مجلّهٔ مطالعات ایرانی
دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی
دانشگاه شهید باهنر کرمان
سال دهم، شمارهٔ بیستم، پاییز ۱۳۹۰

شرایط اقلیمی موثر در تکامل معماری «یخ چال»*

دکتر تقی طاوسی
دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

«یخ‌چال»در لغت چاله‌ای است که در آن یخ نگهداری می‌شد. طراحی «یخ چال خشتی« نه تنها همساز با اقلیم محلی بود، بلکه ابتکاری شاخص بود که با تهیّهٔ یخ در دورهٔ سرد و نگهداری آن تا اوج دورهٔ گرم سال، پارامترها و فاکتورهای آب و هوایی را به خدمت می‌گرفت. «یخ‌چال» تحت تأثیر آب‌وهوا شکل گرفت. یکی از ویژگی‌های آب و هوایی فلات ایران دارا بودن زمستان سرد با دمای یخبندان هوا و تابستان گرم است. این ویژگی، ساختن یخ در زمستان و مصرف آن در تابستان را توجیه می‌کرد. در این پژوهش، معماری «یخ‌چال» در دو بخش جداگانه «کارگاه یخ‌سازی» و «یخدان» بررسی شده‌است. بخش نخست، محوطه سر بازی بود که برای «یخ چائون» طراحی شده بود. «جایگاه یخ‌چائون» شامل دو سازهٔ «دیوار سایه انداز» و «کرت یخ‌بند» بود. بخش‌دوم که ساختمانی سرپوشیده بود، نیز دو سازهٔ «چال» و

* تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱/۱۷ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۳/۲
نشانی پست الکترونیک نویسنده: **t_tavousi@yahoo.com**

«سرپناه» را در بر می‌گرفت. طراحی «یخ‌چال» بر پایهٔ شرایط آب‌وهوایی شکل گرفت. این طراحی با تشدید شرایط یخبندان زمستانی و تعدیل زاویهٔ تابش عمودی خورشید در دورهٔ گرم سال، به تغییر میکروکلیمای «جایگاه یخ‌چائون» و فضای اندرونی «یخدان» کمک می‌کرد.

واژگان کلیدی

اقلیم، یخ چال خشتی، یخدان، معماری سنتی.

۱- مقدمه

«یخ‌چال»، سازه‌ای بود که از قرن‌ها پیش در فلات ایران (به‌ویژه در مناطق گرم وخشک) به منظور تهیّهٔ یخ در روزهای سرد زمستان و نگهداری آن برای روزهای گرم و طاقت فرسای تابستان مورد توجّه بوده است. «یخ‌چال» در لغت به چاله‌ای گفته شده است که در آن یخ نگهداری می شد. در لغت نامهٔ دهخدا از آن به معنی چالهٔ گود و سرپوشیده یاد شده که به زمستان در آن یخ ریزند و برای تابستان نگهداری کنند. در فرهنگ نظام نیز «یخ‌چال» به گودالی گفته شده که در آن یخ ریخته و برای استفاده در تابستان نگه می دارند (داعی الاسلام،۱۳۶۴:۵۴۸).

در میان مردم شرق کشور ایران (کرمان و خراسان) تمام مجموعهٔ «کارگاه یخ‌سازی خشتی» به «یخدان» مشهور شده است.

در بسیاری از شهرها و روستاهای فلات بلند ایران به‌ویژه پیرامون دشت کویر و لوت (شامل: استان‌های تهران، سمنان، خراسان، کرمان، یزد و اصفهان) و مناطق دیگر مانند ارومیه، همدان، قوچان و...، «یخ‌چال» ساخته می‌شد تا مردم از یخ آن‌ها در تابستان استفاده کنند. «کارگاه یخ سازی سنتی» بخشی از بناها و خدمات عمومی رایج در این مناطق بود. درکامل‌ترین شکل «کارگاه یخ‌سازی» به کمک سایهٔ دیوار، هوای سرد و یخبندان زمستان و آب شیرین قنات یخ ساخته می‌شد و در تابستان برای خنک کردن میوه، ساختن شربت، بستنی و... از آن استفاده می‌شد. این‌معماری منحصر به فرد، نقشی برجسته در قابل تحمّل نمودن گرمای سوزان

تابستان داشته است. یکی از گردشگران فرانسوی به نام ساموئل (Samuel,۱۹۸۷:۹۲) می‌نویسد: شیوهٔ تولید و حفظ یخ در ایران آن قدر پیشرفته است که حتی فقیرترین مردم هم می‌توانستند از یخ استفاده کنند (قبادیان،۱۳۸۵). «یخ‌چال خشتی» تا میانهٔ دههٔ ۱۹۷۰ مورد استفاده بوده است (سرو قد مقدم، ۵۷:۱۳۷۴).

ساختن یخ مستلزم کار دو تا چهار نفر در زمستان بود. اوایل آذرماه کف یخ‌چائون را تمیز نموده و آن را آمادهٔ آبگیری می‌کردند. «کرت یخ بند»، را در شب های بسیار سرد در اوج سرمای زمستان معمولاً در میانهٔ چلهٔ بزرگ (اوّل دی تا دهم بهمن) و چلهٔ کوچک (یازدهم تا پایان بهمن) یعنی اواخر دی و اوایل بهمن، هر شب به ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر از آب قنات پر می کردند (سرو قد مقدم،۶۲:۱۳۷۴). سرمای یخ بندان هوا سبب می شد تا آب یخ بزنند. پگاه روز بعد قشر یخ را شکسته و از آب زیرین بر روی آن می ریختند تا همهٔ آب منجمد شود. شب های بعدی همین مقدار آب اضافه می‌کردند تا هنگامی که ارتفاع یخ به حدود ۳۰ سانتیمتر برسد. در این هنگام یخ را به تکه های بزرگ مکعب شکل شکسته و به وسیلهٔ قلاب و ریسمان که به انتهای تیرک محکمی متصل بود، به «چال» می بردند. شاردن گردشگر معروف فرانسوی در مورد چگونگی تهیهٔ یخ در ایران می‌نویسد: در یک محوطه گودال عمیقی رو به شمال حفر می‌کنند و در مقابل آن حوضچه‌های مربع شکلی به ابعاد ۱۶ تا ۲۰ شست (به عمق چهل تا پنجاه سانت) به مانند تشتکی فراهم می‌آورند. آنگاه شامگاهان اینها را از آب مالامال ساخته و هنگامی که بامدادان کاملاً منجمد می گردد، آن را با رندهٔ باغبانی یا شن کش می شکنند و تکه تکه می‌کنند و همهٔ این تکه‌ها را در گودال مزبور که توضیح داده شد، روی هم انبار می نمایند و آن را در آنجا به قدر مقدور به تکه‌های کوچکتر مبدّل می‌کنند، چون هر اندازه که یخ بیشتر خرد شود، بهتر منجمد می‌گردد. سپس این حوضچه‌های مربع شکل را همانند روزهای گذشته با آب تازه پر می‌کنند و هنگام غروب با کدوهای غلیانی دسته‌دار (آبپاش)، تکه‌های یخ گودال را آب پاشی می‌نمایند تا بهتر به هم بچسبد. دست کم بعد از هشت روز کار پیاپی به

ترتیب مذکور، قطعات یخی به ضخامت پنج تا شش پا به دست می آید و آن وقت شب هنگام مردم معمولی محله را جمع می آورند و اینان با فریاد و هلهله و شادی فراوان در حالتی که مشعل‌هایی در دور و بر گودال افروخته‌اند، با آهنگ ساز و ابزار طرب که برای تهییج آنان نواخته می‌شود، در گودال فرود آمده و تکه های بزرگ یخ را روی هم می‌شکنند و میان هر دو تکه آب می‌پاشند تا بهتر به هم بگیرد. در مدت شش هفته یک یخ چال مالامال از یخ می گردد. برف در بسیاری از اوقات مانع کار می‌شود و خیلی اسباب زحمت می گردد، ولی هنگام بارش آن را می روبند و به دقت تمام دور می‌سازند. [زیرا] ذوب برف موجب آب شدن یخ ها می گردد. دیولافوا در مورد «یخ‌چال» تبریز می نویسد: در هنگام برگشت به کنسول خانه از نزدیکی «یخ‌چال» گذشتیم. این بنا مخصوص فراهم کردن یخ است. یعنی در زمستان یخ را در آنجا انبار کرده و در تا بستان به بازار می آورند و به مردم می فروشند. تهیه یخ بسیار آسان است و با زحمت کمی به دست می آید. در زمستان گودال‌هایی را که در پهلوی دیوار های بلند واقع شده، پر از آب می‌کنند تا شب یخ ببندد و صبح کارگران یخ را شکسته و قطعات آن را در زیر زمین های سرپوشیده می‌ریزند و برای تابستان انبار می‌کنند (قبادیان،۱۳۸۵).

آب مورد نیاز «یخ‌چال» از طریق آب جوی یا قنات تهیه می‌شده است. «یخ-چال‌دار» آب را به یک زمین هموار کرت شده (مانند زمین کشتزار که شیارهایی پیوسته برای انتقال آب به قسمت‌های مختلف در زمین کنده شده) در چاله‌هایی به عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر هدایت می کرد. بر اثر سرمای هوا در زمستان [و انتقال (تابش و هدایت) گرما از آب گرم‌تر به آسمان سردتر در شب هنگام]، آب یخ می‌زند. میزان یخ زدن آب به وضع هوا بستگی داشت. در هر شب که هوا بسیار سرد و آسمان صاف و بدون ابر بوده [ابر به عنوان عایق تبادل گرمای تابشی بین زمین و آسمان عمل می کند]، می توانستند عمق آب را برای یخ زدن بیشتر بگیرند، ولی برعکس در هر شب که هوا نسبتاً گرم‌تر و یا آسمان ابری بود، عمق آب را کمتر می گرفتند تا یخ ببندد.

نقش تابش خورشید در طراحی اقلیمی «یخ‌چال‌خشتی»، برجسته ترین تأثیر آب‌وهوایی است، چرا که در طرح، شکل و قالب یخ‌چال خشتی بسیار تعیین کننده بوده است. بررسی روابط ویژگی‌های کالبدی یخ‌چال خشتی، با عوامل و عناصر اقلیمی بسیار اهمیّت دارد. مکانیسم ساخت و نگهداری یخ در این معماری، مستلزم کارکردهای ویژهٔ هر بخش سیستم در تشدید، تعدیل و تغییر شرایط میکروکلیمایی فضای هر دو بخش«یخ‌چائون» و «یخ‌چال» است. این الگو نشان می‌دهد که چگونه تمدّن ایرانی با استفاده از از ابتدایی ترین تکنیک در معماری متناسب با اقلیم یخ‌چال‌درگذشته، توانست در زمستان یخ تهیّه نماید و آن را برای روزهای گرم تابستان انبار کند. بررسی اقلیمی«یخ چال»، مرور نقطه نظرات گوناگون اندیشه‌های ابتکاری است که می‌تواند راهنمای مناسبی برای "کاربرد اقلیم در برنامه ریزی‌های محیطی" فراهم سازد (طاوسی،۱۳۸۹).

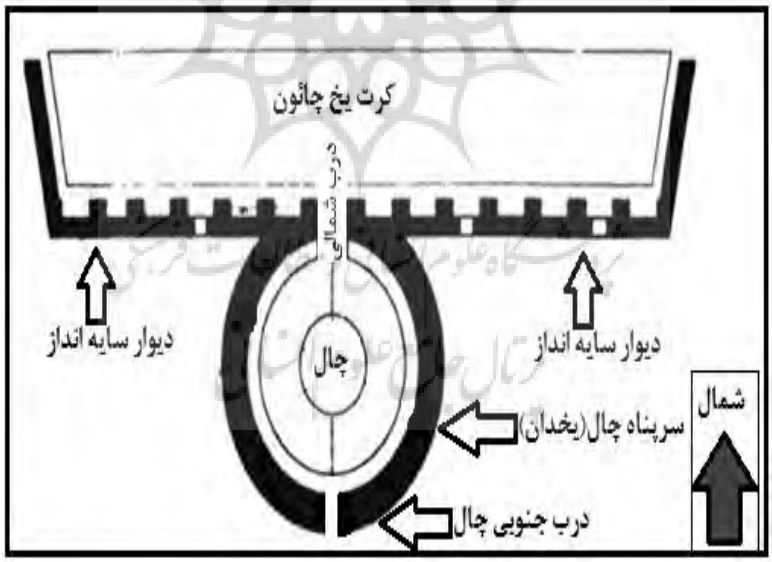
نگاره ۱: یخدان مؤیدی شهرکرمان

۲-تحلیل اقلیمی «یخ چال»

طرح ونقشهٔ معماری «یخ چال خشتی» درهر شرایط آب‌وهوایی تقریباً یکسان است (سرو قد مقدم، ۶۱:۱۳۷۴). به هرحال، تکامل معماری «یخ چال» در گسترهٔ مکانی، متأثر از ویژگی‌های اقلیمی بوده است. به سخن دیگر، تعداد زیربخش‌ها و

چگونگی کارکرد هر«یخ‌چال» از شرایط آب‌وهوایی پیروی می‌کرد. یعنی در گسترهٔ مکان و متناسب با دگرگون شدن فاکتورها و پارامترهای آب و هوایی، تکامل معماری این بنای سنتی هویدا می گردد. در گذر از مناطق سردسیر به سوی جاهای پست‌تر و گرمسیری ایران، تکامل طرح و نقشهٔ «یخ‌چال خشتی» به روشنی دیده می‌شود.

کلیّت پلان معماری «یخ چال» در دو بخش جداگانه «کارگاه یخ‌سازی» و «یخدان» قابل بررسی است. «کارگاه یخ‌سازی»، محوطهٔ سربازی بود که برای «یخ‌چائون» طراحی شده بود. «جایگاه یخ چائون» (یعنی محل چاییدن یا چایمان-یخ) شامل دو سازهٔ «دیوار سایه انداز» و «کرت یخ‌بند» بود. «یخدان» که بخش سرپوشیدهٔ یخ چال بود، نیز دو سازهٔ «چال» و «سرپناه» را در بر می گرفت. هر «یخ چال» که در پلان آن همهٔ سازه ها وجود داشته باشد، یک «یخ‌چال کامل» به شمار رفته است. با توجه به نقش میکروکلیمایی هر سازه، تأثیر شرایط اقلیمی بر تکامل معماری «یخ چال» را می توان تحلیل و تفسیر کرد.



نگارهٔ ۲: پلان یخ چال میبد در استان یزد (اقتباس از: قبادیان،۱۳۸۵)

۱-۲- دیـوار سـایه انـداز بـا راسـتای«شـرقی، غربـی»در جنـوب«جایگـاه یـخ‌چـائون» جـای داشـت. ایـن دیـوار خـشت و گلـی(چینـه) کـه بـا کاهگـل انـدود شـده بـود، بـسیار دراز و بلنـد بـود. طـول دیـوار یـخ‌چـال حـاجی‌علـی آقـا در عبـاس آبـاد کرمـان ۸۵ متـر بیـان شـده اسـت (سـرو قـد مقـدم،۶۱:۱۳۷۴). بلنـدی «دیـوار سـایه انـداز» باضـخامت ۲ تـا ۳ متـر بـه ۸ تـا ۱۰ متـر مـی رسـید. در برخـی از شـهرها، ایـن دیـوار بلنـدترین دیـوار شـهر بـود. بـرای مثـال در شـهر یـزد بـه آن دیـوار بلنـد مـی گفتنـد و محلـه‌ای کـه «یـخ‌چـال» در آن سـاخته شـده بـود، بـه محلـهٔ دیـوار بلنـد مـشهور بـود. بلنـدی دیـوار بلنـد یـزد (در انتهـای خیابـان ایرانـشهر امـروزی) ۱۵متـر بیـان شـده اسـت (پـاپلی یـزدی و لبـاف خـانیکی، ۳۳۹:۱۳۸۷). در«یـخ‌چـال» شـهر ابرقـو چنـد «دیـوار سـایه انـداز» مـوازی در راسـتای«شـرقی، غربـی» وجـود دارد (قبادیـان،۱۳۸۵). فاصـلهٔ میـان هـر دو دیـوار کـه «جایگـاه یـخ چـائون» بـود، حـدود ۱۰ تـا ۱۵ متـر بیـان شـده اسـت (سـایت‌آفتـاب). افزایش تعـداد «دیـوار سـایه انـداز» بـه منظـور گـسترش بیـشتر سـطح «جایگـاه یـخ چـائون» و تولید بیشتر یخ بوده است.

معمـولاً دو سـر «دیـوار سـایه انـداز» بـه سـمت شـمال مـی‌پیچیـد و کنـاره‌هـای شـرقی و غربـی «محوطـهٔ یـخ چـائون» را در پنـاه خـود مـی‌گرفـت. در میبـد، طـول «دیـوار سـایه انـداز» جنـوبی ۴۲ متـر و دیـوار هـای شـرقی و غربـی هـر یـک ۲۰ متـر اسـت (قبادیـان،۱۳۸۵). ایـن ویژگـی باعـث مـی‌شـد تـا از یـک‌سـو، پرتـو آفتـاب در هنگـام طلـوع و غـروب خورشـید از جبهـه‌هـای شـرقی و غربـی بـه «جایگـاه یـخ‌چـائون» نفـوذ نکنـد. از سـوی دیگـر، هـوای سـردتری کـه در فـضای«یـخ چـائون» تـشکیل مـی شـد، از سـه سـو در محاصـرهٔ «دیـوار سـایه انـداز» قـرار مـی‌گرفـت و یـک واژگـونی دمـایی در مقیاس میکروکلیمـایی بـالای سـر «کـرت یـخ‌بنـد» ایجـاد مـی‌گردیـد. ریـزش هـوای سـرد از جبهـهٔ شـمالی نیـز مـی توانـست ایـن محاصـره را تکمیـل کنـد. ایـن سـازوکار بـه کـاهش تبـادل گرمـایی بـین هـوای محـصور در فـضای کارگـاهی و محـیط در معـرض تـابش کمـک مـی‌کـرد. در نتیجـه، شـرایط دمـایی هـوا در زیـر چترسـایه‌ای کـه بـر بـالای «کـرت یـخ‌بنـد» کـشیده شـده بـود، تـشدید مـی‌شـد. یعنـی مـدّت و شـدّت یخبنـدان

درمقیاس میکروکلیمایی در «جایگاه یخ‌چائون» نسبت به وضع هوای محل افزایش پیدا می‌نمود. این شرایط، به فرآیند انجماد شب های بعدی سرعت می بخشید.

«دیوار سایه انداز» از تابش مستقیم پرتو مایل خورشید در تمام طول روز سرد زمستان بر سطح «کرت یخ چائون» جلوگیری می‌کرد، ولی وزش بادهای سرد قطاع شمالی را مانع نبود. این ویژگی شدت و مدت یخ بندان را تشدید می‌نمود.

۲-۲- «کرت یخ بند» که به آن«آبگیر»، «حوضچه» و «یخ چائون» هم گفته شده است (سایت آفتاب)، محل تهیهٔ یخ در شب‌های سرد زمستان بود که با استفاده از شرایط یخبندان زمستانی، برای انجماد آب قنات کاربرد داشت. «سطح یخ‌چائون» از سطح عمومی زمین حدود ۰/۵ متر پایین تر بود و از چندین «کرت یخ‌بند» تشکیل می‌شد. گودی «کرت یخ‌بند» برحسب شرایط اقلیمی محل، بویژه تعداد روزهای یخبندان، متغیر بود و کف آن از طریق فشردن و اندود کردن، نفوذ ناپذیر بود. «کرت یخ‌بند» در شمال«دیوار سایه انداز»و در پناه سایهٔ آن جای داشت و در روز، نور خورشید بر سطح یخ نمی‌تابید.

«سطح یخ‌چائون»، یک قواره زمین مستطیل شکل بود که طول آن درست در راستای «شرقی، غربی» کشیده می‌شد. مقدار طول «سطح یخ‌چائون» به درازی «دیوار سایه انداز» وابسته بود. پهنای «محوطه یخ‌چائون» به عمق سایهٔ دیوار بستگی داشت. عمق سایه نیز به نوبهٔ خود به بلندای دیوار سایه انداز و زاویهٔ ارتفاع خورشید در تراز محل بستگی داشت. برای نمونه، طول «کرت یخ بند» میبد ۴۲ و عرض آن ۲۰ متر با مساحت حدود ۸۰۰ متر مربع و گودی ۰/۵ متر بوده است (drshahinsepanta, ۱۳۸۷). در بسیاری از موارد، «کرت یخ‌بند» از هیچگونه مصالحی برخودار نبود. دور تا دور آن دیوارکی آجری کشیده می شد، ولی کف آن خاکی بود(پاپلی یزدی و لباف خانیکی، ۳۳۵:۱۳۸۷).

در کنار بهره مندی از«جریان هوای سرد»، به کارگیری آب «تمیز» و «شیرین» برای تهیهٔ یخ موضوعی بود که در جایگزینی«یخ‌چال»در هر شهر اهمیّت بسیاری داشت. به همین خاطر، نه تنها «یخ‌چال»را در فضای باز بیرون شهر می-ساختند، بلکه محل ساخت پس از مظهر قنات و در بالا دست کشتزار، جایی که

هنوز آب تازه و تمیز بود، انتخاب می شد. برای تولید یخ معمولاً شیرین ترین آب قنات منطقه انتخاب می شد تا آسان تر یخ بزنند. آب قنات پیش از رسیدن به «محوطهٔ یخچائون»، راه درازی را پیموده و در مجاورت با هوای سرد زمستانی (بویژه در بخش هرنگ قنات) به قدر کافی سرد شده بود. از سوی دیگر، «سطح یخچائون» هم که به هنگام روز در سایه جای داشت، به اندازهٔ کافی سرد مانده و برای یخ گرفتن شبانه آماده شده بود.

۳-۲- «چال»به منظور نگهداری یخ در یک دورهٔ طولانی، به یک عایق گرمایی خوب نیاز بوده است. بدین منظور یخ را در درون «چال» که در درون زمین کنده می‌شد، انبار می کردند. «چال» در زمستان از یخ انباشته می‌شد و برای تابستان نگهداری می گردید.

شکل «چال» در «سرپناه گنبدی» گرد و در «سرپناه تونلی» چهار گوش و مستطیل شکل بود (پاپلی یزدی و لباف خانیکی،۱۳۷۸:۳۳۹). اندازهٔ آن در هر یخ چال متفاوت بود. برای مثال، گودی «چال» در یخچال حاجی‌علی‌آقا در عباس‌آباد کرمان ۴/۵ متر با قطر ۹/۵ متر و گنجایش ۲۹۰ متر مکعب است (سرو قد مقدم،۱۳۷۴:۶۱). قطر دهانهٔ «چال» در یخچال میبد که یکی از بزرگترین یخ چال‌های ایران بوده، ۱۳ متر و عمق آن حدود ۶ متر است. در دور تا دور این «چال» یک سکو جهت رفت و آمد به عرض ۱/۵ متر وجود داشت (قبادیان،۱۳۸۵). بنابراین، قطر فضای درونی سرپناه مخروطی شکل این «یخ چال» در قاعدهٔ مخروط، باید ۱۶ متر باشد.

برای دسترسی به کف «چال»، یک راه پله از سمت جنوب در کنارهٔ درونی «چال» ساخته می شد. در واقع، در کنارهٔ شمالی «چال»، یک سراشیبی بود که یخ را از «کرت یخ بند» وارد آن می کردند و در کنارهٔ جنوبی، پلکانی جای داشت تا «یخ چال بان» به کمک آن بتواند به لایه های پایین تر یخ دسترسی داشته باشد. سوراخ چاهکی در ته چاله باز می شد که اجازه می‌داد آب ناشی از ذوب یخ بیرون شود. کناره‌ها و کف قسمت تاجی شکل و تو خالی چال که از یخ پُر می‌شد، با آجر فرش شده بود. چال در درون ساختمانی مخروطی شکل و بلند قرار داشت.

ارتفـاع از تـه چالـه تـا نـوک طـاق مخروطـی ۱۲ تـا ۱۶ متـر بـوده اسـت (سـرو قـد مقدم،۱۳۷۴:۶۲).

هنگـامی کـه «چـال» از یـخ پـر مـی‌شـد، بـا خـشت خـام و کاهگـل روی یـخ را مـی‌پوشـاندند. درب «سـرپناه» را بـسته و در پایـان جلـو درب را هـم بـا خـشت تیغـه کرده و کاهگـل مـی‌کردنـد. بـدین ترتیـب «یـخ» انبـار شـده در «چـال» بـدون داشـتن هـیچ گونـه ارتبـاطی بـا هـوای محـیط، تـا دورهٔ گـرم سـال نگهـداری مـی‌شـد. درب سـمت جنـوبی در دورهٔ گـرم سـال بـاز مـی‌شـده و «یـخ‌چـال‌بـان» از طریـق ایـن درب، یـخ را برای فروش بیـرون مـی بـرد و یـخ را بـه مـشتریان عرضـه مـی‌کـرد. فـروش یـخ معمـولاً در اتـاقکی در کنـار درب جنـوبی انجـام مـی‌گرفـت و بـا ترازوهـای بزرگـی وزن مـی‌شـد (پاپلی یزدی و لباف‌خانیکی، ۱۳۸۷:۳۴۰).

٤-۲- «سـرپناه» بـه دو صـورت «گنبـدی» و «تـونلی» دیـده مـی شـود (مخلـصی،۱۳۷۴:۶۹۰) کـه گونـهٔ «گنبـدی» آن رایـج تـر اسـت. «سـرپناه گنبـدی»، یـک گنبـد بـزرگ خـشتی، مخروطـی شـکل، بلنـد بـا ظـاهر پلکـانی اسـت کـه متناسـب بـا آب‌وهـوای کوهپایـه‌هـا و دشـت هـای نـسبتاً گـرم تـر منـاطق مرکـزی و شـمال شـرقی کـشور سـاخته شـده اسـت. گنبـد یـخ چـال اغلـب دو درب داشـت، یکـی در سـمت شـمال بـین «کـرت یـخ بنـد» و «چـال»، کـه در زمـستان از آن اسـتفاده مـی شـد. هنگـامی که یـخ را از «کـرت یـخ بنـد» بـه درون «چـال» جابـه‌جـا مـی کردنـد و از طریـق شـیبی کـه بـین یـخ بنـد و چـال بـود، یـخ را بـه درون «چـال» سُـر مـی دادنـد. درب دیگـر در سـمت جنـوب گنبـد جـای داشـت، کـه در تابـستان بـرای برداشـت و فـروش یـخ از آن اسـتفاده مـی شـد. در مـواقعی کـه از درب هـا اسـتفاده نمـی شـد، آن‌هـا را بـا یـک تیغـه خـشت وگل مـسدود مـی‌کردنـد. دورتـا دور «چـال» یـک سکّو بـرای رفـت و آمـد قـرار داشـت. ایـن سـکو کـه «چـال» را از پوسـتهٔ ضـخیم گنبـد جـدا مـی کـرد، رفـت و آمـد بـین درب شـمالی و جنـوبی را فـراهم مـی‌کـرد. از ایـن نـوع «یـخ‌چـال» دو تـا در کرمـان، دو تـا در کاشـان، یکـی در زواره، یکـی در نـایین، یکـی درابرقـو، یکـی دربـم، یکـی در میبـد، دو تـا در سـیرجان، دوازده تـا در سـبزوار، یکـی در شـاهرود، یکـی دردامغـان، بقایـای

دو تا در قوچان و تعدادی در روستا های حاشیهٔ شمالی دشت کویر باقی مانده است (قبادیان،۱۳۸۵).

«سرپناه گنبدی» همیشه از نوع دورچین بوده، با خشت خام و ملات گل ساخته شده است. چون بسیار کمتر از آجر، گرمای فضای بیرونی را از پوستهٔ خود جابه‌جا می‌کرد. به جهت مقاومت و ایستایی بهتر گنبد و همچنین، کاهش هزینهٔ ساخت آن، ضخامت پوستهٔ گنبد از پایین به بالا کاهش می یافته تا وزن گنبد کمتر شود و مرکز ثقل آن در ارتفاع پایین تری قرار گیرد. برای نمونه، ارتفاع گنبد یخ چال شهر میبد حدود ۱۵ متر و ضخامت پوستهٔ آن در پایین ۲/۴ متر و در بالا ۰/۲ متر یعنی به طول یک خشت است. به همین دلیل است که گنبد یخ چال از نمای بیرونی به صورت پلکانی می باشد. اگرچه شکل پلکانی گنبد را برای کاهش ضخامت پوسته (قبادیان،۱۳۸۵)و همچنین آسانتر شدن بازسازی و نگهداری آن بیان کرده‌اند(سروقد مقدم، ۶۱:۱۳۷۴). امّا اهمیت این شکل در تفسیر آب و هوایی آن نهفته است. ارتفاع بسیار بلند گنبد در کنار شکل پلکانی بام که به صورت پیاپی عمودی یا افقی است، سبب می شد تا سطح سرپناه «چال» نسبتاً عمودی باشد. این قالب، تعدیل زاویه تابش خورشید در دورهٔ گرم سال را در پی داشت. یعنی زاویهٔ تابش عمودی خورشید در دورهٔ گرم سال به زاویه‌ای بسیار مایل تبدیل شده و تابش خورشید به کمینهٔ ممکن می رسید. قبادیان (۱۳۸۵) ارتفاع بسیار بلند گنبد را که در بعضی از مناطق بلندترین یا یکی از بلندترین ساختمان‌های شهر یا روستا بوده (مانند یخ‌چال شهر میبد در استان یزد و یخ‌چال زواره در استان اصفهان) به این دلیل بیان کرده که در طی روزهای گرم تابستان، خصوصاً در حاشیهٔ بیابان‌های مرکزی، که تابش آفتاب درون یخ‌چال را گرم می‌کرد، گرما در ارتفاع بالاتری قرار گیرد و سطوح پایین تر خنک‌تر باشد. به‌علاوه کاهش تدریجی ضخامت دیوار به سمت بالای سرپناه هم موجب می‌شد نرخ تبادل گرما در راستای بلندای پوسته افرایش یابد. این ویژگی در یک فرایند هم افزایی(سینرژی مثبت) به تشدید شرایط واژگونی دمای هوا در فضای درونی سرپناه کمک می‌کرد. بدین ترتیب، هوایی که در اثر رسانش بسیار ضعیف موادی

کـه یـخ درون چـال را پوشـانده بـود و نیـز بـه‌دلیـل ضـخامت قـسمت پـایین دیـوار کـه تبـادل گرمـایی بـین فـضای درونـی و محـیط پیرامـونی را تقریبـاً نـاممکن سـاخته بـود، سـردتر از هـوای بـالاتر مـی شـد. بـه بیـان دیگـر، وجـود یـخ در پـایین‌تـرین قـسمت قیـف وارونـه سـرپناه، شـرایط واژگـونی دمـا را در فـضای درونـی آن ایجـاد مـی‌کـرد. تـابش عمـودی تـر بـر بـالاترین قـسمت گنبـد و وجـود روزنـه درسـقف کوچـک آن بـه تـشدید شـرایط اینـورژنی میکروکلیمـای سـرپناه کمـک مـی‌نمـود. وارونگـی‌دمـای‌هـوا، از همرفـت هـوای درون سـاختمان جلـوگیری مـی‌کـرد. مجمـوع ایـن شـرایط، همـه شـیوه‌هـای تبـادل‌گرمـا (تـابش، رسـانش و همرفـت) بـین بـخ و هـوا را بـه شـدّت محـدود مـی‌کـرد. بـدین ترتیـب، از ذوب یـخ جلـوگیری شـده و تـا دورهٔ گـرم سـال بـا کمتـرین آسـیب نگهـداری مـی شـد. ویژگـی میکروکلیمـایی فـضای درونـی سـرپناه گنبـدی شـکل بـه صورت زیر توجیه پذیر است:

نگارهٔ ۳: مخروط «سرپناه گنبدی» و شکل پلکانی آن (شهر ابرکو)

۳- ویژگی های کاهندهٔ انرژی خورشیدی رسیده به بام گنبد

۱-۳- کاهش زاویهٔ تابش خورشید تابستانی

بـسیار پـیش تـر از ایـن کـه "لـی (۱۹۶۳) (Lee)" بـه ایـن نتیجـه برسـد کـه «در عـرض هـای جغرافیـایی پـایین و در فـصول‌گـرم منـاطق معتدلـه، مقـدار جـذب انـرژی بـر

روی سطوح بیرونی ساختمان های بلند و صاف...، نسبت به سایر ساختمان ها بسیار کمتر است»، ایرانیان با ساختن گنبد های بلند مخروطی این تئوری را به اجرا گذاشته بودند. «قامت بلند»، «شکل مخروطی گنبد» و «سطح پلکانی پوسته»، سبب می‌گشت تا سطح بام سرپناه در یک حالت عمودی باشد. با توجه به این که سطح عمودی، زاویهٔ تابش مستقیم آفتاب در دورهٔ گرم سال که (نسبتاً عمودی‌تر هستند) را به شدّت کاهش می دهد، در نتیجه طراحی قالب گنبد یخ‌چال، مقدار انرژی رسیده به سطح بیرونی پوستهٔ ساختمان را در سطح بزرگ‌تری پخش می‌کرد و انرژی رسیده به یکای سطح ساختمان را کاهش می داد.

۲-۳- افزایش آلبدو

رنگ نسبتاً صاف، صیقلی و روشن سطح بیرونی سرپناه که از اندود کردن آن با کاهگل [ملات خاک رس و کاه (ساقه طلایی گندم و جو)] به‌دست می‌آمد، مقدار آلبدوی بام گنبد را افزایش می داد. در نتیجه پوسته ساختمان کمتر گرم می‌شد و شار انرژی گرمایی خورشید از راه پوسته کاهش پیدا می‌کرد.

٤- ویژگی‌های کاهنده شار انرژی گرمایی محیط بیرونی به فضای درونی گنبد

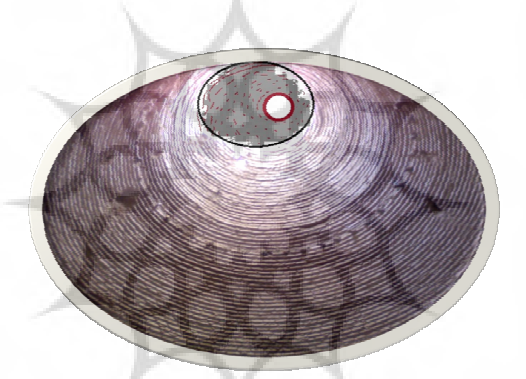
۱-٤- ضخامت پوسته

پوستهٔ بسیار ضخیم گنبد، انتقال (رسانش) گرمای هوای تابستانی فضای بیرونی از راه پوسته را به شدّت کاهش می داد.

۲-٤- سطح ناصاف و نسبتاً کدر درون گنبد

برخلاف سطح روشن و صیقلی بیرونی گنبد که با کاهگل اندود شده بود، سطح درونی«یخ‌چال» هیچ گونه آستری نداشت. بنابراین سطح درونی، زُمخت و ناصاف بود. رنگ کدرتر خشت خام نسبت به کاهگل به‌علاوه ناهمواری سطح و سایه ردیف های خشت بر یکدیگر، باعث کدرتر شدن سطح داخلی نسبت به سطح بیرونی می شد. این حالت سبب می شد تا پتانسیل جذب گرمای پوسته گنبد در داخل بیشتر از سطح بیرونی آن باشد. به بیان دیگر، درصد جذب گرمای هوا

در سطح درونی بالاتر از سطح بیرونی بود. در نتیجه اختلاف دمای دو سطح پوسته به کمینهٔ ممکن می رسید و انتقال (رسانش) گرمای هوای تابستانی فضای بیرونی از راه پوسته به شدّت کُند می شد. این ویژگی در کنار پوسته ضخیم گنبد به صورت «هم افزایی» در جهت کاهش شار انرژی گرمایی هوای محیط به درون یخ چال عمل می کرد. نگارهٔ ۱۰-۱۳ سطح درونی و بدون آستر گنبد مخروطی شکل «یخ چال» در شهر کاشمر را نشان می‌دهد. این عکس که در تاریخ ۲۱ دی ماه سال ۱۳۸۵ حدود ساعت ۱۵ گرفته شده است، به خاطر خراب شدن بخشی از قسمت بالای گنبد، بیش از اندازه فضای درونی را روشن نشان می‌دهد.



نگارهٔ ٤: سطح درونی بدون آستر و ناصاف «سرپناه گنبدی» (شهر کاشمر)

۵- ویژگی‌هایی کاهندهٔ ترمودینامیکی دما در فضای درونی سرپناه

با پایان دورهٔ سرد و یخ بندان هوا و آغاز دورهٔ گرم سال، به تدریج دمای هوای محیط افزایش پیدا می کند. ویژگی معماری «یخ چال» به گونه ای بود که شار انرژی گرمایی محیط بیرونی به فضای درونی گنبد را کاهش می‌داد. این ویژگی سبب می‌شد بین فضای درونی «یخ چال» و هوای محیط اختلاف دما به وجود آید. در نتیجه، جهت جریان انرژی گرمایی در پوستهٔ سرپناه از فضای بیرونی به فضای درونی «یخ چال» بر قرار می‌شد. این فرایند موجب می گشت

دمای هوای درون «یخچال» نیز متناسب با افزایش گرمای هوا بالاتر رود، اگرچه شیب افزایش دمای درون «سرپناه» بسیار بسیار کمتر از دمای محیط بود.

همان طور که پیش‌تر گفته شد، در پایان انبار کردن یخ در «چال»، درب‌های «سرپناه» بسته شده و با خشت جلو آن را تیغه می چیدند و روی آن را با کاهگل آستر می نمودند تا هیچ روزنه و راه نفوذی برای جریان هوا وجود نداشته باشد. بنابراین، اگر افزایش دمای هوای درون «سرپناه» در دورهٔ گرم سال همراه با افزایش‌حجم نباشد، برپایهٔ قوانین گازها می‌تواند به صورت ترمودینامیکی به افزایش فشار هوای درون «یخچال» بیانجامد. براساس قانون چارلز (۱۷۸۸)، همواره نسبت «ضریب حجم و فشار هوا» به«دمای هوا»، مقدار ثابتی است. بنابراین، بستن و مسدود کردن همهٔ روزنه‌ها یعنی این که حجم هوای درون «سرپناه» ثابت نگاه داشته شود. در چنین شرایطی، بر اثر افزایش دما، فشار هوا افزایش می یافت. به بیان دیگر، گرمای افزوده شده بر سیستم در حجم ثابت، صرف افزایش انرژی درونی بسته می‌شد (قائمی،۱۳۷۵:۲۲۶).

برای جلوگیری از این پدیده، روزنه ای در بالای سقف گنبد تعبیه می شد تا هوای گرم شده و منبسط شده از راه آن بیرون برود و از این طریق از افزایش فشار هوا جلوگیری می شد.

٦- ویژگی های هم افزاینده (سینرژی مثبت) در تشکیل وارونگی دمای درون «گنبد»

۱-٦- افزایش زاویهٔ تابش خورشید در راستای بلندای گنبد

با توجّه به این که پایین ترین قسمت گنبد، دیوار عمودی و نسبتاً بلند (حدود ۴ تا ۵ متر) است و بالاترین قسمت بام آن، حالت افقی دارد. بنابراین، زاویهٔ تابش مستقیم آفتاب دورهٔ گرم سال، در قسمت پایین گنبد مایل‌تر از سطوح بالایی است. در نتیجه نرخ شار انرژی گرمایی تابش خورشید به فضای درونی گنبد، از پایین به سمت بالا افزایش پیدا می‌کرد و به گرم‌تر شدن هوای قسمت بالاتر درون «یخچال» کمک می‌کرد. این پدیده، وارونگی دمای درون گنبد را تشدید می‌کرد.

۲-٦- افزایش شار گرمایی هوای تابستانی محیط در راستای بلندای گنبد

۱-۲-٦- شکل مخروطی گنبد سبب می گشت تا *"نسبت پوسته به حجم"* در قسمت بالایی گنبد بیشتر شود. این ویژگی موجب می شد تا تماس هوای درون گنبد با پوسته از پایین به بالا افزایش‌یابد. درنتیجه انتقال (رسانش) گرمای هوای تابستانی فضای بیرونی از راه پوسته به سمت بالای گنبد، بیشتر شده و به گرم تر شدن هوای قسمت بالاتر فضای درونی منجر می شد. این شرایط، واژگونی دمای هوا در فضای درونی سرچناه را افزایش می‌داد.

۲-۲-٦-کاهش ضخامت پوسته از پایین به بالا، سبب می شد ورود گرما به شیوه رسانش از پایین به بالا افزایش یابد. این شرایط به گرم تر شدن هوای قسمت بالایی ساختمان منجر می گشت. این ویژگی، با تشدید شرایط اینورژنی درون سرپناه همسو بود.

۳-٦- وجود چال مملو از یخ در کف ساختمان

اگرچه سطح چال به وسیله مواد نارسانایی مانند یک گونه نی یا جگن دریایی به نام «بی زور» که در ایران در کنار آب ها به دست می‌آید (قبادیان،۱۳۸۵)، کاه، پوشال، خشت، کاهگل و... کاملاً پوشانده می‌شد. به هرحال، هدایت هرچند ناچیز گرما باعث سردتر شدن لایهٔ پایین‌تر هوای درون سرپناه مخروطی می گشت. هوای سرد شده که نسبت به هوای بالاتر درون گنبد سنگین‌تر بود، درقسمت پایین می‌نشست و پایداری هوا در مقیاس میکروکلیمایی درون یخ چال پدیدار می گشت. این حالت، نوعی وارونگی ناشی از سرمایش تشکیل می‌داد.

٤-٦- وجود روزنه باز در سقف نسبتاً افقی گنبد

در بالاترین نقطهٔ گنبد که سقف دارای انحنایی نسبتاً افقی است و نسبت ضخامت پوسته به حدود (یک چهارم) پایهٔ آن کاهش پیدا می کند. یعنی شرایط برای تبادل گرما بیشتر فراهم است. روزنه‌ای تعبیه شده است که پرتو مستقیم خورشیدی می توانست از آن طریق وارد فضای درونی سرپناه شود. تابش مستقیم آفتاب در محدوده بسیار بسیار کوچک فوقانی، دمای‌هوا را اگرچه به مقدار ناچیز

افـزایش مـی‌داد. «هـم افزایـی» ایـن ویژگـی هـا باعـث مـی‌شـد تـا هـوا در قـسمت بـالای قیـف وارونـه سـرپناه مخروطـی شـکل گنبـد، گـرم‌تـر از قـسمت پـایین آن گـردد. هـوای گـرم تـر بـالا کـه نـسبتاً سـبک تـر بـود، شـرایط واژگـونی دمـا را تـشدید مـی نمـود. همـانطور کـه پـیش تـر هـم بیـان شـد، ایـن روزنـه اجـازه مـی داد تـا هـوای گـرم شـده و منبـسط شـده درون گنبـد بیـرون رود و از افـزایش فـشار ناشـی از تـراکم هـوا در فـضای درونی ساختمان که کاملاً مسدود می شد، جلوگیری می کرد.

۷- شرایط اقلیمی موثر در شکل گیری «یخ چال»

«یـخ‌چـال» تحـت تـأثیر آب‌وهـوا شـکل گرفـت. یکـی از ویژگـی‌هـای آب‌وهـوایی فـلات ایـران دارا بـودن زمـستان سـرد بـا دمـای یخبنـدان هـوا و تابـستان گـرم اسـت. هـرز گرمای ناشـی از تـابش بلنـد مـوج سـطح زمـین در شـب هـای بلنـد و بـسیار سـرد زمـستان، سبب می شـود کـه دمـای هـوا تـا آسـتانهٔ انجمـاد و پـایین تـر از آن افـت کنـد و «یخبنـدان تابـشی» شـکل گیـرد. پـستی و بلنـدهای سـطح زمـین سـبب سـرازیر شـدن هـوای سـرد از کـوه‌هـا و دامنـه‌هـا بـه سـوی چالـه‌هـا و دشـت‌هـای میـانکوهی مـی‌شـود. «نشـست هـوای سـرد»، اثـر «یخبنـدان تابـشی» را بیـشتر مـی‌سـازد. پیـشروی پـی‌درپـی تـودهٔ هـوای سردوخـشک (ماننـد پرفـشارسیبری) در زمـستان نیـز پدیـدهٔ «یخبنـدان وزشـی» را بـه دنبـال دارد. ورود هـوای سـرد و خـشک، آسـمانی صـاف و بـدون ابـر را در پـی دارد. در ایـن شـرایط، هـرز گرمـا و در نتیجـه، سـرمایش سـطح زمـین افـزایش مـی‌یابـد. حالـت هـم‌افزایـی (سـینرژی مثبـت) ناشـی از ترکیـب ایـن سـه پدیـده، تـشدید یخبنـدان را بـه دنبـال دارد. بنـابراین، در دورهٔ سـرد سـال درچنـدین بـار و در هـر بـار در چنـدین روز پیـاپی، شـرایط «یخبنـدان» امکـان تـشکیل یـخ را در دشـت هـا ی فـلات ایـران فـراهم مـی‌سـازد. پراکنـدگی جغرافیـایی «یـخ‌چـال» ایـران بیـانگر روزهـای «یخبنـدان»در آب‌و هـوای محـل اسـت. منـاطقی کـه دارای زمـستان‌هـای بـا بـیش از ۲۰ روز یخبنـدان و تابستان بسیار گـرم بـوده‌انـد. در چنـین آب‌وهـوایی، هـرز گرمـا و سـرمایش سـطح زمـین به ویژه در شب‌های بلند زمستان، کاهش دمای هوا را در پی دارد.

اگرچـه انـدازهٔ «کارگـاه هـای یـخ‌سـازی» (یـخ‌چـال) تـا حـدودی تفـاوت دارد، امـا طـرح و نقـشهٔ آن‌هـا تقریبـاً یکـسان اسـت (سـرو قـد مقـدم،۶۱:۱۳۷۴). بـه هرحـال، تعـداد زیـربخش‌هـا و چگـونگی کـارکرد هـر«یـخ‌چـال» از شـرایط آب‌وهـوایی پیـروی مـی‌کـرد.

در گذر از مناطق سرد و بلند کوهستانی به سوی جاهای گرم و پست ایران، تغییر تکامل طرح و نقشه «یخ‌چال» آشکار می‌شود.

۱-۷- برف انبار

درآب‌وهوای سردتر، که برف فراوان است و ساختن «کارگاه یخ‌سازی» ضرورتی نداشت، برف‌کوهستان را درجایی انبار می‌کردند. چنانکه درکوهمره نودان کازرون، در دامنهٔ نسر (Nasar) کوه‌برفی، غاری است که آن را در زمستان از برف پرکرده و به سختی می‌کوبیدند تا به یخ تبدیل گشته و در تابستان از آن استفاده کنند. «انبارکردن یخ در چالهٔ طبیعی» در شهرستان ایذه هم در تابستان در اهواز به فروش می رفت (عرفان،۱۳۶۴:۲۶۳). راه دیگر این بود که برف کوهستان را به شهرها می بردند. در این شهرها در خانهٔ بیشتر بزرگان انبارهایی با نام «برف انبار» بود که در آن برف را کوبیده و یخ تهیه شده از برف را برای مصرف تابستان نگهداری می‌کردند.

۲-۷- «یخ چال ساده»

دارای «جایگاه یخ‌چائون» نبود. یعنی دارای دو سازهٔ «دیوار سایه انداز» و «کرت یخ‌بند» نبود و تنها شامل«چال»و «سرپناه»بود(نهچیری، ۱۳۷۰:۴۳۴). در«یخ-چال ساده» برف را به یخ تبدیل می‌کردند. در برخی از شهرهای سردتر (مانند کنگاور و همدان) با وجود یخ و برف طبیعی، «یخ‌چال ساده» ساخته می‌شد. پوشش برف کوهسار پیرامون شهرها، نیاز تبدیل کردن آب به یخ در«کرت یخ بند» را برطرف می‌کرد. بنابراین، به «دیوار سایه انداز» برای افزایش شدّت یخبندان هم نیازی نبود. تفاوت «یخ‌چال ساده»با «برف‌انبار» این‌است که طراحی ساختمان«سرپناه»در«یخ‌چال ساده»هماهنگ با شرایط آب‌وهوایی و زاویهٔ تابش خورشید ساخته می‌شد. زیرا نگهداری یخ تا فرا رسیدن فصل گرم به تغییر شرایط میکروکلیمایی فضای درونی «یخ‌چال» و سرمایش بیشتر نیازمند بود.

۳-۷- «یخ چال نیمه کامل»

با دور شدن از مناطق سردسیر و کوهسارهای پوشیده از برف، ارتفاع زمین هم کم می شود. بلندای زمین یک عامل آب‌وهوایی تعیین کننده برای کاهش تعداد روزهای یخبندان هر محل است. در این راستا دیده شده است که از تعداد

«یخ‌چال ساده» کاسته شده و با کامل تر شدن سازه‌ها در معماری «یخ‌چال»، به تدریج «یخ‌چال نیمه کامل»شکل گرفته است.در یک «یخ‌چال نیمه‌کامل»، بخش«کارگاه یخ‌سازی» نیمه کامل است. با این که در این بخش «کرت یخ‌بند »، وجود دارد، ولی مجموعه فاقد «دیوار سایه انداز» است. این «یخ‌چال» در سمنان، دامغان، شیروان، بجنورد شکل گرفته است (مخلصی، ۱۳۷۴)، (سیدی زاده و عباسیان، ۱۳۷۳:۱۷۱ نقل در پاپلی یزدی و لباف خانیکی،۱۳۷۸:۳۴۰).

اگرچه موضوع الگو پذیری در گسترش طرح و نقشهٔ تقریباً یکسان «یخ‌چال» بسیار روشن است. امّا پراکندگی «یخ‌چال نیمه کامل» درعرض های شمالی‌تر کشور ایران نشان می‌دهد که معماران «یخ‌چال» به این نکته توجه داشتند که به جای پیروی کورکورانه در الگو پذیری از طرح، به شرایط آب‌وهوایی محل توجه داشته باشند. چنان که در طراحی «یخ‌چال نیمه کامل» به دقّت، کاهش زاویهٔ تابش خورشید و مدّت تابش (طول روز) در عرض‌های جغرافیایی بالاتر را زیر نگاه تیز بین و حساب گرشان داشتند. آن‌ها پی برده بودند که زاویهٔ مایل‌تر و بی رمق آفتاب در روزهای کوتاه‌تر فصل زمستان در شهرهای شمالی‌تر، چندان تأثیری در گرم کردن «کرت یخ‌چائون» ندارد. همچنین، به رابطهٔ وارونهٔ مقدار آلبدو (ناشی از پراکنش زاویه‌ای) و زاویهٔ ارتفاع خورشید آگاهی کامل‌داشتند. در واقع، چنین معمارانی دانشمندان آب‌وهواشناس بودند. دلیل سازگاری «یخ‌چال نیمه‌کامل»با اقلیم کوهپایه‌های البرز و خراسان شمالی عبارت است از:

۱- کاهش زاویهٔ ارتفاع خورشید به نسبت افزایش عرض جغرافیایی محل،

۲- کاهش مدت تابش آفتاب زمستانی (طول روز) به نسبت عرض جغرافیایی بالاتر محل،

۳- ریزش هوای سرد کوهستان، سرمای هوای کوهپایه‌ها را تشدید می‌کند،

۴- با توجه به اینکه سطوح صاف مانند سطح آب، برف و یخ، پخش زاویه‌ای شدیدی دارند و آلبدوی چنین سطوحی به شدّت از زاویه ارتفاعی خورشید تأثیر می‌پذیرد (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱:۸۳). به همین‌خاطر، نه تنها مقدار آلبدوی این سطوح دارای سیر روزانه و سالانه است، بلکه در جهت افزایش عرض

جغرافیایی هم مقدار آلبدو به نسبت کاهش زاویه تابش مستقیم آفتاب، بیشتر می‌شود. بنابراین، مقدار آلبدوی (کرت یخبند) کوهپایه‌های البرز و خراسان شمالی می‌تواند نسبتاً بیشتر از کوهپایه‌های جنوبی دشت کویر و لوت است.

٤-٧- «یخ چال کامل»

این «یخ‌چال» در حاشیهٔ دشت‌های پست و نسبتاً گرم‌تر مانند یزد، کرمان، اصفهان، تهران، کاشان، نایین، زواره، قم، رفسنجان، سیرجان، راور، بم، میبد، ابرکو، سبزوار، شاهرود، دامغان، قوچان، کاشمر، خواف، بیدخت، بیرجند، گناباد و... شکل گرفته است (سرو قد مقدم، ۱۳۷۴)، (قبادیان، ۱۳۸۵)، (پاپلی یزدی و لباف خانیکی،۱۳۷۸: ۳۴۰). یعنی درمناطقی که یخبندان زمستانی دارد. ولی بالا بودن دامنه تغییرات شبانه روزی دمای هوا، سبب می شود که بیشینه دمای روزانه به بالای صفر درجه سلسیوس افزایش یابد. «یخ‌چال کامل» دارای همهٔ بخش‌های کارگاهی شامل «دیوار سایه انداز»، «کرت یخبند»، «چال» و «سرپناه» می باشد. در این مناطق «دیوار سایه انداز» نقش بسیار مهمّی در یخبندان دارد، زیرا بین دمای سایه و آفتاب اختلاف فاحشی به‌وجود می‌آورد. «دیوار سایه انداز» بر روی «کرت یخبند» چترسایهٔ خود را پهن می‌کند و اجازه نمی‌دهد انرژی تابشی خورشید بر سطح یخ بتابد. هدایت گرمایی نیز سبب می‌شود انرژی گرمایی (لایهٔ زیرین هوای مماس با یخ) هرز رفته و یک واژگونی دما در مقیاس میکروکلیمایی در«جایگاه یخ‌چائون» ایجاد گردد. بنابراین، شدّت و مدّت پایداری هوا که از سرمایش شب‌های بسیار سرد و طولانی زمستان ناشی می‌شد، در فضای کارگاهی«یخ‌چائون» تشدید می‌گردید. پایداری هوا در«محوطهٔ یخ‌چائون»، از اختلاط هوای سردتر زیر چترسایه و هوای پیرامون جلوگیری می‌کند. این شرایط یک حالت هم‌افزایی (سینرژی مثبت) در جهت سرمایش بیشتر هوا به‌وجود می‌آورد و باعث می‌شد دمای هوا در فضای «کارگاه یخ سازی» پایین تر از دمای هوای محیط باشد.

۸- نتیجه‌گیری

انسان همواره تلاش می‌کند تا شرایط محیط زیست را به سود خویش عوض کند، این تلاش از دیر باز وجود داشته و در هر دوره‌ای از تاریخ به صورت

پیشرفته تر اعمال شده است. کنترل شرایط آب و هوایی از جمله کوشش‌هایی است که تقریباً در همه جنبه‌های زندگی انسان نمایان است. چگونگی لگام طبیعت و شرایط اقلیمی بستگی به فرهنگ‌های مختلف هم دارد. برای نمونه، معماری «یخ چال» راهکار ویژه‌ای بود که مردمی که در نواحی گرم وخشک ایران زندگی می‌کردند، جهت تعدیل، تغییر و مقابله با شرایط اقلیمی در مقیاس میکروکلیمایی اندیشیده بودند. معماری سنتی «یخ چال‌خشتی» نه تنها یک طراحی سازگار با آب‌وهوای محلی است، بلکه ابتکاری شاخص به شمار می‌رود که با تهیهٔ یخ در دورهٔ سرد و نگهداری آن تا اوج دورهٔ گرم سال، پارامترها و فاکتورهای آب‌وهوایی را به خدمت گرفته است.

کتابنامه

۱. پاپلی یزدی، محمد حسین و مجید لباف خانیکی، ۱۳۸۷، **یخچال و تولید یخ مصنوعی**، سازمان هواشناسی کشور، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ص ۳۴۳-۳۳۵.

۲. جعفرپور، ابراهیم، ۱۳۶۷، **اقلیم شناسی**، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۳. داعی الاسلام، محمدعلی، ۱۳۶۴، **فرهنگ نظام**. جلد ۵، ص ۵۴۸.

۴. دهخدا، علی اکبر، لغت نامه، حرف «ی».

۵. دیولافوا، مادام ژان، **سفرنامه مادام دیولافوا**، ایران و کلده، ترجمه همایون فرهوشی، نقل در قبادیان، ۱۳۸۵.

۶. رازجویان، محمود، ۱۳۶۷، **آسایش به‌وسیله معماری هماز با اقلیم**، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

۷. سرو قدمقدم، ابوالحسن(مترجم)،۱۳۷۴، **یخچال‌های سنتی فلات ایران**، نوشته: برنارد هورکارد و ماری پیربرتو، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۷، ص ۶۵-۵۶.

۸. سیدی زاده، احسان و علی اکبر عباسیان، ۱۳۷۳، **بجنورد گذرگاه شمالی خراسان**، انتشارات اردشیر.

۹. شاردن سرجان، **سیاحت نامه سر جان شاردن**، جلد دوم، خوراک ایرانیان، نقل در قبادیان، ۱۳۸۵.

۱۰. طاوسی، تقی و آرام عبدالهی، ۱۳۸۹، **ارزیابی شاخص‌های آسایش دمایی و معماری همساز با اقلیم روانسر**، تبریز: دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، نشریه جغرافیاوبرنامه‌ریزی، ش۳۲، ص ۱۵۰-۱۲۵.

۱۱. طاوسی، تقی، ۱۳۷۵، **بررسی رابطهٔ ارتفاع مساکن و زاویهٔ تابش خورشید به عنوان عامل مخل در روابط همسایگی**، وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، سمینار فرهنگ عمومی و مسکن، اصفهان.

۱۲. طاوسی، تقی، ۱۳۸۹، **کاربرد انرژی تابشی خورشید در برنامه ریزی محیطی**، در دست چاپ.

۱۳. طاوسی، تقی، هوشمند عطایی و آزیتا کاظمی، ۱۳۸۷، **اقلیم و معماری مدارس نوساز شهر اصفهان**، زاهدان: دانشگاه سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، ص۱۱۳-۹۵.

۱۴. طاوسی، تقی،۱۳۸۱، **تابش زمستانی خورشید و شهرسازی در اصفهان**، نشریه علمی، فنی سازمان جغرافیایی، سپهر، شماره ۴۳، ص۴۶-۴۲.

۱۵. عدالتی، تقی و حسن فرخی، ۱۳۸۰، **اصول و مبانی جغرافیای ریاضی (زمین در فضا)**، مشهد: بنیاد پژوهش های اسلامی آستان قدس رضوی، چاپ سوم.

۱۶. عرفان، محمود(مترجم)، ۱۳۶۴، **جغرافیای تاریخی سرزمین های خلافت شرقی**، نوشته: گی لسترنج، انتشارات علمی و فرهنگی.

۱۷. عشقی، ابوالفضل و هادی قنبرزاده،۱۳۸۲، **مبانی میکروکلیماتولوژی و آب و هوای محلی**، مشهد: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

۱۸. علیجانی، بهلول و محمدرضا کاویانی،۱۳۷۱، **مبانی آب و هواشناسی**، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت).

۱۹. قائمی، هوشنگ، ۱۳۷۵، **هواشناسی عمومی**، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت).

۲۰. قبادیان، وحید ،۱۳۸۵، **بررسی اقلیمی ابنیهٔ سنّتی ایران**، انتشارات دانشگاه تهران.

۲۱. قبادیان، وحید و محمدفیض مهدوی(مترجم)، ۱۳۷۶، **طراحی اقلیمی (اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی خورشید در ساختمان)**، نوشته دانلد واتسون - کنت لب، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.

۲۲. کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۷، **میکروکلیماتولوژی**، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی (سمت)، چاپ سوم.

۲۳. کسمایی، مرتضی،۱۳۷۸، **اقلیم و معماری**، تهران: انتشارات بازتاب با همکاری شرکت خانه سازی ایران.

۲۴. مخدوم، مجید (مترجم)، ۱۳۷۱، **زیستن در محیط زیست**، نوشته: جی. تی. میلر، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲۵. مخلصی، محمد علی، ۱۳۷۴، **یخچال‌های قدیمی شاهکارهای معماری از یاد رفته**، سازمان میراث فرهنگی کشور، مجموعه مقالات کنگره تاریخ معماری و شهرسازی ایران، ج دوم، ص ۶۹۵-۶۹۰.

۲۶. نهچیری، عبدالحسین، ۱۳۷۰، **جغرافیای تاریخی شهرها**، انتشارات مدرسه.

۲۷. http://fa.wikipedia.org

۲۸. http://ghoolabad.com

۲۹. http://ikiuphysics.mihanbb.com/thread-۳۷-post-۱۰۳.html#pid۱۰۳

۳۰. http://memari-modern.blogfa.com/post-۳۰۸.aspx

۳۱. http://solarcell.blogfa.com/post-۲۷.aspx

۳۲. http://www.aftab.ir/۲۰۰۷/sep/۲۹/c۵c۱۱۹۱۰۵۵۳۹۱_art_culture_arcitecture.php

۳۳. http://www.bashgah.net/pages-۳۴۳.html

۳۴. http://www.drshahinsepanta.blogsky.com/print/post-۶۴/

۳۵. http://www.farya.com/id/۲۹۵۳

۳۶. http://www.kermancity.com/index.php?obj=Statistics&taskName=ShowDetails&IDD=۱۲

۳۷. Kiel, J. T. and K. E. Trenberth, ۱۹۹۷, **Earth's Annual Global Mean Energy Budget**. Bull. Amer. Soc, ۷۸(۲).

۳۸. Lee, D.H.K., ۱۹۶۳, **Housing as Climate Protection in Hot Environments**, Chapter ۳, Physiological Objectives in Hot Weather Housing HUD Office of international Affairs Room ۲۱۱۸, Washington, DC ۲۰۴۱۰.

۳۹. Lee, D.H.K., ۱۹۶۳, **Housing as Climate Protection in Hot Environments**, Chapter ۳, Physiological Objectives in Hot Weather Housing HUD Office of international Affairs Room ۲۱۱۸, Washington, DC ۲۰۴۱۰.

۴۰. Mills, G. ۱۹۹۹, **Urban Climatology and Urban Design**. ICUC, International, Conference on Urban Climatology in Sydney, Australia, ۸–۱۲ November. Extended abstracts.

۴۱. Samuel, W. Matthews, ۱۹۸۷, **NATIONAL GEOGRAPHIC**, Vol. ۱۷۱, No. ۱.

۴۲. Sandra, Robbles, Gill, ۲۰۰۰, Clean Energy ۲۰۰۰, **World Conference and Exhibition**, Geneva.

۴۳. Schwoegler, B. & M. Mcclintok, ۱۹۸۱, **Weather and Energy,** McGraw Hill, Inc.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی