

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۶/۰۱

نیما ولی‌بیگ^۱، شهریار ناسخیان^۲، نوشین نظریه^۳

تحلیل اثر هندسه دیوار سایه‌انداز در شکل‌گیری یخچال‌های جنوب شرقی ایران بررسی موردی: استان کرمان^۴

چکیده

عناصر معماری همواره در جهت آسایش انسان طراحی می‌شده‌اند. یکی از این عناصر یخچال‌ها هستند که در آنها برای فصل‌های گرم سال یخ تهیه می‌شده است. هندسه از عوامل تأثیرگذار در طراحی عناصر معماری است. با شناخت فرم‌های گوناگون اجزای یخچال‌های هر منطقه از جمله استان کرمان و گونه‌بندی آنها، توانمندی معماران در آشنایی با رموز هندسی به‌کاررفته در آنها آشکار خواهد شد. هندسه به‌طور مستقیم در شکل و فرم دیوار سایه‌انداز و در نهایت در فرم نهایی یخچال‌های استان کرمان نقش مؤثری دارد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، تاکنون کمتر پژوهشی را می‌توان یافت که به بررسی ویژگی‌های عناصر یخچال‌های استان کرمان به‌خصوص دیوار سایه‌انداز پرداخته باشد. لذا این پژوهش برای نخستین بار به بررسی فرم و شکل این عناصر می‌پردازد و درصدد شناخت و آشکار ساختن تسلط و دانش معمار ایرانی در نحوه ایجاد فرم دیوار سایه‌انداز یخچال‌ها است. روش داده‌اندوزی کتابخانه‌ای-میدانی و روش تحقیق پژوهش تحلیلی-توصیفی است. با بررسی‌های انجام‌شده آشکار شد فرم دیوار سایه‌انداز متأثر از ایستایی، عوامل جغرافیایی و محل قرار گرفتن گنبد در پلان است. چینش گنبد و دیوار سایه‌انداز بر اساس زاویه تابش خورشید منطقه صورت گرفته است که این چینش خود بر محل قرارگیری ورودی‌ها اثرگذار است. نوع اتصال دیوار سایه‌انداز به گنبد با توجه به محل قرارگیری اجزای فرعی در پلان یخچال‌ها متفاوت بوده است. به‌طور کلی می‌توان گفت هندسه بر شکل‌گیری فرم کالبد یخچال‌ها تأثیرگذار است.

کلیدواژه‌ها: هندسه در معماری، یخچال، استان کرمان، عناصر یخچال‌ها، دیوار سایه‌انداز.

^۱ استادیار دانشکده مرمت و حفاظت، دانشگاه هنر اصفهان، استان اصفهان، شهر اصفهان

E-mail: N.valibeig@au.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مرمت و حفاظت، دانشگاه هنر اصفهان، استان اصفهان، شهر اصفهان

E-mail: S.nasekhian@au.ac.ir

^۳ کارشناس ارشد مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان، استان اصفهان، شهر اصفهان (نویسنده مسئول مکاتبات)

E-mail: n.nazarieh@yahoo.com

^۴ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نوشین نظریه با عنوان «تیبولوژی و تکنولوژی ساخت یخچال‌های استان کرمان به همراه ارائه طرح مرمت؛ مورد مطالعاتی یخچال عباس‌آباد حاجی رفسنجان» با راهنمایی دکتر نیما ولی‌بیگ و دکتر شهریار ناسخیان در دانشگاه هنر اصفهان است.

مقدمه

اقلیم جزو عوامل مؤثر در طراحی بناهای گذشته بوده است. معماران سعی بر آن داشته‌اند که از تمامی شرایط طبیعی و اقلیمی بیشترین بهره را در بناها ببرند و یکی از این شرایط، سرمای بیش از حد زمستان است که با استفاده از این سرما و شب‌های یخبندان زمستان یخ موردنیاز خود را برای فصل گرم تابستان تولید و ذخیره کنند. به همین جهت معماران عنصر شهری به نام یخچال را طراحی کرده و ساخته‌اند. در یخچال‌ها با استفاده از دمای پایین در آستانه یخبندان شب‌های زمستانی کویر، یخ می‌ساختند. بنیانگذاران این پدیده با نبوغ خود و به‌کارگیری عناصر ساده معماری، مجموعه‌ای از یخچال‌ها را در حاشیه روستاها و شهرها پدید آورده‌اند (دهقانی، ۱۳۸۸). یخچال‌ها از اجزای مختلفی تشکیل شده‌اند. یکی از این اجزا دیوار سایه‌انداز است. هندسه عناصر کالبدی به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در ساختار فرمی کلی یخچال‌ها به‌خصوص در فرم و شکل دیوار سایه‌انداز بوده است.

معماران گذشته با استفاده از تجربه و مهارت خود با در نظر گرفتن تمامی شرایط، عناصر یک بنا را طراحی کرده و می‌ساختند. باگذشت زمان و با گسترش شهرها و ساخت‌وسازهای جدید، بناهای قدیمی تخریب و رو به فراموشی می‌روند. به‌خصوص امروزه با جایگزین شدن تکنولوژی و از دست دادن کاربری و همچنین کمبود فضای شهری، یخچال‌ها در شرف نابودی هستند. این پژوهش باعث می‌شود تا بخشی از معماری کهن بازتعریف شود. می‌توان با بررسی عامل هندسه دیوار سایه‌انداز یخچال‌های استان کرمان گام مؤثری در شناخت و محافظت صحیح از این ابنیه برداشت. علاوه بر این امید است مهارت و دانش معماران در گذشته بازتعریف و این عنصر معماری گمشده در فضای شهری امروزی احیا شود. این پژوهش به دنبال پاسخ‌دهی به سؤالات زیر است:

- آیا دیوار سایه‌انداز علاوه بر جلوگیری از تابش خورشید بر سطح حوضچه‌های یخ، بر خنک نمودن فضای داخل گنبد نیز مؤثر است؟
 - جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز از چه عواملی تأثیر می‌پذیرد؟
 - عوامل تأثیرگذار بر نوع اتصال گنبد و دیوار سایه‌انداز چیست؟
- این پژوهش با برداشت نمونه‌ها و مدل کردن آنها در نرم‌افزار ترسیمی به تحلیل و مقایسه یخچال‌های استان کرمان می‌پردازد و به سؤالات ذکر شده پاسخ خواهد داد.

پیشینه تحقیق

یکی از اثرگذارترین ویژگی‌های شناخت آثار تاریخی، پژوهش در زمینه هندسه و اشکال و دیگری هم‌چگونگی در انداختن این اشکال بر مصالح است (شماعی و دیگران، ۱۳۸۴، ۷۳). نخستین بخش حیل هندسی، دانش معماری است. آگاهی از الگوهای هندسی می‌تواند به شناخت بیشتر ما از معماری کمک برساند. باید میان آنچه از دانش هندسه در ذهن معمار شکل می‌گیرد (هندسه نظری) و آنچه باید بر مصالح پیاده کرد (هندسه عملی) هماهنگی پدید آورد (علم حیل)، به گفته دیگر، باید این رشته گسسته را بار دیگر پیوند زد (مهدی‌زاده سراج و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۸). هرگونه طراحی معماری در اصل کاری در زمینه هندسه است. هر دو با خواص خطوط، سطوح و اشکال در فضا سروکار دارند، پس هرگونه تحلیل یک اثر معماری تا حدی تحقیق درباره هندسه آن است (الاسعد، ۱۳۷۶، ۳۴). عنصر اساسی و دست‌مایه بنیادین هنر و هنر مهندسی از جمله آن هنر مهندسی معماری، هندسه است. در فضای قانون‌مند هندسه است که هر چیزی و از آن جمله اجزای یک‌خانه و حتی یک شهر می‌توانند به دایره هستی قدم گذارند

و در فضای کثرت‌ها و گوناگونی‌ها هویت خود را پیدا کنند و تنها از طریق هندسه است که هرکسی می‌تواند حدود و اندازه‌های موردنیاز خود را برای ورود به عالم وجود بیابد و در ساختارهای سطحی و فضایی نظام‌های فراگیرنده محیط بر خود قرار یابد (علی‌آبادی، ۱۳۸۶، ۶۸). در نگاه فنی و تکنیکی به آثار معماری ایرانی می‌توان تعامل میان اقلیم، هندسه، دانش مهندسی و زیبایی‌های هنری را مشاهده نمود (سیلوانیه و همکاران، ۱۳۹۱، ۵۶). پژوهشگران زیادی به موضوع یخچال‌های تاریخی پرداخته‌اند. در این میان بخشی از آنها یخچال‌ها را با دید تاریخی مورد بررسی قرار داده‌اند (مخلصی، ۱۳۷۴؛ بهادری نژاد و دهقانی، ۱۳۹۰؛ ریچاردز، ۱۳۷۹؛ شاردن، ۱۳۴۵؛ اسمیت، ۱۳۶۹؛ پولاک، ۱۳۶۸).

از پیشینه تاریخی یخ‌سازها تا دوره صفویه اطلاعات دقیقی در دست نیست هرچند در متون قدیمی و تاریخی و حتی اشعار قبل از دوره صفوی استفاده از یخ به وفور دیده می‌شود، اما از نحوه تولید آن سخنی به میان نیامده است. در متون تاریخی نیز اشاراتی به یخدان شده است که از جمله آن می‌توان به کتاب *انیس الطالبین* اشاره نمود (علایی و همکاران، ۱۳۹۳). فرهنگ‌نامه‌ها و مقالات و کتاب‌های گوناگونی به شرح و توضیح واژگان مرتبط با یخچال‌ها پرداخته‌اند (دهخدا، ۱۳۷۷؛ بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸؛ شهری، ۱۳۶۹؛ پاپلی یزدی، ۱۳۷۸؛ رفیعی سرکشی و همکاران، ۱۳۸۲؛ طاووسی، ۱۳۹۰؛ قدیری، ۱۳۷۰). یخچال متشکل از دو کلمه یخ و چال، در واقع جایی است که یخ در آن درون‌چاهی نگهداری می‌شود (هورکارد و پیربرتو، ۱۳۷۴). عملکرد و کاربرد یخچال و زمان استفاده از آن نیز مورد بحث دسته دیگری از این پژوهشگران بوده است (دهقانی، ۱۳۸۸؛ شهری، ۱۳۶۹). همچنین اجزای تشکیل‌دهنده یخچال‌ها به شکل کلی در برخی از منابع توصیف شده است (اصغری مقدم، ۱۳۸۰؛ هورکارد و پیربرتو، ۱۳۷۴؛ زارعی و هاشمی زرج آباد، ۱۳۸۵). چگونگی ساخت و عرضه یخ عاملی است که بیشتر در منابع متفرقه آمده است. چگونگی تولید یخ در مناطق مختلف کویری به شیوه یکسان ضرورت می‌پذیرفت. شب‌هایی از فصل زمستان که برودت هوا به صفر درجه سانتی‌گراد یا بیشتر می‌رسید، آب از طریق جوی و کانال‌هایی به یخ‌بند یا استخر مجاور جبهه شمالی دیوار سایه‌انداز هدایت می‌گردید (موسوی، ۱۳۸۳). میزان در نظر گرفتن عمق آب جهت تولید بیشتر یخ به سردی هوا بستگی داشت بدین گونه در شب‌هایی که هوا به اندازه کافی سرد و آسمان به‌دوراز هرگونه ابر بود می‌توانستند عمق آب بیشتری را به‌منظور تولید یخ به محل استخر هدایت نمایند و در غیر این صورت عمق آب را کمتر می‌گرفتند تا اطمینان از یخ‌زدگی حاصل گردد (زارعی و هاشمی زرج آباد، ۱۳۸۵). بعد از آبیگری استخرها و شروع یخ‌بندان، وقتی که قشری حدود چند سانتی‌متر از یخ روی آب ایجاد می‌شد، در یکی از روزهای سرد و در برخی نواحی در شب‌ها با ابزار نیزه‌مانندی که سر آن فلزی و دسته آن چوبی بود، روی سطح یخ می‌رفتند و یخ را سوراخ می‌کردند تا آب منجمد نشود و زیر یخ روی یخ قرار گیرد تا منجمد شود. افرادی که این کار را می‌کردند، یا از اقوام مسئول یخچال و یا کارگران وی بودند. عمل سوراخ کردن یخ در هر نوبت یخ‌گیری چندین بار انجام می‌شد تا کلیه آب استخر منجمد و تبدیل به یخ می‌شد (موسوی، ۱۳۸۳). هنگامی که هوا رو به گرمی می‌رفت و ضرورت استفاده از یخ احساس می‌شد، یخچال‌بان با یخ‌کش‌ها و چنگک‌های آهنی، توده‌های یخ را از گودال بیرون می‌کشید و به پای ترازوی بزرگی که هر کفه آن به لنگه دری شباهت داشت و به وسیله چهار رشته زنجیر، به سقف اتاقک مجاور آویزان بود، می‌آورد. در این اتاقک‌ها را که در قسمت خروجی یخچال قرار داشت، فقط صبح‌ها یا هنگام غروب باز می‌کردند و به تدریج یخ‌ها را شکسته و جهت فروش به بازار می‌بردند. این یخ‌سازها در تمام فصول سال دارای یخ بودند. (علایی و همکاران، ۱۳۹۳). بیشترین پژوهش‌ها در ارتباط با یخچال‌ها به وصف کلی یک یخچال در ساختار یک شهر یا یک بافت تاریخی بازمی‌گردد (جانب الهی، ۱۳۸۵؛ دهقان مهرجردی، ۱۳۹۰؛ پویا، ۱۳۷۱).

با یک دید کلی می‌توان به این نتیجه رسید که پژوهشگران و نظریه‌پردازان متعددی به بحث هندسه و هندسه در معماری پرداخته‌اند. اکثر این نظریه‌پردازان معماری را برگرفته از عامل هندسه می‌دانند و بیان می‌نمایند که اجزای معماری یک بنا بر پایه هندسه خود به وجود آمده و در جای خود قرار گرفته است. بر این اساس می‌توان عنوان کرد که عناصر سازنده یخچال‌ها نیز دارای هندسه (پلان و نما) مختص به خود بوده است. پژوهش‌هایی که تاکنون بر روی یخچال‌ها صورت گرفته است را می‌توان در چند دسته تقسیم کرد: پژوهش‌هایی که بخش‌هایی از اجزا را توصیف کرده‌اند. دسته‌ای دیگر که کالبد کلی و فرم را تحلیل کردند. بخشی مطالعات جغرافیایی و تاریخی انجام داده‌اند، ولی بیشترین پژوهش‌ها به نمونه‌های مطالعاتی می‌پردازد. بنابراین بررسی جامع و دقیق کلیه پژوهش‌ها ضعف مطالعات و تحلیل‌ها را در خصوص هندسه پلان و نمای اجزای یخچال‌ها که عامل به وجود آورنده فرم کلی یخچال‌ها است آشکار خواهد ساخت. بر این اساس سعی شده است در این مقاله به اثر هندسه دیوار سایه‌انداز یخچال‌های کرمان بر روی فرم کلی آنها پرداخته شود.

روش تحقیق

در این پژوهش تحلیل‌های انجام‌گرفته براساس روش تحلیلی - توصیفی و در دسته پژوهش‌های کیفی قرار می‌گیرد. برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات اولیه از روش کتابخانه‌ای و میدانی بهره گرفته است. از آن میان می‌توان به مطالعات اسناد، کتاب‌ها و مقالات اشاره کرد. ولی بخش دیگر تلاش‌های نگارندگان مانند برداشت پلان و نمای یخچال‌ها بر پایه مطالعات میدانی است. این پژوهش سعی در مطالعه و تحلیل یخچال‌های منطقه جنوب شرقی ایران داشته و نمونه‌های مورد مطالعه از استان کرمان انتخاب شده است. نمونه‌های مورد مطالعه و بررسی تمامی یخچال‌های موجود استان کرمان هستند که ۱۱ یخچال را شامل می‌شوند. در ابتدا پلان و نمای تمامی یخچال‌های مورد مطالعه برداشت، ترسیم و تحلیل شد. پلان‌ها با مترهای لیزری و چرمی برداشت و سپس در نرم‌افزار ترسیمی پیاده‌سازی شد. در فرآیند تحلیل، ویژگی هر یک از آنها با یکدیگر مقایسه گردیده است. این گونه‌شناسی از لحاظ فرآیند روشی کاربردی بوده و در طیف گسترده‌تری از بناهای سنتی به‌خصوص یخچال‌های سایر نقاط انجام و تحلیل شده است. در بررسی سایر نمونه‌ها نیز این شیوه به کار برده شده و نتایج مشابهی به دست آمد.

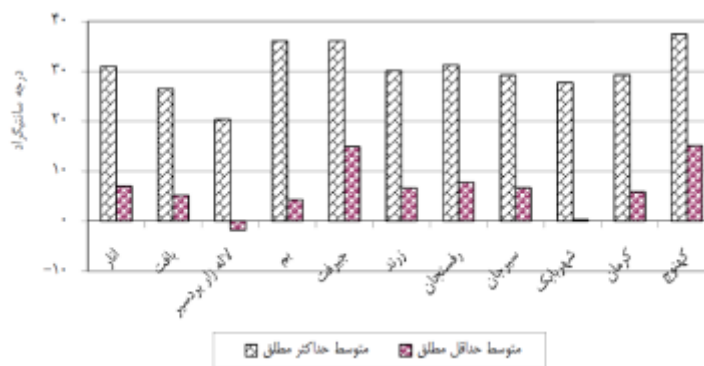
اقلیم کرمان

اقلیم کرمان از نظر تقسیم‌بندی‌های اقلیمی جزو اقلیم خشک بیابانی گرم محسوب گردیده است (گنجی، ۱۳۸۳). تنوع زیاد توپوگرافی تنوع اقلیمی گوناگونی را در استان شکل داده است. به‌طورکلی این استان دارای پنج اقلیم گرم فراهشک، منطقه گرم و خشک، پهنه نیمه‌معتدل کوهپایه‌ای، پهنه سرد و کوهستانی و پهنه گرم و نیمه‌مرطوب است (معاونت مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، ۱۳۹۰، ۳۱). به دلیل وجود بیابان‌های پهناور در این استان، بیشتر نقاط آن دارای آب‌وهوای گرم و خشک است. از مشخصات این گونه اقلیم، اختلاف شدید درجه حرارت در فصول سرد و گرم و همچنین در شب و روز است (جدول ۱ و شکل ۱). گرمای طولانی و شدید کرمان تأثیر همه‌جانبه‌ای بر ساخت بناها گذارده است (مرکز کرمان شناسی، ۱۳۹۳، ۲۴).

جدول ۱. وضعیت آب و هوایی استان کرمان

عنوان	وضعیت آب و هوایی	اقلیم کرمان
سالیانه	یخبندان	۲ تا ۴ ماه
	بارندگی	۱۰۰ تا ۶۵۰ میلی‌متر
دمای مطلق	حداقل زمستان	۱۰- تا -۳۰ سانتی‌گراد
	حداکثر تابستان	۳۶ تا ۴۷ سانتی‌گراد
دمای زمستان	حداقل شب	تا -۶ سانتی‌گراد
	حداکثر روز	۷ تا ۱۷ سانتی‌گراد
دمای تابستان	حداقل شب	۸ تا ۱۸ سانتی‌گراد
	حداکثر روز	۳۱ تا ۳۸ سانتی‌گراد

منبع: شیخ اسدی و زمان زاده، ۱۳۹۲



شکل ۱. متوسط حداکثر و حداقل دمای هوای شهرهای استان کرمان در سال ۱۳۸۷

منبع: شیخ اسدی و زمان زاده، ۱۳۹۲

یخچال و اجزای آن

یخچال‌های ایران در مناطقی ساخته می‌شده‌اند که تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌هایی با حداقل ۲۰ روز یخبندان داشته‌اند، یعنی در فلات ایران (در شهرهای جنوبی البرز و شمال کویر، شمال خراسان و جنوب کویر)، فلاتی که در همه‌حال کم آب، گاه یخبندان و گاه گرم و سوزان است. نیز در شهرهایی که در پای کوه‌ها، میان دشت کویر و صحرای لوت و کوه‌هایی که آنها را در برگرفته‌اند، پراکنده‌اند. اقلیم فلات ایران دارای دو ویژگی سرمای کافی زمستان که ساختن یخ را امکان‌پذیر می‌سازد و گرمای شدید در تابستان است، گرمایی که استفاده از یخ را در این فصل دلپذیر می‌کند (هورکارد و پیربرتو، ۱۳۷۴). ساختمان یخچال‌ها پیچیدگی خاصی ندارد. اجزای اصلی یخچال شامل دیوار سایه‌انداز اصلی، دیوار سایه‌انداز فرعی، حوضچه‌های تولید یخ، ساختمان مخزن یخچال، انبار، اتاق یخچال‌بان و ورودی است؛ اما همه این اجزا در همه یخچال‌ها وجود ندارند و یا مانند هم نیستند. به‌طور کلی اجزای اصلی دیوار سایه‌انداز، حوضچه‌های تولید یخ (یخ‌بند، یخ‌چائون یا یخ‌ساز)، مخزن یخ (گود اصلی یا یخچال با سقف گنبدی) است (پاپلی یزدی، ۱۳۷۸).

حوضچه‌های تهیه یخ گودالی مستطیل‌شکل است که به‌موازات دیوار سایه‌انداز و در بخش شمالی آن حفر شده و طول آن اندکی کمتر از طول دیوار و عمق آن ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر و گاه بیشتر بوده است.

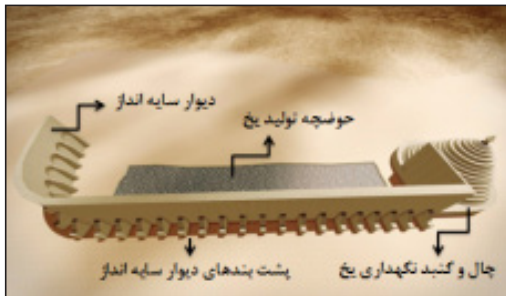
این گودال محل تهیه یخ در شب‌های سرد زمستان بود. مخزن گنبدی یخچال‌ها معمولاً از خشت خام و به صورت پوشش بستو یا رک مخروطی است. گودال یخ یا انبار یخ گودال‌های عمیق و بزرگی هستند که در وسط مخزن یخ حفر می‌شدند. دیوار سایه‌انداز، دیوار بسیار طولی بوده که از مشرق به مغرب کشیده می‌شده است. ارتفاع بلند این دیوارها که گاهی تا ده متر می‌رسد، در طول روز از تابش آفتاب بر روی آب‌های منجمد شده در حوضچه‌ها جلوگیری می‌کند. در صورتی که در مشرق و مغرب کمی آفتاب بر روی سطح یخ می‌تابد، در این نقاط نیز دیوارهای سایه‌انداز جانبی متصل به دیوار اصلی بنا می‌کردند (مخلص، ۱۳۷۴) (شکل‌های ۲ تا ۵).



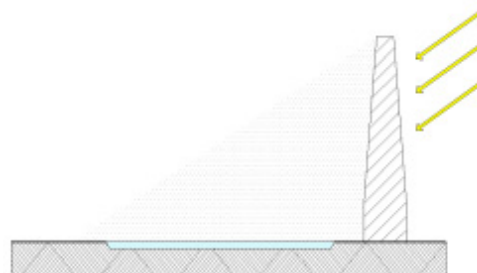
شکل ۳. یخچال گنبدی قاطول
منبع: Jorgensen, 2012, 109



شکل ۲. دیوار سایه‌انداز یخچال نوش‌آباد
منبع: نگارندگان



شکل ۵. فرم مدل‌سازی شده اجزای یخچال
منبع: نگارندگان



شکل ۴. شکل شماتیک حوضچه یخ و دیوار سایه‌انداز
منبع: نگارندگان

معرفی یخچال‌های کرمان

کرمان دارای سکونتگاه‌ها، ده‌ها و روستاهای بسیاری بوده است. این سکونتگاه‌ها در بعضی مناطق بسیار پراکنده هستند و در هر محلی که انسان‌ها به آب از جمله قنات دسترسی داشته‌اند شکل گرفته‌اند. لذا یخچال‌های استان کرمان به صورت پراکنده ساخته شده‌اند. امروزه تعدادی از این یخچال‌ها باقی‌مانده‌اند که می‌توان نام، محل و دوره ساخت آنها را در جدول ۲ مشاهده نمود.

جدول ۲. معرفی یخچال‌های باقی‌مانده استان کرمان در سال ۱۳۹۴

ردیف	نام یخچال	محل قرارگیری	دوره ساخت	ردیف	نام یخچال	محل قرارگیری	دوره ساخت
۱	انار	انار رفسنجان	قاجار	۷	کیوتر خان	رفسنجان	قاجار
۲	بم	ضلع شرقی ارگ بم	صفوی	۸	گنج	کرمان	قاجار
۳	حاج رشید	سیرجان	قاجار	۹	لنگر	لنگر ماهان	قاجار
۴	راور	راور	اواخر قاجار	۱۰	محمودآباد	محمودآباد	قاجار
۵	ریگ‌آباد	کرمان	قاجار	۱۱	مؤیدی	کرمان	اواخر صفوی
۶	عباس‌آباد	رفسنجان	قاجار				

منبع: نگارندگان

بررسی دیوارهای سایه‌انداز یخچال‌های کرمان

دیوارهای سایه‌انداز در کرمان متفاوت هستند. این تفاوت‌ها را می‌توان در نوع و شکل دیوار، نوع اتصال، محل گنبد نسبت به دیوار سایه‌انداز، پشت‌بندها و تزئینات مشاهده نمود. سعی شده است در این بخش به بررسی ویژگی‌های دیوار سایه‌انداز یخچال‌های استان کرمان پرداخته شود.

بررسی ابعاد دیوارهای سایه‌انداز یخچال‌های استان کرمان

معماران ارتفاع دیوارهای سایه‌انداز را بر اساس تجربه خود، مقاومت زمین و ابعاد حوضچه یخ‌بند تعیین می‌نمودند. ضخامت دیوارها بر اساس ارتفاع دیوار به‌گونه‌ای انتخاب می‌شده است تا دیوارهای مرتفع دارای ایستایی مناسبی باشند؛ همچنین برای ایستایی بیشتر این دیوارها، سبک‌سازی و صرفه‌جویی در مصالح ساخت، ضخامت این دیوارها با افزایش ارتفاع نسبت به پایین‌ترین قسمت دیوار سایه‌انداز (محل اتصال با زمین) کاهش پیدا کرده است. در جدول ۳ می‌توان ابعاد دیوارهای سایه‌انداز کرمان را مشاهده نمود (برخی از دیوارهای سایه‌انداز دچار آسیب شده و ابعاد آنها قابل اندازه‌گیری نبوده است. تعدادی از یخچال‌ها مانند یخچال لنگر دچار فرسایش کمتری بوده و به کمک بخش‌های سالم ابعاد اندازه‌گیری شدند).

جدول ۳. ابعاد دیوارهای سایه‌انداز استان کرمان










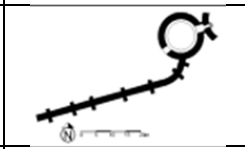


ردیف	نام یخچال	ارتفاع دیوار سایه‌انداز (متر)	ضخامت دیوار سایه‌انداز در پایین‌ترین قسمت (متر)	ضخامت دیوار سایه‌انداز در میانه دیوار (متر)	ضخامت دیوار سایه‌انداز در بالاترین قسمت (متر)
۱	انار	-	-	-	-
۲	بم	-	-	-	-
۳	حاج رشید	۱۱/۵	۲/۷	۰/۹۸	۰/۳۵
۴	راور	۶/۷	۲/۳	۱/۰۷	۰/۱
۵	ریگ‌آباد	۸/۲	۲/۲	۱/۳	۰/۳
۶	عباس‌آباد	۱۳/۶۵	۲/۴	۱/۴۵	۰/۲۲
۷	کیوتر خان	۱۲	۲	۰/۸	۰/۲
۸	گنج	۱۵/۴	۳	۲	۱
۹	لنگر	۷/۴	۲/۶	۱/۱	۰/۱۵
۱۰	محمودآباد	-	-	-	-
۱۱	مؤیدی	۹	۳/۵	۲/۳	۰/۰۵

منبع: نگارندگان

بررسی یخچال‌ها بر اساس فرم پلان دیوار سایه‌انداز

موقعیت قرارگیری گنبد، زاویه تایش آفتاب و دانش معمار بر روی فرم دیوار سایه‌انداز تأثیر گذاشته و فرم دیوارها را متفاوت نموده است. اکثر یخچال‌ها علاوه بر دیوار سایه‌انداز اصلی در دو سمت شرق و غرب دارای دیوارهای سایه‌انداز فرعی نیز هستند که این دیوارها وظیفه ایجاد سایه در زمان طلوع و غروب بر سطح حوضچه‌های یخ‌بند را بر عهده دارند. فرم دیوار اصلی در محل اتصال به دیوارهای فرعی به دو صورت منحنی و یا قائم است که بر اساس تجربه و مهارت معمار بنا شده است. تمامی یخچال‌های مورد بررسی در این پژوهش دارای دیوار سایه‌انداز فرعی بوده‌اند. در برخی از این یخچال‌ها مانند حاج رشید، ریگ‌آباد و محمودآباد فرم دیوار سایه‌انداز منحنی است. این فرم بر اساس صلاح‌دید و توانایی معمار شکل گرفته است و تفاوت چندانی با دیوارهای صاف در ایجاد سایه بر حوضچه‌های یخ‌بند ندارد. دیوارهای سایه‌انداز بسیار طویل هستند لذا در برخی از یخچال‌ها معماران برای پایداری بیشتر این دیوارها را با قرار دادن گنبد در میان دیوار سایه‌انداز اصلی آن را به دو بخش تقسیم نموده‌اند. گنبد تکیه‌گاه مناسبی برای ایستایی دیوار سایه‌انداز است. در اکثر دیوارهای یخچال‌های استان کرمان محل قرارگیری گنبد در میان دیوار سایه‌انداز است (جدول ۴).

جدول ۴. جدول ارزیابی فرم دیوار سایه‌انداز در پلان

عکس هوایی	پلان	فرم دیوار		گسستگی و پیوستگی		یخچال
		صاف	منحنی	پیوسته	گسسته	
		*			*	انار
		*		*		بم
			*		*	حاج رشید
		*			*	راور
		*	*		*	ریگ‌آباد
		*		*		عباس‌آباد حاجی





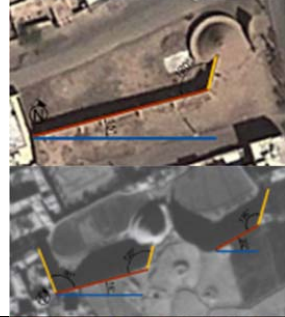


عکس هوایی	پلان	فرم دیوار		گسستگی و پیوستگی		یخچال
		صاف	منحنی	پیوسته	گسسته	
		*		*		کیوتر خان
		*		*		گنج
		*			*	لنگر
		*	*		*	محمودآباد
		*		*		مؤیدی

منبع: نگارندگان

بررسی یخچال‌ها بر اساس جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز

در یخچال‌ها برای داشتن سایه و عدم تابش خورشید بر کرت‌های یخ‌بند، معماران دیوارهای سایه‌انداز را رو به شمال ساخته‌اند تا بر اساس مسیر تابش خورشید همواره حوضچه‌های یخ در معرض تابش خورشید نباشند. علاوه بر این در تعدادی از یخچال‌های مناطق کویری این جهت‌گیری با کمی چرخش به سمت شمال غربی همراه است. این پیچش از تابش آفتاب شرقی در زمان طلوع جلوگیری می‌نماید. این دیوارها علاوه بر ایجاد سایه بر روی حوضچه‌های یخ‌بند جهت بادهای شمالی را تغییر می‌دهند و باد سرد را در اطراف حوضچه‌های یخ‌بند محصور می‌نمایند. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته تمامی یخچال‌های استان کرمان رو به شمال غربی ساخته شده‌اند و یخچال‌انار دارای بیشترین و یخچال گنج دارای کمترین میزان چرخش نسبت به جهت شمال هستند (جدول ۵) که نشان از درایت معماران کرمانی در بهره‌بردن از بادهای شمالی و پناه دادن یخ‌ها از تابش خورشید دارد.

جدول ۵. جدول ارزیابی جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز

تصاویر	خط افق دیوار سایه‌انداز اصلی دیوار سایه‌انداز فرعی دیوار فرعی گنبد	زاویه دیوار فرعی گنبد نسبت به افق	زاویه دیوار سایه‌انداز فرعی نسبت به دیوار سایه‌انداز اصلی		زاویه دیوار سایه‌انداز اصلی	یخچال
			چپ	راست		
		-	۱۳۵	۱۴۸	۵۴ و ۶۰	انار
		-	۹۰ و ۱۴۷	-	۷	بم
		-	-	-	-	حاج رشید
		۱۱۲	۱۰۷ و ۱۳۴	۱۴۸	۳۰	راور
		-	۱۲۰ و ۹۰	۱۳۶	۳۰ و ۱۵	ریگ آباد
		-	۱۱۶ و ۹۳	-	۱۷	عباس آباد حاجی
		۱۳۵	۱۳۶	۱۴۱	۴۴ و ۵۲	کبوتر خان


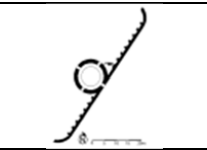



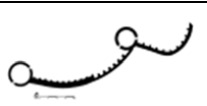

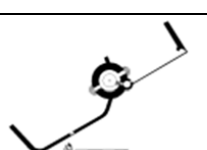



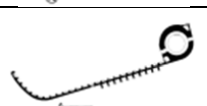



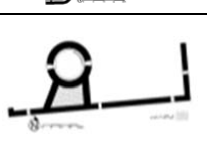

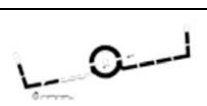



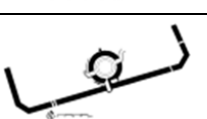
تصاویر	زاویه دیوار فرعی گنبد نسبت به افق	زاویه دیوار سایه‌انداز فرعی نسبت به دیوار سایه‌انداز اصلی		زاویه دیوار سایه‌انداز اصلی	یخچال
		چپ	راست		
	-	۹۰ و ۱۱۰	۱۰۰ و ۹۰	۵	گنج
	-	۹۱	۱۰۸ و ۹۰	-۸ و ۱۱	لنگر
	-	۹۰ و ۱۳۷	-	۳۰	محمودآباد
	-	۹۰ و ۹۰	۹۰ و ۸۳	۱۷	مؤیدی

منبع: نگارندگان

بررسی یخچال‌ها بر اساس چگونگی چینش دیوار و گنبد در ساختار کلی پلان

مواردی از قبیل موقعیت قرارگیری گنبد، زاویه تابش آفتاب و دانش معمار روی فرم دیوار سایه‌انداز تأثیر گذاشته و باعث تغییر فرم دیوار در پلان شده است. معماران کرمانی جهت قرار گرفتن ورودی‌های یخچال‌ها را در سایه دیوار سایه‌انداز، گنبد را در شمال دیوار سایه‌انداز ساخته‌اند که این امر در سایر استان‌ها صورت نگرفته است. از لحاظ گسستگی و پیوستگی نیز دیوارهای یخچال‌ها با یکدیگر متفاوت هستند. همان‌گونه که در سایر بخش‌ها عنوان شد، در دیوارهای گسسته معمار برای ایستایی بیشتر دیوار سایه‌انداز دیوارهای طولی را به دو بخش مجزا نموده و با قرار دادن گنبد در بین دو دیوار، ایستایی بهتر دیوار را ترفیع داده است. در استان کرمان در تمامی یخچال‌هایی که در وسط دیوار سایه‌انداز قرار گرفته‌اند، دیوار سایه‌انداز به صورت گسسته است (جدول ۶).

جدول ۶. جدول ارزیابی یخچال‌ها بر اساس چگونگی چینش دیوار و گنبد در ساختار کلی پلان





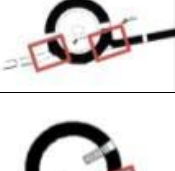
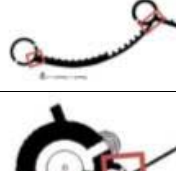
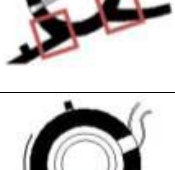
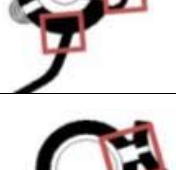

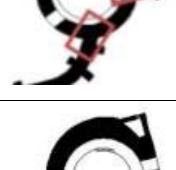

عکس هوایی	پلان	محل قرار گرفتن گنبد نسبت به دیوار سایه‌انداز		محل قرار گرفتن گنبد در طول دیوار سایه‌انداز		یخچال
		جنوب دیوار سایه‌انداز	شمال دیوار سایه‌انداز	یک سمت دیوار	وسط دیوار سایه‌انداز	
			*		*	انار
			*	*		بم
			*	*		حاج رشید
			*		*	راور
			*		*	ریگ آباد
			*	*		عباس آباد حاجی
			*		*	کیوتر خان
			*		*	گنج
			*		*	لنگر
			*		*	محمود آباد
			*		*	مؤیدی

منبع: نگارندگان

بررسی یخچال‌ها بر اساس نوع اتصال دیوار سایه‌انداز به گنبد

در برخی از یخچال‌ها علاوه بر عناصر اصلی، عناصر فرعی مانند اتاق نگهبان، اتاق یخچال‌بان، انبار و راهروی ورودی وجود دارد که محل قرارگیری آنها در پلان بر نحوه اتصال دیوار سایه‌انداز به گنبد اثرگذار است. در یخچال‌هایی که این عناصر در میان محل اتصال دیوار سایه‌انداز و گنبد وجود دارند نمای دیوار بدون تغییر است (اتصال غیرمستقیم) و در یخچال‌هایی که سر دیوار مستقیماً به گنبد متصل گشته است فرم دیوار در نما به صورت پلکانی درآمده است تا بر روی پلکان گنبد بنشینند. در برخی از یخچال‌های استان مانند یخچال راور و ریگ‌آباد هر دو نوع اتصال را می‌توان مشاهده نمود (جدول ۷).

جدول ۷. جدول ارزیابی یخچال‌ها بر اساس نوع اتصال دیوار سایه‌انداز به گنبد









پلان محل اتصال	نوع اتصال		یخچال	پلان محل اتصال	نوع اتصال		یخچال
	غیرمستقیم	مستقیم			غیرمستقیم	مستقیم	
	*		کیوترخان			*	انار
	*		گنج			*	بم
		*	لنگر			*	حاج رشید
		*	محمودآباد			*	راور
	*		مؤیدی			*	ریگ‌آباد
						*	عباس‌آباد حاجی

منبع: نگارندگان

بررسی یخچال‌ها بر اساس پشت‌بندهای دیوار سایه‌انداز

برای پایداری دیوارهای طویل سایه‌انداز معماران از سازه مکمل به‌عنوان پشت‌بند بهره گرفته‌اند. پشت‌بندها دارای فرم‌های گوناگونی بوده و براساس دانش و مهارت معمار و ارتفاع دیوار سایه‌انداز محل قرارگیری متفاوت هستند. در برخی از یخچال‌ها پشت‌بندها به‌صورت تاق‌نما و یکپارچه ساخته شده و در شمال دیوار سایه‌انداز قرار دارند. این نوع پشت‌بندها علاوه بر بحث پایداری به کاهش دمای فضای حوض‌های یخ‌بند کمک می‌نمایند. بادهای شمالی (شمال شرقی و شمال غربی) که به سمت دیوار سایه‌انداز می‌وزند با برخورد با دیواره‌های این تاق‌نماها شکسته شده و به سمت حوضچه‌های یخ برمی‌گردند که می‌توان یخچال‌های بم، عباس‌آباد و کبوترخان را مثال زد. نوع دیگر پشت‌بند، پشت‌بندهای منفصل است که در شمال و یا جنوب دیوار سایه‌انداز ساخته می‌شوند. نوع، ارتفاع و ضخامت این پشت‌بندها بر اساس تجربه معمار بوده است. همچنین در برخی از یخچال‌ها برای پایداری بیشتر گنبد، پشت‌بندهایی را برای این عنصر نیز در نظر گرفته‌اند مانند یخچال مؤیدی (جدول ۸).

جدول ۸. جدول ارزیابی یخچال‌ها بر اساس پشت‌بندهای دیوار سایه‌انداز

تصاویر	شکل شماتیک پشت‌بند	محل قرارگیری پشت‌بند نسبت به دیوار سایه‌انداز		نوع پشت‌بند		یخچال
		جنوب	شمال	متصل (طاق‌نما)	منفصل	
			*		*	انار
			*	*		بم
			*		*	حاج رشید
-	-	-	-	-	-	راور
		*	*		*	ریگ‌آباد


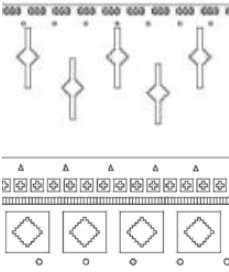

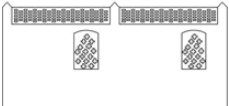

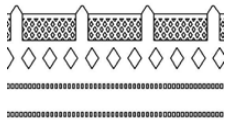

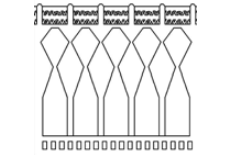

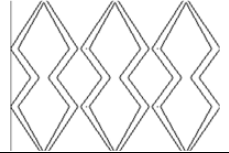

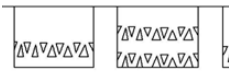
تصاویر	شکل شماتیک پشت‌بند	محل قرارگیری پشت‌بند نسبت به دیوار سایه‌انداز		نوع پشت‌بند		یخچال
		جنوب	شمال	متصل (طاق‌نما)	منفصل	
		*	*	*	*	عباس‌آباد حاجی
		-	*	*	-	کبوترخان
-	-	-	-	-	-	گنج
-	-	-	-	-	-	لنگر
		-	*	-	*	محمودآباد
		متصل به گنبد		-	*	مؤیدی

منبع: نگارندگان

گونه‌شناسی و ارزیابی یخچال‌ها بر اساس تزئینات دیوار سایه‌انداز

معماران برای زینت بخشیدن به دیوارهای زمخت و طویل دیوارهای سایه‌انداز از خشت‌ها و ایجاد حفره‌ها، طرح‌های هندسی، طرح کاج و گیاهان استفاده نموده‌اند. محل قرارگیری این تزئینات بیشتر در بخش فوقانی دیوار سایه‌انداز است. برخی از حفره‌های موجود در دیوار سایه‌انداز علاوه بر زیبایی بخشیدن به دیوار، باعث کاهش فشار باد در ارتفاع و سبک‌سازی آنها می‌شوند. در یخچال‌های استان کرمان نیز می‌توان این تزئینات را مشاهده نمود (جدول ۹).

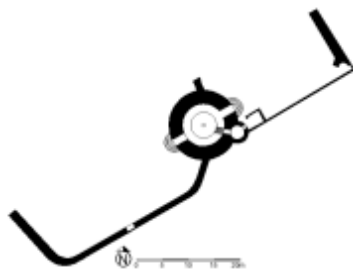
جدول ۹. جدول ارزیابی یخچال‌ها بر اساس تزئینات دیوار سایه‌انداز

تصاویر	طرح تزئینات	نوع تزئینات		یخچال
		سبک‌سازی	نقوش هندسی	
-	-	-	-	انار
-	-	-	-	بم
		*	*	حاج رشید
		*		راور
		*	*	ریگ‌آباد
-	-	-	-	عباس‌آباد حاجی
-	-	-	-	کبوترخان
		*	*	گنج
			*	لنگر
-	-	-	-	محمودآباد
		*		مؤیدی

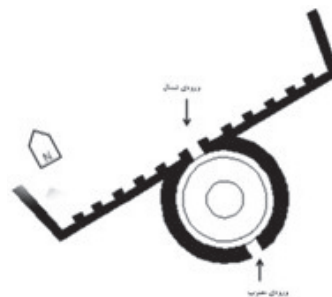
منبع: نگارندگان

بررسی اثر محل قرارگیری گنبد یخچال نسبت به دیوار سایه‌انداز در محل قرارگیری ورودی
 محل قرارگیری گنبد نسبت به دیوار سایه‌انداز در پلان و محل ورودی گنبد یخچال مؤثر است. به‌طور
 معمول برای گنبد یخچال‌ها دو ورودی در نظر می‌گرفتند. یکی از ورودی‌ها دارای سطح شیب‌دار جهت
 سهولت در بردن یخ به داخل گنبد در فصل زمستان و ورودی دیگر دارای پله جهت برداشت یخ در فصل
 تابستان بوده است. در برخی از یخچال‌ها، مخزن یخ دارای ورودی‌های فرعی از داخل اتاق یخچال‌بان نیز

هستند. در کرمان گنبد در شمال دیوار سایه‌انداز قرار گرفته است. در این حالت ورودی‌های گنبد در سایه قرار دارد که باعث می‌شود هوای گرم در تابستان کمتر به داخل گنبد نفوذ کند. ولی زمانی که گنبد یخچال در جنوب دیوار سایه‌انداز ساخته شود، تنها ورودی یخ که در شمال گنبد وجود دارد در سایه دیوار سایه‌انداز قرار گرفته و ورودی‌های دیگر در معرض تابش آفتاب هستند. این امر را می‌توان در یخچال‌های یزد و کرمان مقایسه نمود (شکل‌های ۶ و ۷). اکثر یخچال‌های استان کرمان مانند بم، حاج رشید، ریگ آباد و لنگر دارای دو ورودی گنبد هستند و یخچال‌های راور و مؤیدی علاوه بر دو ورودی اصلی دارای یک ورودی مجزا از داخل اتاق یخچال‌بان هستند که به دلیل موقعیت قرارگیری (وجود اتاق یخچال‌بان میان ورودی و فضای مخزن)، جبهه هوای گرم و اشعه‌های خورشید هیچ‌گاه به داخل یخچال نفوذ نمی‌کند.



شکل ۷. پلان یخچال راور کرمان
منبع: نگارندگان



شکل ۶. پلان یخچال میبد
منبع: نگارندگان، برگرفته از قبادیان، ۱۳۸۵، ۳۱۸

گونه شناسی یخچال‌های کرمان

ویژگی‌های شکلی و هندسی تک تک یخچال‌های نمونه، مورد تحلیل قرار گرفت. با مقایسه این ویژگی‌ها در پلان و نما می‌توان دسته‌بندی مربوط به گونه‌شناسی یخچال‌های استان کرمان را ارائه نمود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. دسته‌بندی یخچال‌های کرمان براساس ویژگی‌های هندسی آنها

انواع گونه			تعداد گونه	معیار دسته‌بندی
منحني و صاف	صاف	منحني	۳	فرم دیوار سایه‌انداز
پیوسته	گسسته		۲	گسستگی و پیوستگی دیوار سایه‌انداز
یک سمت دیوار سایه‌انداز	وسط دیوار سایه‌انداز		۲	محل قرار گرفتن گنبد در طول دیوار سایه‌انداز
غیرمستقیم	مستقیم		۲	نوع اتصال دیوار سایه‌انداز به گنبد
متصل	منفصل		۲	نوع پشت‌بند
شمال و جنوب دیوار سایه‌انداز	جنوب دیوار سایه‌انداز	شمال دیوار سایه‌انداز	۳	محل قرارگیری پشت‌بندها در پلان
تزیینات هندسی و سبک‌سازی	تزیینات سبک‌سازی		۳	نوع تزیینات
داخل گنبد	بر روی دیوار سایه‌انداز		۲	محل قرارگیری تزیینات

نتیجه‌گیری

عوامل متعددی مانند عوامل جغرافیایی (زاویه تابش خورشید و جهت وزش باد) و پایداری سازه بر شکل‌گیری فرم کلی یخچال‌ها در پلان و فرم دیوارهای سایه‌انداز تأثیر می‌گذارد. معماران برای جلوگیری از تابش خورشید در زمان طلوع و غروب بر روی حوضچه‌های یخ‌بند با احداث دیوارهای سایه‌انداز فرعی فرم U را برای دیوارهای سایه‌انداز برگزیدند. این دیوارها علاوه بر عملکرد سایه‌اندازی به‌عنوان پشت‌بندی برای دیوارهای سایه‌انداز اصلی عمل می‌نمایند. برای پایداری بیشتر این دیوارها معماران علاوه بر پشت‌بندها و دیوارهای فرعی، طول دیوار را به دو بخش تقسیم نموده و گنبد را نیز در میان دیوار قرار داده‌اند. بدین شیوه که دیوار در محل برخورد با گنبد به فرم L شکل درمی‌آید و گنبد همچون پشت‌بندی جلوی رانش را می‌گیرد. معماران برای محبوس نمودن هوای سرد و بادهای شمالی بر روی حوضچه‌های یخ‌بند، جهت دیوار سایه‌انداز را عمود بر جهت وزش باد غالب فصول سرد انتخاب می‌نمودند. نحوه اتصال دیوار سایه‌انداز با گنبد بر اساس چینش عناصر فرعی در پلان است که اتصال به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم صورت گرفته است. بدین‌گونه که اگر اتصال غیرمستقیم باشد تأثیر چندانی از شکل پلان گنبد نخواهد گرفت، ولی در اتصال‌های مستقیم (بدون واسطه) به گنبد (بدان معنا که دیوار سایه‌انداز به شکل مستقیم به گنبد متصل باشد) فرم دیوار حالت پلکانی پیدا کرده است. در استان کرمان ورودی‌های یخچال‌ها در دو جهت شرق و غرب هستند که این امر به دلیل قرارگیری گنبد در شمال دیوار سایه‌انداز است. در یخچال‌های گنبدی سایر نقاط ایران که گنبد در سمت جنوب دیوار سایه‌انداز است، محل ورودی‌ها در شمال و جنوب گنبد است. مزیت قرارگیری ورودی‌ها در شرق و غرب، عدم ورود هوای گرم به داخل گنبد و در سایه قرار گرفتن این ورودی‌ها است.

پژوهشگران در این پژوهش برای اولین بار کوشیده‌اند ویژگی‌های هندسی عناصر یخچال‌های استان کرمان را شناسایی و تأثیر عوامل گوناگون را بر روی فرم و هندسه اجزا به‌خصوص دیوار سایه‌انداز بررسی کنند. برای دستیابی به فرم اصیل یخچال‌ها و مرمت اصولی آنها نیاز به شناخت دقیقی از هندسه و فرم آنها وجود دارد. امروزه با گسترش مناطق مسکونی و قرارگیری یخچال‌ها در مرکز شهرها و همچنین به دلیل مرمت‌های اشتباه صورت گرفته فرم اصلی یخچال‌ها تغییر پیدا کرده است که با شناخت فرم یخچال‌های هر منطقه می‌توان از این امر جلوگیری نمود و می‌توان به یک سنجه مناسب جهت دسته‌بندی آنها رسید. مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده در این پژوهش قابلیت انجام بر روی یخچال‌های سایر شهرهای دارای یخچال در ایران، چون کاشان، نائین، یزد را خواهد داشت.

فهرست منابع

- الاسعد، محمد (۱۳۷۶) «کاربرد هندسه در معماری مساجد»، ترجمه سعید سعیدپور، فصلنامه هنر، شماره ۳۳، صص ۳۴-۵۳.
- اسمیت، آنتونی (۱۳۶۹) سفرنامه آنتونی اسمیت، ماهی سفید کور در ایران، ترجمه محمود نبی زاده، نشر نقش جهان، اصفهان.
- اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۸۰) «یخچال‌ها پدیده‌های جنب شهری فراموش شده»، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۹، صص ۴۸-۵۲.
- بهادری نژاد، مهدی، و دهقانی، علیرضا (۱۳۹۰) «یخ‌سازی طبیعی و سنتی در ایران (قسمت سوم)»، تهویه مطبوع، شماره ۱۰۰، صص ۳۹-۴۷.
- بهشتی، محمد و قیومی بیدهندی، مهرداد (۱۳۸۸) فرهنگ‌نامه معماری ایران در مراجع فارسی، نشر دانشنامه تاریخ معماری ایران‌شهر، تهران.

- پاپلی یزدی، محمدحسین و لباف خانیکی، مجید (۱۳۷۸) «یخچال و تولید یخ مصنوعی» ارائه‌شده در دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، زنجان.
- پولاک، یاکوب ادوارد (۱۳۶۸) سفرنامه پولاک، ترجمه کیکاووس جهاندار، نشر خوارزمی، تهران.
- پویا، عبدالعظیم (۱۳۷۱) سیمای باستانی شهر میبد (بررسی تاریخی سازواره و ساخت یک شهر کویری)، نشر صنوبر، یزد.
- جانب‌اللهی، محمد سعید (۱۳۸۵) چهل‌گفتار در مردم‌شناسی میبد، گنجینه هنر، تهران.
- دهخدا، علی‌اکبر (۱۳۷۷) لغت‌نامه دهخدا، نشر دانشگاه تهران، تهران.
- دهقانی، علیرضا (۱۳۸۸) آب در فلات ایران: قنات، آب‌انبار، یخچال، نشر یزدا، تهران.
- دهقان مهرجردی، الهام (۱۳۹۰) میبد در آئینه تاریخ (سیری در تاریخ و فرهنگ مردم میبد)، سمنان، حبله رود.
- رفیعی سرشکی، بیژن؛ رفیع زاده، ندا و رنجبر کرمانی، علی محمد (۱۳۸۲) فرهنگ مهرازی (معماری) ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
- ریچاردز، فرد (۱۳۷۹) سفرنامه فرد ریچاردز، ترجمه مهین دخت صبا، انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.
- زارعی، علی و زرج آباد، حسن (۱۳۸۵) «پژوهشی بر سازه‌های آبی شهر بیرجند (مطالعه موردی یخچال‌ها)»، فصلنامه مطالعات فرهنگی اجتماعی خراسان، شماره ۲، صص. ۵-۱۶.
- سیلوایه، سونیا؛ دانشجو، خسرو و فرمهین فراهانی، سعید (۱۳۹۱) «هندسه در معماری ایرانی پیش از اسلام و تجلی آن در معماری معاصر ایران»، نشریه نقش جهان، شماره ۱، صص. ۵۵-۶۶.
- شاردن، ژان (۱۳۴۵) سفرنامه شاردن، ترجمه محمد عباسی، نشر امیرکبیر، تهران.
- شمعی، علی و احمد پور احمد (۱۳۸۴) بهسازی و نوسازی شهری از دیدگاه علم جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.
- شهری، جعفر (۱۳۶۹) تاریخ اجتماعی تهران در قرن سیزدهم (زندگی، کسب‌وکار) (۲)، نشر اورامان، تهران.
- شیخ اسدی، فاطمه و زمان‌زاده، زرمز (۱۳۹۲) «یخدان راه‌حلی پایدار در معماری بومی ایران (نمونه موردی کرمان)»، ارائه‌شده در اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط‌زیست پایدار، همدان.
- طاووسی، تقی (۱۳۹۰) «شرایط اقلیمی مؤثر در تکامل معماری یخچال»، مطالعات ایرانی دانشگاه باهنر کرمان، شماره ۲، صص. ۱۶۹-۱۹۲.
- علایی، علی؛ رنجبر، شمسی و سبزی، زهرا (۱۳۹۳) «آب‌گوارا در کویر بررسی دو نمونه از شاهکارهای معماری کویر (آب‌انبار و یخچال سنتی)»، ارائه‌شده در اولین همایش ملی معماری، عمران و محیط‌زیست شهری، همدان، ایران.
- علی‌آبادی، محمد (۱۳۸۶) «هندسه جاویدان در معماری اسلامی»، نشریه بین‌المللی علوم مهندسی، شماره ۵، صص. ۶۳-۷۳.
- قبادیان، وحید (۱۳۸۵) بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، نشر دانشگاه تهران، تهران.
- قدیری، بهرام (۱۳۷۰) «فهرستواره نام بناهای قدیم ایران»، صفه، شماره ۳ و ۴، صص. ۸۲-۱۰۵.
- گنجی، محمدحسین (۱۳۸۳) سی‌ودو مقاله جغرافیایی، نشر مؤسسه جغرافیایی و کار توگرافی سحاب، تهران.
- مخلصی، محمدعلی (۱۳۷۴) «یخچال‌های قدیمی شاهکارهای معماری از یادرفته»، ارائه‌شده در اولین کنگره معماری و شهرسازی ایران (۲) - ارگ بم - کرمان، میراث فرهنگی کشور.
- مرکز کرمان‌شناسی (۱۳۹۳) «گزارش سالیانه استان کرمان (سال ۱۳۹۳)»، گزارش چاپ‌نشده، آرشیو مرکز کرمان‌شناسی.
- معاونت مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، دفتر آمار و اطلاعات (۱۳۹۰) سالنامه آماری استان کرمان در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰، معاونت مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، انتشار دفتر برنامه‌ریزی استانداری کرمان، کرمان.
- مهدی‌زاده سراج، فاطمه؛ تهرانی، فرهاد و ولی‌بیگ، نیما (۱۳۹۱) «به‌کارگیری مثلث‌های هنجار در محاسبات ریاضی و پیاده‌سازی هندسه در ساخت و اجرای معماری سنتی ایران»، مرمت، آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی، شماره ۱، صص. ۱۵-۲۷.
- موسوی، قاسم (۱۳۸۳) «یخچال‌های سنتی شهرستان ابهر و نحوه یخ‌سازی و یخ‌گیری در آنها»، فرهنگ مردم، شماره ۱۰، صص. ۳۳-۳۶.
- هورکارد، برنارد و پیربرتو، ماری (۱۳۷۴) «یخچال‌های سنتی فلات ایران»، ترجمه ابوالحسن سرو قد مقدم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۷، صص. ۵۶-۶۵.
- Jorgensen, Hemming (2012) *Ice houses of iran, How, Where, Why*, Mazda Publishers, California.