بررسی تاثیر سایه‌اندازی ساختمان‌های بلندمرتبه تهران بر همسایگی‌ها در بهره‌گیری از تابش خورشیدی و بار مصرفی سرمایشی و گرمایشی

سحرلبافان[۱]، سیده آناهیتا میرانی محلاتی[۲]، فرشاد نصرالهی[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشگاه هنر و معماری پارس تهران.

۲) دانشجوی کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشگاه هنر و معماری پارس تهران.

۳) دکتری مهندسی معماری تخصص انرژی، دانشگاه صنعتی برلین، استاد دانشگاه هنر اصفهان و دانشگاه هنر و معماری پارس تهران.

farshad.nasrollahi@tu-berlin.de .

چکیده

با ورود به عصر سوم تحول زندگی بشر موضوع محیط زیست و ارتباط تنگاتنگ آن با فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگ و سیاسی بیش از پیش مورد توجه مجامع بین المللی قرار گرفته است. از آنجایی که رابطه ای مستقیم میان مصرف انرژی و پیشرفت های صنعتی و ساخت و ساز وجود دارد، مسئله بحران انرژی به عنوان معضل اساسی قرن حاضر شناخته شده است. این موضوع سبب افزایش رویکرد به انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. طراحی پایدار که امروزه در بیشتر مجامع معماری مطرح می‌شود از بحث برانگیزترین موضوعات جهان کنونی است. یکی از مهمترین اهداف طراحی پایدار، حفظ طبیعت و اصلاح نگرش به آن است. تجلی توسعه پایدار در حوزه محیط ساخته شده، معماری پایدار نامیده می شود. با توجه به محدود بودن منابع سوختی، استفاده از منابع انرژی پاک به عنوان یک راهکار استراتژیک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. هدف از این مقاله پرداختن به رویکرد طراحی بر اساس استفاده از انرژی خورشید در ساختمان بلند و جانمایی مناسب آن‌هاست، به گونه‌ای که با توجه به نتیجه‌ی آنالیزهای انجام شده متوجه می‌شویم سایه اندازی ساختمان‌های بلند در یک مجموعه برج که هرکدام بر دیگری سایه می‌اندازند، و مجموعه هایی که سایه اندازی روی یکدیگر ندارند یا این سایه‌ها بسیار کماند، در مصرف انرژی آن‌ها چه مقدار تفاوت مشاهده می‌کنیم. روش تحقیق با استفاده از روش توصیفی تحلیلی می باشد. در این تحقیق به استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان اصلی ترین منبع انرژی پاک پرداخته شده است و راهکارهایی در جهت طراحی و جانمایی برج‌ها در یک مجموعه با توجه به سایه اندازی آنها روی یکدیگر و مصرف انرژی آنها ارائه شده است.

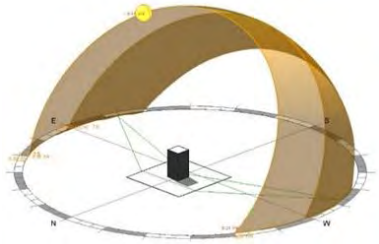
واژه‌های کلیدی: سایه اندازی، ساختمان بلندمرتبه، همسایگی، تابش خورشید، بارسرمایی، بارگرمایی، مصرف انرژی، بهینه‌سازی، آنالیز انرژی، توسعه پایدار.

مقدمه

در دهه‌های اخیر کلان شهرها به طور بی‌سابقه ای گسترش یافته‌اند. این گسترش کالبدی در بسیاری از موارد بیش از افزایش جمعیت بوده است؛ ترافیک بالای درون شهری و فاصله بیش از حد محل کار و مسکن، آلودگی‌های زیست محیطی و توسعهٔ بی‌رویهٔ شهرها بر روی اراضی زراعی، اتلاف وقت، سوخت و انرژی و... همه سبب گسترش ناموزون شهری است. بلند مرتبه سازی یکی از راهکارهای مناسب در جهت کنترل و توسعهٔ شهرها میباشد که از سوی کارشناسان و متخصصین امور شهری همواره مورد تأکید قرار گرفته است و به منظور بهره برداری از اراضی مرکزشهر و درپی توجه به اقتصاد شهر مطرح گردید. لذا در راستای حل مسائل امروزی و آینده شهر، راهبرد شهرفشرده و پروژه‌های بلند مرتبه سازی میتواند محورتوسعه آتی شهرها قرارگیردو برنامه ریزی مناسب جهت رشد عمودی شهر با توجه به توسعه پایدار شهری، نیز خود موضوع دیگری بوده که از اهمیت دو چندان برخوردار است. موقعیت جغرافیایی ایران موجب شده که امکـان دریافـت میزان قابـل توجهی انرژی تابشی خورشید فراهم باشد. در این شرایط، با

توجه به محدود بودن ذخایر سوخت های فسیلی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن آنها، طراحی معماری مناسب میتواند با استفاده از راهکارهای سامانه های غیرفعال، به کاهش انرژی مصرفی نهایی ساختمان منجر شود. با توجه به گسترش بلند مرتبه سازی در تهران و انرژی قابل توجه مورد نیاز ساختمان های اطراف این ساختمان‌ها، تعیین محل قرارگیری مناسب ساختمان های همسایه از نظمیزان انرژی تابشی دریافتی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل ۱: برش از محدوده حرکت خورشید در طول یک سال و ایجاد محل سایه اندازی.



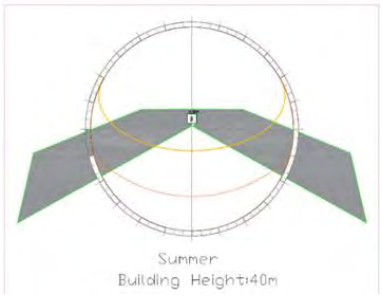
شکل ۲: پرسپکتیو از محدوده حرکت خورشید و سایه ایجاد شده در هنگام صبح.

روش تحقیق

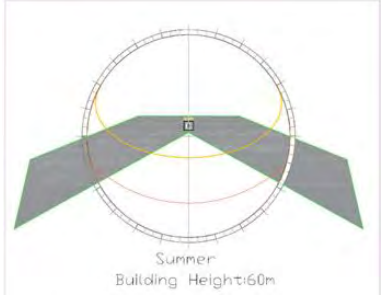
با توجه به اهمیت صرفه جویی انرژی در ساختمان این پژوهش به دنبال دستیابی به محل قرارگیری مناسب از نظر میزان دریافت تابش خورشیدی می باشد و برای این منظور، هفت ساختمان بلندمرتبه ۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰،۳۵،۴۰ طبقه با ارتفاعات ۴۰،۶۰،۸۰،۱۰۰،۱۲۰،۱۴۰،۱۶۰ متر و سطح اشغال ۶۰۰ متر مربع در تهران فرض شده است. برای مدلسازی حجم‌ها از نرم افزار رویت استفاده شده و سپس طول سایه ی احجام در روز اول ماه Julyبه عنوان نمونه‌ای از تابستان و اول ماه January به عنوان نمونه ای از زمستان در نظر گرفته شد و سپس سایه به وجود آمده از هر یک از ساختمان ها در موقعیت جغرافیایی تهران در طول این دو روز را بدست آورده و در نرم افزار اتوکد اندازه گیری شده است. و سپس دو ساختمان ۲۰ طبقه در فاصله‌هایی با ضریب طول ساختمان (ضریب ۲۰متر) از یکدیگر قرار داده شده و سایه های آنها و هم پوشانی سایه ها بدست آمده است و به نرم افزار تحلیلی دیزاین بیلدر منتقل شده است. لازم به ذکر است که در تمام تحلیل‌ها از اطلاعات آب و هوایی تهران، ایستگاه هواشناسی مهرآباد استفاده شده است.

سایه‌اندازی ساختمان‌های بلند مرتبه

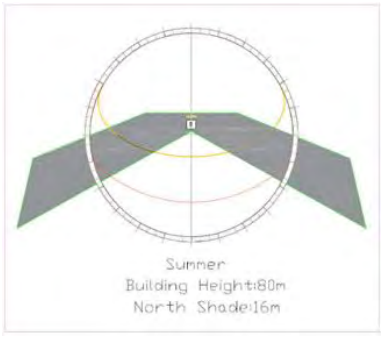
در ابتدا یک برج با ارتفاع ۶۰ متر را ثابت قرار دادیم و برجی دیگر را با همان ارتفاع در فاصله و جهت‌های مختلف نسبت به برج اول قرار دادیم، تا سایه‌اندازی آنها را در دو فصل تابستان و زمستان با هم مقایسه کنیم و بیشترین ساعاتی که یک برج سایه اندازی می‌کند را براورد کنیم. تابستان : به ترتیب سایه اندازی ساختمان های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ طبقه در در روز اول ماه July به عنوان نمونه ای از تابستان را مشاهده می کنید .فرض ما بر این است که ساختمان هایی که در محدوده خاکستری رنگ قرار دارند در تابستان مصرف انرژی سرمایشی کمتری نسبت به ساختمان های خارج از محدوده خواهند داشت.



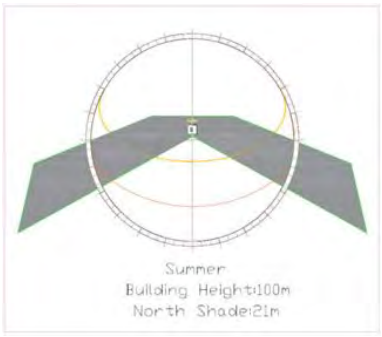
شکل ۳ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۴۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۱۲متر است)



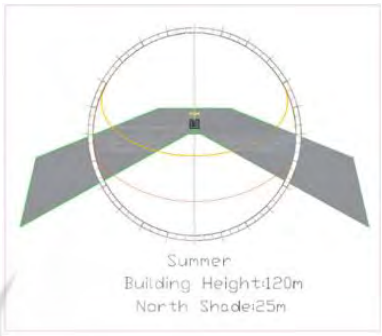
شکل ۴ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۶۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۱۰متر است)



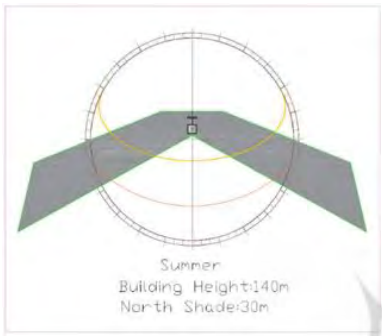
شکل ۵: سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۸۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۱۶متر است)



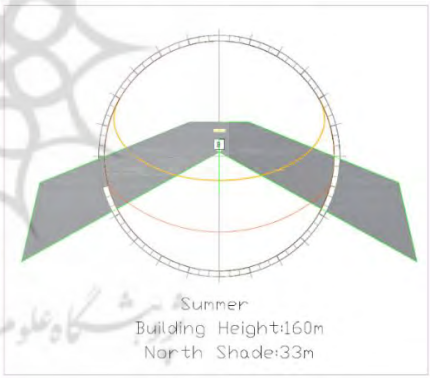
شکل ۶: سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۰۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۲۱متر است)



شکل ۷: سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۲۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۲۵متر است)

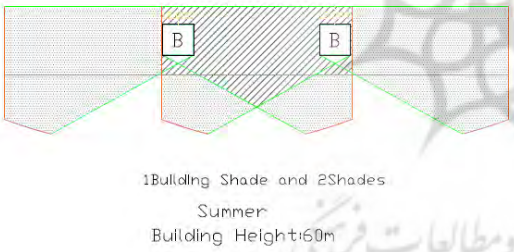


شکل ۸: سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۴۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۳۰متر است)



شکل ۹ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۶۰ متر در روز اول تابستان (طول سایه در شمال برج ۳۳متر است)

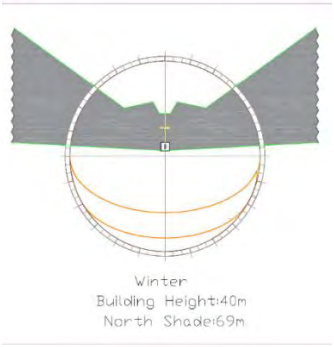
۷



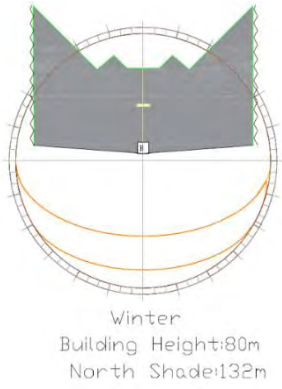
شکل ۱۰ : سایه‌اندازی دو برج A و B با ارتفاع ۶۰ متر در روز اول تابستان (قسمت طوسی رنگ سایه هربرج به تنهایی و قسمت هاشورخورده همپوشانی سایه‌های آنهاست.)

زمستان

به ترتیب سایه اندازی ساختمان های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ طبقه در در روز اول ماه Januaryبه عنوان نمونه ای از زمستان را مشاهده می کنید. در حالت ایده آل هیچ ساختمانی نباید در محدوده ی خاکستری ساخته شود تا از انرژی خورشیدی به صورت ۱۰۰٪ برای کاهش مصرف انرژی گرمایشی بتواند بهره مند شود.

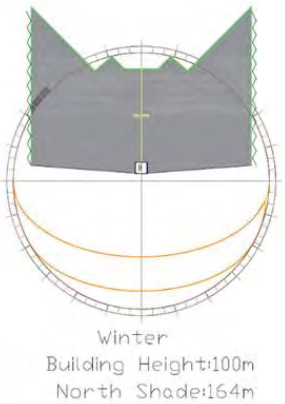


شکل ۱۱ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۴۰ متر در روز اول زمستان(طول سایه در شمال برج ۶۹ متر است)

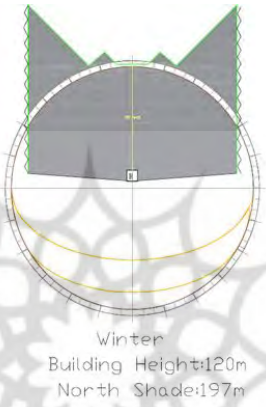


شکل ۱۲ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۶۰ متر در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج ۹۸ متر است)

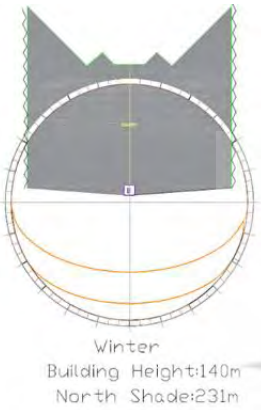
شکل ۱۳ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۸۰ متر در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج ۱۳۲ متر است)



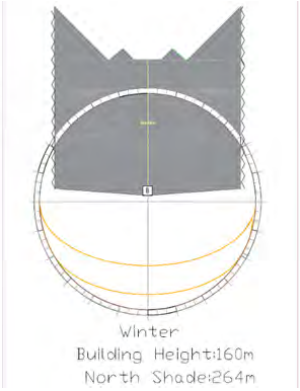
شکل ۱۴ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۰۰ متر در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج۱۶۴متر است)



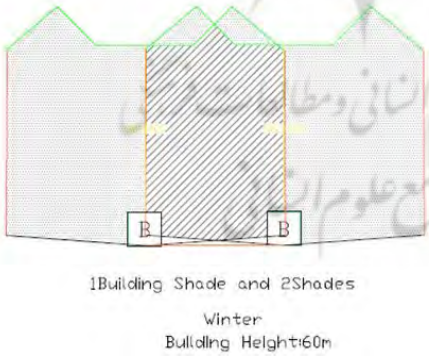
شکل ۱۵ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۲۰ متر در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج ۱۹۷متر



شکل ۱۶ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۴۰ متر است) در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج ۲۳۱متر است)



شکل ۱۷ : سایه‌اندازی برج با ارتفاع ۱۶۰ متر در روز اول زمستان (طول سایه در شمال برج ۲۶۴متر است)



شکل ۱۸ : سایه‌اندازی دو برج A و B با ارتفاع ۶۰ متر در روز اول زمستان (قسمت طوسی رنگ سایه هربرج به تنهایی و قسمت هاشورخورده همپوشانی سایه‌های آنهاست.)

نتیجه‌گیری: به طور میانگین طول سایه در تابستان ۰,۲۱ برابر ارتفاع ساختمان می باشد و در زمستان ۱,۶۵ برابر آن می باشد.

جدول ۱- آنالیز سایه ساختمان‌های بلند مرتبه در تهران

در تهران آنالیز سایه ساختمان های بلند مرتبه							
تعداد طبقات	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
ارتفاع برج	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۶۰
m طول بلند ترین سایه در روز اول تابستان	۱۰	۱۲	۱۶	۲۱	۲۵	۳۰	۳۳
m طول بلند ترین سایه در روز اول زمستان	۶۹	۹۸	۱۳۲	۱۶۴	۱۹۷	۲۳۱	۲۶۴
نسبت طول سایه بر ارتفاع ساختمان در تابستان	۰,۲۵	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۱	۰,۲۰	۰,۲۱	۰,۲۰
نسبت طول سایه بر ارتفاع ساختمان در زمستان	۱,۷۲	۱,۶۳	۱,۶۵	۱,۶۴	۱,۶۴	۱,۶۵	۱,۶۵

ارتفاع بهینه ساختمان و عوامل اقلیم

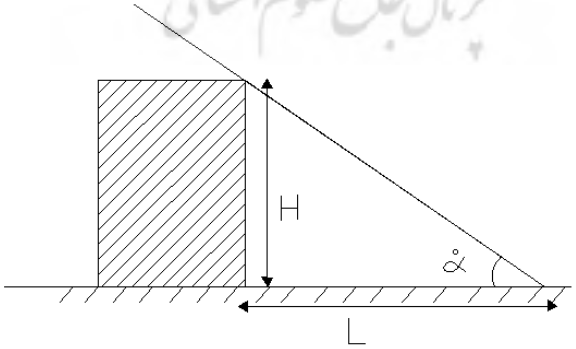
آشکارترین جنبه تاثیرات اقلیمی یک ساختمان بلند در رابطه با تابش آفتاب خود را می‌نمایاند. یک ساختمان بلند به تنهایی قابلیت بهره‌گیری از تابش آفتاب را برای طبقات مختلف خود به بهترین وجه (بسته به نحوه قرارگیری نسبت به زاویه تابش خورشید) فراهم می‌آورد. این قابلیت به‌ویژه هنگامی که ساختمان در یک فضای باز و گسترده و یا در یک مجموعه کالبدی کوتاه‌تر از خودش قرار می‌گیرد، حائز اهمیت می‌گردد، زیرا به علت بلندتر بودن بنا از بناهای مجاور، طبقات آن(خصوصا طبقات بالایی) بدون اینکه سایه ساختمان‌های مجاور را بر روی خود داشته باشد، در نهایت درجه بهره‌مندی از نور و تابش آفتاب قرار می‌گیرد. اما این قابلیت سودمند برای ساختمان‌های بلند، صرفا برای خود ساختمان به تنهایی مطرح بوده و متأسفانه همراه با اثر نامطلوب سایه برای بافت مجاور خود می‌باشد. هرچه یک ساختمان بلندتر باشد، سایه آن طولانی‌تر و مزاحمت آن برای بافت مجاور خود بیشتر خواهد بود. هنگامی که ساختمان‌های بلندی در همجواری هم داشته باشیم، مشکل دوچندان می‌گردد. زیرا در این حالت خاصیت مفید ساختمان‌های بلند در بهره‌مندی خود از تابش آفتاب نیز از بین می‌رود. اهمیت استفاده از نور خورشید در فصل زمستان و مخصوصا در مناطق با آب‌وهوای سرد دوچندان می‌گردد.

لذا باید ارتفاع ساختمان‌ها را باتوجه به فاصله بین آن‌ها چنان انتخاب نمود که در فصل زمستان، تا حد ممکن برروی یکدیگر سایه‌اندازی نداشته باشند. اگر ارتفاع ساختمان با توجه به طول سایه انتخاب نشود، سایه ساختمان‌ها برروی یکدیگر باعث محرومیت از نور خورشید می‌شود. بنابراین برای جلوگیری از این امر فاصله بین ساختمان‌ها باید بیش از طول سایه زمستانی باشد. طول سایه بستگی مستقیم به زاویه تابش دارد و زاویه تابش نیز در عرض‌های جغرافیایی مختلف، متغیر است، بدین ترتیب که هرچه از عرض‌های پایین به سمت عرض‌های بالا حرکت می‌کنیم اندازه این زاویه نیز کوچک‌تر می‌شود.

برای محاسبه زاویه تابش خورشید در عرض‌های مختلف از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$x = \frac{1}{\tan \alpha}$$

که در این فرمول آلفا زاویه تابش یا ارتفاع خورشید و میل خورشید و عرض جغرافیایی محل است.



شکل ۱۹ : H : ارتفاع ساختمان و L : فاصله تا ساختمان و آلفا زاویه تابش است.

از آنجایی که این مقدار در فصول مختلف، یعنی در حالات مختلف خورشید باتوجه به فصل به شرح زیر تغییر می‌یابد، می‌توان پیوسته برای عرض‌های مختلف زاویه تابش یا ارتفاع خورشید را محاسبه نمود.

مقدار در اول فروردین و مهر= صفر درجه

مقدار در اول تیر (تابستان) = ۲۳,۴۵ درجه

مقدار در اول دی (زمستان) = ۲۳,۴۵- درجه

جدول ۲) زاویه تابش آفتاب برای عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی در سه مقطع زمانی (رهنمایی،۱۳۸۲)

عرض جغرافیایی (درجه)	زمان تابش در سه مقطع(درجه)		
	اول فروردین ومهر ماه	اول تیر ماه	اول دی ماه
۲۵	٦٥	۸۸/٤٥	٤١/٥٥
۲٦	٦٤	۸۷/٤٥	٤٠/٥٥
۲۷	٦۳	۸٦/٤٥	۳۹/٥٥
۲۸	٦۲	۸٥/٤٦	۳۸/٥٥
۲۹	٦١	۸٤/٤٥	۳۷/٥٥
۳۰	٦٠	۸۳/٤٥	۳٦/٥٥
۳۱	٥۹	۸۲/٤٥	۳٥/٥٥
۳۲	٥۸	۸۱/٤٥	۳٤/٥٥
۳۳	٥۷	۸۰/٤٥	۳۳/٥٥
۳٤	٥٦	۷۹/٤٥	۳۲/٥٥
۳٥	٥٥	۷۸/٤٥	۳۱/٥٥
۳٦	٥٤	۷۷/٤٥	۳۰/٥٥
۳۷	٥۳	۷٦/٤٥	۲۹/٥٥
۳۸	٥۲	۷٥/٤٥	۲۸/٥٥
۳۹	٥١	۷٤/٤٥	۲۷/٥٥
٤٠	٥٠	۷۳/٤٥	۲٦/٥٥

سطوح قائم و افقی و میزان دریافت انرژی تابشی سطوح دیوار قائم

دیوارهای جنوبی: دیوارهای جنوبی ، بیشترین مقدار پرتوی آفتاب را در آذرماه و کمترین مقدار آن را در خرداد ماه دریافت می کند، این دیوارها از شهریور تا اسفند ، پرتوی آفتاب را از طلوع تا غروب دریافت می‌کنند. **دیوارهای جنوب شرقی و جنوب غربی**: این دیوارها در زمستان بیشتر از تابستان در معرض تابش آفتاب قرار می‌گیرند. **دیوارهای شرقی، غربی و شمالی**: در زمستان پرتوی آفتاب کمتر از تابستان به این دیوارها می تابد، دیوار شمالی فقط بین فروردین تا شهریور ماه، صبح زود و اخرین ساعت های بعداظهر در معرض تابش آفتاب قرار می گیرد. **سطوح افقی**: سطوح افقی و بام های مسطح، در تابستان بیشترین و در زمستان کمترین مقدار پرتوی مستقیم آفتاب را دریافت می کنند.

فرضیات تحقیق

در ابتدای تحقیق فرض ما بر این بود که هرچه برج‌ها در یک مجموعه، در اقلیم تهران به هم نزدیکتر باشند و روی یکدیگر سایه‌اندازی کنند، این سایه سبب می‌شود تا در تابستان به انرژی کمتری برای سرمایش، و در زمستان به انرژی بیشتری برای گرمایش نیاز باشد.

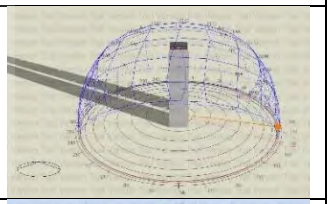
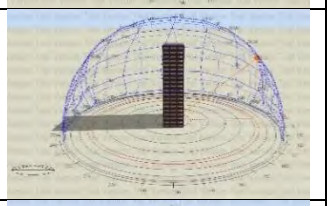
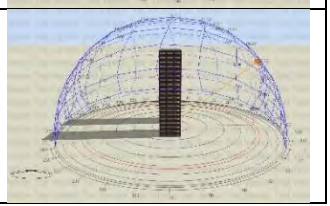
با آنالیزهای انجام شده در نهایت خواستار این هستیم که بدانیم کدام راه حل سبب کمتر مصرف کردن انرژی به طور کل می‌شود تا به این نتیجه برسیم که فاصله‌های کم بین برج‌ها در بهینه سازی مصرف انرژی تاثیر بیشتری دارند یا فواصل زیاد، و یا

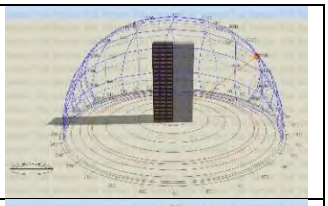
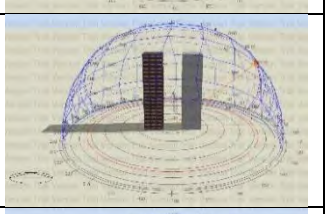
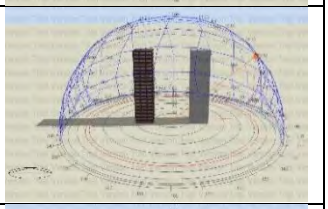
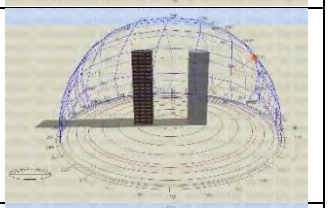
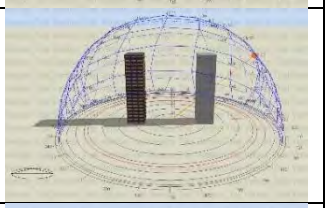
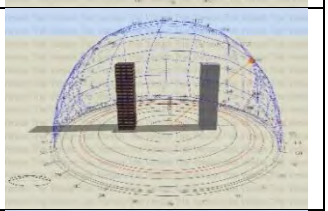
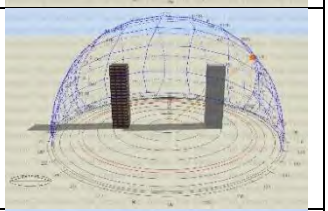
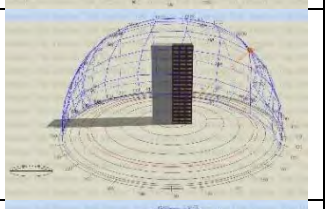
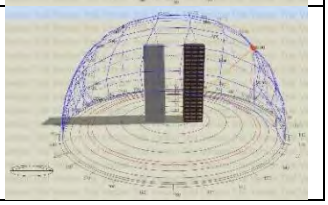
به یک فاصله بهینه دست پیدا کنیم. به طور پیش فرض ساختمان ما دارای ۸۰ متر ارتفاع و ۲۰ طبقه است. که هر طبقه ۴۰۰ مترمربع مساحت دارد و به طور میانگین هر طبقه دارای ۴ واحد ۹۰ متری و ۴۰ متر راهرو و راه‌های ارتباطی است. این برج در تهران و در منطقه ۲۲واقع شده و در نرم افزار شبیه‌سازی از فایل epw استان تهران (مهرآباد) استفاده شده است. سیستم گرمایش و سرمایش این برج فن کوئل است و دارای ۳۰ درصد بازشو در تمامی نماها می‌باشد. این پنجره‌ها دوجداره‌اند و هر جداره شیشه ۶ میلی‌متر است و در فاصله ۱۳ میلی‌متری بین دو شیشه، گاز آرگون است.

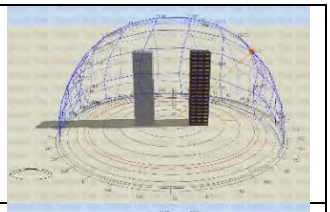
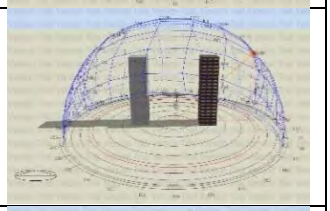
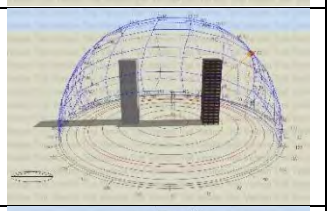
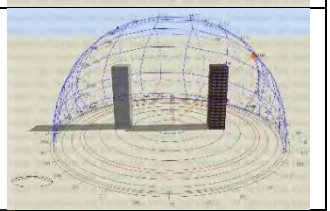
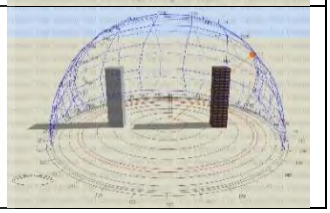
برج ثابت در این تحقیق یک بلوک هم ارتفاع با برج (۸۰متر) است که نقش آن سایه اندازی در ساعات مختلف بر روی برج است تا ما با استفاده از این سایه اندازی‌ها در ساعات و روزها و فصول مختلف سال نتیجه‌ی انرژی خورشیدی به دست آمده از پنجره‌های خارجی و انرژی گرمایش و انرژی سرمایش را محاسبه کنیم و به این نتیجه دست پیدا کنیم که آیا فرض اولیه ما درست است یا خیر.

در نمونه اول برج ما در راستای شمال- جنوب و در قسمت شمالی بلوک ثابت قرار می‌گیرد. به طوری که می‌دانیم برای مثال در هنگام ظهر یک روز زمستانی نمای جنوبی برج از نور خورشید در این موقعیت بی‌بهره است. در نمونه‌های بعدی برج در قسمت‌های جنوبی، شرقی و غربی بلوک قرار می‌گیرد. در نمونه‌ای که برج در قسمت جنوبی بلوک ثابت قرار می‌گیرد نماهای شرقی،جنوبی و غربی برج در کل طول روز در معرض تابش خورشید قرار دارند. در نمونه‌ای که برج در قسمت شرقی بلوک ثابت قرار می‌گیرد، در هنگام بعدازظهر قسمت‌های غربی برج در سایه هستند و در نمونه‌ای که برج در قسمت غربی بلوک قرار می‌گیرد در هنگام صبح قسمت‌های شرقی برج در سایه هستند. در آنالیزهای انجام شده، برج از بلوک ثابت به تدریج فاصله می‌گیرد، تا در فواصل مختلف انرژی‌های مصرفی را مقایسه کنیم. این فواصل بر حسب ضریبی از از طول ساختمان است، با توجه به این که طول و عرض ساختمان ۲۰ در ۲۰ متر است، پس فواصل هم با این ضریب افزایش می‌یابند. در این آنالیزها به این نتیجه رسیدیم که وقتی برج در شمال بلوک ثابت قرار می‌گیرد، پس از ۲۰ متر فاصله دیگر در ساعات زیادی در سایه نیست، و همچنین در فاصله‌های بیشتر تغییر زیادی در مصرف انرژی نمی‌بینیم. پس فواصل مختلف را در هنگامی که برج در راستای شرقی و غربی نسبت به بلوک ثابت قرار می‌گیرد آزمایش کردیم، چون تغییرات بیشتری در مصرف انرژی را شاهد بودیم.

جدول ۳- آنالیز انرژی تابش خورشیدی، انرژی گرمایش و سرمایش برجی با ارتفاع ۸۰متر با توجه به محل قرار گیری‌اش نسبت به یک بلوک ثابت هم‌ارتفاع با آن و سایه اندازی بلوک بر روی آن.

تصویر سایه‌اندازی برج و بلوک ثابت برروی یکدیگر در موقعیت‌های مختلف	شکل قرارگیری برج و بلوک ثابت برج بلوک ثابت	فاصله بین بلوک ثابت و برج	انرژی تابش خورشید دریافتی از پنجره‌ها SolarGain (MWH)	انرژی گرمایش MWH (Heating)	انرژی سرمایش MWH (Cooling)
		۲۰ متر	۸۹۲,۴۷	۱۶۶,۸۷	۵۱۲,۵۶
		بدون فاصله	۸۸۶,۵۸	۱۴۸,۹۴	۴۹۰,۸۳
		۲۰ متر	۹۴۵,۷۹	۱۴۱,۷۴	۵۲۵,۳۹

		بدون فاصله	۷۴۷,۷۴	۱۷۵,۵۲	۴۰۱,۲۹
		۲۰ متر	۸۹۴,۴۰	۱۴۲,۶۳	۴۷۶,۰۹
		۴۰ متر	۸۹۴,۴۰	۱۴۲,۶۳	۴۷۶,۰۹
		۶۰ متر	۹۲۱,۲۳	۱۴۰,۵۰	۴۹۶,۵۸
		۸۰ متر	۹۳۸,۷۶	۱۳۹,۷۶	۵۱۱,۶۰
		۱۰۰ متر	۹۵۱,۷۰	۱۳۹,۱۳	۵۲۲,۲۰
		۱۲۰ متر	۹۵۷,۹۵	۱۳۹,۰۳	۵۲۷,۹۵
		بدون فاصله	۷۵۲,۹۷	۱۷۲,۱۱	۴۰۲,۰۸
		۲۰ متر	۸۶۹,۴۷	۱۵۰,۰۸	۴۶۸,۶۱

		۴۰ متر	۹۲۱,۷۷	۱۴۱,۶۶	۵۰۱,۳۰
		۶۰ متر	۹۴۳,۰۰	۱۴۰,۱۶	۵۱۷,۲۸
		۸۰ متر	۹۵۵,۶۹	۱۳۹,۳۲	۵۲۶,۸۳
		۱۰۰ متر	۹۶۰,۱۳	۱۳۹,۱۲	۵۳۰,۴۸
		۱۲۰ متر	۹۶۳,۰۸	۱۳۸,۹۹	۵۳۲,۸۱

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه خورشید در هنگام قبل از ظهر و بعدازظهر، ساعات بیشتری نسبت به ظهر سایه ایجاد می‌کند، پس قرارگیری برج نسبت به بلوک ثابت، در راستای شرقی-غربی در سایه اندازی بر روی طبقات برج و در نتیجه تغییرات در اعداد به دست‌آمده از آنالیزهای انجام شده موثرتر است؛ پس با توجه به این موضوع، با فاصله‌های متفاوت در این راستا آنالیزهای بیشتری گرفته شده است. باتوجه به جدول، هرچه فاصله بین برج و بلوک ثابت بیشتر و سایه اندازی روی برج کمتر می‌شود، مقدار انرژی دریافتی از تابش خورشید بیشتر می‌شود که این امری بدیهی است. ولی با دقت در اعداد به‌دست آمده متوجه می‌شویم که به طور کلی هنگامی که برج در قسمت شرقی بلوک ثابت قرار می‌گیرد، انرژی تابشی بیشتری نسبت به وقتی که در قسمت غربی آن قرار می‌گیرد دریافت می‌کند. با توجه به جدول، هرچه فاصله بین برج و بلوک ثابت بیشتر و سایه اندازی روی برج کمتر می‌شود، مقدار انرژی گرمایش کاهش می‌یابد، چون ساختمان از تابش بیشتری بهره‌مند می‌شود؛ همچنین مقدار انرژی سرمایش افزایش می‌یابد. پس نتیجه می‌گیریم که فرض اولیه ما درست بوده و سایه اندازی روی یک ساختمان بلند در اقلیم تهران سبب افزایش مصرف انرژی گرمایشی و کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود. ولی کاهش انرژی سرمایشی بسیار محسوس‌تر از افزایش انرژی گرمایشی است و اختلاف در اعداد بسیار بیشتر است، چون خنک کننده‌ها مصرف برق بیشتری دارند و به انرژی اولیه و انرژی نهان بیشتری نسبت به گرم کننده‌ها که اکثرا در ایران با گاز کار می‌کنند،دارند.

تعریف انرژی نهان، انرژی متبلور، انرژی پنهان، انرژی نهفته، انرژی گنجانده شده، یا انرژی تجسم‌یافته

به جمع همه‌ی انرژی‌های لازم برای تولید یک کالا یا سرویس معین طی چرخه‌ی حیات آن گفته می‌شود. به عنوان مثال انرژی نهفته‌ی یک اسباب‌بازی پلاستیکی شامل همه‌ی انرژی‌های لازم برای استخراج مواد خام مورد نیاز، حمل و نقل، تولید، سرهم‌بندی، نصب، از هم باز کردن و مدیریت پس‌ماند است. برای این‌که بتوانیم دو محصول مختلف را از لحاظ بهینه‌سازی انرژی با هم مقایسه کنیم، لازم است که انرژی پنهان آن‌دو را با هم مقایسه کنیم و فقط به مصرف مستقیم انرژی آن توجه نکنیم. مثلاً یک لامپ کم مصرف ممکن است نسبت به یک لامپ معمولی الکتریسیته‌ی کمتر مصرف کند، اما به واسطه‌ی استفاده از فلزات کمیاب، انرژی نهان آن بیشتر از انرژی نهان لامپ معمولی باشد.

همچنین تولید برق و رساندن آن از نیروگاه‌ها به ساختمان بلند و همه‌ی طبقات آن، انرژی نهان بسیاری دارد که حتی گاهی این مقدار انرژی سه برابر عدد انرژی به دست آمده برای سرمایش در نرم افزارهای شبیه‌سازی است. به این ترتیب به این نتیجه می‌رسیم که در یک مجموعه ساختمان بلند، سایه اندازی در حدی که ساکنان ساختمان در طبقات مختلف آسایش بصری، آسایش حرارتی و مصرف انرژی متعادلی داشته باشند، و همچنین از نور روز کافی برخوردار باشند، مشکلی ایجاد نمی‌کند و با توجه به رشد روزافزون شهرها می‌توان با محاسبه درست، جانمایی مناسبی برای قرارگیری ساختمان‌های بلند در نظر گرفت. در این تحقیق با توجه به ارتفاع ساختمان و تمامی مشخصاتی که قبلا ذکر شده، این فاصله مطلوب برای ما بین ۶۰ تا ۸۰ متر به دست آمده، به این معنی که برج‌هایی با ارتفاع ۸۰ متر در اقلیم تهران می‌توانند بین ۶۰ تا ۸۰ متر از یکدیگر فاصله داشته باشند و یک شبکه شطرنجی را تشکیل دهند، و هم نور روز متعادلی داشته باشند و هم انرژی مصرفی گرمایش و سرماش معقولی خواهند داشت.

منابع

۱- بمانیان، محمدرضا، بررسی عوامل موثر بر شکل‌گیری ساختمان‌های بلند در ایران، پایان نامه دکتری در گرایش معماری، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

۲- جاهد جعفری مند، میرسعید موسوی، مقاله "بحران انرژی و لزوم توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای نیل به اهداف معماری پایدار در ایران" سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری.

۳- رهنمایی، محمدتقی، مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی(جغرافیا)، مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران، ۱۳۸۲.

۴- مریم شفیعی؛ ریما فیاض؛ شاهین حیدری؛ مقاله "فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران". نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲.

5- www.eco-literacy.net/glossary/embodied-energy

6- www.sketchiran.com/

7- www.level.org.nz/material-use/embodied-energy

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی