Archive of SID

الگوی حرکت سایه و طراحی سایت

دکتر زهـــرا قیابکلو *

تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۵/۲۸
تاریخ پذیرش نهایی: ۸۲/۸/۳

چکیده:

یکی از نکات قابل توجه در خصوص صرفه جویی در مصرف انرژی در رابطه با طراحی سایت و مجموعه‌های مسکونی، بررسی مسیر حرکت سایهٔ بناها و تأثیر آن بر روی بناهای مجاور در یک مجموعه می باشد. دست یابی به آفتاب زمستانی و پرهیز از آن در تابستان در طراحی مجموعه های ساختمانی در یک سایت از جمله مواردی است که در طراحی اقلیمی باید به آن توجه ویژه ای مبذول داشت. طراحی اقلیمی و بهره مندی از مواهب طبیعی چون انرژی خورشیدی میسر نخواهد بود مگر اینکه این امکان در طراحی سایت فراهم شود.

در این مقاله روش محاسبه و ترسیم الگوی سایهٔ تک بنا با توجه به توپوگرافی زمین در عرض های جغرافیایی مختلف و همچنین اصول طراحی سایت بر مبنای بهره مندی عادلانهٔ بناها از نور خورشید ارایه شده است.

واژه های کلیدی:

الگوی حرکت سایه، طراحی اقلیمی، طراحی خورشیدی و طراحی سایت.

* استادیار گروه آموزشی معماری، دانشکدهٔ هنرهای زیبا، دانشگاه تهران. E-mail: zghibklo@chamran.ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شناخت مسیر حرکت سایهٔ ساختمان ها، درخت ها و سایر عوامل مصنوع و غیر مصنوع اطراف یک بنا و روش ترسیم آن از جمله اطلاعاتی است که در طراحی اقلیمی بسیار حائز اهمیت است. با توجه به آنکه اقلیم مورد نظر گرم، معتدل و یا سرد باشد، مطلوب و یا نامطلوب بودن سایه مشخص می‌گردد.

بدیهی است که در مناطق گرمسیر یکی از اهداف طراحی، ممانعت از تابش نور خورشید و ایجاد سایه بر روی بنا و بازشوهای آن است که خود بحث مستقلی در روش های خنکسازی طبیعی[1] می باشد. این در حالی است که در مناطق سردسیر و زمستان های مناطق معتدل، پرهیز از ایجاد سایهٔ درختان و بناها بر روی یکدیگر بسیار ضروری است.

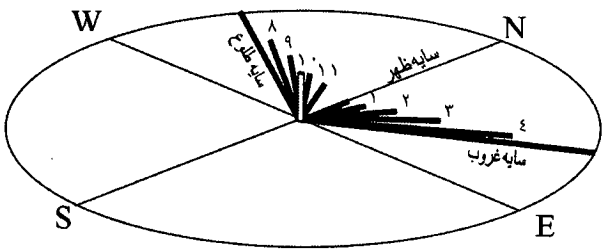
در زمستان بیشترین و مفیدترین ساعاتی که از انرژی خورشیدی بهره برداری مفید می توان نمود ساعات بین ۹ صبح تا ۳ بعد از ظهر می باشد. معمولاً مسیر سایه را برای بحرانی ترین اوقات سال یعنی کوتاه ترین روز سال، اول دی ماه که دارای بلندترین طول سایه می باشد را محاسبه می کنند. در اول دی ماه زاویهٔ ارتفاع خورشید کمتر از بقیهٔ ایام سال بوده و در نتیجه سایه ای که اشیاء بر روی سطح افق ایجاد می کنند بلند تر از سایر اوقات می باشد.

روش ترسیم مسیر سایه

برای مطالعهٔ مسیر حرکت سایهٔ اشیاء بر روی صفحهٔ افق بر اثر حرکت خورشید در ابتدا مثال ساده ای مانند روش ترسیم سایهٔ یک میلهٔ عمودی مورد بررسی قرار می گیرد.

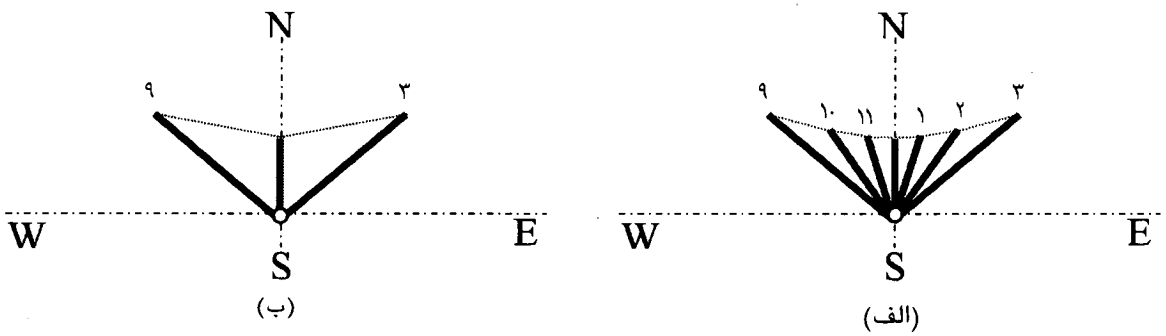
تعیین مسیر حرکت سایه بر روی سطح افق به زاویهٔ ارتفاع، زاویهٔ جهت نما[2] که به عرض جغرافیایی محل وابسته است و همچنین ارتفاع میلهٔ مورد نظر بستگی دارد.

تصویر ۱ مسیر حرکت سایهٔ میلهٔ عمودی را در یک نقطهٔ فرضی از نیم کرهٔ شمالی بر سطح زمین در کوتاهترین روز سال از طلوع تا غروب نشان می دهد (کلیهٔ تصاویر ارایه شده در متن این مقاله توسط نویسنده تهیه و ترسیم شده‌اند).



تصویر ۱ : مسیر حرکت سایه میله عمودی بر سطح زمین در اول دی ماه از طلوع تا غروب

همچنین تصویر ۲-الف، پلان مسیر حرکت سایه را برای همان موقعیت بین ساعات ۹ صبح الی ۳ بعد از ظهر و تصویر ۲-ب، پلان ساده شدهٔ مسیر حرکت سایه را نشان می دهد.



تصویر ۲ : پلان مسیر حرکت سایه بین ساعات ۹ صبح الی ۳ بعد از ظهر

با اتصال رئوس سایه های ایجاد شده، الگوی حرکت سایه برای این میلهٔ خاص بدست می آید. بدیهی است که در عرض های جغرافیایی بالاتر طول این سایه بیشتر و در عرض های جغرافیایی کمتر، طول سایه کوتاه تر می باشد.

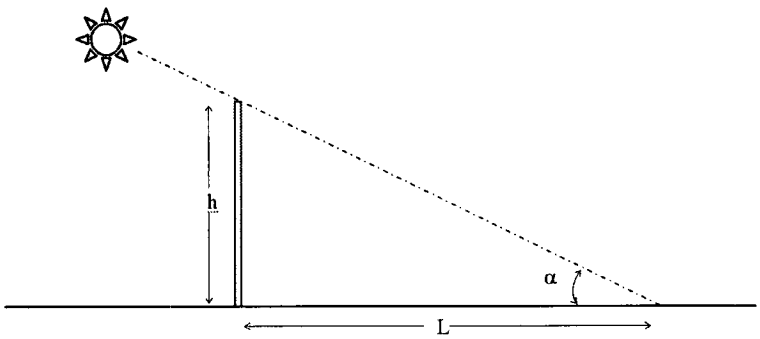
www.SID.ir

Archive of SID

روش محاسبهٔ طول سایه

با معلوم بودن ارتفاع میله و زاویهٔ ارتفاع خورشید طبق تصویر شمارهٔ ۳، طول سایه (L) از طریق رابطهٔ زیر قابل محاسبه می باشد:

$$L = \frac{h}{\tan \alpha} = h \times \cot \alpha \qquad (۱)$$



تصویر ۳: تعیین طول سایه

در رابطهٔ فوق:
L = طول سایه (m)
h = ارتفاع میله (m)
α = زاویهٔ ارتفاع خورشید

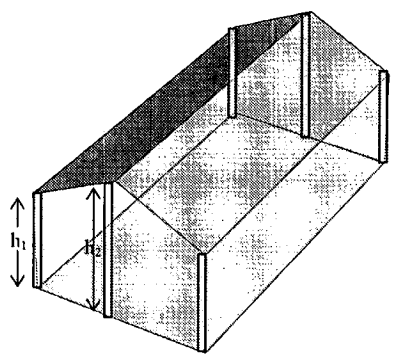
زاویهٔ جهت نمای خورشید در ساعات ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر محدوده های چپ و راست الگوی سایه را مشخص می نماید. به‌منظور سادگی بیشتر این محدوده ها را می توان با زاویهٔ (۴۵ رسم نمود که تقریباً به زاویهٔ جهت نمای خورشید در این اوقات سال نزدیک می باشد. بدیهی است که این مرزهای واقعی بنا به عرض های جغرافیایی مختلف اندکی متفاوت می باشند.

به جهت سهولت و تسریع بیشتر، به جای آنکه طول سایه را برای تمامی ساعات حساب کنیم، می توان تنها برای ساعات ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۳ بعد از ظهر حساب کرد. قابل توجه است که الگوی مسیر حرکت سایه قبل از ساعت ۱۲ و بعد از آن قرینه بوده و کافی است که طول سایه برای ساعت ۹ صبح و ۱۲ ظهر محاسبه شود زیرا در ساعت ۳ بعد از ظهر طول سایه به اندازهٔ طول سایهٔ ساعت ۹ صبح است.

زوایای ارتفاع خورشید برای ساعات مفروض به سادگی از طریق معادلات، دیاگرام های خورشیدی و یا جدول زیر قابل محاسبه می باشد.

جدول ۱: زاویهٔ ارتفاع خورشید در عرض های جغرافیایی ۲۸° الی ۳۸° (Lechner, 1991, 216)

عرض جغرافیایی	۲۸°	۳۲°	۳۶°	۴۰°	۴۴°	۴۸°
زاویهٔ ارتفاع در ظهر خورشیدی	۸۳	۳۴	۳۰	۲۷	۲۲	۱۹
زاویهٔ ارتفاع در ازیموت ۴۵°	۲۳	۱۹	۱۵	۱۲	۸	۶



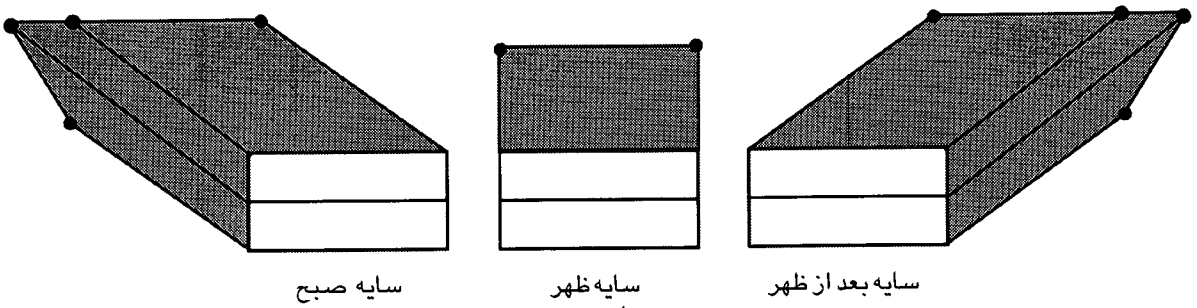
تصویر ۴: تشبیه رئوس مهم یک ساختمان به میله های عمودی

برای ترسیم مسیر حرکت سایه برای یک ساختمان، فرض می شود که ساختمان متشکل از چندین میلهٔ عمودی مانند تصویر مقابل است.

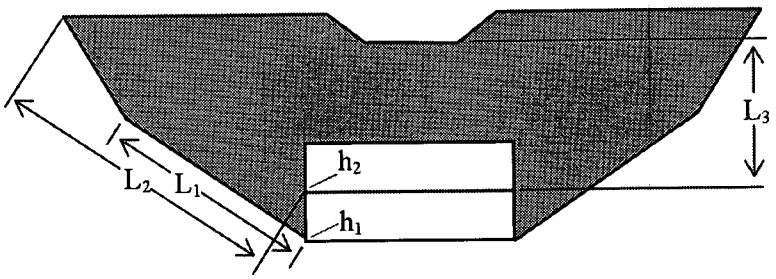
www.SID.ir

Archive of SID

پس از ترسیم سایه های صبح، ظهر و بعد از ظهر این میله ها و ترکیب سایه های حاصله، الگوی حرکت سایهٔ ساختمان بدست می آید.



تصویر۵: سایه های صبح، ظهر و عصر برای یک ساختمان با سقف شیب دار



تصویر۶: تلفیق سایه های صبح، ظهر و عصر

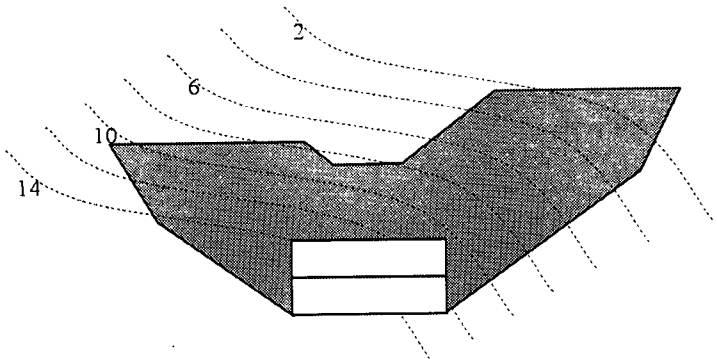
بنابراین طول سایه های L_1 , L_2 , L_3 به راحتی از روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$L_1 = \frac{h_1}{\tan\alpha_1} \qquad L_2 = \frac{h_2}{\tan\alpha_1} \qquad L_3 = \frac{h_2}{\tan\alpha_2}$$

در رابطه های مذکور، به ترتیب α_1 و α_2 زوایای ارتفاع خورشید در ساعت ۹ صبح و ۱۲ ظهر می باشند.

الگوی حرکت سایه در سطوح شیب دار

طبیعتاً اگر ساختمان بر روی یک سطح شیبدار بنا شده باشد، طول سایه روی زمین متفاوت با سطح افقی خواهد بود. به این معنا که الزاماً شکل سایهٔ صبح و بعد از ظهر متقارن نبوده و بنا به نوع توپوگرافی زمین، متغیر خواهد بود.



تصویر۷: در زمین های شیب دار، طول سایه متغیر است

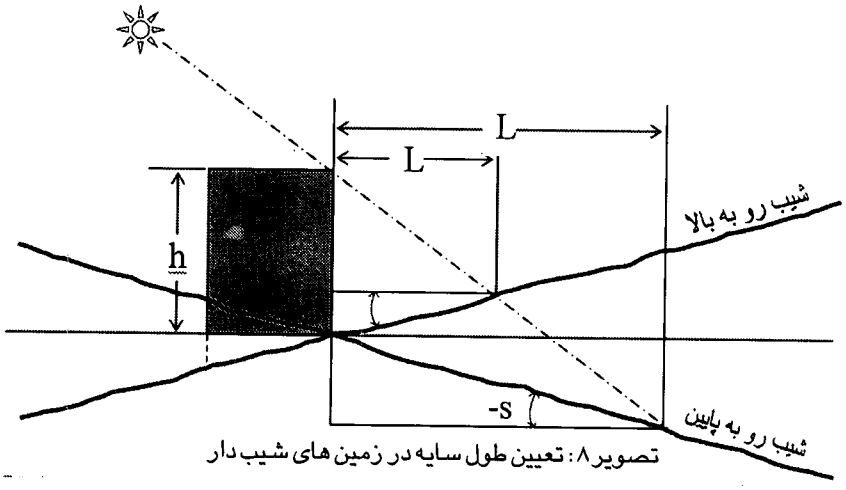
www.SID.ir

Archive of SID

در این صورت با توجه به محل استقرار ساختمان، طول سایه در زمین های شیب دار سربالایی کمتر و طول سایه در زمین های شیب دار سرازیری بلندتر می باشد. یکی از نکات بسیار حائز اهمیت در طراحی سایت، توجه به تأثیر توپوگرافی بر الگوی سایهٔ ساختمان‌ها است به خصوص زمانی که توپوگرافی زمین از یک ساختمان به ساختمان مجاور دیگر متفاوت باشد.
برای محاسبهٔ طول سایه در زمین های شیب دار می‌توان از روابط زیر استفاده نمود(Tabb, 1984, 219) :

$$L = \frac{h}{\tan \alpha + \tan s} \qquad (۲)$$

در رابطهٔ فوق، s زاویهٔ شیب زمین است‌که از s+ برای شیب سربالا و از s- برای شیب سرازیر طبق تصویر شمارهٔ ۸ استفاده می‌شود.



تصویر ۸: تعیین طول سایه در زمین های شیب دار

اگر به جای tan s از معادل آن استفاده گردد، رابطهٔ فوق به صورت زیر نیز قابل استفاده خواهد بود:

$$\tan s = s_a = \frac{\text{درصدشیب}}{100} \qquad (۲)$$

$$L = \frac{h}{\tan \alpha + s_a}$$

در رابطهٔ فوق از S_a+ برای شیب سربالا و از S_a- برای شیب سرازیر استفاده می شود.

به عنوان مثال، طول سایهٔ صبح ساختمانی با سقف مسطح به ارتفاع ۶m و زاویهٔ ارتفاع خورشید ۱۹ درجه واقع در زمینی با شیب سرازیر ۳ درجه، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$L = \frac{6}{\tan 19 + \tan(-3)} = 20.6m$$

از آنجایی که جهت شیب سایهٔ صبح و یا بعد از ظهر همواره منطبق بر جهت شیب زمین نبوده و ممکن است که زمین در جهت سایهٔ ظهر یعنی شیب شمالی/جنوبی و یا هر جهت دیگری شیب دار باشد، لذا از رابطهٔ کلی زیر برای محاسبهٔ طول سایه های صبح، ظهر و بعد از ظهر ساختمان های واقع در زمین های شیب دار استفاده می‌شود:

$$L = \frac{h}{\tan \alpha + \tan s \cos B}$$

که در رابطهٔ مذکور، B عبارت است از زاویهٔ بین جهت سایه و جهت شیب.

www.SID.ir

Archive of SID

به عنوان نمونه، اگر فرض شود در مثال قبل، اختلاف زاویهٔ بین سایهٔ صبح و جهت شیب زمین ۱۵ درجه باشد، طول سایهٔ صبح مجدداً به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$L=\frac{6}{\tan 19+\tan(-3)\times\cos 15}=\frac{6}{0.344+(-0.052\times 0.966)}=20.4m$$

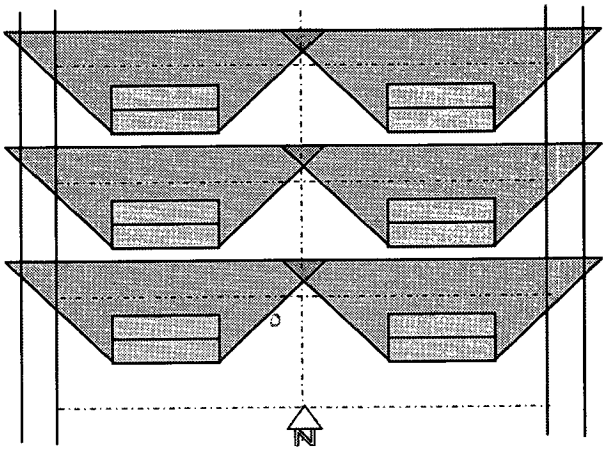
همچنین طول سایهٔ ظهر برای همین مثال با اختلاف زاویهٔ بین سایهٔ ظهر و جهت شیب زمین ۳۰ درجه و زاویهٔ ارتفاع خورشید ۳۴درجه نیز به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$L=\frac{6}{\tan 34+\tan(-3)\times\cos 30}=\frac{6}{0.675+(-0.052\times 0.866)}=9.54m$$

توجه به این نکته حائز اهمیت است که همواره بهره گیری از بخشی از انرژی خورشیدی در طول روز بهتر از بی بهره ماندن است. حتی اگر امکان دسترسی به نور خورشید از ۹ صبح الی ۳ بعد از ظهر به طور کامل وجود نداشته باشد، استفاده از نور خورشید بین ساعات ۱۰ صبح الی ۲ بعد از ظهر می تواند ۶۰٪ از کل تابش روزانه را در زمستان در بر گیرد(Robinette, 1983, 42).
طبق مطالعات انجام شده توسط مرکز انرژی خورشیدی کارولینا در سال ۲۰۰۰، جهت گیری بهینهٔ ساختمان با توجه به تابش نور خورشید می تواند حداکثر بین ۱۵ (درجه نسبت به سمت جنوب باشد تا تأثیر زیادی در کاهش جذب انرژی نداشته باشد. البته جهت گیری به سمت جنوب شرقی در مناطقی که دارای تابستان‌های گرم هستند به دلیل جذب کمتر گرما مناسب تر می باشد. .قابل توجه است که جهت گیری تا ۳۰ (درجه، ۱۵٪ کمتر از حالت بهینه از جذب انرژی در زمستان بهره خواهد برد و ماوراء آن به هیچ وجه توصیه نمی گردد.

سایه و طراحی سایت

اندازه، فرم و جهت گیری مناسب ساختمان ها از عوامل مهم بهره گیری مناسب از گرمایش، سرمایش و نور گیری طبیعی می باشند. از آنجایی که طراحی فوق مستقیماً به طراحی شهری و جهت گیری صحیح خیابان ها مرتبط است، بنا بر این قدم اول در احداث مجموعه های مسکونی، شهرک ها و نوشهرها، طراحی صحیح راه ها و مسیرهای ارتباطی است. خوشبختانه اغلب خیابان ها و کوچه ها در همین جهت شکل می گیرند. ۰ جهت گیری اغلب بناهای موجود بصورت شمالی جنوبی می باشد که این مسئله تأثیر بسزایی در بهره گیری از تابش آفتاب زمستانی و پرهیز از تابش های ناخواستهٔ شرقی و غربی تابستانی می باشد. در غیر اینصورت در خیابان ها و کوچه های شمالی جنوبی، اغلب بناها به ناچار می بایست از شرق یا غرب نور بگیرند که این بدترین حالت ممکن به شمار می رود.



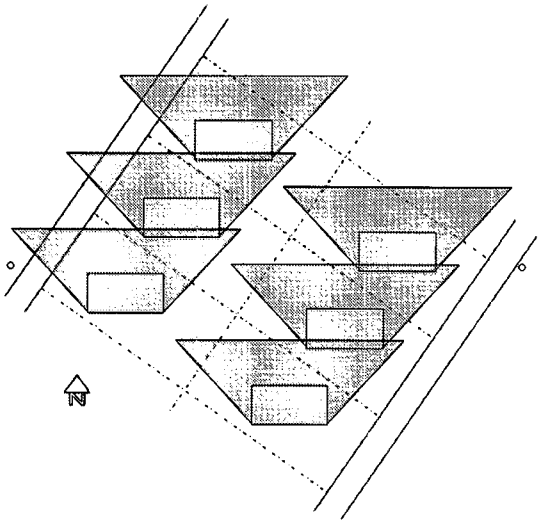
تصویر ۹ : در خیابان های شمالی/ جنوبی، نمای باریکتر باید به سمت خیابان باشد

www.SID.ir

Archive of SID

عدم رعایت فاصلهٔ مناسب بین ساختمان ها در راستای شمالی جنوبی، موجب ایجاد سایهٔ ناخواستهٔ ساختمان جنوبی بر روی ساختمان شمالی می شود. ساختمان هایی که در خیابان های شمالی جنوبی بنا می شوند، باید ضلع باریکتر آنها به طرف خیابان باشد.

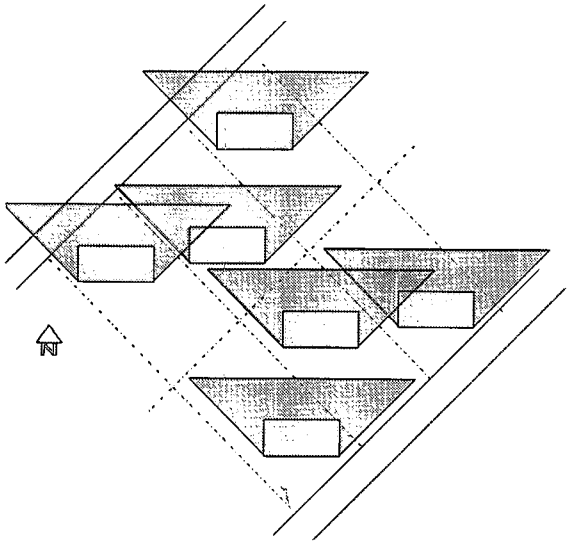
در خیابان هایی که بصورت مورب و با چرخش زاویه دار نسبت به محور شرقی غربی بنا می شوند، در صورتی که بلوک ها به سمت جنوب بچرخند، از نورگیری مناسبی بهره مند خواهند بود. در این صورت نیز رعایت و محاسبهٔ صحیح فاصلهٔ بین ساختمان ها الزامی است. یکی از مزایای بناهایی که در خیابان‌های مورب ساخته می شوند، عدم دید مستقیم بلوک ها به یکدیگر و محرمیت بیشتر می باشد.



تصویر ۱۱ : عدم بهره مندی از نور خورشید به علت کافی

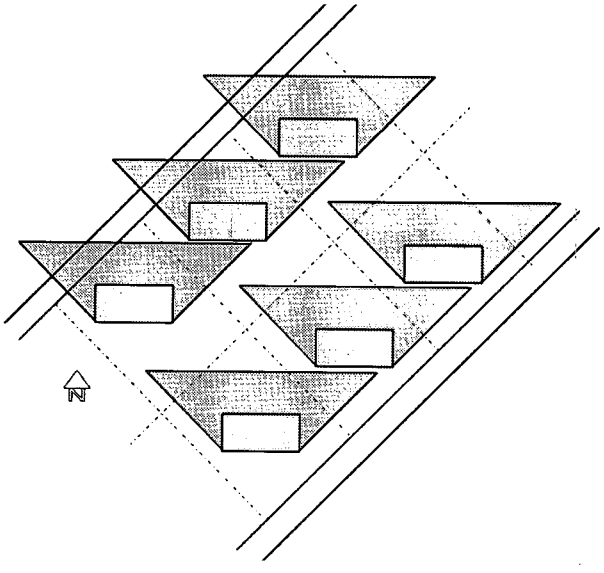
در خیابان های مورب مانند تصویر۱۱، اگر عرض قطعات به‌اندازهٔ کافی نباشد، ساختمان ها بر روی یکدیگر سایه می‌اندازند.

بنا بر این در قطعات باریک تر بهتر است بلوک ها به صورت پس و پیش مانند تصویر ۱۲ احداث شوند.

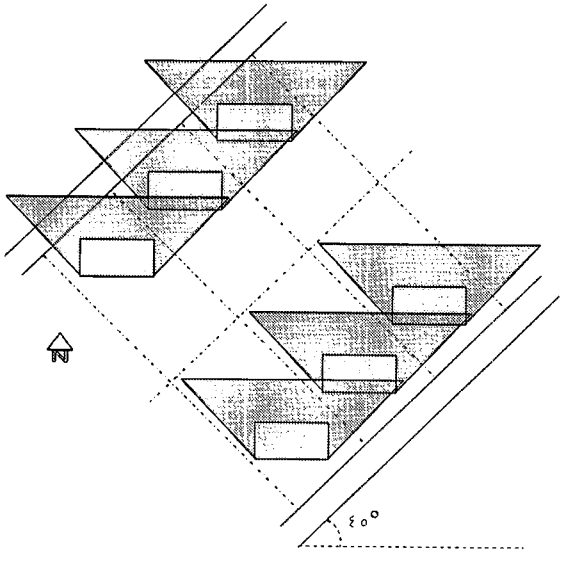


تصویر ۱۲ : جایگزینی صحیح بلوک ها در قطعات به منظور بهره گیری

قابل توجه است که در خیابان های مورب هر چه زاویه بزرگتر باشد، بلوک ها کمتر بر روی هم سایه می اندازند.



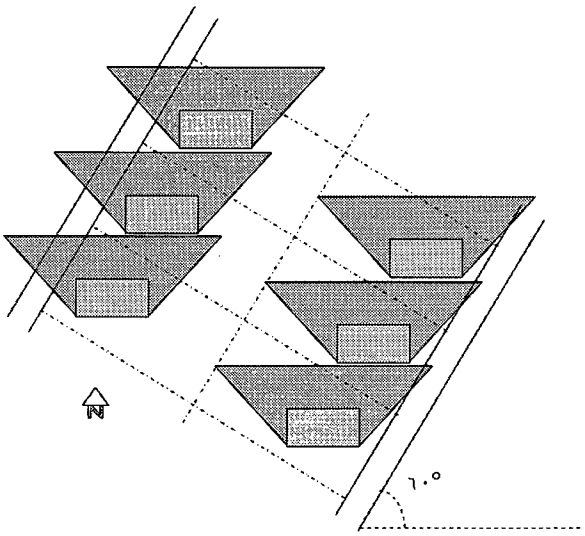
تصویر ۱۰ : بهره گیری از نور خورشید در خیابان های مورب



تصویر ۱۳ : امکان دسترسی به نور خورشید در خیابان های مورب

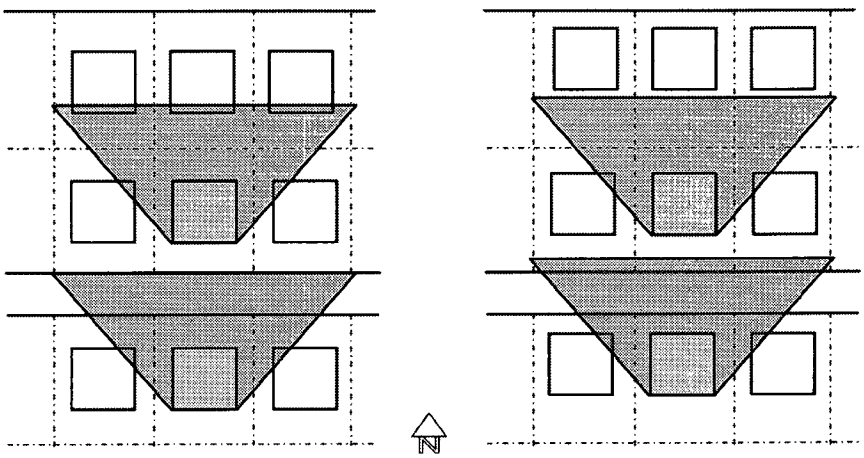
www.SID.ir

Archive of SID



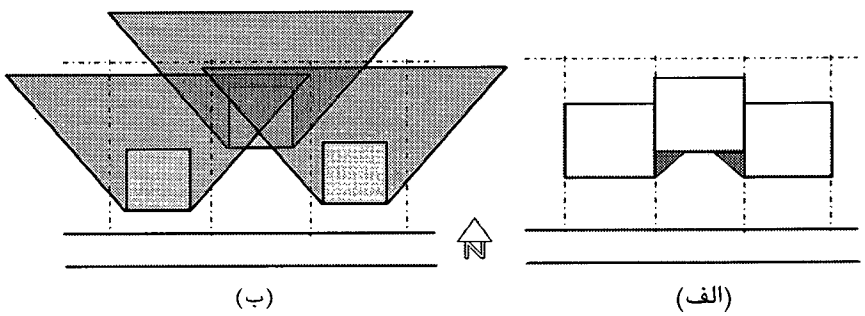
تصویر ۱۴ : امکان دسترسی به نور خورشید در خیابان های مورب با زاویهٔ بازتر بیشتر است

گرچه خیابان های شرقی غربی بهترین حالت به شمار می روند، اما اگر اندازهٔ قطعات زمین و قرار گیری بلوک ها بصورت مناسب انتخاب نشده باشند، ایجاد سایهٔ ساختمان ها بر روی یکدیگر مشکل آفرین خواهد بود. در این صورت هنگامی که عمق زمین کافی نباشد، جایگزینی صحیح بلوک ها در زمین این امکان را بوجود می آورد که همهٔ ساختمان ها از انرژی خورشیدی یکسان و کافی بهره‌مند شوند.



تصویر ۱۵ : میزان عقب نشینی از خیابان عامل مهمی در دسترسی به نور خورشید می باشد

حتی در زمین هایی که دارای عمق کافی هستند نیز رعایت فواصل مناسب از خیابان در ردیف ساختمان ها حائز اهمیت می باشد در غیر اینصورت مانند تصویر ۱۶ بلوک ها بر روی یکدیگر سایه می اندازند. همچنین در ردیف ساختمان های به هم چسبیده، پیش‌آمدگی ساختمان ها نباید موجب ایجاد سایه بر روی ساختمان مجاور باشد.

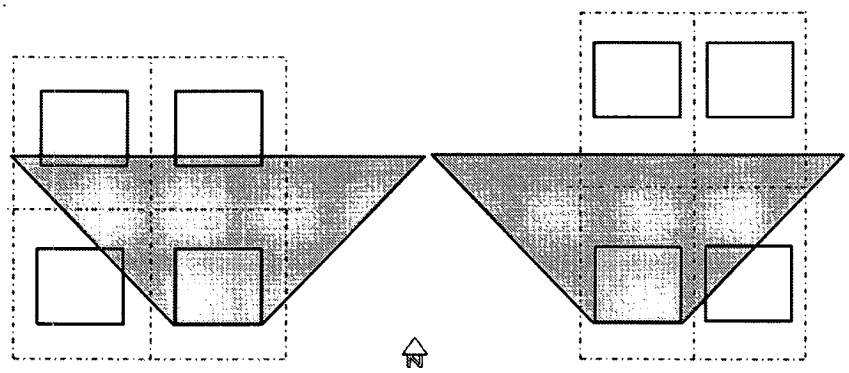


تصویر ۱۶ : عدم رعایت فواصل مناسب از خیابان ها در ردیف ساختمان ها موجب ایجاد سایه بر روی یکدیگر می شود

www.SID.ir

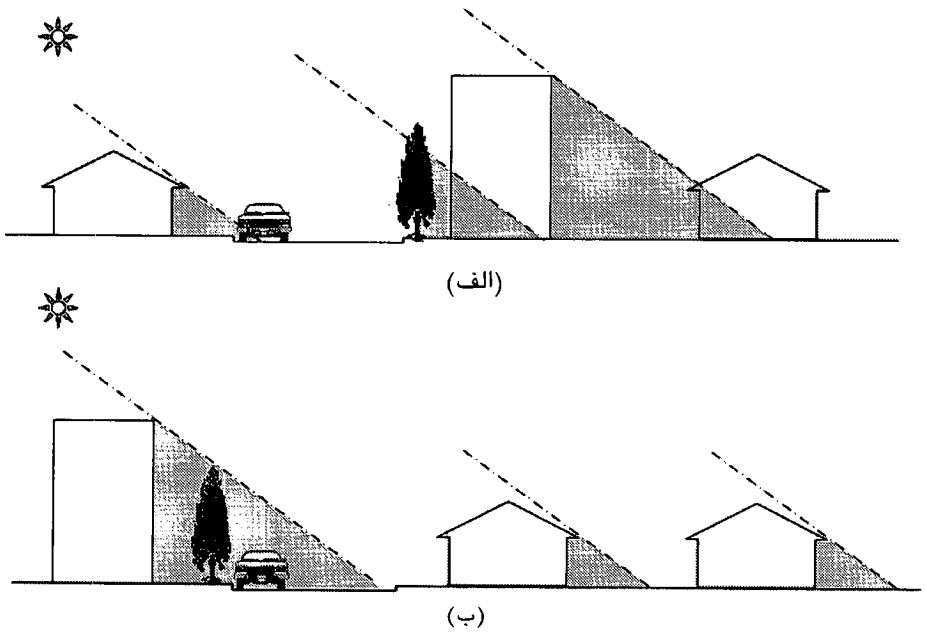
Archive of SID

در تقسیم زمین نیز باید به این نکته توجه داشت که در زمین های هم مساحت، زمین با عرض کم و عمق بیشتر در جهت شمال جنوب امکان دستیابی به آفتاب بیشتری در مقایسه با زمین با عمق کمتر و عرض بیشتر خواهد داشت.



تصویر ۱۷ : کارایی بهتر زمین های با عمق بیشتر در بهره مندی از نور خورشید

در مواقعی که خیابان ها و کوچه های شرقی غربی عرض کافی و مناسب را دارند ، بهتر است ساختمان ها و درخت های بلند در ضلع جنوبی خیابان ها واقع شوند تا سایهٔ آنها بر روی ساختمان های شمالی نیافتد.

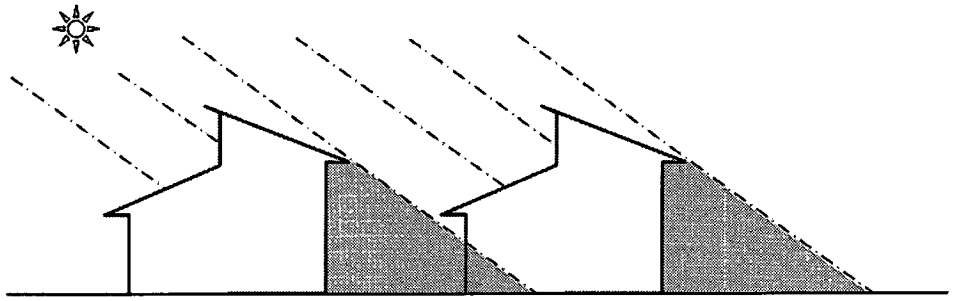


تصویر ۱۸ : قرارگیری ساختمان ها و درختان بلند در ضلع جنوبی خیابان های شرقی غربی به منظور بهره مندی بهتر از نور خورشید

www.SID.ir

Archive of SID

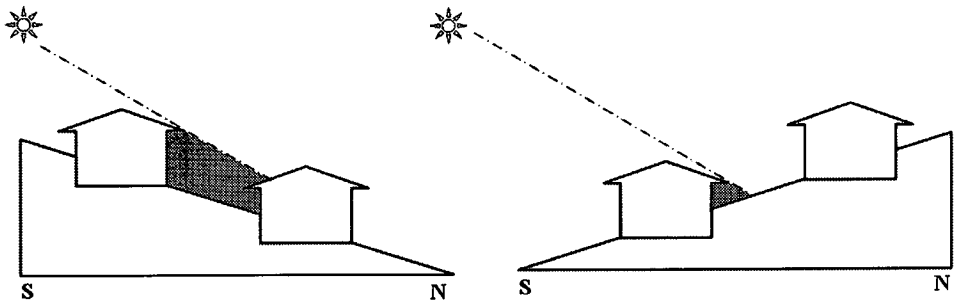
در غیر اینصورت بهتر است در مواردی که ساختمان ها به ناچار بر روی یکدیگر سایه می اندازند از پنجره های سقفی و زیر شیروانی جهت نفوذ آفتاب به داخل بناها استفاده کرد.



تصویر ۱۹ : استفاده از پنجره های سقفی و زیر شیروانی جهت نفوذ آفتاب به داخل بناها

در زمین های شیبدار رو به جنوب فاصلهٔ ساختمان ها می تواند کمتر باشد زیرا سایهٔ ساختمان ها کوتاهتر بوده در حالیکه در زمین های شیبدار رو به شمال به دلیل بلند تر بودن سایه این فاصله می بایست بیشتر باشد.

مطالب ذکر شده بیشتر در جهت گرمایش ساختمان ها با بهره گیری از انرژی خورشیدی بوده و نورگیری بناها به منظور روشنایی بحث مستقل دیگری می باشد.



تصویر ۲۰ : در زمین های شیب دار رو به جنوب (الف)، فواصل بین ساختمان ها می تواند کاهش یابد در حالی که در زمین های شیب دار رو به شمال (ب)، این مطلب به عکس است

جدول زیر حداقل فاصلهٔ شمالی جنوبی بین ساختمان ها را در زمین های مسطح در عرض های جغرافیایی مختلف ارائه می نماید.

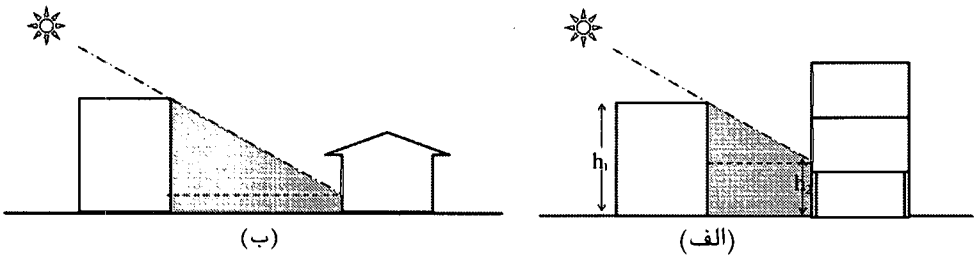
جدول ۲ : حداقل فاصلهٔ شمالی جنوبی بین ساختمان ها بر حسب ارتفاع ساختمان مقابل.

عرض جغرافیایی	۲۶°	۲۸°	۳۰°	۳۲°	۳۴°	۳۶°	۳۸°	۴۰°
زاویهٔ ارتفاع خورشید (۹ صبح)	۲۴/۲	۲۲/۸	۲۱/۳	۱۹/۹	۱۸/۴	۱۷	۱۵/۵	۱۴
فاصله نسبت به ارتفاع	۱/۵۷h	۱/۶۸h	۱/۸۱h	۱/۹۴h	۲/۱۳h	۲/۳۱h	۲/۵۵h	۲/۸۴h

فاصله های ذکر شده در جدول فوق به منظور دسترسی به نور خورشید در سطح زمین می باشند. اگر در ساختمانی کف پنجره از سطح زمین فاصله داشته باشد و یا اولین طبقه بالاتر از سطح زمین بنا شود (در مواردی که طبقهٔ اول روی پیلوتی قرار دارد)، طبیعتاً فاصلهٔ بین ساختمان ها می تواند اندکی کاهش یابد. جهت محاسبه، از ارتفاع عنصر مقابلی که سایه می اندازد، به اندازهٔ فاصلهٔ کف پنجره تا سطح زمین کاسته می شود. از همین روش می توان برای محاسبهٔ اندازهٔ سایه روی سطوح شیبدار نیز استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۲۱ : هر چه ارتفاع کف پنجرهٔ اولین طبقه بیشتر باشد ، فاصلهٔ بین ساختمان ها می تواند کمتر باشد

مطالب ارائه شده بیان گر اصول ترسیم و محاسبهٔ الگوی حرکت سایه به صورت دستی می باشد. شایان توجه است که امروزه برنامه‌های کامپیوتری متعددی در این زمینه وجود دارند که الگوی دقیق حرکت سایهٔ ابنیه و اشیاء را بر روی سطوح مختلف نشان می دهد. این برنامه ها قادراند که مسیر حرکت سایهٔ ساختمان های پیچیده تر، با جهت گیری و توپوگرافی متفاوت را ارائه دهند.

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات فوق، اصول طراحی سایت و مجموعه های مسکونی مبتنی بر صرفه جویی در مصرف انرژی به واسطهٔ بهره مندی از انرژی خورشیدی، به صورت خلاصه به‌شرح زیر ارایه می گردد:

- بهترین ساعات استفاده از انرژی خورشیدی در زمستان بین ساعات ۹ صبح الی ۳ بعدازظهر است و به همین علت الگوی سایه برای این ساعات تهیه میشود.
- شکل سایه بسته به نوع توپوگرافی، درصد شیب و جهت شیب زمین متغیر است.
- در شیب های رو به پایین نسبت به جهت سایه، طول سایه بلندتر و به عکس در شیب های رو به بالا طول سایه کم تر می‌باشد.
- در زمین هایی که دارای شیب رو به جنوب هستند، طول سایه‌ها کوتاه تر بوده و در نتیجه ساختمان ها می توانند متراکم تر احداث شوند. این مسئله در زمین های شیب دار رو به شمال به عکس است.
- جهت پرهیز از سایه اندازی ساختمان های جنوبی بر روی ساختمان های شمالی، باید فاصلهٔ مناسب بین بلوک های جنوبی و شمالی رعایت شود که این موضوع بسته به ارتفاع ساختمان، عرض جغرافیایی محل و توپوگرافی زمین متغیر است.
- در تفکیک قطعات زمین باید دقت نمود که در زمین های هم مساحت، قطعات با عرض کم تر و عمق بیشتر، کارایی بهتری از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی دارند.
- بهترین حالت نور گیری بنا به لحاظ صرفه جویی در مصرف انرژی، از سمت جنوب است. بنابراین خیابان های شرقی/ غربی مناسب ترین جهت احداث خیابان ها است.
- در خیابان هایی که به ناچار به صورت شمالی/ جنوبی احداث می شوند، باید ضلع کوچکتر بلوک ها به سمت خیابان باشد.
- در خیابان های مورب نیز باید جهت استقرار بلوک ها به نحوی باشد که نور گیری از سمت جنوب امکان پذیر باشد.
- خیابان های مورب با زاویهٔ بازتر امکان نورگیری بیشتری دارند.

پی‌نوشت‌ها:

۱ Passive Cooling Systems
۲ Azimut angle

منابع‌وماخذ

Lechner, N. 1991. Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects. Wiley. New York.
North Carolina Solar Center fact sheet. 2000. The Energy Division, N.C. Department of Commerce, SC122.
Robinette, Gary, 1983. Energy Efficient Site Design. New York, Van Nostrand Reinhold.

www.SID.ir