت شرق زاویه تابش ساعت ۱۱ در نظر گرفته می‌شود. (غیور، ۱۳۷۳، ص ۲۸۱)

$$CP = \frac{3}{\tan 74} = 0/85$$

ضمناً برای اطمینان از اینکه سایبان مزبور از نفوذ مستقیم ورود آفتاب به داخل ساختمان در زمستان جلوگیری نمی‌کند، باید ارتفاع سایه‌ای که در نتیجه

جدول ۶: عمق سایبان مورد نیاز در زمانهای گرم سال -
سانتیمتر

| ماه | جهت جغرافیایی | عمق سایبان در ساعت ۱۰ | عمق سایبان در ساعت ۱۱ | عمق سایبان در ساعت ۱۲ |
|----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| اردیبهشت | جنوب | ۳۷ | ۳۵ | ۳۴ |
| | ۱۵ درجه به طرف شرق | ۴۹ | ۴۳ | ۳۳ |
| خرداد | جنوب | ۱۱۶ | ۱۲ | ۲۳ |
| | ۱۵ درجه به طرف شرق | ۳ | ۲۶ | ۲۲ |
| مهر | جنوب | ۱۶۶ | ۱۶۴ | ۱۶۵ |
| | ۱۵ درجه به طرف شرق | ۱۸ | ۱۷ | ۱۶۳ |

مشخص کرد. حال با توجه به این مطلب، ارتفاع بازشوها از کف و زیر سقف محاسبه می کنیم.

$$CP = \frac{E}{\tan \alpha}$$

$E =$ حلد پایین آفتاب

$\alpha =$ زاویه تابش در ساعت ۱۱ صبح

پس از محاسبه مقدار E به دست آمده $1/85$ متر شد.

ارتفاع بازشوها از کف = ارتفاع کلاس - مقدار E

ارتفاع پنجره تا کف $1/15$ متر است.

ارتفاع پنجره از زیر سقف = کشیدگی سایبان * دیمه

$$DH = 85 * 51 = 45 \tan \alpha$$

ارتفاع پنجره تا زیر سقف باید ۴۵ سانتی متر باشد.

جدول ۷: معماری بازشوها و پنجره‌ها در مدارس مورد مطالعه

| نام آموزشگاه | جهت قرارگیری | نوع سایبان | عمق سایبان به سانتیمتر | ارتفاع بازشوها از کف به | تعداد پنجره هر کلاس | مساحت کلاس به متر مربع | مساحت پنجره به متر مربع | اندازه مورد نیاز بازشوها |
|------------------------|--------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| دبیرستان حسینی | جنوبی | ۱- ثابت خارجی ۲- پرده معمولی | ۳۰ | ۹۵ | ۲ | ۳۵ | ۴/۴۸ | ۵/۲۵ |
| دبیرستان هاشمی | جنوبی | ۱- ثابت در طبقه سوم ۲- پرده کرکره | ۲۵ | ۹۸ | ۳ | ۳۵ | ۴/۷۳ | ۵/۲۵ |
| هنرستان شهدای جنوب | جنوبی | پرده کرکره ۲- در طبقه دوم ثابت | ۲۰ | ۱۰۰ | ۲ | ۳۵ | ۴/۴۸ | ۵/۲۵ |
| دبیرستان مشکی | جنوبی | ثابت خارجی - پرده | ۲۰ | ۹۸ | ۲ | ۳۵ | ۴/۴۸ | ۵/۲۵ |
| راهنمایی کوشش | جنوب غربی | ثابت خارجی ۲- پرده معمولی | ۲۰ | ۹۸ | ۲ | ۳۰ | ۳/۶ | ۴/۵ |
| ناظم پور | جنوب غربی | ثابت خارجی | بالکن ۹۰ سانتیمتر | ۹۸ | ۳ | ۳۰ | ۴/۸ | ۴/۵ |
| دبیرستان ریحانه | جنوب شرقی | ثابت خارجی ۲- پرده | ۲۵ | ۱۰۰ | ۲ | ۳۰ | ۳/۶ | ۴/۵ |
| فاطمیه | جنوبی | پرده کرکره ۲- ثابت خارجی | ۲۴ | ۹۵ | ۳ | ۳۵ | ۴/۷۳ | ۵/۲۵ |
| راهنمایی جوادی | جنوبی | ۱- ثابت ۲- کرکره | ۴۵ | ۹۵ | ۲ | ۳۰ | ۳/۶ | ۴/۵ |
| محمد طاهری | جنوبی شرقی | پرده کرکره ۲- ثابت خارجی | ۲۵ | ۹۵ | ۲ | ۳۰ | ۳/۶ | ۴/۵ |
| آموزشگاه طرازی آزادشهر | جنوب شرقی | ۱- ثابت خارجی ۲- پرده کرکره | ۳۰ | ۹۸ | ۲ | ۳۵ | ۴/۳۲ | ۵/۲۵ |
| ام البنین | جنوب شرقی | پرده ۲- ثابت خارجی | ۴۵ | ۹۵ | ۳ | ۳۰ | ۴/۳۲ | ۴/۵ |
| امام حسن عسکری | جنوب شرقی | پرده ۲- ثابت خارجی | ۱۵ | ۹۸ | ۲ | ۳۰ | ۴/۵ | ۴/۵ |

ادامه جدول ۷:

| | | | | | | | | |
|------|------|----|---|----|-------|---------------------------------|--------------|--------------|
| ۴/۵ | ۴/۰۴ | ۳۰ | ۳ | ۹۸ | ----- | پرده معمولی | جنوب غربی | مرادیان |
| ۵/۲۵ | ۴/۲ | ۳۵ | ۲ | ۹۵ | ۳۰ | ۱ پرده ۲- ثابت خارجی | جنوبی | مهدیزاده |
| ۵/۲۵ | ۴/۸ | ۳۵ | ۲ | ۹۵ | ۴۵ | ۱- ثابت خارجی ۲- پرده معمولی | جنوب شرقی | فاطمه اولیاء |
| ۴/۵ | ۴/۵ | ۳۰ | ۲ | ۹۵ | ۲۰ | ۱ پرده - ثابت خارجی | جنوب | علی نقدی |
| ۵/۳۵ | ۴/۸ | ۳۵ | ۲ | ۹۸ | ۲۰ | ثابت خارجی- پرده | جنوب | اکبرزاده |
| ۴/۵ | ۴/۵ | ۳۰ | ۲ | ۹۵ | ---- | ۱- پرده کرکره | جنوب غربی | جواهریان |

دیگر از موارد استفاده از درختان در محیط‌های آموزشی، کنترل انعکاس نور به داخل کلاس است. سطح صاف و براق دیوارهای ساختمان (به خصوص اگر نمای سنگ باشد) یا سطح حیاط مدرسه که سنگ فرش یا بتن شده است، موجب انعکاس نور طبیعی روز شده و چشم را ناراحت می‌کند. گیاهان، به ویژه درختان به صورت دیواره‌های سبز می‌توانند باعث تقلیل نور خیره کننده و انعکاس نور گردند. عواملی که در انعکاس نور تأثیر دارند عبارتند از: صاف بودن سطحی که نور از آن منعکس می‌شود، زاویه تابش، درجه حرارت، شرایط فصلی و شرایط جوی. بنابراین، با کاشت گیاهان و درختان خزان پذیر، می‌توان مانع برخورد نور انعکاسی به چشم ناظر شده و در زمستان نیز، نور کافی به زمین می‌رسد و محیط را گرم می‌کند. (رستم خانی، ۱۳۸۶: ۱۸)

به طور کلی احداث فضای سبز در مدارس، اثرات مثبت زیادی دارد که اهم آنها عبارتند از: ایجاد سایه جهت استفاده دانش آموزان در مواقع لزوم، حفاظت ساختمان مدرسه در مقابل بادهای شدید و نامطلوب، جذب انرژی گرمایی خورشید و خنک نمودن محیط اطراف توسط عمل تبخیر، تصفیه هوا و جذب گرد و غبار موجود در هوا، کمک به ثبات خاک و افزایش نفوذ پذیری خاک، حفاظت در مقابل سر و صداهای

با استناد به جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت که با احداث سایبانی به عمق ۶۵ سانتیمتر می‌توان از تابش آفتاب در زمانهای گرم سال تحصیلی به داخل کلاس جلوگیری کرد.

- طراحی فضای سبز: مزایای پوشش گیاهی در محوطه مدارس، به ندرت مورد توجه قرار می‌گیرد. در حالی که وجود چمن یا هر نوع پوشش گیاهی دیگری در خنک کردن هوای اطراف خود تأثیر بسزایی دارد. طبق تحقیقات صورت گرفته، یک زمین چمن معمولی به وسعت ۱۰۱۲ متر مربع روزی ۲ میلیون Btu در خنک سازی هوای اطراف خود تأثیر دارد. این مقدار، برابر است با میزان هوای خنکی که یک دستگاه تهویه مطبوع با ۲۰ ساعت کار در روز ۱۰ اتاق معمولی تأمین می‌کند. (قبادیان و فیض مهدوی، ۱۳۸۴، ص ۱۱۴) همجواری چمن یا دیگر پوشش‌های گیاهی سطح خاک در مقایسه با سطوحی که از آنها تبخیر انجام نمی‌گیرد، باعث اختلاف حرارت هوای این دو منطقه می‌شود.

هوای خنکی که از تبخیر و تعریق گیاهی حاصل شده به سوی کلاس‌ها جریان می‌یابد و باعث تهویه طبیعی و خنک سازی آنها می‌شود. علاوه بر این، گیاهان به ایجاد هوای تازه کمک می‌کنند. یکی

در حال حاضر، سطح سرانه استاندارد فضای سبز برای مدارس ۳/ تا ۵/ متر مربع برای هر دانش آموز در نظر گرفته شده است. این میزان با توجه به هر دوره تحصیلی و تعداد دانش آموز فرق می کند. در جدول ۸ میزان فضای سبز با توجه به تعداد دانش آموز و دوره های مختلف مشخص شده است.

زیاد، کنترل انعکاس نورهای مزاحم و اثرات روحی و روانی بر دانش آموزان هنگام مشاهده مناظر زیبای گیاهی و فضای سبز در محوطه مدرسه، هر چه محیط پیرامون دانش آموزان زیباتر و دلپذیرتر باشد در یادگیری بهتر آنها تأثیر بسزایی دارد و از لحاظ روحی، رنگ سبز به آنها آرامش خاصی می دهد و می توانند مطالب درسی را بهتر درک و تجزیه و تحلیل نمایند.

جدول ۸: سهم سرانه فضای سبز در هر دوره تحصیلی به تعداد دانش آموز - متر مربع

| دوره تحصیلی ابتدایی | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| تعداد دانش آموز | ۴۸ | ۷۲ | ۹۶ | ۱۸۰ | ۳۶۰ | ۵۴۰ | ۶۰۰ |
| فضای سبز | ۲۴ | ۳۶ | ۴۸ | ۶۰ | ۱۰۸ | ۱۶۲ | ۲۱۶ |
| دوره تحصیلی راهنمایی | | | | | | | |
| تعداد دانش آموز | ۹۰ | ۱۸۰ | ۲۴۰ | ۳۶۰ | ۴۸۰ | ۶۰۰ | ۷۲۰ |
| فضای سبز | ۴۵ | ۵۴ | ۷۲ | ۱۰۸ | ۱۴۴ | ۱۸۰ | ۲۱۶ |
| دوره تحصیلی متوسطه و پیش دانشگاهی | | | | | | | |
| تعداد دانش آموز | ۱۸۰ | ۲۱۶ | ۲۷۰ | ۳۲۴ | ۳۶۰ | ۴۳۲ | ۵۴۰ |
| فضای سبز | ۹۰ | ۱۰۸ | ۱۳۵ | ۱۶۲ | ۱۸۰ | ۲۱۶ | ۲۷۰ |

(سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ۱۳۸۶: ۱۶-۶) ۹۰ درصد پوشش گیاهی در مدارس نوساز شهر یزد، بنابراین با توجه به بازدیدهای میدانی و شناسنامه مدارس نوساز شهر یزد، مشخص می شود که بیش از ۷۰ درصد این مدارس با کمبود فضای سبز مواجه هستند. (جدول ۹)

جدول ۹: سهم سرانه فضای سبز در مدارس مورد مطالعه (متر مربع)

| نام آموزشگاه | تعداد دانش آموز | مساحت کل مترمربع | میزان فضای سبز مترمربع | استاندارد مترمربع | کمبود مترمربع | درصد کمبود |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------------|-------------------|---------------|------------|
| دبیرستان حسینی | ۳۵۲ | ۵۷۲۴ | ۱۳۵ | ۱۸۰ | ۴۵ | ۲۵٪ |
| دبیرستان هاشمی | ۲۳۲ | ۵۴۰۰ | ۶۵ | ۱۰۸ | ۴۳ | ۳۹/۹٪ |
| هنرستان شهدای جنوب | ۳۵۶ | ۵۴۲۰ | ۶۰ | ۱۸۰ | ۱۲۰ | ۶۷٪ |
| دبیرستان دخترانه مشکی | ۲۷۰ | ۴۷۰۰ | ۱۷۲ | ۱۳۵ | کمبودی ندارد | |
| آموزشگاه کوشش | ۱۷ | ۳۰۴۵ | ۱۳۵ | ۲۴ | کمبودی ندارد | |
| ناظم پور | ۲۰۵ | ۵۱۰۴ | ۲۲۰ | ۱۰۳ | کمبودی ندارد | |
| راهنمایی ریحانه | ۵۶ | ۲۲۹۸ | ۵۴ | ۴۵ | کمبودی ندارد | |
| فاطمیه | ۳۰۵ | ۵۲۳۸ | ۲۱ | ۱۵۲ | ۱۳۰ | ۸۵٪ |
| راهنمایی جوادی | ۳۸۴ | ۳۳۲۳ | ۷۲ | ۱۱۶ | ۴۴ | ۳۸٪ |
| محمد طاهری | ۲۲۶ | ۵۴۶۰ | ۱۵۰ | ۱۳۵ | کمبودی ندارد | |
| راهنمایی طرازی | ۱۳۵ | ۵۶۲۰ | ۲۱ | ۴۱ | ۲۰ | ۵۰٪ |
| امام حسن عسکری | ۲۹ | ۲۹۰۰ | ۱۲۰ | ۲۴ | کمبودی ندارد | |
| ام البنین | ۲۳۰ | ۳۳۶۰ | ۹۸ | ۱۳۵ | ۳۷ | ۲۷٪ |
| جوهریان | ۳۰۹ | ۵۶۲۰ | ۹۰ | ۹۳ | ۳ | ۳/۵٪ |
| مرادیان | ۲۵۸ | ۱۶۳۵ | ۵۰ | ۷۷ | ۲۷ | ۳۵٪ |
| مهدی زاده | ۱۵۴ | ۴۷۴۳ | ۴۴ | ۴۷ | ۳ | ۷٪ |
| نقدی | ۱۸۲ | ۴۷۶۰ | ۱۱۰ | ۵۴ | کمبودی ندارد | |
| اکبرزاده | ۸۴ | ۳۲۹۷ | --- | ۴۲ | ۴۲ | ۱۰۰٪ |
| فاطمه اولیاء | ۱۸۶ | ۲۸۰۰ | ۱۰ | ۵۶ | ۴۶ | ۸۲٪ |

تخریب محیط زیست، آلودگی‌های صوتی و هزینه بالای مصرف انرژی جلوگیری کرد.

بررسی جهت گیری ساختمان مدارس نوساز این شهر مبین این نکته است که بیشتر مدارس مورد بررسی دارای کشیدگی ۱:۱/۶ با جهت شرقی- غربی که مطابق استاندارد اقلیم منطقه گرم و خشک (اقلیم یزد) است؛ ولی با توجه به مطالب ذکر شده کشیدگی مدارس با توجه به زمان استفاده از مدرسه بهتر است، کشیدگی آن ۱:۱/۳ باشد، مطالعه انجام شده بر روی مدارس نوساز شهر یزد، نشان می‌دهد که فقط کمتر از ۱۰ درصد مدارس نوساز با این فرم مطابقت داشتند. تجزیه و تحلیل اطلاعات گرد آوری شده در زمینه زاویه و ارتفاع بازشوهای ساختمان مدارس، نشان می‌دهد که قرار گیری اکثر پنجره‌ها در نمای جنوبی یا نمای شمالی که از نظر نور و تهویه طبیعی بسیار مناسب است، قرار دارند. و بازشوهای شرقی و یا غربی تنها مربوط به سالن امتحانات یا سالن بین کلاس‌هاست.

بررسی عمق سایبان در مدارس مورد مطالعه، بیانگر این نکته است که تمام مدارس، عمق سایبان جنوبی در هیچ کدام از طبقات ساختمان مناسب و در حد استاندارد منطقه نیستند. در بیش از ۳۰ درصد مدارس، یک طبقه اصلاً سایبان ندارد، در مدارس دو یا سه طبقه، فقط طبقه بالایی دارای سایبان هستند که آن هم از حد استاندارد کمتر است. در بیش از ۸۰ درصد مدارس، محل قرار گیری پوشش گیاهی در مکان مناسب قرار ندارند و بیش از ۶۵ درصد مدارس با کمبود فضای سبز روبرو هستند.

نتیجه کلی؛ در مجموع برای صرفه جویی در مصرف انرژی، و با توجه به کمبودها و نواقص موجود در ساختمان مدارس نوساز شهر یزد،

ارزیابی کلی در مورد مباحث ارائه شده نشان می‌دهد که این موضوع در استان یزد کار نشده، اما در مبحث زیست اقلیمی استان یزد، می‌توان به نتایج پژوهش خوش اخلاق و همکاران وی اشاره کرد: «به طور کلی در ساعات روزانه چهارماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور در محدوده گرم، و آذر، دی و بهمن در محدوده سرد و عدم آسایش قرار دارد؛ و بقیه ماهها گویای شرایط آسایش است. همچنین، با مقایسه پارامترهای دمایی ۵۰ ساله، انتظار می‌رود شرایط ماههای سرد بهبود یابد و ماههای گرم دچار تنش بیشتری شود». (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۱۸۰) همچنین، در مورد اقلیم و معماری مدارس نوساز، آقای دکتر طاوسی در شهر اصفهان به این نتیجه رسیده که غالب مدارس مورد بررسی در زمینه وجود سایبان با عمق و زاویه مناسب، فاقد تناسب با شرایط اقلیمی شهر اصفهان بوده‌اند. میزان و نحوه به کار گیری پوشش گیاهی مناسب و مؤثر در تنظیم شرایط آسایش فضاهای داخلی و محوطه‌های ساختمان مدارس نوساز نیز، تناسبی با شرایط اقلیمی شهر اصفهان نداشته است. (طاوسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۹۷)

نتیجه گیری

با توجه به موضوعات مطرح شده در این تحقیق نتایج زیر حاصل می‌شود:

حدود تغییرات دما و رطوبت هوای شهر یزد در رابطه با روش چهارگانه (گیونی، ماهونی، ترجونگ و اوانز) نشان می‌دهند که هوای شهر یزد، در اکثر ماههای سال خارج از محدوده آسایش قرار دارد و با اصول طراحی معماری متناسب با اقلیم منطقه می‌توان در اکثر اوقات سال به راحتی، شرایط آسایش حرارتی را فراهم نمود و از مشکلات و معایب

۶- قبل از طراحی ساختمان مدرسه در شهر یزد، باید جهتی که بادهای سرد نامطلوب زمستانی (باد جنوب شرقی در یزد) از آن جهت که می‌وزد مورد توجه قرار گیرد تا با طراحی و قرارگیری صحیح ساختمان، بتوان سطوح در معرض باد سرد زمستانی به حداقل رساند.

۷- ساختمان مدرسه به جای گسترش افقی بهتر است به صورت عمودی گسترده شود، به عبارت دیگر، بهتر است ساختمان مدرسه در این شهر دو یا چند طبقه باشد تا مساحت کمتری در معرض تابش خورشید قرار گیرد (برای جلوگیری از گرم شدن ساختمان در مواقع گرم سال).

راهکارهای زیر جهت استفاده بهینه از انرژیهای پاک ارائه می‌شود:

- ۱- برای اینکه گرمای کمتری از طریق بام به داخل کلاس‌ها نفوذ کند، بهتر است بام مدارس در شهر یزد به صورت گنبدی شکل و یا دارای عایق مناسبی باشد.
- ۲- برای تمام طبقات ساختمان مدرسه در یزد پیش آمدگی و سایبان طراحی شود. میزان پیش آمدگی در شهر یزد ۵۰ سانتیمتر برای پنجره‌های جنوبی است.
- ۳- قرار دادن جبهه اصلی ساختمان مدرسه رو به جنوب و در صورت امکان تعبیه جدارای نور گذر رو به جنوب شرقی برای استفاده بهتر از نور مطبوع و گرم صبحگاهی در ماههای سرد سال (بر اساس مطالعات انجام شده مطلوبترین جهت ساختمان در شهر یزد ۱۵ تا ۲۵ درجه جنوب شرقی است).

منابع و مآخذ

- ۱- امیری، آرزینا، (۱۳۸۳)، آسایش حرارتی در فضاهای داخلی ساختمان و طراحی اقلیمی در شهر قم، نیوار، شماره ۵۴-۵۵.
- ۲- توسلی، محمود، (۱۳۶۰)، ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک ایران، دانشگاه تهران.
- ۳- طاوسی، تقی، (۱۳۸۷)، اقلیم و معماری مدارس نوساز شهر اصفهان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱.
- ۴- جهان بخش، سعید، (۱۳۷۷)، ارزیابی زیست اقلیم انسانی تبریز و نیاز حرارتی ساختمان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۸.
- ۵- حاج سقطی، اصغر، (۱۳۸۰)، اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۶- حسینی، سید جمال الدین و همکاران، (۱۳۸۶)، نشریه شماره ۲۳۲ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، شماره سوم.
- ۷- خوش اخلاق، فرامرز و همکاران، (۱۳۸۹)، بررسی نقش و تأثیر اقلیم بر آسایش شهر یزد با استفاده از مدل اوانز، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰.
- ۸- رازجویان، محمود، (۱۳۶۷)، آسایش بوسیله معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۹- رازجویان، محمود، (۱۳۸۶)، آسایش در پناه باد، چاپ دوم، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۰- رستم خانی، پروانه، (۱۳۸۶)، اصول طراحی فضاهای سبز در محیطهای مسکونی، چاپ دوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۱۱- سلیقه، محمد، (۱۳۸۳)، مدل سازی مسکن همساز با اقلیم برای شهر چابهار، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴.
- ۱۲- علیجانی، بهلول، (۱۳۷۳)، نگرشی نو در کاربرد آب و هواشناسی در مدیریت منابع و توسعه کشور (نقش آب و هوا در طراحی مسکن) فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۵.
- ۱۳- علیجانی، بهلول، کاویانی، محمدرضا، (۱۳۷۱)، مبانی آب و هواشناسی، نشر سمت.
- ۱۴- علیزاده، امین و همکاران، (۱۳۸۶)، هوا و اقلیم شناسی، چاپ دهم، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۵- غبور، حسنعلی، (۱۳۷۳)، تأثیر اقلیم در معماری فولاد شهر (تشعشع - دما - رطوبت) مجموعه مقالات هشتمین کنگره جغرافیادانان ایران، دانشگاه اصفهان.

تعیین مطلوبیت شرایط آسایش مدارس شهر
یزد بر اساس شاخص‌های زیست- اقلیمی

- ۱۶- غیور، حسنعلی، (۱۳۷۴)، اقلیم کاربردی دما و تشعشع در ارتباط با معماری، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۳۷.
- ۱۷- قاسم زاده، مرضیه و محمد نوری، (۱۳۸۵)، بهینه‌سازی انرژی در مدارس- بهره‌گیری از پتانسیل‌های اقلیم گرم و خشک، پنجمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.
- ۱۸- قاسم زاده، مرضیه و محمد نوری، (۱۳۸۳)، طراحی دبستان با بهره‌گیری از پتانسیل‌های اقلیمی در یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد.
- ۱۹- قاضی زاده، بهرام، (۱۳۷۲)، اصول و معیارهای طراحی فضاهای آموزشی و پرورشی، سازمان نوسازی و تجهیز مدارس کشور.
- ۲۰- کاویانی، محمدرضا، (۱۳۷۲)، بررسی و تهیه نقشه زیست اقلیم انسانی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸.
- ۲۱- کسمائی، مرتضی، (۱۳۸۵)، اقلیم و معماری، انتشارات شرکت سرمایه‌گذاری خانه‌سازی ایران.
- ۲۲- کوئینگز برگر، اوتو، اینگرسول، تی، می هیو، آلن وزو کولی، اس، (۱۳۶۸)، راهنمای طراحی اقلیمی، ترجمه مرتضی کسمائی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۲۳- محمدی، حسین و علی سعیدی، (۱۳۸۷)، شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر ارزیابی آسایش انسان (مطالعه موردی شهر قم)، مجله محیط‌شناسی، شماره ۴۷.

منابع لاتین

- 1-Balafoutis, C and Papadimitriout, A.A (1987). Astudy of Climatic stress and physiological in greece, Journal of Climatology Vol7, 303-312 UK
- 2- Brown. G.Z, & Dekay. Mark,2000, Sun, Wind & light, John Wiley & Sons.
- 3-Geiger, R (1965). The Climate Near The Ground. Cambrige. Mass: Harvard University Press.
- 4- Givoni, B (1989). Urban design in different climates, World Meteorology Organization TD, No. 366.geneva.
- 5- Givoni, B (1989). Man, Climate and Architecture, John, Willy USA.
- 6- WWW. Weather. Ir
- 7- WWW. Uan. Ir
- 8- WWW. Vi. Ac. Ir