بسم الله الرحمن الرحیم

باسمه تعالی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **نازنین عظیمی فریدنی** متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه/ رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از ان ها استفاده شده است، مطابق مقررات، ارجاع و در فهرست منابع و ماخذ ذکر گردید است. این پایان نامه/ رساله قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی است.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

نازنین عظیمی فریدنی

امضاء

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
دانشکده معماری و شهرسازی

طراحی مجتمع مسکونی با تاکید بر نقش بام در کاهش هدر رفت انرژی

نگارش
نازنین عظیمی فریدنی

استاد راهنما: دکتر علی شرقی
استاد مشاور: دکتر عبدالحمید قنبران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته معماری

شهریور ماه 1394

شماره : .....
تاریخ : .....
پیوست : .....

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم نازنین عظیمی فریدنی رشته مهندسی معماری تحت عنوان «طراحی مجتمع مسکونی باتاکید برنقش بام درکاهش هدر رفت انرژی» در تاریخ ۱۳۹۴/۰۷/۲۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی برگزار گردید و نتیجه به شرح ذیل می‌باشد.

☑ قبول (با درجه .....عالی..... امتیاز ...۲۰...) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱. عالی (۲۰-۱۹)
۲. بسیار خوب (۱۸،۹۹-۱۸)
۳. خوب (۱۷،۹۹-۱۶)
۴. قابل قبول (۱۵،۹۹-۱۴)
۵. غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر علی شرقی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر عبدالحمید قنبران	استادیار	
داور داخلی	دکتر علی خاکی	استادیار	
داور خارجی	دکتر محمدعلی خان محمدی	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر شهناز پورناصری	استادیار	

دکتر جمال الدین مهدی نژاد
رئیس دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

تهران، لویزان، کد پستی:۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۶۰۵ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email:sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

...این رساله را با تمام وجود تقدیم میکنم :

به روح پاک **مادرم**، که عالمانه به من اموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم...

به **پدر** عزیزم که همواره حامی و ناجی من است...

به برادر عزیزم **امیر علی**، که مهربانی هایش انتهایی ندارد...

به **آموزگارانم** که در مسیر کسب علم همواره روشنگر راهم بوده اند...

با سپاس گزاری فراوان از جناب آقای دکتر علی شرقی که بدون زحمات و راهنمایی‌های بی دریغ ایشان به ثمر رسیدن این پایان نامه بسیار دشوار می نمود .

چکیده

زندگی بشـــر از ابتدا در تمام ادوار تاریخ رابطه‌ی مســـتقیمی با چگونگی تولید و مصـــرف انرژی داشـته اسـت. گردش چرخ تکنولوژی مرهون انرژی و مصـرف آن اسـت، محدود بودن ذخایر سـوخت‌های فسـیلی و همچنین آلودگی‌های زیسـت محیطی ناشـی از سـوزاندن آن‌ها باعث گسترش مباحث مربوط به محیط زیست و انرژی شده است. از این رو در سال‌های اخیر استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر از دغدغه‌های بشر امروزی شده است، چرا که این منابع علاوه بر این‌که قابل تجدیدند بسیار متنوع و متعدد نیز هستند. در حال حاضر در کشورهای صنعتی این امر به صـورت جدی دنبال می‌شـود و در این راه به ویژه در بخش سـاخت و سـاز به طراحی و ساخت نمونه‌های متناسب با این هدف پرداخته‌اند. بنابراین صرفه جویی در مصرف انرژی در این‌گونه سـاختمان‌ها می‌تواند تاثیر به سزایی در کاهش مصـرف انرژی‌های فسـیلی داشـته باشـد. بام یکی از اجزا اصـلی سـاختمان است که عموما مورد بی مهری طراحان معماری قرار گرفته است. با بررسی عملکرد حرارتی، پیگیری تغییرات آن‌ها در ساعات و فصول مختلف و استفاده مسـتقیم از منبع خورشـیدی می‌توان به راه‌کارهایی موثر در جهت اصـلاح طراحی اجزا دسـت یافت و متوجه شـد که چنین عنصـر معماری تا چه اندازه در اتلاف انرژی بنا یا صـرفه جویی غیر مستقیم انرژی، به خصوص در محیط‌های شهری، موثر است.

پژوهش پیش رو، مطالعه بر رفتار حرارتی فرم سقف بر اساس دمای متوسط تشعشعی، یکی از فاکتورهای آسـایش حرارتی، در سـقف‌های شـیب دار منازل مسـکونی شـهر کرج می‌باشـد. (شـکل غالب سـقف در منطقه مورد مطالعه) در این پژوهش ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیلی صـورت گرفته و در بخش بعدی از روش مشـابه سـازی- محاسـباتی به عنوان روش تحقیق کار اسـتفاده می‌شـود . در این قسـمت الترناتیوها مدل سـازی شـده و بر اسـاس چهار تیپ سـقف در زوایای مختلف آنالیز ومحاسـبه می‌شـوند. در آخر، نتایج نهایی از آنالیزها بهترین فرم و زاویه ســـقف را برای کاهش در هدر رفت انرژی در این منطقه نشـــان می‌دهد،که در طراحی نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کلید واژه ها: فرم سقف، صرفه جویی در انرژی، نرم افزار شبیه سازی، مجتمع مسکونی

فهرست

فصل اول: طرح مسئله..... 2
1-1مقدمه 1
1-2 عنوان تحقیق..... 2
1-3 بیان مساله 2
1-4اهداف تحقیق 3
1-5سوالات یا فرضیه‌های تخصصی 4
1-6ضرورت و اهمیت تحقیق 4
1-7پیشینه تحقیق 5
1-8 روش تحقیق..... 6
1-9کاربرد نتایج تحقیق..... 7
فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع..... 10
2-1مقدمه
10
2-2 منابع انرژی 11
2-2-1منابع تجدید ناپذیر انرژی 11
2-2-2منابع انرژی تجدید پذیر 11
2-2-3 اهمیت انرژی و ضرورت توجه به مصرف آن 13
2-3انرژی در ساختمان 14
2-3-1حفظ منابع انرژی و استفاده بهینه از آن 14
2-3-2هماهنگی بازدهی انرژی با استفاده از منابع تجدید پذیر در ساختمان..... 14
2-4انرژی و وجوه مختلف ساختمان 15
2-4-1تبادل انرژی در بام..... 15
2-4-2بام و کنترل دمایی فضا..... 21
2-4-3راه‌کارهایی برای سرمایش بام..... 29
2-4-4راهکارهایی برای گرمایش بام 32
2-4-5مصالح 33
2-5نظریات و فرضیه ها در زمینه اثر گذاری فرم و انرژی 35
2-6 نتیجه گیری(نتیجه گیری مبانی نظری طرح) 38

فصل سوم: روش تحقیق 43
3-1مقدمه 43
3-2روش تحقیق 43
3-3نرم افزارهای شبیه سازی انرژی..... 44
3-3-1اکوتکت 44
3-3-2نرم افزار انرژی پلاس(Energy Plus) 44
3-4فرایند تحقیق47
3-5موقعیت اقلیمی وجغرافیایی سایت..... 47
3-5-1مشخصات استان 47
3-5-2موقعیت جغرافیایی استان 47
3-5-3وجه تسمیه 48
3-5-4شیب اراضی..... 48
3-5-5تعیین نوع اقلیم شهر..... 48
3-5-6 دما 49
3-5-7 بارندگی 49
3-5-8 بررسی جهت وزش باد غالب 50
3-5-9تابش افتاب 50
3-6تحلیل فرم های بام..... 51
3-6-1بام ساده 51
3-6-2بام مرکب..... 52
3-6-3انواع رایج بام در منطقه 54
3-6-4دسته بندی بر اساس فرم و زاویه 56
3-7جمع بندی و نتیجه گیری..... 58
فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها 62
4-1مقدمه 62
4-2شبیه سازی..... 63
4-3هندسه ساختمان 63
4-4آسایش حرارتی و شاخص T_{MRT}(تعریف دمای متوسط تشعشعی) 64
4-4-1مروری بر پژوهش های انجام یافته..... 65
4-5شبیه سازی نمونه‌ها..... 65
4-5-1داده‌های شبیه سازی در نرم افزار انرژی پلاس و اکوتکت..... 65
4-5-2شبیه سازی انواع بام با در نظر گرفتن دمای متوسط تشعشعی..... 65
4-5-3 شبیه سازی انواع بام با در نظر گرفتن دریافت انرژی 72

4-6تجزیه تحلیل داده‌ها و نتیجه گیری 76
فصل پنجم: ارائه مدارک..... 79
5-1مقدمه 79
5-2تحلیل سایت (پتانسیل‌ها)79
5-3بررسی نمونه‌های مشابه موفق 82
5-3-1بررسی و راهکارهای اقلیمی منتج از نمونه‌های موردی..... 83
5-4بستر اجتماعی..... 86
5-5طراحی 87
5-5-1روند طراحی 88
5-5-2مدارک طراحی 93

فهرست جداول

جدول 1-2 تاثیر ارتفاع سقف در متوسط دمای تابشی(MRT) (احمد،1367، ص. 3)..... 28
جدول 2-2 تاثیر دمای سقف در متوسط دمای تابشی(MRT) (احمد،1367،ص4)..... 29
جدول 3-2 بررسی نتایج حاصل از رفتار حرارتی وجوه ساختمان (منبع: نگارنده) 39
جدول 1-3 شاخص های اب و هوایی استان..... 51
جدول 2-3 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده) 58
جدول 3-3 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده) 59
جدول 1-4 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده) 63
جدول 2-4 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده) 64
جدول 3-4 ویژگی ها ی هندسی و دمای متوسط تشعشی برای سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)67
جدول 4-4 ویژگی ها ی هندسی و دمای متوسط تشعشی برای سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)68
جدول 5-4 ویژگی‌های هندسی و دریافت انرژی برای سقف‌های شیب دار (ماخذ:نگارنده) 73

جدول 4-6 ویژگی ها ی هندسی و دریافت انرژی برای سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده) 74
جدول 1-5 بررسی نمونه های موردی موفق (منبع: نگارنده) 82
جدول 2-5 ادامه) بررسی نمونه های موردی موفق (منبع: نگارنده) 83
جدول 3-5 محاسبه تعداد واحدهای مورد نیاز 89
جدول 4-5 روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی 90
جدول 5-5 ادامه) روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی 91
جدول 6-5 ادامه) روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی 92
جدول 7-5 ادامه) روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی 93
جدول 7-5 ادامه) روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی 94

فهرست شکل‌ها

شکل 2-1 نمایی از نحوه قرارگیری PCM در بام ساختمان (پیرکندی،1389، ص. 9). 20
شکل 2-2 الف) سرمایش تابشی (لنکر، 1385، ص. 289). 21
شکل 2-3 سرمایش تبخیری مستقیم و غیر مستقیم (لکنر،1385،ص ص. 293- 294). 22
شکل 2-4 مکان بازشو فوقانی برای فضاهای با سقف شیبدار و منحنی(قیابکلو، 1392، ص. 140). 23
شکل 2-5 تبادل حرارتی میان پوسته خارجی ساختمان با محیط پیرامون(بهیار و دیگران، 1381). 25
شکل 2-6 دو روش ممکن در استفاده از رابطه SVR (628P,2001,DEPECKER ET AL) 27
شکل 2-7 انواع نورگیر های سقفی (قیابکلو،1390،ص161). 31
شکل 2-8 تاثیر بازشوهای سقفی درجریان هوای داخلی (قیابکلو،1392،ص 104)..... 32
شکل 2-9تاثیرضریب فشار (CP) باد بر سطح ساختمان‌ها (سلطاندوست، 1390، ص. 458). 33
شکل 2-10 الگوی حرکت هوا از روی سقف‌های مختلف (نیلسن،1389،ص97). 33
شکل 2-11 تغییرات ضریب فشار باد بر روی بام (قیابکلو،1392،ص81؛ HOLMES، 1986).34
شکل 2-12 استفاده از بام مرکب در کاهش انتقال حرارت و سرمایش بام (نیلسن،1389،ص96).35
شکل 2-13 مقطع نمایشگر رفتار تابستانی و زمستانی ماکسی میلیان،(مازریا، 1385، ص. 51).36
شکل 3-1 محیط EP-LAUNCH 45
شکل 3-2 محیط IDF EDITOR..... 46
شکل 3-3محیط EP-COMPARE..... 47
شکل 3-4 نقشه تقسیمات سیاسی، جمهوری اسلامی ایران به تفکیک استان 49
شکل 3-5 گلباد ایستگاه کرج در زمستان(راست) و تابستان(چپ) 51
شکل 3-6 انواع مختلف سقف شیبدار (مقررات ملی، 1389) 53
شکل 3-7 انواع مختلف سقف قوسی (نیلسن،1385، ص ص. 55-56). 54

شکل 3-8 لایه های بام سبز،(قیابکلو،1392،ص269)..... 55
شکل 3-9 بام قهوه ای(قیابکلو،1392،ص. 273)..... 55
شکل 3-10عکس هوایی شهرستان کرج و سایت مورد طراحی..... 56
شکل 3-11 نمونه بام‌ها ی شیبدار در منطقه(ماخذ:نگارنده)..... 57
شکل 3-12 انواع فرم سقفهای رایج در منطقه مدل سازی شده با نرم افزار REVIT (ماخذ:نگارنده)58
شکل 3-13سقف‌های نهایی، قابل بررسی حرارتی (ماخذ:نگارنده)..... 59
شکل 4-1 نمایی از مدل‌های شبیه سازی شده در محیط گرافیکی اکوتکت. 64
شکل 5-1 عکس هوایی از شهر کرج(موقعیت سایت) 80
شکل 5-2 عکس هوایی از منطقه مهر شهر(دسترسی و همجواری ها) 80
شکل 5-3 دسترسی های سایت..... 81
شکل 5-4 تعیین کاربری های اطراف سایت..... 81
شکل 5-5 جهت گیری بلوک‌های اطراف سایت 85
شکل 5-6 مقایسه مصرف انرژی در ساختمان های شهر تهران(نصرالهی،1390) 85
شکل 5-7 نسبت بهینه فرم پلان و ساختمان (شفیعی،1392)..... 86
شکل 5-8 سقف های شبیه سازی شده با فرم و زاویه بهینه (نگارنده) 87
شکل 5-9 پلان کلی سایت(مدارک طراحی) 94
شکل 5-10 پلان طبقه اول تیپ بلوک مورد طراحی(مدارک طراحی) 94
شکل 5-11 پلان طبقات(مدارک طراحی)..... 94
شکل 5-12 پلان طبقات وریز فضاها(مدارک طراحی) 94
شکل 5-12 مقطع بلوک تیپ (مدارک طراحی)..... 94
شکل 5-12 پرسپکتیومجتمع مسکونی(مدارک طراحی) 94

فصل اول

1 فصل اول: طرح مسئله

1-1مقدمه

در این فصل به بیان عنوان تحقیق و طرح مسئله پرداخته می‌شود. سپس اهداف مطالعه در دو بخش اهداف جز گرایانه و اهداف کلی ارائه می‌گردد. پس از طرح سوالات و فرضیه‌های تخصصی در مورد ضرورت و اهمیت تحقیق مطالبی آورده شده است. سپس پیشینه‌ی تحقیق، روش تحقیق و کاربرد مطاله‌ی کنونی در بخش‌های مجزایی به دنبال یک دیگر آورده شده است.

1-2عنوان تحقیق

عنوان تحقیق حاضر طراحی مجتمع مسکونی با تاکید بر نقش فرم سقف در کاهش هدر رفت انرژی و نمونه‌ی مورد طراحی مجتمع مسکونی واقع در سایت مهر شهر کرج می‌باشد. لازم به ذکر است تحقیق کنونی از نوع کاربردی می‌باشد.

1-3بیان مساله

زندگی بشر از ابتدا در تمام ادوار تاریخ رابطه‌ی مستقیمی با چگونگی تولید و مصرف انرژی داشته است. گردش چرخ تکنولوژی مرهون انرژی و مصرف ان است. انرژی‌هایی که از منابعی مانند نفت، زغال سنگ و انرژی‌های فسیلی تامین می شوند؛ که تجدید ناپذیرند. از این رو در سال‌های اخیر استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر از دغدغه‌های بشر امروزی بوده است؛ چرا که این منابع علاوه بر این‌که قابل تجدیدند بسیار متنوع و متعدد نیز هستند. انرژی باد، انرژی امواج، انرژی خورشیدی و این قبیل انرژی‌ها از انواع انرژی قابل تجدید هستند. رشد و توسعه تکنولوژی، بشر را قادر به مهار آن‌ها کرده است (مردانی،1390). با توجه به روند افزایش انرژی و کاهش روز افزون منابع فسیلی در جهان و همچنین افزایش آلودگی محیط زیست به جهت استفاده از سوخت‌های فسیلی، باید به فکر جایگزینی آن با انرژی‌های پایدار بود. به همین دلیل، در حال حاضر در کشورهای

صنعتی این امر به صورت جدی دنبال می‌شود و در این راه به‌ویژه در بخش مسکن به طراحی و ساخت نمونه‌های بسیاری پرداخته اند. اما متاسفانه در کشور ما هنوز تلاش جدی و موثری در این زمینه انجام نشده است.

از سوی دیگر با توجه به روند رو به رشد جمعیت و افزایش جمعیت جوان کشور، متعاقبا درخواست برای تهیه مسکن افزایش یافته و کمبود مسکن در مقایسه با انتظارات و نیازهای جامعه یکی از معضلات اساسی در کشور به شمار می‌رود. اکثر ساختمان‌های ساخته شده در جهان مسکونی می‌باشند. بنابراین صرفه جویی در مصرف انرژی در این گونه ساختمان‌ها می‌تواند تاثیر به سزایی در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد (مردانی،1390). در حوزه‌ی معماری طراحی مناسب می‌تواند با استفاده از راه کارهای سامانه‌های غیر فعال، به کاهش انرژی مصرفی نهایی ساختمان منجر شود (برزگر و حیدری،1392). صرفه جویی در مصرف انرژی می‌تواند از طریق توجه به فرم (فرم سقف، فرم جداره‌ها و نما) و زاویه‌ی استقرار بنا، جا نمایی فضاها در پلان، انتخاب پوسته مناسب با اقلیم و شرایط محیطی و در نهایت استفاده از شیوه،های مناسب برای جای گزین کردن انرژی، های تجدید پذیر به جای تجدید ناپذیر صورت گیرد. هر یک از این‌ها به میزانی در کاهش مصرف انرژی ساختمان موثر است (هاشمی وحیدری،1390).

بام یکی از اجزا اصلی ساختمان است، که عموما مورد بی مهری طراحان معماری است. معماران فقط به ملاحظات آب بندی آن توجه داشته و سعی دارند با ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین راه کارها و بی توجه به ملاحظات حرارتی آن را بنا سازند. با بررسی عملکرد حرارتی، اجزا ساختمان و پیگیری تغییرات آن‌ها در ساعات و فصول مختلف می‌توان به راه کارهایی موثر در جهت اصلاح طراحی اجزا دست یافت و متوجه شد که چنین عنصر معماری تا چه اندازه در اتلاف انرژی بنا یا صرفه جویی غیر مستقیم انرژی، به خصوص در محیط‌های شهری، موثر است. بنابراین در این پروژه محقق در نظر دارد با تاکید بر نقش فرم سقف ساختمان در کاهش هدر رفت انرژی، با شناسایی جهت گیری بهینه و زاویه‌ی شیب مناسب برای سقف‌ها در این مناطق و به عبارت دیگر دست یابی به حداکثر بهره‌ی گرمایی در مدت روز و حداقل انرژی هدر رفت در طول شب‌های زمستانی بپردازد. در مرحله‌ی بعد با استفاده از نتایج به دست آمده به طراحی مجتمع مسکونی که فرم بهینه سقف در آن‌ها به کاربرده می‌شود، می‌پردازد. از سوی دیگر عدم دسترسی به نمونه‌های اجرا شده و تکنیک‌های مختلف، پژوهشگر را به سمت شبیه سازی کامپیوتری به عنوان روشی جای گزین برای عملیات میدانی، رهنمون می‌کند . محیط مجازی، اقلیمی مشابه اقلیم مورد نظر را ایجاد کرده و نتایج لازم را فراهم می‌آورد. از مزایای این روش طراحی، می‌توان به قدرت پیشگویی نزدیک به واقعیت این شبیه سازی‌ها قبل از ساخت هر پروژه اشاره کرد و این روش به معمار این امکان را می‌دهد که در هر مرحله با اطمینان از نرم افزارها یک روش باز خوردی قابل قبول را برای رسیدن به هدف نهایی خود اتخاذ نماید.

1-4اهداف تحقیق

در یک نگاه کلی هدف این رساله دست یابی به فرم سقف بهینه در کاهش هدر رفت انرژی (نمونه‌ی موردی؛ شهر کرج) وتعمیم آن در طراحی مجتمع مسکونی مورد نظر به منظور کاهش اتلاف انرژی از طریق این عنصر که کم‌تر مورد توجه معماران قرار گرفته است؛ می‌باشد . این مطلب را می‌توان در قالب هدف‌های کلی و جزء گرایانه‌ی ذیل بسط و گسترش داد:

الف) اهداف کلی:

- طراحی مسکن متناسب با اقلیم منطقه از لحاظ جهت گیری و چینش، فرم و ... .
- سعی و تلاش در پیش‌برد تحقیقات استفاده از انرژی خورشیدی در مسکن.

- صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی با هدف بهینه سازی مسکن.

- طراحی در راستای کاهش نیاز انرژی ساختمان.

ب) اهداف جزء گرایانه:

- یافتن فرم بهینه‌ی سقف در کاهش هدر رفت انرژی.

- شناسایی جهت گیری بهینه‌ی سقف ساختمان برای موثرترین کارایی در طول روز و حداقل اتلاف در طول شب.

- شناسایی زاویه شیب بهینه برای سقف‌های شیبدار برای موثرترین کارایی در طول روز و حداقل اتلاف در طول شب.

1-5سوالات یا فرضیه‌های تخصصی

الف) فرضیه‌ها و سوال‌های اصلی:

-فرم سقف مسکونی چگونه و تحت تاثیر چه عواملی می‌تواند در کاهش هدر رفت انرژی (نمونه موردی: مهر شهر کرج) موثر باشد؟

ب) فرضیات و سوال‌های جزئی:

- چه تفاوتی میان سقف‌های رایج در منطقه (تخت وشیروانی) در ازدست دادن (اتلاف) گرما وجود دارد؟

- چه تفاوتی میان سقف تخت (دال) و سقف شیروانی (دوطرفه) در جذب گرما در روز وجود دارد؟

- زاویه‌ی شیب بهینه برای سقف‌های شیبدار برای موثرترین کارایی در طول روز و حداقل اتلاف در طول شب وجود دارد؟

1-6ضرورت و اهمیت تحقیق

محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی وهم چنین آلودگی‌های زیست‌های محیطی ناشی از سوزاندن آن‌ها باعث گسترش مباحث مربوط به محیط زیست و انرژی شده است. بنا بر اطلاعات منتشر شده در تراز نامه‌ی انرژی سال1384، در کشور ما بیش‌ترین میزان مصرف انرژی به ترتیب در بخش‌های خانگی، تجاری، حمل ونقل، صنعت و کشاورزی می‌باشد. براساس این آمار، مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری 44/35 % ، صنعت 22 % و کشاورزی 3/9 % بوده است. به عبارت دیگر، بیش‌ترین سهم مصرف انرژی به بخش خانگی و تجاری تعلق دارد. این در حالی است که در کشورهای توسعه یافته این بخش به مراتب سهم کم‌تری را نسبت به بخش صنعت به خود اختصاص می‌دهد (برزگر و حیدری،1392). مطابق آمار سال 1384 وزارت مسکن و شهرسازی ایران، بیش از 85% ساخت و ساز کشور به بخش مسکن تعلق دارد (گرامیان،1390). میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان به اندازه‌ای زیاد است که صرفه جویی هر چند ناچیز در این بخش بر میزان شدت انرژی و بهره وری منابع ملی، تاثیر در خور توجهی خواهد داشت. با درک و شناسایی مشخصات اقلیمی؛ معماران گذشته، ساختمان‌هایی خلق نموده اند که مبنای اولیه‌ی آنان آسایش حرارتی بوده است (قبادیان،1387). بنابراین با طراحی معماری صحیح می‌توان موجبات کاهش مصرف انرژی را فراهم آورد.

بنا باید به گونه‌ای طراحی شود که نیاز گرمایش، سرمایش و به طور کلی نیاز انرژی ساختمان

برای تامین شـــرایط آســـایش را کاهش دهد (برزگر و حیدری،1392). این مهم با راه کارهایی نظیر جهت گیری مناسب ساختمان نسبت به عوامل اقلیمی (تابش،باد و ....) و فرم بهینه سقف و جداره‌ها، برای بهره گیری بهینه از انرژی خورشیدی و کاهش هدر رفت انرژی و سایر روش‌های متناسب با هر اقلیم تحقق می‌یابد. در نهایت با توضیحات ذکر شده، موضوع استفاده بهینه از انرژی به عنوان رویکرد اصـــل پروژه در نظر گرفته می‌شـــود و تلاش می‌شـــود با توجه به مبانی توســـعه پایدار و استفاده از تکنولوژی روز دنیا در طراحی فضاهای پایدار (از قبیل نرم افزارهای شبیه سازی در بنا) پروژه‌ای با پتانسیل‌های کم مصرف متناسب با روش‌های روز دنیا ارائه گردد.

1-7پیشینه تحقیق

با سرعت پیشرفت تکنولوژی، مهندسان و معماران به صورت روز افزون بر شبیه سازی اثر انرژی بر ساختمان تکیه می‌کنند تا سیستم کار آمد انرژی را با طراحی ساختمان هماهنگ کنند. در این‌جا مطالعاتی در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در طراحی بهینه‌ی مجتمع‌های مسکونی و اثر آسایش حرارتی ساخت و ساز بر روی این ساختمان‌ها وجود دارد.

در مقاله‌ای با تالیف محمد حسین قاسم پور آبادی، نگین نیک هوش و حجت قائدی مبنی بر"نقش فرم سقف در طراحی سیستم ساختمان‌های سبز در شهر تهران" انرژی هدر رفت برای سه گونه رایج و متداول ســـقف (تخت، 30-60 و45 درجه) در تهران را تخمین می‌زند. برای دســـت یابی به این هدف، سه گونه ساختمان که از هر لحاظ شامل: مساحت سقف، مصالح مورد استفاده و غیره یکسان هستند و تنها تفاوت در شکل سقف است، فرض شده است . دست یابی به حداکثر بهره‌ی گرمایی در مدت روز به وسیله‌ی سلول‌های فتوولتاییک و حداقل انرژی هدر رفت در طول شب‌های زمستانی هدف اصلی این مقاله است. نتایج نشان داد که سقف 30-60 درجه موثرترین سقف در جهت ذخیره‌ی انرژی در این ماه می‌باشد. در این پژوهش روش تحقیق مشابه سازی و نمونه سازی کامپیوتری و روش‌های کاربردی که بر اساس نمونه‌ی موردی انتخاب شده سا خته و محاسبه می‌شوند، استفاده شده است.

در مقاله‌ی دیگری از محمد جواد مهدوی نژاد، قاســم پور ابادی و حجت قائدی مبنی بر "نقش فرم ساختمان در دریافت انرژی در ساختمان‌های بلند از طریق نما در تهران" با در نظر گرفتن فرم‌های رایج ساختمان در شهر تهران، انرژی دریافتی برای ضلع (نما) جنوبی در این گونه‌ها تخمین زده شده است. برای دست یابی به فرم مناسب بر اساس حداکثر انرژی دریافتی، 5 ساختمان که ازهر نظر مانند مساحت سقف و تمامی مصالح به کار برده یکسان هستند و تنها تفاوت در فرم ساختمان است، در نظر گرفته شده است. جدول مقایسه نشان می‌دهد که از میان انواع فرم‌های رایج ، فرم مکعبی شکل در ساختمان‌های بلند بهترین مورد برای هدف این پروژه هستند. در این تحقیق نیز روش مشابه سازی و نمونه سازی کامپیوتری استفاده شده است.

در پژوهش دیگری مبنی بر " طراحی الگوی بهینه جهت گیری در مجتمع های مسکونی با تحلیل برمصرف انرژی" توسط محمد جواد مهدوی نژاد، فیضی، نورانی و عبدالکریم قائدی با مشابه سازی مدل‌های رایج مجتمع‌های مسکونی مهر و تحلیل میزان انرژی مصرفی در آن‌ها به وسیله‌ی نرم افزار اکوتک نمونه‌های موجود دسته بندی و از 4 جنبه آنالیز شدند، سایه اندازی و تحت سایه قرار گرفتن، تابش خورشید، شبیه سازی نور پردازی موجود و تجزیه و تحلیل‌های حرارتی. پس از آن با در نظر داشتن روش‌های موجود برای حداقل سازی انرژی در ساختمان ار لحاظ جهت گیری ساختمان، موقعیت لایه‌های نیمه شفاف، لایه‌های سیستم حرارتی که بر اساس مصالحی که در آن‌ها استفاده شده است، الگوی بهینه جهت گیری توضیح داده شده است. نتایج نشان داد که الگوی پیشنهادی باید ویژگی‌های خاصی مانند کم‌ترین نسبت عرض به طول در امتداد شمالی، داشتن حداکثر سطح دیواره‌های نمای جنوبی و غیره را داشته باشد.

در پروژه‌ی دیگری به تالیف نگار بدری با نام " نقش سقف‌های گنبدی در هدر رفت انرژی در شب در اقلیم گرم و مرطوب" مطالعاتی بر روی نقش فرم سقف در هدر رفت انرژی دراین اقلیم در دوره‌ی سرد سال دارد؛ تا به فرم بهینه سازه دست یابد. تحقیق مقایسه‌ای راجع به 4 نوع سقف (یک نمونه تخت و 3 نمونه دیگر از فرم‌های گنبدی) در شهر اصفهان انجام داد. در واقع پژوهش به دنبال موثرترین نوع سقف ساختمان‌هایی بود که می‌توانند در معماری معاصر کشورهای در حال توسه کارا و مفید باشند. نتایج ارتباط معناداری را بین حجم کلی سقف‌ها و بار گرمایی در شب نشان می‌داد. روش تحقیق در این پژوهش نیز بر پایه‌ی نمونه و شبیه سازی بنا شده است.

علی اندجی گرمارودی، محمدزاده و رسولی در مقاله‌ای به نام "مشابه سازی و تحلیل سیستم میزان انرژی خورشیدی دریافتی در خانه های مسکونی" روش‌های کامپیوتری مناسبی را برای مشابه سازی و تجزیه و تحلیل مستقیم اشعه خورشیدی دریافت شده به وسیله‌ی پنجره‌ی واحدهای مسکونی بلوک‌ها، در فصول مختلف طراحی و اجرا می‌کند . در واقع در ابتدا، عوامل و پارامترهای موثر بر میزان انرژی جذب شده از طریق پنجره‌ها در زمان‌های مختلف سال را بررسی کرده و پس از آن یک الگوریتم مناسب و یک برنامه‌ی کامپیوتری برای مشابه سازی مدل ارائه می‌دهد. که ازان بودن، میزان دقیق سایه‌ها در نیمکره‌ی شمالی به دست آمده و با مقایسه فاصله بین دو بلوک و یا ارتفاع بلوک‌ها به یک مدل هندسی می‌رسد، تا الترناتیو بهینه انتخاب شود.

در پروژه‌ای دیگر، به تالیف شاهین حیدری و فاطمه هاشمی مبنی بر " تاثیر طراحی معماری بر مصرف انرژی منازل مسکونی اقلیم سرد، با تکیه بر چرخه خورشیدی" تاثیر طراحی بر اساس چرخه خورشیدی بر 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 پنجره‌های جنوبی صورت می‌گیرد. که از آن می‌توان تاثیر جانمایی فضاها با توجه به ابعاد مختلف بازشوها بر مصرف انرژی یک متر مربع از خانه را ارزیابی کرد و به تصمیم گیری‌های لازم در طراحی پرداخت.

در پروژه‌ی بعدی، با تالیف شاهین حیدری، ریما فیاض و مریم شفیعی در مورد "فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران" ابتدا فرم‌های هندسی متداول ساختمان‌های بلند شناسایی شده و پس از مدل سازی، نمودارهایی ترسیم و گونه‌ی مناسب بر اساس حداکثر تابش دریافتی در فصل زمستان و با فرض تعبیه‌ی راه کارهای حفاظتی در برابر تابش فصل تابستان معرفی شده است. از نرم افزارهای راینو، اکوتکت و اکسل در این پروژه استفاده شده است.

در پروژه‌ی دیگری مبنی بر"بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی" نوشته‌ی زهرا برزگر و شاهین حیدری بر تاثیر انرژی خورشیدی بر میزان مصرف انرژی اولیه، سرمایش و گرمایش در بخش مسکونی پرداخته شده است. جهت گیری بهینه ساختمان‌های مسکونی در شیراز و همچنین بهترین بدنه‌های ساختمان در راستای جذب انرژی خورشیدی بر اساس نرم افزار اکوتکت تعیین شد. بنابراین با توجه به تحقیقات اخیر محقق در نظر دارد به بهره گیری از پژوهش‌ها و منابع پیشین که در این زمینه صورت گرفته است؛ نگاهی نو، به مسئله‌ی انرژی که امروزه از اساسی ترین مسائل روز دنیاست، داشته باشد.

1-8روش تحقیق

الف) نوع تحقیق و روش بررسی فرضیه‌ها یا پاسخگویی به سؤالات (توصیفی، تجربی، تحلیل محتوا، اسنادی، تاریخی و...)

با توجه به اهمیت موضوع رساله، مطالعه رساله، دو بخش مختلف را شامل می‌شود که با توجه به ماهیت هر بخش، از روش‌های مختلفی برای دست یابی به مطالب مربوطه استفاده می‌شود :

پژوهش حاضـر در مرحله‌ی اول با تکیه بر روش تحقیق، توصـیفی-تحلیلی از منابع کتابخانه‌ای در زمینه‌ی اهمیت صرفه جویی انرژی در ساختمان و استفاده از انرژی‌های پایدار بهره می‌جوید.

در مرحله‌ی دوم با روش مشـابه سـازی نرم افزاری، فرم‌های هندسـی متداول سـقف در مجتمع‌های مسـکونی منطقه مورد نظر شـناسـایی می‌شـود و پس از مدل سـازی نمونه‌های بارز و متداول، میزان انرژی تابشـی، دمای متوسـط تشـعشـعی، بهینه دریافتی آن‌ها در ماه‌های مختلف سـال محاسـبه و تحلیل می‌شـــود. پیش از هر چیز، جهت گیری بهینه‌ی اقلیمی در شـــهر مورد توجه قرار گرفته و تمام تحلیل‌های بعدی بر اسـاس آن جهت گیری می‌شـود ؛ و همگی با فرض سـطح زیر بنای یکسـان، مدل سازی و در نرم افزار مشابه سازی تحلیل می‌شود . پس از تحلیل‌ها و یافتن فرم بهینه سقف به طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد مورد نظر پرداخته خواهد شد.

ب) جامعه آماری

جامعه‌ی آماری مجموعه‌های مسکونی شهر کرج می‌باشد.

ج) نمونه‌گیری (حجم نمونه و روش محاسبه)

مدل انواع سقف‌های (مسکونی) رایج در منطقه مورد مطالعه است.

د) ابزار گردآوری داده‌ها و ذکر ویژگی‌های آن‌ها (پرسشنامه، مصاحبه و ...)

نرم افزار های انرژی پلاس، اکوتکت، REVIT و گرس هاپر که با توجه به نیاز پروژه در هر مرحله کار از هر یک از آن‌ها استفاده خواهد شد.

ه) روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیلی صـــورت گرفته و در بخش بعدی از روش مشـابه سـازی- محاسـباتی به عنوان روش تحقیق کار اسـتفاده می‌شـود . در این قسـمت الترناتیوها با اسـتفاده از نرم افزار اکوتکت و REVIT مدل سـازی گرافیکی شـده و با اسـتفاده از انرژی پلاس و گرس هاپر تجزیه تحلیل های عددی محاســبه می‌شـــود . نهایتا، نتایج نهایی از آنالیزها بهترین فرم و زاویه سقف را برای کاهش در هدر رفت انرژی در این منطقه نشان می‌دهد.

1-9کاربرد نتایج تحقیق

درسـاخت و سـاز مجتمع‌های مسـکونی با رویکرد تاکید بر نقش فرم سـقف در کاهش هدر رفت انرژی در چه میزان صـرفه جویی درمصـرف انرژی انجام خواهد شد؛ که از نتایج مشـابه سـازی‌ها وتجزیه و تحلیل آن‌ها می‌توان به میزان صرفه جویی که از طریق بهینه طراحی سقف‌ها ایجاد می‌شود ، دست یافت.

فصل دوم

2 فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع

2-1مقدمه

بیش از چندین دهه اســت که رابطه‌ی انســان با جهان طبیعی به دلیل رخ دادن طیف وســیعی از بحران‌های محیطی در رده مقوله‌های خاص و گاه آزار دهنده در آمده اســت. در ســطح وســیع، موضــوع‌های توســعه‌ی پایدار، اســتفاده از انرژی و محیط گرایی اکنون در راس برنامه بیش‌تر حکومت‌ها است. در اثر فشارهای سیاسی، اقتصادی و اجتماعی و حتی فرهنگی سعی شده است تا راهبردهای آتی مشخص و تعیین شوند. طراحی ساختمان‌هایی که ویژگی صرفه جویی در انرژی و هم‌چنین حفاظت منابع طبیعی را در خود داشته باشند در زمره اصلی‌ترین مسئولیت‌های معماران قرار می‌گیرد. امروزه استفاده کنندگان از ساختمان چه در منزل و چه در محیط‌های کاری نیاز به آسایش و راحتی بی قید و شرط دارند این امر خود منجر به نیازی فزاینده به انرژی در بخش خانگی و صنعتی شده است. یکی از راه‌های برآورده شدن نیازهای آسایشی و حتی فرهنگی و مذهبی انسان استفاده از الگوهای پایدار اســت. با ایجاد تعامل بین معماری و انرژی‌های پایدار می‌توان به این هدف نزدیک‌تر شد. معماری پایدار یک روش طراحی است و به تقلیل مصرف منابع تجدید ناپذیر می‌پردازد و اظهار می‌دارد که آنچه را که ما برای بقاء نیاز داریم ازمحیط زیست به دست می‌آوریم.

در این رساله پژوهشگر در نظر دارد جهت کاهش هدر رفت انرژی در ساختمان، فرم بام که یکی از اجزاء اصــلی ســاختمان در دریافت انرژی اســت را مورد تحلیل قرار داده تا با دســت یابی به فرم بهینه گامی در جهت صــرفه جویی در مصــرف انرژی و اســتفاده هرچه بیش‌تر از انرژی‌های پایان ناپذیر، به صــورت مشــخص در این پروژه انرژی خورشــیدی، بر دارد. در این فصــل در ابتدا با مروری به ادبیات موضــوع در حوزه انرژی و پس از آن بررســی رفتار حرارتی ســاختمان و به

صـــورت خاص، بام ســـاختمان، مورد بررســـی حرارتی قرار گرفته اســـت و در انتها با مروری بر مطالعات صاحب نظران در این زمینه و بیان نتایج تحلیل ها فصل به پایان می‌رسد.

2-2منابع انرژی

منابع انرژی به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند: انرژی‌های تجدید پذیر و انرژی‌های تجدید ناپذیر.

متاسـفانه امروزه اسـتفاده‌ی بی رویه از منابع انرژی‌های تجدید ناپذیر علاوه بر ایجاد آلودگی‌های محیط زیستی، کاهش هر چه بیش‌تر این منابع را نیز منجر شده است. تلاش بر این است تا با شناخت پتانسیل‌های منابع انرژی تجدید پذیر، که از آن‌ها به عنوان انرژی‌های پاک نیز یاد می‌شود، در جهت رفع معضلات پیش آمده برآییم. در ابتدا به اختصار به معرفی این منابع پرداخته می‌شود .

2-2-1 منابع تجدید ناپذیر انرژی

این نوع از انرژی‌ها فقط یک بار قابلیت مصرف دارند و منابع آن‌ها محدود است. این منابع شامل سوخت‌های فسیلی، معدن و سایر منابع خدادادی است که مثل جنگل‌ها و مراتع قابل تجدید نیستند و یا به میلیاردها سال برای تجدید نیاز دارند (کهربائیان، 1375، ص. 5).

- انرژی سوخت‌های فسیلی

به نوعی از انرژی اطلاق می‌شـود که محصـول انباشـته شـدن فسـیل موجودات پیشـین در اعماق زمین اسـت. موجوداتی که چندین میلیون سـال پیش می‌زیسـتند، در اعماق زمین به تدریج تجزیه و به موادی تبدیل شـدند که امروز ما می‌توانیم با حفر زمین به آن‌ها دسـت پیدا کنیم. مهم‌ترین ذخایر فسـیلی عبارتند از نفت خام، گاز طبیعی و زغال سنگ (فکوهی،1374، ص. 12).

- انرژی هسته‌ای

منظور از انرژی هسـته‌ای، نوعی از انرژی اسـت که از طریق ایجاد شـکافت هسـته‌ای در برخی مواد معدنی با اسـتفاده از یک تکنولوژی بسـیار پیشـرفته به دسـت می‌آید و سـپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود . انرژی هسته‌ای هنوز درصد کوچکی از کل مصرف انرژی جهان را تشکیل می‌دهد. یکی از دلایلی که مانع از رشـد زیاد مصـرف انرژی هسـته‌ای شـده اسـت، مخالفت طرفداران محیط زیسـت با این نوع انرژی اسـت. این گروه انرژی هسـته‌ای را خطری بزرگ برای طبیعت و انسـان می‌دانند، حوادثی نظیر انفجار نیروگاه هســـته‌ای و زباله‌های رادیواکتیو از جمله اثرات نامطلوب این نوع انرژی محسوب می‌شوند (فکوهی، 1374، ص ص. 36-39).

2-2-2 منابع انرژی تجدید پذیر

انرژی تجدید پذیر عبارت است از هر نوع منبع انرژی که بدون آن‌که مخازن تامین کننده‌ی آن رو به زوال روند، مورد استفاده قرار گیرد. از جمله مزایای این نوع انرژی‌ها آن است که به هیچ عنوان co_2 و یا سایر گازهای آلاینده و مضر، زباله و بقایای مشکل آفرین تولید نمی‌کنند ، پایان ناپذیرند و می‌توان آن‌ها را به طور منطقه‌ای و محلی نیز تولید نمود (فرامرز و عزیزی لرد، 1393، ص. 20).

- انرژی باد

هنگامی که تابش خورشیدی بطور نامسـاوی به سـطح ناهموار زمین می‌رسـد باعث ایجاد تغییرات

در فشـــار و دما می‌گردد ، آن‌گاه باد بوجود می‌آید (کهربائیان، 1375، ص ص. 195-196). بنابر محاســـبات علمی، میزان تولید بالقوه‌ی انرژی باد در دنیا، حداکثر 2 برابر تولید برق کنونی اســـت. کشـور ما از لحاظ میزان باد بر خلاف انرژی خورشـیدی چندان غنی نیسـت، با این همه در مناطقی چون زابل، منجیل و تاکستان از امکانات بالقوه‌ی زیادی برخوردار است (فکوهی، 1374، ص. 49).

- انرژی خورشیدی

خورشید که به یک نیروگاه اتمی شباهت دارد، منبع انرژی شگفت انگیزی است. انرژی خورشیدی در اثر همجوشـــی هســـته‌ای به وجود می‌آید. درجه حرارت درون خورشـــید برابر 15 میلیون درجه سـانتی گراد برآورد شـده اسـت، به این صـورت که تنها انرژی تشـعشـعی آن که پس از طی مسـافت 1500 ملیون کلیومتر در مدت 8 دقیقه به زمین می‌رسـد ، هزاران برابر مصـرف کنونی جهان اسـت. میزان تابش خورشـید و امکان اسـتفاده از ان در کشـورهای مختلف متفاوت اسـت. ایران از این نظر درنخستین کشورها قرار دارد، زیرا بنابر محاسبات انجام شده، میانگین سالیانه تابش خورشید بر هر متر مربع برابر 2200 کیلووات است. کل انرژی خورشیدی که بر ایران می‌تابد معادل 1634 میلیارد بشکه نفت خام، یعنی بیش از 3000 برابر انرژی مورد نیاز در کشور ما است (فکوهی، 1374، ص ص. 41-47).

- انرژی آبی (هیدرو-الکتریسیته)

دریاها با فرایندهای مختلف فیزیکی انرژی را دریافت و ذخیره نموده و سپس آن را تلف می‌کنند . این انرژی به صـــورت موج، جزر و مد، اختلاف درجه حرارت و اختلاف غلظت نمک در اعماق مختلف آب دریا وجود دارد که می‌توان از هر یک از آن‌ها بهره برداری نمود (کهربائیان، 1375، ص. 466). بنابر پژوهش‌های انجام شـــده، میزان انرژی حرارتی اقیانوس از ســـایر انواع آن بیش‌تر اسـت و به تنهایی بیش از ده برابر مصـرف انرژی کنونی جهان می‌باشـد (فکوهی، 1374، ص ص. 53-56).

- انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی به حرارتی که در زیر سطح کره زمین انبار شده است اتلاق می‌گردد . مقدار این انرژی به مراتب بیش از مصـــرف فعلی انرژی در جهان اســـت، لیکن شـــدت آن به جز در محل طلاقی صفحات تکتونیک و نواحی‌ای که به عنوان محل آتشفشان یا زلزله شناخته می‌شوند بسیار کم است. این انرژی در صورتی تجدید پذیر محسوب می‌شود که انرژی برداشت شده بیش از انرژی‌ای که از طریق مرکز زمین جای‌گزین می‌شـود نباشـد. در دراز مدت، با توسـعه روش‌های موثر برای استخراج انرژی از این منابع، سهم بالقوه‌ی انرژی زمین گرمایی به مقدار زیادی افزایش خواهد یافت (کهربائیان، 1375، ص ص. 6-7).

- انرژی بیومس

بیوماس شامل محصولاتی می‌شود که از فتوسنتز به دست می‌آیند و اصولا ذخیره شیمیایی انرژی خورشیدی است. در ضمن نمایشگر انبار تجدید پذیری از کربن در محیط زیست می‌باشد. این انرژی در سرتاسر جهان توزیع شده است و در هر کشوری در کره‌ی زمین به صورتی در دسترس است.

بیوماس یک منبع انرژی گرمایی است که اغلب بوسیله‌ی افرادی خارج از بازارهای انرژی جمع آوری می‌شود (بیوماس سنتی). انواع گوناگون بیوماس شامل سوخت، محصولات کشاورزی که به طور مشخص برای سوخت تولید می‌شوند، پسمانده‌های کشاورزی وجنگل داری، پسمانده‌های فراوری صنایع غذایی و چوبی، فضولات جامد شهری، فاضلاب و گیاهان آبی می‌شود . (کهربائیان، 1375، ص ص. 7-9).

2-2-3 اهمیت انرژی و ضرورت توجه به مصرف آن

نقش و اهمیت انرژی در دنیای کنونی بر کسی پوشیده نیست و این انرژی به یکی از عوامل بسیار موثر در فرآیند رشد و توسعه تبدیل گشته است. از طرفی، عوامل بسیاری هم چون بحران کمبود انرژی در جهان و محدودیت منابع انرژی به دلیل تجدید ناپذیر بودن آن استفاده از انرژی‌های فسیلی که باعث افزایش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود ، بالا بودن رشد جمعیت و نیاز به تقاضای بیش‌تر انرژی، رشد بالای مصرف انرژی به دلیل الگوی ناصحیح مصرف انرژی و اتلاف آن، عدم وجود سیستم بازیافت انرژی، وجود صنایع و کارخانه جات فرسوده، متکی بودن اقتصاد کشورهای دارای منافع انرژی به درآمدهای نفتی و هزینه‌های بالای انرژی در چرخه تولید و بار منفی آن بر اقتصاد جهان، دست اندرکاران و سیاست گذاران بخش انرژی را بر آن داشته است تا چاره‌ای جهت رویارویی با چالش‌های فوق بیندیشند.

- مصرف انرژی در جهان

در دهه‌ی هشتاد مشکلات عدیده‌ای باعث شد که اندیشمندان به موضوع سوخت‌های فسیلی، بحران اقتصادی و آینده‌ی آن و آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف آن‌ها با جدیت بیش‌تری بپردازند. هر سال که گذشت ابعاد فاجعه زیست محیطی بیش‌تر آشکار شد و پدیده‌ی گلخانه‌ای تاثیر بیش‌تری گذاشت. اخطارهای بین المللی و دستورالعمل‌های مقدماتی به فرایندهای نظارتی و کنترلی منطقی‌تر شد، که هم تولید و هم عرصه مصرف را زیر ذره بین خود قرار داد. آن چیزی که این تغییر و تحول لازم را موجود می ساخت، هزینه‌ی هنگفت تغییرات مکانیزم مصرف انرژی، از فسیلی به پایدار بود. این اتفاق به طور جدی در کشورهایی به وقوع پیوست که یا از سوخت فسیلی کم‌تر بهره داشتند یا از مدیریت انرژی آینده نگر و مقتدری برخوردار بودند. در اواخر دهه‌ی قرن بیستم، بشر متمدن به این نتیجه رسید که برای تداوم زیست خود باید به اکولوژی چرخه‌ی حیات توجه نماید و تنها نگاه صرف به پیشرفت فناوری و کشف حوزه‌های جدیدی از علوم و استفاده از آن‌ها حرفه‌ای‌تر ساختن زندگی بشر و حذف عوامل، جز به نابودی بشر نخواهد انجامید (مردانی،1390، ص ص. 3-10).

ب) مصرف انرژی در ایران و مقایسه ان با سایر کشور های جهان

در ایران، آینده‌ی تولید و توزیع انواع حامل‌های انرژی در سطح کشور با توجه به افزایش صعودی و بی رویه‌ی مصرف این حامل‌ها بسیار نگران کننده است و در صورت استمرار نرخ کنونی تولید انرژی و ثبات نرخ رشد مصرف فعلی در سال‌های آتی، ظرف کم‌تر از 20 سال آینده کلیه‌ی ذخایر قابل استحصال هیدروکربنی کشور باید به تامین نیاز داخلی اختصاص یابد که در این صورت، درآمد ارزی نفت از اقتصاد ملی کشور حذف خواهد شد.

در ایران بالاترین میزان سهم مصرف انرژی در بین بخش‌ها مربوط به بخش خانگی و تجاری با حدود 40 درصد از کل مصرف انرژی می‌باشد (براساس ترازنامه سال 1379) براساس آمار و ارقام منتشره در بخش ساختمان، متوسط مصرف انرژی به ازاء هر متر مربع در ایران 2/6 برابر متوسط مصرف در کشورهای صنعتی است که در بعضی از شهرهای کشورمان، این رقم به حدود 4 برابر می‌رسد. مطالعات اولیه در بخش‌های خانگی و تجاری نشان می‌دهد که پتانسیل صرفه جویی در بخش ساختمان و در سیستم‌های گرمایشی که 70 درصد مصرف انرژی در این بخش را تشکیل می‌دهد

نزدیک به 15 درصد و حداکثر 35 درصد است. دست یابی به 35 درصد صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان، به معنای کاهش سطح رفاه جامعه نیست بلکه به این معناست که با مدیریت انرژی می‌توان از منابع انرژی، بهره برداری مطلوب‌تری داشت و سالیانه تا 2/2 میلیارد دلار از اتلاف منابع جلوگیری کرد (مردانی،1390، ص ص. 3-10).

انجام اقدامات بهینه سازی در ساختمان‌ها با اهداف زیر انجام می‌گیرد:

1- کاهش مصرف سوخت.

2- کاهش هزینه‌های پرداخت شده توسط مردم برای سوخت مصرفی.

3- ایجاد شرایط مطلوب دمای ساختمان به دلیل بالارفتن کیفیت ساخت بناها.

4- کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی.

2-3 انرژی در ساختمان

همان طور که ذکر شد، بخش ساختمان یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف کننده در جهان است. توجه به فناوری‌های ساختمان به منظور صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به میزان بسیار موثری می‌تواند، نقش داشته باشد. از جمله عوامل موثر در افزایش راندمان و بهینه سازی مصرف انرژی می‌توان عوامل زیر را برشمرد:

1-طراحی معماری ساختمان.

2-طراحی تاسیسات برقی و مکانیکی.

3-رفتار ساکنین.

مطالعات نشان می‌دهد که عوامل یاد شده، مصرف معمول انرژی را تا 10 برابر افزایش می‌دهد. طراحی نا مناسب معماری ساختمان می‌تواند تا 2/5 برابر مصرف معمول انرژی را افزایش دهد و اگر آن‌چه تاسیسات برقی و مکانیکی را نیز به آن اضافه کنیم، میزان مصرف تا 5 برابر مصرف معمول افزایش پیدا می‌کند ، سهم ساکنین در این زمینه نیز به 2 برابر می‌رسد.

در تمام طول تاریخ معماری و ساختمان سازی، طراحان همواره درصدد پاسخگویی به شرایط آب و هوایی بوده‌اند. حتی در معماری به اصطلاح بدوی؛ طراحی اقلیمی دارای بیان دقیق و استادانه‌ای بوده است، مانند پلان خانه‌های حیاط مرکزی سنتی ایران که جهت حفظ سرمای شب در اقلیم گرم و خشک طراحی شده اند (محمدی،1391، ص ص. 17-22).

2-3-1 حفظ منابع انرژی و استفاده بهینه از آن

- به حداقل رساندن نیاز و تقاضا برای انرژی سوخت‌های فسیلی: استفاده از تکنیک‌های گرمایشی و سرمایشی غیرفعال در ساختمان به منظور کاهش به کارگیری سیستم‌های مکانیکی.
- مجهز سازی ساختمان‌ها به طرح‌ها و تکنولوژی‌های بازدهی انرژی (مسندی خیابانی، 1387، ص. 36).

2-3-2 هماهنگی بازدهی انرژی با استفاده از منابع تجدید پذیر در ساختمان

هر ساختمانی می‌تواند خود، نیازهایش را تامین کند. از طریق وجود انرژی‌های باد، تابش خورشید، گرمای زمین و سایر مواردی که پیش از این به آن اشاره شد. به این ترتیب تولید انرژی به

کمک منابع تجدید پذیرکه تجهیزات آن در مجاورت ساختمان‌ها نصب و مورد بهره برداری قرار می‌گیرند، گام مهمی در خود کفایی انرژی بنا و در نهایت کاهش مصرف انرژی به شمار می‌آید (حیدری،1387، ص. 96).

2-4انرژی و وجوه مختلف ساختمان

همان طور که پیش‌تر نیز بیان شد، در حوزه معماری طراحی مناسب می‌تواند با استفاده از راهکارهای سامانه‌های غیر فعال، به کاهش انرژی مصرفی نهایی ساختمان منجر شود (برزگر و حیدری،1392). صرفه جویی در مصرف انرژی می‌تواند از طریق توجه به فرم (فرم سقف، فرم جداره‌ها ونما) فرم کلی ساختمان، کف ساختمان، زاویه استقرار بنا، جانمایی فضاها در پلان، انتخاب پوسته مناسب با اقلیم و شرایط محیطی و در نهایت استفاده از شیوه های مناسب برای جایگزین کردن انرژی‌های تجدید پذیر به جای تجدید ناپذیر صورت گیرد. هر یک از این‌ها به میزانی در کاهش مصرف انرژی ساختمان موثر است (هاشمی وحیدری،1390).

بام یکی از اجزا اصلی ساختمان است که عموما مورد بی مهری طراحان معماری است. معماران فقط به ملاحظات آب بندی آن توجه داشته و سعی دارند با ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین راهکارها و بی توجه به ملاحظات حرارتی آن را بنا سازند. با بررسی عملکرد حرارتی، اجزا ساختمان و پیگیری تغییرات آن‌ها در ساعات و فصول مختلف می‌توان به راهکارهایی موثر در جهت اصلاح طراحی اجزا دست یافت و متوجه شد که چنین عنصر معماری تا چه اندازه در اتلاف انرژی بنا یا صرفه جویی غیر مستقیم انرژی، به خصوص در محیط های شهری، موثر است.

در ادامه‌ی این فصل با توجه به توضیحات مربوطه راجع به انرژی و کاهش استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر که قبلا ذکر شد و با مد نظر قرار دادن موضوع رساله نقش سقف (بام)، در کاهش هدر رفت انرژی، به بررسی بام‌ها و اثرات حرارتی آن‌ها پرداخته می‌شود .

2-4-1 تبادل انرژی در بام

سقف به قسمتی از ساختمان اطلاق می‌شود که برای پوشش و تقسیم طبقات ساختمان از هم ساخته می‌شود ؛ در صورتی که حد فاصل بین ساختمان و هوا باشد، ان را بام نامند. (شاهی، 1386، ص225). بام ساختمان یا پوشش نهایی سقف، تاثیر پذیرترین عنصر ساختمانی در برابر عوامل اقلیمی است. عواملی هم چون تابش افتاب و یا بارش برف بیش‌تر بر بام ساختمان تاثیر می‌گذارد تا بر اجزای دیگر آن. از این رو شناخت ویژگی‌های سقف‌های ساختمانی به لحاظ قابلیت‌های عملکردی (functional) آن، یعنی عملکرد جدا کردن دو محیط متناقض و ناسازگار برای پناه دادن به انسان، حفظ بهداشت، سلامت و آسایش حرارتی او، تحت هر شرایط محیطی از یک طرف و از طرف دیگر، به لحاظ قابلیت‌های رفتاری (behavioral)، یعنی عکس العمل رفتاری در مقابل عوامل موثر ومخرب شرایط محیطی داخل و خارج (ریاضی وماجدی اردکانی،1385، ص. ح)، از مباحث مهمی است که در این فصل رساله ، به تفضیل مورد توجه قرار می‌گیرد.

- نقش های حفاظتی

مهم‌ترین عملکرد معماری سقف‌ها که یک جز از پوسته خارجی ساختمان‌ها به شمار می‌رود، کارکرد حفاظت و امنیت داخل ساختمان از نزولات و عوامل متعارض جوی است که از اهمیت خاصی برخوردار است و نیاز به تمهیدات ویژه‌ای دارد. اصطلاح سرپناه که به آن اطلاق شده است، گواه بر این است که در میان تمام اجزای ساختمان به عنوان چتر حفاظتی، اولویت دارد و بدون آن، زیستن معنا و مفهمومی ندارد (ریاضی و ماجدی اردکانی، 1385،ص. 1). در کلامی دیگر، بام

ساختمان مهم‌ترین بخش از پوشش خارجی بنا در زمینه حفاظت حراراتی است که مستقیما تحت تاثیر نور، تابش و سایر عوامل جوی قرار می‌گیرد:

-حفاظت فضای داخلی در برابر تابش خورشید به منظور کاهش میزان حرارت دریافتی.

-حفاظت در برابر باران با منحرف کردن مسیر حرکت اب از دیواره ها و در و پنجره ها و جلوگیری از انتقال رطوبت ناشی از باران(نیلسن، 1389، ص. 95).

از این رو پوشش بام، علاوه بر خواص عمومی نظیر مقاومت در برابر بارهای وارده باید دارای قابلیت‌های بیش‌تری نظیر مقاومت کافی در برابر عوامل جوی ، نفوذ آب و رطوبت باشد. شکل بام، نوع مصالح مصرفی و آب و هوای منطقه نیز از عوامل تاثیر گذار در بهبود کارکردهای حفاظتی – حرارتی بام خواهند بود (شاهی، 1386، ص. 228).

-نقش حفاظتی بام و جانپناه بودن ان در مقابل تعارضات صوتی نیز در تصمین شرایط اولیه ارامش و ساکنان موثر خواهد بود(ریاضی و ماجدی اردکانی، 1385، ص. 145).

- نقش حرارتی

وظیفه‌ی بام تنها محافظت از اجزای بام نبوده و می‌تواند علاوه بر آن، با شرکت در سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی به بهره برداری از منابع انرژی محدود کمک کند. اگرچه رویکرد اصلی در طراحی بام بر مبنای نقش حفاظتی آن است و یا در برخی کشور ها استفاده از عایق برای کاهش مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ضروری است (مسندی خیابانی، 1387، ص. 57)؛ لیکن استفاده از مکانیزم‌های محافظتی برای مستقل ساختن ساختمان کافی نیست، بلکه برای رسیدن به این هدف به واسطه‌هایی برای پراکنده سازی حرارت و هم‌چنین استفاده بهینه از منابع تجدید پذیر برای تامین گرمایش و سرمایش مورد نیاز ضروری است.

هوای محیط، خاک، آب و آسمان واسطه‌های حرارتی مناسبی هستند که دمای آن‌ها بالاتر و یا پایین تر از فضای مورد نظر بوده و می‌توانند برای سرمایش و گرمایش بام مورد استفاده قرار گیرند. آن چه که در این بخش از پژوهش مورد مطالعه قرار می‌گیرد، نقش‌های حرارتی بام در تعامل با محیط پیرامونی بنا و تاثیر آن بر سطح انرژی مصرفی ساختمان است.

الف) عایق حرارتی

بخش قابل توجهی از تبادل حرارت ساختمان از طریق پوسته خارجی آن به ویژه بام صورت می‌گیرد، به ویژه در ساختمان‌های کم‌تر از دو طبقه که نسبت مساحت بام در مقایسه با سایر جداره‌های عمودی (دیوارها) زیاد است، تاثیر آن بر مقدار اتلاف انرژی و به دنبال آن صرفه جویی در مصرف انرژی چشم گیر است. بام‌ها مانند دیوارهای خارجی بخشی از پوسته به حساب می آیند و بسته به جنس، مصالح، ضخامت، شکل و تعداد طبقات ساختمان مقدار گریز گرما در آن‌ها تغییر می‌کند . برای بررسی میزان عایق بودن حرارتی اجزای سقف می‌توان با دانستن ضریب هدایت حرارت و ضخامت هر لایه و هم چنین شرایط محیطی داخل و خارج ساختمان، محاسبات لازم را به عمل آورد (ریاضی و ماجدانی اردکانی، 1385،ص. 147). مقدار ضریب هدایت حراراتی لاندا بر حسب واحد W/MK اندازه گیری می‌شود . این مفهوم دقیقا عکس مفهوم میزان مقاومت ماده در

برابر عبور حرارت است که در مصالح عایق دیده می‌شود . ارتباط معکوس واضحی بین رسانایی و عایق بودن حرارتی مصالحی که وزن مخصوص آن‌ها کم است، انتقال دهند و مقدار لاندا برای آن‌ها بیش‌تر است. مصالح با وزن مخصوص کم‌تر در برابر عبور حرارت نقش عایق دارند مقدار لاندا آن‌ها کم‌تر است (نیلسن، 1389، ص. 136). لازم به ذکر است که عایق حرارتی قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می‌شود که دارای ضریب هدایت حرارتی کم‌تر یا مساوی 0/65 W/MK و مقاومت حرارتی مساوی یا بیش‌تر از 0/5 M^2K/W باشد (اخترکاوان و دیگران، 1390، ص. 124).

با گسترش روش‌های عایقکاری حرارتی سقف‌ها ، موضوع اثر این عایق‌ها بر روی لایه سطحی بام مطرح شده است. نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است؛ لایه سطحی سقف‌های عایق کاری شده در تابستان حدود 22 درجه سانتی گراد گرم‌تر و در زمستان حدود شش درجه سانتی گراد، سردتر از لایه سطحی بام ساختمان‌های بدون عایق است (ریاضی و ماجدی ، اردکانی ، 1385 ، شاهی 1386).

ب) کنترل خورشیدی

در ساختمان‌ها بیش‌ترین جزئی که در معرض پرتوهای خورشیدی قرار می‌گیرد، سطح بام‌ها می‌باشد. با جذب تابش خورشیدی از طریق سطح بام، دمای سطح بالا می‌رود و حرارت به فضای داخلی ساختمان و همچنین به هوای خارجی و آسمان انتقال می‌یابد، افزایش دمای سطح تا بالای دمای محیط تابع ضریب جذب خورشیدی سطح است. سطوح تحت تاثیر تابش خورشیدی در هنگام ظهر به حد اوج خود می‌رسند، در صورتی که اوج دمای هوای خارجی در ابتدای ساعات بعد از ظهر اتفاق می‌افتد. به همین ترتیب، افت شبانه دمای سطوح تا حد پایین‌تر از دمای هوای محیط بر اثر سرمایش تابشی (اتلاف حرارت از طریق پرتوهای موج بلند به اسمان شب) در هنگام شب خواهد بود (سیلوایه،1390،ص. 74).

سطوح مسطح بام در طول روز تحت اثر تابش خورشید قرار می‌گیرند. در نتیجه گرمای جذب شده آن‌ها می‌تواند توسط کل سطح به فضای داخلی انتقال پیدا کند. از سویی دیگر، ترکیبی از یک سقف مسطح منعکس کننده حرارت و وجود فضای خالی بین سقف بام و سقف بالاتر از طبقه موجب می‌شود تا بخشی از حرارت خورشید بازتاب شده و بخش دیگری از ان در فضای خالی محبوس شود.

در مقابل ، در سطوح غیر مسطح بر خلاف سطوح مسطح، همواره قسمتی از سطح در سایه قرار می‌گیرد. به این ترتیب، به کارگیری سطوح شیب دار، طاقی و گنبدی شکل در کاهش میزان جذب حرارت تابشی در آن‌ها موثر است (نیلسن،1389،ص97). برآورد مقدار تابش بر روی سطوح شیب دار با میزان شیب (s) وجهت (a) در طراحی بام در بحث معماری همساز با اقلیم کاربرد گسترده‌ای دارد (خلیلی و دیگران،1381). بام شیب داری که در جهت مخالف خورشید منحرف شده نسبت به بامی که افقی می‌باشد پرتوهای مستقیم کم‌تری دریافت می‌کند ، در حالی که سطح بالای آن دریافت پرتوهای پراکنده را افزایش می‌دهد (سیلوایه، 1391، ص. 74). استفاده از سطوح گنبدی و قوس دار باعث می‌شود که مساحت افزایش یابد و این افزایش مساحت، در روند انتقال گرما، تبادل حرارات و از داست دادن تدریجی آن، تاثیر مثبت گذاشته و موجب کاهش گرمای دریافتی در روز و افزایش باز پس دادن حرارت در شب می‌شود .

علاوه براین شرایط، رنگ نیز تاثیر چشم گیری بر میزان جذب پرتوهای خورشیدی توسط بام دارد. استفاده از مصالح با رنگ های روشن در بام در کاهش میزان دریافت تابش به ویژه در مناطق گرم موثر است (همان). همچنین ، قیر اندود کردن بام‌ها درکاهش میزان جذب حرارت تابشی در

پوشش نهایی ساختمان موثر است (همان،ص 100).

همچنین باید توجه شود که در طراحی صحیح، جهت استقرار ساختمان و ابعاد بازشوها که بر اساس پارامترهای اقلیمی تابش محاسبه میشوند و نقش مهمی در صرفه جویی انرژی لازم برای گرمایش و سرمایش ساختمان دارند.

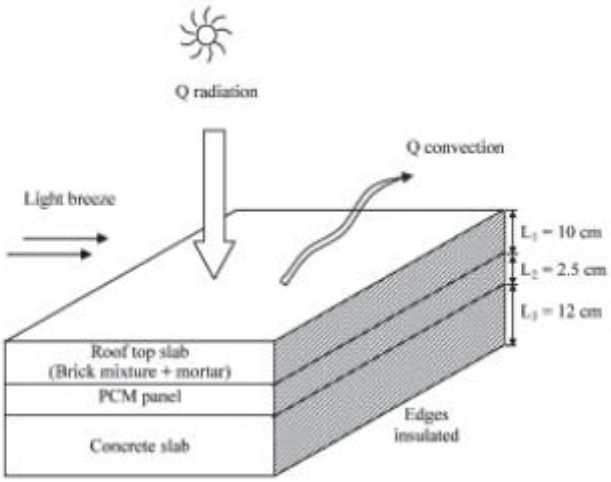
ج) ذخیره حرارت

تابش خورشید به صورت حرارت در جرم دیوارها ، پارتیشن‌ها، کف‌ها و سقف ساختمان‌ها ذخیره می‌شود . حرارت ذخیره شده به صورت انباره‌ی حرارتی موقت عمل می‌کند ، این خاصیت در مواقعی که نوسان دمایی وجود دارد به ثابت سازی دمای داخلی کمک می‌کند . ذخیره حرارت در جداره‌ها از جمله بام، با استفاده از ذخیره سازی گرمای محسوس 5 و یا گرمای نهان 6 توسط مواد و مصالح انجام می‌گیرد. میزان ذخیره سازی گرمای محسوس و یا ظرفیت حرارتی مصالح در هر یک از عناصر ساختمانی، تابعی از گرمای ویژه، جرم (در واحد کیلوگرم) و ضخامت (در واحد متر) آن‌ها است.

ظرفیت حرارتی مقیاسی از انرژی است که با هر درجه افزایش دما در مصالح ذخیره می‌شود . استفاده از مصالح سنگین به عنوان جرم گرمایی با ایجاد تاخیر در انتقال گرما در روز، موجب ایجاد شرایط بهتری در داخل فضا می‌شود و در شب، گرمای ذخیره شده به داخل فضا منتقل می‌گردد . با توجه به این‌که بام در سطح بالایی قرار دارد و همواره در معرض بیش‌ترین تاثیرات از نوسانات اقلیمی، تابش خورشیدی و رویدادهای آب وهوایی است، باید توجه داشت که استفاده از جرم گرمایی 7 در بام به مقدار زیادی از بهره گرمایی خورشید می کاهد (سلطاندوست، 1390، ص. 360). باید توجه کنیم که ساختمان Freerunning که ظرفیت حرارتی اندکی دارد، از نوسانات دمای هوای بیرون و داخل و تابش خورشیدی پیروی می‌کند ، تابش خورشیدی منجر به افزایش دما تا بالاتر از دمای هوای خارج می‌گردد که گاهی ممکن است برای ساکنین بسیار بالا باشد، به طور مشابه، با پایین آمدن دمای هوای خارج، افت سریعی در دمای هوای داخل ایجاد می‌شود ، که ممکن است موجب عدم آسایش ساکنین نیز گردد. در مقابل ساختمان با طرفین نگه داری انرژی بالا، گرایش به دمای ثابت دارد (مسندی خیابانی، 2006، ص. 61). در نتیجه در جهت آماده سازی بام درنقش غشاء حفاظتی و همزمان به صورت جرم گرمایی، توجه به موارد زیر باید در اولویت قرار گیرد:

- تخمین دمای هوای افتابی سطح.
- استفاده از عایق مناسب با توجه به نحوه انتقال حرارت بام .
- تامین آسایش حرارتی با در نظر گرفتن جرم حرارتی جهت کاهش نوسانات دمایی (نیلسن، 1389، ص ص. 141-145) (سیلوایه، 1391، واتسون ولبز،1388) و(سلطاندوست ،1390، ص ص. 357-362).

در موارد معدودی نیز برای ذخیره سازی حرارت از گرمای نهان مواد استفاده می‌شود . در این صورت ماده به کارگرفته شده باید ویژه و مناسب ذخیره سازی باشد. مزیت استفاده از گرمای نهان ذخیره شده نسبت به گرمای محسوس، عدم تغییر دما به هنگام جذب یا دفع گرما است (سلطاندوست، 1390، صص.367-365). استفاده از این گونه مواد (مواد تغییر فاز دهنده) در جداره‌ها از جمله سقف، علاوه بر سبک‌تر شدن آن، ذخیره میزان زیادی انرژی را به همراه دارد. شکل (2-1) نمونه‌ای از نحوه به کارگیری این مواد در سقف را به منظور ذخیره سازی حرارت نشان می‌دهد (پیرکندی،1389،صص11و12).

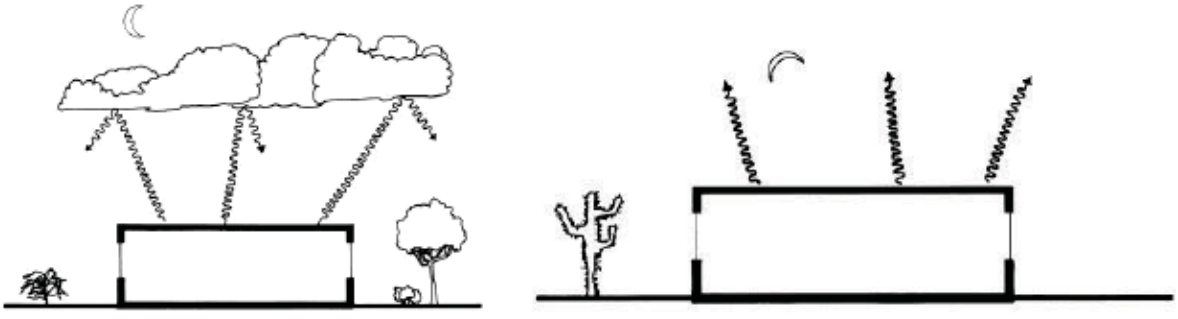


شکل 1-2 نمایی از نحوه قرارگیری PCM در بام ساختمان (پیرکندی،1389، ص. 9).

از دیگر نقش‌های حرارتی بام در تعامل با محیط پیرامونی بنا و تاثیر آن بر سطح انرژی مصرفی ساختمان می‌توان از سرمایش تابشی، سرمایش تبخیری و تهویه حرارتی نام برد، که در ادامه مختصری راجع به این سه بخش صحبت خواهد شد.

د) سرمایش تابشی

آسمان بزرگ‌ترین مکانی است که می‌تواند به عنوان انباره حرارتی محسوب شود و اصلی‌ترین نقش آن تابش موج بلند است که از این طریق سطوح روی زمین، گرمای جذب شده در طی روز را پراکنده می‌سازند. در طی روز، جذب گرمای سطوح ساختمان بیش از آن است که بتوانند از طریق گسیل موج بلند پراکنده سازند. بعد از زمان غروب، به دلیل نبود دریافت‌های خورشیدی، تاثیر سرمایشی ویژه‌ای به دست می‌آید که تابع اختلاف پرتوهای موج بلند ورودی بازتاب شده و همچنین شرایط آب و هوایی محلی می‌باشد. در واقع، سرمایش تشعشعی به آسمان بر این اصل مبتنی است که جسم با دمای بیش‌تر گرمای خود را از طریق تابش پرتوهای با طول موج بلند به جسم با دمای کم‌تر می‌دهد. سرمایش تابشی به وجود ابر و رطوبت در هوا، باد گرم و زاویه‌ی دید بستگی مستقیم دارد (Yannas et al، 2006، ص. 7).



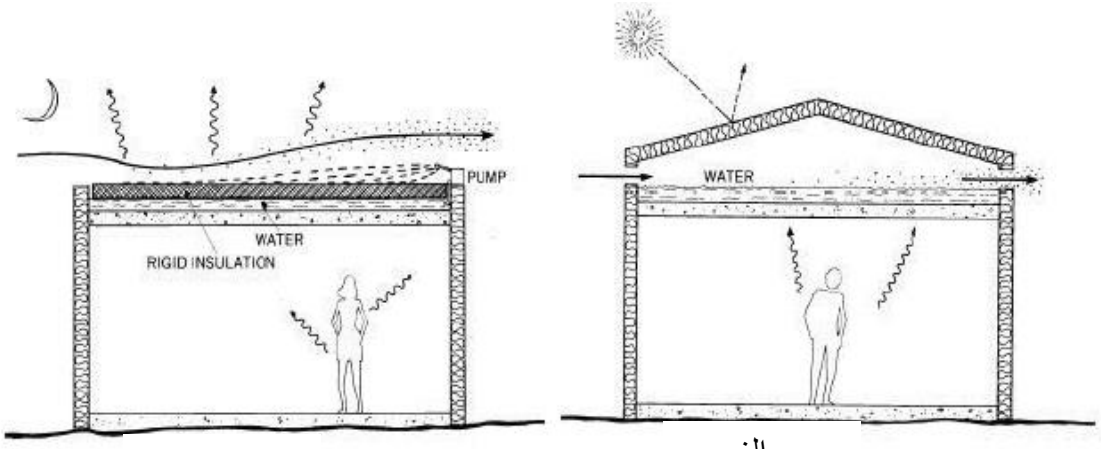
ب الف

شکل 2-2 الف) در شب های صاف با رطوبت کم، سرمایش تابشی قدرتمندی وجود دارد؛ **ب)** رطوبت، سرمایش تابشی را کاهش می‌دهد و ابرها ان را متوقف می سازند،(لنکر، 1385، ص. 289).

ه) سرمایش تبخیری

حالتی اســـت که در آن با تغییر فاز مایع به بخار و با جذب گرما از محیط ادامه می‌یابد. در این فرایند هنگامی که آب تبخیر می‌شـود ، مقدار زیادی گرمای محسـوس را از محیط اطراف به سـمت خود کشیده و آن را تبدیل به گرمای نهان به شکل بخار آب می‌سازد؛ به ترتیب هوا گرمای خود را از دسـت داده و خنک می‌شـود ولی بر رطوبت آن افزوده می‌شـود از این روش برای سـرمایش سـاختمان‌ها اسـتفاده می‌شـود . اگر آب در سـاختمان یا محل ورودی هوای تازه تبخیر گردد، هوا نه تنها خنک می‌گردد بلکه مرطوب نیز می‌شود . این روش سرمایش تبخیری مستقیم نام دارد. با این حال، اگر ســـاختمان با هوای داخل آن از طریق تبخیر و بدون مرطوب ســـاختن هوای داخل خنک گردد این روش، سرمایش تبخیری غیر مستقیم نامیده می‌شود (لنکر،1385، ص. 292). مثال بارز سـرمایش تبخیری اسـتفاده از بادگیرها در معماری کویری ایران می‌باشـد. کولر های آبی امروزی نیز نحوه‌ی دیگری از سرمایش تبخیری می‌باشند (بهادری نژاد و یعقوبی، 1385، ص. 406)

بام‌ها می‌توانند در هر دو رویکرد موثر واقع شـــوند. این جزء از ســـاختمان در طی روز در معرض تابش آفتاب بوده و نیازمند واسـطه‌ای برای کاهش دمای سـطح اسـت و از طرفی دیگر در معرض هوای تازه هسـتند؛ که ممکن اسـت با تبخیر آب، خنک شـده و به فضـای داخلی سـاختمان منتقل گردد (مسـندی خیابانی، 1387، ص. 67). یکی از روش‌های کاهش دما در سـاختمان‌های با بام مسطح، ایجاد حوضچه آب روی بام ساختمان، به ارتفاع 8 سانتی متر در روزهای گرم تابستان اســت (بهادری نژاد و یعقوبی، 1385، ص ص. 420-421). روش دیگر ســرمایش بام از طریق تبخیر، اسـتفاده از سـیسـتم های پاشـشـی یا آبچکان اسـت؛ که در آن‌ها آب برای سـرمایش سـطوح خارجی سـاختمان که در معرض محیط گرم و خشـک هسـتند، ذخیره می‌شـود (مسـندی خیابانی، 1387، ص. 67) و (لنکر، 1385، ص. 293).



ب الف

شکل 3-2 نحوه عمل کرد سامانه سرمایش تبخیری مستقیم و غیر مستقیم؛ الف) سرمایش تبخیری مستقیم از طریق حوضچه روی بام؛ ب) سامانه سرمایش تبخیری غیر مستقیم از عایق شناور برای محافظت اب در برابر خورشید و گرمای روز استفاده می‌کند (لکنر،1385،ص ص. 293- 294).

و) تهویه‌ی حرارتی

تهویه فراهم سـازی هوای تازه برای سـلامت و بهداشـت سـاکنین سـاختمان‌ها اسـت. فرایند تهویه شامل نرخ تعویض هوا می‌گردد که می‌تواند تابع هوای تازه و همچنین راه‌کار تامین هوا باشد. بسته به دماهای نسـبی هوای خارج و داخل، این فرایند ممکن اسـت در سـاختمان موجب دریافت و اتلاف

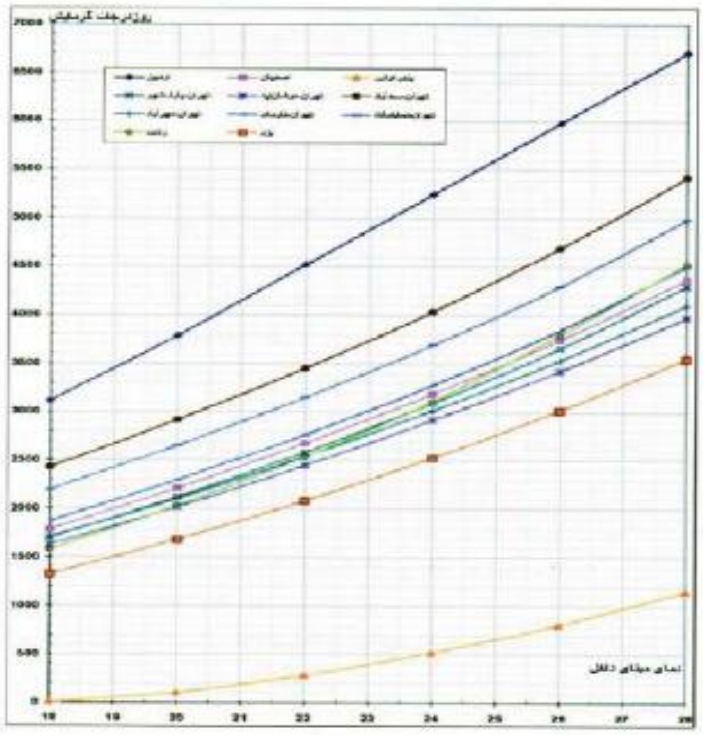
گرما شود. نرخ تعویض هوایی بیش‌تر از میزان مورد نیا برای تامین هوای تازه ، اغلب به عنوان راهکار سرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وقتی که دمای هوای خارج بالاتر از حد آسایش باشد، وارد سازی هوای خارجی به ساختمان نرخی بیش از میزانی که برای تامین هوای تازه مورد نیاز است؛ فقط در صورتی قابل قبول است که جابجایی هوا بتواند نقشی در آسایش حرارتی ساکنان داشته باشد. این مشارکت مستقیم در آسایش حرارتی به سرمایش آسایشی معروف است. استفاده از بازشوهای سقفی در بام، می‌تواند یکی از راه‌کارهای تولید این جریان‌های عمدی در ساختمان باشد (مسندی خیابانی، 1387، ص 76). شکل 2-4 نمونه‌ای از نحوه‌ی کاربرد این بازشوها در معماری بنا می‌باشد.

شکل 2-4 مکان بازشوهای فوقانی برای فضاهای با سقف شیبدار و منحنی(قیابکلو، 1392، ص. 140).

2-4-2 بام و کنترل دمایی فضا

یکی از عواملی که نقش تعیین کننده بر میزان مصرف انرژی سالیانه‌ی یک ساختمان را دارد، دمای متوسط فضاهای کنترل شده است. در اوقات سرد سال، فضاهای کنترل شده دمای بین 18-20 درجه سانتی گراد دارند، که متاسفانه به دلیل الگوی مصرفی غلطی که در کشور ما حاکم است و عدم استفاده از راه‌کارهای موثر در پوسته بنا در اغلب موارد، در این اوقات، دمای فضاهایی کنترل شده بیش از 25 درجه سانتی گراد است. نمودار 2-1، نشان می‌دهد که در صورت تغییر دمای مبنای داخل و در نظر گرفتن 20 درجه سانتی گراد به جای 25 درجه سانتی گراد، روز –درجه گرمایش بین 48-70 درصد تغییر خواهد کرد. وضعیت مشابهی در اوقات گرم سال نیز وجود دارد. در این حالت باید تلاش گردد دما در حدود 28 درجه سانتی گراد باقی بماند. تاثیر این تغییرات قابل ملاحظه است (کاری و همکاران، 1388 ، ص ص. 26-28).

دراین راستا، علاوه بر اصلاح الگوی مصرف می‌توان، با تعبیه راه‌کارهای مناسب در پوسته ساختمان به ویژه بام تا حد زیادی به نتیجه مطلوب دست یافت. طراحی و اجرای پوسته‌ی خارجی با رفتار حرارتی مطلوب موجب تاخیر در انتقال و نفوذ گرما از خارج به داخل سقف در تابستان و از داخل به خارج سقف در زمستان خواهد شد؛ که این امر باعث می‌گردد دمای داخل ثابت و نیاز به گرمایش و یا سرمایش کاسته شود.

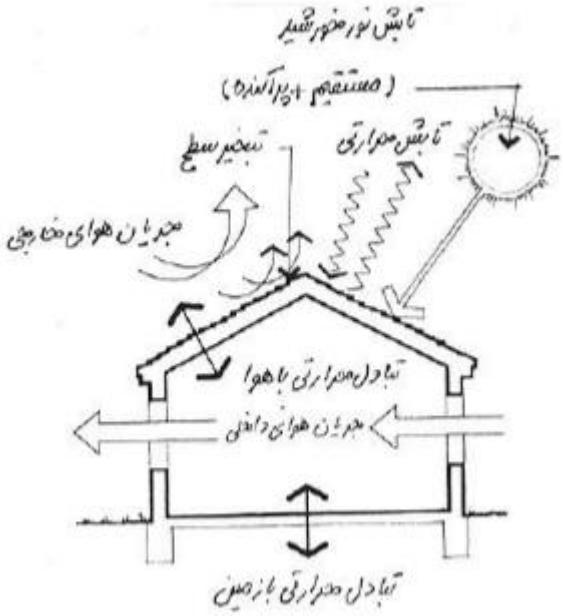


نمودار 1-2 تغییرات روز درجه گرمایش بر حسب دمای مبنای داخل،(کاری،1388،ص27).

- تعامل حرارتی بام

تبادل حرارتی میان بخش‌های پوسته خارجی ساختمان، با محیط اطراف آن به چهار طریق صورت می‌گیرد: 1) هدایت در اثر تماس مستقیم؛ 2) همرفت و یا جابجایی حرکت ها؛ 3) تابش خورشیدی و حرارتی و 4) انتقال حرارت توسط تبخیر، شکل(2-5).

به این ترتیب، تعاملات حرارتی که بین بام و فضای بیرون صورت می‌گیرد عبارت است از: 1.دفع گرما 2.جذب گرما 3. انعکاس خورشیدی. در صورت عدم پیش بینی راهکار مناسب، این تغییرات از طریق بام به فضای داخلی منتقل می‌شود که این امر باعث به هدر رفتن انرژی می‌شود (بهیار و دیگران، 1381).



شکل 5-2 تبادل حرارتی میان پوسته خارجی ساختمان با محیط پیرامون(بهیار و دیگران، 1381).

- **دفع گرما:** شیوه‌های عمده گرما عبارت است از عبور، نفوذ و تهویه از طریق بام ساختمان. جریان گرما از طریق عبور با ترکیبی از هدایت، جابجایی و تابش صورت می‌گیرد.
- **جذب گرما:** هر چند جذب گرما در یک ساختمان شبیه به دفع گرماست با این حال برخی تفاوت های اصلی میان این دو وجود دارد، شباهت آن‌ها مربوط به بخشی از جریان گرما است که از پوسته‌ی بام در نتیجه‌ی اختلاف دمای بین داخل و خارج آن می‌باشد و تفاوت آن‌ها نیز در اصل ناشی از بار مانع گرما، تاثیر جرم حرارتی و عملکرد خورشیدی می‌باشد (براون و دی کی ، 1389،ص. 221).
- **انعکاس خورشیدی:** معیار انعکاس امواج تابشی خورشیدی از یک سطح، ضریب انعکاس نامیده می‌شود . یک سطح بافت دار و ناهموار بیش‌تر از سطحی هموار از همان جنس، امواج تابشی خورشید را جذب می‌کند ، سطوح فلزی صیقلی دارای ضریب انعکاس بالایی می‌باشند ، با این حال از قدرت انتشار کمی برخوردار بوده و در نتیجه بسیار گرم‌تر از رنگ‌های روشن که قدرت انتشار بالایی دارند می‌گردد. شاخص ضریب انعکاس خورشیدی SRI یک ابزار اندازه گیری برای توانایی یک ماده در رد کردن گرمای خورشید، با نشان دادن افزایش دما در آفتاب است. به طوری که یک سطح سیاه استاندارد (ضریب انعکاس 0.05 وضریب نشر0.09) دارای SRI صفر و یک سطح سفید استاندارد(ضریب انعکاس0.08 و ضریب نشر 0.09) دارای SRI صد است. موادی که SRI بالاتری دارند خنک‌تر هستند (همان).

- راهکارهای طراحی پوسته بام

همان طور که پیش از این نیز بیان شد، پر اهمیت ترین قسمت از پوشش ساختمان در زمینه حفاظت حرارتی، بام آن می‌باشد، چرا که بام ساختمان، مستقیما تحت تابش نور و گرمای خورشید قرار دارد و حفاظت آن از دریافت این تابش نسبت به بخش‌های دیگر، دشوارتر است. از طرفی عمل کرد بام بستگی به فرم، ساختار و مصالح به کاررفته در آن دارد و عکس العمل آن در برابر شرایط آب و هوایی گوناگون، بسیار متفاوت خواهد بود (نیلسون، 1389،ص ص. 94و95).

با توجه به رویکرد اصلی این پژوهش در زمینه بررسی فرم بام با تاکید بر اتلاف و هدر رفت

انرژی، در ادامه به بررسی و مطالعه راهکارها و استراتژی‌های موثر در کاهش میزان هدر رفت انرژی از طریق تغییرات در سطوح بام، ارتفاع و ایجاد روزنه‌هایی در آن، که قبلا در این زمینه انجام شده است، می‌پردازیم.

الف) کاهش سطوح خارجی بام(نسبت سطوح خارجی به حجم محصور)

از آن‌جایی که شکل ساختمان تاثیر به سزایی در هزینه ساخت و مصرف انرژی دارد، به منظور کاهش تلفات حرارتی ساختمان‌ها، همواره بهتر است که نسبت سطح جانبی به حجم بنا (A/V) به حداقل ممکن رسانده شود. در نظر گرفتن رابطه بین سطح و حجم یکی از راه‌های بیان ارتباط مابین سطح خارجی ساختمان و فضای داخلی آن است (SVR) رابطه‌ی 2-1 نسبت ضریب شکل خوانده می‌شود که می‌تواند برای ساختمان‌هایی که از لحاظ فرم متفاوت هستند ولی حجم مساوی دارند، مورد استفاده واقع شوند.

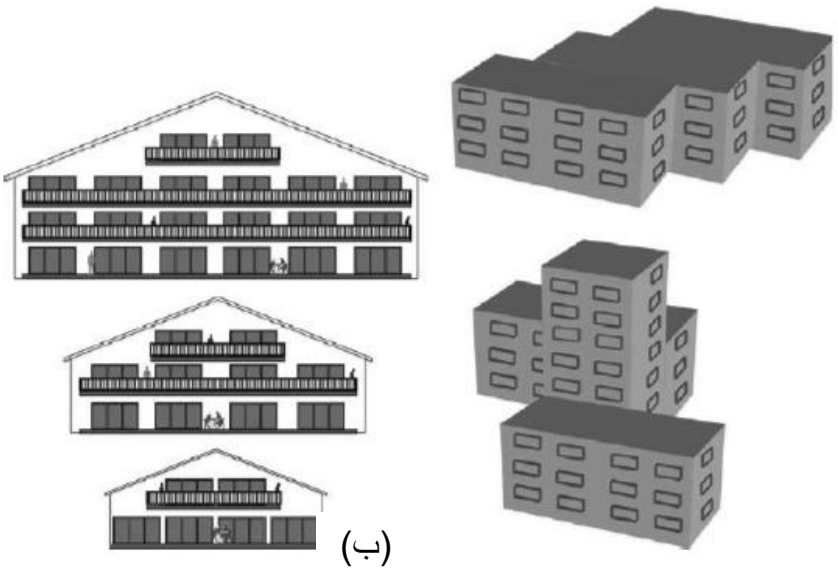
Shape (2-1)

$$\text{Coefficient} = \frac{se}{v}$$

در رابطه‌ی 2-1؛ se مساحت پوسته‌ی خارجی ساختمان بر حسب متر مربع و v حجم بنا بر حسب متر مکعب می‌باشد. بنابراین هرچه شکل ظاهری بنا فشرده‌تر و به نیمکره نزدیک‌تر باشد، نسبت سطح جانبی به حجم، عدد کوچک‌تری را نشان خواهد داد.

در این میان ساختمان‌های متداول کم‌ترین میزان SVR را یک پلان مربع شکل با ارتفاعی برابر نصف هر یک از ابعادش و با سقف مسطح دارد. در ساختمان‌های با سقف شیب دار اگر عایق بندی کف اتاق زیر شیروانی مناسب باشد، صرف نظر از شکل سقف، شکل ساختمان است که در تعیین میزان نسبت سطح به حجم موثر است و در صورتی که سقف شیب دار سقف اصلی خانه باشد، در محاسبه این نسبت سقف نیز باید در نظر گرفته شود، تاثیر حرارت خورشید بر روی بام بستگی به زاویه تابش خورشید دارد، زمانی که زاویه تابش خورشید زیاد است تمام اشکال مختلف سقف که مساحت برابر دارند به یک میزان حرارت کسب می‌کنند و اگر زاویه تابش کم‌تر باشد، بام‌هایی که شیب بیش‌تری دارند مقدار بیش‌تری حرارت کسب می‌کنند ، این موضوع برای سمت‌های شرقی و غربی اهمیت بیش‌تری دارد. به طور کل می‌توان گفت که نسبت سطح به حجم می‌تواند با استفاده از اشکال هندسی به هم فشرده، به حداقل تقلیل یابد (واتسون و لبز، 1388، ص ص.117و118)و (قیابلکلو ،1390،ص ص. 196و197).

آن‌چه که در ارتباط با استفاده از رابطه با شکل ساختمان SVR به منظور کاهش انرژی باید مورد توجه قرار گیرد این است که در کنار ضریب شکل، عناصر تاثیر گذاری نیز مانند جهت گیری بنا، بازشوها، نحوه قرارگیری پنجره‌ها و عکس العمل ساختمان در برابر عوامل جوی و عناصر طبیعی باید لحاظ گردد(Depecker ,etal, pp. 627-629).



شکل 6-2 دو روش ممکن در استفاده از رابطه SVR الف) شکل ساختمان ثابت است ولی اندازه آن تغییر می‌کند ؛ ب) شکل ساختمان تغییر می‌کند اما اندازه آن ثابت است(628p,2001,depecker et al).

ب) تاثیر ارتفاع سقف در دمای داخلی ساختمان

نیلسن(1389) در یک طراحی مناسب بام، می‌توان ارتفاع سقف طبقات را تغییر داد، به این ترتیب رفتار حرارتی محیط زیر آن تا حدی می‌تواند تغییر کند. عدیل مصطفی احمد (1974) با اندازه گیری تجربی نیز در تاکید بر این ادعا، چنین می‌نویسد که "یک باور عمومی وجود دارد که در اقلیم‌های گرم، افزایش ارتفاع سقف به طور قابل توجهی میزان مطلوبیت آسایش حرارتی در محیط را افزایش می‌دهد؛ اما میزان افزایش شرایط آسایش در برابر هزینه‌های لازم اجرایی برای زیاد کردن ارتفاع بام،بسیار ناچیز است "از سوی دیگر کسمایی(1387) بیان می‌کند که کاهش ارتفاع بام، حجم هوای داخلی ساختمان را کاهش می‌دهد و در نتیجه، امکان خنک کردن یا گرم کردن آن را با هزینه کم‌تری ممکن می‌سازد.

یکی از جالب‌ترین پژوهش‌های صورت گرفته در این‌باره،رساله دکتری محمدالقدی(1399) با عنوان "ارزیابی و بهبود شرایط حرارتی در چادرهای زائران مکه در عربستان سعودی" در دانشگاه نیوکاسل انگلستان است. او با ساخت نمونه‌ها و مقایسه‌ی آن‌ها با نمونه کنترلی، به صورت میدانی دمای داخل چادرهای حجاج را در طی مراسم حج سال 1987 اندازه گیری می‌کند و در نهایت برای بهبود شرایط طاقت فرسای اقلیمی، راه‌کارهایی را به صورت هدفمند ارائه می‌دهد. یکی از راه‌کارهای مدنظر نویسنده در این پروژه، بررسی تاثیر افزایش ارتفاع چادر متعارف با ارتفاع 3/5 متر بر پا شده است. در حالی که ارتفاع نمونه مورد مطالعه تا 4/65 متر افزایش یافته است. نتیجه حاصل از اندازه گیری‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، دمای هوا و دماسنج حداکثر 5 درجه سانتی گراد درطی روز و 2 درجه سانتی گراد در شب کاهش یافته است.

در پژوهش مشابه دیگری "ارتفاع سقف و آسایش انسان" ،کسمایی برای مطالعه تاثیر حرارتی ارتفاع سقف به ابعادی 3×3 متر را در نظر گرفته است که فردی در وسط آن نشسته است. دمای سقف این اتاق 35 درجه سانتی گراد و دمای بقیه‌ی سطوح ، اعم از دیوارها و کف یکسان و 27 درجه سانتی گراد فرض می‌شود . در این حالت، با در نظر گرفتن ارتفاع1، 2، 2/40، 2/70، 3، 3/60، 3/90 و 6 متر برای سقف، می‌توان دمای تابشی را در هر مورد در رابطه با این فرد محاسبه نمود. فانگر، رابطه‌ی ساده 2-2 را برای محاسبه متوسط دمای تابشی ارائه نموده است. که کیفیت

بازتاب حرارتی تمام سطوح، عالی فرض شده است (e=1):

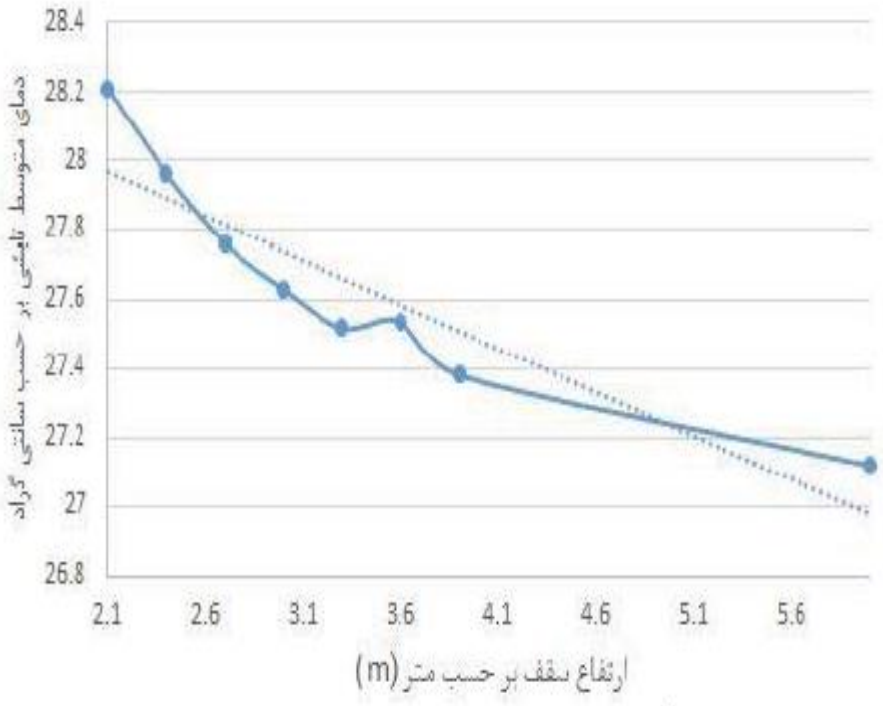
$$T_{MRT}=T_WF_W + T_fF_f + T_cF_c \quad (2\text{-}2)$$

در رابطه‌ی 2-2 T_W، T_f و T_c به ترتیب دمای دیوارها (که مشابه هم فرض شده اند)کف و سقف بر حسب کلوین F_W، F_f و F_c به ترتیب زوایای بین این سطوح و فرد مورد نظر می‌باشند . جدول2-1، مقادیر محاسبه شده این پارامترها را نشان می‌دهد.

جدول 2-1 تاثیر ارتفاع سقف در متوسط دمای تابشی(mrt)، دمای سقف 35 درجه سانتی گراد و دمای بقیه سطوح 27 درجه سانتی گراد فرض شده است (احمد،1367، ص. 3)

۶,۰۰	۳,۹۰	۳,۶۰	۳,۳۰	۳,۰۰	۲,۷	۲,۴	۲,۱	CH[۲۱](m)
۰,۶۸۸	۰,۶۵۶	۰,۶۴۸	۰,۶۴۰	۰,۶۲۴	۰,۶۰۸	۰,۵۸۴	۰,۵۵۲	Fw
۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	۰,۲۹۶	Ff
۰,۰۱۶	۰,۰۴۸	۰,۰۵۶	۰,۰۶۴	۰,۸۰	۰,۰۹۶	۰,۱۲۰	۰,۱۵۲	Fc
۲۷,۱۲	۲۷,۳۸	۲۷,۵۴	۲۷,۵۱	۲۷,۶۳	۲۷,۷۶	۲۷,۹۶	۲۸,۲۱	mrt °C

در نتیجه رابطه نزولی و غیر خطی میان ارتفاع سقف و متوسط دمای تابشی در نمودار2-2، نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع متناسب با کاهش متوسط دمای تابشی می‌گردد، در حالی که افزایش ارتفاع سقف به میزانی بیش از 3 متر، نتیجه‌ای بیش از 0/51درجه سانتی گراد کاهش نخواهد داشت.

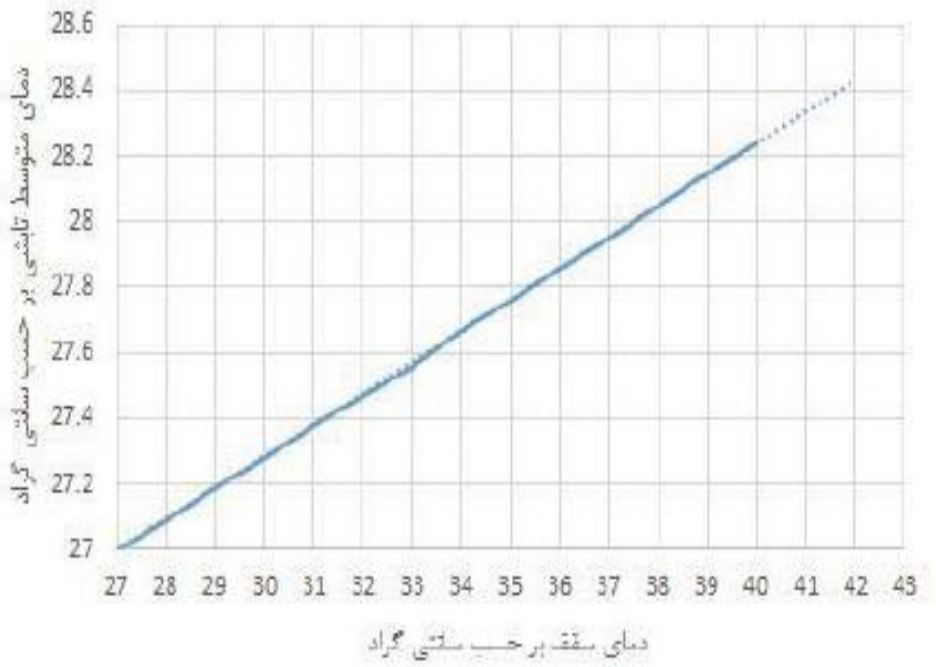


نمودار 2-2 ارتفاع سقف در متوسط دمای تابشی،(احمد،1367،ص3).

جدول 2-2 تاثیر دمای سقف در متوسط دمای تابشی(mrt) دمای تمام سطوح 27 درجه سانتی گراد فرض شده است. (احمد،1367،ص4).

دمای سقف	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳
mrt °C	۲۷,۰۰	۲۷,۰۹	۲۷,۱۹	۲۷,۲۸	۲۷,۳۸	۲۷,۴۷	۲۷,۵۶
دمای سقف	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰
mrt °C	۲۷,۶۷	۲۷,۷۶	۲۷,۸۶	۲۷,۹۵	۲۸,۰۵	۲۸,۱۵	۲۸,۲۴

در این وضعیت نمودار 2-3، یک رابطه‌ی صعودی و خطی را نشان می‌دهد، یعنی افزایش متوسط دمای تابشی به طور مستقیم با افزایش دمای سقف متناسب است.



نمودار 2-3 تاثیر دمای سقف در متوسط دمای تابشی(احمد،1367،ص5).

با بررسی این دو مورد بدیهی به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع سقف به میزانی بیش از یک حد مشخص (در رابطه با تاثیر حرارتی آن) با توجه به بهبود حاصل از آن، توجیه پذیر باشد، با کنترل دمای سقف می‌توان به طور موثری شرایط را بهبود بخشید. البته باید توجه داشت که این بررسی‌ها در شرایط پایدار انجام گرفته است. رابطه 2-2، تنها در مورد اتاق‌های خالی از تجهیزات و افراد صدق می‌کند و علاوه بر این، این بررسی‌ها مقادیر را کمتر از اندازه واقعیشان نشان می‌دهد.

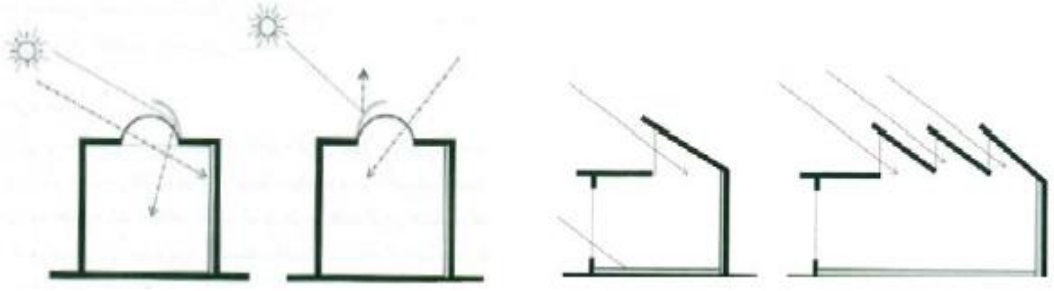
در نهایت نویسنده به همراه مطالعه و مقایسه پژوهش‌های صورت گرفته‌ی دیگر چنین نتیجه می‌گیرد:

ارتفاع سقف به طور مستقیم در تهویه‌ی (اثر دوکشی) و روشنایی تاثیر دارد، اما مطالعه سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این تاثیرات از نظر کمی، اهمیت چندانی ندارد، زیرا هر دو مورد فوق به عوامل دیگری از قبیل مساحت، موقعیت و جهت بازشوها، قابلیت انعکاس سطوح در برابراشعه نور و همچنین شرایط اقلیمی محل بستگی دارند. بدیهی است نقش حرارتی ارتفاع سقف، تنها زمانی معنا خواهد داشت که توام با عوامل دیگری چون سطوح نورگیر دیوارها، کارایی سایبان‌ها، فاصله میان سقف و طاق پنجره‌ها و ابعاد،موقعیت و جهت بازشوها، که محیط داخلی را به وجود می آورند، مطالعه و بررسی شود. به نظر می‌رسد که به تاثیر ارتفاع سقف در شرایط هوای داخلی بیش از اندازه اهمیت داده شده است. در حالی که عامل قطعی حرارت سقف است و نه ارتفاع آن. اگر ساختمان یک بام به حدی گرم نشود که شروع به تابیدن به ساکنین اتاق نماید، ارتفاع آن عامل محدود کننده‌ای نخواهد بود. تجزیه و تحلیل انتقال حرارت در ساختمان بام‌های سنتی نشان داده شده که افزایش دمای سقف نسبت به دمای آسایش غیر معمول نیست. در نتیجه ارتفاع 2/7 متر پیشنهاد شده است. در نهایت نویسنده بیان می‌کند که ارتفاع بیش از 3 متر تنها زمانی قالب توجیه است که تاثیرات خاصی می‌بایست ایجاد شود، مثلا در ساختمان‌های دوبلکس، تالارهای بزرگ و سالن اجتماعات (احمد،1367، ص ص. 1-10).

ج) تاثیر تعبیه روزن در تغییر سطح انرژی

یکی از بزرگ‌ترین عوامل موثر بر مصرف انرژی ساختمان ،محل و ابعاد پنجره‌ها و روزنه‌ها در بدنه ساختمان است. گرمای تلف شده در زمستان از طریق یک پنجره در مقایسه با مقدار حرارت از طریق یک جدار خوب عایق شده، خیلی زیاد است. همچنین علاوه بر مبحث اتلاف حرارت، عوامل متعدد دیگری از قبیل نور، صدا و تهویه در تعیین میزان تاثیر بازشوها بر تغییر سطح انرژی بنا از جمله بام موثر است (مازریا، 1385، ص ص. 116-112). در ادامه به نمونه‌هایی از کارکرد روزن های سقفی و نحوه تاثیر آن در سطح انرژی بنا اشاره می‌شود :

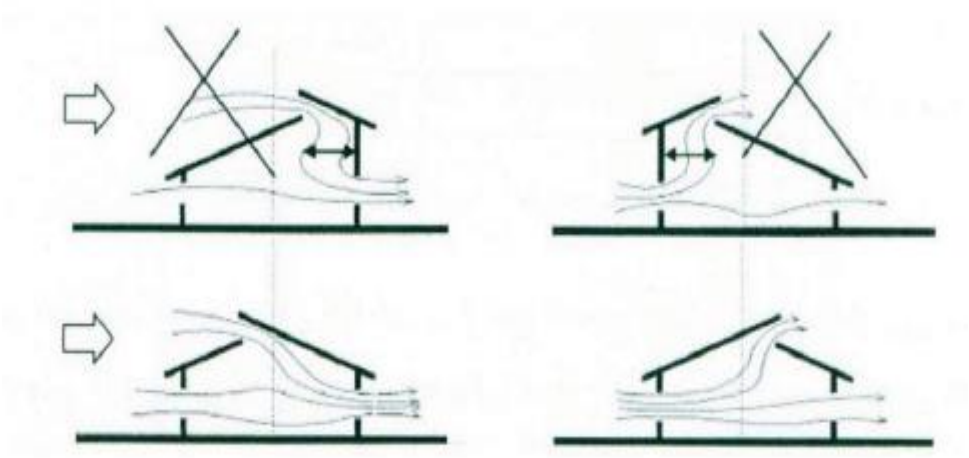
نورگیرهای سقفی جهت نوررسانی به فضاها است. نور خورشید می‌تواند از طریق نورگیرها و پنجره‌های سقفی وارد ساختمان شود (دریافت مستقیم). این نورگیرهای سقفی روش مناسبی برای مکان‌هایی هستند که دارای عمق زیاد بوده و نور خورشید از دیوارهای جنوبی به خوبی به تمام فضا نمی‌رسد و یا این که با توجه به مبلمان داخلی نمی‌توان از ذخیره کننده‌ها در کف استفاده کرد، این روش امکان ذخیره سازی انرژی در دیوارهایی که از طریق پنجره سقفی مورد تابش نورخورشید قرار می‌گیرند را فراهم می‌سازد (قیابکلو،1390،صص 161-160). شکل 2-7، نمونه‌هایی از نورگیرهای سقفی را نشان می‌دهد.



شکل 2-7 انواع نورگیرهای سقفی(به ترتیب از راست به چپ): دندانه ای، یکطرفه، تمام شیشه ای(قیابکلو،1390،ص161).

تهویه توسط روزن سقفی: با تعبیه روزن‌های سقفی مناسب بر روی بام، می‌توان در تابستان با تهویه مناسب و کافی جهت سرمایش، میزان انرژی مصرفی بنا را کاهش داد.
تهویه عبوری: از آن‌جایی که همواره سرعت باد در بالای بام بیش‌تر است، می‌توان از پنجره‌های

سقفی برای ایجاد تهویه عبوری به دو صورت بازشوی ورود و خروج هوا استفاده کرد. اندازه پنجره‌ها و مساحت آن نیز از دیگر عوامل تاثیر گذار در بحث تهویه ازطریق بام ساختمان است (همان).



شکل 2-8 تاثیر بازشوهای سقفی در متوسط جریان هوای داخلی، (قیابکلو،1392،ص 104؛Gandemer، 1392).

2-4-3 راه‌کارهایی برای سرمایش بام

با ایجاد امکان حرکت آزاد هوا در سرتاسر سطوح نمایان بام و همچنین تهویه فضای بام، می‌توان انتقال گرما از طریق ان را کاهش داد. نخستین شیوه برای سرمایش بام، توجه به جهت گیری مناسب بام و شکل آن به جهت سایه اندازی است (نیلسن، 1385، ص. 55). هنگامی که وزش باد با بدنه بیرونی ساختمان برخورد می‌کند ، در آن جبهه، فشار باد مثبت بوده و در جهت مخالف، فشار معکوس یعنی منفی خواهد بود. بنابراین اگر در دو جبهه بازشوهایی در این دو سمت قرار گیرد کوران طبیعی در درون بنا ایجاد می‌شود .

هرگاه باد به صورت مایل به بام ساختمان بوزد، سطوح مقابل به باد تحت فشار و سطوح دیگر آن تحت مکش قرار می‌گیرند (قیابکلو، 1390، ص. 69). فشار باد را می‌توان از طریق روابط 2-3 و 2-4 به ترتیب بر اساس احاد انگلیسی و بین المللی به دست آورد.

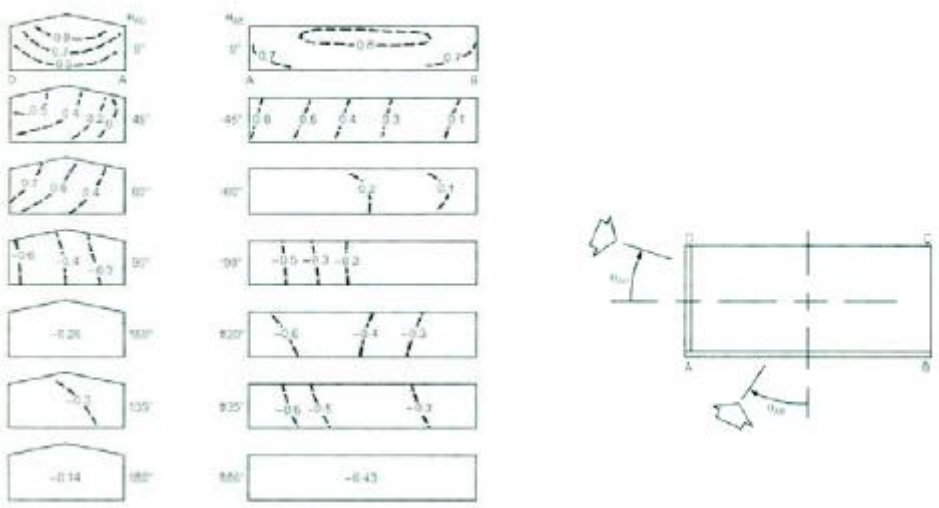
(2-3)
$$P_W = C_2 * C\rho * \rho * U^2/2$$

(2-4)
$$P_W = C\rho * \rho * U^2/2$$

در روابط 2-3 و 2-4 مقادیر P_W فشار سطحی باد متناسب با فشار استاتیک هوای خارج (برحسب واحد پاسکال) و ρ چگالی هوای بیرون (برحسب کیلو گرم بر متر مکعب) می‌باشد.

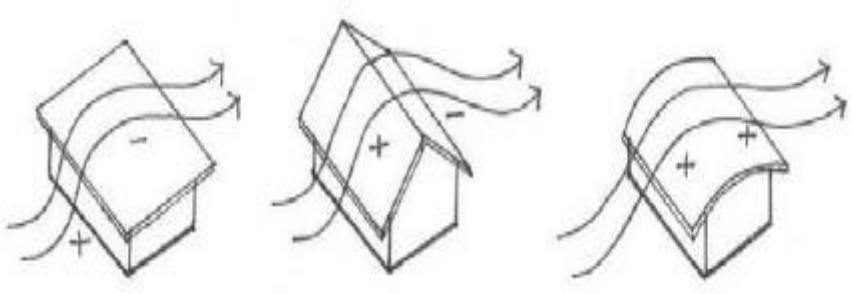
در این جا باید ذکر شود، منظور از ساختمان‌های بلند، ساختمانی است که ارتفاع آن بیش‌تر از سه برابر پهنای آن باشد و به همین ترتیب منظور از ساختمان کوتاه ساختمانی است که ارتفاع ان کم‌تر از سه برابر پهنای ان باشد (سلطاندوست، 1390، ص ص. 455-459) از آن‌جایی که مطالعات

صـــورت گرفته در این پژوهش با تاکید بر فرم ســقف انجام می‌گیرد، ســایر اطلاعات مربوط به این گفتار، با توجه به ســـاختمان‌های کوتاه مرتبه و با در نظر گرفتن کم‌ترین تاثیرات ارتفاع، جمع آوری شده است. شکل2-9، ضریب فشار(Cρ) بر سطح رو به باد ساختمان‌های کوتاه را نشان می‌دهد.



شکل 9-2ضریب فشار (cp) باد بر سطح رو به باد ساختمان‌هایی که ارتفاع آن‌ها کم‌تر از سه برابر پهنای آن‌ها است (سلطاندوست، 1390، ص. 458).

ایجاد فشار مثبت یا منفی در بام ساختمان نیز تابعی از شکل سقف، زاویه و نسبت شیب آن است؛ شکل 2-10. بنابراین بام‌های تخت همیشه در منطقه مکش قرار دارند، اما در خصوص بام‌های شیب دار این مسئله به شیب بام بستگی دارد.



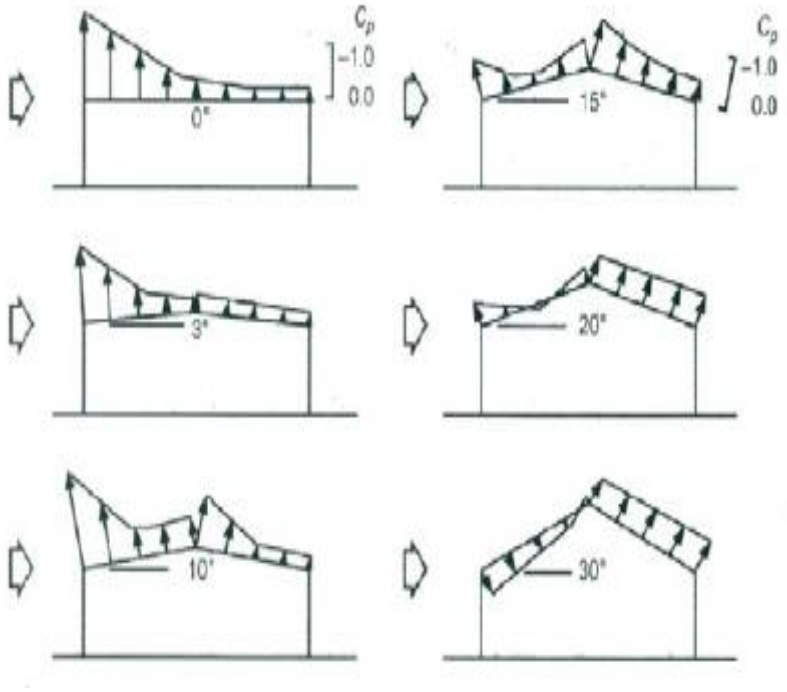
شکل 10-2 الگوی حرکت هوا از روی سقف‌های مختلف (نیلسن،1389،ص97).

شکل 2-11 تغییرات ضریب فشار جریان هوا برای بام‌های با شیب‌های متفاوت را نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل 2-11 مشاهده می‌شود ، در سقف‌های شیب دار با شیب کم‌تر از 15 درجه، ضریب فشار جریان هوا در همه جای سقف، منفی است که این پدیده استفاده از دودکش و هواکش را در بیش‌تر جاهای این گونه سقف‌ها را مناسب می‌سازد. در سقف‌های با شیب بیش‌تر از 30 درجه، بخش رو به باد، دارای ضریب فشار باد مثبتی است (قیابکلو، 1390، ص ص. 69-81).

در صورت شیب دار بودن بام می‌توان حرکت هوای سرد ایجاد شده سطح بام در جهت شیب را در نظر گرفته و آن را به فضایی مناسب هدایت کرد تا از پتانسیل سرمایشی آن استفاده شود (سیلوایه،

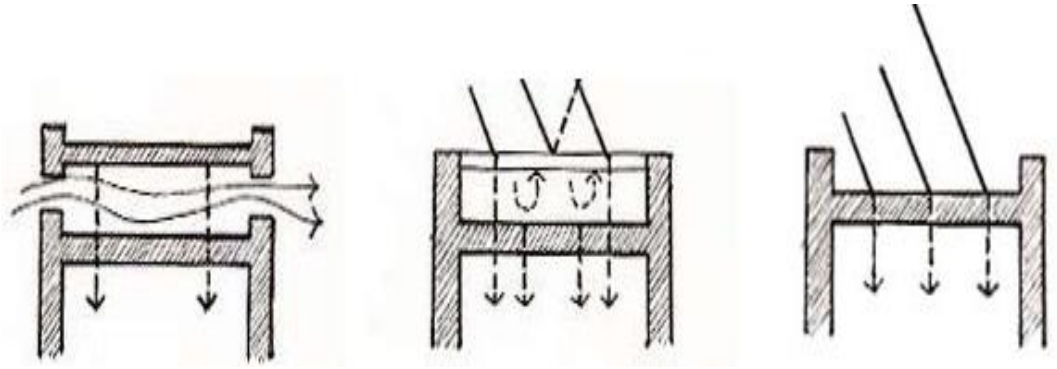
1391،ص ص. 84-85، نیلسون 1385). مزیت دیگر استفاده از بام‌های شیب دار و گنبدی در مقایسه با بام مسطح در ایجاد سرمایش، این است که در یک سقف غیر مسطح، همواره بخشی از بام در طی روز در سایه قرار می‌گیرد. در طول شب با توجه به بیش‌تر بودن مساحت سقف‌های شیب دار و گنبدی نسبت به سقف مسطح، دفع حرارت از آن با سرعت بیش‌تری صورت می‌پذیرد (همان،ص97).

دومین شیوه‌ی سرمایش بام، استفاده از سقف‌های مرکب و در مواردی به همراه بازشوهای تهویه خواهد بود. بام مرکب، بامی است که ساختاری چند لایه دارد (سیلوایه،1391). بام ساختمان در طی روز تحت تابش مستقیم خورشید قرار می‌گیرد و در نتیجه گرمای جذب شده توسط بام می‌تواند به فضاهای داخلی انتقال پیدا کند. در صورت وجود ساختار چند لایه میان بام و سقف، این انتقال حرارت با سرعت و شدت کم‌تری صورت می‌گیرد، شکل 2-11 (نیلسن، 1389، ص. 96).



شکل 2-11 تغییرات ضریب فشار باد بر روی بام (قیابکلو،1392،ص81؛ Holmes، 1986).

استفاده از راه‌کارهایی نظیر قرارگیری حوضچه سقفی بر روی بام (بام آبی) ، با هدف ایجاد ترکیباتی از سرمایش تبخیری و تابشی از نمونه‌های ایجاد بام مرکب برای سرمایش است. هم‌چنین ایجاد سطوح سبز به ویژه در سطح بام که 35 % از جذب حرارت در تابستان توسط آن صورت می‌پذیرد با هدف ایجاد سایه، بام سبز، نمونه دیگری از راه‌کار چند لایه سازی برای سرمایش بام است (قیابکلو، 1392).



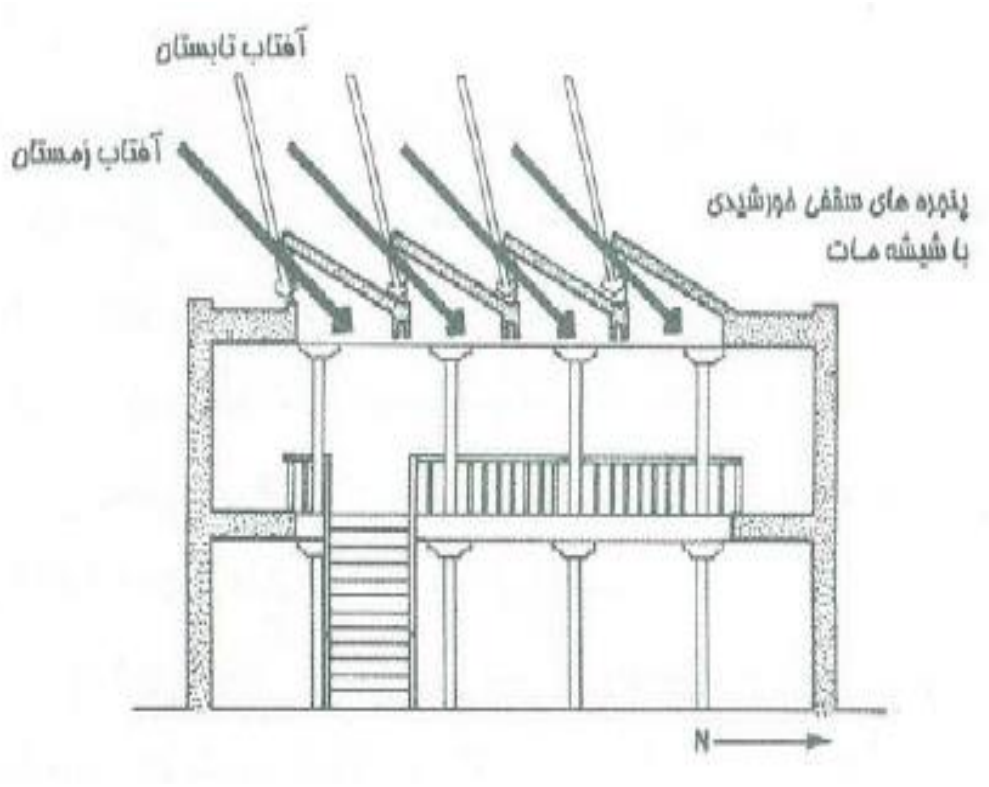
شکل 2-12 استفاده از بام مرکب در جهت کاهش انتقال حرارت و سرمایش بام (نیلسن،1389،ص96).

2-4-4 راهکارهایی برای گرمایش بام

انتقال گرمای جذب شده ناشی از تابش، از طریق پوسته‌ی بام در فصول سرد مطلوب می‌باشد؛ ولی در فصل گرما مایه‌ی سلب آسایش حرارتی است، در نتیجه در صورت استفاده از هر تکنیکی، باید نیاز دوگانه حرارتی بنا در نظر گرفته شود تا تکنیک مورد نظر جواب گوی نیاز های هر دو فصل سرد و گرم باشد. یکی از راه‌ها بالا بردن مقاومت حرارتی جدار بام است که می‌توان از طریق استفاده از عایق و یا به کاربردن مصالحی با مقاومت حرارتی بالا به آن دست یافت. در این صورت تبادلات حرارتی بام کنترل کننده و از میزان بار گرمایشی فصل زمستان کاسته می‌شود .

روش دیگر جذب و ذخیره حرارت خورشیدی از طریق سطح بالای بام است. با توجه به سطح گسترده بام که در معرض تابش خورشید می‌باشد می‌توان از این پتانسیل بهره گرفته و حرارت ایجاد شده را به صورت کنترل شده‌ای دریافت کرده و ذخیره کرد؛ تا برای گرمایش فضای داخلی مورد استفاده قرار گیرد. سه روش برای ذخیره حرارت از طریق بام وجود داردکه عبارتند از :

روش دریافت مستقیم: نخستین و ساده‌ترین روش دست یابی به گرمایش خورشیدی، به صورت دریافت مستقیم می‌باشد، نکته‌ای که در این مورد وجود دارد این است که این سیستم‌ها همواره در حال کارکردن هستند. بدین معنی که هر ذره‌ای از انرژی را از شیشه به طور مستقیم یا پراکنده عبور می‌کند ، گرد آوری و مورد استفاده قرار می دهند. بدین ترتیب، این سیستم نه تنها در آب و هوای آفتابی بلکه در آب و هوای ابری نیز که سیستم های فعال (active) به سختی کار می‌کنند با استفاده از مقادیر زیادی انرژی پراکنده خورشیدی به خوبی کار می‌کنند . در این سیستم‌ها می‌توان با طراحی شیشه و بازشوهایی در سطح بام از انرژی دریافت مستقیم خورشید بهره گرفت، به طور مثال می‌توان نورگیرهایی با زاویه مناسب بر روی بام تعبیه کرد و با استفاده از شیشه‌های مات برای پراکندن تشعشعات و به کار گیری مصالحی با ظرفیت حرارتی بالا برای سطوح تابش میزان قابل توجهی از انرژی گرمایی را به دست آورد. شکل 2-13 نمونه‌ای از روزن سقفی را نشان می‌دهد (مازریا، 1385، ص. 51).



شکل 13-2 مقطع نمایشگر رفتار تابستانی و زمستانی رستوران ماکسی میلیان،(مازریا، 1385، ص. 51).

دریافت غیر مستقیم: روش دیگر دست یابی به گرمایش در بام، به صورت دریافت غیر مستقیم می‌باشد. نحوه عملکرد در این سیستم این گونه است که نور خورشید ابتدا به یک توده حرارتی برخورد می‌کند که این توده مابین خورشید و فضای مورد گرمایش قرار گرفته است، نور خورشید که توسط توده جذب شده تبدیل به انرژی حرارتی (گرما) شده سپس به فضای فعالیت انتقال می‌یابد (مازریا، 1385، ص. 60).

دریافت مجزا: در این روش گرداوری خورشیدی و انباره حرارتی از فضاهای فعالیت مجزا می‌باشد، این ارتباط، به سیستم این امکان را می‌دهد که به طور مستقل از ساختمان کار کند و گرما زمانی از سیستم گرفته شود که مورد نیاز باشد. در واقع در سیستم دریافت مجزا خود سطح بام در تعامل مستقیم حرارتی شرکت نکرده و تنها فضای لازم برای نصب تجهیزات را فراهم می‌سازد (مازریا، 1385، ص ص. 44-75).

به طور کلی در صورت استفاده از دریافت مستقیم، غیر مستقیم و مجزا، سطح بام از فضایی مرده به فضایی پویا تبدیل می‌شود که مستقیما در خدمت نیازهای حرارتی بنا قرار می‌گیرد. که در این رساله هدف از تعیین فرم بهینه برای دریافت حداکثر انرژی از طریق همان روش دریافت مستقیم صورت می‌پذیرد.

2-4-5 مصالح

تاثیر پذیری حرارتی ساختمان به مصالح انتخاب شده و کیفیت آن‌ها مرتبط است. هر یک از مصالح به کار رفته چه به صورت مجزا چه به صورت ترکیبی در ساختمان از جمله سقف، می‌توانند در میزان تاثیر پذیری ساختمان از شرایط گرمایی (حرارتی) محیط پیرامون تعیین کننده باشند. واکنشی که هر یک از اجزای ساختمان در برابر شرایط حرارتی محیط از خود نشان می‌دهند، با توجه به خصوصیات حرارتی هر بخش، قابل تعریف و شناسایی است. برای دست یابی به این

شناخت، لازم است به موارد زیر توجه شود:

- چگونگی قرار گیری مصالح به صورت ترکیبی در کنار یک دیگر.
- شناخت خصوصیات حرارتی هر یک از مصالح .
- عکس العمل هر یک از مصالح در شرایط حرارتی مختلف .
- کیفیت جذب، انعکاس و پخش حرارت توسط مصالح.

انتخاب مصالح و روش ترکیب آن‌ها به جهت به کاربردن در سقف، عموما ترکیبی از خصوصیات حرارتی متفاوت آن‌ها است. طریقه صحیح این انتخاب مصالح با این هدف صورت می‌گیرد که بتوان از ورود حرارت نامطلوب از فضای بیرونی به داخلی جلوگیری کرد.

هر یک از مصالح ساختمانی تحت تاثیر سه عامل حرارتی قرار دارند: تابش، جا به جایی و رسانش. تابش بر روی سطوح خارجی ساختمان به صورت مستقیم ار خورشید و یا به صورت بازتاب شده از اشیای پیرامونی رخ می‌دهد. همچنین آسمان در شکل دهی امواج بلند تابشی موثر است. اتمسفر زمین نیز در پخش اشعه تابش خورشید که به بدنه‌های ساختمان می‌رسد ، تاثیر گذار است. منظور از جا به جایی نیز حرارتی است که در اثر جا به جایی هوا به مصالح می‌رسد، رسانش در مصالح نیز فرایندی است که طی آن حرارت به خصوصیات رسانایی و میزان اختلاف دما در دو طرف جدار از جمله سقف بستگی دارد. در انتخاب مصالح مناسب در سقف و حتی سایر جداره‌ها موارد زیر را مورد توجه قرار دهید:

- **کنترل ورود حرارت**: اولین مسیر کنترل ورود حرارت به یک جسم یا جزء از ساختمان، سطح بام است. عموما میزان حرارت سطح اشیایی که تحت تابش مستقیم خورشید قرار دارند از دمای هوای پیرامون آن‌ها بیش‌تر است. این موجب می‌شود که این اشیاء حرارت را به خود جذب کنند و یا این که حرارت توسط آن‌ها انتقال پیدا کند. با این حال بعضی از مصالح خواصی دارند که موجب می‌شود پیش از آن که حرارت را جذب کنند، آن را منعکس سازند. این خصوصیت حرارتی مصالح را "خاصیت بازتابی" آن‌ها می نامند که عموما به رنگ سطح خارجی بستگی دارد. اهمیت خاصیت حرارتی یک سطح به ویژه در بام در این است که می‌تواند اولین عامل تدافعی در برابر ورود مستقیم حرارت و یا جذب آن باشد.
- **خواص جذب و دفع مصالح:** اگر تابشی که به یک سطح می‌رسد منعکس نشود، به بخش داخلی آن نفوذ خواهد کرد. این خاصیت به عنوان خاصیت جذب مصالح شناخته می‌شود . از طرفی سطح اشیاء می‌توانند هم حرارت را جذب و هم آن را پخش کنند و بر میزان حرارتی که سطوح خارجی دریافت می‌کنند، تاثیر می گذارند.
- **پل حرارتی**: منظور از پل حرارتی وسیله‌ای است که با ایجاد سایه برای سطوحی که تحت تاثیر افت آب هستند ساختمان را از تابش مستقیم خورشید حفظ می‌کند . وقتی پل حرارتی به جای مواد انعکاس دهنده حرارت از مواد جاذب حرارت ساخته می‌شود ، می‌تواند به عنوان یک بار حرارتی اضافه در اجزای اطراف ساختمان در مناطق سرد عمل کند.
- **کنترل و جابه جایی گرما**: هنگامی که حرارت به داخل سطح یک ماده نفوذ می‌کند ، بسته به میزان اختلاف دمای بین سطح بیرون و داخل، نوعی تبادل حرارتی بین آن‌ها رخ می‌دهد. چگونگی واکنش مصالح در برابر انتقال حرارت به یکی از دو صورت زیر است:

- مصالح ممکن است از انتقال حرارت از بیرون به فضاهای داخلی ممانعت کرده و میزان حرارت دریافتی محیط داخلی را کاهش دهندکه این بستگی به خاصیت عایقی مصالح دارد.:

میزان عایق بودن مصالح در اجزای ساختمان با شاخص u بر حسب واحد W/M^2K بیان می‌شود . که مقدار آن تابعی از جمع ضخامت مصالح مقدار لاندا برای هر لایه یک پارچه به اضافه مقاومت سطح در طرف بیرونی تعیین می‌شود . عایق حرارتی قابل استفاده در ساختمان‌ها دارای ضریب

هدایت حرارتی کم‌تر یا مساوی W/MK 0/65 و مقاومت حرارتی مساوی یا بیش‌تر از $5M^2K/W$ باشد (نیلسن،1389،صص125-136).

- مصالح ممکن است حرارتی را که از محیط بیرون می‌گیرند، جذب کرده و درنهایت انتقال حرارت به محیط های داخلی را به تعویق اندازند. این امر بستگی به ظرفیت انباشت حرارتی مصالح و خاصیت تاخیر زمانی دارد (نیلسن، 1389، ص. 136).

هرچه ظرفیت و مقاومت حرارتی یک جدار از جمله سقف، افزایش یابد زمان رسیدن دمای سطوح داخلی به حداکثر و حداقل میزان خود نسبت به هوای خارج طولانی‌تر خواهد شد (اختر کاوان و دیگران، 1390، ص. 122).

2-5نظریات و فرضیه ها در زمینه اثر گذاری فرم و انرژی

در این پژوهش با توجه به این‌که مسئله مورد طراحی در باره‌ی اثر فرم بر رفتار حرارتی سقف است. بیش‌ترین تمرکز بر نقش سقف، اثرات فرمی آن و زوایای بهینه برای افزایش راندمان و بهره وری از انرژی خورشیدی بوده است. در ارتباط با این موضوع به اختصار مقالاتی که به صورت مستقیم و آن‌هایی که به صورت کلی و در ارتباط با سایر اجزای ساختمان نیز بوده در جدول 2-3، مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول 2-3 بررسی نتایج حاصل از مطالعات منتشر شده در ارتباط با رفتار حرارتی وجوه ساختمان بر اساس مشابه سازی نرم افزاری (منبع: نگارنده)

سال		نام نشریه/نویسندگان	موضوع	نتایج
2012	سقف	عبدالکریم قائدی، حجت قائدی، حامد قائدی	نقش فرم سقف در طراحی سیستم ساختمان‌های سبز (بندر عباس)	دست یابی به زاویه بهینه در سقف‌های شیب دار برای منطقه گرم و مرطوب بندر عباس برای کاهش هدر رفت انرژی
2012	نما	محمد جواد مهدوی نژاد، عبدالکریم قائدی، محمد حسین قاسم پور ابادی، حجت قائدی	نقش فرم ساختمان در دریافت انرژی در ساختمان‌های بلند از طریق نما (ایران،تهران)	دست یابی به فرم بهینه در ساختمان‌های بلند مرتبه در تهران از منظر دریافت انرژی خورشیدی بیشینه
1389	بام	مریم مسندی،شاهین حیدری	شبیه سازی بام‌ها راهکار بررسی دقیق تاثیرات دمایی در محیطی مجازی	بررسی انواع بام‌ها و مشابه سازی حرارتی

2013	چینش بلوک‌ها	علی اندجی گرمارودی، نیلوفر محمدزاده،سلیمه رسولی	مشابه سازی و تحلیل سیستم میزان انرژی خورشیدی دریافتی در خانه‌های مسکونی	دست یابی به چینش بهینه بلوک‌ها از طریق مشابه سازی کامپیوتری در نرم افزار راینو با تاکید بر انرژی خورشیدی دریافتی
2013	سقف‌های گنبدی	نگار بدری، مریم فخاری، محیا حق شناس ،محمد جواد مهدوی نژاد	نقش سقف‌های گنبدی در هدر رفت انرژی در شب در اقلیم گرم و مرطوب	تحقیق مقایسه‌ای بین 4 نوع سقف گنبدی برای دست یابی به موثرترین نوع سقف در کاهش هدر رفت انرژی در شب‌های زمستان
1392	فرم کلی ساختمان	مریم شفیعی، ریما فیاض، شاهین حیدری	فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران	دست یابی به فرم بهینه ساختمان از منظر دریافت حداکثر انرژی خورشیدی از طریق نما در پلان بهینه

جدول 2-3 ادامه) بررسی نتایج حاصل از مطالعات منتشر شده در ارتباط با رفتار حرارتی وجوه ساختمان بر اساس مشابه سازی نرم افزاری

2012	سقف	محمد جواد مهدوی نژاد، محمد حسین قاسم پور ابادی،نگین نیک هوش،حجت قائدی	نقش فرم سقف در طراحی سیستم ساختمان‌های سبز(تهران)	دست یابی به زاویه بهینه برای سقف‌های شیب دار در شهر تهران با هدف ذخیره انرژی حداکثری
1392	بدنه و جهت گیری ساختمان	زهرا برزگر و شاهین حیدری	بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی	دست یابی به جهت گیری بهینه از منظر مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار های شبیه ساز انرژی
1390	حیاط زمستان نشین	فاطمه هاشمی، شاهین حیدری	بررسی کارکرد اقلیمی حیاط زمستان نشین در مناطق سردسیر نمونه موردی :شهر اردبیل	دست یابی به حیاط زمستان نشین بهینه برای مناطق سرد سیر با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس
1390	جانمایی ریز فضاها در پلان	فاطمه هاشمی، شاهین حیدری	تاثیر طراحی معماری بر مصرف انرژی منازل مسکونی اقلیم سرد با تکیه بر چرخه خورشید مطالعه موردی: شهر اردبیل	دست یابی به چینش بهینه ریز فضاها در پلان برای طراحی پلان بهینه از منظر کاهش هدر رفت انرژی با استفاده از نرم افزار اکوتکت

مقایسه تطبیقی 3 نوع نما بر اساس دست یابی به تعادل بهینه میان عملکرد حرارتی و بصری با استفاده از نرم افزار های انرژی	Visual and thermal performance in façade design	MY DAO LE HONG, LUCELIA RODRIQUES	نما	2013
ارزیابی فرم هندسی و موقعیت ساختمان برای دست یابی به طراحی محلی در کانادا از منظر انرژی اثر بخش با استفاده از نرم افزارهای انرژی	The Effect of Building Aspect Ratio on Energy Efficiency:A Case study for Multy Unit Residential Buildings in Canada	Philip McKeen, Alan s.Fung	فرم کلی ساختمان	2014

جدول 2-3 ادامه) بررسی نتایج حاصل از مطالعات منتشر شده در ارتباط با رفتار حرارتی وجوه ساختمان بر اساس مشابه سازی نرم افزاری

دست یابی به فرم بهینه سقف‌های یک سبک-شمالی در کاهش هدر رفت انرژی با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس	Evaluation and Optimization of a Traditional North-Light roof on Industrial plant e .c	Sigrid driaenssens , Hao Liu, Maria Wahed and Qianchuan Zhao	سقف	2013
مقایسه تطبیقی میان سه فرم ساختمان و جهت گیری آن‌ها و دست یابی به فرم بهینه از منظر مصرف انرژی با استفاده از نرم افزارهای انرژی	The Role of Form Compositions in Energy Consumption of High-rise Buildings(case study:iran,Tehran)	Mohmmadjavad Mahdavinejad , Mohammadhossein Ghasempourabadi and Hojat Ghaedi	فرم کلی ساختمان	2012
دست یابی به فرم بهینه از میان شکل‌های مختلف براساس مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار	Study on The Impact of the Building Form on The Energy Consumption	Tiberiu Catalina , Joseph Virgone , Vlad Iordache	فرم کلی ساختمان	2011
دست یابی به زاویه‌های بهینه در ماه‌های مختلف سال برای دریافت حداکثر انرژی تابشی	تعیین زاویه شیب بهینه ارایه‌های خورشیدی در شرایط اقلیمی کرج	الهه بهرامی کمال عباسپور ثانی	سقف	1391
ارتباط موثری میان شکل ساختمان و میزان مصرف انرژی وجود دارد. میزان پنجره ها و جنس شیشه ها نیز در مصرف نهایی موثر است	A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings	Energy conversion &management(48)	فرم کلی ساختمان	2007

ضریب شکل و فرم بنا ، تاثیر چشم گیری در میزان انرژی مصرفی نهایی ساختمان دارد. هر چه ضریب شکل بیش‌تر شود میزان اتلاف انرژی نیز بیش‌تر می‌شود .	Energy variations in apartment buildings due to different shape factors and relative size of common area	World renewable energy congress	فرم کلی ساختمان	2011
عوامل موثر بر مصرف انرژی ساختمان:1)بازه زمانی میان اتمام ساختمان و شروع مصرف انرژی در آن2) ضریب شکل	Large variations in specific final energy use in swedish apartment buildings: causes and solutions	Energy and building(49)	فرم کلی ساختمان	2012

همان طور که از نتایج جدول 2-3 بر می‌آید فرم کلی ساختمان و فرم هر یک از اجزای آن مانند زوایای سقف، نما، میزان اندازه پنجره‌ها، جهت گیری‌ها و چینش بلوک‌های ساختمانی هر کدام به نحوی تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان دریافت انرژی دارند. با توجه به این قضیه که در پژوهش‌های پیشین بیش‌تر به دریافت انرژی خورشیدی از طریق فرم سقف‌ها توجه شده است. پژوهشگر در این پروژه در نظر دارد که علاوه بر لحاظ کردن دریافت انرژی، از منظر آسایش حرارتی و با فاکتور متوسط دمای تشعشعی (T_{MRT}) نیز این مساله را بررسی کند. در فصل چهارم به تفصیل راجع به این قضیه پرداخته خواهد شد.

2-6نتیجه گیری(نتیجه گیری مبانی نظری طرح)

در این فصل در ابتدا، مروری بر منابع انرژی، بیان عواقب و مضررات مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر و ذکر اهمیت استفاده از سوخت‌های تجدید پذیر در دنیای امروزی بحث شد. در ادامه به بررسی مصرف سوخت در بخش ساختمان در جهان و ایران پرداخته شد و این نتیجه به دست آمد، که کشوری همانند ایران با پتانسیل بالای انرژی‌های تجدید پذیر، به خصوص انرژی خورشیدی، می‌تواند در بخش‌های مختلف به ویژه بخش ساختمان سازی صرفه جویی قابل توجهی در انرژی داشته باشد. هم‌چنین پس از مطالعاتی راجع به بخش ساختمان و انرژی در بخش‌های مختلف آن، به این مهم دست یافتیم که بام ساختمان می‌تواند چه نقش مهمی را در کاهش هدر رفت انرژی در ساختمان داشته باشد. بنابراین به بررسی عملکرد بام و تبادل حرارتی پرداخته شد و در انتها با بیان راه‌کارهایی در این زمینه به بیان روش‌های صرفه جویی در این بخش دست یافتیم. یکی از این روش‌ها در بخش راه‌کارهای گرمایشی، دریافت مستقیم است که در این پروژه مبنای مشابه سازی و طراحی قرار می‌گیرد. در انتها نیز تبادل و تحلیل یافته‌های پژوهشگران حاکی از این است که در بخش طراحی و مشابه سازی بام، اغلب دریافت انرژی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

در این پروژه، پژوهشگر در نظر دارد با نگاهی جدید و با تمرکز بر آسایش حرارتی فرد در داخل محیط، با معیار قرار دادن فاکتور دمای متوسط تشعشی، این مهم را مورد بررسی قرار دهد. در فصل سوم به روش تحقیق این پروژه؛ معرفی نرم افزارهای مورد استفاده و اقلیم سایت مورد نظر پرداخته می‌شود . در فصل چهارم به تفصیل در مورد دمای متوسط تشعشی، مشابه سازی‌های مربوطه و نتایج حاصل از آنالیزها پرداخته خواهد شد.

فصل سوم

3 فصل سوم: روش تحقیق

3-1مقدمه

در این فصل به بررسی روش تحقیق صورت گرفته در پروژه و معرفی نرم افزارهای به کاررفته در آن پرداخته می‌شود . همچنین با معرفی اقلیم موضوع مورد طراحی داده‌های اقلیمی مورد نیاز در نرم افزار به دست آورده می‌شود . در آخر نیز با تحلیل بر فرم انواع سقف در منطقه، اطلاعات مورد نیاز برای مشابه سازی کامپیوتری تکمیل می‌شود .

3-2روش تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع رساله، مطالعه رساله، دو بخش مختلف را شامل می‌شود که با توجه به ماهیت هر بخش، از روش‌های مختلفی برای دست یابی به مطالب مربوطه استفاده می‌شود :

پژوهش حاضر در مرحله‌ی اول با تکیه بر روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی از منابع کتابخانه‌ای در زمینه اهمیت صرفه جویی انرژی در ساختمان و استفاده از انرژی‌های پایدار بهره می‌جوید.

در مرحله‌ی دوم با روش مشابه سازی نرم افزاری، فرم‌های هندسی متداول سقف در مجتمع‌های مسکونی منطقه مورد نظر شناسایی می‌شود و پس از مدل سازی نمونه‌های بارز و متداول، که همگی با فرض سطح زیر بنای یکسان، مدل سازی می‌شوند، میزان انرژی تابشی بهینه دریافتی و دمای آسایش حرارتی آن‌ها در ماه‌های مختلف سال محاسبه و تحلیل می‌شود . پیش از هر چیز، جهت گیری بهینه اقلیمی در شهر مورد توجه قرار گرفته و تمام تحلیل‌های بعدی بر اساس آن جهت گیری اعمال می‌شود . پس از تحلیل‌ها و یافتن فرم و زاویه‌ی بهینه‌ی سقف با استفاده از نتایج به دست آمده

از عملیات مشابه سازی و نمونه‌های تحلیل شده‌ی مشابه، به طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد مورد نظر پرداخته خواهد شد.

3-3نرم افزارهای شبیه سازی انرژی

مشابه سازی کامپیوتری و استفاده از نرم افزارهای انرژی در حیطه‌ی ساختمان با پیشرفت‌هایی که در سالیان اخیر داشته است، به یکی از پرطرفدارترین روش‌های طراحی اقلیمی تبدیل شده است. در واقع مشابه سازی کامپیوتری محیط مجازی مشابه‌ای را با منطقه مورد نظر ایجاد می‌کند تا رفتار حرارتی اجزا و عناصر ساختمان‌ها را بتوان در آن‌ها مطالعه کرد. از مزایای این روش طراحی می‌توان به قدرت پیشگویی نزدیک به واقعیت این شبیه سازی‌ها قبل از ساخت هر پروژه اشاره کرد. این روش به معمار امکان این را می‌دهد که در هر مرحله با اطمینان از نرم افزار ها یک روش بازخوردی قابل قبول را برای رسیدن به هدف نهایی خود اتخاذ نماید. همچنین این نرم افزارها برای هر منطقه و هر ساختمانی قابل استفاده می‌باشند . در این پروژه محقق از دو نرم افزار اکوتکت و انرژی پلاس برای رسیدن به مقصود خود استفاده کرده ' ، که در ادامه توضیحاتی راجع به کارایی این نرم افزارها بیان شده است.

3-3-1 اکوتکت

اکوتکت (زیر مجموعه‌ای از خانواده autodesk) نرم افزار طراحی محیطی بسیار قدرتمندی است که مدل اولیه‌ی سه بعدی را از لحاظ خورشیدی، حرارتی، روشنایی، اکوستیک و هزینه بررسی می‌نماید. در نتیجه با توجه به شرایط اقلیمی، می‌توان طراحی معماری اولیه‌ای انجام داد که سبب کاهش استفاده از روشنایی مصنوعی (با استفاده‌ی بهینه از روشنایی طبیعی)، کاهش نیازهای سرمایشی و گرمایشی (با جهت گیری مناسب، توزیع مناسب پنجره‌ها، استفاده‌ی بهینه از سایبان‌ها و...) طراحی اکوستیک بهینه و ... گردد.

از نکات قابل توجه در اکوتکت، امکان استفاده از موتورهایی چون انرژی پلاس و radiance است که این نرم افزار را به یک رابط گرافیکی مناسب برای این موتورها تبدیل کرده است. در این پژوهش نیز نرم افزار اکوتکت به عنوان یک رابط گرافیکی در کنار انرژی پلاس به کار برده شده است.

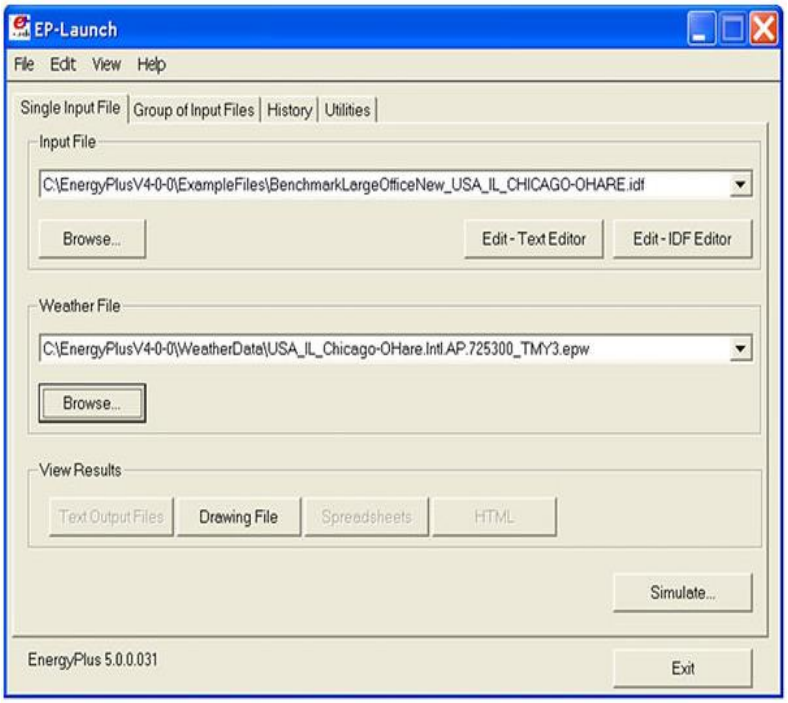
3-3-2 نرم افزار انرژی پلاس(Energy Plus)

نرم افزار انرژی پلاس یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای شبیه سازی انرژی حال حاضر دنیا می‌باشد. این نرم افزار رایگان که اولین نسخه‌ی آن در اوریل سال 2001 ارائه شد، یک شبیه سازی جامع انرژی را در اختیار مهندسان، معماران و محققان به منظور کاربرد در مدل‌های انرژی و مصرف آب قرار می‌دهد. استفاده از انرژی پلاس توسط متخصصین بخش ساختمان سبب بهینه کردن طراحی برای استفاده کمتر از انرژی و آب خواهد گشت.

انرژی پلاس، سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، تهویه و دیگر جریان‌های انرژی را در کنار نیاز آب مدل می‌نماید. این نرم افزار به علاوه دارای توانمندی‌های خلاقانه و مفیدی در شبیه سازی همچون، آنالیز با بازه زمانی کمتر از یک ساعت، سیستم مدولار، جریانات هوایی چند منطقه‌ای، شرایط آسایش، تهویه طبیعی و سیستم‌های فتوولتاییک می‌باشد.

- امکانات انرژی پلاس

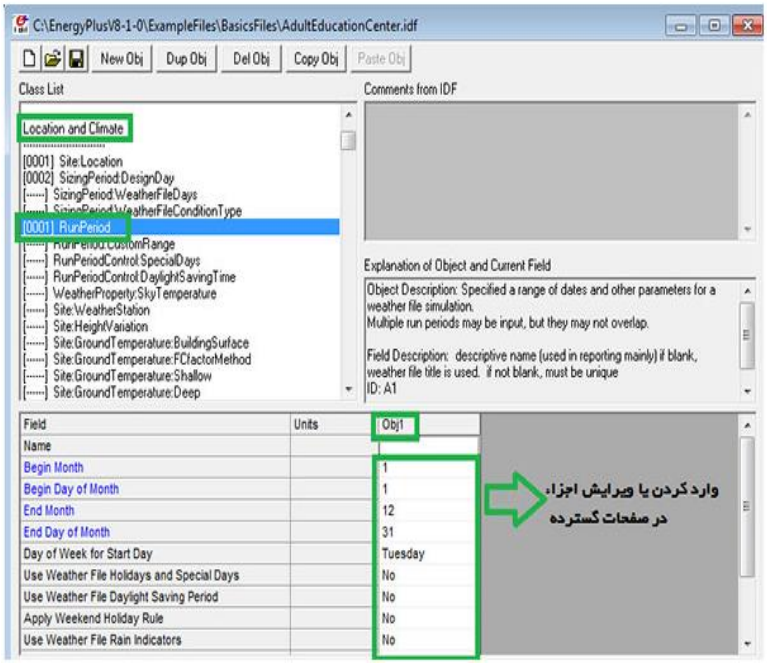
  - EP-Launch یکی از مهم‌ترین بخش‌های انرژی پلاس بوده که امکان دسترسی به IDF Editor نیز در آن مهیا شده است. در این بخش می‌توان با نرم افزار word و به IDF Editor داده‌های مربوط به ساختمان (پوسته، زمان بندی‌ها، هندسه، تجهیزات گرمایشی و سرمایشی، سیستم‌های کنترلی، ترموستات‌ها و ...) را وارد نمود و یا حتی ، از نمونه پروژه‌های موجود در نرم افزار استفاده و فقط تغییراتی در آن ایجاد کرد. در بخشی دیگر از EP-Launch می‌توان، فایل‌های اقلیمی شهر مورد نظر را با فرمت epw انتخاب کرد و در پایان و پس از وارد نمودن اطلاعات مربوط به ساختمان و انتخاب شهر مورد نظر، اقدام به شبیه سازی را بصورت فرمت‌هایی چون اکسل، HTML و یا فرمت نوشتاری مشاهده کرد.



شکل 1-3 محیط EP-Launch

  - IDF Editor

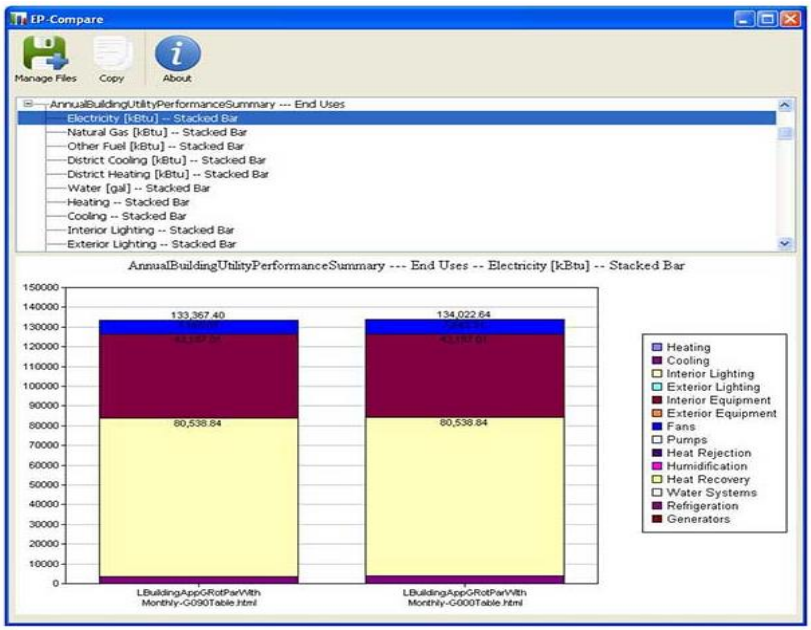
اگر از افزونه یا نرم افزارهای واسطه برای ساخت فایل های ورودی و داده‌های ساختمان استفاده نشود، IDF Editor ساده‌ترین راه برای ساخت یا ویرایش داده‌های ورودی یا (IDF) Input Data Files در انرژی پلاس می‌باشد. IDF Editor هم به صورت مجزاء و هم از طریق پنجره EP-Launch قابل دسترسی است. تمام اجزای موجود در انرژی پلاس می‌توانند به صورت مجموعه‌ای از داده‌ها در شبکه‌های صفحه گسترده (مانند اکسل) ویرایش یا مشاهده شوند. برای مثال مطابق شکل 3-2 در بخش location and climate و در زیر مجموعه RunPeriod، مقادیر مربوط به این جزء (object) در شبکه‌های صفحه گسترده وارد یا ویرایش کرد. همچنین در سمت راست پنجره IDF Editor ، راهنمای مربوط به اجزاء آورده شده است.



شکل 2-3 محیط IDF Editor

- EP-Compare

در این بخش می‌توان دو یا چند شبیه سازی مختلف را با یک دیگر مقایسه و به صورت نمودارهای ستونی، ستون جمعی، در کنار هم و ... به نمایش گذاشت. همچنین شکل‌ها و نمودارهای تولید شده، قابلیت کپی شدن برای استفاده در جایی دیگر (مانند یک فایل word) را دارا می‌باشند .



شکل 3-3محیط EP-Compare

3-4فرایند تحقیق

همان طور که در ابتدای فصل گفته شد، در ابتدا (فصل دوم رساله) به مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیلی و توصیفی راجع به موضوع بام و آثار حرارتی آن پرداخته شد. در این فصل و فصل چهارم، بخش دوم پروژه، به شناسایی اقلیم و سایت مورد طراحی و انواع بام‌های رایج در منطقه اختصاص داده می‌شود، که منجر به یافتن داده‌های شبیه سازی و مدل کردن نمونه سقف‌ها خواهد شد. در انتهای فصل چهارم به نتایج شبیه سازی‌ها دست پیدا کرده و با تحلیل چگونگی استفاده از آن‌ها در فصل پنجم تمامی نتایج فصل‌های پیشین در طراحی مجتمع مسکونی مورد نظر به کاربرده خواهد شد.

3-5موقعیت اقلیمی وجغرافیایی سایت

منطقه‌ای که امروزه با نام «استان البرز» شناخته می‌شود ، تا پیش از سال 1388 خورشیدی بخشی از استان تهران به شمار می‌رفت. در تاریخ 12 بهمن 1388 لایحه‌ی تأسیس استان البرز پس از تصویب در جلسه هیئت دولت، به مجلس شورای اسلامی فرستاده شد و پس از بررسی توسط نمایندگان مجلس شورای اسلامی، این لایحه در تاریخ 7 تیر ماه 1389 خورشیدی به تصویب رسید و «استان البرز» به عنوان سی و یکمین استان کشور و «شهرستان کرج» به عنوان مرکز استان معرفی گردید.

3-5-1 مشخصات استان

- **نام استان:** البرز
- **مرکز استان:** شهر کرج
- **جمعیت استان:** 2412513 نفر

بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال 1390 خورشیدی جمعیت استان البرز 2412513 نفر بوده است. استان البرز یکی از پرجمعیت‌ترین استان‌های کشور است و از این نظر رتبه‌ی پنجم را پس از استان‌های تهران (رتبه اول)، خراسان رضوی (رتبه دوم)، اصفهان (رتبه سوم) و آذربایجان شرقی (رتبه چهارم) دارا می‌باشد (هواشناسی استان البرز،1394).

3-5-2 موقعیت جغرافیایی استان

- عرض جغرافیایی: بین عرض 35 درجه و 28 دقیقه تا 36 درجه و 30 دقیقه شمالی.
- طول جغرافیایی: بین طول 50 درجه و 10 دقیقه و 51 درجه و 30 دقیقه شرقی.
- موقعیت نسبی استان: واقع در نیمه شمالی ایران.
- همسایگان استان : شمال استان مازندران، جنوب: استان مرکزی ،شرق: استان تهران ،غرب و شمال غرب: استان قزوین.
- مساحت استان: حدود 5800 کیلومتر مربع.
- تعداد شهرستان‌ها: 5
- نام شهرستان‌ها: اشتهارد، ساوجبلاغ، طالقان، کرج و نظرآباد

فاصله مرکز استان تا تهران: 40 کیلومتر(هواشناسی استان البرز،1394).

3-5-3 وجه تسمیه

از آن‌جا که بخش مهمی از رشته کوه‌های البرز از شمال این استان می‌گذرد، نام این استان از نام این رشته کوه اخذ شده است. درلغت‌نامه دهخدا برای معنای واژه «البرز» آمده است که این نام در اوستا به صورت «هره بره زنیتی» و در زبان پهلوی به شکل «هره برز» یا «هریورس» و «هربورچ» نوشته شده که از دو جزء «هر» (به معنای کوه) و «برز» (به معنای بالا و بلند) تشکیل یافته است و بدین ترتیب «البرز» به معنای «کوه بلند» می‌باشد.

شکل 3-4 نقشه تقسیمات سیاسی، جمهوری اسلامی ایران به تفکیک استان

3-5-4 شیب اراضی

استان البرز در جنوب رشته کوه البرز مرکزی و در یک ناحیه‌ی تقریباً کوهستانی واقع شده است به گونه‌ای که بیش از دو سوم مساحت آن را مناطق کوهستانی و کمتر از یک سوم آن را دشت‌ها و زمین‌های خشک و شوره‌زار، تپه‌ها، کوه‌های کم ارتفاع، اراضی تراس‌گونه، زمین‌های هموار و نیمه هموار پای‌کوهی و میان‌کوهی تشکیل داده است. ارتفاع استان البرز از 1100 متر در پایین‌ترین نقطه در بستر رودخانه‌ی شور واقع در جنوب غربی شهریار شروع شده و به 4375 متر (کوه هفت‌خوان) می‌رسد. این اختلاف ارتفاع بیش از 3000 متر خود یکی از دلایل تنوع اقلیمی و زیستگاهی در این استان می‌باشد (هواشناسی استان البرز،1394).

3-5-5 تعیین نوع اقلیم شهر

استان البرز علی‌رغم وسعت کم، از نظر اقلیمی دارای تنوع زیادی می‌باشد به گونه‌ای که از اقلیم بیابانی در قسمت‌های جنوبی تا اقلیم‌های نیمه مرطوب و مرطوب در قسمت‌های شمالی این استان دیده می‌شود. به طور کلی در پهنه‌ی استان البرز اقلیم‌های زیر دیده می‌شود :

- **آب و هوای معتدل کوهستانی**: از ویژگی‌های آب و هوای معتدل کوهستانی، زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های معتدل است. این نوع آب و هوا در مناطق شمالی مشاهده می‌شود . این منطقه از تنوع زیستی خوبی برخوردار است.

- **آب و هوای نیمه بیابانی**: در بخش‌های جنوبی استان البرز بارش کم و دمای زیاد سبب ایجاد آب و هوای نیمه بیابانی شده است. در نواحی جنوب غربی استان (جنوب نظرآباد و اشتهارد) بر میزان خشکی افزوده شده به طوری که به شرایط بیابانی نزدیک می‌شود و حتی در برخی مناطق زمین به حالت کویری در می‌آید. البته کویری شدن این نواحی علاوه بر شرایط اقلیمی (تبخیر شدید و بارش کم) بیش‌تر تحت تأثیر شرایط ژئومورفولوژیکی منطقه است.

در مقیاس کلی منطقه کرج همانند سایر بخش‌های استان البرز در فصول سرد سال متاثر از سیستم‌های شمالی و شمال غربی و غربی به ویژه جنوب غربی بوده و ریزش‌های جوی آن که از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه دارد، تابعی از فعالیت‌های سیستم‌های فوق می‌باشد.

از نظر ویژگی‌های خرد اقلیمی، منطقه کرج از پاره‌ای جهات دارای مختصات شاخصی است که به آن‌ها اشاره می‌شود :

منطقه کرج به لحاظ اقلیمی تحت تاثیر ارتفاعات البرز و دره چالوس و رود خانه کرج قرار دارد که موجب خنک و مرطوب‌تر شدن این منطقه نسبت به تهران می‌گردد و این تمایز تقریباً در تمام طول سال مشاهده می‌گردد. علت اختلاف دمای کرج نسبت به تهران به خصوص در شب‌ها به سبب نزدیکی کرج به ارتفاعات شمالی و سرد شدن شبانه این دامنه‌ها و وزش باد کوه به دشت می‌باشد. دور بودن کرج از دشت کویر نیز موجب برودت و رطوبت بیش‌تر این منطقه نسبت به تهران در فصول مختلف سال، به ویژه در تابستان می‌گردد (همان).

3-5-6 دما

حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۲۰- و ۴۲ درجه و میانگین سالیانه نیز ۱/۱۴ درجه سانتی گراد می‌باشد. ماه تیر با میانگین ۲۶درجه سانتی گراد و دی با ۲/۱ درجه سانتی گراد به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه سال محسوب می‌شوند. مجموع واحدهای حرارتی بالاتر از صفر ۵۱۷۵ درجه روز و مجموع واحدهای حرارتی بالاتر از ده ۲۳۳۴ درجه روز به دست آمده است.

3-5-7 بارندگی

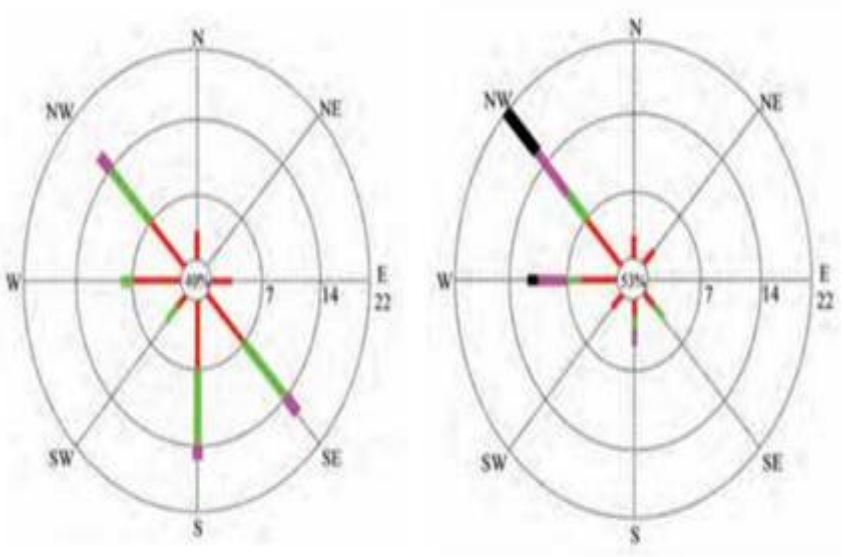
در مورد بارندگی‌های تابستانه‌ی کرج می‌توان این گونه بیان داشت که گاهی اوقات برخورد دو توده هوای گرم جنوبی و نسبتاً سرد و مرطوب شمالی که در سطوح فوقانی ناحیه البرز صورت می‌گیرد، موجب می‌گردد که ابرهای جوششی بسیار فعال در منطقه پدید آمده و ریزش‌های رگباری شدیدی را به وجود آورد که غالباً همراه با سیل است. میانگین بارندگی سالیانه کرج حدود ۲۵۱ میلی متر با ضریب تغییرات ۱/۲۴ درصد و حداقل ۳/۸۹ میلی متر و حد اکثر ۴/۳۷۴ میلی متر می‌باشد. فصل زمستان با ۳/۴۲ درصد و فصل تابستان با ۵/۱ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین سهم را در بارش سالیانه بر عهده دارند (همان).

جدول 1-3 شاخص های اب و هوایی استان

شاخص / شهرستان	کرج	هشتگرد و نظرآباد	طالقان
میانگین درجه حرارت سالانه به سانتی گراد	۱۴/۳	۱۴	۱۱/۴
میانگین حداکثر درجه حرارت به سانتی گراد	۲۱/۱	۱۹/۲	۱۷/۴
میانگین حداقل درجه حرارت به سانتی گراد	۸/۸	۸/۸	۴/۷
حداقل مطلق دمای هوا به سانتی گراد	-۲	-۱۶	-۲۱
حداکثر مطلق دمای هوا به سانتی گراد	۴۲	۳۸	۳۵
میانگین بارندگی سالانه به میلی متر	۲۵۱	۳۷۳	۴۳۸
میانگین رطوبت نسبی سالانه به درصد	٪۵۱	٪۴۹	٪۵

3-5-8 بررسی جهت وزش باد غالب

باد غالب در کرج که بر مبنای سه نوبت دیدبانی (صبح، ظهر و عصر) محاسبه گردیده است، در جهت شمال غربی بوده و متوسط آن ۴/۳ متر بر ثانیه می‌باشد. بیشترین سرعت باد درکرج ۵/۲۴ متر بر ثانیه از سمت غرب و میانگین سرعت باد ۲/۲ متر بر ثانیه به ثبت رسیده است .



شکل 3-5 گلباد ایستگاه کرج در زمستان(راست) و تابستان(چپ)

3-5-9 تابش افتاب

شدت تابش خورشیدی متوسط بر روی سطوح افقی بالغ بر 4/36 $kwh/m^3.day$ طول ساعات آفتابی در آن از 4/7 ساعت در ماه‌های آذر و دی به 12 ساعت در ماه‌های مرداد و شهریور می‌رسد.

متوسط تابش خورشیدی در سردترین ماه‌های سال (بهمن و دی) 1/45 _kwh/m2.day تا 7/3 kwh/m2.day در ماه‌های تیر و مرداد می‌رسد. متوسط سالانه شدت تابش کلی خورشید در کرج بالغ بر 16 kwh/m2.day.year می‌باشد. میانگین ساعات آفتابی سالیانه در طی دوره آماری برابر با ۲۸۹۹ ساعت به ثبت رسیده است (همان).

3-6 تحلیل فرم های بام

همان طور که پیش‌تر ذکر شد، پوسته‌ها، کلیه سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها و نظایر آن‌ها هستند که از یک طرف با فضای خارج و از طرف دیگر با فضای داخل یا کنترل نشده در ارتباط است (مقررات ملی ساختمان،3). فرم‌های مختلف بام بر حسب رفتار حرارتی با شرایط خاص اقلیمی ، تاثیرات متغیری نیز در برخواهند داشت . تعریف انواع بام به صورت مختصر در ادامه آمده است.

3-6-1 بام ساده

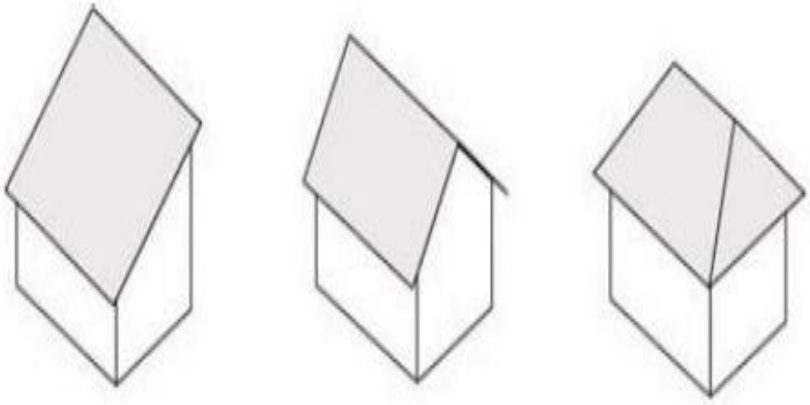
بام ساده بامی است که از پوسته یک لایه تشکیل شده باشد (سیلوایه،1390،ص97) که شامل موارد زیر است:

- **بام تخت:** طبق تعریف ارائه شده در مبحث نوزدهم مقرارت ملی(1389)، از نظر شکل، بام تخت و یا مسطح ، پوشش نهایی ساختمان است که شیبی کم‌تر از ده درجه یا مساوی آن، نسبت به افق دارد. انواع سقف‌های مسطح بر حسب مصالح مصرفی در هنگام اجرا شامل،سقف‌های آجری (تاق ضربی)، تیرچه بلوکف، سقف‌های بتنی (پیش ساخته در جا)،سقف‌های چوبی و در نهایت سقف‌های پیش ساخته است (ریاضی و ماجدی اردکانی،1385).

  علاوه بر این از لحاظ کارایی حرارتی و جذب تابش ، این گونه از پوشش‌های سقفی، رفتار متفاوتی در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارند. دریافت انرژی خورشیدی به وسیله پوشش سقف، باعث افزایش دمای بام نسبت به دمای هوای بیرون می‌شود که با وزش باد روی بام، مقداری از این حرارت به هوای بیرون داده شده و بقیه به داخل فضای زیر انتقال می‌یابد (فقیه خراسانی و بهادری نژاد،1389).
- **بام شیب دار:** پوشش نهایی ساختمان که شیبی بیش‌تر از 10 درجه و کم‌تر از 60 درجه نسبت به سطح افقی دارد. اگر شیب جدار بیش از 60 درجه باشد، دیوار تلقی می‌شود . بر روی سقف شیب دار، فضای خارج و در زیر آن، فضای کنترل شده یا کنترل نشده قرار دارد (مقررات ملی ساختمان، 1389،ص 3). این نوع از سقف‌ها اغلب در مناطق پر باران ساخته می‌شود . از لحاظ سازه‌ای، اسکلت سقف‌های شیب دار را، خرپاهای چوبی یا فلزی تشکیل می‌دهد. انواع سقف‌های شیب دار به صورت کلی عبارتند از:

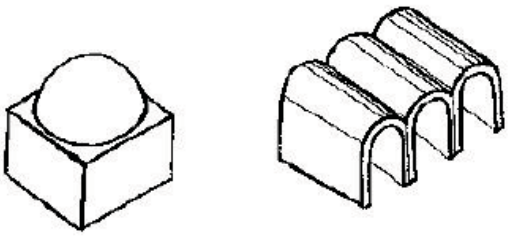
  - یک بر شیب یک طرفه و یا آویخته
  - دوشیبه
  - چهار شیبه با دو شیب مثلثی (زین اسبی)

این بام‌ها بسته به میزان و جهت شیب انرژی تابشی خورشیدی متفاوتی دریافت می‌کنند . به این ترتیب زاویه‌ی بام می‌تواند بر مصرف انرژی ساختمان تاثیر بگذارد:



شکل 3-6 انواع مختلف سقف شیبدار،به ترتیب از چپ به راست،یکطرفه، دوشیبه، چهارشیبه (هرمی)؛ (مقررات ملی، 1389)

- بام قوسی(گنبدی): سقف‌های قوسی را به دودسته کلی می‌توان تقسیم کرد. دسته اول سقف‌هایی که انحنا دارند و در جهت خطی‌اند که تقریبا سقف به شکل نیم دایره، تاقی و یا قوسی دایره‌ای بر روی دیوارهای جانبی قرار گرفته اســـت (بهادری نژاد و یعقوبی،1385،ص ص. 513-514). نوع دوم سقف‌های گنبدی شکل‌اند. البته کاربرد و رواج این نوع سقف که شکل هندسی دورانی با انحنای دو جانبه دارند و نیروهای وزن و ســـایر نیروها را با مکانیســـم نیروهای غشایی به تکیه گاه‌ها منتقل می‌کند ، قابلیت برتری نسبت به شکل‌های ساختمانی قابی و حتی تاقی دارند (بهادری نژاد و یعقوبی،1385،فرشاد،1363). شکل 3-7 انواع سقف‌های قوسی را نشـان می‌دهد. از لحاظ رفتار حرارتی، این بام‌ها بر خلاف بام‌های تخت، همیشـه در خلال روز بخشی از سطح خود را در سایه خواهند دید. استفاده از سطوح گنبدی باعث می‌شود که مسـاحت سـطح افزایش یابد و این افزایش مسـاحت، در روند انتقال گرما، تبادل حرارت و از دســـت دادن تدریجی حرارت تاثیر مثبت گذاشـــته و موجب کاهش گرمای دریافتی در روز و افزایش باز پس دادن حرارت در شب می‌شود (نیلسن،1385، ص ص. 55-56).



شکل 3-7 انواع مختلف سقف قوسی به ترتیب از راست به چپ،قوسی یک طرفه،گنبدی(نیلسن،1385، ص ص. 55-56).

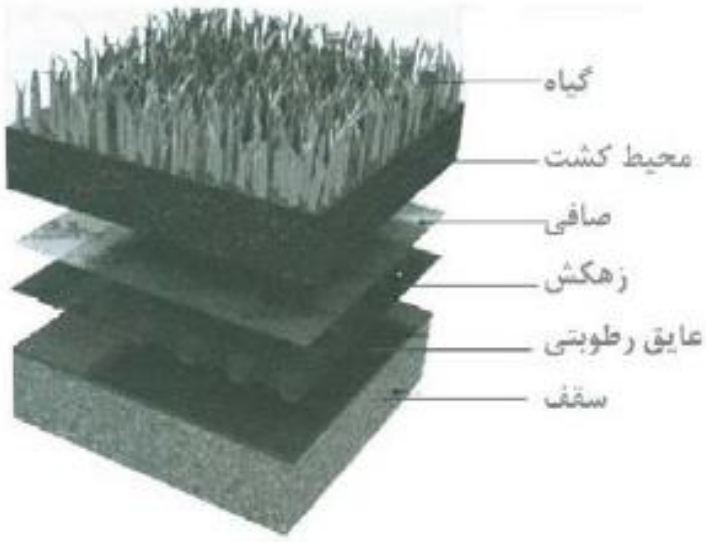
3-6-2 بام مرکب

بام مرکب به بامی اطلاق می‌شود که ساختاری چند لایه داشته باشد:

- **بام دو پوسته :** این بام‌ها از 2 لایه تشکیل می‌شود و در این نوع بام‌ها، بام و سقف یکی نبوده و فاصـلـه‌ی هوایی بین آن‌ها وجود دارد. در صـورتی که بام از نوع سـبک 2 لایه باشـد، مصـــالح بام می‌تواند ورق‌های سـفالی، ازبسـت و سـیمان(ایرانیت)، آهن گالوانیزه و

آلومینیوم و مصالح سقف، یک شبکه فلزی آویزان از بام و پوشش گچ و ورق‌های چوبی یا اکوستیک باشد. در حالتی دیگر، بام از مصالحی سبک وزن و سقف از ماده ای متراکم ساخته می‌شود . حتی می‌توان آن‌ها را با دوسازه مستقل، مجزا ساخت. در این حالت با انتخاب مصالحی سبک و با ضریب انعکاس بالا برای لایه بیرونی از میزان دریافت های خورشیدی کاسته شده و سطح داخلی دائما در سایه قرار می‌گیرد و ظرفیت حرارتی بالای لایه داخلی میزان نوسانات را به حداقل می‌رساند. از مشخصات حرارتی این نوع سقف می‌توان گفت که انتقال و تبادل حرارتی در این بام‌ها بدین صورت است که مقداری از انرژی حرارتی جذب شده در لایه بیرونی به صورت همرفت و تابش به اطراف پخش می‌شود و بقیه عمدتا به صورت تابش به لایه داخلی و سقف انتقال می‌یابد (سیلوایه،1390، صص 100-101،کسمایی،1382،ص45).

- **بام سبز :** بام سبز یکی از عناصر ساختمانی است که از فناوری حضور گیاه در بنا استفاده کرده است. اصطلاح بام سبز به بام ساختمانی گفته می‌شود که قسمتی از آن و یا همه‌ی آن با محیط کشت در حال رشد، پوشیده شده است (قیابکلو،1392،ص. 269). طبق مطالعات انجام شده توسط انجمن زیست کانادا، هنگامی که دمای سطح یک بام معمولی در معرض تابش تابستانی به 70درجه سانتی گراد می‌رسد؛ دمای سطح بام سبز تنها 30 درجه سانتی گراد است و بنابراین به دلیل کاهش اختلاف دمای داخل و بیرون (دمای آفتاب و هوای سطح بام سبز)، از شدت انتقال حرارت نیز کاسته می‌شود . بر اساس همین مطالعات ،بام‌های سبز 25 % از نیاز خنک کنندگی در تابستان و 26 % اتلاف گرما در زمستان کاهش می‌دهند. به علاوه بر اساس مطالعات مرکز تحقیقات بام سبز دانشگاه پنسیلوانیای امریکا، سبز کردن بام‌ها ، طول عمر بام را تا حدود 2 الی 3 باربر افزایش می‌دهد (قیابکلو،1392،ص ص. 271-272).



شکل 8-3 لایه های بام سبز،(قیابکلو،1392،ص269)

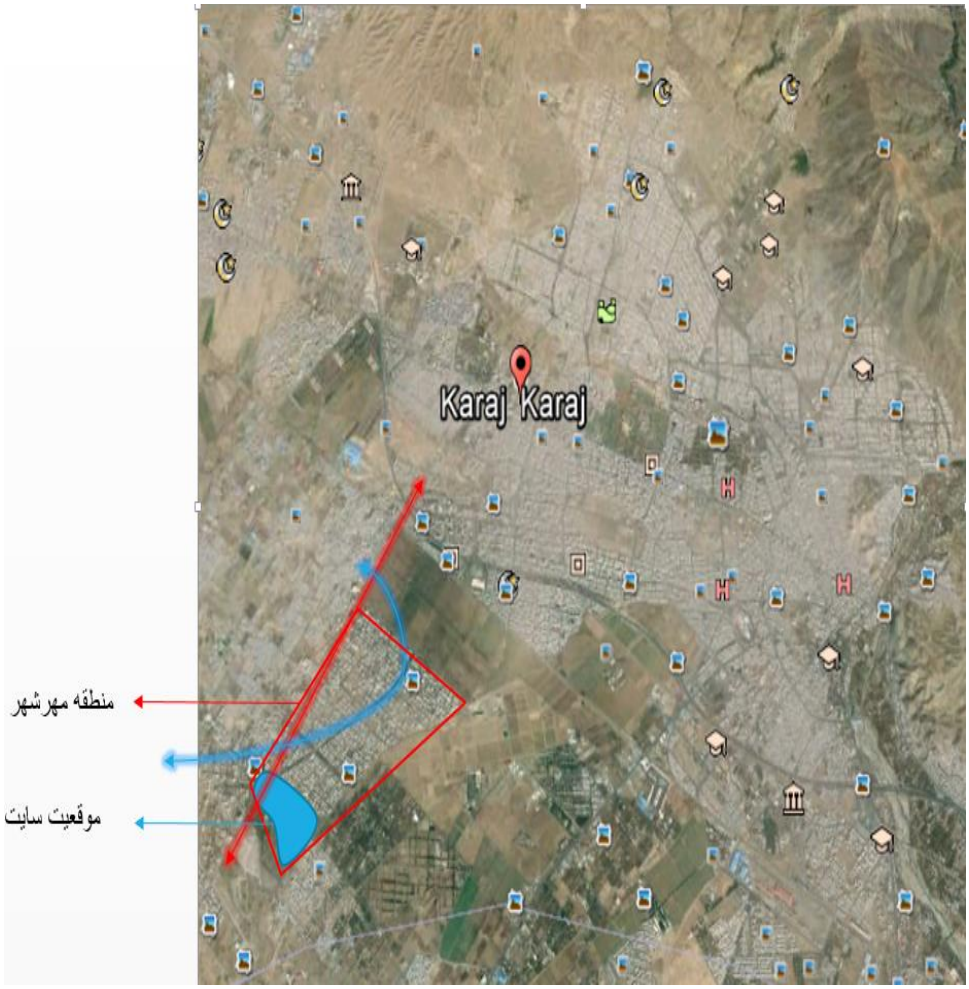
- **بام قهوه ای:** بام‌های قهوه‌ای در مکان‌های صنعتی، اکو سامانه‌های ارزشمندی هستند که گونه‌های نادر گیاهی و جانوری را حمایت می‌کنند . این گونه‌ها در معرض خطر هستند. بام‌های قهوه‌ای با پوشانیدن سقف‌ها با لایه نازکی از قلوه سنگ‌ها و سنگریزه‌ها که می‌توان آن‌ها را با هزینه کم فراهم کرد، از دست دادن این گونه‌های جانوری را تا حدودی جبران می‌کنند. این لایه‌ها به منظور فراهم نمودن جای زندگی برای حشرات از جمله عنکبوت‌ها و

محل تهیه غذا برای پرندگان حشره خوار در ساختمان‌های عمومی تعبیه می‌شوند. یکی از این ساختمان‌ها مرکز نمایش معاصر در لندن است که دارای بام قهوه‌ای است که مخصوصا برای حمایت از گونه های پرندگان کمیاب محلی طراحی شده است (قیابکلو،1392،ص273) شکل 3-9 اجزای این بام را نشان می‌دهد.

شکل 9-3 بام قهوه ای(قیابکلو،1392،ص. 273)

3-6-3 انواع رایج بام در منطقه

سایت طراحی مورد نظر کرج و منطقه‌ی مورد بررسی مهر شهر می‌باشد. مهر شهر در جنوب غربی شهرستان کرج قرار دارد. در این منطقه اغلب خانه‌ها ویلایی و با سقف‌های شیب دار می‌باشند . شکل 3-11 نمونه‌هایی از سقف شیب دار سایت مورد بررسی را نشان می‌دهد. که البته دلیل استفاده از این نوع سقف‌ها بیش‌تر بر اساس مسائل زیبایی شناسی است تا مسائل اقلیمی. از این رو محقق بر آن است تا با بررسی سقف‌های غالب در منطقه تیپ‌های رایج را شناسایی کرده و پس از آن با در نظر داشتن زوایای مختلف در هر یک از این تیپ‌ها بهینه فرم و زاویه سقف‌های مورد نظر از لحاظ کاهش در هدر رفت انرژی را بررسی کند. چه بسا به توان با حفظ مسائل زیبایی شناسانه و با مشابه سازی این سقف‌ها بهینه فرم را انتخاب و به صرفه جویی در هدر رفت انرژی هم دست یافت.



شکل 10-3عکس هوایی شهرستان کرج و سایت مورد طراحی

شکل 3-11 نمونه بام‌ها ی شیبدار در منطقه(ماخذ:نگارنده)

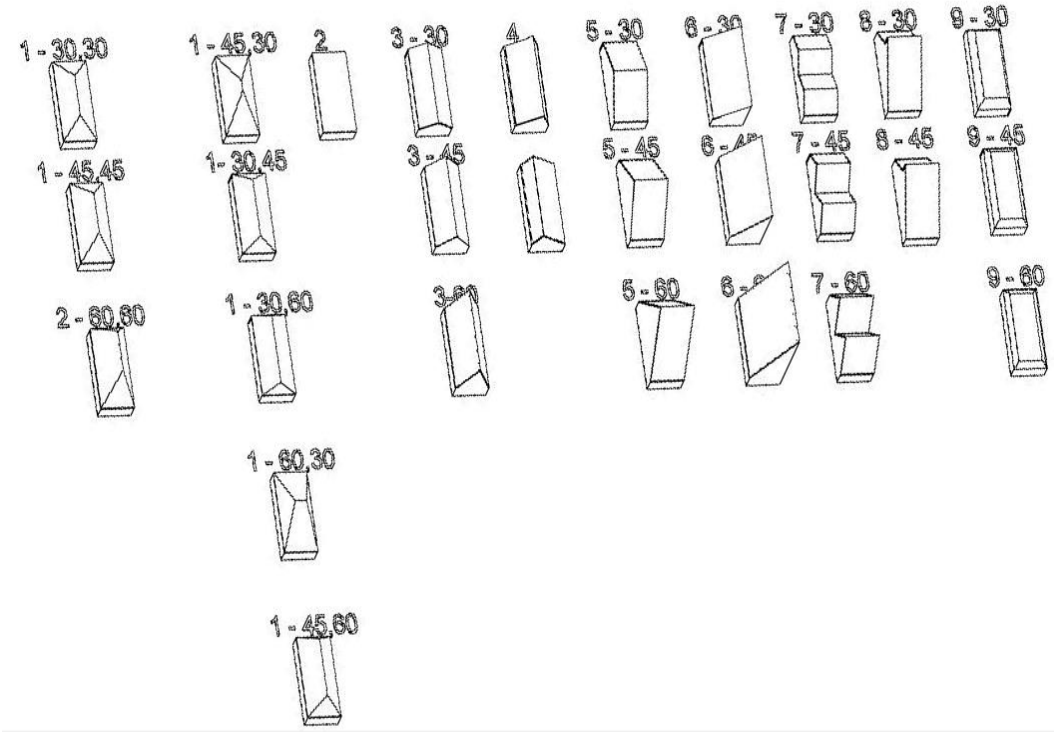
3-6-4 دسته بندی بر اساس فرم و زاویه

انواع سقف‌های تحلیل شده در سایت مورد نظر از موارد موجود در شکل 3-11 می‌باشند ، که هر نوع در سه زاویه 30-45-60 درجه در نرم افزار revit مدل سازی شده‌اند.

پس از مدل کردن انواع سقف‌ها در نرم افزار بر اساس نوع و زاویه آن‌ها، تیپ ها در چهار گروه زیر دسته بندی شدند:

1- سقف تخت
2- سقف‌های 1 طرفه
3- سقف‌های 2 طرفه
4- سقف‌های 4 طرفه

شکل 3-12 انواع فرم سقفهای رایج در منطقه مدل سازی شده با نرم افزار revit را نشان می‌دهد.



شکل 12-3 انواع فرم سقفهای رایج در منطقه مدل سازی شده با نرم افزار revit (ماخذ:نگارنده)

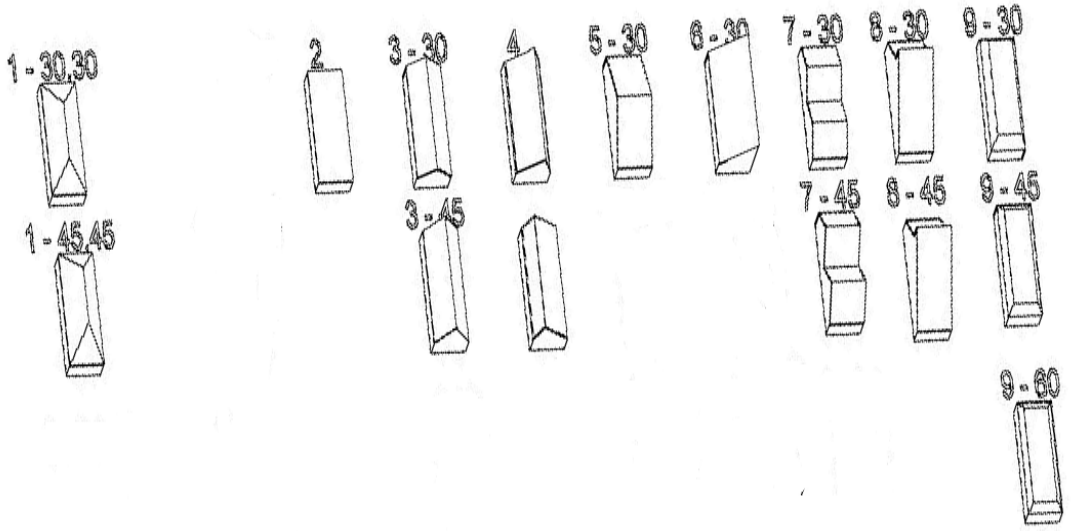
جدول 2-3 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)

نوع سقف		تخت	یکطرفه	دوطرفه	
اسم		flat	Mono-pitch(shed)	Dou-pitcha(gable)	Salt box
زاویه	30				
	45				
	60				

جدول 3-3 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)

نوع سقف		چهار طرفه		
اسم		Hip	mansard	M shaped
زاویه	30			
	45			
	60			

در نهایت تعدادی از سقف‌ها با زوایای متفاوت به دلیل مشکلات در ساخت و بعضی مشکلات زیبایی شناسانه از لیست حذف شدند و تعداد 16 عدد از مدل‌های مختلف باقی مانند. در فصل چهار تجزیه تحلیل‌ها بر روی انواع این سقف‌ها در نرم افزار انرژی پلاس از لحاظ حرارتی و هدر رفت انرژی انجام می‌شود .



شکل 13-3سقف‌های نهایی، قابل بررسی حرارتی (ماخذ:نگارنده).

3-7جمع بندی و نتیجه گیری

در این فصل پس از بیان روش تحقیق، بررسی اقلیم و انواع فرم سقف‌های رایج در این منطقه در نهایت تیپ بندی لازم برای مشابه سازی سقف‌ها را ایجاد کرده، و داده‌های اقلیمی مورد نیاز برای قسمت weather data در نرم افزار انرژی پلاس برای عملیات مشابه سازی بیان شد.
در فصل چهارم، تحلیل فرم‌ها بر اساس دو معیار دمای متوسط تشعشعی که از فاکتورهای آسایش حرارتی در محیط است و دریافت انرژی، صورت می‌پذیرد. در واقع در این پروژه مراحل نرم افزاری به گونه‌ای است که در ابتدا فرم سقف‌ها در نرم افزار رویت (revit) مشابه سازی و مدل شده است، پس از آن وارد نرم افزار اکوتکت (رابط گرافیکی) شده و از طریق این نرم افزار اطلاعات به

نرم افزار انرژی پلاس وارد می‌شـــود . پس از براوردهایی که نرم افزار در ارتباط با اطلاعات داده شده به ان انجام داد، این داده های عددی در نرم افزار اکسل منتقل شده و در ادامه با استفاده از داده‌ها به تجزیه تحلیل و آمار آن‌ها پرداخته می‌شـود . در نهایت جداول و نمودارهای به دسـت آمده ما را به سمت یافتن زاویه بهینه سقف هدایت می‌کنند .

فصل چهارم

4 فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌ها

4-1مقدمه

همان طور که در فصل سوم اشاره شد، طراحی درست بام ساختمان میزان مصرف انرژی بنا و رفتار حرارتی را بهبود می‌بخشد؛ اما اگر به درستی و متناسب با نیازهای ساختمان طراحی نشود (چه در جزئیات و چه در شکل ساختمان) نمی‌تواند کارایی مناسبی داشته باشد. در این پژوهش، مطالعه‌ی رفتار حرارتی بام در اقلیم معتدل کوهستانی کرج و میزان تاثیر آن در مصرف انرژی ساختمان، امکان بررسی جامعی از نکات مربوط به جزئیات طراحی بام را فراهم می‌آورد. برای بررسی عملکرد حرارتی بام در این پروژه محقق با معیار قرار دادن وضعیت آسایش حرارتی برای افراد دست به این پژوهش برداشته است. در ابتدا با توجه به جدول انواع تیپ‌های سقف‌ها که در فصل سوم به دست آورده شد و تنوع زوایایی که برای هر یک در نظر گرفته شد از سه روش مشاهداتی، شبیه سازی و محاسباتی استفاده می‌شود. به این منظور روش‌های شبیه سازی و مدلینگ کامپیوتری، روش جای‌گزین مناسبی است که می‌تواند بدون محدودیت زمانی و عددی، مدل‌های فرضی را در هر داده‌ی آب وهوایی مورد بررسی قرار دهد، گرچه این روش قادر به سنجش مدل‌ها با شرایط واقعی و اندازه گیری حقیقی آن‌ها نیست، اما امکان بررسی مدل‌های متعددی را بدون ساخت آن‌ها و اندازه گیری، فراهم می‌آورد.

لازم به ذکر است، با توجه به گستردگی دامنه‌ی بررسی‌ها، شبیه سازی‌های انجام گرفته با تاکید بر یکی از فاکتورهای آسایش حرارتی (متوسط دمای تشعشعیT_{MRT}) ودر پی آن میزان تابش دریافتی توسط انواع بام و بار حرارتی (مجموع بار گرمایشی و سرمایشی) به منظور بررسی میزان انرژی مصرفی ساختمان انجام شده است.

4-2شبیه سازی

مدل‌ها ابتدا در نرم افزار revit 2014 مدل سازی شده، سپس وارد نرم افزار اکوتکت به عنوان رابطی گرافیکی برای نرم افزار انرژی پلاس شده است. در انتها داده‌ها برای محاسبه‌ی عددی، به نرم افزار انرژی پلاس ورژن 8/1 منتقل شده و جنس مصالح در نرم افزار انرژی پلاس نسبت داده شدند. اطلاعات آب و هوایی استان تهران نیز از سایت انرژی پلاس دریافت شدند.

4-3هندسه ساختمان

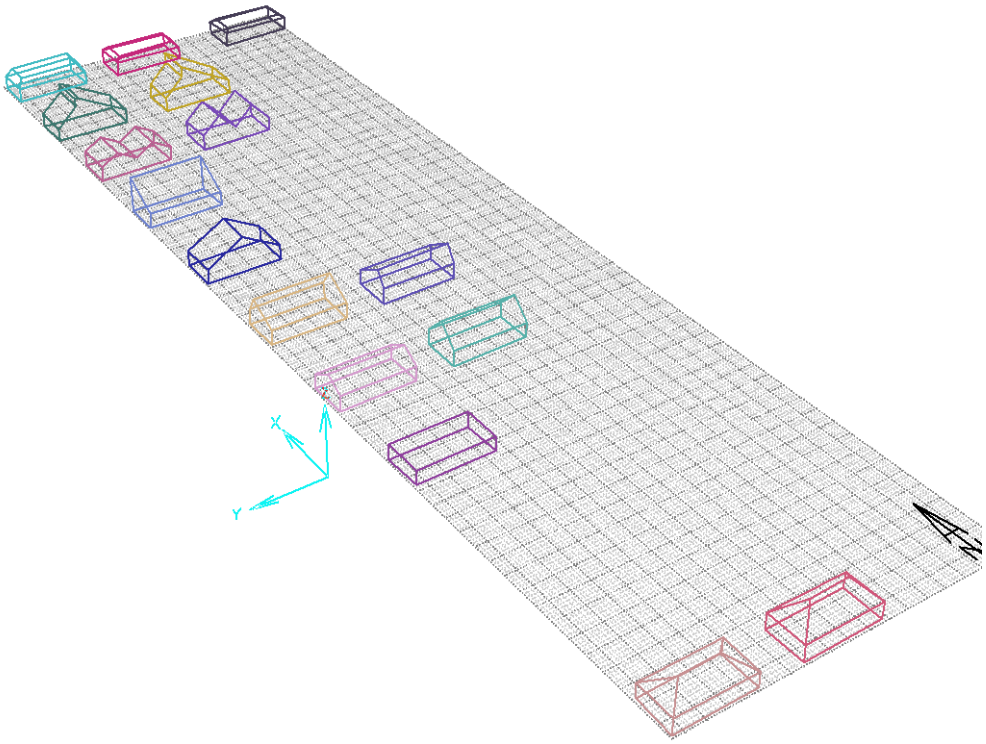
مدل اصلی شبیه سازی شده یک اتاق فرضی به ابعاد 20×10 به ارتفاع 4 متر می‌باشد؛ که بام با شکل‌های تخت و انواع شیب دارها را شامل می‌شد -1 انواع سقف‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد:

جدول 4-1 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)

نوع سقف		تخت	یکطرفه	دوطرفه			
اسم		flat	Mono-pitch(shed)	Dou-pitcha(gable)		Salt box	
زاویه	30						
	45						
	60						

جدول 4-2 دسته بندی سقف‌های شیبدار (ماخذ:نگارنده)

نوع سقف		چهار طرفه		
اسم		Hip	mansard	M shaped
زاویه	30			
	45			
	60			



شکل 4-1 نمایی از مدل‌های شبیه سازی شده در محیط گرافیکی اکوتکت.

- با توجه به تاثیر ضریب هدایت حرارتی مصالح گوناگون در هدر رفت انرژی، مصالح مورد استفاده در تمام سقف‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شود (سفال با ضریب هدایت حرارتی 1).
- با توجه به تاثیر ضـــخامت جداره‌ها در میزان اتلاف حرارت در ســـاختمان، ضـــخامت تمام جداره‌ها (اعم از سقف و دیواره‌ها)30سانتی متر، در نظر گرفته شده است.

4-4آسایش حرارتی و شاخص T_{MRT}(تعریف دمای متوسط تشعشعی)

آسایش حرارتی در استاندارد ASHRAE 55(2010) چنین تعریف می‌شود: شرایط ذهنی که رضایت مندی از محیط حرارتی را بیان می‌کند . بنابراین آسایش حرارتی دارای ابعاد مختلف فیزیکی و روان شناختی است، به این معنا که عوامل متعددی در آن مؤثرند (Mahdavinejad Matoor, 2007) آسایش حرارتی با 4 فاکتور قابل کنترل دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت نسبی هوا و فشار بخار مرتبط است (Fanger, 1973) این فاکتورها، فاکتورهای تشکیل دهنده محیط حرارتی‌اند و در کنار آن‌ها آســـایش فرد با 3 فاکتور دیگر تحت تأثیر قرار می‌گیرد: میزان فعالیت، میزان لباس و انتظارات شخصی (Van Hoof, 2010).

در این پژوهش دمای متوسط تشعشعی که در خود تمامی شروط آسایش حرارتی را دارد معیاری برای تعیین به صرفه بودن سقف‌ها از لحاظ میزان مصرف انرژی است و عبارت است از:

- **دمای متوسط تشعشعی:** متوسط دمای سطح مختلف در یک فضا نسبت به فاصله نقطه موردنظر و یا زاویه‌ی نفوذ از آن فضا؛ حتی اگر بدن تماس به اشیا عناصر سرد یا گرم نداشته باشد انتقال انرژی به واسطه پدیده تشعشع صورت می‌پذیرد. میزان انتقال انرژی بستگی مستقیم به اختلاف دمای دو عنصر دارد. طبیعی است که اگر دمای اشیا به ویژه سطوح داخلی یک بنا سردتر از دمای بدن باشد. طبق قوانین ترمودینامیک انتقال حرارات از بدن به سمت سطوح داخلی بنا بوده و هنگامی که دمای سطوح داخلی گرم تر از دمای سطح بدن باشد، انتقال حرارت بر عکس خواهد بود (قیابکلو، 1389).

$$T_r = T_{surf-1}F_{surf-1} + T_{surf-2}F_{surf-2} + \cdots \ldots + T_{surf-n}F_{surf-n} \quad (4\text{-}1)$$

SurfTempAngleFacSummed=SurfTempAngleFacSummed&+SurfaceTemp×AngleFactor List(AngleFacNum)%AngleFactor(SurfNum)
RadTemp=SurfTempAngleFacSummed

رابطه‌ی 4-1 جهت محاسبه دمای متوسط تشعشعی می‌باشد.

4-4-1 مروری بر پژوهش های انجام یافته

همان طور که در فصل دوم بیان شد تحقیقاتی که از طریق محسبات دمای آسایش حرارتی انجام شده است به صورت تحلیل بر ارتفاع سقف و اثرات این متغییر بر دمای متوسط تشعشعی بوده است. از نتایج به دست می‌آید که به تاثیر ارتفاع سقف در شرایط هوای داخلی بیش از اندازه اهمیت داده شده است. در حالی که عامل قطعی حرارت سقف است و نه ارتفاع آن. اگر ساختمان یک بام به حدی گرم نشود که شروع به تابیدن به ساکنین اتاق نماید، ارتفاع ان عامل محدود کننده ای نخواهد بود.

در اینجا محقق در نظر دارد تا با متغییر قرار دادن فرم و زاویه سقف از طریق دمای متوسط تشعشعی بهینه زاویه سقف را شناسایی و آسایش حرارتی داخل را برقرار سازد.

پس از ان به بررسی انرژی تابشی دریافتی بر روی انواع سطوح سقف پرداخته شده و مقایسه‌ای با دمای متوسط تشعشعی صورت می‌گیرد.

4-5شبیه سازی نمونه‌ها

4-5-1 داده‌های شبیه سازی در نرم افزار انرژی پلاس و اکوتکت

موقعیت: کرج، عرض و طول جغرافیایی: 35°48'N, 51°00'E
مصالح سقف و دیوار: سقف تایل سفالی، دیوار آجری، **کف** :چوب،
u-value: 1.35
Time step: 6
Zone comfort temperature : 21

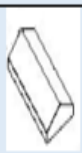
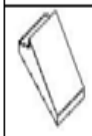
4-5-2 شبیه سازی انواع بام با در نظر گرفتن دمای متوسط تشعشعی

همان طور که پیشتر بیان شد چون که محیط گرافیکی مدل‌ها در نرم افزار انرژی پلاس وجود ندارد ،در ابتدا نمونه‌ها در نرم افزار revit ورژن 2014 مدل سازی شد و پس از ورود به نرم افزار

اکوتکت ورژن 2011.01.0 (چون نمی‌توان مدل را مستقیما از revit به انرژی پلاس منتقل کرد) به نرم افزار انرژی پلاس ورژن 8.0 برای محاسبات انرژی (متوسط دمای تششعی) منتقل شد.

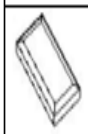
برای دست یابی به هدف، هر چهار تیپ سقف در نرم افزار انرژی پلاس در ارتباط با متوسط دمای تشعشعی محاسبه شده‌اند. با توجه به مصالح یکسان (سفال) ضریب انتقال حرارتی یکسان خواهد بود. همچنین ، دمای سطوح عمودی و کف، مصالح، بازتاب از سطوح، افراد داخل خانه (که تاثیرگذار بر دمای متوسط تشعشعی داخل می‌باشند)در حالت پایدار و برای همه اعضا یکسان فرض شده است. به علاوه تمامی حجم ها کشیدگی شرقی-غربی داشته‌اند. محاسبات عددی گویای عملکرد حرارتی سقف‌های شیب دار در ارتباط با بهره وری انرژی می‌باشد. جدول 4-2 انواع تیپ سقف‌ها با توجه به زوایایی که برای هر کدام به سه صورت 30و 45و60 درجه نسبت به محور x مدل شده‌اند را نشان می‌دهد. که در این جدول همان طور که در بالا ذکر شد .تعدادی از سقف‌ها به دلیل این‌که امکان ساخت آن‌ها وجود نداشت و یا از اصول زیبایی شناسی را نداشتند از محاسبات حذف شده و تعداد 16 سقف از میان آن‌ها به نرم افزار وارد شده اند.

جدول 3-4 ویژگی ها ی هندسی و دمای متوسط تشعشی بدست امده برای سقف‌های شیبدار با زوایای مختلف(ماخذ:نگارنده)

Roof type	تخت	یکطرفه	دوطرفه					
	سقف تخت	Mono-pitch(shed)	Dou-pitch(gable)		Salt box			
		۳۰-۶	۳۰-۳	۴۵-۳	۶۰-۳۰-۴	۳۰-۶۰-۴	۳۰-۸	۴۵-۸
مشخصات بام (زاویه سقف)								
مساحت کف(متر مربع)	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حجم کل قضا (متر مکعب)	۷۷۹.۹۹	۱۳۸۴.۲۸	۱۰۹۵.۰۲	۱۳۲۶.۴۴	۱۲۴۹.۲۶	۱۲۴۸.۵۵	۱۴۹۵.۱۲	۱۵۰۰.۷۰
ارتفاع یدنه(متر)	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹
نسبت سطح به حجم	۰.۷۹۰	۰.۶۰۶	۰.۶۳۲	۰.۵۸۵	۰.۶۰۸	۰.۶۰۸	۰.۵۶۱	۰.۵۶۸
دمای متوسط تشعشعی درجه سانتی گراد)	DEC ۱۶.۷۹	۱۶.۵۳	۱۶.۷۶	۱۷.۶۳	۱۶.۷۶	۱۶.۷۵	۱۷.۲۶	۱۷.۴۰
	JAN ۱۳.۱۷	۱۲.۳۰	۱۳.۰۴	۱۵.۱۵	۱۲.۸۰	۱۲.۸۷	۱۳.۲۰	۱۳.۳۰
	FEB ۱۸.۲۸	۱۷.۲۱	۱۸.۰۶	۱۸.۵۰	۱۷.۸۹	۱۷.۹۸	۱۷.۶۴	۱۷.۷۳
دمای متوسط تشعشعی نایستان(درجه سانتی گراد)	JUN ۴۰.۳۰	۳۹.۶۳	۴۰.۱۸	۳۳.۶۷	۴۰.۶۴	۴۰.۴۲	۳۸.۸۲	۳۸.۸۰
	JUL ۴۱.۳۷	۴۰.۷۴	۴۱.۳۵	۳۳.۹۸	۴۱.۶۷	۴۱.۵۰	۴۰.۲۱	۴۰.۲۲
	AGU ۴۱.۳۸	۴۰.۹۹	۴۱.۴۶	۳۴.۰۲	۴۱.۸۴	۴۱.۸۷	۴۰.۴۰	۴۰.۴۱

جدول 4-4 ویژگی ها ی هندسی و دمای متوسط تشعشی بدست امده برای سقف‌های شیبدار با زوایای مختلف

(ماخذ:نگارنده)

Roof type	دو طرفه		چهار طرفه					
	Dou-pitch(gable)		Hip		M shape		Mansard	
	۳۰-۵		۳۰-۳۰-۱	۴۵-۴۵-۱	۳۰-۷	۴۵-۷	۳۰-۹	۴۵-۹	۶۰-۹
مشخصات بام (زاویه سقف)									
مساحت کف(متر مربع)	۲۰۰		۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حجم کل فضا (متر مکعب)	۱۳۸۴,۵۵		۱۰۴۶,۹۳	۱۲۵۱,۱۱	۱۰۸۶,۷۵	۱۳۲۰,۰۹	۱۱۶۶,۶۸	۹۷۷,۸۹	۸۶۸,۸۸
ارتفاع بدنه(متر)	۳,۹		۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹
نسبت سطح به حجم	۰,۵۶۲		۰,۶۲۸	۰,۵۶۹	۰,۶۶۱	۰,۶۱۸	۰,۵۴۶	۰,۶۷۲	۰,۸۰۷
دمای متوسط تشعشعی درجه سانتی گراد)	۱۶,۳۳	DEC	۱۶,۸۲	۱۷,۴۴	۱۶,۵۰	۱۶,۷۶	۱۷,۰۷	۱۶,۹۶	۱۶,۸۵
	۱۲,۴۲	JAN	۱۳,۱۲	۱۳,۵۵	۱۲,۵۶	۱۲,۶۲	۱۳,۱۲	۱۳,۲۳	۱۳,۲۴
	۱۷,۳۶	FEB	۱۸,۱۴	۱۸,۴۷	۱۷,۶۵	۱۷,۰۹	۱۸,۱۲	۱۸,۱۷	۱۸,۱۱
دمای متوسط تشعشعی تابستان(درجه سانتی گراد)	۳۹,۲۲	JUN	۴۰,۲۸	۳۹,۷۵	۳۹,۵۹	۳۹,۰۷	۴۰,۵۴	۴۰,۲۶	۴۰,۲۳
	۴۰,۴۴	JUL	۴۱,۴۱	۴۰,۹۵	۴۰,۶۹	۴۰,۴۴	۴۱,۵۷	۴۱,۱۸	۴۱,۰۹
	۴۰,۷۳	AGU	۴۱,۵۲	۴۱,۱۶	۴۰,۹۶	۴۰,۶۵	۴۱,۶۵	۴۱,۴۶	۴۱,۳۶

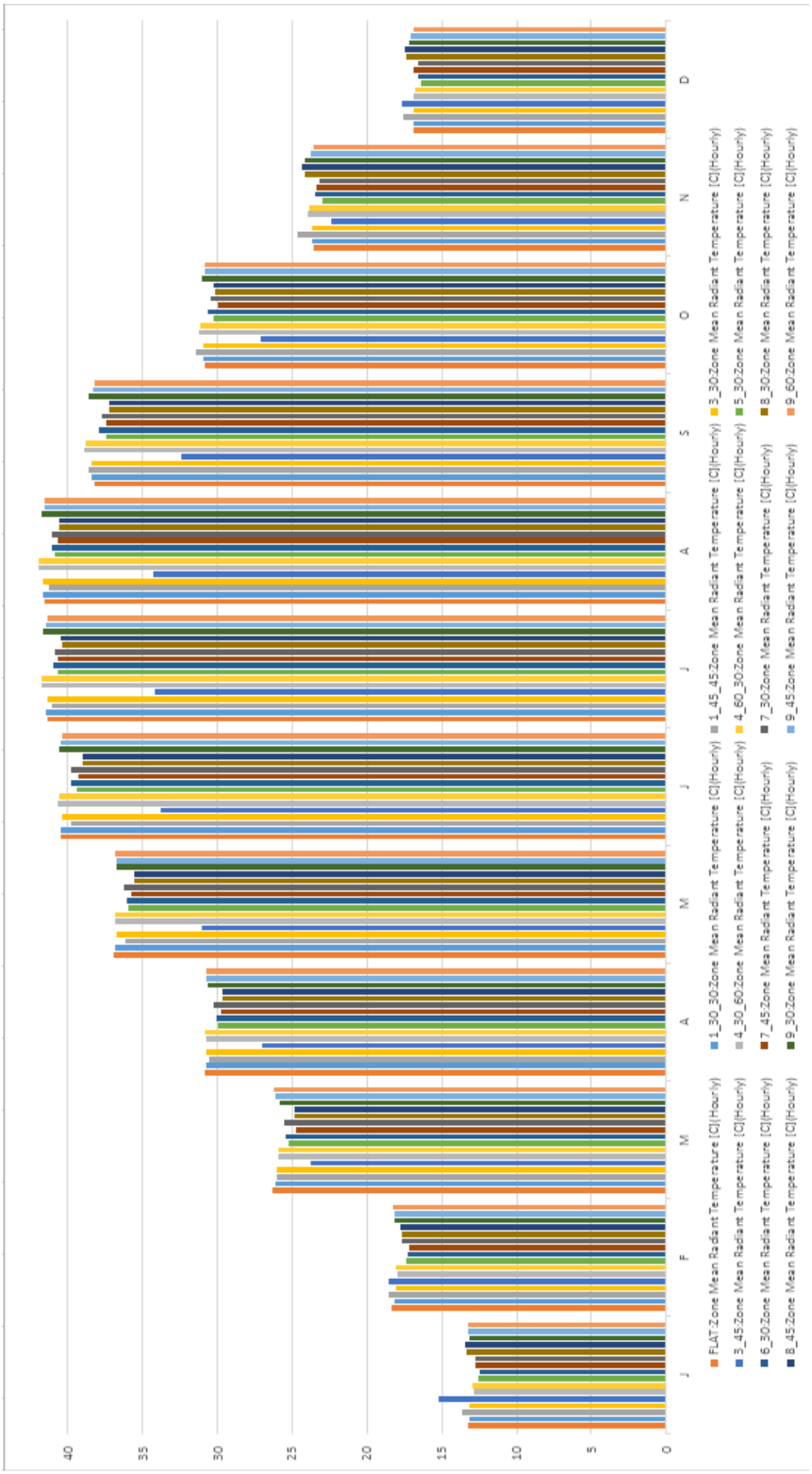
با توجه به داده های به دست امده از نرم افزار اکسل ، نمودار (4-1)برای فصل های مختلف سال، بهار، تابستان، پاییز و زمستان بر اساس دمای متوسط تشعشعی در حجم هر کدام از سقف‌ها به دست امد. در این میان فرم سقفی بهینه است که بالاترین دما را درفصل زمستان و پایین ترین ان را در فصل تابستان دارا باشد. (با توجه به محدوده آسایش حراراتی).

در ماه ژانویه از همه سقف‌ها 3-45 بهترین کاربرد حرراتی و بعد ازآن سقف تخت و 1-45-45 بوده است؛ بقیه‌ی سقف‌ها کارایی در یک حد داشته‌اند.

در ماه فوریه 3-45-45 و 1-45-45 بهترین کارایی و سقف تخت و 1-30-30 و 9-60 کارایی بهتری داشته‌اند و در ماه مارس 1-30-30 و 9-60 بعد از آن‌ها 9-45 3-30 و 1-45-45 بهترین کارایی را داشته‌اند.

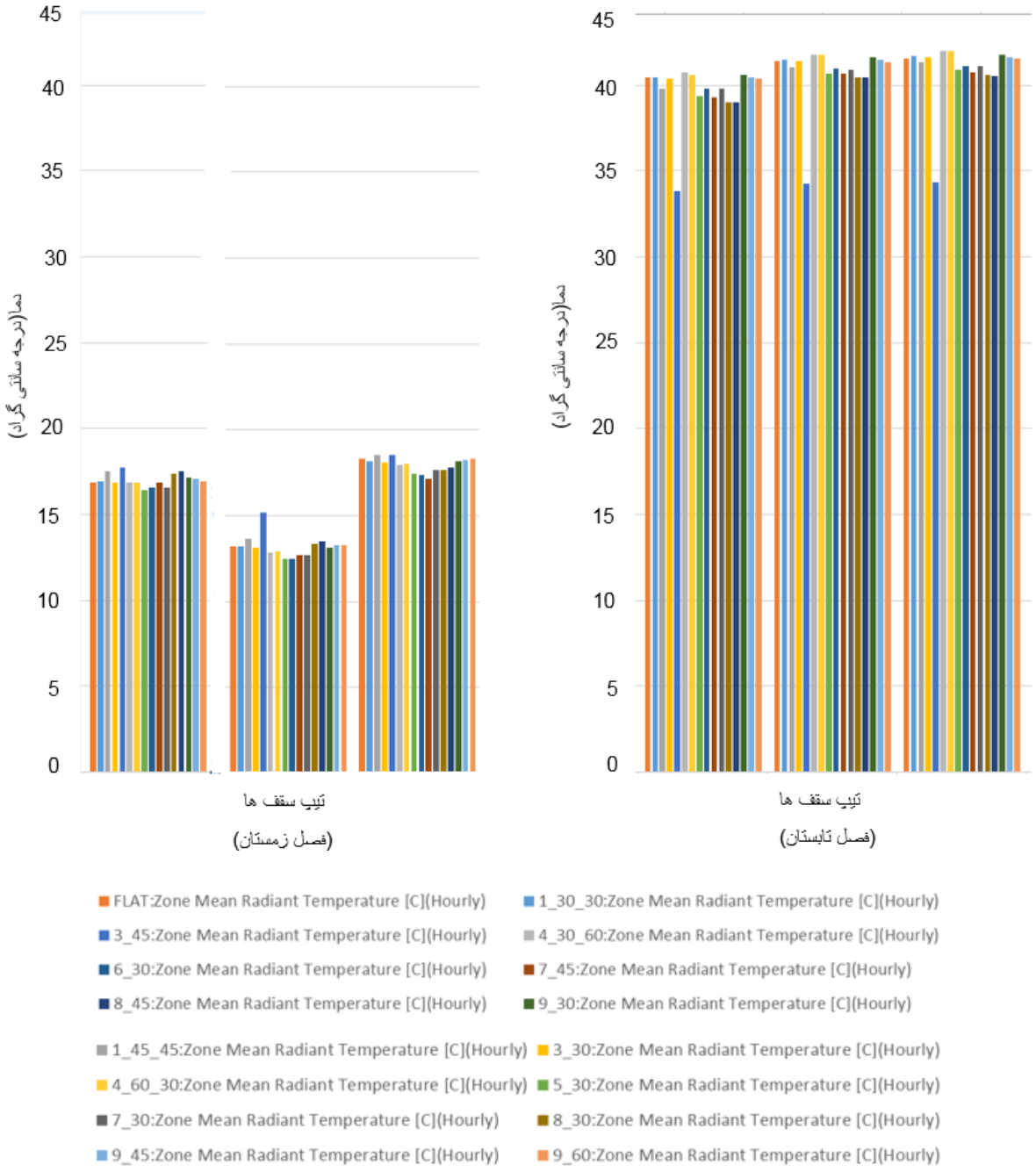
در تابستان بهترین کارایی را 3-45 و بعد از آن سقف تخت داشته است .

بنابراین در این میان سقف دو طرفه 3-45 در این میان با حجمی به میزان1326.44متر مکعب بالاترین دما را در زمستان و کم‌ترین دما را در فصل تابستان دارا است. پس از آن بهترین کارایی حرارتی را سقف تخت داشته است.



نمودار 4-1 سقف‌های مشابه سازی شده در ماه‌های مختلف سال بر اساس دمای متوسط تشعشعی

در نمودار 4-2 دو فصل تابستان و زمستان به صورت بزرگن مایی، آورده شده‌اند.



نمودار 4-2 دمای متوسط تشعشعی بدست امده برای سقف‌ها با زوایای مختلف (زمستان ،تابستان)

بنابرین به صورت کلی می‌توان به این نتیجه رسید که سقف 3-45 بهترین کارکرد را با توجه به دمای متوسط تشعشعی در مساحت کف ثابت نسبت به سایر سقف‌ها ،برای آسایش حرارتی افراد دارا می‌باشد. این دما فاکتورهای دیگر آسایش حرارتی مانند رطوبت، دمای محیط، سرعت هوا و .... را در خود دارد بنابراین با به دست آوردن دمای متوسط تشعشعی مناسب، شرایط آسایش حرارتی فرد در داخل محیط را به دست آورده شد. البته با توجه به اینکه دماهای به دست آمده همیشه در محدوده‌ی آسایش حرارتی قرار ندارند و نیاز به وسایل سرمایشی و گرمایشی در برخی از ماه‌های سال احساس

می‌شود با طراحی صحیح و بهینه می‌توان امکان استفاده از این وسایل ومصرف انرژی را به حداقل رساند.

4-5-3 شبیه سازی انواع بام با در نظر گرفتن دریافت انرژی

پس ار محاسبه‌ی انواع بام‌های مفروض از نظر دمای متوسط تشعشعی به بررسی و مقایسه‌ی آن‌ها از منظر دریافت انرژی می‌پردازیم. داده‌های مشابه سازی همانند آن‌چه که در قسمت شبیه سازی با در نظر گرفتن دمای متوسط تشعشعی صورت گرفت می‌باشد.

با توجه به داده های به دست امده از نرم افزار اکسل، نمودار (4-3) برای ماه‌های مختلف سال، بر اساس دریافت انرژی(energy gain) در حجم هر کدام از سقف‌ها به دست امد .

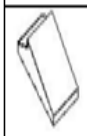
در ماه ژانویه از همه سقف‌ها 8-45 بهترین کاربرد حرراتی و بعد از ان 8-30 و 7-45 بوده است.

در ماه فوریه نیز بالاترین دریافت را 8-45 و بعد از ان 8-30 و 7-45 داشته‌اند

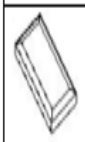
در ماه مارس 30-45 بهترین دریافت و بعد از ان 8-45 و 6-30بهترین کارایی را داشته‌اند.

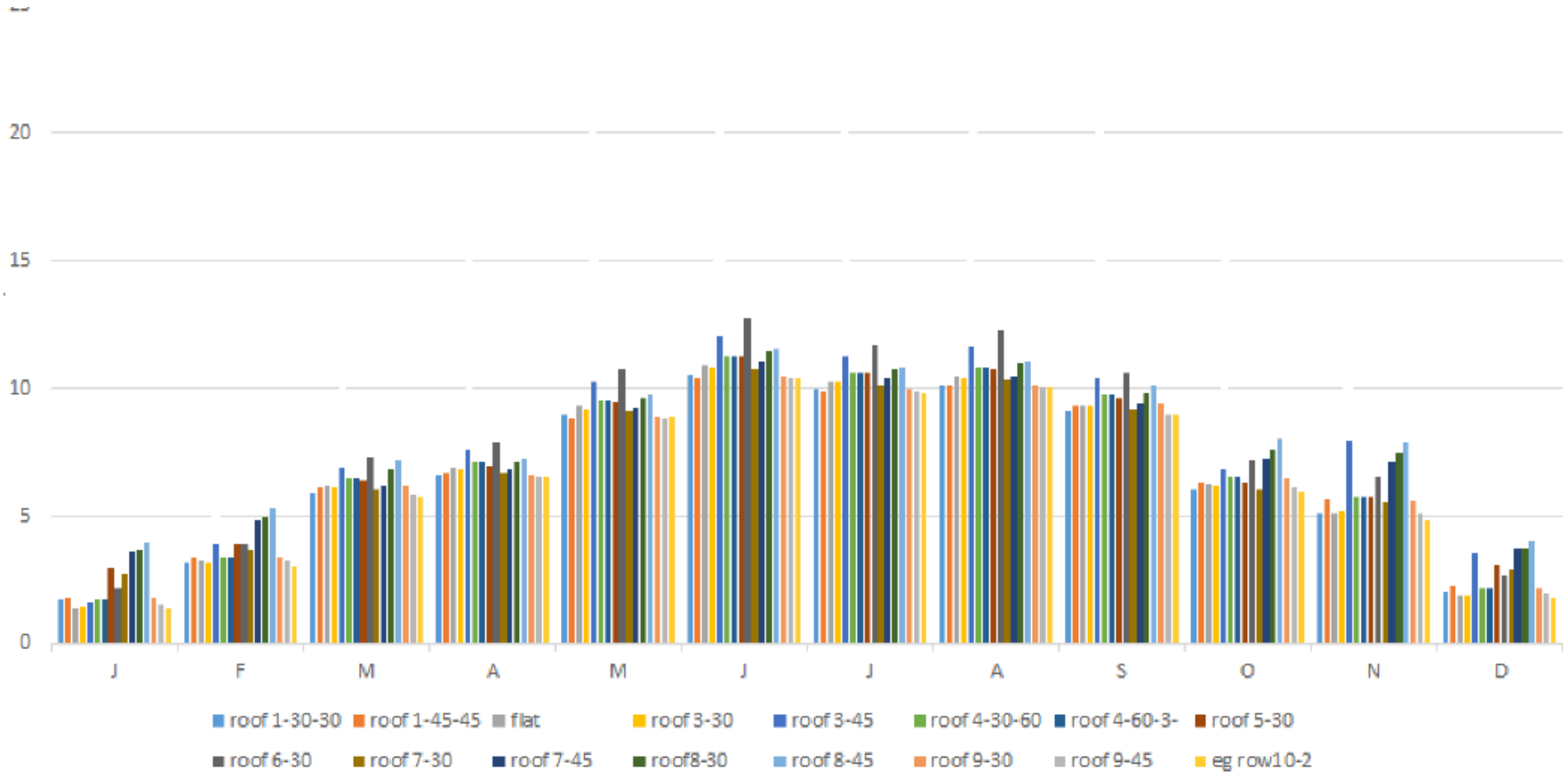
در تابستان بهترین عملکرد حرارتی را سه سقف 9-30 ،9-45، 9-60 داشته‌اند.

جدول 4-5 ویژگی‌های هندسی و دریافت انرژی به دست آمده برای سقف‌های شیب دار با زوایای مختلف (ماخذ:نگارنده)

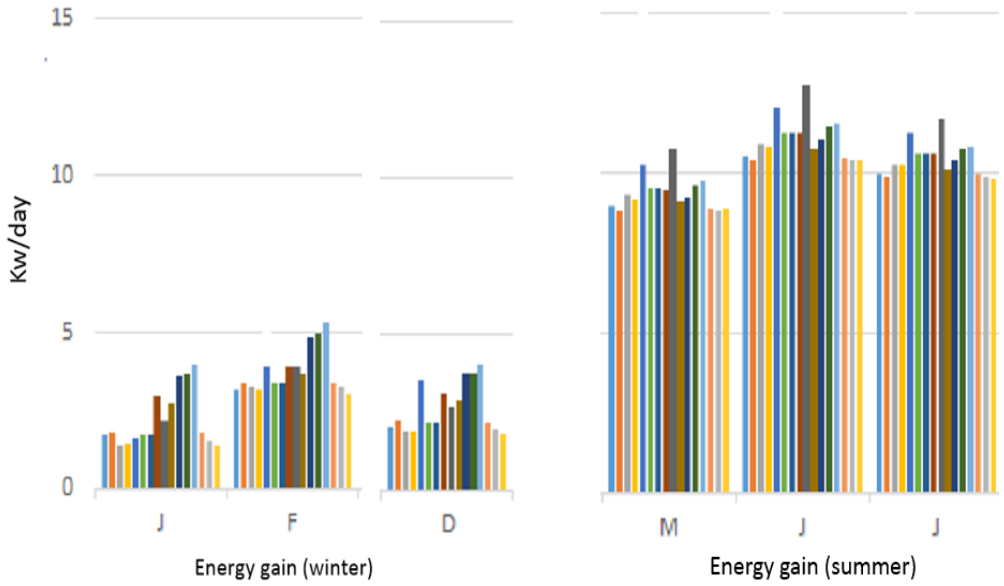
Roof type	تخت		یکطرفه	دوطرفه					
	سقف تخت		Mono-pitch(shed)	Dou-pitch(gable)		Salt box			
			۳۰-۶	۳۰-۳	۴۵-۳	۶۰-۳۰-۴	۳۰-۶۰-۴	۳۰-۸	۴۵-۸
مشخصات بام (زاویه سقف)									
مساحت کف(متر مربع)	۲۰۰		۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حجم کل فضا (متر مکعب)	۷۷۹,۹۹		۱۳۸۴,۲۸	۱۰۹۵,۰۲	۱۳۲۶,۴۴	۱۲۴۹,۲۶	۱۲۴۸,۵۵	۱۴۹۵,۱۲	۱۵۰۰,۷۰
ارتفاع یدنه(متر)	۳,۹		۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹
نسبت سطح به حجم	۰,۷۹۰		۰,۶۰۶	۰,۶۳۲	۰,۵۸۵	۰,۶۰۸	۰,۶۰۸	۰,۵۶۱	۰,۵۶۸
دریافت انرژی زمستان((kw/day)	۱۸۱۲	DEC	۲۶۶۵	۱۷۹۷	۱۷۹۹	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۳۶۱۶	۳۸۹۵
	۱۳۳۳	JAN	۲۲۰۰	۱۳۷۲	۱۴۰۲	۱۵۶۴	۱۵۶۴	۳۵۷۲	۳۸۶۴
	۳۱۳۳	FEB	۳۷۴۱	۳۰۲۹	۳۱۰۱	۳۲۲۰	۳۲۲۰	۴۸۴۷	۵۱۹۱
دریافت انرژی تابستان((kw/day)	۱۰۸۷۳	JUN	۱۲۷۴۰	۱۰۷۹۹	۱۳۸۹	۱۱۱۷۷	۱۱۱۷۷	۱۱۴۴۳	۱۱۵۴۶
	۱۰۲۸۵	JUL	۱۱۶۹۶	۱۰۲۲۷	۱۴۷۰	۱۰۵۷۷	۱۰۵۷۷	۱۰۷۱۸	۱۰۸۱۰
	۱۰۴۷۶	AGU	۱۲۲۶۷	۱۰۳۷۵	۱۴۹۳	۱۰۷۶۸	۱۰۷۶۸	۱۰۹۴۵	۱۱۰۶۵

جدول 4-6 ویژگی ها ی هندسی و دریافت انرژی بدست امده برای سقف‌های شیبدار با زوایای مختلف (ماخذ:نگارنده)

چهار طرفه							دو طرفه		Roof type
Mansard			M shape		Hip		Dou-pitch(gable)		
۶۰-۹	۴۵-۹	۳۰-۹	۴۵-۷	۳۰-۷	۴۵-۴۵-۱	۳۰-۳۰-۱	۳۰-۵		
									مشخصات یام (زاویه سقف)
۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰		مساحت کف(متر مربع)
۸۶۸,۸۸	۹۷۷,۸۹	۱۱۶۶۶۸	۱۳۲۰,۰۹	۱۰۸۶,۷۵	۱۲۵۱,۱۱	۱۰۴۶,۹۳	۱۳۸۴,۵۵		حجم کل قضا (متر مکعب)
۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹	۳,۹		ارتفاع بدنه(متر)
۰,۸۰۷	۰,۶۷۲	۰,۵۴۶	۰,۶۱۸	۰,۶۶۱	۰,۵۶۹	۰,۶۲۸	۰,۵۶۲		نسبت سطح به حجم
۱۷۵۸	۱۹۰۱	۲۱۳۱	۳۵۶۷	۲۷۵۱	۲۱۰۴	۱۹۸۹	۲۹۴۷	DEC	دریافت انرژی زمستان(kw/day)
۱۳۲۵	۱۴۷۵	۱۷۲۱	۳۴۷۷	۲۶۴۷	۱۶۹۷	۱۶۱۸	۲۸۹۴	JAN	
۲۹۰۵	۳۰۸۳	۳۲۷۵	۴۷۲۴	۳۵۳۶	۳۲۵۴	۳۰۳۸	۳۷۶۴	FEB	
۱۰۳۸۶	۱۰۴۰۸	۱۰۴۶۹	۱۱۰۱۶	۱۰۷۶۸	۱۰۳۹۹	۱۰۵۴۲	۱۱۲۸۲	JUN	دریافت انرژی تابستان((kw/day)
۹۸۴۶	۹۸۸۸	۹۹۷۹	۱۰۳۸۷	۱۰۱۴۲	۹۹۱۴	۱۰۰۰۲	۱۰۵۸۳	JUL	
۱۰۰۰۸	۱۰۰۲۹	۱۰۰۸۷	۱۰۴۸۹	۱۰۲۹۵	۱۰۰۸۸	۱۰۱۴۳	۱۰۷۳۷	AGU	


20
15
10
5
0
J
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
roof 1-30-30
roof 1-45-45
flat
roof 3-30
roof 3-45
roof 4-30-60
roof 4-60-3-
roof 5-30
roof 6-30
roof 7-30
roof 7-45
roof8-30
roof 8-45
roof 9-30
roof 9-45
eg row10-2

نمودار 3-4 سقف‌های مشابه سازی شده با توجه به انرژی دریافتی



نمودار 4-4 سقف‌های مشابه سازی شده با توجه به انرژی دریافتی در دو فصل زمستان(سمت چپ) و تابستان(سمت راست)

نتایج حاصل از تحلیل نمودارهای بالا و مقایسه‌ی آن‌ها با نمودارهایی که از بررسی دمای متوسط تشعشعی برای سقف‌ها با انواع فرم‌های مختلف به دست آمدند، حاکی از آن است که ارتباط مستقیمی میان دریافت انرژی و دمای متوسط تشعشعی برای سقف‌های مختلف وجود ندارد و همان طور که بیان شد عوامل مختلفی می‌توانند بر آسایش حرارتی درون ساختمان (در این پروژه محاسبه شده بر اساس دمای متوسط تشعشعی) موثر باشند.

4-6تجزیه تحلیل داده‌ها و نتیجه گیری

در این فصل همان طور که بیان شد، ابتدا مدل‌ها بر اساس زوایای 30، 45، 60 درجه با مساحت کف یکسان مدل سازی شدند، پس از ورود به نرم افزار انرژی پلاس تحلیل‌های عددی و محاسباتی بر روی آن‌ها از منظر دمای متوسط تشعشعی که یکی از فاکتورهای آسایش حرارتی است، صورت گرفت. داده‌ها حاکی از آن است که در کل، سقف دوطرفه 45 درجه از نوع(Dou-pitch(gable بهترین کارایی را در تابستان و زمستان داشته است.

پس از آن سقف تخت و سقف‌های 4 طرفه HIP بهترین کارایی را داشته‌اند، سایر سقف‌ها تقریبا عملکرد مشابه‌ای از خود نشان داده‌اند. همان طور که در بخش پیشین نیز بیان شد از مقایسه‌ی دریافت انرژی و دمای متوسط تشعشعی در سقف‌ها نمی‌توان به نتیجه مشخصی دست یافت، زیرا که عوامل مختلفی در آسایش حرارتی دخیل می‌باشند که یکی از ان ها دریافت انرژی می باشد. همچنین این پژوهش با توجه به مساحت کف یکسان برای تمامی حجم‌ها درنظر گرفته شده است. می‌توان با حجم ثابت و مساحت کف متغیر و یا با در نظر گرفتن سایر متغیرها این پژوهش را انجام داد.

نهایتا نیز باید به این موضوع اشاره داشت که با توجه به اینکه دماهای به دست آمده در نمودار

متوسط دمای تشعشی برای محیط داخل همیشه در محدوده آسایش حرارتی قرار ندارند ، نیاز به وسایل سرمایشی و گرمایشی در برخی از ماه‌های سال احساس می‌شود که با طراحی صحیح و بهینه می‌توان امکان استفاده از این وسایل ومصرف انرژی را به حداقل رساند و با طراحی صحیح ساختمان‌ها نقشی اساسی در کاهش هدر رفت انرژی در این زمینه ایفا کرد.

فصل پنجم

5 فصل پنجم: ارائه مدارک

5-1مقدمه

در این فصل در ابتدا به تحلیل سایت طراحی و کاربری‌های اطراف آن پرداخته می‌شود. پس از آن با مروری بر چند نمونه‌ی موفق طراحی مجتمع‌های مسکونی با رویکرد صرفه جویی در انرژی به استخراج راه‌کارهای کلی از نمونه‌ها پرداخته می‌شود. درادامه با استفاده ازنتایج تحلیل‌های محتوایی فصل دوم و سوم، با کاربرد عملی مشابه سازی‌ها در طراحی مجتمع مسکونی و با روش‌های پیشنهادی از تحلیل نمونه‌ها به طراحی مجموعه متناسب با اهداف رویکرد پایان نامه پرداخته خواهد شد. در انتهای فصل روند و مدارک طراحی ارائه می‌شود.

5-2تحلیل سایت (پتانسیل‌ها)

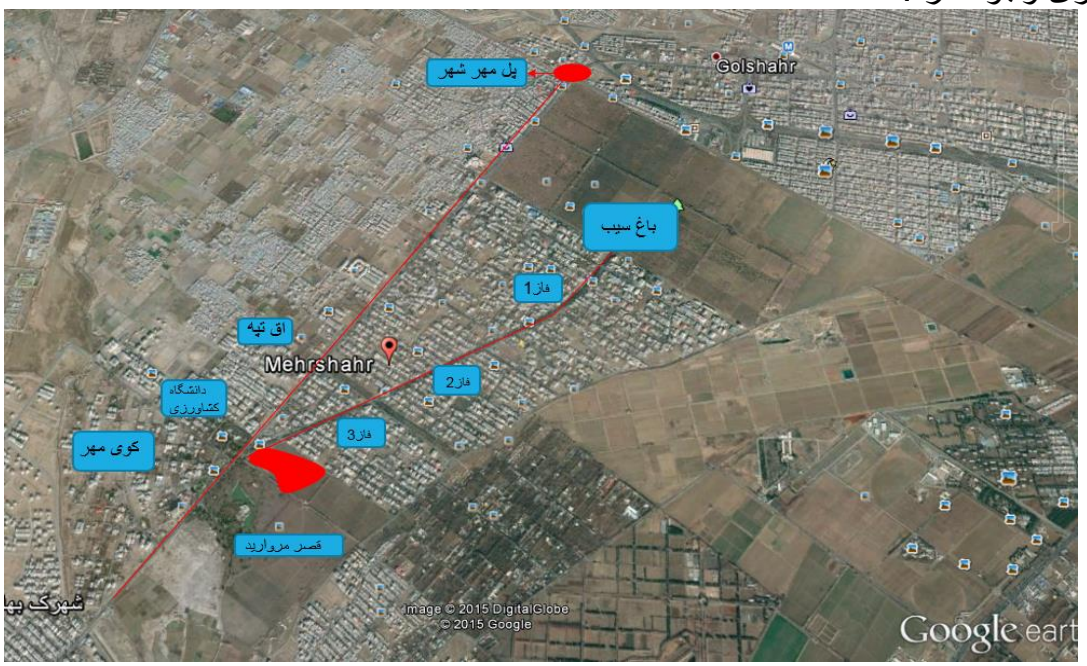
- **موقعیت مکانی سایت**

منطقه‌ی مهر شهر در جنوب غربی شهرستان کرج قرار گرفته است . قسمت اعظم این محدوده به فعالیت مسکونی اختصاص داده شده است و سایر فعالیت‌های خدماتی در مقیاس شهر نیز در آن پیش بینی شده‌اند. یک شبکه شریانی اصلی که به مرکز شهر کرج متصل می‌شود از شمال غربی سایت مورد نظر می‌گذرد. سایت مورد طراحی در قسمت جنوب غربی مهر شهر ودر مجاورت فاز 3 این ناحیه قرار دارد.

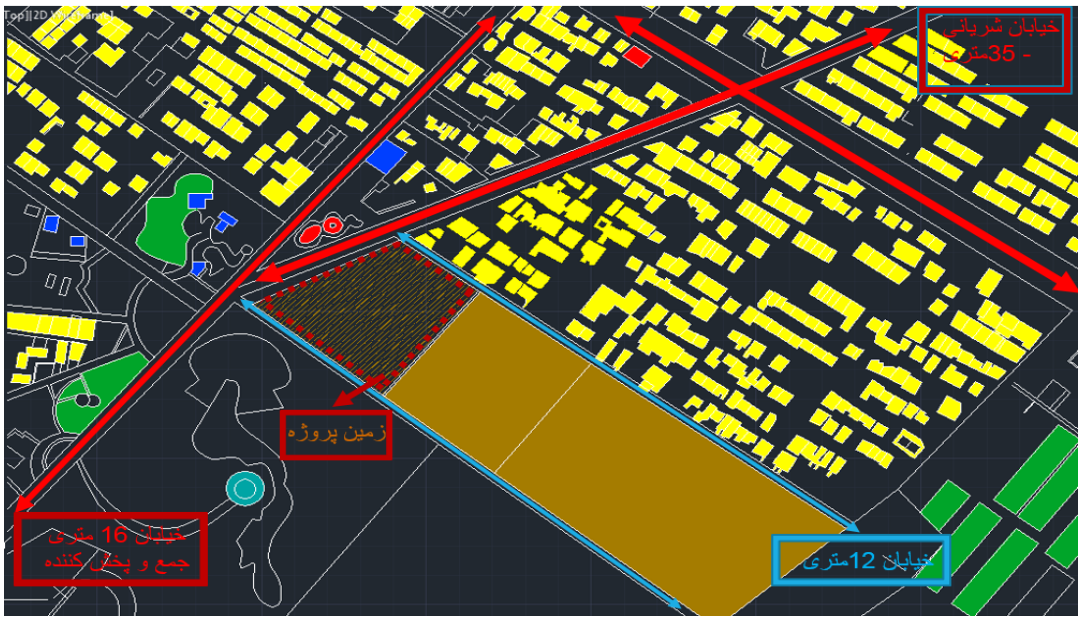
شکل 1-5 عکس هوایی از شهر کرج(موقعیت سایت)

- **دسترسی ها و همجواری‌ها**

همان طور که پیش‌تر بیان شد دسترسی‌های سایت یک خیابان شریانی 35 متری در شمال غربی و خیابان 16 متری جمع و پخش کننده می‌باشد. در دو سمت شرقی و غربی سایت نیز دو دسترسی 12 متری وجود دارد.



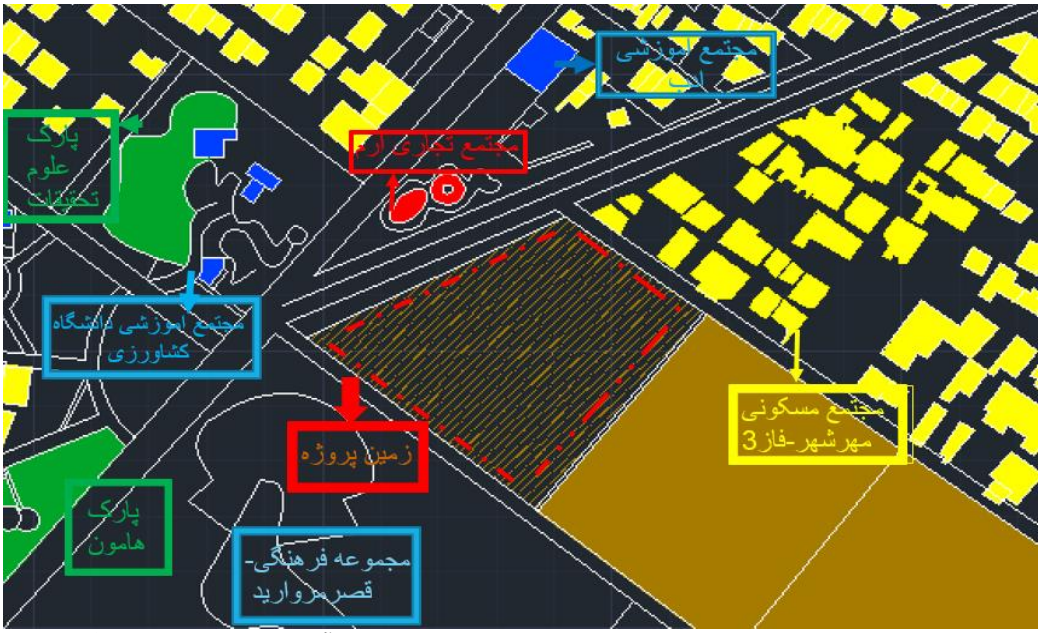
شکل 2-5 عکس هوایی از منطقه مهر شهر(دسترسی و همجواری ها)



شکل 3-5 دسترسی های سایت

- **تحلیل کاربری‌ها**

شکل 4-5 تعیین کاربری های اطراف سایت



زمین پروژه در مجاورت یک مجتمع تجاری و یک مجتمع آموزشـی در شـمال قرار دارد. از سمت غرب با دو پارک هامون و علوم تحقیقات در ارتباط است. در سمت جنوب غربی سایت یک مجموعه فرهنگی به نام قصر مروارید که یکی از جاذبه های توریستی شهرستان کرج می‌باشد قرار دارد.

5-3بررسی نمونه‌های مشابه موفق

جدول 1-5 بررسی نمونه های موردی موفق (منبع: نگارنده)

نام	تصویر	مکان	راه‌کار طراحی در اقلیم	الحاقات انرژی
شهر مصدر(مجتمع مسکونی،اموزشی و...) (نورمن فاسترو همکاران)		ابوظبی	-جهت گیری بهینه ساختمان (سایه اندازی بر خیابان و ساختمان های مجاور) -استفاده از صفحات خورشیدی جهت عایق کاری و جلوگیری از دسترسی مستقیم خورشیدی استفاده از بتن با کربن کم و مواد قابل بازیافت و پیش ساخته	**استفاده از صفحات pv (تولید برق و کاهش دریافت انرژی)**
مجتمع (مسکونی تجاری و..)سبز سنگاپور (نورمن فاسترو همکاران)		سنگاپور	-نماهای با سلول های خورشیدی پرشده (برای کنترل تابش دریافتی) - فیلتریزه کردن نور مستقیم با استفاده از سایبان بزرگ شرقی-غربی -استفاده از دیوارو سقف های سبز برای متعادل کردن دما -نمای کج برای به دام انداختن بادهای غالب برای استفاده در تهویه طبیعی	**-استفاده از سلول خورشیدی - استفاده از sky garden**
مجتمع مسکونی پایدار سنگاپور (موشه سفدی)		سنگاپور	نماهای متخلخل : -جهت عبورهوا (باد) در منطقه مرطوب -جهت نورگیری تک تک واحدها	**-استفاده از بام سبز**

خانه سوپر سبز در پاریس(فیلیپ استراک)		پاریس	استفاده از مصالح درون سایت(چوب) -تکنولوژی پیش ساختگی -ترموستات کنترل دمای داخل -این ساختمان از انرژی مصرفی خود،50 درصد بیشتر تولید انرژی دارد.	**-پانل‌های فتوولتاییک -توربین های باد -سیستم جمع اوری باد**
دروازه مسکونی در کایرو		مصر	-فرم و سایبان سقف و عناصر گرد اورنده بر روی بام به نحوی طراحی شده است که سایه را برای قسمت های زیرین فراهم اورده و نیاز به تهویه مکانیکی را کاهش می دهد -استفاده از جهت گیری مناسب در نماها و پلان برای کنترل تابش خورشیدی	**-پانل‌های خورشیدی توربین های بادی -باغ های عمودی**
مجتمع ارگانیک (شرکت OMA)		سنگاپور	استفاده از مکعب ها در جهات مختلف بر روی هم -نورگیری مناسب و مجزا برای هر بلوک -چینش در جهت نورگیری مناسب -طراحی کریدورهای بادگیر(تسریع در وزش باد)	**-نماها و بالکن های بیرون زده با بام سبز جهت سایه اندازی و کاهش دما -استفاده از sky garden**
مجتمع مسکونی اسلوونی(خانه های مدولار لانه زنبوری) مایک چینو		اسلوونی	استفاده ار مکعب هاب بیرون زده از نما -برای نورگیری و سایه اندازی -تهویه هوا -عناصر ثابت این بیرون زدگی ها و عناصر مانند عایق در تابستان وزمستان عمل می‌کنند .	**-عناصر ثابت بر روی بالکونی ها باعث جلوگیری از نور مستقیم خورشید و تهویه هوا**

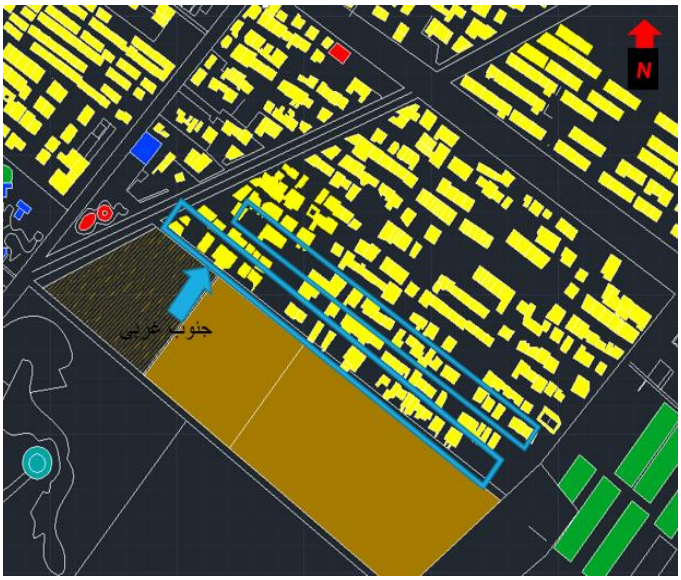
5-3-1 بررسی و راهکارهای اقلیمی منتج از نمونه‌های موردی

از نتایج حاصـــل از بررســـی‌ها می‌توان به یک دســـته بندی کلی برای رعایت روابط اقلیمی در طراحی معماری دسـت یافت : توجه به عواملی مانند: جهت گیری سـاختمان، توجه به فرم سـاختمان (نما و بام) ، مصـالح مورد اسـتفاده و اسـتفاده از الحاقاتی برای بهینه سـازی سـاختمان ها از منظر انرژی.

1. **جهت گیری بهینه ساختمان**: به دو دلیل اثرات تابشی و جهت باد، بررسی این گزینه از الزامات طراحی اقلیمی محسوب می‌شود.

باد غالب در کرج در جهت شمال غربی بوده و متوسط آن ۴/۳ متر بر ثانیه می‌باشد.که در فصل سرد زمستان کوران باد سرد را از این جبهه وارد می‌کند . بنابراین چرخش بهینه برای این عامل آن است که جبهه بزرگ‌تر در مقابل باد غالب قرار نگیرد. از منظر تابشی نیز بررسی‌ها در نرم افزار اکوتکت نشان می‌دهد که حالت چرخش 20 درجه بنا به سمت جنوب غربي و شرقی مناسب است .در اول تیرماه که بیش‌ترین نیاز به سایه وجود دارد. جبهه اصلي نورگير بنا (جبهه های جنوبی) در ساعات صبح در معرض تابش قرار دارد و در ساعت بعدازظهر، که سایه موردنیاز است، این جبهه بنا در سايه قرار مي‌گيرد. در روز اول دي‌ماه در اين حالت، نفوذ آفتاب به داخل بنا به زاويه تند، از جبهه های جنوب ، در ساعات صبح انجام مي‌پذيرد و فرصت كافي براي ذخيره انرژي تابشي وجود دارد.

بنابراین با توجه به برایند دو اثر تابشی و وزشی بهترین گزینه برای جهت گیری بنا چرخش20 درجه به سمت جنوب غربی صورت گرفت.همچنین با نگاهی به سایت مورد طراحی و چینش بلوک های مجاور اطراف سایت نیز می‌توان به این مهم دست یافت که تمامی جهت گیری ها در همین محدوده 20 درجه جنوب غربی صورت گرفته است.

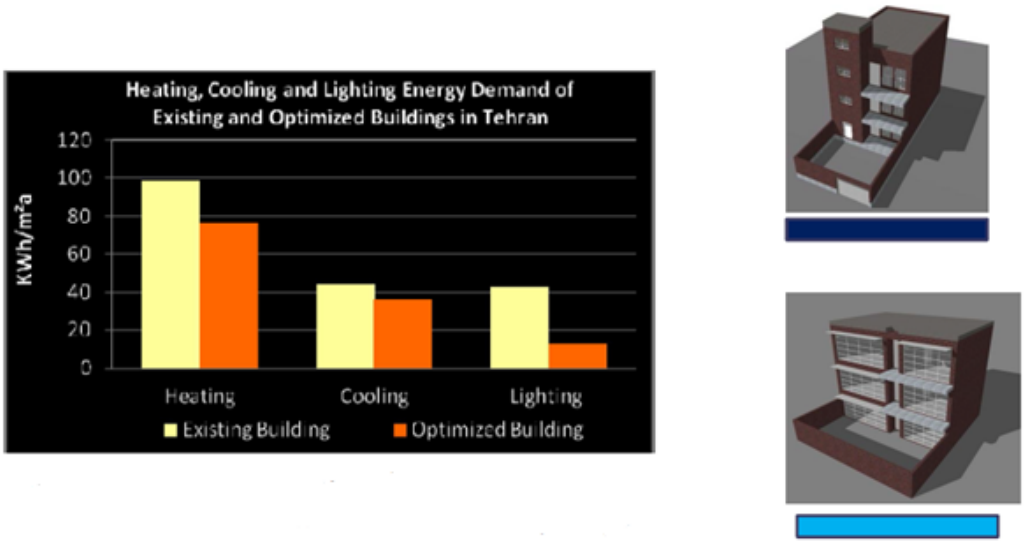


شکل 5-5 جهت گیری بلوک‌های اطراف سایت

2. فرم بهینه ساختمان (بدنه و بام):

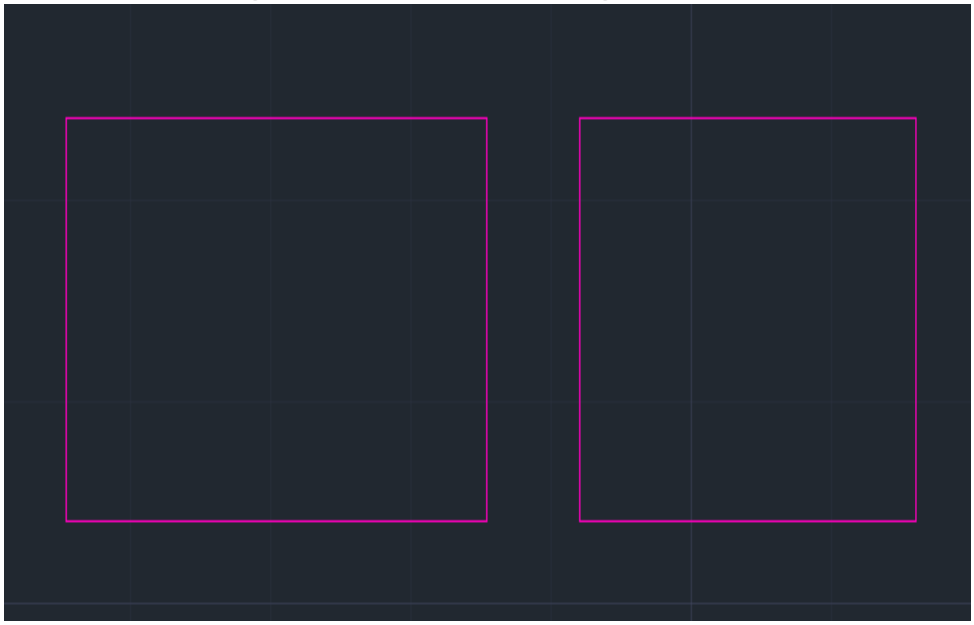
بدنه: در مورد بهره گیری بهینه از انرژی تابشی خورشید لازم است که ساختمان شکلی کشیده با نمای جنوبی بزرگتر و نمای شرقی-غربی کوچک‌تر داشته باشد.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در فرم تک ساختمان‌ها، به طور مثال پژوهش دکتر نصرالهی با نام " کاهش مصرف انرژی ساختمان ها با توجه به طراحی معماری" در سال 1390 در کمیته ملی انرژی ایران،30 مدل خانه مشابه سازی شده است و با مقایسه با فرم موجود یک ساختمان در این منطقه نتایج زیر به دست آمده است. شکل 5-6 نتایج را نشان می‌دهد.



شکل 6-5
مقایسه مصرف انرژی در ساختمان موجود و ساختمان با طراحی معماری مناسب در تهران(نصرالهی،1390)

مجموع میزان مصرف انرژی سرمایشی،گرمایشی و روشنایی ساختمان در شهر تهران تنها با طراحی معماری مناسب (نسبت اضلاع پلان) از 187 به 124 کیلو وات ساعت بر متر مربع در سال کاهش یافته است. همچنین طراحی مناسب باعث کاهش مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی به میزان 33 % شده است. در مطالعاتی دیگر نیز، حیدری، شفیعی و فیاض در سال 1392 برای تحلیل فرم مناسب ساختمان از منظر انرژی پلانی را به دست آورده‌اند. که کشیدگی شرقی و غربی دارد. و از نتایج مطالعات بالا بر می‌آید که بهترین فرم مستطیلی به نسبت 1به 1.2 تا 1. به 1.5 برای ساختمان‌ها با جهت کشیدگی بزرگ‌تر به سمت جنوب می‌باشد.



شکل 7-5 نسبت بهینه فرم پلان و ساختمان 1 با 1.2 در سمت راست و 1. به 1.5 در سمت چپ(شفیعی،1392)

همچنین نحوه چینش این بلوک‌ها و غالب آپارتمان‌های میانی کم‌ترین میزان سطح اتلاف حرارتی را دارد و از این نظر مصرف انرژی کم‌تری دارند. خانه‌های سبک ردیفی (terrace) نسبت به

خانه‌های مستقل (به دلیل کم‌تر بودن دیوار خارجی) در مصرف انرژی بهره وری کم‌تری دارند. یک شکل ساختمانی فشرده (Compact) میزان اتلاف انرژی را به حداقل می‌رساند.

بام: دست یابی به فرم و زاویه بهینه بام نیز که در واقع هدف اصلی این پژوهش می‌باشد به صورت مفصل در فصل چهارم مورد بررسی قرار گرفت. فرم‌های شکل 5-8 با زوایای 45 نسبت به خط افق و تخت (صفر) بهترین کارایی از منظر کاهش هدر رفت انرژی را در این منطقه دارا می‌باشند.

شکل 5-8 سقف های شبیه سازی شده با فرم و زاویه بهینه (نگارنده)

مصالح: در فصل دوم به بررسی انواع سامانه‌های دریافت انرژی پرداخته شد و همان طور که در آخر همین فصل بیان شد در این پروژه از روش کسب مستقیم برای طراحی این پروژه استفاده می‌شود. به همین منظور از مصالح سفالی در سقف با ضریب هدایت حرارتی 1.35 استفاده شده است تا حرارت را به داخل محیط برساند. در دیواره‌های نما از مصالح بتن و آجر که ظرفیت حرارتی مناسبی دارند استفاده شده است. در فضاهای داخلی نیز کف سفالی با زیر سازی بتنی و در دیوارها از بتن استفاده شده است؛ همچنین می‌توان از مصالح نوین بلوک‌های سیمانی به یک ماده شیمیایی تغییر حالت دهنده استفاده کرد. این مواد به گونه‌ای هستند که در طی روز دمای بیش از 23 درجه سانتی گراد را به خود جذب می‌کنند و در شب هنگام زمانی که دمای هوا به پایین‌تر از 23 درجه سانتی گراد می‌رسد حرارت را از دست می‌دهند (بهیار،1381).

همچنین در ادامه توصیه‌ها و راه‌کارهای اقلیمی می‌توان به الحاقات اقلیمی نیز اشاره‌ای داشت که استفاده از سایبان‌های متناسب با محیط، استفاده از گرداورنده‌های خورشیدی و بام‌های سبز همچنین به کاربردن الحاقاتی که نقش عایق حرارتی را بازی می‌کنند در طراحی مد نظر قرار داد.

5-4 بستر اجتماعی

خانه لباس تن آدمی است . بیرونی ترین لباس او که باید شایسته و درخور او باشد. خانه مکانی است که انسان در آن آسوده ترین لحظات و احتمالا بیش‌ترین مدت عمر خود را در آن سپری می‌کند . خانه مکانی است برای آسایش انسان که بایستی پاسخ تمام نیازهای تن و روان و روح او را در خود فراهم نماید . لذا شناخت بعد اجتماعی خانه نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است (آرین ،1392). به همین دلیل در این گفتار به بررسی بعد اجتماعی خانه نیز پرداخته خواهد شد و نتایج حاصل از تحلیل های اقلیمی و بعد اجتماعی طرح، روند طراحی این پژوهش را شکل خواهد داد.

از جمله مواردی باعث می‌شود طراحی مجتمع مسکونی از منظر حفظ کیفیت‌های اجتماعی و پاسخ به تمامی نیازهای ساکنین از بعد روانی تامین شود می‌توان به اهداف کلی تقویت تعامل اجتماعی، تامین امنیت، تامین ایمنی و امنیت ساکنین و تامین آرامش و خلوت در سطح مجموعه اشاره کرد.

در واقع اهداف و معیار های کلانی که به صورت مشخص در طراحی مجموعه مسکونی در

نظر گرفته شده و در ارائه الگوی مناسب طراحی نقش داشته اند عبارتند از:

معیار های اجتماعی

- رعایت سلسله مراتب قلمرو مکانی
- تقویت تعامل اجتماعی
- تامین آرامش و خلوت در سطح مجموعه

معیارهای کالبدی و مجموعه سازی

- رابطه مناسب بین فضای باز و بسته
- نظم فضایی، خوانایی، وضوح ، جهت یابی
- مکان یابی صحیح مرکزیت و دستیابی به آنها
- توجه به طراحی سیمای مجموعه (راه ، گره ، نشانه ، لبه ، جداره) (بنتلی و همکاران، 1391)

تنظیم اهداف خرد برای رسیدن به اهداف کلان مجموعه همواره لازم است. این اهداف خرد عبارتند از:

-تقویت تعامل اجتماعی.

ایجاد فضاهای مورد نیاز همه گروه های اجتماعی در کنار یک دیگر.

اولویت دادن به پیاده در سطح مجموعه.

ایجاد فضاها و عرصه های تقویت کننده تعامل در سطح مجموعه.

- ایجاد امکان ارتباط بزرگسالان در فضای باز مجموعه.
- -ایجاد امکان نظارت بر فضاهای بازی کودکان.
- -در نظرگرفتن فعالیت های جاذب جمعیت در مرکز مجموعه مانند کودکستان ، مغازه‌های فروش نیازهای روزانه، تلفن عمومی و... .

-تامین امنیت.

ایجاد سلسله مراتب قلمرو مکانی.

تقویت نظارت ساکنین بر فعالیت های درون فضای باز.

تقویت احساس تعلق و مالکیت فضاهای باز مجموعه برای ساکنین.

-تامین ایمنی و سلامت ساکنین.

ایمنی پیاده ها در برابر سواره .

- اولویت به حرکت پیاده در طراحی کف.
- جلوگیری از ورود سواره به داخل خوشه های مسکونی.
- عدم تداخل محل بازی کودکان و حرکت سواره(شرقی و عظیمی،1393).

5-5طراحی

بررسی حاصل از تحلیل‌های اقلیمی و راه‌کارهای متناسب با طراحی بهینه از منظر اقلیمی (رویکرد اصلی پژوهش) و همچنین در نظر داشتن ابعاد اجتماعی طرح، روند طراحی این پژوهش را شکل داد. در ابتدا به بررسی ملاحظات برنامه فیزیکی طرح پرداخته شده است . در ادامه روند طراحی و مدارک ان ارائه خواهد شد.

ابعاد سایت طراحی 220 در 178 متر می‌باشد به عبارتی دیگر سایت مساحتی برابر با 40000 متر مربع (4 هکتار) دارا می‌باشد. بر اساس طرح تفصیلی منطقه تراکم 200 درصد، محاسبات جدول 3-5 تعداد واحدهای لازم را برای طراحی نشان می‌دهد:

جدول 3-5 محاسبه تعداد واحدهای مورد نیاز

- مساحت زمین 40000

- سطح اشغال (مساحت یک طبقه) متر مربع 16000= 40%*40000

- تراکم (مجموع مساحت طبقات) متر مربع 80000=200%*40000

- 15 درصد سطح ارتباطات (عمودی وافقی) متر مربع 12000= 15%* 80000

- زیر بنای خالص طبقات متر مربع68000=12000-80000

15درصد تقسیم بر تعداد طبقات که 5 می باشد 3 درصد برای هر طبقه

متر مربع 480=3%* 16000

-زیر بنای خالص طبقات متر مربع 15520=480-16000

- زیر بنای خالص مسکونی مترمربع 52480= 15520-68000

تک خوابه 80 متر 15 %	تعداد	(52480/80) ×15% =98
دو خوابه 120 متر 45 %	تعداد	(52480 / 120) ×45% =196
دو خوابه (معلولین) 120 متر 5 %		تعداد 21= 5 % ×(52480/120)
سه خوابه 150 متر 25 %	تعداد	(52480 / 150) ×25% =87
پنت هاوس 250 متر 10 %	تعداد	(52480 / 150) *10% =20
جمع کل واحدها		422

5-5-1 روند طراحی

طراحی در این پروژه از جزء به کل و از واحدهای مسکونی، واحد همسایگی تا طراحی در مقیاس محله آغاز گردید.

جدول 4-5 روند طراحی و کاربرد راه کارها در طراحی

روندطراحی	کاربرد راه کارها در طراحی

راه کارهای اقلیمی:

طراحی ازجزء به کل:

-تا حد امکان استفاده از نسبت بهینه در پلان‌ها

- استفاده از کشیدگی و جهت گیری بهینه در چینش بلوک‌ها

-پنجره های شمالی

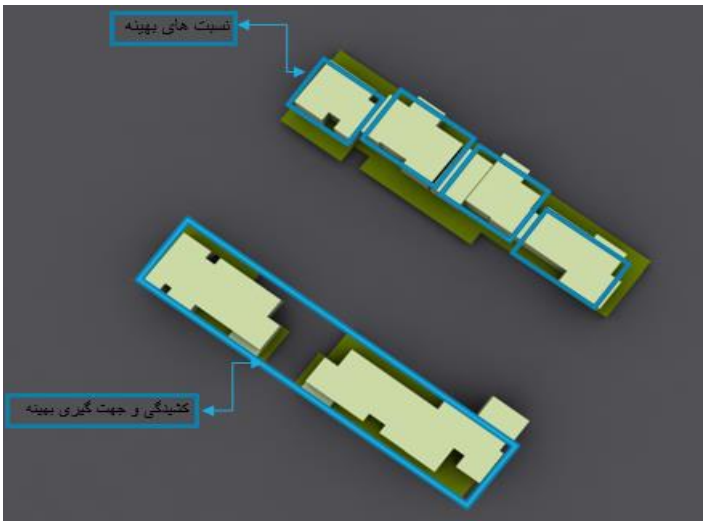
– جنوبی برای دریافت بهترین نور در این منطقه

-طبقات مختلف با ارتفاع های مختلف جهت نورگیری بیشتر

مصالح:

- استفاده از مصالح سفالی با ضریب هدایت حرارتی بالا در سقف

- استفاده از مصالح با ذخیره حرارتی بالا (ترکیب بتن و آجر) در بدنه ها برای دریافت انرژی مناسب



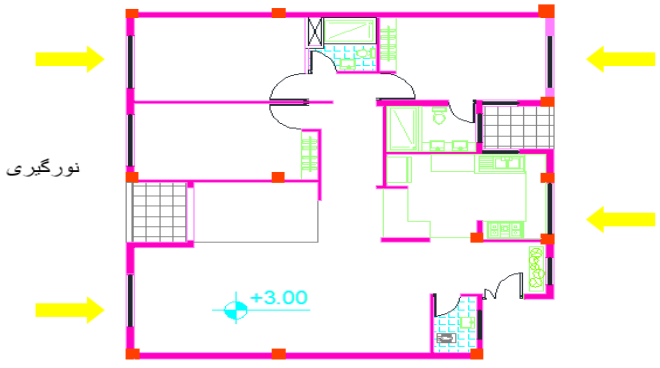
راه کارهای اجتماعی (واحد همسایگی):

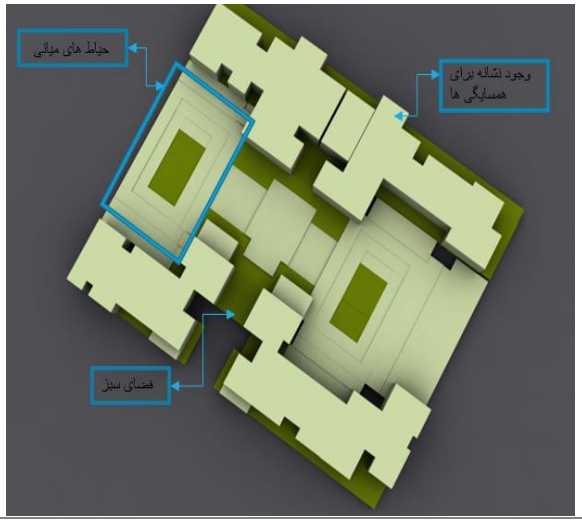
-واحدهای همسایگی با حیاط های میانی برای بازی کودکان و نظارت خانواده ها

-فضای سبز محیطی

-وجود نشانه در هر همسایگی

-طبقات با ارتفاع های مختلف امکان حیاط های میان طبقات مختلف

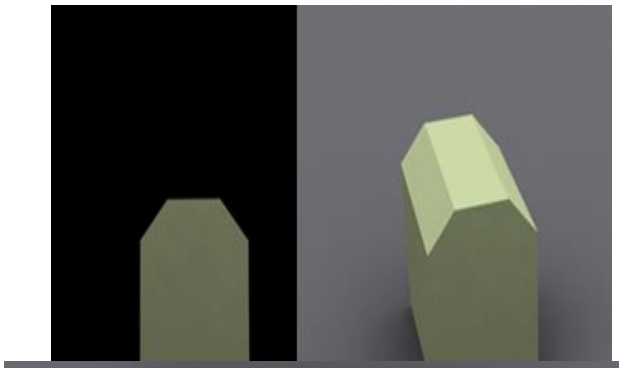


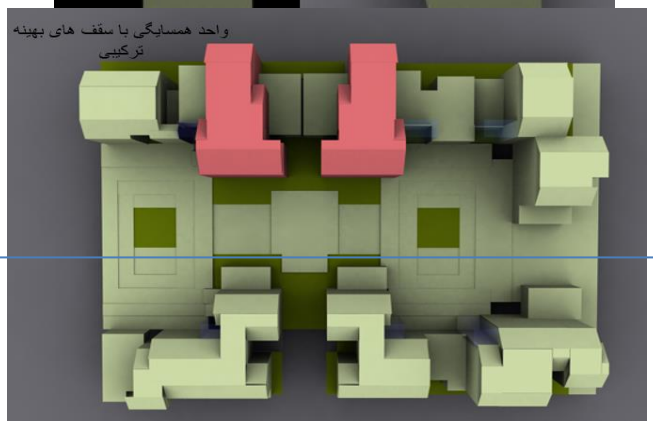


راه کار اقلیمی :

استفاده از سقف های شیب دار بهینه از نظر آسایش حرارتی (تاکید بر دمای متوسط تشعشعی)، کاهش در هدر رفت انرژی به صورت ترکیبی (به صورت ترکیبی 2 نمونه از سقف هایی که در مرحله مشابه سازی بهترین امتیاز را اورده بودند انتخاب شده و در طراحی اعمال شده اند.

زوایای پیشنهادی برابر 45 در جه نسبت به افق می باشند.





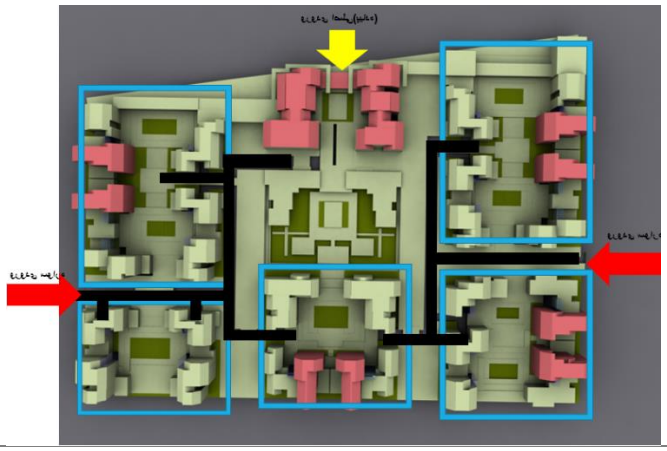
استفاده از سقف های پیشنهادی باعث کاهش .... درصد تلفات انرژی در مقایسه با میانگین عملکردی سایر سقف ها شده است.

اعمال همسایگی‌ها در سطح سایت طراحی:

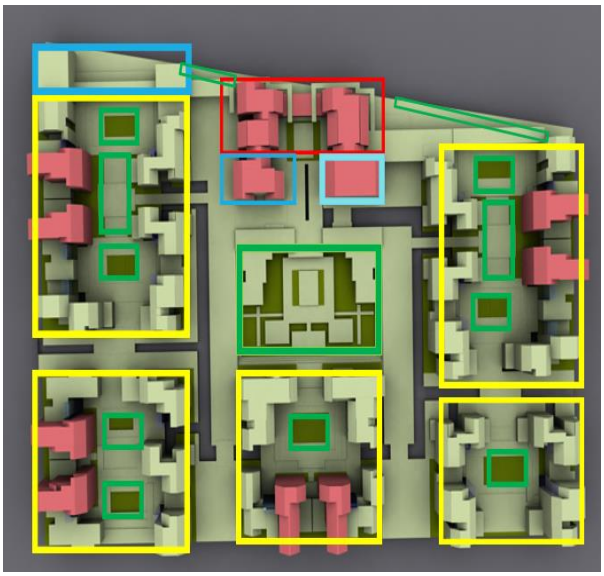
باتوجه به دسترسی محله، دسترسی سواره ازدو خیابان جمع و پخش کننده شرقی و غربی تامین شد. بخش قابل توجهی نیز به فضای سبز اختصاص یافت.

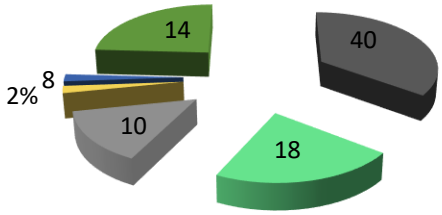
تعیین ورودی اصلی (پیاده) از خیابان اصلی و دو خیابان فرعی نیز صورت گرفته است.

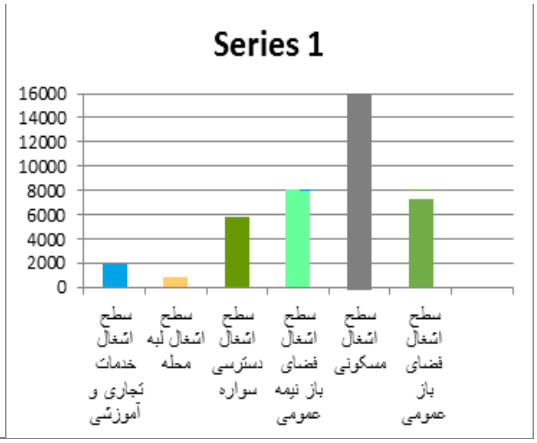
درمیانه سایت فضای سبز

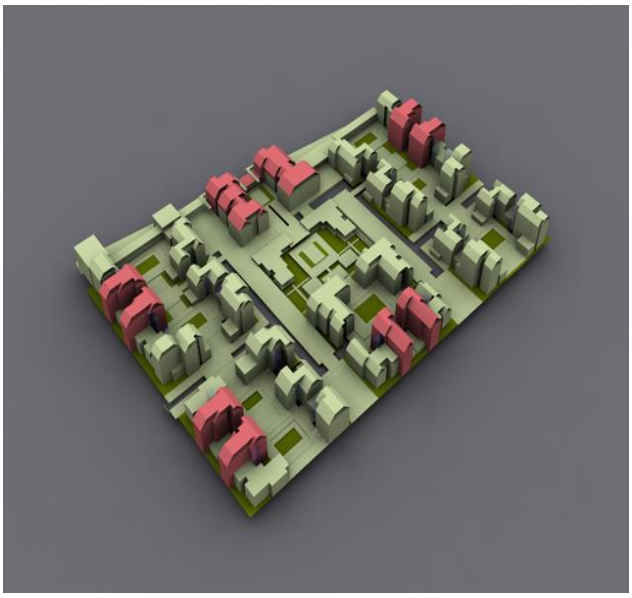


هر واحد مسکونی با ترکیبی از واحدهای 4 و 6 طبقه به نحوی طراحی شده اند که ضمن ایجاد تنوع در خط آسمان و حجم، امکان اشراف به فضای باز خصوصی از میان برود.در میان فضاهای همسایگی فضای باز برای بازی کودکان و گذراندن اوقات فراغت بزرگ سالان طراحی شد.
در سطح محله نیز ایجاد فضای سبز در میانه سایت، مکانی برای استفاده عموم از فضاهای بازی و استراحت، ایجاد شد. همچنین خرده فروشی ها، نمازخانه، ورزشگاه در مقیاس محله و سایر خدمات آموزشی و تجاری در لبه های ورودی سایت برای استفاده ساکنین مجموعه در نظر گرفته شده است.
از منظر حفظ ایمنی و امنیت سایت نیز نگهبانی اصلی در ورودی مجموعه و برای هر همسایگی یک نگهبانی –سرایداری در طبقه همکف در نظر گرفته شده است.







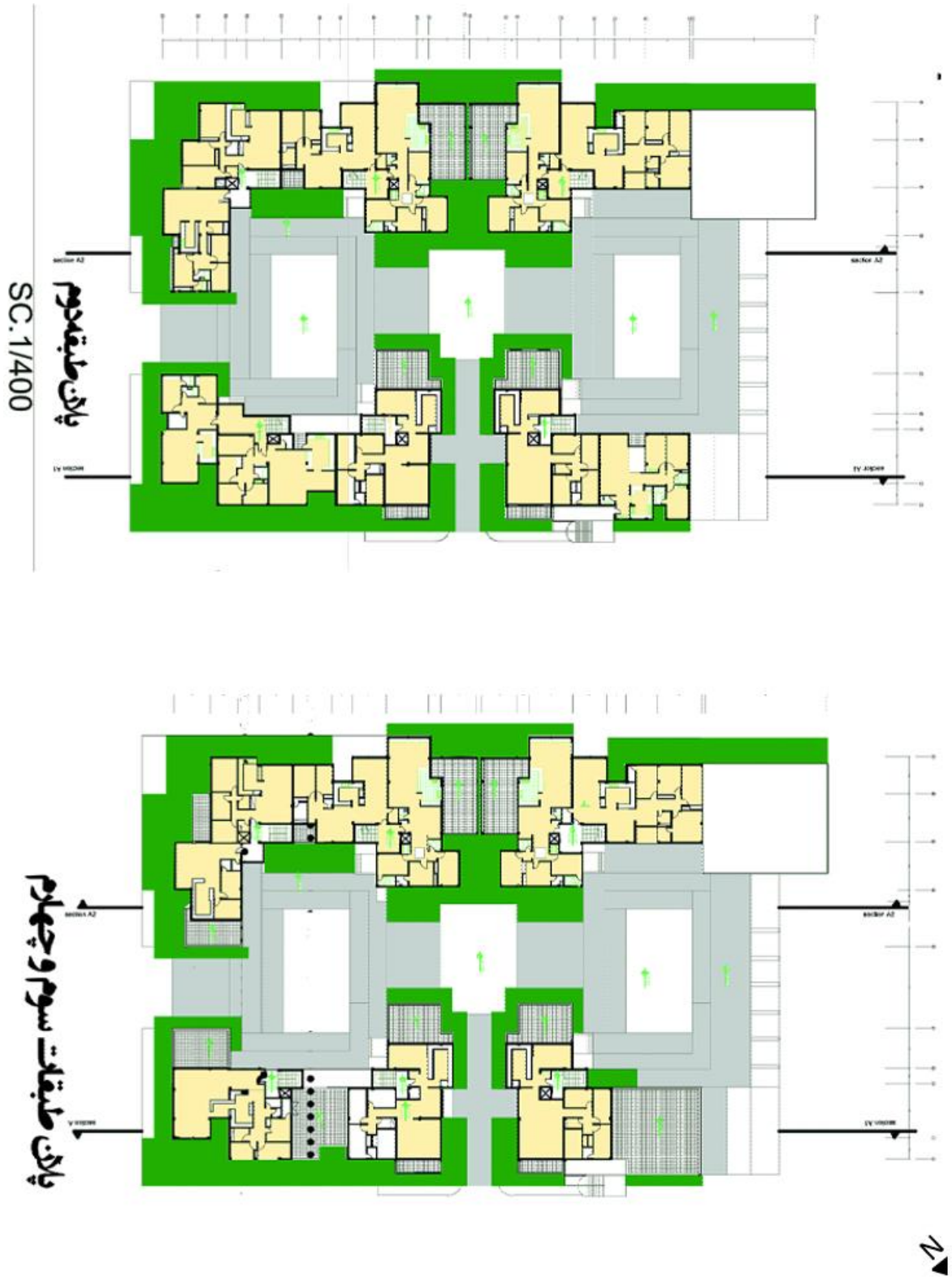


این پروژه به همراه سقف های بهینه از منظر آسایش حرارتی درون واحدها بر اساس دمای متوسط تشعشعی، انرژی مصرفی، ..... درصد صرفه جویی در انرژی نسبت به سایر سقف‌های مشابه سازی شده مورد مطالعه در این پژوهش دارد.

5-5-2 مدارک طراحی

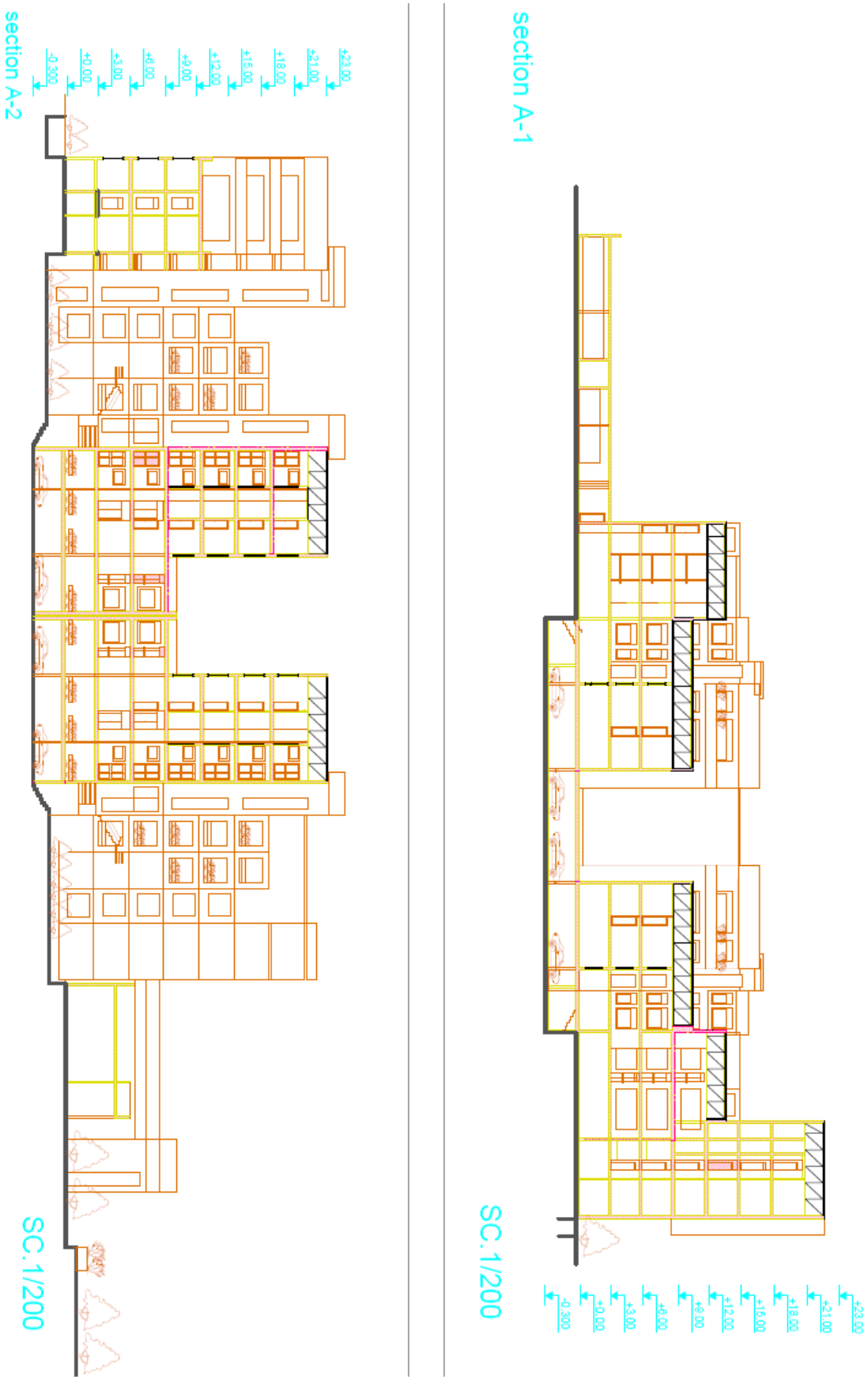
شکل 5-9پلان کلی سایت(مدارک طراحی)

شکل 5-10 پلان طبقه اول تیپ بلوک مورد طراحی(مدارک طراحی)



شکل 5-11پلان طبقات(مدارک

شکل 5-12پلان طبقات و ریزفضاها(مدارک طراحی)



شکل 5-13مقطع بلوک تیپ (مدارک طراحی)

شکل 5-14پرسپکتیو مجتمع مسکونی(مدارک طراحی)

شکل 5-15 پرسپکتیو مجتمع مسکونی(مدارک طراحی)

6 منابع ومراجع

احمد، عدیل مصطفی (1367). *ارتفاع سقف اسایش انسان*. ترجمه مرتضی کسمایی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول، نشریه ک-85

اخترکاوان، مهدی، صدیق، مرتضی، اخترکاوان، حمید (1390). *تنظیم شرایط همساز با بوم و اقلیم ایران(اقلیم، معماری و انرژی)*. نشر کلهر، چاپ اول، تهران.

آرین، نیکناز (1391). *طراحی مجتمع مسکونی ارزان قیمت با معیارهای حفظ کیفیت محیط زندگی*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

براون، جی زد، دی کی، مارک (1389). خورشید، *باد و نور طراحی اقلیمی، استراتژی های طراحی در معماری*. ترجمه: شعید اقایی، پرهام نقش، تهران، چاپ اول.

برزگر، زهرا، حیدری، شاهین (1392). *بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی*. نشریه هنرهای زیبا،دوره 18،شماره 1.

بنتلی، ای ین و همکاران (1391). *محیط های پاسخده*، ترجمه مصطفی بهزادفر، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ، تهران، چاپ هشتم.

بهادری نژاد، مهدی، یعقوبی، محمود (1385). *تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان های سنتی ایران*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

بهیار، محمد باقر، پرونده خوزانی، اکرم، باقری، اعظم (1381). *بررسی نقش عوامل جوی در انتخاب نوع مصالح ساختمان جهت استفاده بهینه از انرژی*. دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

پیرکندی، جاماسب (1389). *بررسی نقش مواد تغییر فاز دهنده در تامین انرژی ساختمان های مسکونی*. فصلنامه علمی، راهبردی پیام، شماره 28، صص 7-12.

حیدری، شاهین (1388). *برنامه ریزی انرژی با تکیه بر بخش ساختمان*. موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

خلیلی، علی، مرادی، اسحاق، کمالی، غلامعلی و رهبر، محمود (1381). *مقایسه مدل های مختلف براورد تابش مستقیم خورشید بر روی سطوح شیب دار*. دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

ریاضی، جمشید، ماجدی اردکانی، محمد حسین (1385). *ویژگی های کارکردی سقف ساختمان های متعارف(قابلیت رفتاری، عملکردی و ساختاری)*. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول، نشریه ک -432.

سلطاندوست، محمد رضا (1390). *اقلیم، معماری، تهویه طبیعی*. انتشارات یزدا، تهران، چاپ اول.

سیلوایه، سونیا (1391). *تدوین الگوی طراحی فرم بهینه سقف ساختمان ها در جهت بهره وری از انرژی گرمایشی*، مرکز اموزش خلاقیت های هنری ولنجک، تهران، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس.

شاهی، جلیل (1386). *اجزاء ساختمان*. انتشارات دانشگاه یزد، چاپ نهم، یزد.

شـــرقی، علی، عظیمی فریدنی، نازنین (1393). مولفه های پایداری اجتماعی در فضـــاهای عمومی شـــهری و مطابقت آن با اصـــول معماری ایرانی-اســـلامی در میدان نقش جهان اصـــفهان، اولین کنگره‌ی بین المللی افق های جدید در معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

شفیعی، مریم، فیاض، ریما و حیدری، شاهین (1392). *فرم ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران*. نشریه انرژی ایران، دوره 16،شماره 4.

فرامرز، مرتضـــی، عزیزی لرد، لادن (1392). *کاربرد مدیریت انرژی خورشـــیدی در مجتمع های مسکونی*. انتشارات اتی نگر.

فقیه خراسانی، احمدرضا، بهادری نژاد، مهدی (1389). *تشعشع خورشید بر روی سقف های گنبدی شکل*. هجدهمین همایش سالانه بین المللی مکانیک ایران، ISME 2010، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

فکوهی، ناصر(1374). *انرژی خورشیدی*. موسسه کتاب همراه. چاپ اول.

قیابکلو، زهرا (1390). *مبانی فیزیک ساختمان2:تنظیم شرایط محیطی*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، تهران.

قیابکلو، زهرا (1392). *مبانی فیزیک ساختمان4: سرمایش غیر فعال*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، چاپ اول، تهران.

کاری، بهروز محمد (1388). *اصول و روش های عایق کاری حرارتی بر اساس مبحث 19 مقررات ملی ساختمان(صرفه جویی در مصرف انرژی)*. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ دوم، نشریه ک- 443.

کسمایی، مرتضی (1387). *اقلیم ومعماری*. نشر خاک، چاپ پنجم، اصفهان.

کهربائیان، احمد (1375). *منابع انرژی تجدیدپذیر نوین*. تالیف شورای جهانی انرژی: چاپ اطلس.

گرامیان، فرناز (1390). *طراحی مجتمع مسکونی پایدار*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

لنکر، نربر (1385). *ســـرمایش، گرمایش، روشـــنایی، رویکردهای طراحی برای معماران*. ترجمه رحمان اذری، محمد علی کی نژاد، انتشارات هنر اسلامی تبریز، چاپ اول، تبریز.

مازریا، ادوارد (1385). *معماری خورشیدی غیر فعال*. ترجمه بیژن اقازاده، انتشارات پیک ادبیات، چاپ اول، تهران.

محمدی، محمد(1391). *طراحی بهینه گلخانه برای تامین گرمایش در ساختمان های مسکونی تهران*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، هنرهای زیبا.

مردانی، شیوا (1390). *مجموعه اقامتی محیطی خود کفا از لحاظ انرژی*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم وصنعت.

مسندی خیابانی، مریم (1387). *مطالعه تاثیر بام بر دمای داخل*. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، هنرهای زیبا.

مقررات ملی ساختمان (1389). *صرفه جویی در مصرف انرژی*. وزارت مسکن و شهرسازی، دفتر امور مقررات ملی ساختمان، نشر توسعه ایران،تهران، چاپ اول.

نصرالهی، فرشاد (1390). ضوابط معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف انرژی ساختمان ها،

نشست کمیته ملی انرژی ایران، اسفند ماه، کمیته ملی انرژی ایران، تهران.

نیلســـن، هالگر کاک (1385). *تهویه طبیعی، راهنمای طراحی اقلیمی در مناطق گرم*. ترجمه محمد احمدی نژاد، نشر خاک، تهران، چاپ اول.

نیلسـن، هالگر کاک، (1389). *معماری همسـاز با اقلیم، اصـول طراحی معماری زیسـت محیطی در مناطق گرم*. ترجمه فرزانه سفلایی، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی ومعماری، چاپ اول.

واتســـون، دونالد، لبز، کنت (1388). *طراحی اقلیمی، اصـــول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ســـاختمان*. ترجمه وحید قبادیان، محمد فیض مهدوی، انتشـــارات دانشـــگاه تهران، چاپ یازدهم، تهران.

هاشـمی، فاطمه، حیدری، شـاهین(1390). *تاثیر طراحی معماری بر مصـرف انرژی منازل مسـکونی اقلیم سرد، با تکیه بر چرخه خورشیدی*. نامه معماری و شهر سازی،شماره 9.

(1974). *Ceiling Heights and Human Comfort, Building in Hot Climates*, No2, .Ahmad, A.M ERS press, England.

Al-Ghamdi, M, (1993). *Assessment and Improvement of Thermal Condition in Inside Pilgrimage Tents at Makah*, Saudi Arabia, Architecture Ph.D. Thesis, University of Newcastle.

ASHRAE Standard 55 (2010), *Thermal environment condition for human occupancy*.

Badri, N, Fakhari, M, Haghshenas, M, Mahdavinejad, M.(2013) , *The Role of Domed Shape Roofs in Energy Loss at Night in Hot and Dry Climate*. American Journal of Civil Engineering and Architecture, vol, 1, no. 6, p 117-121

Depecker, P, Menezo,C, Vircone, J, Lepers,S,(2001), *Design of Buildings Shape and Energetic Consumption* , Building and Environment,36, PP, 627-635.

Fanger, P. ole (1973). *Assessment of Man's Thermal Comfort in Practice*. British Journal of Industrial Medicine, 30(4)313324.

Gandemer, T, (1992). *Guide sur la climatisation naturelle de l habitat en climate tropical humide. Tom 1*: methodologie de prise encompte des parametres climatiques dans I habitat et conseils pratiques.CSTB, Nantes.

Garmaroodi, A, Mohammadzadeh, N, Rasouli, S, (2013). *Creating Simulation and Analyzing Systems of the Amount of Solar Energy that Received at Residential Buildings*. 13th Conference of International Bulding Performance Simulation Association, Chambery, France, August, P 937-945

Ghaedi, A, Ghasem pourabadi, M, Ghaedi, H. Mahdavinejad, M. (2012). *The Role of Building Forms in Energy Gain in High-rise Building Through Facades*. International Conference on Future Environment and Energy, Singapoore, p 124-128

Mahdavinejad, M, Ghasem pourabadi, M, Ghaedi, H, Nikhoos, N.(2012) , The Role of Roof Shapes in Design of Green Building Systems.

Mahdavinejad, M, Faizi, F, Noorani, M, Ghaedi, A.(2011). Design An Optimum Pattern of Orientation in Residential Complexes by Analyzing the Level of Energy Consumption. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, p 1179-1187

Matoor, Soha, Mahdavinejad, Mohammadjavad. (2010). The Quality of Light Openings in Iranian Domes" Naqshejahan, 2(2) 3142.

Van hoof, Joost, Mazej, Mitja and Hensen, Jan. (2010). *Thermal Comfort:Research and Practice, Frontiers in Bioscience*, A journal and Virtual Library,(15) 765-788.

Yannas, S, Erell, E, Molina, J.l. (2006*). Roof cooling Techniques*, A Design Handbook, Earthscan Press, London.

Abstract

Human life from the beginning and during all eras has been directly related to the production and consumption of energy. Technology advancement is dependent on energy and its consumption, Limited reserves of fossil fuels, as well as environmental pollution resulted from their consumption has stimulated issues related to environment and energy. Thus, in recent years, using renewable energy sources is a major concern of modern human because in addition of being renewable, they are very diverse too. That is why that now a day and in industrialized countries this issue is followed seriously. And in this way, especially in the construction sector, much attention has been paid to designing and developing samples proportionate to this objective. Thus, energy saving in these buildings can have a significant impact in reducing consumption of fossil energies

Roof is one of the main components of the building which is generally neglected by building designers. Through examining thermal performance and tracking their changes during different hours and seasons and direct using of solar source, one can achieve effective ways to reform component design, and found out that such an architectural element to what extent can be effective in loss of energy or indirect energy saving, especially in urban areas. The research investigates thermal behavior of roof shape, according to the mean radiant temperature which is one component of the thermal comfort, in sloping roofs of residential complexes in the Karaj City. (The dominant form of the ceiling in the study area).

At first ,in this research ,library studies and analytical happened ,and in the next section, computational simulation as research methodology are applied.In this section alternativesare modeled and compute based on four types of roofs with different angles. At the end, the final results of analysis, show the best form and angle for reduce the waste of energy in this area that are used in final design.

Key words: Roof shape, energy consumption, simulation software, residential complexes

Shahid Rajaee Teacher Training University
Faculty of Architecture

Design of residential complexes with emphasize on the role of roof on reducing energy consumption

By: Nazanin Azimi Fereydani

Under supervision of Dr. Ali Sharghi
&
Co- supervision of Dr. Abdolhamid Ghanbaran

A thesis submitted to the Graduate studies office in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc. in
Architecture education

September 2015