

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۰۹/۰۵

فاطمه هاشمی^۱، شاهین حیدری^۲

تأثیر طراحی معماری بر مصرف انرژی منازل مسکونی اقلیم سرد، با تکیه بر چرخه خورشیدی مطالعه موردی: شهر اردبیل^۳

چکیده

در گذشته آسایش حرارتی و روشنایی از طریق طراحی ساختمان و تعداد محدودی از تجهیزات ساختمانی ایجاد می‌شد. جانمایی فضاها در پلان، انتخاب پوسته متناسب با اقلیم، ابعاد بازشوها و مواردی از این دست در طراحی معماری همواره در کانون توجه بودند. چنین شرایطی در دهه ۱۹۶۰ بسیار دگرگون شد و تأمین گرمایش و سرمایش و روشنایی ساختمان از طریق تجهیزات مکانیکی، جنبه‌ای محوری و اصلی به خود گرفت. متعاقب بحران انرژی در سال ۱۹۷۳، بهترین حالت تأمین گرمایش و سرمایش و روشنایی، توجه به طراحی ساختمان و سپس تأسیسات مکانیکی تعیین شد. در پژوهش حاضر تأثیر طراحی بر اساس چرخه خورشیدی روی بار گرمایشی و سرمایشی مسکن اقلیم سرد بررسی می‌گردد. در این بررسی به دلیل اهمیت ورودی نور در فضاهای بسته، محاسبات برای ابعاد مختلف پنجره جنوبی انجام می‌شود. این محاسبات از طریق شبیه‌سازی در نرم‌افزار Ecotect که ویژه محاسبات انرژی است، انجام می‌شوند. خروجی نهایی، بار گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز را برای ابعاد مختلف پنجره‌های جنوبی در طول یکسال مشخص می‌سازد. حاصل محاسبات انرژی، می‌تواند میزان تأثیر جانمایی فضاها را بر اساس چرخه خورشیدی و با توجه به ابعاد مختلف بازشو، بر مصرف انرژی مشخص سازد. بر اساس نتایج به دست آمده، می‌توان تصمیم‌های لازم را گرفت و میزان کاهش مصرف انرژی خانگی را تنها از طریق جابه‌جا کردن فضاها و بدون صرف هزینه مازاد تعیین کرد.

کلیدواژه‌ها: ساختمان مسکونی، طراحی پلان، چرخه خورشیدی، بار گرمایشی، بار سرمایشی، نرم افزار اکوتکت.

^۱ کارشناس ارشد معماری و انرژی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران (نویسنده مسئول)

Email: yasamin_hashemi@yahoo.com

^۲ دانشیار معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، استان تهران، شهر تهران

Email: shahin_heidari@yahoo.com

^۳ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فاطمه هاشمی است که با راهنمایی شاهین حیدری با عنوان «بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد» در دانشکده معماری دانشگاه تهران انجام شده است.

مقدمه

تا حدود یک قرن پیش، گرمایش و سرمایش و روشنایی ساختمان‌ها در حوزه تخصص مهندسان معمار بود. آسایش حرارتی و روشنایی از طریق طراحی ساختمان و تعداد محدودی از تجهیزات ساختمانی ایجاد می‌شد. گرمایش ساختمان از طریق طراحی فشرده آن، جانمایی فضاها متناسب با حرکت خورشید در آسمان، و توجه به تابش خورشید از طریق بازشو به فضاها همراه با استفاده از شومینه و یا آتشدان به دست می‌آمد؛ سرمایش از طریق گشودن پنجره‌ها به سمت باد و سایه‌اندازی بر آنها در مقابل خورشید فراهم می‌گشت؛ و روشنایی نیز از طریق پنجره‌ها، چراغ‌های روغنی و شمع تأمین می‌شد.

شرایط اشاره‌شده در دهه ۱۹۶۰ دچار دگرگونی عمده‌ای شدند. در این زمان چنین عقیده‌ای به‌طور گسترده پذیرفته شده بود که گرمایش و سرمایش و روشنایی ساختمان‌ها می‌بایست با استفاده از تجهیزات مکانیکی - که مهندسان تأسیسات، طراحی می‌کنند - تأمین شود. اما در پی بحران انرژی در سال ۱۹۷۳، تصدیق گردید که تأمین گرمایش و سرمایش و روشنایی، در بهترین حالت از طریق تجهیزات مکانیکی و طراحی ساختمان - هر دو - صورت می‌گیرد (لکسر، ۱۳۸۵، ۱۶). صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مبحث چندان جدیدی در سطح جهانی نیست. اما در ایران و مشخصاً بخش ساختمان، اهمیت یافتن این موضوع قدمت چندانی ندارد و صرفاً اقداماتی اولیه در این زمینه آغاز شده است. امروزه در کشور ما با توجه به آمارها و ارقام مصرف سوخت، بهینه‌سازی و منطقی کردن مصرف انرژی به‌خصوص در بخش ساختمان‌سازی و مشخصاً در مرحله طراحی امری حیاتی است.

در طراحی ساختمان، که مهندسان معمار عهده‌دار مسئولیت آن‌اند، صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق توجه به فرم و زاویه استقرار بنا، جانمایی فضاها در پلان، انتخاب پوسته مناسب با اقلیم و شرایط محیطی، ابعاد بازشوها با توجه به تابش دریافتی و اتلاف حرارت ناشی از آن و همچنین انواع بازشوها و شیشه‌ها (یک‌جداره، دوجداره و جز آن)، و در نهایت استفاده از شیوه‌های مناسب برای جایگزین کردن انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی‌های تجدیدناپذیر صورت می‌گیرد. هر یک از اینها به میزانی در کاهش مصرف انرژی ساختمان مؤثر است. به‌منظور روشن‌سازی لزوم رعایت نکات ذکرشده و در اولویت قرار دادن آنها در مراحل طراحی - در مقایسه با نکاتی چون دید و منظر، همسایگی‌ها، نام‌سازی و جز اینها - می‌بایست میزان تأثیر هر یک از نکات مذکور را بر مصرف انرژی ساختمان تعیین کرد. تأثیر اصلاح پوسته و بازشوها در مصرف انرژی ساختمان بر اساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، در پروژه‌های ممیزی انرژی ساختمان‌های شاخص و متداول، که در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برای انواع ساختمان‌ها در اقلیم‌های مختلف تدوین‌شده، مورد بررسی قرار گرفته است (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۳).

در پژوهش حاضر، تأثیر طراحی بر اساس چرخه خورشیدی روی بار گرمایشی و سرمایشی مسکن اقلیم سرد بررسی می‌گردد. در این بررسی به‌دلیل اهمیت ورودی نور در فضاهای بسته، محاسبات برای ابعاد مختلف پنجره جنوبی صورت می‌گیرد. برای انجام این محاسبات، از یکی از نرم‌افزارهای محاسبات انرژی به‌نام اکوتکت^۱ استفاده می‌شود. نرم‌افزار مذکور ابزاری کامل برای طراحی محیطی است که بر اساس مدل‌سازی سه‌بعدی، ویژگی‌های خورشیدی، حرارتی، روشنایی، آکوستیک و نظایر اینها، ساختمان را به گونه‌ای درک‌شدنی تجزیه و تحلیل می‌کند. نتایج

به دست آمده، ساده و دقیق و - از همه مهم‌تر - دارای ارائه گرافیکی اند (URL, 1390, 1). محاسبات عملکرد حرارتی ساختمان در این نرم‌افزار بر استاندارد "ISO 13791: 2004" و "ISO 13792: 2005" مبتنی است؛ و محاسبات اتلاف حرارت بر اساس استاندارد "ISO 13789: 1999" صورت می‌گیرد (URL, 1390, 3). روش کار این نرم‌افزار کامپیوتری، شبیه‌سازی فعال ساعت به ساعت نمودار حرارتی ساختمان و تعیین انرژی‌های مورد نیاز برای قرارگیری در محدوده آسایش افراد، در بازه زمانی یک ساله است.

خروجی نهایی شبیه‌سازی کامپیوتری، بار گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز خانه برای ابعاد مختلف بازشوهای جنوبی در طول یک سال است. با نتایج به دست آمده از محاسبات انرژی می‌توان تأثیر جانمایی فضاها را بر اساس چرخه خورشیدی و با توجه به ابعاد مختلف بازشوها، بر مصرف انرژی یک متر مربع از خانه ارزیابی کرد و بر اساس نتایج به دست آمده، به تصمیم‌گیری‌های لازم در مرحله طراحی پرداخت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر با تکیه بر مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای در زمینه ساختمان و مصرف انرژی برای تأمین نیازهای خانگی^۱ (گرمایش، سرمایش، روشنایی و دیگر نیازهای الکتریکی)، در حوزه محاسبه بار حرارتی ساختمان در اقلیم سرد کشور (نمونه موردی: شهر اردبیل) و با تأکید بر بهره‌مندی از تابش خورشید، در نرم‌افزار اکوتکت انجام گرفته است. با توجه به اینکه در اقلیم سرد، بخش عمده انرژی ساختمان‌های مسکونی به مصرف گرمایش می‌رسد، کاهش مصرف انرژی خانه در این اقلیم منوط بر کاهش بار گرمایشی فضاها است. تابش خورشید به دو طریق موجب کاهش بار گرمایشی خانه می‌گردد:

۱) دریافت مستقیم از طریق بازشوها و بالا رفتن دمای فضا؛ و

۲) حرارت جذب‌شده پوسته ساختمان که با تاخیر زمانی^۲ به فضای پشت انتقال داده می‌شود.

پارامترهای ذکر شده ارتباط مستقیمی با جهت جغرافیایی بازشو و پوسته ساختمان نسبت به جنوب دارد. در طراحی بر اساس چرخه خورشیدی، نقاط مشرف به جنوب به فضاهای زیست روزمره (نشیمن) اختصاص داده می‌شود و فضاهایی اهمیت نسبی کمتری دارند در قسمت‌های شرقی و غربی ساختمان استقرار می‌یابند (Roaf, 2007). با توجه به اینکه در اقلیم سرد ساختمان‌ها به منظور جلوگیری از اتلاف حرارت و محافظت در برابر باد سرد زمستانی، به صورت متراکم و پیوسته در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (کسمائی، ۱۳۸۳)، در بافت شهری دارای همسایگی‌های شرقی و غربی‌اند و ناگزیر برخی از فضاهای خانه در جبهه شمالی ساختمان مستقر می‌گردند. در این تحقیق سه تیپ اصلی پلان‌های مسکونی متداول شهر اردبیل^۳ بر اساس جانمایی فضاها در پلان خانه به منظور محاسبات حرارتی، در سه گروه اصلی مدل‌سازی می‌شوند. در این مدل‌سازی فضاهای داخلی خانه در دو بخش روز و شب جای دارند. فضاهای جای‌گرفته در بخش روز، آنهایی هستند که عمدتاً در طول روز (از طلوع تا غروب خورشید) از آنها استفاده می‌شود (نشیمن، پذیرایی و آشپزخانه)؛ و بخش شب دربرگیرنده فضاهایی است که عمدتاً در تاریکی کاربرد دارند (خواب و سایر فضاهای خانه). سه گروه اصلی مدل‌سازی پلان عبارت‌اند از:

ا. بخش روز واقع در جبهه شمالی و بخش شب واقع در جبهه جنوبی ساختمان؛

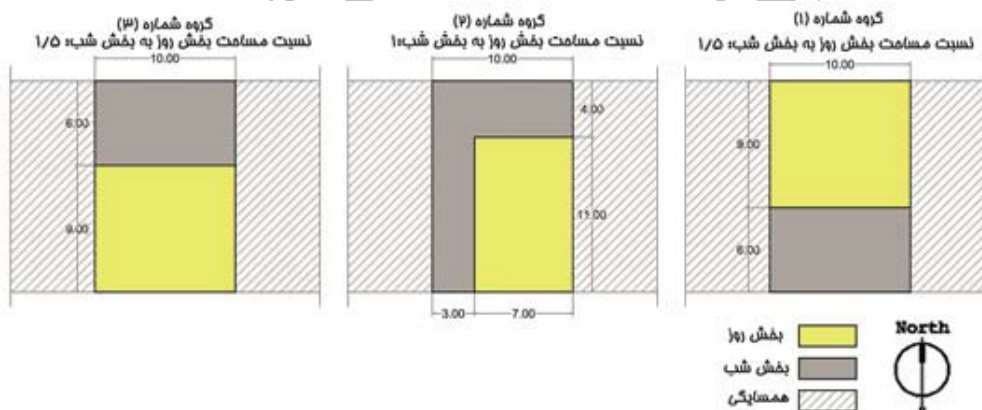
ب. بخش روز واقع در جبهه جنوبی و بخش شب به صورت ترکیبی در جبهه شمالی و جنوبی؛ و

۱۱۱. بخش روز واقع در جبهه جنوبی و بخش شب واقع در جبهه شمالی ساختمان^۱.

محدوده مجاز تعبیه بازشو در نمای ساختمان مسکونی برای اقلیم سرد با توجه به دریافت تابش و اتلاف حرارت حاصل از بازشو، ۱۵ تا ۴۰ درصد نما محاسبه شده است (کسمایی، ۱۳۷۲). در این تحقیق به منظور بررسی میزان تأثیر ابعاد بازشو در روند مقایسه سه گروه اصلی پلان مدل سازی شده، محاسبات برای هر گروه با سه ابعاد بازشو (۱۵ درصد، ۲۵ درصد و ۳۵ درصد) سطح نمای جنوبی انجام گرفته است.

برای ارزیابی حالت‌های مذکور، ساختمانی یک طبقه با پلان ساده (فاقد طراحی ریز بخش‌های روز و شب)، سه‌خوابه با مساحت ۱۵۰ مترمربع انتخاب شد (شکل ۱). این ساختمان در بافت شهری قرار دارد و دارای همسایگی‌های شرقی و غربی است (و بدین ترتیب در جبهه‌های شرقی و غربی، فاقد نورگیر است) و نورگیری آن از جبهه جنوبی و شمالی صورت می‌گیرد. ویژگی‌های حرارتی پوسته ساختمان در تمامی مدل‌ها یکسان‌اند و تنها تغییر، در ابعاد بازشوی جنوبی است (بهره‌مندی از تابش خورشید از طریق نمای جنوبی صورت می‌گیرد).

مدل سازی انجام شده برای ساختمان، نمونه مناسبی به منظور ارزیابی گرمایشی و سرمایشی در ساختمان‌های مسکونی هم‌تپ در مراحل ابتدایی طراحی است. با اینکه نیازی نیست مدل سازی با پیچیدگی چندانی همراه باشد، باید تمامی عوامل مؤثر بر میزان بار حرارتی ساختمان در نظر گرفته شود. بنابراین باید عایق حرارتی و بار حرارتی جداره ساختمان و هندسه اجزای آن به دقت شبیه‌سازی گردد. به علاوه، فرضیه‌ها و تصمیم‌ها بر اساس تعداد کاربران فضا، فعالیت‌های انجام شده در آن، برنامه زمان‌بندی ساعت‌های اشغال فضا، استراتژی‌های کنترل سیستم‌های تهویه و در نهایت طراحی سیستم‌های روشنایی در نظر گرفته شود.



شکل ۱. پلان در نظر گرفته شده برای سه گروه اصلی و نحوه تقسیم‌بندی آن به دو بخش روز و شب

منبع: نگارندگان

پارامترهای حرارتی مؤثر بر بار حرارتی ساختمان عبارت‌اند از (2, 1389, URL):

۱. دریافت تابش مستقیم^۲: حرارتی که از طریق ورود مستقیم تابش به وسیله پنجره‌ها و دیگر سطوح شفاف وارد اتاق می‌شود.
۲. دریافت از طریق پوسته^۳: حرارت حاصل (دریافت و یا اتلاف) از جذب تابش به وسیله اجزای پوسته - مانند دیوارها، پنجره‌ها و سقف که به اتاق پس داده می‌شود (فاصله

- زمانی جذب تابش به وسیله پوسته و بازپس دادن آن، به ویژگی تأخیر زمانی مصالح به کار رفته بستگی دارد).
۳. دریافت از طریق هوادهی و نشت هوا^۱: حرارت ناشی از تعویض هوای داخل با خارج (دریافت یا اتلاف) مانند نشت حاصل از شکاف‌ها و مکان‌هایی که خوب درزبندی نشده‌اند و مصالح متخلخل و یا بازشوها.
۴. دریافت داخلی^۲: حرارت حاصل از تجهیزات روشنایی (لامپ، شمع و جز اینها) و دیگر تجهیزات، تعداد افراد اشغال‌کننده فضا و نوع فعالیت‌های‌شان.
۵. دریافت داخلی زون‌ها^{۱۱}: حرارت جابه‌جاشده بین زون‌های مجاور ناشی از تفاوت دمایی بین آنها از طریق دیوار، در، پنجره، سقف و کف مشترک.
۶. دریافت پراکنده تابش^{۱۲}: حرارتی که از جداره غیرشفاف خارجی به دلیل کاهش اختلاف دمای سطحی در اثر تابش پراکنده خورشید به دست می‌آید (تابش بازتابی از یک جسمی غیرشفاف).
جزئیات ساختمان و پارامترهای تأثیرگذار، در ادامه بررسی می‌شوند.
- ساختمان مسکونی یک طبقه‌ای برای تحلیل، مدل‌سازی شده است. جدول ۱ لیستی از مشخصات ساختمان درج شده است. جدول ۲، لیست ابعاد و جزئیات ساخت بنا و عایق‌بندی آن را نشان می‌دهد. در جدول ۳ پارامترهای سیستم گرمایشی و سرمایشی ساختمان، فرضیه‌ها و انتخاب‌های ابتدایی طراحی که برای تحلیل به کار رفته، شرح داده شده؛ و در جدول ۴ تعداد ساکنان، نوع فعالیت و برنامه زمان‌بندی اشغال بخش‌های روز و شب در طی یک سال نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات کلی ساختمان

اردبیل	موقعیت ساختمان
عرض جغرافیایی ۲۸ طول جغرافیایی ۴۸	
طول ۱۵ متر	ابعاد ساختمان
عرض ۱۰ متر	
ارتفاع ۳ متر	
یک طبقه	نوع ساختمان
همسایگی شرقی و غربی	
سازه با وزن متوسط	
فاقد فضای زیر شیروانی	
مسکونی	کاربری ساختمان
مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ساختمان‌های گروه یک**	ویژگی‌های حرارتی ساختمان

منبع: نگارندگان

* در محاسبات، طول و عرض جغرافیایی شهر اردبیل در نظر گرفته شده است و داده‌های اقلیمی نزدیک به داده‌های شهر اردبیل معادل با شهر تورنتوی کانادا به کار رفته است (بر اساس نقشه جهانی کوپن: پهنه‌بندی اقلیمی کره زمین، ماخذ: اطلاعات آموزشی نرم‌افزار اکوتکت).

** مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث نوزدهم، ویرایش سوم، ۱۳۸۸، ص ۳۴، جدول ۳.

در اقلیم سرد به دلیل زیاد بودن اختلاف دمای داخل و خارج، اتلاف انرژی بالایی از طریق پوسته رخ می‌دهد. به منظور جلوگیری از این امر، مصالح تشکیل‌دهنده پوسته ساختمان می‌بایست ضریب هدایت حرارتی مورد نیاز را با توجه به مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (ساختمان‌ها با نیاز بالای صرفه جویی در مصرف انرژی) تأمین کند. این نکته مهم به منظور مدل‌سازی پوسته ساختمان در نظر گرفته شده است.

آسایش حرارتی انسان در ساختمان علاوه بر دما، به نکات دیگری چون پوشش فرد، درصد رطوبت هوا، سرعت حرکت هوا، تعداد مراتب تعویض هوای داخل و سطح روشنایی مورد نیاز بستگی دارد. هر یک از این پارامترها برای فضای مسکونی با توجه به ویژگی‌های اقلیمی، برای تأمین آسایش مقادیر مشخصی دارند. در مدل‌سازی انجام‌شده مقادیر مورد نیاز از مراجع و استانداردهای مرتبط (حیدری، ۱۳۸۴) برگرفته شده‌اند.

جدول ۲. لیست ابعاد و جزئیات ساخت ساختمان و عایق‌بندی

اجزا	مساحت (مترمربع)	ضریب انتقال حرارتی ($w/m^2.k$)	تأخیر در انتقال حرارت (ساعت)	لایه‌های مصالح	ضخامت (سانتی‌متر)
کف	۱۵۰	۰/۴۷۰	۴/۶	فرش	۲/۵
				دال بتنی	۱۰
				عایق پلی اتیلن با چگالی متوسط	۱
دیوار جنوبی (شمالی)	۲۰	۰/۸۴۰	۷/۷	خاک	۱۵۰۰
				آجر نما	۱۱
				ملات سیمانی	۱/۳
				بلوک سیمانی	۲۲
				قشر هوایی دیوار خالی	۱/۵۵
دیوار گچی پیش‌ساخته	۱				
سقف	۱۵۰	۰/۵۵۰	۰/۷	پوشش سقف مسلح	۱/۰
				عایق سلب	۵
				دال بتنی	۵
				قشر هوایی دیوار خالی	۲
				سقف گچی پیش‌ساخته	۲
پنجره جنوبی	۷/۵، ۴/۵، ۱۰/۵	۲/۷۰	مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ساختمان‌های گروه یک	شیشه دوجداره تمیز جنوبی با فریم آلومینیومی	
پنجره شمالی	۶	۲/۷۰		شیشه دوجداره تمیز شمالی با فریم آلومینیومی	

منبع: نگارندگان

جدول ۳. پارامترهای استفاده شده در محاسبات

دمای تعیین شده برای ترموستات	حداقل ۱۶ درجه سانتیگراد	خالی
	حداقل ۱۸ درجه سانتیگراد	اشغال شده
	حداکثر ۲۶ درجه سانتیگراد	اشغال شده
پارامترهای تعیین کننده در شرایط آسایش	ضریب لباس	۱ (clo)
	رطوبت	۶۰ (%)
	سرعت حرکت هوا	m/s ۰/۵
سطح روشنایی	۳۰۰ lux*	
سیستم HVAC	فضای اشغال شده	تأمین گرمایش و سرمایش
	فضای خالی	گرمایش
پارامترهای تعیین کننده میزان تعویض هوای زون	میزان (درصد) تعویض هوا	۱ (ach) بار در ساعت
	میزان حساسیت جریان هوا	۰/۲۵ (ach)

منبع: نگارندگان

* قیابکو، زهرا (۱۳۸۷)، جزوه درسی فیزیک ساختمان، بخش روشنایی، دانشگاه تهران.

برای تأمین شرایط آسایش گرمایی انسان و محاسبه بار حرارتی مورد نیاز، می بایست تعداد ساکنان، درصد حضور افراد در فضا، و همچنین فعالیت های صورت گرفته در آن مد نظر قرار گیرد. برای تعیین پارامترهای مذکور، از روش مشاهده مستقیم^{۱۱} استفاده شده است.

جدول ۴. پارامترهای مرتبط با ساکنان

تعداد ساکنان خانه	۵	حرارت ناشی از فعالیت	۱۱۵ وات	
			۷۰ وات ^{۱۲} (درصد ساکنان)	۰
برنامه زمان بندی استفاده از فضا	روزهای عادی	بخش روز	0:00-6:00	۰
			6:00-8:00	۶۰
			8:00-10:00	۲۰
			10:00-12:00	۶۰
			12:00-17:00	۴۰
			17:00-19:00	۸۰
			19:00-22:00	۱۰۰
	22:00-24:00	۰		
	روزهای تعطیل ^{۱۳}	بخش شب	0:00-6:00	۱۰۰
			6:00-8:00	۶۰
			8:00-10:00	۴۰
			10:00-19:00	۰
			19:00-22:00	۴۰
			22:00-24:00	۱۰۰
0:00-10:00			۰	
روزهای تعطیل ^{۱۳}	بخش روز	10:00-22:00	۱۰۰	
		22:00-24:00	۰	
		0:00-10:00	۱۰۰	
	بخش شب	10:00-22:00	۰	
		22:00-24:00	۱۰۰	
		0:00-10:00	۰	

منبع: نگارندگان

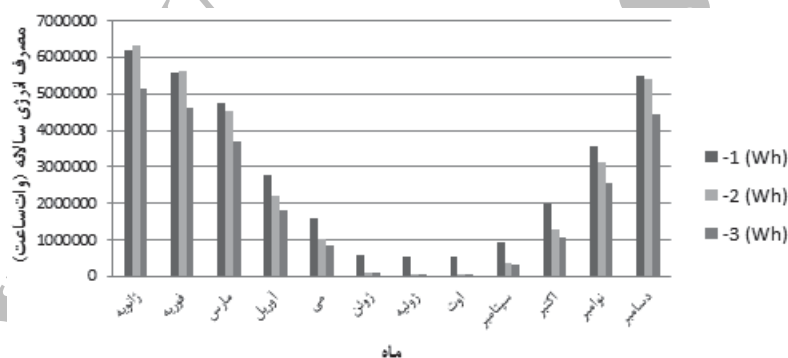
* فعالیت های صامت، مانند خواب و استراحت و مطالعه (ASHRAE, 1992, 55)
 ** فعالیت های حرارتی همچون راه رفتن تند و آشپزی معمولی (ASHRAE, 1992, 55)
 *** بر اساس تقویم سال ۱۳۸۹

بار گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز فضاها به منظور قرارگیری در محدوده آسایش برای دوره‌ای یک‌ساله، با نرم‌افزار و بر اساس اطلاعات ارائه‌شده در جداول، محاسبه گردید. نتایج به دست آمده، برای سه گروه مدل‌سازی‌شده در پیوست شماره ۱ بیان گردیده است.

بحث

هدف از استخراج نتایج، در وهله نخست مقایسه بار حرارتی بین سه تیپ اصلی پلان‌های مسکونی متداول شهر اردبیل، و سپس مقایسه بار حرارتی در سه مدل واقع در هر گروه است. به منظور مقایسه بار گرمایشی و سرمایشی و کل بار حرارتی بین سه گروه اصلی، داده مدل‌های با مساحت باز شو ۲۵ درصد سطح نمای خارجی در شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده است.

در شکل ۱ کل بار گرمایشی دریافتی خانه در هر ماه برای هر سه تیپ پلان نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار مشخص است، پلان تیپ شماره ۱ در ۱۰ ماه سال بیشترین میزان دریافت و پلان تیپ شماره ۳ در تمامی ماه‌های سال کمترین میزان دریافت بار گرمایشی را دارد. بار گرمایشی سالانه به ازای یک متر مربع از خانه در تیپ یک معادل است با ۲۳۰ کیلووات ساعت، در تیپ دو ۲۰۱ کیلووات ساعت و در تیپ سه ۱۶۵ کیلووات ساعت. از مقایسه بین بار گرمایشی این سه تیپ پلان می‌توان چنین نتیجه گرفت: در ازای اصلاح جانمایی فضاها بر اساس چرخه خورشیدی در پلان تیپ شماره ۱ و قرار دادن فضای نشیمن از عرض در ضلع جنوبی (ضلع کوچک‌تر نشیمن که در نتیجه طول نشیمن بیش از عمق نفوذ تابش است) در تیپ شماره ۲، ۱۳ درصد از بار گرمایشی خانه کاسته می‌شود و در ازای تبدیل پلان در تیپ شماره ۲ به پلان تیپ شماره ۳ و جانمایی نشیمن از طول در جبهه جنوبی (عمق نشیمن برای نفوذ تابش به تمامی فضا مناسب است)، ۱۸ درصد از بار گرمایشی خانه کاسته می‌شود.

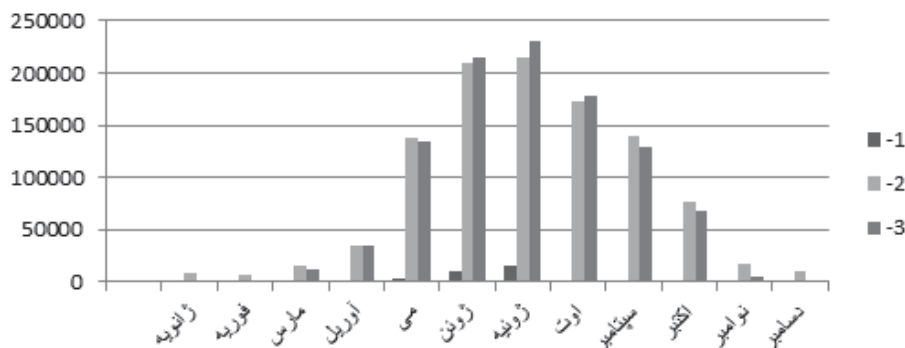


شکل ۲. نمودار بار گرمایشی مورد نیاز برای ماه‌های مختلف سال

منبع: نگارندگان

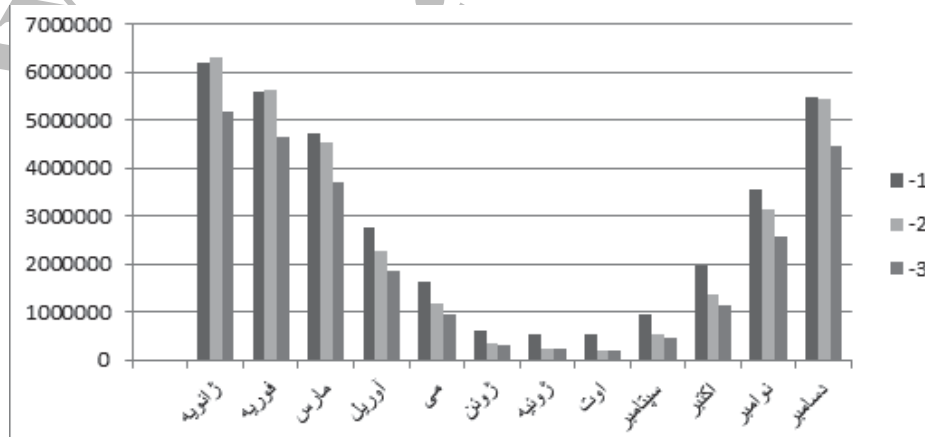
در شکل ۲ کل بار سرمایشی دریافتی خانه در هر ماه برای هر سه تیپ پلان نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار مشخص است، تیپ شماره ۳ در فصل تابستان بیشترین میزان دریافت را دارد و تیپ شماره ۱ در تمامی ماه‌های سال دارای کمترین میزان دریافت بار سرمایشی است. بار سرمایشی سالانه به ازای یک متر مربع از خانه در تیپ یک معادل است با ۰/۲۲۷ کیلووات ساعت؛ در تیپ دو ۶/۷ کیلووات ساعت؛ و در تیپ سه ۶/۹ کیلووات ساعت. به دلیل قرارگیری نشیمن در جبهه شمالی در پلان تیپ شماره (۱) و نفوذ نکردن تابش به این فضا در اکثر ساعات

روز، بار سرمایشی تیپ شماره (۱) در مقایسه با دو تیپ دیگر بسیار پایین‌تر است. در ازای تبدیل پلان در تیپ شماره (۲) به پلان تیپ شماره (۳) و جانمایی نشیمن از طول در جبهه جنوبی بار سرمایشی خانه ۳ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۳. نمودار بار سرمایشی مورد نیاز برای ماه‌های مختلف سال
منبع: نگارندگان

در شکل ۳ کل بار حرارتی دریافتی خانه در هر ماه برای هر سه تیپ پلان نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار مشخص است، تیپ شماره ۱ در ۱۰ ماه سال بیشترین میزان دریافت را دارد و تیپ شماره ۳ در تمامی ماه‌های سال دارای کمترین میزان دریافت بار حرارتی است. بار حرارتی سالانه به ازای یک متر مربع از خانه در تیپ یک معادل است با ۲۳۰ کیلووات ساعت، تیپ دو ۲۰۸ کیلووات ساعت، و تیپ سه ۱۷۱/۵ کیلووات ساعت. از مقایسه بین کل بارهای حرارتی این سه تیپ پلان می‌توان چنین نتیجه گرفت که در ازای اصلاح جانمایی فضاها بر اساس چرخه خورشیدی در پلان تیپ شماره ۱ و قرار دادن فضای نشیمن از عرض در ضلع جنوبی (ضلع کوچک‌تر نشیمن، که در نتیجه طول نشیمن بیش از عمق نفوذ تابش است) در تیپ شماره ۲، ۱۰ درصد از بار حرارتی خانه کاسته می‌شود. در ازای تبدیل پلان در تیپ شماره ۲ به پلان تیپ شماره ۳ و جانمایی نشیمن از طول در جبهه جنوبی (عمق نشیمن برای نفوذ تابش به تمامی فضا مناسب است)، ۱۸ درصد از بار حرارتی خانه کاسته می‌شود.



شکل ۴. نمودار بار حرارتی مورد نیاز برای ماه‌های مختلف سال
منبع: نگارندگان

در جدول ۵ نتایج محاسبات حرارتی هر گروه درج شده است. همان گونه که مشاهده می‌گردد، کمترین بار حرارتی سالانه مربوط به مدل با سطح بازشوی ۱۵ درصد از گروه اصلی شماره ۳، و بیشترین بار حرارتی سالانه مربوط به مدل با سطح بازشوی ۳۵ درصد از گروه شماره ۱ است.

جدول ۵. نتایج محاسبات حرارتی در هر گروه

توضیحات	کل بار حرارتی دریافتی در سال کیلووات ساعت			شماره گروه
	سطح بازشو ۳۵درصد (مدل ۳)	سطح بازشو ۲۵ درصد (مدل ۲)	سطح بازشو ۱۵درصد (مدل ۱)	
به ازای کاهش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۱، حدود ۱/۵ درصد از بار حرارتی خانه کاسته شد. به ازای افزایش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۳، ۳/۲ درصد به بار حرارتی خانه افزوده گردید.	۲۳۸	۲۳۰/۵	۲۲۷/۵	۱
به ازای کاهش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۱، ۰/۶، ۱ درصد به بار حرارتی خانه افزوده شد. به ازای افزایش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۳، ۰/۳ درصد به بار حرارتی خانه افزوده گردید.	۲۰۸/۷	۲۰۸	۲۰۹/۲	۲
به ازای کاهش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۱، ۲/۵، ۱ درصد از بار حرارتی خانه کاسته شد. به ازای افزایش ۱۰ درصد از سطح بازشو در مدل ۲ و تبدیل آن به مدل ۳، ۲/۵ درصد از بار حرارتی خانه کاسته گردید.	۱۷۵/۸	۱۷۱/۵	۱۶۷/۲	۳

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

در طراحی معماری ساختمان و جانمایی فضاهای داخلی در پلان آن نکات مختلفی مانند دید و منظر، سروصدا، همجواری‌ها، همسایگی‌ها و نیز نکات مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش لزوم قراردعی نکات مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی در اولویت یکم در طراحی معماری نشان داده شد. از آنچه که در مراحل پیشین به دست آمد، نتایج مختلفی را می‌توان برداشت کرد. این نتایج به ساختمان‌های مشابه بررسی شده محدود می‌گردند؛ یعنی ساختمان‌های مسکونی فاقد نورگیر شرقی و غربی، بدون سایبان متحرک یا دیگر تجهیزات کنترل‌کننده پنجره و آب‌وهوای مشابه با شرایط جوی اردبیل. نتایج پژوهش بدین قرارند:

- گروه اصلی شماره ۱، به دلیل در نظر نگرفتن چرخه خورشیدی در طراحی پلان و قرارگیری بخش روز در شمال ساختمان و بخش شب در جنوب آن، بیشترین میزان بار حرارتی سالانه را دارد.
- گروه اصلی شماره ۳، به دلیل جانمایی فضای مورد استفاده در روز در جبهه جنوبی به صورتی که عمق آن برای نفوذ کامل تابش مناسب باشد، کمترین میزان بار حرارتی در سال را دارد. به همین خاطر در این مدل جانمایی فضاها، بیشترین میزان صرفه‌جویی مصرف انرژی در تأمین بار حرارتی خانه به چشم می‌خورد.

- در ازای اصلاح جانمایی فضاها بر اساس چرخه خورشیدی در پلان تیپ شماره ۱ و قرار دادن فضای نشیمن از عرض در ضلع جنوبی (ضلع کوچکتر نشیمن، در نتیجه طول نشیمن بیش از عمق نفوذ تابش است) در تیپ شماره ۲، ۱۰ درصد از بار گرمایشی خانه کاسته می‌شود.
- در ازای تبدیل پلان در تیپ شماره ۲ به پلان تیپ شماره ۳ و جانمایی نشیمن از طول در جبهه جنوبی (عمق نشیمن برای نفوذ تابش به تمامی فضا مناسب است)، ۱۸ درصد از بار گرمایشی خانه کاسته می‌شود.
- گروه اصلی شماره ۱، به دلیل قرار گیری فضای مورد استفاده در روز در جبهه شمالی ساختمان دارای کمترین بار سرمایشی در سال است. در ازای تبدیل پلان تیپ شماره ۲ به پلان تیپ شماره ۳ و جانمایی نشیمن از طول در جبهه جنوبی بار سرمایشی خانه ۳ درصد افزایش می‌یابد.
- در مدل‌های گروه شماره ۱، با افزایش سطح بازشو بار حرارتی ساختمان نیز افزایش می‌یابد. کمترین میزان بار حرارتی مربوط به سطح بازشوی ۱۵ درصد نماست.
- در مدل‌های گروه شماره ۲، با افزایش و کاهش سطح بازشو در مدل بازشوی جنوبی ۲۵ درصد سطح نما، بار حرارتی ساختمان افزایش می‌یابد. به همین خاطر کمترین میزان بار حرارتی مربوط به سطح بازشوی ۲۵ درصد نماست.
- در مدل‌های گروه شماره ۳، با افزایش سطح بازشو، بار حرارتی ساختمان نیز افزایش می‌یابد. به همین خاطر کمترین میزان بار حرارتی مربوط به سطح بازشوی ۱۵ درصد نماست.
- کمترین میزان بار حرارتی بین ۹ مدل ساخته شده مربوط به مدل شماره ۱ از گروه اصلی ۳ است و بیشترین میزان بار حرارتی مربوط به مدل شماره ۳ از گروه اصلی ۱ با تبدیل مدل شماره ۳ از گروه اصلی شماره ۱ به مدل شماره ۱ از گروه اصلی ۳ است، ۳۰ درصد از بار حرارتی ساختمان کاسته می‌شود. این رقم میزان اهمیت توجه به جانمایی‌های فضاها در پلان و ابعاد بازشوها را نشان می‌دهد. در مرحله طراحی، بدون صرف هزینه مازاد و تنها با توجه به نکات ذکر شده و انجام مدل‌سازی‌های مورد نیاز می‌توان به میزان زیادی از صرفه‌جویی در مصرف انرژی دست یافت.

پیوست

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6475893	0	6475893	Jan
5796888	0	5796888	Feb
4897907	545	4897362	Mar
2820234	451	2819783	Apr
1653108	5021	1648087	May
604867	12216	592651	Jun
526141	17337	508804	Jul
520069	2998	517071	Aug
951784	3642	948142	Sep
2046917	2392	2044525	Oct
3688697	0	3688697	Nov
5728129	0	5728129	Dec
238071	297	237774	PER M ²

گروه اول، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6212206	0	6212206	Jan
5577217	0	5577217	Feb
4737562	350	4737212	Mar
2759701	33	2759668	Apr
1623209	3611	1619598	May
609113	9920	599193	Jun
545728	15411	530317	Jul
534856	2017	532839	Aug
941595	1489	940106	Sep
1988550	1167	1987383	Oct
3547983	0	3547983	Nov
5484880	0	5484880	Dec
230417	227	230190	PER M ²

گروه اول، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6095797	0	6095797	Jan
5483443	0	5483443	Feb
4671282	191	4671091	Mar
2736018	0	2736018	Apr
1616109	3032	1613077	May
623822	8891	614931	Jun
568351	14201	554150	Jul
556362	1729	554633	Aug
945585	610	944975	Sep
1965654	531	1965123	Oct
3483835	0	3483835	Nov
5376509	0	5376509	Dec
227485	195	227290	PER M ²

گروه اول، بازشوی جنوبی ۱۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6420696	0	6420696	Jan
5759529	0	5759529	Feb
4599261	2020	4597241	Mar
2249513	8640	2240873	Apr
1114041	124349	989692	May
315094	237017	78077	Jun
257930	245584	12346	Jul
241845	222187	19658	Aug
480145	152266	327879	Sep
1267414	38336	1229078	Oct
3125921	3456	3122465	Nov
5477710	0	5477710	Dec
208727	6892	201835	PER M ²

گروه دوم، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6315844	7699	6308145	Jan
5641447	7323	5634124	Feb
4536656	15340	4521316	Mar
2266045	35280	2230765	Apr
1178427	137700	1040727	May
336865	208656	128209	Jun
241789	215144	26645	Jul
212851	172730	40131	Aug
523508	139147	384361	Sep
1377627	76961	1300666	Oct
3144047	16580	3127467	Nov
5435529	9374	5426155	Dec
208071	6946	201125	PER M ²

گروه دوم، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
6394494	0	6394494	Jan
5726238	0	5726238	Feb
4611235	2386	4608849	Mar
2311508	10471	2301037	Apr
1151412	94851	1056561	May
274154	176854	97300	Jun
212389	197182	15207	Jul
184181	160110	24071	Aug
472952	105005	367947	Sep
1358097	30682	1327415	Oct
3188055	1681	3186374	Nov
5495711	0	5495711	Dec
209203	5195	204008	PER M ²

گروه دوم، بازشوی جنوبی ۱۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
5282926	0	5282926	Jan
4727160	0	4727160	Feb
3795373	14965	3780408	Mar
1919279	48421	1870858	Apr
1004542	148867	855675	May
332890	227557	105333	Jun
262233	243420	18813	Jul
214744	185426	29318	Aug
467888	137759	330129	Sep
1190020	80772	1109248	Oct
2627725	6248	2621477	Nov
4552271	0	4552271	Dec
175847	7290	168557	PER M ²

گروه سوم، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
5166639	0	5166639	Jan
4633486	0	4633486	Feb
3723869	12184	3711685	Mar
1868887	35041	1833846	Apr
968865	133572	835293	May
315341	215108	100233	Jun
247692	230152	17540	Jul
204914	177698	27216	Aug
447402	129105	318297	Sep
1143559	67308	1076251	Oct
2561969	5379	2556590	Nov
4444153	0	4444153	Dec
171512	6704	164809	PER M ²

گروه سوم، بازشوی جنوبی ۲۵٪ سطح نما

TOTAL (Wh)	COOLING (Wh)	HEATING (Wh)	MONTH
5050604	0	5050604	Jan
4540194	0	4540194	Feb
3654559	10155	3644404	Mar
1822859	23366	1799493	Apr
934352	118244	816108	May
297488	202207	95281	Jun
232835	216511	16324	Jul
194929	169745	25184	Aug
427712	120642	307070	Sep
1098205	54075	1044130	Oct
2496934	4735	2492199	Nov
4336212	0	4336212	Dec
167245	6131	161114	PER M ²

گروه سوم، بازشوی جنوبی ۱۵٪ سطح نما

ART L

پی‌نوشت‌ها

1. Ecotect
2. به منظور مطالعه ن. ک. رازجویان، محمود (۱۳۶۷) *آسایش به وسیله معماری همسو با اقلیم*، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. قبادیان، وحید (۱۳۸۲)، *بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران*، انتشارات دانشگاه تهران. کسمائی، مرتضی (۱۳۸۳)، *اقلیم و معماری*، نشر خاک. مازریا، ادوارد (۱۳۶۵)، *راهنمای کاربرد غیرفعال انرژی خورشیدی در ساختمان*، ترجمه علی مهدوی.
3. Thermal Lag (hrs)
4. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۳) *ممیزی انرژی ساختمان‌های شاخص و متداول*، پیوست ۲: ممیزی، داده‌ها محاسبات، نتایج و راهکارها، شهر اردبیل.
5. با فراوانی ۴۰ درصد از ساختمان‌های متداول شهر اردبیل.
6. با فراوانی ۲۰ درصد از ساختمان‌های متداول شهر اردبیل.
7. Direct Solar Gains - Qg
8. Fabric Gains - Qc+Qs
9. Ventilatin and infiltration Gains - Qv
10. Internal Ganis - Qv
11. InterZonal Gains - Qz
12. Indirect Solar Gains - Qs
۱۳. مشاهده در زمرهٔ روش‌های جمع‌آوری اطلاعات است که در آن رفتار مشخصات موجودات زنده و اشیا و پدیده‌ها، با استفاده از ویژگی‌های گوناگون آنها ملاحظه و ثبت می‌گردد. منظور از مشاهده، ثبت دقیق تمام جوانب بروز حادثه‌ای ویژه و یا رفتار و گفتار فرد یا افراد از راه حواس و یا سایر راه‌های ادراکی (کمک گرفتن از ابزار خاص) است.

منابع

- حیدری، شاهین (۱۳۸۴) *بهبودسازی مصرف انرژی در ساختمان با تکیه بر استاندارد جدید آسایش حرارتی*، انتشارات وزارت نیرو.
- کسمائی، مرتضی (۱۳۷۲) *پهنه‌بندی اقلیمی ایران مسکن و محیط مسکونی*، مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان.
- کسمائی، مرتضی (۱۳۸۳) *اقلیم و معماری*، نشر خاک.
- قیابکو، زهرا (۱۳۸۷) *جزوه درسی فیزیک ساختمان*، بخش روشنایی، دانشگاه تهران.
- لنکر، نربرت (۱۳۸۵) *گرمایش، سرمایش، روشنایی*، ترجمه: محمدعلی کی نژاد، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۳) *ممیزی انرژی ساختمان‌های شاخص و متداول*.
- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۸) *مقررات ملی ساختمان ایران*، مبحث نوزدهم، ویرایش سوم.
- ASHRAE 55 (1992) *Thermal environmental conditions for human occupancy*, American Society for Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc, Atlanta, GA.
- http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/
- <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/ps/dl/item?siteID=123112&id=14576143&linkID=13734494>.
- Roof, Sue (2007) *ECOHOUSE: A DESIGN GUIDE*, Third edition.
- wiki.naturalfrequency.com