بررسی رابطه فرم ساختمان های مسکونی با میزان مصرف انرژی آنها در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان

اسماعیل ضرغامی [۱]، حیدر جهانبخش [۲] ، امیرحسین طحانیان [۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۵/۱۲

چکیده:

ارائه راهکارهای مناسب برای بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان در تمامی کشورها امر بسیار مهمی به شمار می‌آید که باید به یک عزم همگانی تبدیل شود تا از این طریق سهم نسلهای بعدی از سوخت‌های فسیلی حفظ گردد. با توجه به سهم عمده اتلاف انرژی در بخش ساختمان، اقدام جهت شناخت علل اتلاف انرژی و برنامه ریزی برای حذف آنها ، جزو اولویت های بخش طراحی مسکن قرار گرفته است. استفاده بهینه از سیستم های غیرفعال خورشیدی در جهت رسیدن به دو وجه مهم پایداری شامل ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی از ویژگی‌های مهم این تحقیق است. در این پژوهش، تاثیر اشکال مختلف مستطیلی و غیر مستطیلی شامل T,U,L در واحدها ، به عنوان متغیر مستقل و میزان مصرف انرژی ساختمان به عنوان متغیر وابسته اصلی بررسی و سنجیده شده است. در هر مرحله از تحقیقات، واحدهای مسکونی (زیر سه طبقه در مقیاس کوچک) با مقادیر مختلف پارامترها، طراحی شده و به منظور بررسی اثرات و اهمیت آنها، با استفاده از نرم‌افزار Ecotect ، شبیه سازی و تجزیه و تحلیل نتایج صورت گرفته است. نتیجه این است که شکل L با نسبت عمق طول دو به سه (۲ به ۳) بالاترین امتیازات کارایی انرژی در سال را دارد.

کلمات کلیدی:

فرم ساختمان، سیستم غیر فعال، اشکال پایه، اشکال سایه انداز و بدون سایه انداز بر خود

۱) دانشیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران (نویسنده مسئول) es.zarghami@gmail.com
۲) استادیار دانشگاه پیام نور تهران jahanbakhsh@pnu.ac.ir
۳) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور-تهران شرق memar1@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

مقدمه

با توجه به ضرورت بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان، فواید بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان را می‌توان در چهار بخش ۱- کمک به اقتصاد ملی،۲ - کمک به اقتصاد خانواده، ۳- کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلودگی‌های ناشی از آن و ۴ - حفظ ذخایر سوخت های فسیلی برای نسل های آینده خلاصه نمود [۲]. در رابطه با بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها بوسیله انرژی خورشیدی، مطالعات مشابهی انجام گرفته است و این پژوهش سعی بر آن دارد تا با ارائه راهکارهای طراحی واحدهای مسکونی پاسخده به نیازهای اولیه ساکنین بپردازد و در عین حال، رویکردهای استفاده از انرژی خوررشیدی از قبیل رسیدن به اصول استفاده بهینه از انرژی پاک به همراه بهره‌وری و صرفه اقتصادی را داشته باشد. آنچه تا کنون وجود دارد، دستورالعمل های طراحی خانه‌های صفر انرژی با استفاده از روش‌های غیر فعال با توجه به انرژی کارآمد خورشیدی تا حد زیادی محدود به شکل مستطیلی است و عدم انعطاف پذیری معماری آن، مانع اقبال عمومی مردم و معماران ، برای استفاده بهینه از انرژی خورشیدی در ساختمان می شود. گسترش طیف وسیعی از انرژی‌های کارآمد و بهینه خورشیدی در ساختمان، نیاز به درک درستی از معایب و مزایای مرتبط با اشکال مختلف ساختمان و تاثیرات آنها بر یکدیگر در خصوص عملکرد انرژی ساختمان دارد[۱]. هدف این تحقیق دستیابی به بهینه سازی مصرف انرژی در واحدهای همسایگی از طریق به حداکثر رساندن پتانسیل خورشیدی واحد مسکونی، به صورت مجزا و مجموعه ای در شهر سمنان است. در این مطالعه، پتانسیل های خورشیدی اشاره به بهره‌برداری غیر فعال تابش های خورشیدی دارد. پتانسیل غیر فعال شامل تابش و انتقال گرما ، ذخیره انرژی خورشیدی و نور روز از طریق سطح نمای ساختمان می‌باشد و محل تحقیق نیز مناطق گرم و خشک شهر سمنان با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه است. این روش براساس بررسی نظام‌مند پارامترهای طراحی هندسه خانه ها و حاکم بر عملکرد کلی انرژی به طور جداگانه و ترکیبی طراحی شده است. روش های طراحی می توانند به عنوان پایه و اساس توسعه دستورالعمل های طراحی جامع و روشهایی برای بهینه سازی مصرف انرژی، کمک کنند.

انرژی کارآمد و خانه های صفر انرژی

خانه صفر انرژی را می‌توان خانه‌ای که حدود ۶۰-۷۰ درصد به بهینه سازی مصرف انرژی کمک می‌کند، تعریف کرد [۱۰] مفهوم طراحی خانه صفر انرژی متکی بر رویکردی دوگانه است: اجرای اقدامات بهره وری انرژی برای به حداقل رساندن تقاضای انرژی و استفاده از فناوری های انرژی خورشیدی به تعادل انرژی مورد نیاز به صورت سالانه کمک می‌نماید [۷]. تحقق خانه صفر انرژی بویژه در سطح بالا، با بکارگیری سیستم های هوشمند ساختمان به منظور بهینه سازی مصرف سوخت میسر می شود [۵]. امروزه در مورد توجه به استانداردها در مصرف انرژی ساختمان‌ها پیشرفت‌های فنی عمده‌ای شده است و از جمله این استانداردها می‌توان به بار گرمایش و سرمایش، روشنایی و بارهای

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

لوازم خانگی اشاره کرد. "PassivHaus" در آلمان و "Minergie" در سوئیس از نمونه های موفق این استانداردها می باشند [۹]. در کانادا برنامه R-2000 نیز یکی از استاندارد های موثر کاهش مصرف انرژی است. این برنامه روشی برای رسیدن به کاهش حدود ۳۰ درصد کل مصرف انرژی نسبت به مصرف انرژی یک مسکن استاندارد است. در ایران نیز می‌توان به مبحث ۱۹ مقررات ملی و راهنمای آن با عنوان "صرفه جویی در مصرف انرژی" اشاره کرد. اجزای پوشش ساختمان شامل سطح عایق حرارتی، ضخامت هوا و عملکرد در و پنجره عوامل موثری هستند که در مصرف انرژی ساختمان موثرند.

انرژی و اشکال ساختمان

این بخش به بررسی ادبیات اثرات شکل ساختمان در جذب انرژی خورشیدی وکارایی انرژی می پردازد. شکل ساختمان نقش مهمی در مدیریت مصرف انرژی بازی می کند و می تواند باعث بهبود جذب انرژی خورشیدی در ساختمان گردد [۶]. مطالعات انجام شده با رویکرد روشمند در رابطه با اثرات شکل ساختمان در پتانسیل جذب و استفاده از انرژی خورشیدی نادر است. نمونه های موجود در ادبیات در درجه اول به نسبت های ابعادی ساختمان های مستطیل شکل، جهت گیری آنها و یا بررسی سایه اندازی آنها متمرکز است. همچنین مطالعات بسیار کمی درباره ساختمان‌های غیر مستطیلی و تاثیر آنها بر انرژی تابشی انجام شده است. به عنوان مثال، لینگ (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر ساختمان های بلند با دو شکل هندسی مستطیل شکل بدون سایه (بدون سایه اندازی بر خود) و بیضی، با نسبت ابعاد مختلف پرداخته است. هدف از این مطالعه، شناسایی شکل مطلوب ساختمان برای به حداقل رساندن مجموع انرژی تابشی خورشیدی دریافتی در مناطق با عرض جغرافیایی کم است.

اشکال مستطیلی

بیشتر مطالعات به مطالعه تغییرات شکل مستطیل محدود شده است که این تغییرات عمدتا مطالعه اثر فشردگی ساختمان ها یا ابعاد نسبی نماهای جنوبی به نماهای دیگر است. معمولا شاخص های عددی ساده ای که بر فشردگی هندسی ساختمان ها متمرکزند، اعمال می شوند. همچنین فشردگی توسط یک ضریب شکلی تعریف می‌شود که در اصل، نسبت سطح کلی خارجی ساختمان به حجم داخلی آن می‌باشد. بنا به نظر دیپکر، (۲۰۰۱) بین فشردگی ساختمان و میزان جذب انرژی گرمایی یک رابطه خطی برقرار است . این نظریه براساس مطالعه بر روی ۱۴ ساختمان مشتق شده از همان شکل پایه مستطیل شکل بیان شده است.

یک پارامتر مهم در طراحی ابعاد ساختمان های خورشیدی مستطیل شکل، نسبت ابعاد تعریف شده به عنوان نسبت عرض نمای جنوبی نسبت به نمای جانبی است. نسبت ابعاد در مطالعات مختلف به عنوان یک عامل مهم در طراحی ساختمان های با انرژی بهینه، تحت شرایط مختلف آب و هوایی تاکید دارند، در آب و هوای سرد، نسبت ابعاد بهینه برای

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

طراحی خانه های خورشیدی مستطیل شکل حدود ۱.۳ تا ۱.۵ است [۴]. برای درک محدودیتهای عامل فشردگی به عنوان یک عنصر نشان دهنده شکل ساختمان، تعدادی از مطالعات بر روی شکل های غیر مستطیلی انجام گرفته است، به عنوان مثال، پسیلنر و مهدوی تاثیر پارامترهای دیگر از جمله هندسه کلی ساختمان، مساحت سطوح شفاف و جهت گیری ساختمان را تجزیه و تحلیل کردند [۸]. اشکال متعددی با استفاده از یک سیستم هندسی مدولار بر اساس شکل‌های پایه مکعبی تولید شد. تحقیقات آنها نشان می دهد که فشردگی و بخشی از سطوح شفاف پوشش ساختمان تاثیر قابل توجهی بر عملکرد حرارتی اشکال مختلف ساختمان مسکونی دارد. همچنین آنها نتیجه گرفتند که شاخص های ساده هندسی مانند ضریب ابعاد شکل از پیش بینی میزان جذب هندسه های غیر مستطیل شکل و همچنین پیش بینی پدیده هایی مانند خطر گرم شدن بیش از حد ساختمان ناتوان هستند.

اشکال غیر مستطیلی

العنزی (۲۰۰۹) با استفاده از یک مدل خطی، یک مدل ادغامی برای پیش بینی تاثیر شکل ساختمان های اداری در بهره وری انرژی با پنجره های با اندازه های مختلف و انواع شیشه را توسعه داد. او در مطالعه خود اشکال متعددی از ساختمان های بلند از جمله اشکال مستطیلی، L شکل، T شکل، صلیبی شکل، H شکل و U شکل را مورد بررسی قرار داد و ابعاد مختلف اشکال را با توجه به مساحت مستطیل مرجع مورد مطالعه به دست آورد. نتایج اصلی مطالعه وی نشان می‌دهد که سه عامل فشردگی نسبی، نسبت پنجره به دیوار و نوع شیشه اثر عمده ای بر کل مصرف انرژی ساختمان دارند.

روش تحقیق

در این پژوهش، بررسی اثرات پارامترهای طراحی بر عملکرد انرژی ساختمان ها با بررسی اثر فرم واحد مسکونی مستقل شروع می شود. در آغاز هر مرحله از تحقیقات، واحد های مسکونی با مقادیر مختلف پارامترها طراحی شده‌اند و به دنبال آن، به منظور بررسی اثرات و اهمیت آنها، شبیه سازی و تجزیه و تحلیل نتایج صورت گرفته است. پارامترهای شکلی در این تحقیق عمدتا به علت تاثیر آنها بر سایه انتخاب شده است. این پارامترها در ادامه به تفصیل بیان شده اند. ابزار تحلیلی مورد نیاز در تحقیق باید از منظر حیطه عمل، چند بخشی بوده تا قابلیت محاسبه مصرف انرژی در بخش‌های مختلف را داشته باشد و از منظر ماهیت روش شناختی، به دلیل اهمیت ویژگی های فضایی-کالبدی اشکال پیشنهادی در سناریو های مختلف، حتما بایستی قابلیت تحلیل فضایی در آن وجود داشته باشد [۳]. لذا نرم افزار Ecotect (اندازه گیری انرژی مصرفی در بخش ساختمان) به عنوان نرم افزار تحلیلی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج و تحلیل آنها

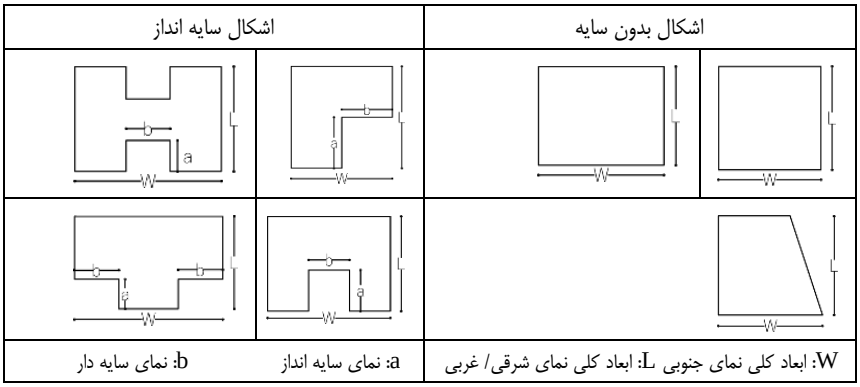
تعداد زیادی از اشکال با هندسه های مختلف برای بررسی عمیق پتانسیل انرژی خورشیدی مورد بررسی قرار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

گرفته‌اند. این مطالعه به بررسی اثرات تعدادی از پارامترها در متغیر وابسته اصلی (پتانسیل انرژی خورشیدی) پرداخته است. پتانسیل انرژی خورشیدی شامل تابش در نمای جنوب و انتقال آن توسط پنجره هاست. انواع اشکال پایه ساختمان ها (مستطیل، مربع، ذوزنقه، L،U، H، T) و پنجره های جنوبی واحدها به عنوان پارامترهایی هستند که اثرات آنها بر متغیر پاسخ مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر موارد ذکر شده، تغییرات در هندسه انواع شکل L است که این تغییرات فرم شامل مقادیر مختلفی از نسبت ابعاد بال ها و تغییرات زاویه بین این بالهاست. همچنین به اثر نماهای سایه انداز با مطالعه شکل U با نسبت عمق های مختلف پرداخته شده است.

اشکال پایه

هفت طرح اولیه واحد های مسکونی مورد بررسی قرار گرفته است که اشکال مسکونی شامل اشکال بدون سایه (مستطیل، مربع، ذوزنقه) و اشکال سایه انداز شامل (L، U، Hو T) می‌باشند شکل (۱). یک پارامتر مهم مشخص اشکال سایه انداز این است که خود شان بر خود سایه می اندازند.



شکل ۱) اشکال پایه (ماخذ: نگارندگان)

سه نوع اندازه پنجره جنوبی که مقادیر ۱۰، ۳۵ و ۵۰ درصد از نمای جنوبی در همه اشکال را تشکیل می دهند، مورد بررسی قرار گرفته است.

انواع اشکال پایه

شکل مستطیل : اثر دو پارامتر در پتانسیل خورشیدی و کارایی انرژی در طرح مستطیل شکل مورد بررسی قرار گرفته که شامل نسبت ابعاد و جهت گیری ساختمان نسبت به جنوب است. مقادیر نسبت ابعاد از محدوده نسبت ۰.۶ (که در نتیجه آن، نمای جنوبی باریک تر از نمای عمود بر آن است) تا مقدار ۲ متغیر است. نسبت ابعاد ۱ هم برای پلان مربع

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

اختصاص داده شده است. زاویه جهت گیری، نسبت به جنوب، بین ۶۰- درجه (چرخش شرقی) تا ۶۰+ درجه (چرخش غربی) است.

انواع شکل L : شکل L متشکل از یک بال اصلی و یک بال چسبیده به آن است، جناح اصلی شرقی به غربی می‌باشد تا به عنوان نمای بزرگتر روبه جنوب باشد، بال چسبیده به آن می تواند در هر دو انتهای غربی (W) ، یا شرقی (E) وصل شده باشد. همچنین می تواند رو به جنوب (S) و یا شمال (N) باشد. بنابراین، پیکربندی L-WS، به عنوان مثال، نشان دهنده شکل L با بال متصل به انتهای غربیِ جناح اصلی و به سمت جنوب است.

نسبت عمق

عمق نمای دریافت کننده سایه و تعداد آنها، نقش مهمی در تعیین میزان تابش خورشیدی در سطح نمای سایه دار و انتقال آن توسط پنجره ها بازی می کند. دو مقدار از نسبت های عمق ۱/۲ و ۲/۳ برای شکل L و شکل U (برای مطالعه اثر دو جبهه سایه)، تعیین گردید. همچنین در طراحی واحد ها با نسبت های عمق متغیر، مساحت نیز ثابت نگه داشته شده است.

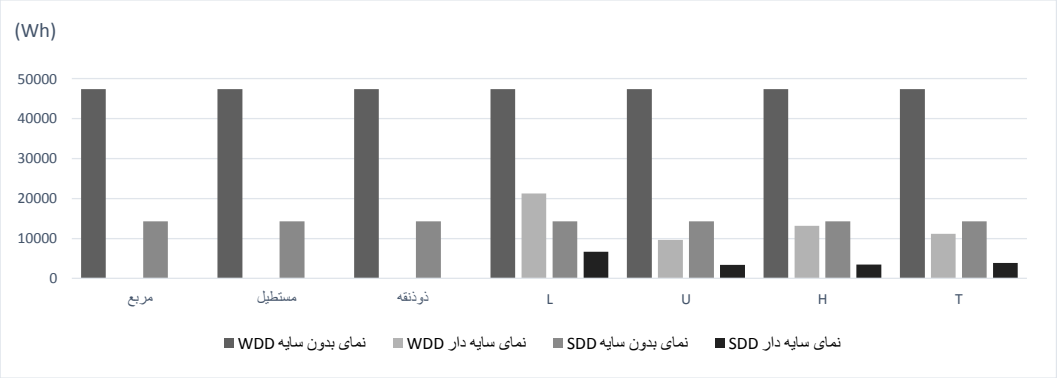
ارائه و تجزیه و تحلیل نتایج بررسی اشکال

شبیه سازی هایی برای تجزیه و تحلیل اثر پارامترهای طراحی نامبرده شده در پتانسیل انرژی خورشیدی انجام شده است. در ابتدا، اثرات طراحی اشکال پایه ارائه شده و پس از آن تجزیه و تحلیل تغییرات در طرح پایه انجام شده است.

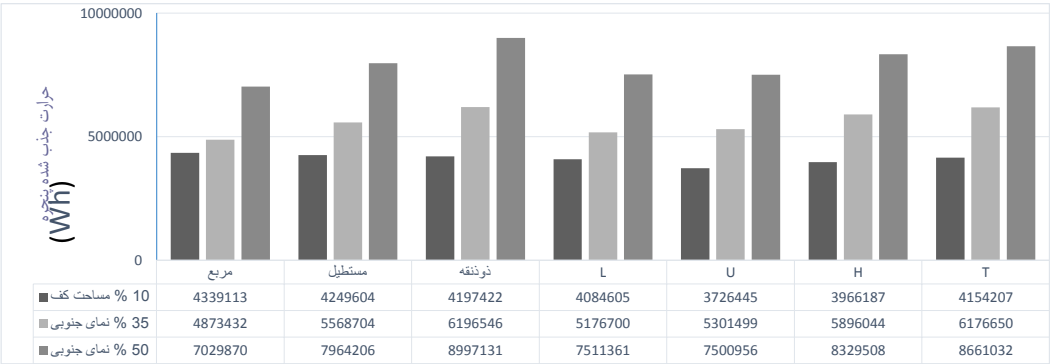
اثرات طراحی اشکال پایه

نتایج شامل حد مجاز سایه در اشکال سایه دار مانند L، U، H و T است و تابش کل در مقایسه با تابش در شکل مستطیلی که به عنوان شکل مرجع می باشد، مد نظر است. شکل (۲) کل تابشی که از یک پنجره جنوبی، برای هر دو نمای سایه دار و بدون سایه، در روز های طراحی زمستان (WDD) و تابستان (SDD) منتقل می شود (بر حسب وات ساعت) را نمایش می دهد. شکل (۳) جذب حرارت خورشیدی سالانه در ارتباط با ابعاد مختلف پنجره ها، برای هر یک از اشکال مورد مطالعه را نشان می دهد. در حالی که برای اندازه پایه پنجره ها (۱۰ درصد از مساحت طبقه) اثر شکل قابل توجه نیست، جذب حرارت برای پنجره های ۳۵ درصد و ۵۰ درصد از مساحت نما، بشدت تحت تاثیر شکل قرار دارد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]



شکل ۲) اشعه های منتقل شده از پنجره ها در نمای جنوبی برای سردترین روز سال و گرمترین روز سال (ماخذ: نگارندگان)



	مربع	مستطیل	ذوذنقه	L	U	H	T
10 % مساحت کف	4339113	4249604	4197422	4084605	3726445	3966187	4154207
35 % نمای جنوبی	4873432	5568704	6196546	5176700	5301499	5896044	6176650
50 % نمای جنوبی	7029870	7964206	8997131	7511361	7500956	8329508	8661032

شکل ۳) جذب حرارت سالانه انواع پنجره (با انواع مساحت) جنوبی در تمامی اشکال (ماخذ: نگارندگان)

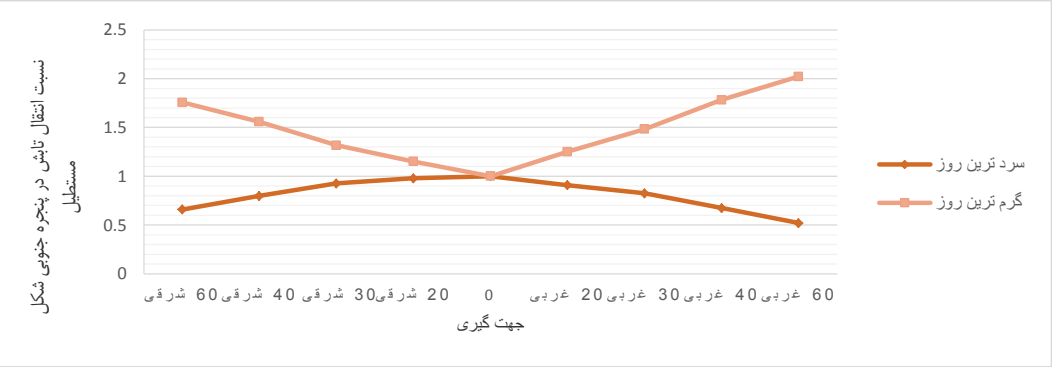
اثرات طراحی اشکال اصلی

در تحلیل ها تمام تغییرات اشکال پایه، با پنجره جنوبی ۳۵ درصد نما مورد مطالعه است، زیرا این درصد از پنجره جنوبی کاهش قابل توجهی در بار گرمایشی دارد و به مقدار کمی بار سرمایشی را افزایش می دهد.

شکل مستطیل : انواع شکل مستطیل شامل تغییر نسبت ابعاد و جهت گیری از جنوب بررسی شده و اثرات این پارامترهای طراحی بر عملکرد انرژی بیان شده است.

جهت گیری: اثر جهت‌گیری به وسیله محاسبه نسبت تابش منتقل شده که با زوایای جهت‌گیری مختلف به وسیله پنجره‌های نمای جنوبی منتقل می‌شود، بررسی شده است. نسبت تابش منتقل شده توسط چرخش نمای جنوبی برای دو روز طراحی از جنوب به شرق(−) و به سمت غرب(+) محاسبه شده است شکل (۴). در سردترین روز با چرخش ۶۰ درجه به سمت شرق یا غرب، جذب انرژی به نسبت زاویه تا ۵۰ درصد کاهش می یابد و در گرمترین روز به نسبت چرخش به سمت شرق و غرب به نسبت چرخش، جذب تا ۱۰۰ درصد افزایش پیدا می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]



شکل ۴) تاثیر جهت گیری در انتقال پرتو های خورشید طی یک دوره (گرمترین روز سال و سردترین روز سال) (ماخذ: نگارندگان)

اشکال سایه دار

انواع اشکال سایه دار شکل L و تاثیر تغییر پارامتر های نسبت عمق و زاویه بین بال‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. شکل L می تواند به عنوان یک شکل پایه از انواع اشکال سایه انداز در نظر گرفته شود و دیگر اشکال سایه انداز می‌توانند ترکیبی از تغییرات این شکل در نظر گرفته شوند.

نسبت ابعاد

تابش خورشیدی در نماهای سایه دار یک شکل سایه انداز به میزان زیادی به نسبت عمق و تعداد نماهای سایه انداز بستگی دارد. تاثیر نسبت عمق در تابش و انتقال اشعه های خورشیدی اشکال U و L برای روز طراحی زمستان در جدول (۱) نشان داده شده است . نتایج نشان می دهد که تابش به طور متوسط در هر متر مربع در نمای جنوبی سایه دار شکل L برای مقادیر نسبت عمق ۱/۲، ۱ و ۳/۲ به ترتیب ۱۲ درصد، ۲۲ درصد و ۲۶ درصد نسبت به نمای بدون سایه جنوبی کاهش می یابد. همچنین اثر کاهش میانگین تابش در نمای سایه دار شکل U و انتقال تابشها توسط پنجره های آن، حدودا دو برابر شکل L (با نسبت های عمق مشابه) است، جدول (۱).

جدول ۱) تاثیر نسبت عمق در انتقال پرتو شکل های U, L (ماخذ: نگارندگان)

شکل	تعداد سایه های نماهای مورد مطالعه		a/b=1/2	a/b=1	a/b=3/2
شکل L	۱	کاهش میانگین تابش نمای سایه دار	٪۱۲	٪۲۲	٪۲۶
		کاهش میانگین انتقال تابش	٪۷	٪۲۷	٪۳۴
شکل U	۲	کاهش میانگین تابش نمای سایه دار	٪۲۳	٪۴۳	٪۵۳
		کاهش میانگین انتقال تابش	٪۱۴	٪۴۶	٪۶۰

a/b= نسبت ابعاد

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

چرخش بال در انواع اشکال L

با توجه به اقلیم گرم و خشک، انواع شکل L با نسبت عمق ۱/۲ طراحی شده و تاثیر چرخش بال آنها در پتانسیل خورشیدی بررسی و با شکل مستطیل مقایسه شده است. دو نکته اصلی در تحلیل تابش و انتقال اشعه خورشیدی در انواع شکل L شامل – زاویه بزرگتر بین بال‌ها به وسیله کمتر کردن سایه، اجازه انتقال بیشتر تابش را می دهد. زمانی که زاویه بالها از ۱۲۰ درجه بزرگتر است، کاهش قابل توجهی در تابش خورشیدی بر نمای سایه دار صورت نمی گیرد. چرخش نمای جنوبی بال شکل L باعث افزایش جذب حرارتی در نمای جنوبی برای سردترین روز و کاهش جذب حرارتی در گرمترین روز می شود. انواع L به طور مشخص، علاوه بر نسبت عمق، توسط زاویه β (انحراف از ۹۰ درجه زاویه احاطه شده توسط بالهای L) مشخص می شوند. چهار مقدار ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه برای β در این مطالعه در نظر گرفته شده است. انواع اشکال L به وسیله کاراکتر های تعیین موقعیت و زاویه بال ها مشخص شده است. به عنوان مثال، WS30 یک نوع از L با یک بال متصل به انتهای غربی از جناح اصلی و رو به جنوب است که زاویه β آن ۳۰ درجه است.

نیاز انرژی

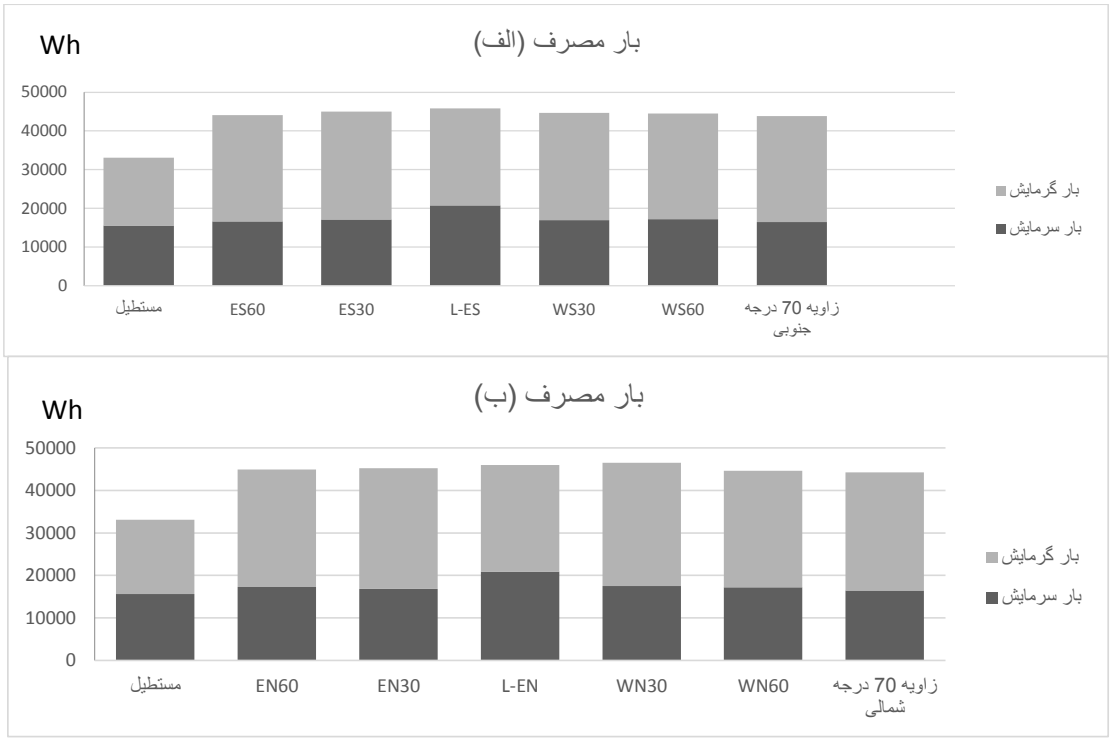
چرخش بال انواع L تاثیر مهمی در بار گرمایش آنها ندارد. شکل L با بال جنوبی و زاویه β=60 درجه (ES60 و WS60) و زاویه ۷۰ درجه به ترتیب ۳۶، ۳۵ و ۳۶ درصد بیشتر از مستطیل مرجع دارای بار گرمایش هستند. بار سرمایش انواع L نیز حدود ۶ تا ۲۵ درصد بیشتر از مستطیل است که این افزایش با انتقال تابش به وسیله پنجره جنوبی در صبح و عصر تابستان ایجاد می شود که با تنظیم مساحت پنجره چرخیده شده با نما می توان این اثر را کاهش داد. بار گرمایش و سرمایش اشکال L بال شمالی (WNوEN) نسبت به انواع بال جنوبی (WSوES) تفاوت چندانی نمی کند. به عنوان مثال، افزایش بار گرمایشی EN60 حدود ۳۷ درصد بیشتر از شکل مرجع (مستطیل) است در حالی که ۱ درصد نسبت به ES60 بیشتر است. (شکل۵ الف و ب) بار گرمایش و سرمایش مصرفی انواع اشکال L را با بالهای جنوبی و شمالی نمایش می دهد.

یافته ها

جدول عملکردی واحد های مسکونی در این بخش به ارائه کامل مقادیر پارامتر های طراحی مورد بحث این تحقیق و حداکثر اثرات این پارامتر ها می پردازد. مقدار اهمیت اثرات مختلف به وسیله نماد پیکان در پنج سطح مختلف نشان داده شده است. پیکان رو به راست بیان می دارد که هیچ اثر قابل توجهی وجود ندارد، پیکان پایین نشان دهنده اثر نامطلوب و به سمت بالا اثر مثبت را نشان می دهد. این اثرات به صورت درصد بیان و با نمونه مرجع (مستطیل) مقایسه شده اند. لازم به ذکر است که برای ارزیابی بار های گرمایش و سرمایش، کاهش این بارها در مقایسه با نمونه مرجع، یک اثر مطلوب است و با علامت منفی و پیکان به سمت بالا نشان داده شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

جدول (۲) اثرات اصلی در ارتباط با هر یک از پارامترهای طراحی شکل را در سه معیار عملکردی نشان می‌دهد.



شکل ۵) بار گرمایش و سرمایش سالانه شکل L و انواع آن (الف) جنوبی، (ب) شمالی در مقایسه با شکل مرجع (ماخذ: نگارندگان)

ارزیابی و انتخاب

جداول (۳) ارزیابی گزینه‌های طراحی شکل واحد های مسکونی را نمایش می‌دهد. ارزیابی این گزینه‌ها بر اساس مجموع نمرات و وزن معیار های عملکردی هستند. این وزن دهی بر اساس آب و هوای با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه انجام شده و امتیازات با توجه به میزان اثر گذاری (در مقایسه با نمونه مرجع شکل مستطیل) پارامترها بر میزان مصرف انرژی اختصاص داده شده اند (برای مصرف بالاتر نمره پایین‌تر در نظر گرفته شده است). گزینه‌های مناسب متمایل به رنگ سبز و نامناسب متمایل به رنگ قرمز می‌باشند.

وزن ها و نمرات نسبی آنها به آب و هوا وابسته است. به همین ترتیب، اثرات پارامترهای طراحی مانند شکل خانه، طرح بندی سایت و تراکم در اقلیم‌های مختلف مشابه هستند، اما اهداف با آب و هوا تغییر می کنند. به عنوان مثال، زمانی که سایه های متقابل در آب و هوای سرد نامطلوب است، ممکن است در آب و هوای گرم مطلوب باشند و اثر مثبت بر بار سرمایش که یکی از معیارهای کارایی اصلی است داشته باشند. بر این اساس، در جدول (۳) برای بار مصرف گرمایش ضریب ۵ و برای بار مصرف سرمایش ضریب ۴.۶۶ در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

جدول ۲) پارامترهای شکل و تاثیرات آنها (در صد مصرف گرمایش و سرمایش اشکال مختلف نسبت به نمونه مرجع شکل مستطیل) (ماخذ: نگارندگان)

اشکال			مصرف انرژی		پتانسیل خورشیدی
	نسبت ابعاد	مقدار	گرمایش (کمتر بهتر)	سرمایش (کمتر بهتر)	تابش بر نمای جنوبی (بیشتر بهتر)
اشکال بدون سایه		۲	۵٪	۴٪	۲۵٪
		۱.۶	۴٪	۴٪	۱۲٪
		۱.۳	۰٪	۰٪	۰٪
		۱	-۱٪	-۱٪	-۱۲٪
		۰.۶	۱٪	۵٪	-۳۱٪
	جهتگیری نسبت به جنوب				
		۶۰	۲٪	۳٪	۵٪
		۴۵	-۳٪	۲۵٪	۲۲٪
		۳۰	-۱٪	۶٪	۶٪
		۰	۰٪	۰٪	۰٪
اشکال سایه انداز	نسبت عمق				
		۱/۲	-۲٪	۰٪	-۴٪
		۱	۱۱٪	۵٪	۳۰٪
		۲/۳	-۵٪	-۸٪	-۳۱٪
	جهتگیری بال	نسبت عمق ۱/۲			
		SW	۹٪	۴٪	۱۰٪
		SE	۸٪	۴٪	۸٪
		N	۸٪	-۳٪	۱۴٪
	تعداد نماهای سایه دار	نسبت عمق ۱/۲			
		۱	-۲٪	۰٪	-۴٪
		۲	۱۵٪	۶٪	-۲٪
	زاویه بین بال ها	نسبت عمق ۱/۲			
		۰	۸٪	۴٪	۱۰٪
		۳۰	۷٪	۴٪	۱۰٪
		۴۵	۵٪	۵٪	۲۹٪
		۶۰	۴٪	۷٪	۱۴٪
		۷۰	۱٪	-۲٪	۱۴٪
پنجره های جنوب ۳۵ ٪ از سطح نما می باشند					
تمام آلترناتیوهای موجود در جدول با نمونه مرجع مقایسه شده اند، نمونه مرجع شکل مستطیل با نسبت ابعاد ۱,۳ می باشد که بصورت خط چین در جدول مشخص شده است.					
اشکال بدون سایه و سایه انداز از مناظر مختلف بررسی شده اند، آلترناتیوهای مناسب بارنگ متمایل به سبز و نا مناسب با رنگ متمایل به قرمز مشخص شده اند.					

جدول ۳) پارامترهای شکل و تاثیرات آنها (ماخذ: نگارندگان)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

اشکال	پارامتر ها	مقدار	مصرف		امتیاز
			گرمایش	سرمایش	
			ضریب وزن دهی ۵	ضریب وزن دهی ۴/۶۶	
بدون سایه (مستطیل، مربع، ذوزنقه)	نسبت ابعاد	۲	-۵	-۴	-۴۳/۶۴
		۱/۶	-۴	-۴	-۳۸/۶۴
		۱/۳	۰	۰	۰
		۱	۱	۱	۹/۶۶
		۰/۶	-۱	-۵	-۲۸/۳۰
	جهت گیری	۶۰	-۲	-۳	-۲۳/۹۸
		۴۵	۳	-۲۵	-۱۰۱/۵۰
		۳۰	۱	-۶	-۲۲/۹۶
		۰	۰	۰	۰/۰۰
سایه انداز (T و L، U، H)	نسبت عمق	۲/۱	۳	۰	۱۵/۰۰
		۱	-۱۱	-۵	-۷۸/۳۰
		۲/۳	۵	۸	۶۲/۲۸
	جهت بال	SW (جنوب و غرب)	-۹	-۴	-۶۳/۶۴
		SE (جنوب و شرق)	-۸	-۴	-۵۸/۶۴
		WN (غرب و شمال)	-۸	۳	-۲۶/۰۲
	تعداد نماهای سایه انداز (L و U)	۱	۲	۰	۱۰/۰۰
		۲	-۱۵	-۶	-۱۰۲/۹۶
	زاویه بین بال ها	۰	-۸	-۴	-۵۸/۶۴
		۳۰	-۷	-۴	-۵۳/۶۴
		۴۵	-۵	-۵	-۴۸/۳۰
		۶۰	-۴	-۷	-۵۲/۶۲
		۷۰	-۱	۲	۴/۳۲

تمام آلترناتیوهای موجود در جدول با نمونه مرجع مقایسه شده اند، نمونه مرجع شکل مستطیل می باشد که بصورت خط چین در جدول مشخص شده است.

با توجه به اقلیم شهر سمنان و مقدار نیاز به گرمایش و سرمایش در فصول مختلف سال، ضریب ۵ برای گرمایش و ضریب ۴/۶۶ برای سرمایش در نظر گرفته شد.

مقدار عدد بدست آمده برای مصرف گرمایش و سرمایش پس از ضرب در ضرایب در نظر گرفته شده، با یکدیگر جمع شده و نمره نهایی بدست آمده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

نتیجه گیری

این تحقیق با پل زدن بر شکاف بین مهندسی، معماری و برنامه ریزی شهری به ارائه رویکـردی نـو بـرای ارزیـابی عملکرد انرژی واحد همسایگی و طراحی بهینه واحد ها از نظر استفاده از انرژی خورشیدی می پـردازد و نشـان‌دهنـده ایـن مهم است که پارامترهای مختلف باید در بهینه سازی اشکال برای طراحی غیر فعال خورشیدی واحدهای مسکونی در نظـر گرفته شوند. با استفاده از اشکال پایه (مستطیل، مربع، ذوزنقه، L، U، H وT)، می‌توان به شکل های مختلف واحـد هـا و طرح بندی های متنوع سایت رسید. شکل مستطیل با نسبت ابعاد ۱.۳ در این تحقیق به عنوان شکل مرجع در نظـر گرفتـه شده است و اشکال دیگر با آن مقایسه شده اند. بر اساس نتایج بدست آمده، در اقلیم شهر سمنان اولویت انتخاب اشـکال و فرم واحد های همسایگی از لحاظ کارایی مصرف انرژی بدین شرح است: در بین اشکال بـدون سـایه (مربـع، مسـتطیل و ذوزنقه)، مربع کارایی بهتری نسبت به مستطیل دارد و پس از آن، مستطیل با نسبت ابعاد ۱.۳ مناسب است. در میان اشکال سایه انداز (L، U، H و T)، شکل L با نسبت عمق ۲ به ۳ و جهت گیری بال به سمت غرب و شمال و زاویه بین بالهای آن، ۷۰ درجه، بهترین گزینه از لحاظ کارایی مصرف انرژی است. همچنین نتایج بیان می دارد در مقایسه بین اشکال سـایه انداز و بدون سایه، شکل L نسبت به مربع و مستطیل، کارایی بالاتر در بحث مصرف انرژی از خود نشان می دهد.

منابع

[۱] رحیمی میبدی، نسیم،۱۳۹۰، طراحی واحد همسایگی در یزد (با هدف افزایش قابلیت در مسکن امروز)، دانشگاه یزد، پایـان نامـه کارشناسی ارشد مهندسی معماری.

[۲] شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۷– ۱۳۷۹، عملکرد شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور در بخش ساختمان، بهینـه سـازی مصرف انرژی در ساختمان.

[۳] فتح جلالی، آرمان، ۱۳۸۹، تدوین معیارهای برنامه ریزی کاربری اراضی شهری با رویکرد کارایی انرژی، دانشگاه تربیت مدرس، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی معماری.

[4] Charron R and Athienitis, A. 2006. "Design and optimization of net zero energy solar homes",

[5] ASHRAE Transactions 112 (2): 286-295.

[6] Beal Colin M., Ashlynn S. Stillwell, Carey W. King, Stuart M. Cohen, Halil Berberoglu, Rajendra P. Bhattarai, Rhykka L. Connelly1, Michael E. Webber, Robert E. Hebner, (2012) "Energy Return on Investment for Algal Biofuel Production Coupled with Wastewater Treatment", Water Environment Research, Volume 84, Number 9.

[7] Chan Yi Jing, Mei Fong Chong, Chung Lim Law, D.G. Hassell, (2009) "A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater", Chemical Engineering Journal 155: 1-18.

[8] Eric A. Zielke, (2006) "*Application of Microbial Fuel Cell technology for a Waste Water Treatment Alternative*", Microbial Fuel Cell technology, February 15.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

[9] Gašpariková E., Kapusta Š., Bodík I., Derco J., Kratochvíl K., (2005) "Evaluation of Anaerobic-Aerobic Wastewater Treatment Plant Operations", Polish Journal of Environmental Studies Vol. 14, No. 1, 29-34.

[10] Ghangrekar, M. M. and Shinde V.B., (2006) "Wastewater Treatment in Microbial Fuel Cell and Electricity Generation: A Sustainable Approach", 12th international sustainable development research conference, Hong Kong.

[11] Guangming Z, Ru J, Guohe H, Min X, Jianbing L., (2007) "*Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis*", Environmental Management; 82: 250 -259.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]