مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

بسم ا... النور

کتاب پیشنهادی

تنظیم شرایط محیطی

«ویژه دانشجویان رشته های معماری»

جلد سوم

تالیف: آرشیتکت محمد هادی عرفان

ویرایش چهارم. بهار ۱۳۹۰

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

خداوند خطاب به حضرت آدم:

اِنَّ لکَ اَلاّ تَجُوعَ و فیها و لا تَعْرَی * و اَنَّکَ لا تَظْمَوُا فیها و لا تَضحی*

(اما تو در بهشت راحت هستی! و مزیتش) برای تو این است که در آن گرسنه و برهنه نخواهی شد*ودر آن تشنه نمی شوی ، و حرارت آفتاب آزارت نمی دهد! طه- ۱۱۹-۱۱۸

یکی ا زاشاره های صریح قرآن به اقلیم و نقش آن در آسایش محیطی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست[1]:

۱ -مقدمه

۲ -کلیات

۳ -باد و نقش آن در شرایط محیطی

۴ -رطوبت و نقش آن در شرایط محیطی

۵ -نور و نقش آن در شرایط محیطی

۶ -اصول طراحی نور(**Lighting Design**)

۷ - رنگ و طراحی

۸ - صوت و نقش آن در شرایط محیطی

۹ -دستور العملهای طراحی صوت

۱۰ اقلیم و معماری

۱۱ -صرفه جویی مصرف انرژی در طراحی معماری

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

[1] - فصول ۱-۲-۳-۴-۵ و فصل ۱۰ برای دانشجویان مقطع کاردانی و متن کامل کتاب برای دانشجویان مقطع کارشناسی رشته معماری توصیه میشود. مبحث دانش آئرودینامیک در معماری از فصل ۳، قابل استفاده برای دانشجویان شهرسازی و طراحی شهری نیز میباشد. فصل ۶ برای استفاده دانشجویان طراحی و دکوراسیون داخلی نیز میتواند مفید باشد.

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

فصل نهم : دستور العملهای طراحی صوت

۹-۱- مراحل طراحی:

۱ تحویل گیری نقشه های معماری پروژه از مهندس معمار

۲ همفکری و اخذ نظر مهندس معمار درباره نقش صوتی موثر و متاثر برای فضا و از فضا در آسایش محیطی

۳ تعیین ویژگی اکوستیکی مکانها و مطالعه محیطی (تنظیم نویز، طنین ، اکو و...)

۴ انتخاب فضاهای کاملا ساکت (دتایلهای بازشوهای عایق صوتی) و مصالح معماری مربوط

۵ انتخاب فضاهای بهره مند از صوت(انتخاب بلندگو/آمپلی فایر/ میکروفونها و..)

۶ انتخاب مواد و مصالح بند ۵(لوله ها، سیم ها، داکتها، و...)

۷ طراحی نقشه های نهایی

۹-۲- نویزها:

۱ نویزهای داخلی ساختمان: حاصل فعالیت آسانسور،سشوار، ماشین لباسشویی، مردم در حال صحبت ، کولر، و جابجایی ها

۲ نویزهای خارج ساختمان: ترافیک، فروشنده های دوره گرد، زنگ مدارس، صدای رودخانه ، عبور هواپیما و قطار و مترو و تراموا . این صداها در برخورد با ساختمانهای مجاور طنین انداز و باعث اکو هم میشوند.

۹-۳- اکوهای خروجی: که باید آنها را در انتخاب مکان بلندگوها لحاظ نمود. در صورت وجود اکو یکی دیگر ا ز راههای جلوگیری استفاده از بلندگوهای با قدرت کم است.

۱ باد

۲ کوهها

۳ ساختمانها

۹-۴- فشار صدای خروجی (**o.s.p**) : از مشخصات بلندگو هاست که توسط حجم صدا نمایش داده میشود. این فشار در واحد دسی بل بیان میشود که معادل صدای تولید شده در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز است.

فشار صدای خروجی	بلند گو
۸۵ تا ۹۳ **db**	بلندگوهای دیواری و سقفی
۹۰ تا ۱۰۶ **db**	بلندگوهای ستونی ورزشگاه ها
۹۵ تا ۱۱۰**db**	بلندگوهای بوقی[۲]

۹-۵- محاسبات فشار صدای لازم: برای انتقال صحبت و موسیقی علاوه بر فشار خروجی یک ضریب پیک (**Peak Factor**) هم در محاسبات منظور میگردد. با این حساب اختلافی بین ۶تا ۱۰ دسی بل بین نویز و فشار صدای میانگین برای وضوح صدا لازم است. ضریب پیک هم برای موسیقی زمینه و صحبت حدود ۱۰ و برای اجرای موسیقی حدود ۲۰ دسی بل درنظر گرفته میشود. در مجموع فشار صدای لازم (**R.S.P**) معادل حاصلجمع: میزان نویز[۳]+اختلاف فشار لازم [۴]+ ضریب پیک[۵] است.

برای صحبت و موسیقی زمینه

db ۱۰ + **db**(۶تا۱۰) + میزان نویز = فشار صدای لازم

db ۲۰ تا ۱۶ + میزان نویز = فشار صدای لازم

برای اجرای موسیقی

db + ۲۰**Db**(۶تا۱۰) + میزان نویز = فشار صدای لازم

Db ۳۰ تا ۲۶ + میزان نویز = فشار صدای لازم

میزان فشار صدا(حجم صدا) با مجذور فاصله بین بلندگوها رابطه معکوس دارد. و با افزایش فاصله بلندگوها صدای خروجی بلندگوها کاهش می یابد.

جدول زیر نشان دهنده تضعیف صدای بلندگو با توجه به فاصله است.

تضعیف	فاصله	تضعیف	فاصله	تضعیف	فاصله	تضعیف (**db**)	فاصله(متر)
۱۲	۴	۹,۵	۳	۶	۲	۰	۱

۲ - Clear Horn یا همان بلندگوی بوقی

۳ - Noise Level

۴ - R.S.P. Difference

۵ - Peak Factor

۱۸	۸	۱۷	۷	۱۵,۵	۶	۱۴	۵
۲۲	۱۳	۲۱	۱۱	۲۰	۱۰	۱۹	۹
۲۶	۲۰	۲۵	۱۸	۲۳,۵	۱۵	۲۳	۱۴
۳۲	۴۰	۳۰	۳۲	۲۸	۲۵	۲۷	۲۲
۳۸	۸۰	۳۷	۷۰	۳۶	۶۴	۳۴	۵۰
۵۲	۴۰۰	۴۶	۲۰۰	۴۰	۱۰۰	۳۹	۹۰

به عنوان مثال عقب ترین صندلی تالار کنفرانسی ۲۵ متر از بلندگو فاصله دارد. طبق جدول فوق تضعیف صدا دراین فاصله ۲۸ دسی بل است بنابراین فشارصدای خروجی ازبلندگو اگر ۸۰ دسی بل است بایستی برای جبران افت فشار, صدای مرجع (۸۰+۲۸) یعنی ۱۰۸ دسی بل باشد.

درفضاهای بزرگ برای رفع کاهش کیفیت صدا بین نقاط مختلف سالن ؛ بلندگوهای قدرت مسطح بکار میرود.

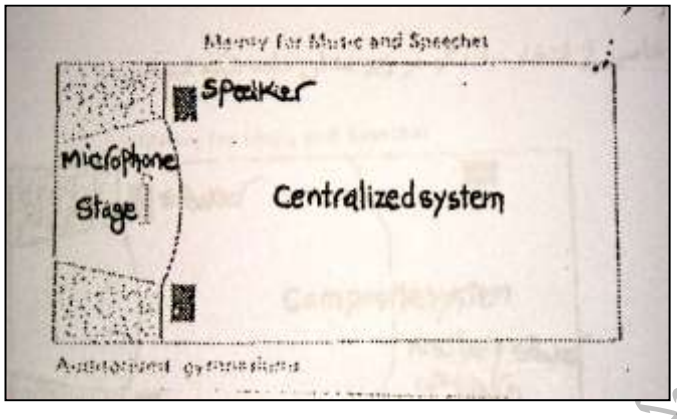
۹-۶- چینش بلندگوها: در چینش بلندگوها در محیط داخلی مشخصات آکوستیکی(انعکاس، اکو، عایق بند صدا و...) و جهت بلندگو نیازمند محاسبه است و در محیطهای خارجی باد و باران جزو عوامل موثر در طراحی اند.

چینش ها به سه نوع عمومی مرکزی ، پراکنده و مرکب انجام میشوند.

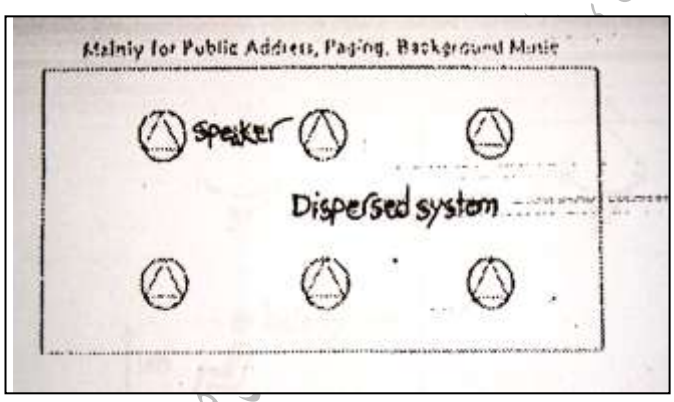
مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

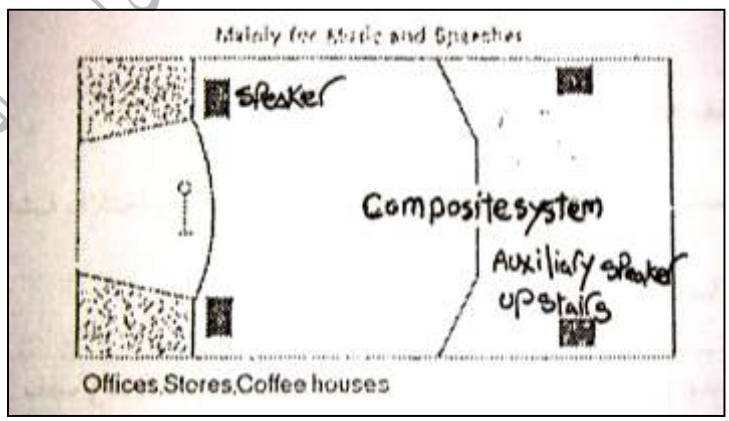
سیستم مرکزی:



سیستم پراکندگی:

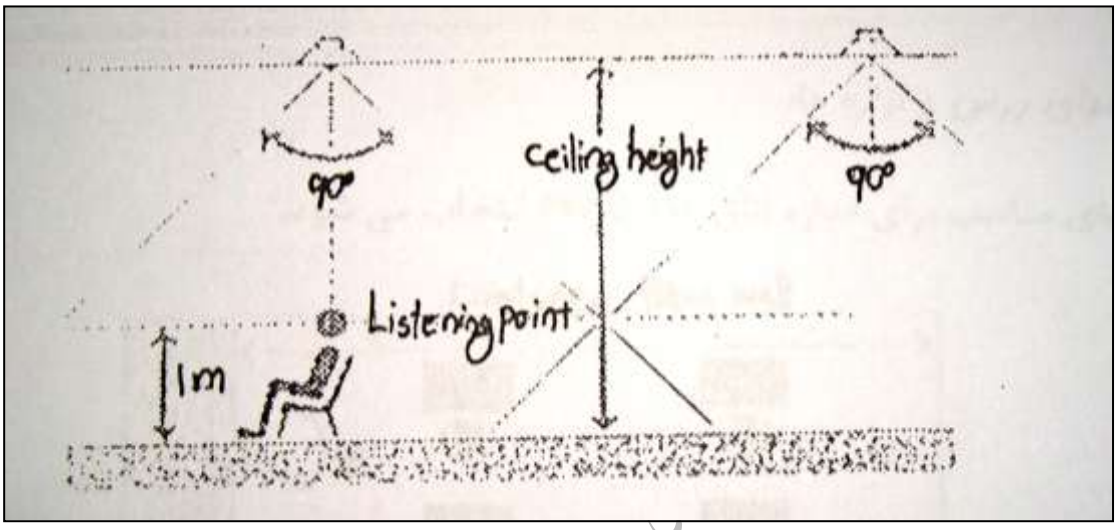


سیستم مرکب

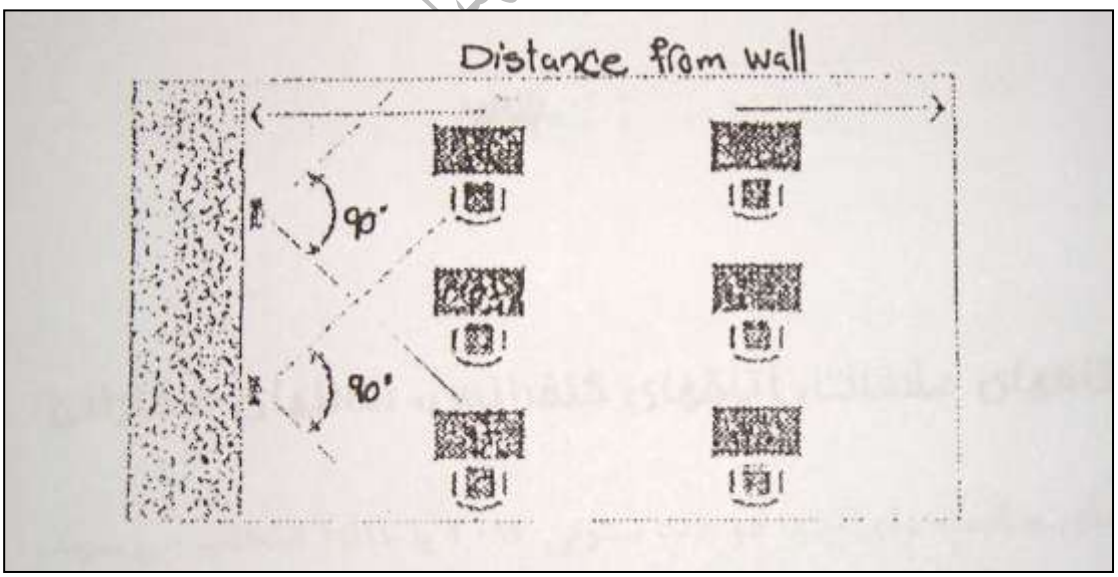


مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

۹-۷-چینش بلندگوها درمعماری داخلی : در رستورانها ؛ ادارات و فروشگاه های با سقف کوتاه معمولا بلندگوهای یک تا سه وات بصورت سقفی نصب میشود.



د رکلاسهای درس و ادارات با سقف بلند؛ بلندگوهای یک تا شش وات انتخاب میشود.

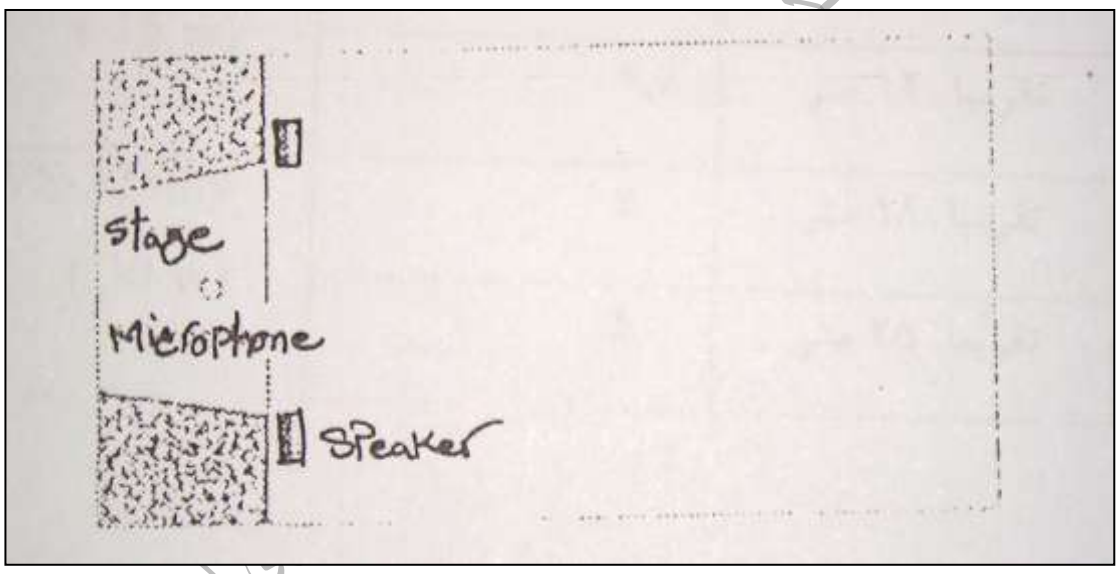


با فرض نویز ۶۰ دسی بل و ضریب پیک ۱۰ دسی بل و فشار صدای لازم ۶ دسی بل؛ خصوصیات یک بلندگوی پیشنهادی بشرح زیر است.

ورودی بلندگو(وات)	سطح پوشش(مترمربع)	فاصله تا دیوار(متر)	ارتفاع سقف(متر)
۱	۱۶	۴	تا ۴
۳	۵۰	۷	تا ۷
۵	۱۰۰	۸تا۱۶	تا ۹

گفتنی است نصب بلندگوهای دیواری روبروی هم از وضوح صدا می کاهد. بلندگوهای دوجهتی دیواری برای فضاهای ریض و باریک مانند راهروها اتاقهای انتظار ایستگاه های راه آهن ، مترو ، و.. قابل استفاده است.

در اتاقهای کنفرانس و سالنهای سخنرانی ؛ بلندگوهای مناسب دو عدد ستونی ۳۰ یا ۱۵ وات است. بلندگوها حدود ۴متر جلوتر از صحنه سن و محل میکروفون باید قرار داشته باشند.



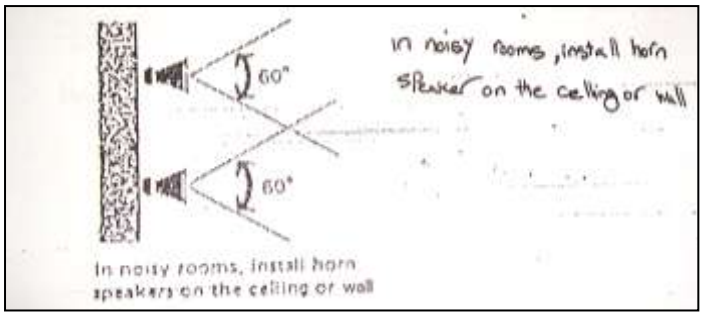
جدول زیر بیانگر جانمایی کلی بلندگوهاست.

فاصله صندلی حضار ازبلندگو برای سخنرانی[۶]	فاصله صندلی حضار از بلندگو برای موسیقی[۷]	تعداد	بلندگوی دوستونی
حدود۱۸ متر	حدود ۱۰ متر	۲	۱۵ وات
حدود۲۵ متر	حدود ۱۴ متر	۴	۱۵ وات
حدود۳۲ متر	حدود ۱۸ متر	۲	۳۰ وات
حدود۴۵ متر	حدود ۲۵ متر	۴	۳۰ وات

۶ - برای بدست آوردن ماکزیمم فشار صدای ۸۵ دسی بل در خروجی

۷ - برای بدست آوردن ماکزیمم فشار صدای ۹۰دسی بل در خروجی

در اتاقهای پرسروصدا با فرض مقدار نویز ۹۰ دسی بل حجم صدای لازم بین ۹۶ تا ۱۰۰ دسی بل باید باشد. و معمولا بلندگوهای بوقی استفاده می شود.



جدول زیر فواصل مناسب را پیشنهاد میدهد.

فاصله بلندگو	فاصله مناسب برای بدست آوردن ۱۰۰ دسی بل در پیک خروجی	فاصله مناسب برای بدست آوردن ۹۶ دسی بل در پیک خروجی	نوع بلندگو :بوقی
حدود ۳ متر	حدود ۳ متر	حدود ۵متر	۵وات
حدود ۴ متر	حدود ۴,۵ متر	حدود ۷متر	۱۰وات
حدود ۶ متر	حدود ۷ متر	حدود ۱۱متر	۱۵وات
حدود ۱۰ متر	حدود ۱۱ متر	حدود ۱۷متر	۳۰وات

۹-۸ چینش بلندگوهای فضای خارجی و محوطه ها :

اولا این بلندگوها معمولا با واتاژ۷ تا ۱۵ وات توصیه میشوند.

دوما زاویه بلند اگر رو به ساختمان روبرو باشددر وضوح صدا اثر منفی دارد.

سوما محدوده اصابت صدا بهتر است بر روی زمین مقابل ساختمان باشد. (با زاویه تقریبی ۶۰درجه)

جدول زیر فاصله ها را بنا به بدست آوردن یک پیک خروجی مشخص توصیه میکند.

مرکز مطالعات حکمت دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

نوع فضا	وات بلندگو (واتاژ بلندگوها بفارسی نوشته شده است.)	فاصله برای بدست آوردن فشارصدای مناسب ۷۶ دسی بل در پیک خروجی
کارخانه های بزرگ	۷(wt-707n)	حدود ۳۲ متر
	۱۵(wt-715n)	حدود۶۴ متر
	۱۰(wt-202an)	حدود ۸۰متر
	۱۵(wt-200an)	حدود ۱۰۰متر
خیابانها	۷(wt-707n)	حدود ۳۲ متر
	۱۵(wt-715n)	حدود۶۴ متر
	۱۰(wt-202an)	حدود ۸۰متر
	۱۵(wt-200an)	حدود ۱۰۰متر
میادین ورزشی و پارکها	۲۰(Ws-928n)	حدود ۴۰ متر
	۳۰(Ws-929n)	حدود۴۵ متر
	۱۵(wt-200an)	حدود ۱۰۰ متر
	۱۵(wt-516n)	حدود ۱۵۰ متر
	۳۰(wt-531n)	حدود ۲۰۰ متر
	۵۰(wt-551hn)	حدود ۳۵۰ متر

برای بلندگوهای بیرونی مساجد هم بلندگوها یبوقی ۳۰ تا ۵۰ وات ترجیحا در ساقه گنبد یا ماذنه گلدسته ها جانمایی میشوند. به عنوان نمونه شش بلندگو در شش جهت طوری نصب میشوند که بین هر دوتایی ۶۰درجه در پلان زاویه وجوددارد. [۸]

۸ - - توجه شود که محاسبات فنی این بخش برعهده مهندسان معمار نیست و تنها آشنایی با مبانی فنی موضوع با هدف هم زبانی طراحان و ارتقا و همه جانبه نگری مهندس معمار در طراحی مدنظر است.

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

نوع فضا	وات بلندگو (واتاژ بلندگوها بفارسی نوشته شده است.)		فاصله برای بدست آوردن فشارصدای مناسب ۷۶ دسی بل در پیک خروجی
مسجد	۳۰(wt-531n)	۱عدد	حدود ۲۰۰ متر
		۲عدد	حدود ۳۰۰ متر
		۳عدد	حدود ۴۰۰متر
		۴عدد	حدود ۶۰۰متر
	۵۰ (wt-551hn)	۱عدد	حدود ۳۵۰ متر
		۲عدد	حدود ۵۰۰ متر
		۳عدد	حدود ۷۰۰متر
		۴عدد	حدود ۱۰۰۰متر

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

فصل دهم : اقلیم و معماری

۷-۱- تقسیم بندی جهانی :

بر اساس روش کوپن **(W.Kopen)** که مبتنی بر رشد و نمود نباتات است، اقلیم‌های جهان قابل تقسیم به مراتب زیر هستند:

۱ – اقلیم بارانی استوائی: معدل دمای هوا بیش از ۱۸° درجه سانتیگراد است.(عدم وجود فصل سرد)

۲ – اقلیم گرم و خشک: میزان بارندگی بسیار اندک و بخار آب (رطوبت) هوا بسیار اندک است.(هوای خشک)

۳ – اقلیم گرم – معتدل : در این اقلیم معدل دمای هوا در زمستانها (سردترین ماه سال) بین ۱۸ تا -۳ درجه سانتیگراد و در تابستانها (گرمترین ماه سال) بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد است. دارای زمستانهای کوتاه به همراه یخبندان و برف است.

۴ – سرد و برفی : معدل دمای هوا در گرمترین ماه سال بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد و در سردترین ماه سال کمتر از -۳ درجه سانتیگراد است و قسمت اعظم نزولات جوی به شکل برف بوده و زمین تا چندین ماه پوشیده از برف است.

۵ – اقلیم قطبی: معدل دمای هوا در گرمترین ماه سال کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد بوده و فصل گرم ندارد.

۷-۲-تقسیمات اقلیمی ایران :

ایران، بین عرض جغرافیایی ۴ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی، در منطقه گرم و تقریبا تمام کشور بیش از ارتفاع ۴۷۵ متر از سطح دریا دارد. حوزه های آبی شمالی و جنوبی ایران به خاطر رشته کوههای البرز و زاگرس تنها محدود به حاشیه این مناطق است.

تقسیمات چهارگانه دکتر گنجی:

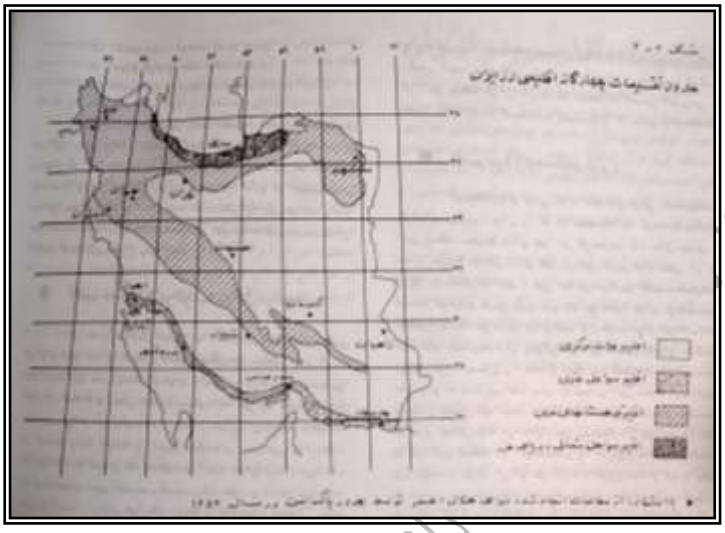
۱ – اقلیم معتدل و مرطوب : سواحل جنوبی دریای خزر

۲ – اقلیم سرد: کوهستانهای غربی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

۳ – اقلیم گرم و خشک: فلات مرکزی

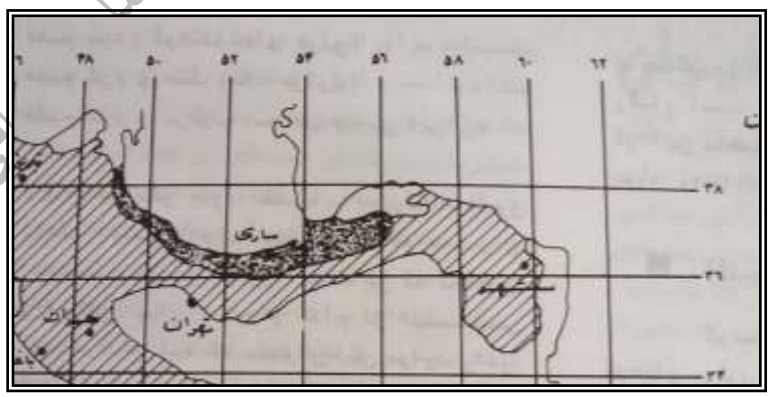
۴ – گرم و مرطوب : سواحل جنوبی ایران



۱– اقلیم معتدل و مرطوب:

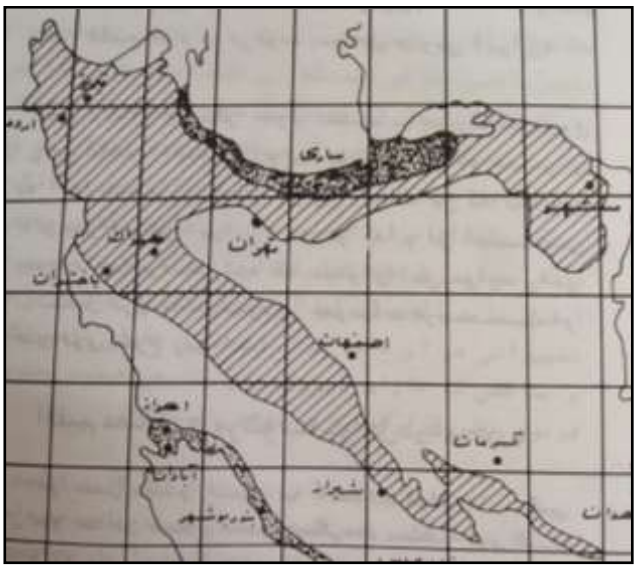
سواحل دریای خزر، بصورت نواری بین رشته کوه البرز و دریای خزر شامل جلگه‌های پستی است که رطوبت و اعتدال هوای آن از غرب به شرق کاهش می‌یابد.

رطوبت زیاد / اعتدال درجه حرارت / بارندگی بسیار زیاد در تابستان به شکل رگبار / دمای هوا در روزهای تابستان بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و در شبها بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتیگراد و در زمستان دما عمدتا بالای صفر است.



۲ – اقلیم سرد (کوهستانهای غربی):

همانطور که گفتیم دمای هوا در گرمترین ماه سال بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد و توسط حداقل دما در سردترین ماه سال کمتر از -۳ درجه سانتیگراد است.



سلسله جبال زاگرس مانع نفوذ هوای مرطوب مدیترانه‌ای به داخل فلات ایران است. دره ها در تابستان و در زمستان معتدل است. مقدار و شدت تابش آفتاب در تابستان زیاد و در زمستان بسیار کم است. زمستان‌های طولانی، سرد و سخت همراه با یخبندان است. (از اوائل آذر تا اواخر فروردین) . بارندگی در تابستان کم و در زمستان زیاد و اکثرا بصورت برف می‌باشد.

۳-اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی):

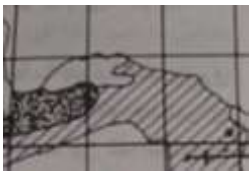
طراحی ساختمان در این اقلیم با توجه به آسایش انسان اهمیت فراوانی دارد. تابش مستقیم آفتاب (تولید ۸۰۰-۷۰۰ انرژی) در سطوح افقی – آسمان آفتابی – طوفان و گردوغبار در بعدازظهرها به دلیل حرکت لایه‌های هوای نزدیک به زمین – رطوبت اندک – گرم شدن سطح زمین در تابستان گاه تا ۷۰ درجه سانتیگراد – کاهش شدید ونوسانات شدید دمای هوا از حدود ۲۰ درجه سانتیگراد در روز و شب تا مرکز حتی ۵۵ درجه اختلاف دما – زمستان‌های سخت و سرد و تابستانهای گرم و خشک از ویژگیهای این اقلیم است.

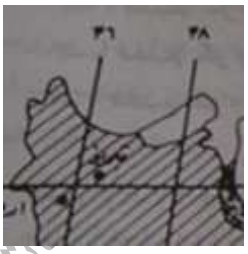
این اقلیم در ایران قابل تشخیص به دو منطقه نیمه بیابانی و بیابانی می باشد.

۱ – منطقه نیمه بیابانی: دامنه‌های ارتفاعات شمالی و غربی و جنوبی و کوههای منفرد مرکزی و ارتفاعات نامنظم شرقی با این مناطق به علت ارتفاع نسبی از رطوبت بادهای محلی که از دره‌های مجاور می گذرند سود جسته و اقلیم معتدلی نسبت به این دره ها ایجاد می کنند. البته از غرب به شرق اثر بادهای مرطوب کاهش یافته و خشکی بیشتر می‌شود.

۳ – منطقه بیابانی: چاله‌های پست مرکزی، شرقی و جنوبشرقی ایران دارای این آب و هوا هستند. اختلاف زیاد درجه حرارت هوای شب و روز در تابستان و دمای هوای تابستان و زمستان از ویژگیهای

این اقلیم است. گرمترین نقطه ایران در دشت لوت واقع در این اقلیم است. کـه دارای کمتـرین رطوبـت نسبی در ایران نیز می‌باشد.





۴-اقلیم گرم و مرطوب:

سواحل جنوبی ایـران کـه بیـان رشـته کوههـای زاگـرس و خلـیج فـارس محـاط شـده‌انـد در ایـن اقلـیم می گنجند.

تابستانهای بسیار گرم و مرطوب و زمستانهای معتدل – حداکثر دمای هوا ۳۵ تا ۴۰ درجـه در تابسـتان بـه همراه رطوبت نسبی تا ۷۰ درصد و در نتیجه اختلاف اندک درجه حرارت هـوا بـه دلیـل رطوبـت هـوا و وزش نسیم های دریائی و خشکی تنها در نوار ساحلی، شدت بالای تشعشع آفتاب و خیرگـی و نـاراحتی چشم از ویژگیهای این اقلیم است.

شدت تابش اشعه پراکنده شده در هـوای ابـری بسـیار بالاسـت و باعـث نـاراحتی چشـم مـی‌شـود. اشـعه منعکس شده از زمین در هوای ابری یا زمینهای پوشش گیاهی به حداقل می‌رسد.

میزان بارندگی در نوار ساحلی خلیج فارس بیشتر و منظم تـر اسـت. و سـواحل دریـای عمـان بـاران‌هـای نامنظم و خشکسالیهای فراوان دارد.

۷-۳- ویژگی های معماری اقلیمی:

ویژگیهای معماری اقلیمی معتدل ومرطوب:

۱. حفظ از رطوبت زمین : در مناطق خیلی نزدیک به دریا توسط پایه های چـوبی و در دامنـه ها با پایه‌های سنگی وگلی و گاه گربه‌روها

۲. حفظ اتاقها از باران: بالکن های عریض و سرپوشیده اطراف اتاقها (کار، استراحت، انبار محصولات کشاورزی)
۳. استفاده از مصالح با حداقل ظرفیت حرارتی در بنا یا سنگین با ضخامت اندک : مصالح ساختمانی سنگین در نوسانات شدید دما به کار میآید و تهویه و کوران را به حداقل می‌رساند.
۴. استفاده فراگیر از پلان‌های گسترده و سیرکولاسیون مبتنی بر تهویه (جهت وزرش نسیم دریا)

*در صورت وزش شدید و طولانی، سقفهای رو به باد کلا باید بسته شود.

۵. استفاده از اشکال هندسی طویل، باریک و ساده در حجم‌های معماری: تهویه درون بنا، تهویه در سایت
۶. سایت پلان پراکنده به دلیل حداکثر استفاده از هوا و عدم محدودیت دسترسی به آب.
۷. شیبهای تند در سطح بام : به دلیل بارندگی توصیه میشود.

ویژگیهای معماری اقلیمی گرم و خشک:

۱. استفاده از مصالحی با ظرفیت حرارتی بالا (خشت و گل)
۲. در صورت گرمای بسیار حاد، با تعبیه خانه‌ها در دل تپه‌ها از شرایط گرمایی زمین (و زمان تأخیر آن) بهره‌گیری شده است.
۳. پلان متراکم
۴. حداقل سطح خارجی
۵. ایجاد حداکثر سایه در سطوح خارجی
۶. عدم استفاده از چوب به عنوان عنصر نگهدارنده (فقدان جنگل)
۷. سفیدکاری سطوح خارجی (جذب کمتر انرژی تابشی)
۸. حداقل پنجره‌ها و بقیه پنجره‌ها در قسمت فوقانی دیوار (در مقابل انعکاس اشعه در سطح زمین)
۹. ایجاد تهویه داخلی (بادگیر) و جلوگیری از کوران در فضای داخل و خارج
۱۰. استفاده از حیاط مرکزی
۱۱. جهت استقرار جنوبی یا جنوبشرقی، برای به حداقل رساندن نفوذ گرمای تابشی.

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

ویژگیهای معماری اقلیمی سرد:

۱. تمرکز منابع حرارتی در داخل بنا (انرژی جذبی خورشید، توسط نگهداری هوای گرم شده داخل اتاق از تابش خورشید پنجره‌های بزرگتر از اقلیم گرم و خشک + رنگ تیره در نما، انرژی حرارتی شعله و سوخت‌های فسیلی، انرژی افراد، حیوانات و پخت و پز.
۲. تشابه راهکارها با اقلیم گرم و خشک
۳. استفاده از پلان های متراکم و فشرده
۴. به حداقل رساندن سطوح خارجی
۵. مصالح دارای ظرفیت و عایق حرارتی مناسب (بالا)
۶. حداقل تعویض هوای داخل و بیرون، حداقل تهویه طبیعی، حداقل فرار گرما

تفاوت راهکارهای معماری در اقلیم گرم و خشک با اقلیم سرد:

۱ – تمایل به بهره گیری از تابش آفتاب که با وجود باد سرد و وزش آن این عامل هم کمرنگ تر دیده می‌شود.

ویژگی معماری اقلیمی گرم و مرطوب:

۱. استفاده از مصالح ساختمانی به ظرفیت حرارتی کم
۲. از سایه کامل قراردادن ساختمان، ایوان‌های عریض و سرپوشیده ۱ – برای محافظت از پلان ۲ – سایه کامل روی دیوارهای اتاقهای داخلی.
۳. استفاده از بادگیرهای بزرگ در نوارهای ساحلی ؛ در عمق ساحل بادگیرها کوچکتر شده و سپس حذف گردیده است.(استفاده از نسیم خنک دریا)
۴. بعلت رطوبت و گرمای زیاد عملا تهویه کاربردی ندارد و حداکثر کوران مورد توجه است.

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

۷-۴-کار با جدول بیوکلماتیک ساختمانی

توضیحات:

N: محدود آسایش

N′: شرایط گرمایی قابل تحمل

M: حد شرایطی که استفاده از مصالح ساختمانی متناسب با اقلیم در ایجاد منطقه آسایش در داخل ساختمان موثر است.

M′: حد شرایط قابل تحمل در صورت استفاده از مصالح ساختمانی متناسب با اقلیم.

V: حد استفاده از کوران در ساختمانهای معمولی

V′: حد استفاده از کوران در ساختمانهایی که برای استفاده ا زتهویه طراحی شده اند.

EC: حد استفاده از کولر آبی در ساختمانهای معمولی

EC′: حد استفاده ا زکولر آبی در ساختمانهایی که بطور موثر عایق شده و سطح خارجی آنها نیز سفید رنگ است.

AC: محدوده توصیه –فقط-به دستگاههای تهویه که کولر جوابگو نیست.

W: در این شرایط بایستی به هوا رطوبت افزوده شود.(نصب رطوبت زن)

H: حدتاثیر مصالح در گرم نمودن ساختمان

H′: حد استفاده ا زمصالح متناسب با اقلیم د رگرم نمودن ساختمان

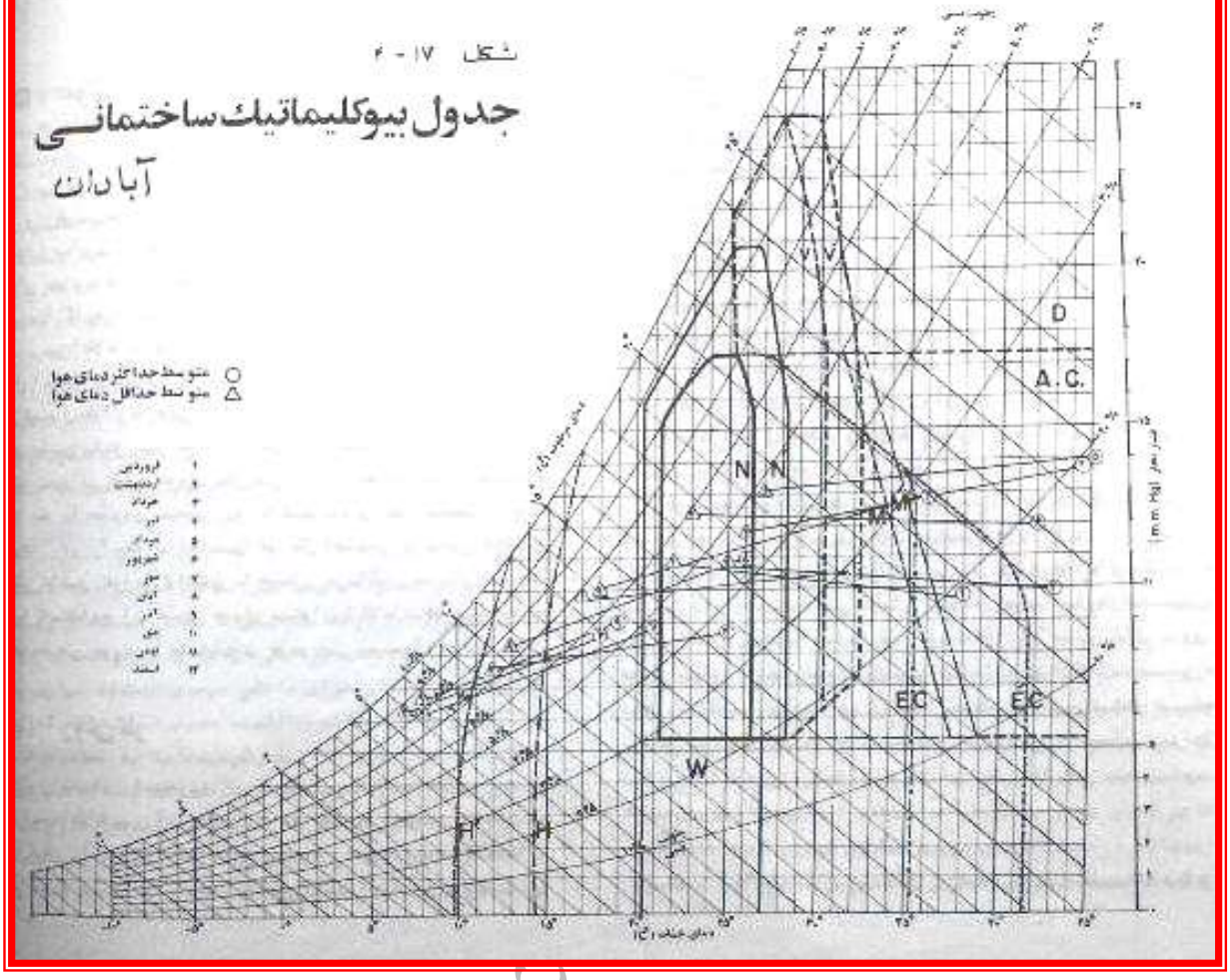
D: فشار بخار بیشتر از ۱۷میلی متر جیوه که محیط نیاز به دستگاه رطوبت گیر دارد.

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

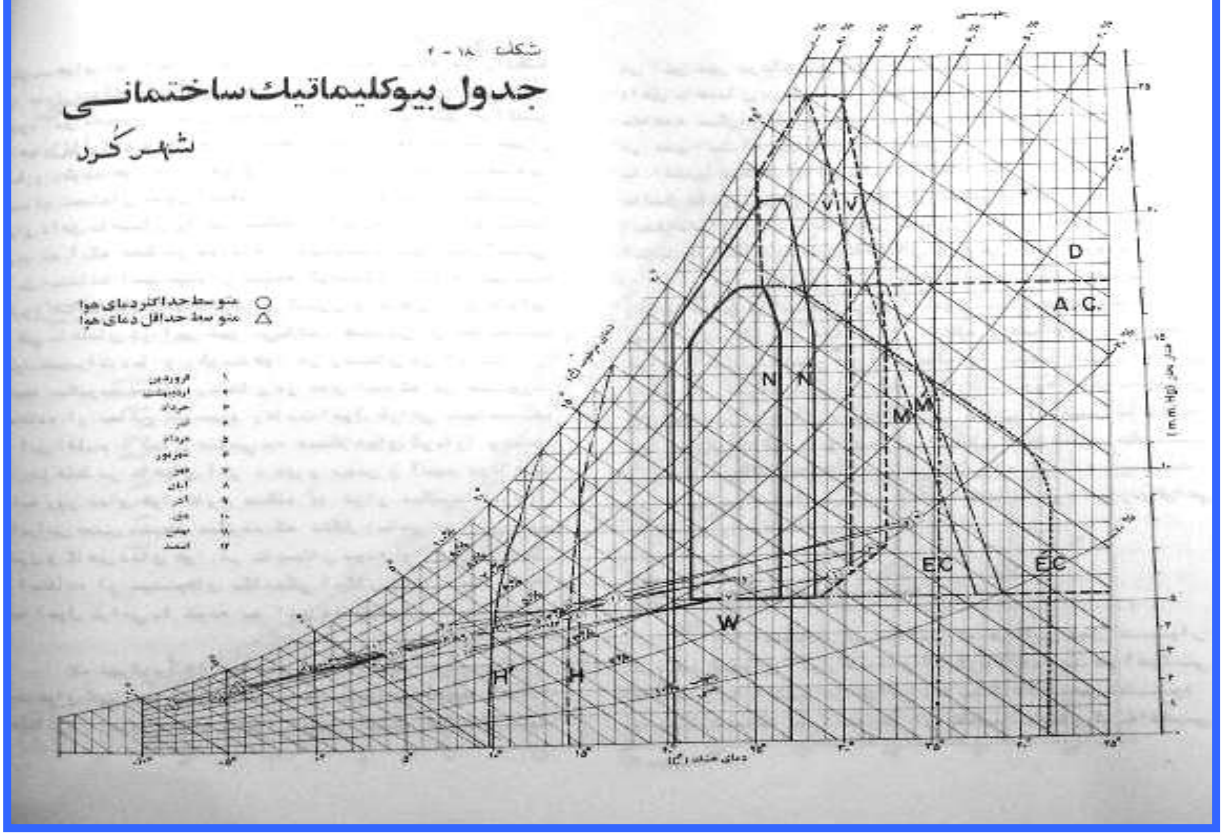
شکل ۴ - ۱۷

جدول بیوکلیماتیک ساختمانی
آبادان



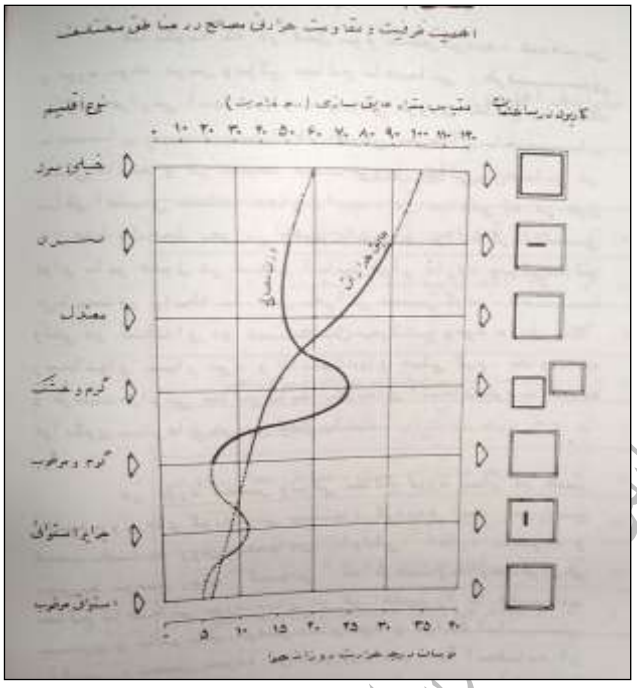
شکل ۴ - ۱۸

جدول بیوکلیماتیک ساختمانی
شهر کُرد



۷-۵-نتیجه‌های روش و نمودار اولگی:

یکی ا ز روشهای مرسوم مطالعات طراحی اقلیمی ؛ روش اولگی است. طبق نمودار این روش توصیه های زیر ارائه میشود:



۱ – در مناطق مرطوب استوائی بهتر است مصالح ساختمانی مورد استفاده از نوع سبک بوده و مقاومت حرارتی نیز داشته باشند.

۲ – در جزایر استوائی مقدار کمی عایق حرارتی برای ساختمان کافیست، اما به دلیل نوسانات زیادی روزانه هوا، چنانچه توده سنگینی از مصالح ساختمانی در قسمتهای داخلی بنا در نظر گرفته شود، وضعیت گرمایی هوای داخلی ثابت خواهد ماند.

۳ – در مناطق گرم و مرطوب که نوسان دمای روزانه هوا کم است، مصالحی با مقاومت حرارتی زیاد و بدون ظرفیت حرارتی توصیه می‌شود.

۴ – در مناطق گرم و خشک به دلیل اختلاف زیاد دمای شب و روز ساختمان‌های دارای کاربری روزانه از مصالح سنگین و قسمتهای مورد استفاده در عصر و شب با مصالح سبک و ظرفیت اندک حرارتی ساخته شود.

۵. در مناطق معتدل قسمتهای غربی از مصالح سنگین با ظرفیت حرارتی زیاد و دیوارهای سایر قسمتها از مصالح بامقاومت حرارتی خوب ساخته شوند.

۶. درمناطق سرد، برای ثبات شرایط مطلوب، بایستی مقاومت حرارتی مصالح را افزایش داد و دیوارهای غربی و قسمتهای داخلی را با مصالح سنگین بنا کرد.

۷. در مناطق خیلی سرد استفاده از دیوارهای سنگین و عایقهای حرارتی در سطوح خارجی برای جلوگیری از انتقال حرارت از داخل به خارج ضروری است.

۸. در عرضهای جغرافیایی خیلی زیاد که نوسان دمای هوا در مقایسه با برودت و انحراف آن از منطقه آسایش اندک است ، مقاومت حرارتی در مصالح توصیه میشود.

۷-۶-روش گیونی:

در این روش مناطق سرد و گرم بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و مصالح ساختمانی مناسب توصیه می گردد.

۷-۶-۱-روش محاسبه و انتخاب مصالح در اقلیم گرم:

شرایط گرمایی مناسب: در داخل ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد (در ارتفاع ۱/۵ متر از کف اتاق) و اختلاف دمای بین سطوح و هوای داخل بین ۳ (مناسب) تا ۵ درجه سانتیگراد (حداکثر قابل قبول)

$$K_{max}=h_i * \Delta t_{i\,/ti - t(o)min}$$

نکته اول: دمای هوای داخلی را ۲۰ درجه سانتیگراد فرض می کنیم.

نکته دوم:اختلاف دمای هوای داخلی و سطح داخل را بین ۳ تا ۵ درجه سانتیگراد انتخاب می کنیم.

K_{max}: ضریب هدایت گرمایی قابل قبول (وقتی که Δt_i معادل ۵درجه باشد)

Δt_i: اختلاف دمای هوا و سطح داخلی (برای ضریب هدایت حرارتی مطلوب ۳ درجه و برای ضریب هدایت حرارتی قابل قبول ۵درجه سانتی گراد فرض میشود).

h_i: ضریب سطح داخلی

t_i: دمای هوای داخلی (۲۰درجه سانتی گراد فرض میشود)

$t_{(o)min}$: دمای هوای بحرانی(متوسط حداقل ماهانه دمای هوا در مناطق سرد)

K_{des}: ضریب هدایت گرمایی مطلوب

بنابراین ضریب هدایت حرارتی مطلوب میشود:

$$K_{des}=h_i * 3_{/20 - t(o)min}$$

و ضریب هدایت حرارتی قابل قبول میشود:

$$K_{max}=h_i * 5_{/20 - t(o)min}$$

و همچنین برعکس ضریب هدایت، ضریب مقاومت حرارتی مطلوب میشود:

$$R_{des}=20-t_{(o)min}/h_i*3$$

و مقاومت حرارتی قابل قبول:

$$R_{min}=20-t_{(o)min}/h_i*5$$

یادآوری میشود مقاومت حرارتی عکس ضریب هدایت حرارتی است.

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

واحد مقاومت حرارتی مترمربع.ساعت.درجه سانتی گراد بر کیلوکالری ($m^2*h*degC/ Kcal$) است.

این فرمول‌ها برای مقاومت حرارتی دیوارهای ساختمانی بلوک‌های بزرگ و طویل در نظر گرفته شده است. برای بدست آوردن مقاومت حرارتی دیوارهای ساختمانهای کوچک یا آپارتمان‌های با سطح خارجی زیاد این میزان ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. برای بام‌ها هم بایستی میزان بدست آورده از فرمول را ۲۰ درصد افزایش داد.

جدولهای زیر میتواند مبنای محاسبه وزن مصالح پیشنهادی بر اساس مقاومت حرارتی باشد.

مقاومت حرارتی مورد نیاز دیوارها ($m^2 x\ h\ x\ deg\ C/kcal$)

وزن (kg/m^2)	شرایط بحرانی هوای خارج $t_{(o)min}$							
	۵	۰	- ۵	- ۱۰	- ۱۵	- ۲۰	- ۲۵	- ۳۰
۲۰	۰/۷۴	۰/۹۹	۱/۲۴	۱/۴۹	۱/۲۴	۱/۹۹	۲/۲۴	۲/۴۹
۵۰	۰/۷۲	۰/۹۲	۱/۲۲	۱/۴۲	۱/۲۲	۱/۹۲	۲/۲۲	۲/۴۲
۱۰۰	۰/۷۰	۰/۹۵	۱/۲۰	۱/۴۵	۱/۲۰	۱/۹۵	۲/۳۰	۲/۴۵
۲۰۰	۰/۶۵	۰۹۰	۱/۱۵	۱/۴۰	۱/۶۵	۱/۹۰	۲/۱۵	۲/۴۰
۳۰۰	۰/۶۰	۰/۸۵	۱/۱۰	۱/۳۵	۱/۶۰	۱/۸۵	۲/۱۰	۲/۳۵
۵۰۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۲۵	۲/۰۰	۲/۲۵
۷۰۰	۰/۴۰	۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۱۵	۱/۴۰	۱/۶۵	۱/۹۰	۲/۱۵
۹۰۰	—	۰/۵۵	۰/۸۰	۱/۰۵	۱/۳۰	۱/۵۵	۱/۸۰	۲/۰۵

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

حداقل مقاومت حرارتی دیوارها ($m^2 x h x deg C/kcal$)

وزن (kg/m^2)	شرایط بحرانی هوای خارج $t_{(o)min}$ C							
	۵	۰	- ۵	- ۱۰	- ۱۵	- ۲۰	- ۲۵	- ۳۰
۲۰	۰/۴۳	۰/۵۲	۰/۷۱	۰/۸۵	۰/۹۹	۱/۱۴	۱/۲۸	۱/۴۲
۵۰	۰/۴۱	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۹۸	۱/۱۳	۱/۲۷	۱/۴۱
۱۰۰	۰/۴	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۸۳	۰/۹۷	۱/۱۱	۱/۲۶	۱/۴۰
۲۰۰	۰/۳۲	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۸	۰/۹۴	۱/۰۹	۱/۲۳	۱/۳۲
۳۰۰	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۹۱	۱/۰۶	۱/۲۰	۱/۳۴
۵۰۰	—	۰/۴۳	۰/۵۲	۰/۷۲	۰/۸۶	۱/۰۰	۱/۱۴	۱/۲۹
۷۰۰	—	۰/۳۲	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۸۰	۰/۹۴	۱/۰۹	۱/۲۳
۹۰۰	—	—	۰/۴۶	۰/۶۰	۰/۷۴	۰/۸۸	۱/۰۳	۱/۱۷

۷-۶-۲-روش محاسبه و انتخاب مصالح در اقلیم سرد:

مهمترین عامل تعیین کننده مصالح ساختمانی در این اقلیم،

- ☒ حداکثر و
- ☒ دامنه نوسان دمای روزانه هوا و
- ☒ همچنین مقدار اشعه خورشیدی جذب شده در دیوار (بسته به الف- رنگ خارجی و ب- جهت دیوار)

است.

مقاومت حرارتی یک دیوار در تعدیل انتقال حرارت از سطح خارجی به سطح داخلی آن مؤثر است. میزان انتقال نیز، تابعی از دمای سطح خارجی دیوار است و این دما به دو عامل دمای هوا و مقدار اشعه خورشیدی جذب شده در دیوار بستگی دارد.

مقاومت حرارتی یک دیوار در انتقال حرارت از سطح خارجی به داخل مؤثر است . میزان انتقال حرارت از سطح خارجی به داخل نیز تابعی از دمای سطح خارجی است . دمای سطح خارجی هم تابعی از دمای هوا و میزان اشعه جذب شده است.

دمای ۲۵ درجه سانتیگراد دمایی است که برای بالاتر از آن و برای کاهش انتقال حرارت به داخل مقاومت حرارتی در مصالح توصیه می‌شود.

ظرفیت حرارتی بالای مصالح دیوارها در اقلیم گرم باعث تعدیل نوسانات دمای هوای داخل می‌گردد. ظرفیت حرارتی رابطه نزدیکتری با افزایش دمای سطوح در معرض تابش و دامنه نوسان هوا دارد تا با حداکثر دمای هوا و هرچه دامنه نوسان دمای هوای خارج افزایش یابد، ظرفیت حرارتی مصالح دیوارها تأثیری بیشتری در کنترل دمای داخلی دارد.

بطور مشخص «مناطق مرطوب» (یا دامنه نوسان کم) مقاومت حرارتی گزینه تعیین کننده و در مناطق خشک (یا دامنه نوسان زیاد دمای هوا) ظرفیت حرارتی مصالح گزینه تعیین کننده است.

روش محاسبه و انتخاب مصالح در اقلیم سرد در روش گیونی با فرمول زیر انجام میشود:

$$\mathbf{R= 0.05(t_{(o)max} - 25)+0.02(al_{max}/12)}$$

نکته: در این فرمول **R** مقاومت حرارتی است.

- ۰,۰۲ گاهی در فرمول بالا ۰,۰۳ محاسبه میشود.
- **Q** ظرفیت حرارتی است.
- $\mathbf{t_{(o)max}}$: معادل حداکثر دمای هواست.
- $\mathbf{t_{(o)min}}$: معادل حداقل دمای هواست.
- $\mathbf{al_{max}}$: حداکثر شدت تابش اشعه به سطح است.
- واحد مقاومت حرارتی: $\mathbf{deg\ c.\ m^2.\ h/kcal}$
- واحد ظرفیت حرارتی: $\mathbf{kcal/m^2.deg\ c}$

$$\mathbf{Q=2.5(t_{(o)max} - t_{(o)min) + 1.00(al_{max}/12)}}$$

- گاه بجای عدد ۱,۰۰ عدد ۱,۵ در محاسبه منظور میشود.

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

مقاومت و ظرفیت حرارتی ضروری در مناطق گرم و در رابطه با حداکثر دمای هوا، دامنه نوسان دمای هوا و شدت تابش آفتاب

$t_{(o)max}$ درجه سانتیگراد	$\Delta t_{(o)}$ درجه سانتیگراد	aI_{max} $\frac{Kcal}{m^2 h}$ درجه سانتیگراد	R	Q	QR
۳۰	۵	۰	۰/۲۵	۱۲/۵	۳/۱
		۱۰	۰/۴۵	۲۲/۵	۱۰/۱
		۲۰	۰/۶۵	۳۲/۵	۲۱/۳
	۱۰	۰	۰/۲۵	۲۵/۰	۶/۳
		۱۰	۰/۴۵	۳۵/۰	۱۵/۸
		۲۰	۰/۶۵	۴۵/۰	۲۹/۳
	۱۵	۰	۰/۲۵	۳۷/۵	۹/۴
		۱۰	۰/۴۵	۴۷/۵	۲۱/۴
		۲۰	۰/۶۵	۵۷/۵	۳۶/۸
۳۵	۵	۰	۰/۵۰	۱۲/۵	۶/۳
		۱۰	۰/۷۰	۲۲/۵	۱۵/۸
		۲۰	۰/۹۰	۳۲/۵	۲۹/۳
	۱۰	۰	۰/۵۰	۲۵/۰	۱۲/۵
		۱۰	۰/۷۰	۳۵/۰	۲۴/۵
		۲۰	۰/۹۰	۴۵/۰	۴۰/۵
	۱۵	۰	۰/۵۰	۳۷/۵	۱۸/۲
		۱۰	۰/۷۰	۴۷/۵	۳۱/۵
		۲۰	۰/۹۰	۵۷/۵	۵۱/۲
	۲۰	۰	۰/۵۰	۵۰/۰	۲۵/۰
		۱۰	۰/۷۰	۶۰/۰	۴۲/۰
		۲۰	۰/۹۰	۷۰/۰	۶۳/۰
۴۰	۵	۰	۰/۲۵	۱۲/۵	۹/۴
		۱۰	۰/۹۵	۲۲/۵	۲۱/۴
		۲۰	۱/۱۵	۳۲/۵	۳۷/۵
	۱۰	۰	۰/۲۵	۲۵/۰	۱۸/۸
		۱۰	۰/۹۵	۳۵/۰	۳۳/۲
		۲۰	۱/۱۵	۴۵/۰	۵۱/۷
	۱۵	۰	۰/۲۵	۳۷/۵	۳۸/۳
		۱۰	۰/۹۵	۴۷/۵	۴۵/۱
		۲۰	۱/۱۵	۵۷/۵	۶۶/۸
	۲۰	۰	۰/۲۵	۵۰/۰	۳۷/۵
		۱۰	۰/۹۵	۶۰/۰	۵۷/۰
		۲۰	۱/۱۵	۲۰/۰	۸۰/۵

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

جدولهای صفحه قبل و این جدول مبنای توصیه های اقلیمی در روش گیونی(اقلیم گرم) است.
مقاومت و حرارتی مصالح مختلف در جدول زیر آورده شده است.

مصالح دیوار	ضخامت (cm)	وزن kg/m^2	R $\frac{m^2 \times h \times deg\ C}{kcal}$	Q $\frac{kcal}{m^2\ deg\ C}$	QP (h)
بتن متراکم	۱۰	۲۲۰	۰/۰۸	۴۸	۴
	۱۵	۳۳۰	۰/۱۲	۲۲	۹
	۲۰	۴۴۰	۰/۱۲	۰۲	۱۶
	۲۵	۵۵۰	۰/۳۱	۰۳۰	۲۵
	۳۰	۶۶۰	۰/۳۵	۱۳۵	۳۶
	۴۰	۸۸۰	۰/۳۳	۱۹۴	۶۴
	۵۰	۱۱۰۰	۰/۴۲	۲۴۰	۱۰۰
بتن سبک	۱۰	۶۰	۰/۴	۱۴	۶
	۱۵	۹۰	۰/۶	۲۱	۱۳
	۲۰	۱۲۰	۰/۸	۲۸	۲۰
	۲۵	۱۵۰	۱/۰	۳۵	۳۵
	۳۰	۱۸۰	۱/۲	۴۲	۰۰
	۳۵	۲۱۰	۱/۴	۴۹	۶۹
	۴۰	۲۴۰	۱/۶	۵۶	۹۰
دیوارهای ترکیبی با طبقات مختلف بضخامت مختلف	۰	۳۳۰	۰/۱۲	۲۳	۹
	۱	۳۳۰	۰/۳۳	۲۲	۳۱
	۲	۳۳۰	۰/۲۶	۲۲	۵۵
	۳	۳۳۰	۱/۰۹	۲۲	۷۹
	۴	۳۳۰	۱/۴۲	۲۲	۱۰۲
	۵	۳۳۰	۱/۲۵	۲۲	۱۲۶

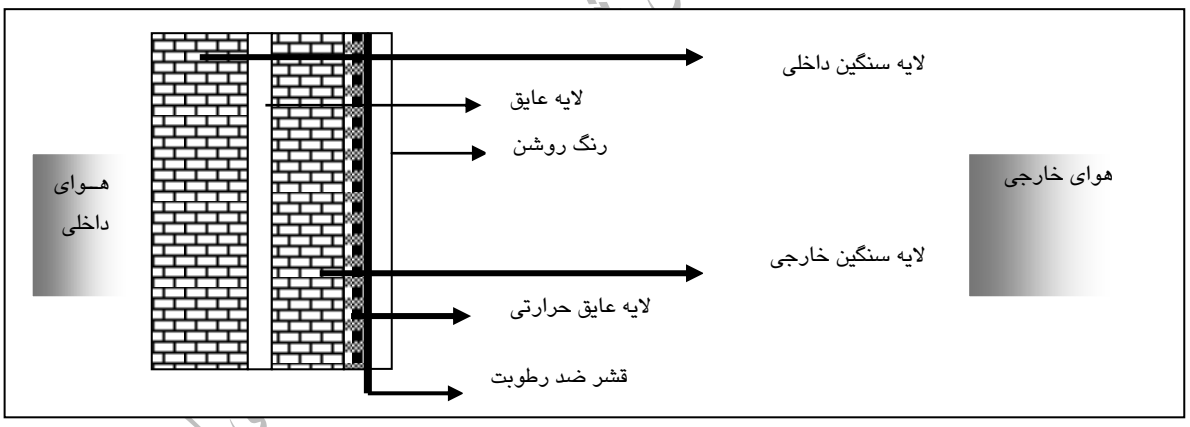
لازم به توضیح است دیوارهای ترکیبی؛ درجدول فوق دیواری با دو لایه بتن سبک بضخامت ۷,۵ سانتیمتر به همراه یک لایه عایق داخلی از جنس پلی استایرن است.

۷-۷- نتیجه گیری:

۱- اگر پنجره‌های کوچک، به همراه سایبان مؤثردر بنا استفاده شود: حرارت کسب شده از طریق دیوارها از سایر طرق انتقال بزرگتر است . پس نتیجه میگیریم ؛ مقاومت حرارتی مصالح نسبت به ظرفیت حرارتی از اهمیت بیشتری (در به حداقل رساندن گرمای اضافی هوای داخلی)برخوردار است. پس بتن سبک با ضخامت مناسب توصیه می شود.

۲ – اگر پنجره بزرگ یا سایبان غیرموثر در بنا استفاده شود: حرارت انتقالی از پنجره ها ازسایر طرق به دلیل ۱ – نفوذ تابش مستقیم ۲ – نفوذ هوا از درز پنجره‌ها بیشتر است . بنابراین در این شرایط ظرفیت حرارتی از مقاومت حرارتی اهمیت بیشتری دارد. در این حالت ، آجر ، بتن متراکم یا خشت با ضخامتی حدود ۲۰-۴۰ سانتیمتر توصیه می‌شود.

۳- پس مناسب ترین نوع دیوار در مناطق گرم دیوارهای ترکیبی شامل یک لایه عایق نزدیک به سطح خارجی و یک لایه مصالح سنگین در قسمت داخلی می‌باشد.



اگر طبق تصویر مقابل دیوار ترکیبی استفاده شود در این صورت بدون تأثیر جدی بر دمای هوای داخلی. انتقال حرارت مدیریت میگردد. در چنین ساختمانی با باز نمودن عصرانه پنجره ها در شب هوای داخل گرمتر از سایر ساختمانها نخواهد بود. بطور عمده مصالحی که برای خنک نگهداشتن ساختمان بطور طبیعی توصیه می‌شود ، دیوارهای بتنی با ظرفیت حرارتی زیاد و سطح خارجی پوشیده شده با عایق حرارتی **Rock wool** یا پلاستیک منبسط با پوشش ضد رطوبت است.

۷-۸- انتخاب جهت استقرار:

عوامل مهم معمارانه موثر در تنظیم شرایط محیطی و معماری اقلیمی به شرح زیر قابل جمع بندی است.

۱ – جهت استقرار ساختمان با توجه به وضع طبیعی زمین.

۲ – جهت استقرار ساختمان با توجه به میزان نیاز به فضای خصوصی

۳ – جهت استقرار ساختمان با توجه به وضع کنترل و میزان کاهش صدا

۴ – جهت استقرار ساختمان با توجه به کنترل و میزان کاهش صدا

۵ – جهت استقرار ساختمان با توجه به تابش آفتاب و تأثیر بهداشتی آن.

۶ – جهت استقرار ساختمان با توجه به تابش آفتاب و تأثیر گرمایشی آن.

۷ – جهت استقرار ساختمان با توجه به تابش آفتاب و تأثیر روانی آن.

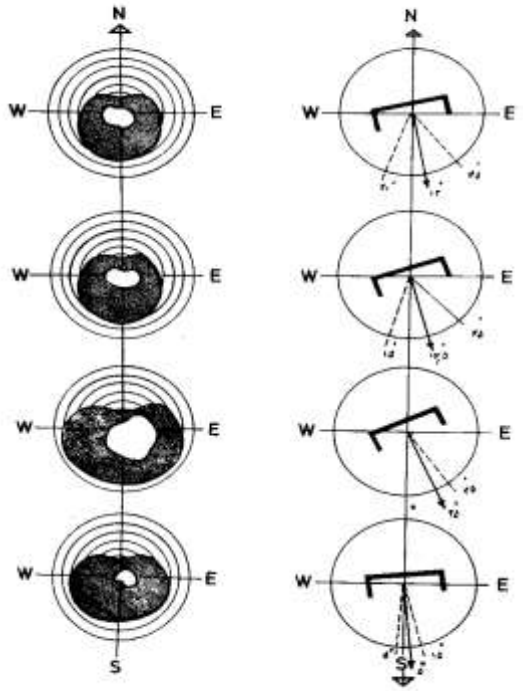
قابل یادآوری است جهت مندی دیوارها کاملا در جذب انرژی مؤثر است. بطور مثال در عرض ۴۰ درجه شمالی یک دیوار جنوبی در زمستان ۳ برابر دیوارهای شرقی یاغربی انرژی خورشیدی دریافت می کند.

در تابستان نیز کل انرژی تابیده شده به دیوارهای جنوبی و شمالی تقریبا نصف انرژی تابشی به دیوارهای شرقی و غربی است. در عرضهای جغرافیایی کمتر این اختلاف شدیدتر است.

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

شکل ۵-۵
جهت ساختمان در رابطه با اقلیم



اقلیم سرد

اقلیم معتدل مرطوب

اقلیم گرم و خشک

اقلیم گرم و مرطوب

مرکز مطالعات حکمت و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

فصل یازدهم:

صرفه جویی مصرف انرژی در طراحی معماری

با توجه به وجود منابع قانونی برای رعایت حداقلهای فنی در این زمینه خصوصا مقررات ملی ساختمان ، در این فصل تنها ارجاع به بخشهای مدنظر نویسنده در جلدهای مقررات ملی ساختمان بیان میگردد:

۱. مبحث ۱۹ بخش « پوسته خارجی ساختمان» : مندرج در پیوست ۱
۲. مبحث ۱۴ فصل ۵« کانال کشی»
۳. مبحث ۱۴فصل۹ « تامین هوای احتراق» :مندرج در پیوست۲
۴. مبحث ۱۹فصل ۴« تاسیسات مکانیکی» :مندرج در پیوست ۳
۵. مبحث ۱۸ فصل ۲« گزیده جداول مربوط به آکوستیک و صوت» :مندرج در پیوست ۴
۶. علاوه بر اینها موضوع معماری سبز یا معماری پایدار یکی ا زمباحث روز دنیای معماری اقلیمی است که تنها به اصول دوازدهگانه آن از نظر **Kelly & Rosanna Hart** اشاره میشود:
   ۱) کوچک بیاندیشید
   ۲) گرمایش ساختمان با آفتاب
   ۳) راحتی و آسایش خود را حفظ کنید
   ۴) استفاده از انرژی های قابل دریافت
   ۵) ذخیره آب
   ۶) استفاده از مصالح بومی
   ۷) استفاده از مصالح طبیعی
   ۸) حفظ جنگلهای طبیعی
   ۹) استفاده از مصالح قابل بازیافت
   ۱۰) بادوام بسازید
   ۱۱) غذایتان را تولید کنید
   ۱۲) غذایتان را نگهداری و ذخیره کنید.[۹]

[۹] – معماری پایدار. سیده مریم مجتبوی – زمستان ۸۶ – درس انسان طبیعت معماری – دانشکده معماری دانشگاه آزاد اسلامی مشهد ص ۱۳۰

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

منابع:

۱ -کسمایی، مرتضی ؛ اقلیم و معماری؛ انتشارات بازتاب ؛چاپ اول ؛تهران ۱۳۷۸

۲ -قبادیان ، وحید بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران؛ موسسه انتشارات دانشگاه تهران،شماره ۲۳۴۴

۳ -رازجویان،دکتر محمود؛آسایش در پناه باد ؛ موسسه چاپ . انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول ۱۳۷۹

۴ -اونز، بنجامین، ترجمه پوردیهیمی شهرام و عدل طباطبائی حوری، نور روز در معماری، نشر نخستین، چاپ اول تهران ، بهار ۱۳۷۹

۵ -ساندرز،مارک.اس و مک کورمیک،ارنست.ج.ترجمه افضلی محمدرضا، ارگونومی،نشرعلوم دانشگاهی،چاپ اول تهران ،بهار۱۳۷۸

۶ -پروفسور دکتر فورر، ویلی و پروفسور لائوبر آنسلم ترجمه لیاقتی غلامعلی ،آکوستیک در معماری ، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی ، چاپ سوم تهران ۱۳۶۹

۷ -____،مبحث ۱۸ : عایق بندی و تنظیم صدا در ساختمان، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، چاپ اول ۱۳۷۹

۸ -____،راهنمای مبحث ۱۹:صرفه جویی در مصرف انرژی ، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، چاپ دوم ۱۳۸۰

۹ -فکوهی، ناصر ؛ انسان شناسی شهری، نشرنی ، چاپ اول ،تهران۱۳۸۳

۱۰ -گلمحمدی رستم، مهندسی روشنایی ؛ انتشارات دانشجو، همدان، چاپ اول بهار۱۳۸۴

۱۱ -رمضان زاده مهدی، مقاله "راهنمای روشنایی مطلوب در منازل مسکونی" ، نشریه فن آوری و دانش، سال اول ، تابستان ۸۷، شماره۱ ، آموزشکده فنی مشهد صص۲۱ تا ۳۳

۱۲ فروتنی سام . مصالح و ساختمان ، انتشارات روزنه، چاپ اول ۱۳۸۰

۱۳ معماری پایدار. سیده مریم مجتبوی – زمستان ۸۶ – درس انسان طبیعت معماری – دانشکده معماری دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

۱۴ گزارش مشاور در مورد طراحی پارک ربیع مشهد. (بخش صوت)

پیوست ۱

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

پوسته‌ی خارجی ساختمان

مهم‌ترین بخش اکثر ساختمانها که در این مبحث ضوابط طراحی آن برای صرفه جویی مصرف انرژی ساختمان مطرح می شود پوسته‌ی خارجی ساختمان است.

که کنترل ضوابط آن به دو روش: الف) روش کارکردی ب) روش تجویزی تقسیم می‌شود.

روش الف) برای کلیه‌ی ساختمانها قابل استفاده است و نیاز به محاسبه‌ی ضریب انتقال حرارت طرح بر اساس محاسبات انتقال حرارت برای پوسته‌ی خارجی ساختمان است.

انواع روش‌های کارکردی:

الف) محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع برای ساختمانهای مسکونی و غیرمسکونی:

- تعیین میزان عایق کاری حرارتی ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی باید با تعیین ضریب انتقال حرارت طرح و مقایسه‌ی آن با مقدار مرجع صورت گیرد.
- محاسبات برای هر واحد ساختمان به صورت مستقل انجام گردد.
- اگر واحدهای ساختمانی از نظر حرارتی همگن باشند کافی است محاسبات بر روی بعضی واحدهای شاخص صورت گیرد.

در این روش: ابتدا ضریب انتقال حرارت مرجع **H** با توجه به عوامل ویژه اصلی و فرعی محاسبه می گردد.

از رابطه‌ی زیر محاسبه می گردد.

$\hat{H} = A_W + \hat{U}_W + A_R \times \hat{U}_R + A_F \times \hat{U}_F + P \times \hat{U}_P + A_G \times \hat{U}_G \times R_G + A_D \times \hat{U}_D + A_{WB} \times \hat{U}_{WB}$	
AW ← مساحت دیوارهای در تماس با فضای خارجی	$\hat{U}_G$ ← ضریب انتقال مرجع به جدارهای نورگذر با قابهای آنها
$\hat{U}_W$ ← ضریب انتقال حرارت مرجع دیوارهای در تماس با فضای خارجی	**RG** ← نسبت سطوح جدارهای نورگذر (بدون در نظر گرفتن سطح قابهای آن) به سطوح جدارهای نورگذر با قابهای آنها
AR ←مساحت مربوط به بام تخت یا شیبدار	**AD** ← مساحت مربوط به درهای خارجی
$\hat{U}_R$ ← ضریب انتقال حرارت مرجع بام تخت یا شیبدار	$\hat{U}_D$ ←ضریب انتقال حرارت مرجع درهای خارجی
AF ← مساحت مربوط به کف زیرین در تماس با هوا	**AWB** ← مساحت کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل نشده
P ← پیرامون مربوط به کف زیرین در تماس با خاک	$\hat{U}_{WB}$ ← ضریب انتقال حرارت مرجع کلیه سطوح در تماس با فضای کنترل نشده

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

$\hat{U}_P$ ← ضریب انتقال حرارت مرجع مربوط به کف زیرین و تماس با خاک	**AG** ← مساحت مربوط به جدارهای نورگذر با قابهای آن

الف۲) محاسبه‌ی ضریب انتقال حرارت طرح و کنترل مشخصات پوسته‌ی خارجی ساختمان:

در این مرحله محاسبه بر مبنای مشخصات حرارتی مصالح- و سیستم‌های بکار رفته - و با در نظر گرفتن پل‌های حرارتی و حفاظ‌های سطوح نورگذر صورت می گیرد.

در صورت مشابه بودن گرمایش و سرمایش ساختمان ← مزیت انتقال حرارت طرح و مرجع برای کل ساختمان محاسبه می‌شود.

الف۳) ضرایب انتقال حرارت مرجع برای عناصر ساختمانی پوسته‌ی خارجی:

ضریب انتقال حرارت مرجع برای عناصر پوسته‌ی خارجی براساس عوامل ویژه‌ی اصلی و فرعی طبق جدول‌های زیر تعیین می گردد.

(ضرایب بر حسب **w/m2.k** هستند به غیر از $\hat{U}_P$ که بر حسب **w/m.k** می باشد.)

نوع انرژی مصرفی		غیربرقی			برقی		
گروه ساختمان از نظر میزان صرف جویی در مصرف انرژی		گروه۱	گروه۲	گروه۳	گروه۱	گروه۲	گروه۳
دیوار	$\hat{U}_W$	۰/۷۰	۰/۸۸	۱/۰۲	۰/۵۸	۰/۷۴	۰/۸۵
بام تخت با شیبدار	$\hat{U}_R$	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۳۷
کف در تماس با هوا	$\hat{U}_F$	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۵۵
کف در تماس با خاک	$\hat{U}_P$	۱/۴۵	۱/۸۳	۲/۱۲	۱/۲۱	۱/۵۲	۱/۷۶
جدار نورگذر	$\hat{U}_G$	۲/۷۰	۳/۴۰	۳/۱۴	۲/۲۵	۲/۸۴	۳/۲۱
در	**UD**	۳/۵۰	۴/۴۱	۵/۱۱	۲/۹۲	۳/۶۸	۴/۲۶
فضای کنترل نشده	$\hat{U}_{WB}$	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۸۰	۰/۴۶	۰/۵۸	۰/۶۷

مطابق پیوست۳ مبحث۱۹ (گونه بندی جغرافیایی نیاز انرژی گرمایی- سرمایی سالانه محل ساختمان) مشهد← نیاز انرژی ← متوسط- نیاز گرمایی زیاد
مطابق پیوست۴ مبحث ۱۹(گروه بندی کاربری ساختمان) که به (نوع کاربری الف) (نوع کاربری ب) (نوع کاربری ج)(کاربری د) ص۷۷ تعمیم می شود (نوع کاربری الف ← مسکونی- بیمارستان- هتل- مهمانسرا- آسایشگاه
مطابق پیوست ۵ مبحث ۱۹ (تعیین گروه ساختمان از نظر میزان صرفه جویی در مصرف انرژی)

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

گروه کاربری ساختمان‌ها	نیاز انرژی گرمایی ـ سرمایی محل جغرافیای ساختمان از پیوست (۳)	شهرهای بزرک		شهرهای کوچک	
		زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای بیش از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع	زیربنای بیش از ۱۰۰۰ متر مربع
نوع الف	زیاد	گروه ۱	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۲
	متوسط	گروه ۲	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۳
	کم	گروه ۳	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۴

روش ب) روش تجویزی

در این روش مشخصات حداقل جدارهای غیرنورگذر و ویژگیهای پنجره‌های پوشه خارجی ساختمان تعیین می گردد.

در این روش بسته به شرایط، برخی عوامل ویژه‌ی فرعی طرح مطابق بندهای زیر می‌باشد.

ب) راه حل‌های فنی در شرایط استاندارد عوامل ویژه فرعی طرح:

جدول شماره۶- حداقل مقاومت حرارتی $(\hat{R})$ جدارهای غیرنورگذر (برحسب **m/k2.w**)

گروه ساختمان از نظر میزان صرف جویی در مصرف انرژی		گروه۱	گروه۲	گروه۳
دیوار	سبک (جرم سطح مفید آن کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع)	۲/۸	۲/۱	۱/۵
	سنگین (جرم سطح مفید آن بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع)	۱/۹	۱/۴	۱/۰
	مجاور فضای کنترل نشده	۱/۵	۱/۱	۰/۸
سقف	سبک	۵/۰	۳/۷	۲/۷
	سنگین	۴/۰	۲/۳	۲/۲
	مجاور فضای کنترل نشده	۳/۱	۲/۲	۱/۷
کف	سبک	۳/۰	۲/۲	۱/۶
	سنگین	۲/۴	۱/۸	۱/۳
	مجاور فضای کنترل نشده	۱/۸	۱/۳	۱/۰
کف روی خاک	عایق پیرامونی	۳/۷	۲/۷	۲/۰

	عایق زیر تمام سطح	۱/۷	۱/۳	۰/۹

این راه حل شامل ← رعایت حداقل مقاومت‌های حرارتی $\hat{R}$ بر حسب **[m/k2.w]** در مورد جدارهای پوسته‌ی خارجی ساختمان با استفاده از این جدول (بالا) و نیز مشخصات پنجره‌های مورد استفاده (در جدول۷) با وجود تعریف شرایط استاندارد بندی عوامل ویژه فرعی به شرح زیر است:

۱. عدم امکان بهره گیری از انرژی خورشیدی

۲. عدم استفاده از انرژی غیربرقی

۳. استفاده از سیستم‌های نوین معمولی

جدول/۷ـ پیوست ۵

نوع پنجره	نوع شیشه	
پنجره فلزی کشویی یا لولایی	شیشه یک جداره	غیرمجاز
	شیشه دو جداره	مجاز
	دو پنجره	مجاز
پنجره	شیشه یک جداره	مجاز است اگر **AG<An/12** **AG**: سطح جدار نورگذر پوسته‌ی خارجی **An**: سطح زیربنای مفید ساختمان
	شیشه دو جداره	مجاز

ب۲) راه حل‌های فنی برای شرایط غیراستاندارد عوامل ویژه فرعی طرح:

اگرچه هر یک از عوامل ویژه فرعی طرح ساختمان فاقد شرایط استاندارد باشد بر حسب مورد طرح باید اصلاحاتی را در حداقل مقادیر مقاومت عایق حرارتی مصرفی در پوسته‌ی خارجی ساختمان به عمل آورد. که عبارتند از:

۱-۲ ب) بهره‌گیری از انرژی خورشیدی:

در صورت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی ضریب کاهشی برابر با ۰/۸۵ به مقاومت حداقل **R** تعیین شده در جدول قبل (جدول۶) تعلق می‌گیرد.

۲-۲ ب) استفاده از انرژی برقی:

در صورت استفاده از انرژی برقی ضریب افزایش برابر ۱/۲۰ به مقاومت تعیین شده در جدول ۶ تعلق می‌گیرد.

۳-۲ ب) امکان کاهش سطوح جدارهای نورگذر:

گروه ۲و۳ جدول: در صورت کاهش سطوح جدارهای نورگذر **AG** به ۱/۹ سطح زیربنای مفید **An** اعمال نماید.

و اگر از شیشه‌ی دو جداره← ضریب کاهش برابر با ۰/۸۸ به مقاومت‌های تعیین شده در جدول شماره ۶ اعمال می گردد.

در گروه۱← در صورت کاهش سطوح جدارهای نورگذر= **AG** به ۱/۱۲ سطح زیربنای مفید **An** اعمال نماید و در صورت استفاده از شیشه های دوجداره← ضریب کاهش برابر با ۰/۸۸ به مقاومت تعیین شده در جدول ۶ اعمال نماید.

۴-۲ب) استفاده از سیستم‌های نوین تهویه:

در صورت استفاده از سیستم‌های نوین تهویه← ضریب کاهش برابر با ۰/۸۲ به مقاومت‌های تعیین شده در جدول شماره ۶ تعلق می گیرد.

توصیه‌هایی در زمینه طراحی ساختمان:

۱. جهت‌گیری ساختمان:

جهت‌گیری ساختمان نسبت به جنوب در بهره‌گیری از انرژی خورشید بسیار موثر است و باید به نحوی قرار گیرد که از بادهای نامطلوب در طول سال محفوظ باشد و در فصل گرم بتوان در نیسم‌ها و بادهای مطلوب به منظور تهویه‌های طبیعی و کاهش دما استفاده کرد.

۲. حجم کلی و فرم ساختمان:

حجم کلی و فرم ساختمان در انتقال انرژی حرارتی بسیار موثر است.

هر قدر نسبت پوستری خارجی ساختمان به زیر بنای آن کوچکتر باشد← انتقال حرارتی کمتری خواهد داشت.

- در مناطق با انرژی زیاد← ساختمان به صورت متراکم طراحی شده و از مقدار سطح پوسته‌ی خارجی (نسبت به سطح زیربنای آن) کاسته شود.

- در اقلیم‌های گرم و مرطوب← و یا با نیاز سرمایی زیاد← ساختمان به شکلی طراحی می‌شود که امکان استفاده از تصویری طبیعی برای تمام فضاهای داخلی فراهم گردد.

۳. جانمایی فضاهای داخلی:

- فضاهای داخلی به دو دسته ی← ۱. فضاهای اصلی ۲. فضاهای حائل نسیم می‌شوند (به طور مستمر مورد استفاده قرار نمی گیرد)

- جابجایی فضاهای اصلی و فضاهای حائل باید به نحوی صورت گیرد که ← فضاهای حائل مابین فضاهای اصلی و جبهه های نامطلوب ساختمان (از نظر حرارتی) قرار گیرند← تا انتقال حرارت از فضاهای اصلی به خارج یا از خارج به اصلی در ماههای گرم سال به حداقل برسد.

- فضاهای اصلی باید رو به جبهه های مطلوب ساختمان قرار گیرند که عبارتند از: جنوبی- شرقی- شمالی.

۴. جدارهای نورگذر:

- مقدار سطوح نورگذر از نظر انتقال حرارت در ساختمان بسیار موثر است.

- هرقدر سطوح نورگذر نسبت به سطح پوستری خارجی کمتر باشد← انتقال حرارت کمتری نسبت به خارج وجود خواهد داشت.

- مقدار کافی و مناسب سطوح نورگذر← باعث تامین نورمناسب برای فضاهای داخل و کاهش انتقال حرارت به خارج می‌شود.

۵. سایبان‌ها:

سایبان‌ها برای← کنترل میزان تابش آفتاب به سطوح نورگذر ساختمان به کار می‌روند.

برای تعیین نیاز به وجود سایبان← باید اقلیم منطقه بطور دقیق مطالعه شود تا← اوقات گرم سال در منطقه‌ی مورد نظر تعیین شود.

- با توجه به ← اوقات گرم سال و زاویه‌ی تابش خورشید← زاویه‌ی سایبان افقی یا عمودی تعیین می‌شود. زاویه‌ی سایه‌بان افقی و عمودی بر حسب موقعیت جغرافیایی ساختمان و جفت گیری پنجره.

- در مواردی نظیر وضعیت جغرافیایی ۳۵ درجه← و جفت گیری پنجره به سوی ۶۰ درجه شمال شرقی← استفاده از سایبان افقی یا عمودی بستگی به انتخاب طرح دارد.

- یا در مواردی نظیر← وضعیت عرض جغرافیایی ۲۵درجه← و جهت گیری پنجره به سوی شمالی← استفاده از سایبان عمودی توصیه شده است.

۶. اینرسی حرارتی:

برخی عناصر ساختمان مانند← کف سقف یا دیوارهایی که دارای اینرسی حرارتی یا ظرفیت حرارتی زیاد (جرم زیاد) هستند← توانایی ذخیره سازی حرارت را در خود دارند. گرما یا سرمای موجود در فضا می‌تواند در اثر وجود ظرفیت حرارتی زیاد در عنصر مزبور ذخیره شود و در ساعاتی که گرما و سرما مورد نیاز است به محیط پس داده شود← در نتیجه به کمک ظرفیت حرارتی عناصر ساختمان از نوسان شدید دما در فضای داخل کاسته خواهد شد.

- در فضاهایی که در طول شبانه روز بطور مداوم استفاده می‌شوند← اینرسی حرارتی زیاد مطلوب می‌باشد و عایق کاری حرارتی در سمت خارجی ساختمان توصیه می‌گردد.

- در فضاهای کمتر استفاده شده← اینرسی حرارتی کم و عایق کاری حرارتی در سمت داخلی پوسته‌های ساختمان توصیه می‌گردد.

۷. تعویض هوا:

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

در بخش ۳و۴و۱۱ فصل تاسیسات مکانیکی توضیح داده شده.

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

مرکز مطالعات حکمت ، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی- استفاده اثر با ذکر منبع بلامانع است.

پیوست دو:

درباره حرفه نورپردازی

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی

از ۱۹۶۰ ایده نورپردازی توجه بسیاری از معماران و مهندسین روشنایی را به خود جلب کرد. و منجر به تاسیس انجمن بین المللی طراحان روشنایی در سال ۱۹۶۹ میلادی شد.

International Association of Lighting Designers(IALD)

حرکت به سمت نورپردازی حرفه ای و تخصصی از اهداف اولیه و اصلی این انجمن است. ب افاصله معناداری از امریکا ؛ در سال ۱۹۹۳ انجمن نورپردازی اروپا (**ELDA**) تاسیس شد. و این انجمن از سال ۲۰۰۷ به (**PLDA**) **Professional Lighting Designers Association** تغییر نام داده است. این دو تشکل از مهمترین تشکلهای حوزه نورپردازی و روشنایی در دینا هستند.

همچنین از دیگر تشکلهای فعال و موازی در این زمینه جامعه مهندسین نورپردازی آمریکای شمالی (**ESINA**) **Illuminating Engineering Socity of North America** است که بیشتر رویکرد عملکردی و عمومی دارد.

و ظاهرا فراگیرترین تشکل این حوزه جامعه بین المللی مشاوران روشنایی (**CIE**) است که در زمینه دانش نورپردازی و هنر نورپردازی در سطح جهانی فعالیت دارد.و آثار خوبی هم در حوزه استاندارد سازی این صنعت به چاپ سپرده است.

از دیگر تشکلهای این حوزه میتوان به **ACE** در فرانسه ؛ **HIC** در یونان و **APIL** در ایتالیا اشاره نمود.

معماری نورپردازی

معماران نورپرداز روی سه محور بنیادین نورپردازی ساختمان و محوطه و فضا تمرکز دارند:

زیبایی ساختمان **Aesthetic Appeal of the Building** : که بیش از همه تاکید بر روی نقاط مهم نما و شخصیت ساختمان را در بر میگیرد.

تطابق ذاتی **Ergonomic Aspect**: که به میزان تطابق ذاتی نورپردازی و عملکرد بازی نور با هم میپردازد.

و میزان انرژی مصرفی **Energy Efficiency** که به میزان روشنایی ؛ پرهیز داشتن از چشم دوزی و روشنایی فراتر از نیاز می پردازد.

مجلات مطرح :

1. **Architectural lighting design**
2. **LD+A**
3. **Highlight**
4. **Illuminate**
5. **Lighting**
6. **Luce&Design**

7. **Mondo*arc**
8. **PLDA**
9. **Specified Lighting Design**

برخی سایت های مشهور:

از سایتهای مرجع در این زمینه میتوان به سه سایت زیر اشاره داشت:

1. **www.lightswitch.net**
2. **www.kleinlighting.com**
3. **www.schulershok.com**

مرکز مطالعات حکمت، دانش و فن شهرسازی و معماری ایرانی اسلامی