



بام سرد استراتژی مثبت جهت بهبود پارامترهای جزایر گرمایی شهری، مدیریت انرژی و آسایش حرارتی

تاریخ دریافت: ۱۳/۱۲/۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۵/۰۱/۱۴۰۰

کد مقاله: ۳۸۲۶۱

شکوه سادات اسداللهی^{۱*}، منصوره طاهباز^۲

چکیده

هدف این مقاله، بررسی مدل‌های اجرای بام سرد در دنیا می‌باشد. بام سرد، نورخورشید را به فضا منعکس کرده و دمای ساختمان را ثابت نگه می‌دارد و با توجه به اینکه ساختار هندسی بام بخش وسیعی از سطح ساختمان را پوشش می‌دهد لذا تأثیر عمده‌ای بر مصرف انرژی و آسایش حرارتی در ساختمان داشته و موجب کاهش اثرات منفی جزایر گرمایی شهری می‌شود. روش پژوهش انجام شده بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و برداشت اطلاعات از سایت‌های معتبر علمی داخلی و خارجی می‌باشد. جمع‌آوری مقالات در بازه زمانی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۲۰ انجام شد. در بررسی روند کار اکثر مقالات برداشت اطلاعات آب و هوایی و بررسی میزان جزایر گرمایی ایجاد شده در منطقه مورد نظر بوده و همچنین به بررسی میدانی بام و آزمایش روش‌های بکارگیری خنک‌سازی بام پرداخته و سپس با فرض تأثیر مثبت بام سرد بر کاهش اثر جزیره گرمایی، مدیریت انرژی و تامین آسایش حرارتی ساکنین، به مدل‌سازی خارجی یا شبیه‌سازی رایانه‌ای پرداختند و از اطلاعات بدست آمده توسط نرم‌افزار یا آمارگیری توسط نمونه خارجی ساخته شده به اثبات فرضیه رسیدند. در بررسی نتایج مقالات، مدل‌های اجرای بام سرد معرفی و پیشنهاد شدند.

واژگان کلیدی: بام سرد، جزیره گرمایی، آسایش حرارتی، مدیریت انرژی

۱- دانشجوی دکتری تخصصی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هنر و معماری تهران جنوب (نویسنده مسئول)
asadollahi.shokouh@yahoo.com

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی

۱- مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

گسترش شهرها و افزایش فعالیت‌های ساختمان‌سازی منجر به تغییرات آب و هوایی در شهرها شده است. سطوح بام ساختمان‌ها در مناطق شهری، یکی از سطوح اصلی جاذب نور خورشید هستند که درجه حرارت شهرها را از طریق تولید جزایر گرمایی افزایش می‌دهند. تعاملات حرارتی بین بام و فضای بیرون شامل دفع گرما، جذب گرما و انعکاس خورشیدی می‌باشد و بخشی از انرژی خورشید که به بام ساختمان‌ها می‌تابد بر اساس مصالح سنتی رایج نظیر قیروگونی، آسفالت و یا ایزوگام جذب و به گرما تبدیل می‌شود، بخشی از طریق نشر حرارت به محیط منتشر می‌شود و موجب گرم شدن محیط شهرها و ایجاد پدیده «جزیره گرمایی شهر» می‌گردد. بخشی نیز به فضای داخلی منتقل می‌شود و بر انرژی مصرفی گرمایشی و سرمایشی ساختمان جهت برقراری شرایط آسایش حرارتی افراد در داخل بنا تاثیر می‌گذارد. از آنجائی که بیشترین مساحت پوسته‌ی خارجی ساختمان‌ها به بام اختصاص دارد سرمایش تابستانی هزینه‌ی بالایی را به ساختمان تحمیل خواهد کرد. این افزایش، فشار بیشتری را بر شبکه در طول اوج مصرف انرژی وارد می‌کند و مسبب افزایش ۵ تا ۱۰ درصدی تقاضای برق برای اهداف خنک سازی خانگی هستند. در یک منطقه شهری، تقریباً ۲۵٪ سطوح شامل بام‌ها هستند که حدود ۹۰٪ آنها تیره رنگ هستند. بسیاری از بام‌های موجود، مقدار زیادی از نور خورشید را جذب ساختمان کرده و تنها ۱۰ تا ۲۰ درصد آن را منعکس می‌کنند. دمای بام‌های تیره می‌تواند تا حدود ۵۰ تا ۸۰ درجه افزایش یابند.

۲-۱- سوالات پژوهش

۱. بام سرد به چه نوع بامی اطلاق شده و چه انواعی دارد؟
۲. از چه زمانی این موضوع وارد مطالعات معماری شده است و در معماری بومی و معماری تاریخی ویژگی بام سرد چگونه تحقق پیدا می‌کرد؟
۳. رابطه بام سرد با اقلیم چیست و در چه اقلیم‌هایی بام سرد دارای اهمیت و تنوع بیشتری بوده است؟
۴. چه عواملی در ایجاد بام سرد دخیل هستند؟

۳-۱- اهداف پژوهش

- مطالعه مروری در حوزه بام سرد و بررسی متغیرهای موجود در این حوزه در دنیا
- شناخت روش‌های تحقیق ارائه شده در مقالات معتبر داخلی و خارجی
- بررسی نتایج ارائه شده در مقالات منتخب موضوع
- بررسی و شناخت شیوه‌های بهره‌گیری از بام سرد در نقاط مختلف جهان
- بررسی رابطه بین آسایش حرارتی، جزایر گرمایی و مصرف انرژی بام سرد در مطالعات انجام شده در مقالات معتبر داخلی و خارجی

۴-۱- فرضیه‌ها

- بام سرد راهکاری موثر جهت کاهش اثر جزیره گرمایی شهری و مدیریت مصرف انرژی سرمایشی داخلی در اقلیم گرم می‌باشد.
- بکارگیری بام سرد جهت تامین آسایش حرارتی ساکنین در داخل بنا در اقلیم‌های گرمسیری حائز اهمیت است.
- نقش بام سرد در ساختمان‌های با سلطه پوسته‌ای بیش از ساختمان‌های با سلطه باری است.

۵-۱- اعتبار اجتماعی

در سال‌های اخیر رشد مصرف انرژی در جهان سالانه یک تا دو درصد و در ایران پنج تا هشت درصد بوده است. به عبارت دیگر رشد مصرف انرژی در ایران بیش از پنج برابر متوسط رشد مصرف در جهان است. امروزه حدود ۵۰٪ جمعیت جهان در شهرها ساکن هستند پیش‌بینی‌ها بیان می‌دارند این میزان تا سال ۲۰۳۰ به ۸۰٪ ارتقا خواهد یافت. هر تغییر هرچند کوچک در زمینه مصرف انرژی در بخش ساختمان توانایی ایجاد تغییری بزرگ در شرایط کلی و جهانی را خواهد داشت. هماهنگی با اقلیم و سازگاری با شرایط جوی که از مشخصه‌های مهم بام سرد است از مولفه‌های پایداری اجتماعی می‌باشد. اقلیم دستگاه پیچیده‌ای است که همواره توسط عوامل درونی و بیرونی در حال تغییر است. عمدتاً تغییر یک عنصر از این دستگاه در سراسر آن گسترش

می‌یابد. اعتبار اجتماعی موجود در مقوله بام سرد شامل ارتقای کیفیت زندگی ساکنین و تامین آسایش حرارتی آنها در داخل بنا و خودتوانی ساکنین برای غلبه بر گرمای بیش از حد فصول گرم و مدیریت انرژی است. نصب بام‌های سرد به همراه سه استراتژی افزایش تعداد درختان و پوشش گیاهی، نصب بام‌های سبز و استفاده از سطوح خنک می‌تواند نقش مثبتی در کاهش آلودگی هوا، آلودگی محیط زیست، انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی، تولید زباله‌های جامد و تلفات گرما داشته باشد. علاوه بر این، بهبود کیفیت آب و کنترل سیلاب‌ها، حفاظت از موجودات زنده و دوام بیشتر سطوح را به دنبال خواهد داشت که این امر به نوبه خود نیاز به تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد و در نهایت ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها را در پی خواهد داشت. استراتژی بام سرد راهکار بیست موثر در جهت اصلاح الگوی مصرف، صیانت از ثروت‌های ملی و اقتصاد مقاومتی.

۲- مبانی نظری

۲-۱- بام

میزان انرژی مصرفی در یک ساختمان به عوامل متعددی بستگی دارد که اعم آن‌ها به شرح زیر است:

- میزان تعویض و نفوذ هوا
- اختلاف دمای بین فضای کنترل شده و خارج ساختمان در اوقات مختلف سال
- میزان انرژی رایگان دریافتی در اوقات مختلف سال
- ضریب انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان (مهران و دیگران، ۱۳۹۰، ۳۶)

بر این اساس بررسی متغیرهای موثر بر پوسته‌های ساختمانی در میزان انتقال حرارت ساختمان بسیار تاثیرگذار هستند. 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 می‌باشند (مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹، ۳). در این میان طراحی عناصر و پوشش‌های سقفی به عنوان یکی از وسیع‌ترین سطوح خارجی نقش مهمی در میزان هدر رفت انرژی در ساختمان‌ها دارند. بام بخشی از پوسته ساختمان است که به طور مستقیم در معرض تغییرات آب و هوایی قرار می‌گیرد. بام یکی از بخش‌های اصلی ساختمان است با توجه به اینکه ساختار هندسی بام بخش وسیعی از سطح ساختمان را پوشش می‌دهد لذا تأثیر عمده‌ای بر مصرف انرژی و آسایش حرارتی در ساختمان دارد و در طول روز در معرض تابش خورشید بوده حرارت زیادی به ساختمان وارد می‌شود (احمدی عباس، ۱۳۸۴، ۲). فرم‌های مختلف بام بر حسب رفتار حرارتی با شرایط خاص اقلیمی تأثیرات متغیری نیز در بر خواهند داشت. طبقه‌بندی بام‌ها به صورت زیر انجام می‌شود:

جدول ۱: فرم‌های مختلف بام. ماخذ: نگارندگان

پوشش نهایی ساختمانی که شیبی کمتر از ۱۰ درجه یا مساوی آن نسبت به افق دارد (مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹، ۴).	بام تخت	
پوشش نهایی ساختمانی که شیبی بیشتر از ۱۰ درجه و کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افق دارد. بر روی بام شیبدار، فضای خارج و در زیر آن فضای کنترل شده یا کنترل نشده قرار دارد. اگر شیب جدار بیش از ۶۰ درجه باشد دیوار تلقی می‌شود (مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹، ۳). این بام‌ها بسته به میزان و جهت شیب انرژی تابشی خورشیدی متفاوتی دریافت می‌کنند.	بام شیبدار	بام ساده (همگی از پوسته‌ای یک لایه تشکیل شده‌اند)
این بام‌ها برخلاف بام‌های تخت همیشه در خلال روز بخشی از سطح خود را در سایه خواهند دید. استفاده از سطوح گنبدی باعث می‌شود که مساحت سطح افزایش یابد و این افزایش مساحت در روند انتقال گرما، تبادل حرارت و از دست دادن تدریجی حرارت تأثیر مثبت گذاشته و موجب کاهش گرمای دریافتی در روز و افزایش باز پس دادن حرارت در شب می‌شود (نیلسن، ۱۳۸۵، ۵۵-۵۶)	بام قوسی	
به بامی اطلاق می‌شود که ساختاری چند لایه داشته باشد.		بام مرکب
موارد استفاده از این نوع روش در گذشته به صورت گنبد‌های دو پوسته و شیروانی‌ها بوده و امروزه در بام‌های تخت نیز به صورت سقف کاذب رواج دارد (کسمایی، ۱۳۸۴، ۴۵).		بام دو پوسته
ساختار این بام‌ها به این گونه می‌باشد که از ۴ لایه تشکیل می‌شوند و در آن‌ها بام و سقف یکی نبوده و فاصله هوایی بین آنها وجود دارد.		
در این سامانه، آب در کیسه‌های پلاستیکی سیاه رنگ بر روی یک بام تخت فلزی ذخیره می‌شود. در طول روز زمستان، خورشید کیسه‌های آب را گرم می‌سازد. گرما به سرعت از طریق هدایت به پائین جریان یافته و از سقف به سمت فضای نشیمن تابیده می‌شود. در شب عایق متحرک آب را می‌پوشاند تا مانع از دفع		حوضچه بام (بام آبی):

گرما به سمت آسمان شب گردد (لکنر، ۱۳۸۵، ۱۸۲-۱۸۴). ایده این بام شبیه دیوار ترومب می‌باشد با این تفاوت که در اینجا بام یک ذخیره‌ساز حرارتی است. اگر در روز روی بام پوشیده شده و شب باز باشد کاربرد تابستانی دارد و در گروه بام سرد قرار می‌گیرد. و اگر در شب روی بام پوشیده شده و در روز باز باشد کاربرد زمستانی داشته و مانند دیوار ترومب عمل می‌کند.	
بام سبز موجب جایگزینی گیاهان از بین رفته فضاهای شهری و بهبود خرد اقلیم محلی، کاهش بهره حرارتی از طریق رسانایی سازه بام و دماهای داخلی پایدارتر می‌گردد. اجزای بام سبز عبارتند از گیاه، زیرسازی، لایه ضد آب، عایق حرارتی، سازه بام (مسندی، ۱۳۸۷، ۱۵۶-۱۴۹).	بام سبز

۲-۲- بام سرد

در یک منطقه شهری، تقریباً ۲۵٪ سطوح شامل بام‌ها هستند که تقریباً ۹۰٪ آنها تیره‌رنگ هستند. بسیاری از بام‌های موجود، مقدار زیادی از نورخورشید را جذب ساختمان کرده و تنها ۱۰ تا ۲۰ درصد آن را منعکس می‌کنند. دمای بام‌های تیره می‌تواند تا حدود ۵۰ تا ۸۰ درجه افزایش یابند. بام خنک، برای کاهش اثرات منفی جزایر گرمایی شهری در نظر گرفته شده است، زیرا به جای انتقال گرما به ساختمان، نورخورشید را به فضا منعکس کرده و دمای ساختمان را ثابت نگه می‌دارد. بطورکلی باید گفت بام‌های با انعکاس بالا و انتشار گرمای پایین، دما را بسیار نزدیک به دمای محیط نگه می‌دارند و از زیاد شدن گرمای بام در مناطق گرم و از تلفات گرما در مناطق سرد جلوگیری می‌کنند. بام‌های با انتشار گرمایی بالا با شرایط عایق گرمایی یکسان، در مناطق سرد تلفات دمایی خیلی بیشتری دارند (Cool Roof Q & A, 2009). مزایای بام سرد بستگی به اقلیم دارند. در اقلیم‌های سرد و معتدل استفاده از بام سرد موجب افزایش نیاز گرمایش ساختمان می‌شود بنابراین بکارگیری بام سرد در اقلیم‌های گرمسیری موثر واقع می‌شود.

جدول ۲: مزایای بام سرد (H. Taha, D. Sailor and H. Akbari, 1992, pp3-7)

میزان جذب گرمایی ساختمان بلافاصله کاهش می‌یابد
کاهش هزینه سیستم‌های تهویه و خنک کننده و دوام بیشتر آن
کاهش هزینه‌های نگهداری بام و افزایش دوام آن
عدم نیاز به بازسازی بام و کاهش ضایعات جامد
ایجاد بام‌های زیبا و کارآمد
کاهش اثرات منفی جزایر گرمایی و گرم شدن کره زمین
کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی
افزایش رفاه ساکنان
پایداری زیست محیطی با تبدیل خانه به یک خانه سبز
ذخیره حدود ۷ تا ۱۵ درصد انرژی برای استفاده در آینده در طول تابستان

جدول ۳: شیب بام، ماخذ: (رمزگاه فرشاد، ۳۰)

Title 24 (استاندارد ایالت کالیفرنیا آمریکا)	بازتاب خورشیدی	نشر حرارت	شاخص بازتاب خورشیدی
بام سرد با شیب کمتر از نسبت ۲ به ۱۲ (بام تخت)	حداقل ۰/۵۵	حداقل ۰/۷۵	حداقل ۶۰

جدول ۴: انواع بام سرد، ماخذ: (P. Berdahl, and S. Bretz. 1997, pp149-158)

بام‌های با مواد بام‌سازی خنک اولیه	مواد بام‌سازی ذاتا بازتابنده هستند. به عنوان مثال بام‌های آسفالتی تنها ۶ تا ۲۶ درصد از نور خورشید را بازتاب می‌کنند، درحالی که بام‌های وینیل سفید حدود ۸۰ درصد نورخورشید را منعکس کرده و ۷۰ درصد گرما را آزاد می‌کنند.
بام‌های با پوشش خنک کننده	یک راه برای تبدیل بام‌های معمولی به بام‌های سرد، استفاده از پوشش‌های خنک‌کننده‌ای است که دارای برچسب انرژی هستند.
بام‌های سبز	کاشت گیاهان روی بام

جدول ۵: عوامل دخیل در ایجاد بام سرد ماخذ: (P. Berdahl, and S. Bretz. 1997, pp149-158)

زاویه تابش خورشید به بام
ضریب بازتاب روکار بام
جنس و پوشش و رنگ روکار بام
ارتفاع بنا (سرعت جریان هوا روی سطح بام)
جنس جدار سقف و لایه‌های تشکیل دهنده آن (مصالح، عایق‌ها، روکار داخلی و خارجی)
وجود گردش هوا در بام‌های دولایه

۲-۳- پوشش‌هایی برای جذب کمتر

در این روش تمرکز بر جذب کمتر انرژی خورشید و در نتیجه گرمای کمتر سطح بام است. اختلاف دمای بام‌های با پوشش ستی و بام‌های سرد حدود ۲۸ درجه سلسیوس (۵۰ درجه فارنهایت) است. از آنجا که نسبت سطح بام به مساحت مفید، در ساختمان‌های کوتاه مرتبه بیشتر است، در این گونه ساختمان‌ها صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. جدول زیر موادی را نشان می‌دهد که به طور گسترده در ساخت بام‌های سرد استفاده می‌شوند.

جدول ۶: معرفی مصالح بام‌های سرد، ماخذ: (FattahiMa'soom, 2015, pp. 7)

ویژگی‌ها	نام ماده	نوع ماده
لایه‌های ترکیبی آسفالت با پشم طبیعی و فایبرگلاس که در محل‌های با انتشارگرما و نور زیاد قرار می‌گیرند. لایه نهایی را می‌توان از سیلیکون با رنگدانه‌های کوچک ساخت. انواع کارخانه‌ای، باپانل‌های سخت جامد و پوشش‌های بازتابنده آماده به کار.	توفال‌های آسفالت	مواد بام‌سازی
نوع دیگری که در محل مورد نظر نصب شده است. مایع روی بام اسپری شده و پس از مدتی سخت می‌شود.	فوم (کف) بام	
به عنوان توفال‌ها و تخته‌ها با انواع مختلف پرکننده و اتصالات در رنگ‌های مختلف و بافت‌ها.	فلز	
قیر اصلاح شده با پلاستیک و لایه‌های مواد تقویت کننده و پوشش‌های بازتابنده.	قیرطبیعی اصلاح شده	
پوشش سفید حاوی مواد پلیمری شفاف مانند اکریلیک و رنگدانه‌هایی مانند دی اکسیدتیتانیوم هستند که آن‌ها را مات و منعکس کننده می‌کند.	پوشش‌های سفید	پوشش نهایی بام
پوشش‌های با رنگ‌های مختلف که منعکس کننده هستند. این رنگ‌ها می‌توانند تیره باشند، اما آن‌ها به طور عمده رنگ‌های روشن مانند زرد لیمویی بوده و دارای الیاف گیاهی هستند.	پوشش رنگی	
ورقه‌ای آلومینیومی که از کارخانه آورده می‌شوند تا روی بام‌های آسفالتی قرار گیرند.	پوشش آلومینیومی	
انواع مواد مختلف بام‌سازی مانند تخته‌های قبری که روی یکدیگر قرار می‌گیرند؛ این مواد ارزان بوده و کار با آن‌ها آسان است. آن‌ها دارای اشکال، رنگ و بافت متفاوت هستند که می‌توانند نور خورشید را منعکس کرده و گرما را منتشر کنند.	توفال، تخته و کاشی	
مصالح ساختمانی که مواد پلیمری آن از مواد هیدروکربنی قبری و پلاستیک‌های صنعتی مانند EPMD و پلیمرهایی مانند PVC و پلی فنیلن ساخته شده‌اند.	صفحات پلیمری	
صفحات پیش ساخته شده از پلیمرهای لاستیکی برای بام‌های با شیب تندو کم که با استفاده از چسب‌های خاص بر روی بام جاگذاری می‌شوند.	پوشش تک لایه	
مانند EPDM، جوشکاری برای پرکردن فضاهای خالی استفاده نمی‌شود و به جای آن سیمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.	پوشش تک لایه انعطاف پذیر	
مانند PVC و TPO که صفحات بسیار انعطاف‌پذیری بوده و ترکیبی از پلاستیک های پلیمری هستند. گرما حفره‌های خالی داخل صفحات بام را ذوب می‌کند. آن‌ها بازتابنده بوده و دارای لایه تقویت کننده برای دوام بیشتر هستند.	پوشش تک لایه نرم	
در رنگ‌های سفید و رنگ‌های تیره و روشن مختلف برای افزایش بازتاب و انتشار گرما از رنگ‌های مختلف تیره با استفاده از ترکیبات جدید.	رنگ‌های اکریلیک	رنگ

۴-۲- شروع مطالعات در حوزه بام سرد

به طور کلی می‌توان شروع مطالعات در حوزه بام سرد را "برنامه جهانی خنک‌سازی" دانست که توسط دپارتمان جزیره گرمایی در فناوری‌های اتحادیه انرژی محیط زیست در آزمایشگاه ملی لارنس برکلی و دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۸۰ برنامه‌ریزی شده است. در دهه ۱۹۹۰، تولید محصولات متنوع در زمینه بام‌های سرد در مصارف مختلف مسکونی، صنعتی و تجاری به میزان قابل توجهی رشد کرد. در سال ۲۰۰۱، محصولات و شرکت‌های مرتبط با بام‌های سرد، جوایز مختلفی دریافت کردند. از همین سال، صلاحیت دریافت جایزه بام سرد، معیاری بود که بر اساس آن جایزه کیفیت LEED، اعطا شد. همچنین، به منظور تشویق مردم، برخی از کشورها مانند ایالات متحده، به خانواده‌هایی که مایل به تغییر بام خود هستند، اعتبارات مالی اختصاص داده‌اند. از آن زمان به بعد، پروژه‌های مختلف آزمایشگاهی و تحقیقاتی برای رسیدن به هدف کاهش اثرات مضر جزایر گرمایی انجام شده است.


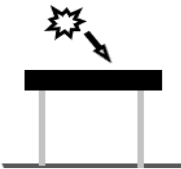
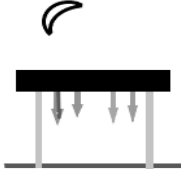
جدول ۷: تاریخچه مطالعات در زمینه بام سرد در دنیا، ماخذ: (H. Akbari, 2005, pp.3-5)

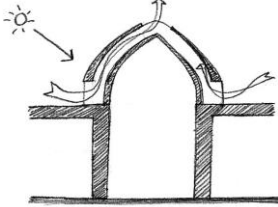
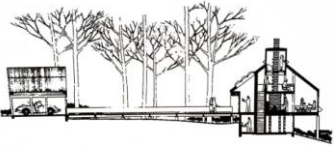
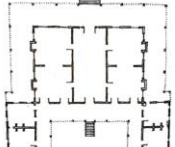
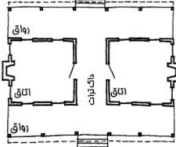
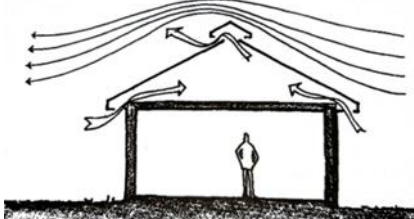
برنامه جهانی خنک‌سازی (دپارتمان جزیره گرمایی در فناوری‌های اتحادیه انرژی محیط زیست)	۱۹۸۰ (آزمایشگاه ملی لارنس برکلی)
تولید محصولات در زمینه بام‌های سرد	۱۹۹۰
محصولات و شرکت‌های مرتبط با بام‌های سرد، جوایز مختلفی دریافت کردند. (LEED)	۲۰۰۱

۵-۲- عناصر معماری سنتی جهت سرمایه‌گذاری ایستا از سقف

یکی از منابع عمده جذب ناخواسته حرارت در ساختمان‌ها بام آن‌ها می‌باشد. هنگامی که سطح بام در اثر دماهای بسیار بالای ناشی از تابش خورشید تابستانی گرم می‌شود. این گرما از طریق هدایت به مجموعه سقف/بام نفوذ می‌کند و در نهایت گرما به اتاق زیرین می‌تابد. با توجه به اینکه قسمت وسیعی از کشور ایران در اقلیم گرم واقع شده، در معماری سنتی این سرزمین سرمایه‌گذاری فضای از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است. معماران سنتی از راهکارها و عناصر معماری متعدد برای ایجاد آسایش به صورت ایستا بهره برده‌اند (مه‌دی‌زاده، ۱۳۸۷).

جدول ۸: بام سرد در معماری سنتی. ماخذ: نگارندگان

بام کاروانسرای دیرگچین با قدمت ساسانی		تغییر در هندسه بام و سایه‌اندازی
در شهرهایی چون نائین در برخی از بناها با دیوارهای صندوقه چینی شده، اطراف بام را تا حدود یک متر و نیم بالا آورده و نوعی حیاط در بام به وجود می‌آوردند که در شب‌های تابستان برای خواب استفاده می‌شده است. همچنین این دیوارها با سایه‌اندازی بر بخشی از بام در ساعات مختلف روز نقش اقلیمی ثانویه‌ای نیز داشته‌اند. چنین فضاهایی در مساجد نیز مورد استفاده بوده است. اجرای بام به صورت منحنی‌های برآمده باعث بیشتر شدن سایه‌اندازی بر سطح بام می‌شده است.		
		مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد
استفاده از مصالح با جرم حرارتی زیاد در بام، موجب ایجاد یکنواختی حرارتی و کاهش نوسانات روزانه در ساختمان می‌شود.		

			اجزای ساختمانی دو و سه پوسته
<p>بام گنبدی دوپوسته، یکی از عناصر بومی معماری مناطق گرم و خشک ایران می‌باشد. بنابراین می‌توان با طراحی گنبد دوپوسته مناسب به شرایط آسایش فضای داخل ساختمان‌های عمومی کمک نمود (فولادی وحدانه، ۱۳۹۵).</p>			
<p>خانه (ویورلی) (Waverly)</p> 	<p>کلبه (بووار) (Beauvoir)</p> 	<p>خانه (داگ ترات) (Dog Trot)</p> 	کلاه فرنگی
<p>یکی از روش‌های کارآمد سنتی برای بکارگیری بام سرد تعریف یک فضای هوا بین بام و سقف عایق‌بندی شده زیرین می‌باشد که هوا در آنجا تهویه می‌شود (مور فولر، ۱۳۸۲: ۲۴۱).</p> 			

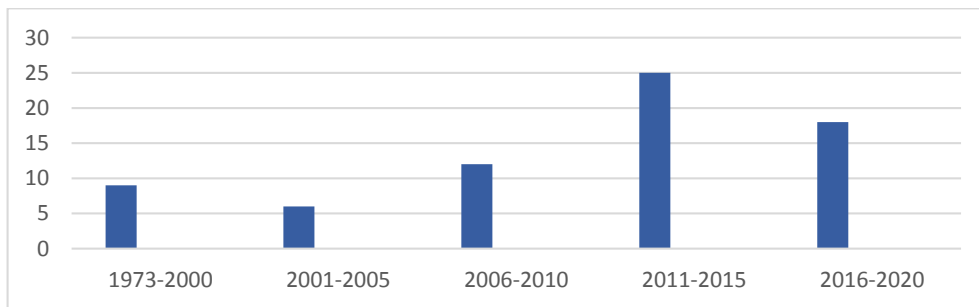
۳- روش تحقیق

جهت بررسی موضوع بام سرد از پایگاه‌های لاتین Science Direct و Google Scholar و Scopus و پایگاه‌های فارسی SID و Magiran و Civilica و ایرنادک به جمع‌آوری مقالات با کلیدواژه‌های Heat Island، Cool roof، solar، Internal rate of، Energy savings، reflection index، reflection، solar emission، heat emission، solar، Reflective Roofs، Dome roof، Building shells، green roof، microclimate، local climate، return، Albedo، Flat Roof، پرده‌ها، مقالات و پایان‌نامه‌ها غربال شده و مواردی که صرفاً در حوزه‌های جزایر گرمایی شهری و موارد موثر بر آن و همچنین شرایط آسایش حرارتی انسان بودند حذف شدند و تعداد مقالات مورد بررسی در موضوع بام سرد به هفتاد عدد رسید. سال‌های مورد بررسی محدود نشده و جمع‌آوری مقالات از اولین مقاله که در سال ۱۹۷۳ با مطرح کردن عنوان بام سرد توسط Olgay, Fathy که به بررسی سقف گنبدی و کاهش دمای بام در اثر شار تابشی در اطراف ساختمان پرداختند شروع شد و تا سال ۲۰۲۰ به اتمام رسید. در ادامه نرم افزارهای استفاده شده در مقالات جهت جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها شناسایی و معرفی شدند.

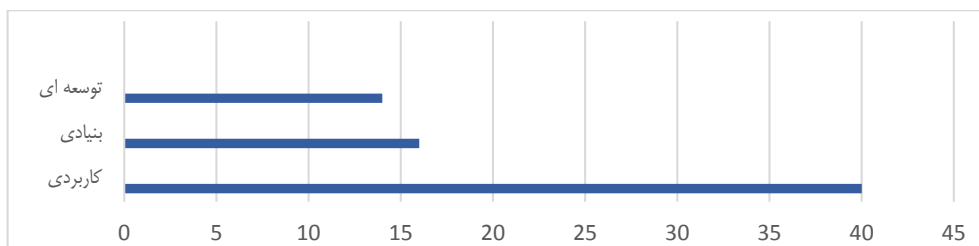
۳-۱- توصیف داده‌ها

با تحلیل محتوا، داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند؛ دسته اول مقالاتی که به بررسی بام سرد و اثر آن بر جزایر گرمایی شهری پرداختند و دسته دوم مقالاتی که به تاثیر بام سرد بر میزان انرژی مصرفی سرمایشی در داخل بنا می‌پرداختند. با جمع‌آوری مقالات در بازه زمانی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۲۰ مشخص شد بیشترین تعداد پژوهش‌ها در خصوص بام سرد در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ انجام شده و بصورت تحقیقات کاربردی می‌باشند که در بررسی نتایج مقالات، مدل‌های اجرای بام سرد معرفی و پیشنهاد شدند. روند کار اکثر مقالات برداشت اطلاعات آب و هوایی توسط سایت‌های آب و هوایی و بررسی میزان جزایر گرمایی ایجاد شده در منطقه مورد نظر بوده و همچنین بررسی میدانی بام و آزمایش روش‌های بکارگیری خنک‌سازی بام و سپس با فرض تاثیر مثبت بام سرد بر کاهش اثر جزیره گرمایی به مدل‌سازی خارجی یا شبیه‌سازی رایانه‌ای پرداختند و از اطلاعات بدست آمده توسط نرم‌افزار یا آمارگیری توسط نمونه خارجی ساخته شده به اثبات فرضیه رسیدند. با بررسی مقالات مشخص شد که سیستم بام سرد در اقلیم گرم و مرطوب و گرم و خشک بمراتب بیشتر از اقلیم‌های معتدل و سرد مورد آزمایش و استفاده قرار گرفته و این موضوع نشان‌دهنده

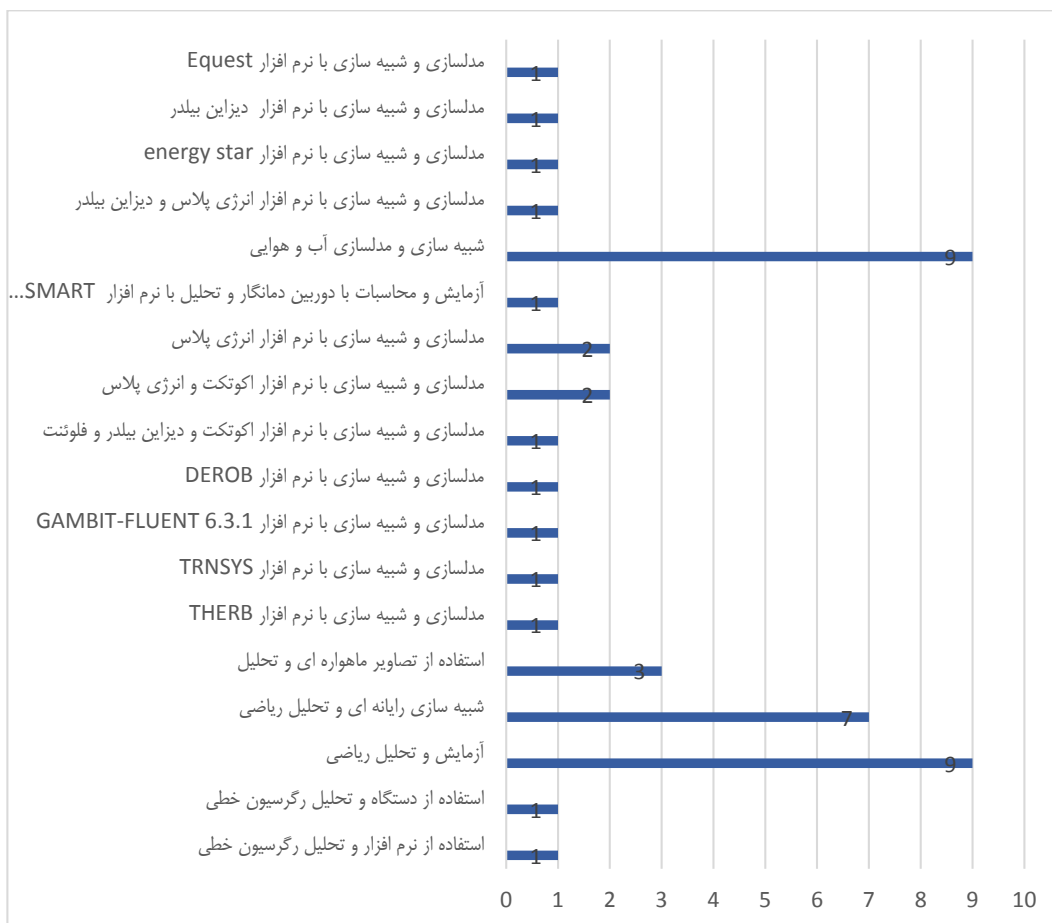
نکته‌ی مثبت ایجاد سرمایش در فضای داخلی و یا کاهش جزیره گرمایی اقلیم می‌باشد و نیز این سیستم در اقلیم سرد باعث افزایش انرژی مصرفی گرمایش شده و همچنین در روزهای سرد و برفی باعث ذوب نشدن برف در بام شده و نتایج منفی بدنبال دارد.



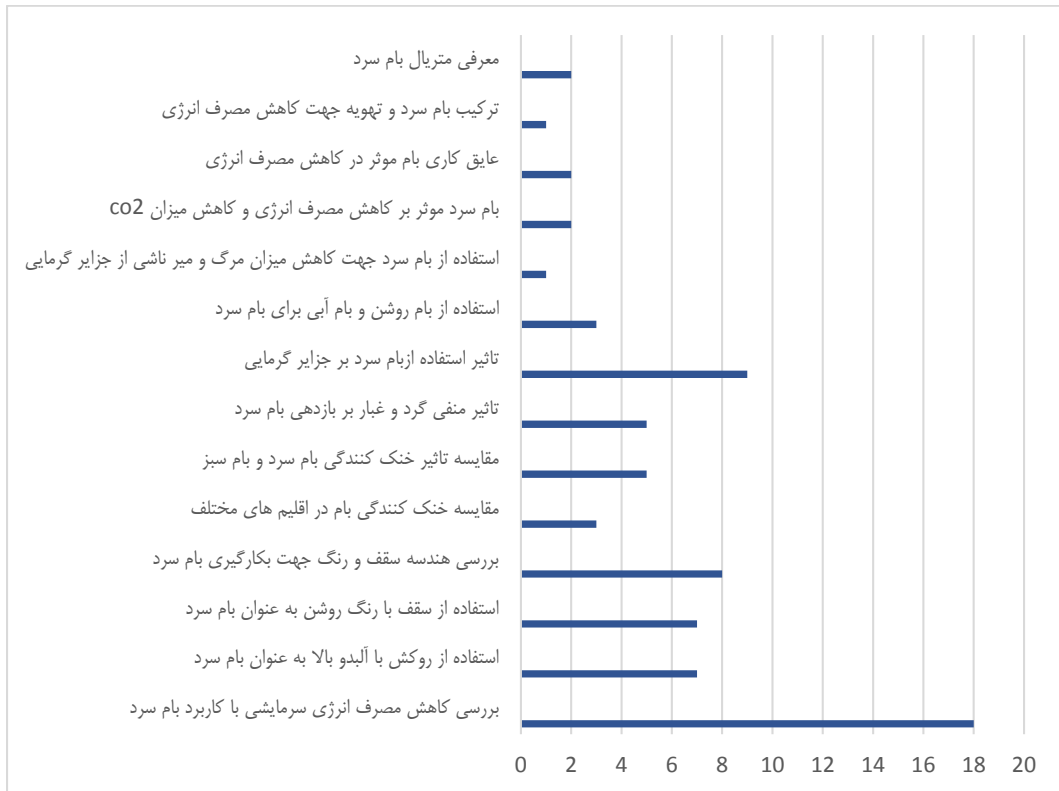
نمودار ۱: تعداد مقالات در بازه زمانی ۱۹۷۳-۲۰۲۰ ماخذ: نگارندگان



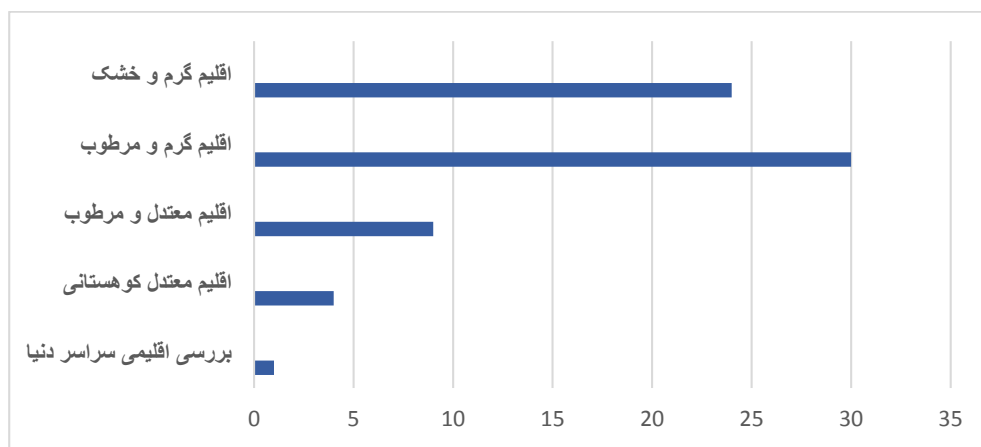
نمودار ۲: نوع پژوهش‌های انجام شده ماخذ: نگارندگان



نمودار ۳: ابزار انجام تحقیق ماخذ: نگارندگان



نمودار ۴: نتایج تحقیقات ماخذ: نگارندگان



نمودار ۵: اقلیم‌های مورد بررسی جهت کاربرد بام سرد ماخذ: نگارندگان

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با جمع‌آوری مقالات در بازه زمانی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۲۰ مشخص شد بیشترین تعداد پژوهش‌ها در خصوص بام سرد در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ انجام شده و بصورت تحقیقات کاربردی می‌باشند که در بررسی نتایج مقالات، مدل‌های اجرای بام سرد معرفی و پیشنهاد شدند. روند کار اکثر مقالات برداشت اطلاعات آب و هوایی توسط سایت‌های آب و هوایی و بررسی میزان جزایر گرمایی ایجاد شده در منطقه مورد نظر بوده و همچنین به بررسی میدانی بام و آزمایش روش‌های بکارگیری خنک‌سازی بام پرداخته و سپس با فرض تاثیر مثبت بام سرد بر کاهش اثر جزیره گرمایی به مدل‌سازی خارجی یا شبیه‌سازی رایانه‌ای پرداختند و از اطلاعات بدست آمده توسط نرم‌افزار یا آمارگیری توسط نمونه خارجی ساخته شده به اثبات فرضیه رسیدند. با بررسی مقالات مشخص شد که سیستم بام سرد در اقلیم گرمسیری گرم و مرطوب و گرم و خشک بمراتب بیشتر از اقلیم‌های معتدل و سرد مورد آزمایش و استفاده قرار گرفته و این موضوع نشان‌دهنده نکته‌ی مثبت ایجاد سرمایش و آسایش حرارتی در فضای داخلی و یا

کاهش جزیره گرمایی اقلیم می‌باشد و نیز این سیستم در اقلیم سرد باعث افزایش انرژی مصرفی گرمایش شده و نتایج منفی بدنال دارد.

منابع

- [۱] احمدی عباس، ۱۳۸۴، اثرات شکل و ساختار سقف در سرمایش ساختمان و مصرف انرژی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- [۲] فولادی وحدانه، طاهباز منصوره، ماجدی حمید، گنبد دویوخته از منظر عملکرد حرارتی در اقلیم کویری کاشان، فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، شماره یازدهم، تابستان ۱۳۹۵، سال چهارم
- [۳] کسمایی، مرتضی، ۱۳۸۲، اقلیم و معماری، انتشارات مرکز معماری ایران، تهران، ایران
- [۴] لکنر نربر، ۱۳۸۵، سرمایش، گرمایش، روشنایی، رویکردهای طراحی برای معماران، ترجمه رحمان آذری، محمدعلی کی‌نژاد، انتشارات هنر اسلامی تبریز، چاپ اول، تبریز، ایران
- [۵] مسندی مریم، ۱۳۸۷، مطالعه‌ی تاثیر بام بر دمای داخل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، تهران، ایران
- [۶] مهران، سعید. رضانی، بابک، ۱۳۹۰، آموزش تجزیه و تحلیل شدت تابش بر اثر شدت تابش انرژی خورشیدی و ارائه روش‌های بهینه، فصلنامه فن و هنر
- [۷] مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۱۳۸۹، وزارت مسکن و شهرسازی، دفتر امور مقررات ملی ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ایران
- [۸] مهدیزاده سراج، ۱۳۸۷، استفاده بهینه و موثر از انرژی‌های پاک تنها راه حل حفظ محیط زیست، در همایش ملی "سوخت، انرژی و محیط زیست"، تهران.
- [9] Cool Roof Q & A (2009) (draft) Ronnen Levinson Lawrence Berkeley National Laboratory RML27@cornell.edu July 29
- [10] H. Akbari, (2005) "Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation", Lawrence Berkeley National Laboratory, pp.3-5.
- [11] H. Taha, D. Sailor and H. Akbari, (1992) "High-albedo materials for reducing building cooling energy use", Lawrence Berkeley National Laboratory Report, pp3-7
- [12] M.A. Ameneh Sadat FattahiMa'soom, (2015) Cool Roofs, a Solution to Reduce the Effects of Heat Islands, The 3rd National Conference on Climate, Building and Energy Efficiency, pp. 7
- [13] P. Berdahl, and S. Bretz.(1997) "Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials". Energy and Buildings report 25,pp149-158.