چگونگی بهره‌گیری از توده زمین در معماری بومی جهان؛

به مثابه یکی از تکنیک‌های سرمایش ایستا در بنا

زهرا برزگر *
سید مجید مفیدی شمیرانی **

چکیده

مقوله آسایش گرمایی و بطور خاص سرمایش از جمله مقولاتی است که به جهت نقشی که در مطلوب سازی محیط و بوم دارد، حائز اهمیت فراوان است. در واقع آسایش گرمایی عامل اصلی شکل‌دهنده معماری هر منطقه است. در یک سکونتگاه انسانی (به عنوان یک پدیده انسان‌ساخت) توجه به اقلیم با مکانیزم‌های سرمایش، گرمایش موجب افزایش احساس، آرامش، و ارتقای سطح زندگی و نهایتاً پایداری می‌گردد.

علی‌رغم اهمیت این موضوع، در دوران اخیر موضوع توجه به اقلیم نادیده گرفته شده است. در واقع باید گفت در سال‌های اخیر، ساختن برای ساختن و نه ساختن برای زیستن مجالی را برای توجه به مقولاتی مهم و عمیق همچون آسایش حرارتی، بدنه معماری، در معماری و شهرسازی باقی نگذاشته است.

در مقاله حاضر به بررسی معماری بومی مناطق مختلف پرداخته و با درنظرگرفتن پهنه‌بندی اقلیمی در دو اقلیم گرم و خشک و مرطوب، شاخصه نحوه ارتباط بنا با زمین را با هم مقایسه نموده تا راهکارهای مناسب سرمایش در بدنه معماری و یا همان اصطلاح سرمایش ایستا (passive cooling) بدست آید. در اینجا تکنیک موردنظر (سرمایش از طریق توده حرارتی زمین) و فواید و راه‌های استفاده از این تکنیک با توجه به نمونه‌های معماری بومی بازنگری می‌شود.

واژگان کلیدی

اقلیم و معماری، معماری بومی، سرمایش ایستا، استفاده از توده حرارت زمین، خانه‌های زیرزمینی.

Utilization of Earth Mass in World Vernacular Architecture: As a Technique of Passive Cooling in the Buildings

Zahra Barzegar *
Seyed Majid Mofidi Shemirani ** PhD

Abstract

The issue of thermal comfort, especially cooling, is highly significant due to the role that it plays in sustaining the environment and climate. Indeed, thermal comfort is the main constituent of vernacular architecture in all regions. Shelter as a man-made development, has taken climate into consideration in the form of passive cooling and heating throughout history.

In spite of its significance, the issue of climate has been ignored in the past century. It can be argued that the purpose of construction is livelihood. In an urban context, thermal comfort comes alongside architectural development.

In this paper, the indigenous architecture of different regions has been analyzed and the physical features of earth in arid and tropical climates have been compared with one another. By considering the climatic classification, and in order to achieve appropriate techniques for cooling by passive means by using the earth mass, several vernacular architectural structures have been examined.

Keywords

Climate and Architecture, Vernacular Architecture, Passive Cooling, Utilization of Earth Thermal Mass, Earth-Shelter Houses.

* پژوهشگر دکتری معماری دانشکده هنر و معماری. واحد علوم و تحقیقات تهران. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. نویسنده مسئول ۰۷۱۱-۲۳۴۵۹۴۲
zahrabarzegar86@yahoo.com

** عضو هیأت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران. s_m_mofidi@iust.ac.ir

* PhD Student in Architecture, Azad Islamic University, Tehran Science & Research Branch.

** Assistant professor in Architecture & Urban Planning Faculty, University of Iran Science & Technology.

ضرورت تحقیق

در نگاه به معماری بومی نه تنها می‌توان به مفاهیم فرمیک توجه نمود، بلکه اصل، الهام‌گیری در بکار بردن جوانب مثبت آسایش است. یکی از جنبه‌های اصلی آسایش، آسایش حرارتی است. بدون آرامش گرمایی هرگز نمی‌توان مکانی را قابل سکونت کرد. در معماری تمدن‌های پیشین، مکان، اقلیم را متعادل ساخته و تعریف کرد. در حالی‌که در معماری امروز، تجهیزات مکانیکی این نقش را بر عهده گرفته است. اما آیا تکنیک‌های طبیعی دریافت آسایش حرارتی، دلپذیرتر و مطلوب‌تر برای روح بشری است و یا استفاده از ابزارآلات بدون روح؟ آیا می‌توان سایه درخت را با خنکای هرگونه ابزاری مقایسه نمود، نه به لحاظ تنها حرارتی بلکه روحی؟ آنچه ما را بر این داشت که به کنکاوش در معماری بومی مناطق مختلف دنیا پرداخته، بدست آوردن همین تکنیک‌های سرمایشی است، که هم به لحاظ صرفه جویی انرژی و هم جنبه‌های مثبت روحی حایز اهمیت است.

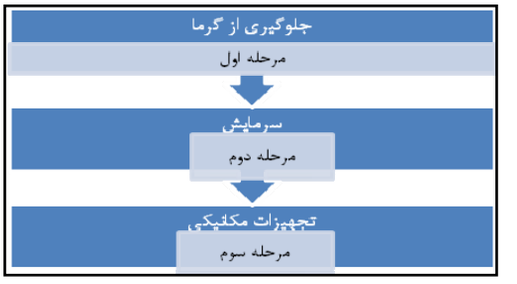
در این مسیر، برای رسیدن به آسایش گرمایی در تابستان، باید از راهکار طراحی چند مرحله‌ای استفاده نمود (جدول ۱). در مرحله اول گرما را از ساختمان دور نموده، در مرحله دوم دما را کاهش داد و در مرحله انتهایی در صورت نیاز به تعدیل بیشتر آب و هوا، از تجهیزات مکانیکی استفاده کرد. اما در معماری امروز مرحله انتهایی به عنوان اولین مرحله در نظر گرفته شده و بدون توجه به اقلیم ساختمان‌ها طراحی و در تمام مناطق دنیا ساخته می‌شود. با این بی‌توجهی نه تنها بر روند اتمام انرژی‌های خود صحه گذارده، بلکه به نابودی محیط زیست خود نیز کمک می‌نماییم.

مقدمه

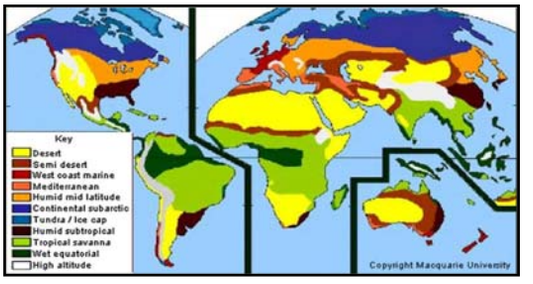
هویت اصلی معماری تمدن‌های پیشین نه تنها بر فرهنگ آنان صحه می‌گذارد، بلکه نکاتی بسیار مؤثر در ارتباط با مکان در بردارد. در بررسی این تمدن‌ها مشاهده می‌شود که پیوندی عظیم بین مکان معماری و معماری شکل گرفته است. معماری مصر در کنار رود نیل پاسخگوی گرمای منطقه آفریقاست و یا معماری عراق در بین‌النهرین کنار دجله و فرات با پوسته معماری خود توانسته است نیازهای ساکنین منطقه را پوشش دهد.

از طرف دیگر، دست‌یابی به یک معیار مطلوب برای سنجیدن این معماری‌ها ضروریست. بدین جهت سعی بر این شد تا ابتدا بر اساس گزینه اصلی تأثیرگذار بر آسایش حرارتی یعنی اقلیم، ابنیه‌ها دسته‌بندی شوند. به همین لحاظ پهنه‌بندی اقلیمی کوپن را مدنظر قرار داده و بر اساس آن، مناطقی که در آنها تکنیک‌های سرمایش متداول بوده، استخراج گردید (نقشه ۱).

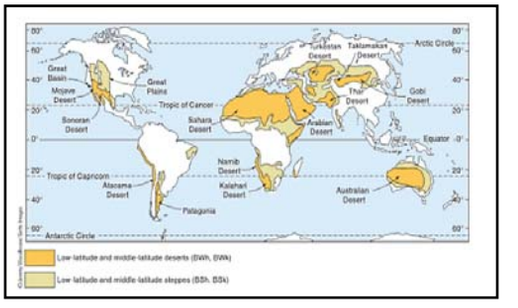
دو منطقه گرم و خشک و گرم مرطوب بیشترین گستره بهره‌گیری از گزینه‌های مطلوب سرمایش را دارا هستند. زیرا مؤلفه‌های اصلی هر دو بسیار شبیه و اندکی متفاوت هستند. هر دو اقلیم دارای حداکثر دما و گرما بوده، درحالی‌که در اقلیم گرم و خشک، خشکی و در اقلیم گرم و مرطوب رطوبت آزاردهنده است (نقشه ۲ و ۳). دو کشور مصر و مکزیک یکی از منطقه گرم خشک و دیگری از منطقه گرم و مرطوب قرار گرفته‌اند و از نظر دمایی وضعیت هر دو یکسان است و حداکثر و حداقل تقریباً یکسانی در نمودار حرارتی خود دارند. در حالی‌که از نظر رطوبت قابل مقایسه نیستند، مصر در فصولی که در مکزیک حداکثر بارندگی و رطوبت مشاهده می‌شود، کاملاً خشک است. این تفاوت عمده دو معماری کاملاً متفاوت ایجاد نموده است. در مصر معماری با سقف مسطح و با مصالح بنایی و بسیار فشرده (تصویر۱) و در مکزیک معماری با سقف شیب‌دار و با مصالح سبک و بسیار باز و با پنجره‌های زیاد تعبیه شده است (تصویر ۱). با توجه به مطالب عنوان شده می‌توان گفت که قائل شدن تفاوت میان دو اقلیم در این تحقیق ضروریست.



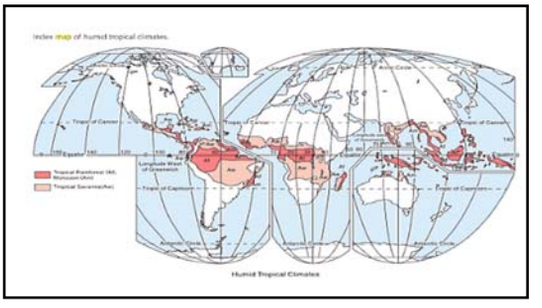
جدول ۱. مرحله‌بندی برای رسیدن به آسایش حرارتی در تابستان، مأخذ : نگارنده.



نقشه ۱. پهنه‌بندی اقلیمی بر اساس نقشه De Dear، مأخذ : previtali&zhai,2009:2



نقشه۲. پهنه‌بندی اقلیم گرم و خشک بر اساس نقشه کوپن (شمال قاره آفریقا، کشورهای عربی، ایران، قسمتی از استرالیا، مرکز آسیا)، مأخذ : Gabler, 2009: 232



نقشه۳. پهنه‌بندی اقلیم گرم و مرطوب بر اساس نقشه کوپن (شمال آمریکای جنوبی، میانه قاره آفریقا، جنوب آسیای شرقی)، مأخذ : Gabler, 2009: 242

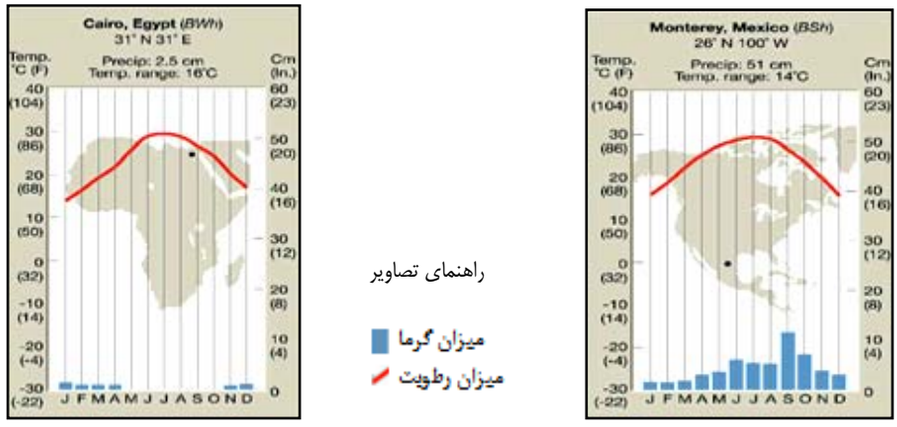
اما علاوه براین دسته‌بندی، شاخه‌بندی معماری به مشخصه‌های کوچک‌تر و قابل قیاس‌تر منفک ناشدنی است. آنچه در این بررسی به عنوان یکی از شاخصه‌های اصلی دیده شده است ارتباط با زمین به اشکال مختلف است. با توجه به این عامل در اقلیم‌های مختلف جهان به شناخت تکنیک‌های سرمایشی مرتبط پرداخته می‌شود.

تکنیک‌های سرمایش ایستا در معماری بومی جهان

همان‌طور که مطرح گردید، در هر منطقه اقلیم‌های خاصی وجود دارد و تفاوت اقلیم‌ها، معماری‌هایی کاملاً متفاوت ایجاد نموده است. اما می‌توان وجوه مشترک بسیاری در نقاط مختلف دنیا یافت؛ معماری با مصالح بنایی که در مرکز ایران متداول است، از شمال چین تا مرکز آمریکا نیز موجودست. این اشتراک سبب گردیده که بتوان شاخصه‌هایی را برای تقسیم بندی تکنیک‌های سرمایش ایستا بدست آورد. در بررسی سرمایش ایستا در مناطق مختلف ارتباط با زمین یکی از مهم‌ترین گسترهٔ بهره‌گیری را داشته و می‌توان در این زمینه نمونه‌هایی از سراسر دنیا معرفی نمود، تا با توجه به آنها احاطه جامع‌تری به معمای بومی– اقلیمی جهان پیدا نمود.

ارتباط با زمین

زمین به عنوان نخستین جایگاه و مصالح ساخت سرپناه، نقش بسزایی در شکل‌گیری معماری داشته است. زمین در یک نقطه (چین) مانند منبعی از سرما عمل نموده و در جایی دیگر (کاپادوکیا ترکیه) به عنوان منبعی از گرما و در جایی (جنگل‌های آمازون) بر عکس به عنوان عاملی مزاحم به آن نگریسته می‌شود. بنابراین موارد استفاده از زمین می‌تواند به شکل زیرزمین و یا بالای سطح زمین بروز نماید. این تکنیک‌ها در هر اقلیمی متفاوت استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین کارکردهای زمین در معماری بومی فرو رفتن در دل زمین است که به طور مفصل به آن می‌پردازیم.



تصویر۱. معماری مکزیک در منطقه گرم و مرطوب معماری قاهره در منطقه گرم و خشک،

مأخذ : www.geography.hunter.cuny.edu

۱. زیرزمین در معماری بومی جهان

۱. ۱. اقلیم گرم و مرطوب

در این اقلیم به دلیل وجود رطوبت بسیار به خصوص در سطح زمین، وجود آب‌های سطحی و باران‌های بسیار و بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی از زیرزمین استفاده نمی‌شود. زیرزمین در این منطقه بسیار مرطوب و دم‌دار و تاریک و خفه است (اگرچه با پیشرفت تکنولوژی این معایب رفع می‌گردد)."خانه‌های بومی زیرزمینی به طور کامل یا جزئی در مناطق سرد بسیار رایج است، اما در مناطق مرطوب هرگز دیده نشده است (تنها در کلبه‌های دشت هند در شمال آمریکا که منطقه مرطوب با عرض جغرافیایی متوسط است، دیده شده است)"؛ [Previtali&Zhai,2009:5].

۱. ۲. اقلیم گرم و خشک

مزایای استفاده از زیرزمین در این اقلیم آنچنان زیاد است که شاید هنوز تحقیقات انجام شده نتوانسته تمام زوایای آن را روشن سازد. تاریخچه استفاده از زیرزمین به سالیان بسیار قبل باز می‌گردد. ولی پریوتالی[۱] معتقد است اتاق‌های زیرزمینی به عنوان منطقه زندگی نبوده، و زیرزمین در خانه‌های بومی دیده نشده است و به نظر می‌رسد که زیرزمین اختراع امروزی است [Ibid]. درحالی‌که تالیب[۲] در کتاب خود بیان نموده است: حیاط‌های گودال باغچه (در درون زمین) در ۳۰۰۰ سال ق.م. مشاهده شده است. یکی از مشهورترین این نوع حیاط‌ها در روستای ماتماتا در جنوب تونس است [Talib,1984:46-47]. با توجه به مثال‌هایی که تالیب مطرح می‌نماید می‌توان به قدمت این نمونه‌ها پی برد و تردید کنار گذاشته می‌شود.

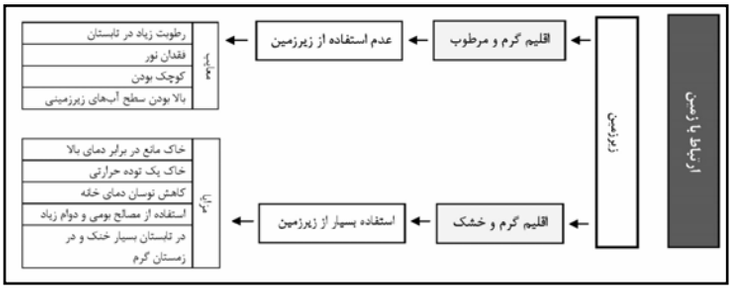
۱. ۲. ۱. مزایا و معایب

توده‌های خاک مانعی مؤثر در برابر دمای بالای اقلیم گرم و خشک است. عمق زمین معمولاً دمایی نزدیک به دمای متوسط سالانه آن منطقه دارد. دمای خاک در ۲ متر زیر تراز زمین بسیار مطبوع است، در حالی‌که دمای هوا بیرون گاهی زیر صفر و گاهی بسیار گرم است. اما خانه‌ای که در ۲ متر زیر زمین قرار گرفته، در تابستان بسیار خنک‌تر و در زمستان گرم‌تر از سطح روی زمین است. در تابستان خاک به اندازه کافی خنک است تا به عنوان یک جاذب گرمایی در طول روزهای گرم عمل کند [Lechner, 2001:29]. در ضمن ارتفاع سقف زیرزمین به اندازه‌ایست که پنجره‌ها چرخش هوای طبیعی برای ایجاد آسایش را به همراه داشته باشند [Crouch&Johnson, 2001:72].

همچنین این خانه‌ها با استفاده از دمای ثابت زمین، نوسان دمای خانه را کاهش می‌دهند [Talib,1984:46-47]. برای مثال اختلاف دمای داخلی خانه‌های غاری چین در بالاترین و پایین‌ترین حالت ۱۰ درجه سانتی‌گراد است، درحالی‌که این اختلاف در

خانه‌های روی زمین ۲۳ درجه سانتی‌گراد است. بنابراین نوسان دمایی کاملاً کمتری نسبت به نمونه‌های روی زمین خود دارند. خانه‌های زیر زمینی مزایای آشکاری در آسایش حرارتی و اقتصاد انرژی دارند [Crouch&Johnson, 2001: 72].

نه تنها این خانه‌ها از نظر آسایشی مفیداند، بلکه در نحوه استفاده از مصالح و دوام آن نیز بسیار اقتصادی می‌باشند. [Crouch&Johnson, 2001: 73]. از خصوصیات مهم دیگر این ابنیه‌های زیرزمینی مقاومت بسیار بهتری در مقابل زلزله دارند [قبادیان، ۱۳۸۷ : ۳۱]. اما این نوع خانه‌ها معایبی نیز دارند مانند رطوبت زیاد در تابستان، دمه بودن، فقدان نور و فضای کوچک [Crouch&Johnson, 2001: 73]؛ (جدول ۲).



جدول ۲. مزایا و معایب استفاده از زیرزمین در اقلیم های مختلف، مأخذ : نگارندگان.

۱.۲.۲. انواع خانه‌های زیرزمینی

نمونه‌های مختلفی از این خانه‌ها در جهان موجود است که بهترین استفاده را از توده گرمایی زمین و خنکای حاصل از آن نموده‌اند. برخی از اینها کاملاً در زمین فرورفته‌اند و برخی در صخره‌ها و شیب‌ها قرار گرفته است (تنها بخشی از این خانه در زمین است). در زیر ابتدا نمونه‌هایی از خانه‌های کاملاً فرورفته در زمین و سپس نمونه‌هایی که قسمتی در زمین فرورفته‌اند را مطرح می‌گردد. از نظر مصالح نیز برخی از این خانه‌ها از جنس خاک، به خصوص خاک لوئس هستند که در دل خاک مدفون گردیده‌اند. اما برخی دیگر از سنگ هستند که در صخره‌ها یا به طور کامل و یا جزیی قرار گرفته‌اند. لوئس (loess) گل فشرده ایست که با وزش باد جابجا شده و رسوب می‌شود. از آنجا که این خاک هم نرم و هم متخلخل می‌باشد (این خاک ۴۵ درصد هوا در خود دارد) می‌توان به راحتی در آن سرپناه‌هایی برای سکونت ایجاد کرد [فولر مور، ۱۳۸۲: ۷۰]. از نظر چیدمان فضایی هم گاهی این خانه‌ها به طور گروهی در اطراف حیاط‌هایی زیبا شکل گرفته و گاهی به طور تکی و هر کدام با ورودی‌های مجزا و بدون حیاط یافت می‌شوند. بنابراین نمونه‌های متفاوت و دسته بندی‌های بسیاری برای خانه‌های زیرزمینی موجود است که در این قسمت به آن می‌پردازیم.

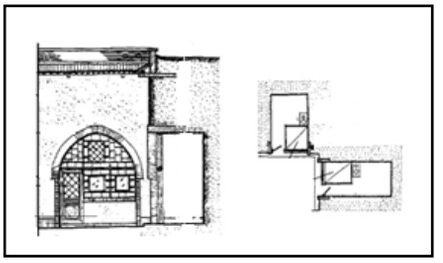
۱.۲.۲.۱. نمونه‌های فرورفته در زمین

الف.خانه‌های زیرزمینی حیاط دار از خاک لوئس

در گوشه‌گوشه دنیا نمونه‌هایی از خانه‌های زیرزمینی حیاط‌دار که به طور کامل در دل زمین قرار گرفته‌اند، یافت می‌شود. محل رویش این نمونه‌ها در مناطق بسیار گرم و خشک بوده است [Crouch&Johnson,2001: 73].

●چین

یک نمونه از این منازل زیرزمینی پیشرفته، در چین و در کمربندی از خاک لوئس یافت می‌شود [فولرمور، ۱۳۸۲: ۷۰]. بومیان خانه‌های لوئس شمال چین را Yao Dong نامیده‌اند. این خانه‌ها هزاران سال پیش جوابگوی فرهنگ محلی، سبک زندگی، توپوگرافی و اقلیم دشت لوئس بوده و در حال حاضر (۲۰۰۲) ۴۰۰۰۰۰۰۰ نفر در این خانه‌های زیرزمینی زندگی می‌کنند. [Wang, Liu, 2002, 985] در استان‌های هونال، شانسی، شسی و کانسوی چین بیش از ۱۰ درصد مردم در این خانه‌های زیرزمینی که در داخل خاک لوئس حفر شده‌اند، زندگی می‌کنند [فولرمور، ۱۳۸۲: ۷۰]؛ (تصویر۲).



تصویر۲. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess در شمال چین،
پلان و نمای تیپولوژی خانه‌های زیرزمینی منطقه، مأخذ :Wang, Liu, 2002: 987

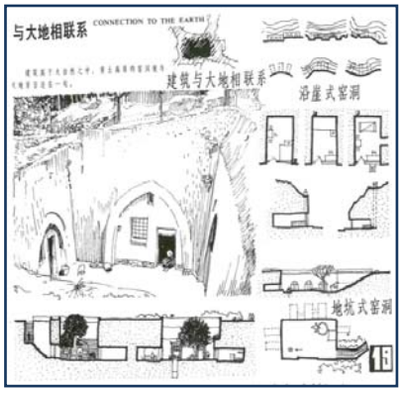
تابستان این منطقه گرم و کوتاه و زمستان سرد و خشک و طولانی است [Wang, 2002: 985]. با توجه به وجود توده عظیم خاک این خانه‌ها در برابر تابش خورشید روز و تابستان و سرمای شب و زمستان در امان می‌مانند و می‌توانند نوسان دما را کنترل نمایند و این به عنوان یکی از بهترین تکنیک‌های سرمایش ایستا (بهره‌گیری از تبادل حرارتی زمین) در این منطقه از چین است. در شمال چین و کره معمولاً این خانه‌ها به صورت گروهی بوده است. سه یا چهار خانه در اطراف یک میدان یا حیاط مستطیلی قرار گرفته که این حیاط معمولاً از ۱۰۰ متر مربع بزرگ‌تر است و حدود ۹ متر عمق دارد (تصاویر۳و۴)؛[Crouch&Johnson, 2001:73]. خانه‌های زیرزمینی این منطقه دارای سه گونه متفاوتند (تصویر۵) :

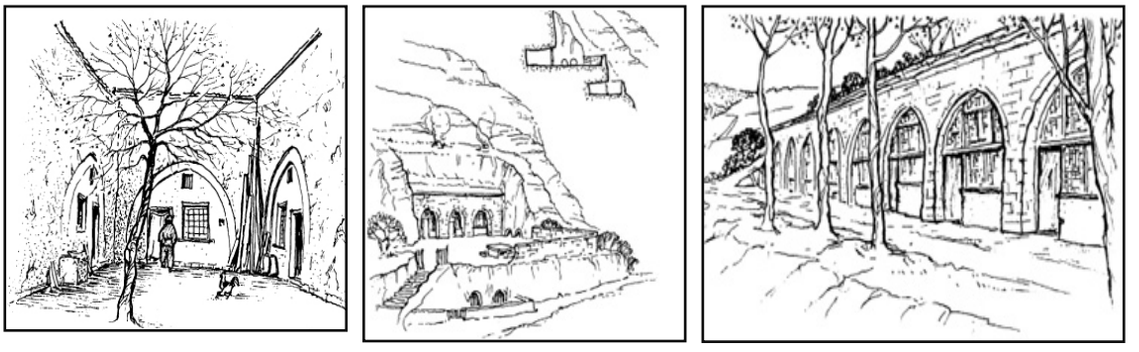
۱. پشت به کوه
۲. آزاد و مستقل از کوه‌ها (بدون تکیه به کوه)
۳. خانه‌های کاملاً زیرزمینی [Wang, Liu, 2002: 985]

نوع سوم این خانه‌ها با ترکیب خانه با حیاط، نوع خاصی به نام خانه‌های زیرزمینی حیاط دار (CSCD) را شکل داده است (تصویر۷). این خانه‌ها در زمستان گرما و در تابستان سرما را در خود نگاه می‌دارند. این به دلیل ضخامت لایه زمین اطراف آنهاست. ضخامت دیوارها و سقف می‌تواند به ۱.۵ تا ۲ متر برسد. بنابراین توده‌های زمین جاذب حرارتی بوده و در سرما این گرما را به محیط خانه باز می‌گردانند. اما معایبی نیز دارند مانند نور کم روز، تهویه ضعیف. به طوری‌که در نما تنها درها و پنجره‌های محدودی وجود دارد. بنابراین برای تهویه بهتر از پنجره‌های بزرگ استفاده می‌نمایند و این خود مشکلات دیگری را ایجاد می‌نماید.(نفوذ گرما به داخل)؛[Wang, Liu, 2002: 985].

حیاط‌های این منطقه بادها را تعدیل نموده و جذب گرما در تابستان را کمتر نموده و در زمستان آن را بیشتر می‌نمایند. حیاط خود یک ریز اقلیم ایجاد نموده و به تعدیل تأثیرات نامطلوب آب و هوا می‌پردازد؛ [Wang, Liu, 2002: 985]. خانه‌های غاری برای دریافت حداکثر روشنایی و گرما، رو به سمت جنوب هستند[Crouch, Johnson,2001:73] و حیاط‌ها با یک رامپ به سطح زمین متصل می‌شوند. حیاط با تمام المان‌های خود در پایین‌تر از سطح زمین قرار گرفته است. همچنین در کنار هم قرار گرفتن خانه‌ها منافع بسیار سرمایشی و گرمایشی دارد. سایه‌های مشترک خانه‌های گروهی یکی از تکنیک‌های سرمایش ایستا در این سرپناه‌ها است. در این منطقه نوع بازشوها (پنجره‌ها و درها و غیره) بسیار متفاوت و همچنین این بازشوها بسیار بزرگ‌تر و متعددتر هستند.

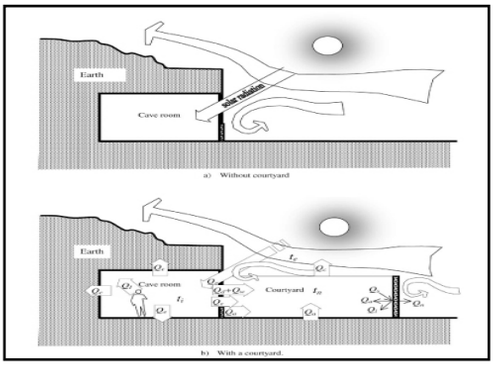
تصاویر ۳و۴. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess در شمال چین، خانه به صورت گروهی در شکل‌های مختلف در اطراف یک حیاط قرار گرفته‌اند و با یک رامپ به سطح زمین متصل می‌شوند.در این منطقه نوع بازشوها متفاوت است و بازشوها بزرگ‌تر و متعددتر می‌باشند.حیاط با تمام المان‌های خود در پایین‌تر از سطح زمین قرار گرفته‌اند. مأخذ: Crouch, ohnson,2001:72



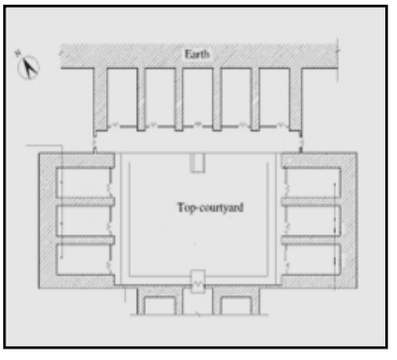


تصویر۵. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess در شمال چین، انواع خانه‌های زیرزمینی (از راست به چپ) : ۱- آزاد و مستقل از کوه ۲- پشت به کوه ۳- زیرزمینی
مأخذ : Wang, 2002: 988

یکی از نمونه‌های این زیرزمین‌ها در JiangYaozu قرار دارد که ۱۸۷۴- ۱۸۸۶ سال بعد از میلاد ساخته شده است. این خانه از نوع خانه‌های زیرزمینی حیاط‌دار است. این خانه سه حیاط دارد و در اطراف آن اتاق‌ها قرار گرفته‌اند. کل ساختمان در جبهه جنوبی شیب تپه ساخته شده‌اند. سه حیاط در ارتفاع‌هایی متفاوت قرار دارند. (حیاط بالایی، میانی، پایینی) حیاط بالایی شامل ۵ اتاق در شمال، ۳ اتاق در غرب و شرق و ۲ اتاق در جنوب است. ارتفاع اتاق‌های زیرزمینی از کف تا زیر سقف ۳ تا ۳.۸ متر است. ضخامت لایه سقف حدود یک متر است و اندازه حیاط ۱۹.۵ در ۱۴.۴ متر است [Wang, Liu, 2002: 992-993]؛(تصاویر ۶و۷). در آزمایش‌های انجام شده بر روی این خانه دمای هوای نمای غربی نسبت به مرکز حیاط در صبح سردتر و در ظهر و بعد از ظهر گرم‌تر است [Wang, Liu, 2002: 994]. (بنابراین قرار دادن ساختمان در سمت غرب در زمان مورد نیاز جذب آفتاب نداشته و در زمان عدم نیاز به گرما، بسیار گرم است. لذا طراحی در این قسمت مقرون به صرفه از نظر مصرف انرژی و آسایش حرارتی نیست).



تصویر ۶. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess در شمال چین، مقایسه دو خانه حیاط‌دار و بی‌حیاط. مأخذ : Wang, 2002: 990



تصویر۷. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess، حیاط بالایی
مأخذ :Wang, 2002: 993

همچنین به ترتیب گرم‌ترین تا سردترین نما در ظهر از قرار زیر است : جنوبی، شرقی، حیاط، غربی، شمالی [Wang, Liu, 2002: 996]؛ (با این نتیجه می‌توان گفت که در فصل سرد طراحی در نمای جنوب و شرق بسیار مساعد و در فصل گرم نمای شمالی مناسب است).

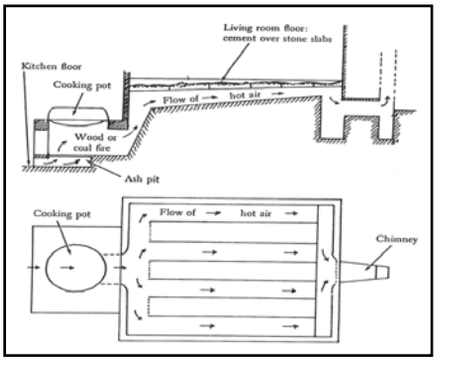
این خانه‌ها در زمستان تفاوت دمایی بسیاری با بیرون دارند. درحالی‌که دمای بیرون ۶.۴۳ – درجه سانتی‌گراد است، دمای داخل ۱۲.۹۴ درجه سانتی‌گراد است و بنابراین گرمای بیرون با تأخیری حدود ۰.۵۸ ساعت به داخل این خانه‌ها نفوذ می‌کند.
[Wang, Liu, 2002: 997] تفاوت دمای فضای داخل و بیرون خانه در زمستان به سه دلیل است : جذب گرما در طول روز، تأثیرات توسط احاطه شدن سرپناه باخاک، ذخیره شدن حرارت در خانه‌های زیرزمینی. علاوه بر این مزیت در خانه‌های زیرزمینی، وجود حیاط نیز بسیار مؤثر است. خانه‌های زیرزمینی حیاط‌دار در روز زمستان دمای داخل را حدود ۱۶ درجه و در شب بالای ۱۱

درجه سانتی‌گراد نگاه می‌دارند [Wang, 2002:985]. اما راه حل جالب توجه گرمایشی این خانه حیرت‌انگیز است. با وجودی که اجاق‌ها درگوشه مقابل اتاق برای آشپزی و گرم کردن آب استفاده می‌شوند، لوله‌های سفالی گرما و دود اجاق را به دودکش انتقال می‌دهد که در زیر اتاق خواب است [Crouch, 2001:73]. این انتقال دود از زیر کف اتاق نشیمن سبب انتقال گرمای دود به کف گردیده و فضا را گرم می‌نماید (تصویر۸).

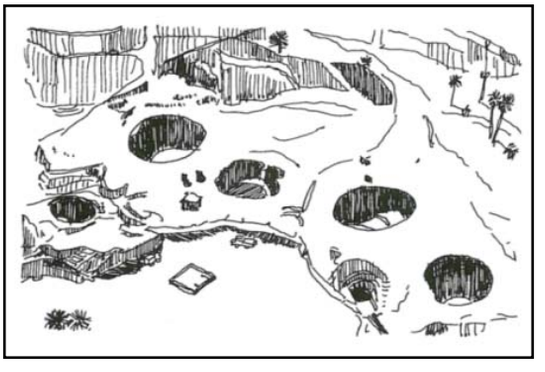
جنوب تونس و غرب لیبی

این اقامتگاه‌ها کاملاً در زیرزمین ساخته شده (۷ تا ۱۰ متر زیر زمین) مانند چین. این اماکن از ساکنین در برابر تابش و طوفان‌های شدید محافظت می‌نماید [Crouch, Johnson,2001:73]؛ (تصویر ۹). ارتفاع زیاد این حیاط‌ها با سایه‌اندازی بسیار مطلوب در تابستان‌ها الهام‌دهنده چگونگی ایجاد سرمایش است.

نوعی خانه زیرزمینی مشابه با نوع قبلی در لوئس چین، در شهر ماتماتای تونس یافت می‌شود. خاک این منطقه نیز شبیه خاک لوئس در چین می‌باشد. آب و هوا در آنجا گرم و خشک و ساختمان‌ها در طول سال از رطوبت مصون می‌باشند و این خانه‌ها مساحتی حدود ۱۰۰×۱۰۰ فوت مربع را اشغال می‌کنند که شامل حیاط مرکزی و اتاق‌های اطراف آن می‌باشد [فولرمور، ۱۳۸۲ : ۷۰].حیاط‌های عمیق، دایره یا مستطیلی شکل‌اند و با رمپ‌هایی به سطح زمین متصل می‌شوند. ساکنان می‌توانند برای محافظت این راه‌ها را ببندند. سیستم‌های زیرزمینی تاریخچه‌ای طولانی در شمال آفریقا دارند. سازندگان رومی در تونس، دو هزار سال قبل، این روش را برای اصلاح تأثیرات نامطلوب آب و هوای گرم و خشک بکار گرفته‌اند [Crouch, 2001:73].



تصویر۸. خانه‌های زیرزمینی منطقه loess در شمال چین، نحوه گرمایش خانه‌ها در زمستان، مأخذ : Crouch, ohnson,2001:73.



تصویر ۹. خانه‌های زیرزمینی ماتماتای تونس، حیاط‌های مرکزی عمیق
مأخذ : talib, 1984:46 .

یکی از تفاوت‌های عمده این منطقه تونس با منطقه لوئس چین در تعداد طبقات و ارتفاع حیاط است. عمق حیاط و تعداد طبقات در ماتمای تونس بیشتر است (این نقطه بسیار گرم‌تر و خشک‌تر است). نوع بازشوها و ابعاد آنها نیز متفاوت است. اگرچه در هر دو بازشوها محدود به ورودی‌هاست، اما تعداد بازشوها و اندازه آنها در لوئیس چین بیشتر و بزرگ‌تر است. در ماتماتای تونس بدنه‌ها را به رنگ سفید در آورده‌اند تا جذب تابش را به حداقل برسانند. تقریباً در تمام نمونه‌ها از سایه به اشکال مختلف استفاده شده است.

ب.خانه‌های بدون حیاط در صخره

این نمونه‌ها کاملاً در درون صخره‌ها شکل گرفته‌اند و خود صخره نقش توده حرارتی را ایفا می‌نماید. جنس این خانه‌ها دیگر از خاک نیست و معمولاً از سنگ‌های مختلف است. حیاط در این خانه‌ها به شکل دیگری استفاده شده و در برخی وجود ندارد و نقش آن مانند نمونه‌های قبل پررنگ نیست.

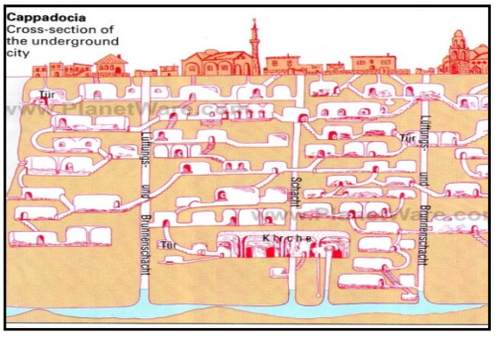
- ***ترکیه***

در کاپادوکیا ترکیه، هزاران مسکن و کلیسا از دل مخروط‌های آتش‌فشانی توفا در طول ۲۰۰۰ سال گذشته درآورده شده‌اند. بسیاری از این مکان‌ها امروزه هنوز مسکونی هستند، چرا که حفاظ مؤثری در مقابل گرما و سرما می‌باشند [Lechner, 2001:251]. در این صخره‌ها در حالی‌که تنها نمایی از چند پنجره دیده می‌شود با زدن برشی از کمی عقب‌تر، شهری سازمان یافته در دل این صخره‌ها یافت می‌شود.

خانه‌ها در چندین طبقه در دل زمین قرار گرفته و هر کدام با رامپی به طبقه بالاتر متصل می‌شوند. همه خانه‌ها آشپزخانه‌ای مشترک داشته و از طریق کانال‌هایی عمودی از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌نمایند (تصاویر ۱۲-۱۰). خانه‌های واقع در این منطقه هم برای هوای بسیار سرد زمستان و هوای برفی مناسب هستند و هم برای هوای گرم تابستان. صخره‌ها به شکل مناسبی در فصل تابستان با سایه‌اندازی فضا را مطلوب می‌نماید. در ضمن بازشوها فرورفته هستند تا هم سایه در تابستان ایجاد نمایند و هم از ریزش برف جلوگیری نمایند. بازشوها نیز کوچک هستند.

تصویر ۱۰. کاپادوکیا ترکیه، خانه‌های واقع در صخره‌هایی از جنس توفا.
مأخذ : Norbert lechner,2001: 250

تصویر ۱۱. کاپادوکیا ترکیه، نمای شمالی صومعه هالاک (Hallac Monastery).
مأخذ : Rodley, 1985: 14



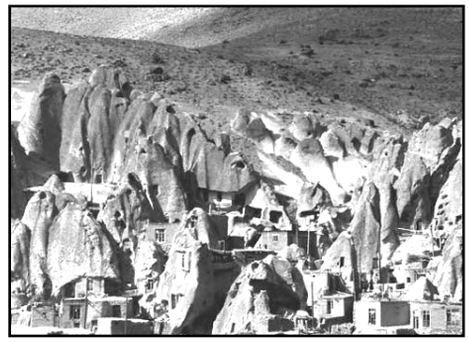
تصویر ۱۲.کاپادوکیا ترکیه، خانه‌های چند طبقه در دل صخره‌ها، استفاده از آشپزخانه مشترک و آب‌های زیرزمینی. مأخذ : http://cappadocia.html

● ایران

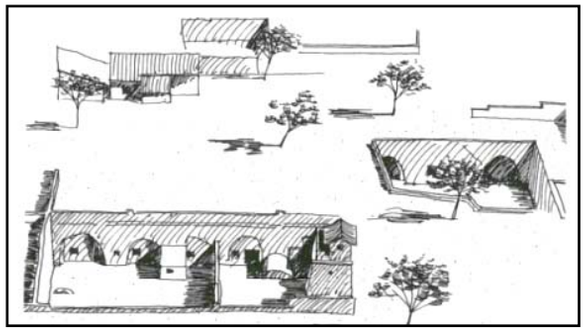
روستای کندوان تبریز در دامنه کوه سهند قرار دارد و بسیار شبیه کاپادوکیا ترکیه است. خانه‌ها در درون سنگ‌ها کنده شده و ارتفاع این سنگ‌ها که کران خوانده می‌شوند، ۱۰ الی ۱۵ متر است و قطر ۵ الی ۸ متر دارند. کران‌ها بین تپه و رودخانه قرار گرفته‌اند و محور اصلی روستا عمود بر جنوب غرب است. این کران‌ها پایداری بسیار خوبی در برابر تابش و باد و باران، رطوبت و برف و زلزله دارند [قبادیان، ۱۳۸۷ : ۱۱۱]؛ (تصویر۱۳). اتاق‌ها نسبتاً کوچک و با ارتفاع حدود ۲ متر در دل کران‌ها هستند. گاهی یک خانه شامل دو یا سه طبقه است. قطر دیوارها به دو یا سه متر می‌رسد که برای سرمای منطقه بسیار مناسب است و در نتیجه این دیوارها یک منبع بزرگ ذخیره انرژی است. اما نقصان نور و تهویه مشکل‌زاست [قبادیان، ۱۳۸۷ : ۱۱۴]. در این منطقه برخی از خانه‌ها در چند طبقه در اطراف یک حیاط شکل گرفته‌اند. شباهت دو نمونه اخیر در نوع مصالح، جهت‌گیری خانه‌ها، نوع بازشوها بسیار زیاد است و این مسلماً به دلیل اقلیم و موقعیت جغرافیایی یکسان این دو منطقه است.

۱.۲.۲.۲. نمونه‌هایی که بخشی از آنها در زمین قرار گرفته‌اند

در شمال چین، درکره، این خانه‌ها یا در زمین و یا در شیب تپه‌ها در دل خاک ساخته می‌شوند. که بالکن‌ها و یا سقف‌ها نقش کوچه‌ها را ایفا می‌کنند [Crouch, Johnson,2001:73]؛ (تصویر۱۴). بنابراین می‌توان این خانه‌ها را به دو دسته زیرزمین و در صخره‌ها و شیب‌ها تقسیم‌بندی نمود. نمونه واقع در لوئیس از نمونه اول است و اما در چین نمونه‌ای در دل صخره‌ها نیز موجود می‌باشد.



تصویر۱۳. کندوان، ایران، مأخذ : Newsome, 2006 : 43.



تصویر۱۴. خانه‌های زیرزمینی ماتماتای تونس، حیاط‌های مرکزی عمیق مأخذ : schoenauer,2000:76.

• چین

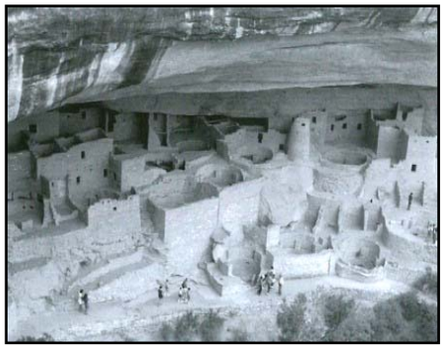
این نمونه Longmen Grottoes در استان هنان چین است. در این منطقه به دلیل گرمای زیاد و رطوبت کم، بازشوهایی کوچک دیده می‌شود. بازشوها بسیار کم و محدود به ورودی‌هاست یکی دیگر از تکنیک‌های سرمایشی این غارها استفاده از سایه‌اندازی توسط جلوآمدگی‌ها و یا ورودی‌های فرو رفته است. اما نکته مهم این است که کل سکونتگاه در طرفی از ارتفاعات قرار گرفته که در تابستان حداکثر سایه را دارا می‌باشد.

• ایالات متحده

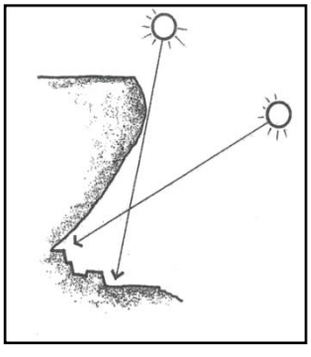
ساختمان نیاز ندارد که کاملاً در زمین فرو رود تا از سرمایش زمین استفاده کند. نمونه‌ای از سازه‌های پوبلو خانه لانگ هاوس در مساورد[۳]، در صخره‌های کلرادو ساخته شده‌اند، از ظرفیت جذب گرمایی صخره‌های سنگی و دیوارهای سنگی بنایی استفاده می‌کنند (تصویر۱۵).

این خانه‌ها دارای فرورفتگی‌های رو به جنوبی می‌باشند که به طور طبیعی در صخره‌های سنگی ایجاد شده است. صخره‌های رو به جنوب سایه بیشتری در طول روزهای تابستان دارند (تصویر۱۶). در مناطقی که صخره موجود نیست، دیوارهای ضخیم خاکی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. ساکنین سرزمین‌های خشک جنوب غربی ایالات متحده کلبه‌هایی را با دیوارها و بام‌های ضخیم خاکی می‌ساختند تا عایق حرارتی باشند. [lechner,2001,251]؛ (تصویر۱۷).

این خانه‌ها در سال‌های بین ۱۱۰۰ و ۱۵۰۰ بعد از میلاد ساخته شده‌اند. فرم این خانه‌ها که از سنگ و خاک موجود در منطقه ساخته شده‌اند، ترکیبی از چند اتاق است که طوری سازمان یافته‌اند که سقف آنها به صورت تراس طبقه‌های بالای خود عمل می‌کند و تدریجاً پله پله تا زیر غارهای عمیق بالا می‌رود. این سازماندهی، حداکثر دسترسی به نور خورشید زمستان را موجب شده و اثر گرمایشی آن را برای ساختمان و صخره پیرامونی آن فراهم می‌سازد. علاوه بر آن، قسمت بالای غار (پیشانی غار) برای تأمین سایه در برابر نور شدید تابستان به مقدار کافی پیش آمده است؛ بدون آنکه مانع از ورود نور خورشید در زمستان شود [فولرمور،۱۳۸۲: ۶۸-۶۹]. بازشوهای این خانه‌ها بسیار کوچک می‌باشند.



تصویر ۱۵. مساورد،کلرادو، استفاده از ظرفیت جذب گرمایی صخره‌های سنگی و دیوارهای ماسیونری، مأخذ: Norbert lechner,2001: 251



تصویر ۱۶. مساورد،کلرادو، استفاده از تابش جنوب در زمستان، مأخذ: فولرمور، ۱۳۸۲: ۷۱.

تصویر ۱۷. کلبه‌های ناواجو با دیوارهای ضخیم خاکی در جنوب غرب ایالات متحده در اقلیم گرم و خشک راحتی را به وجود آورده‌اند، مأخذ : lechner, Niky:251.

• ایران

در روستای دستکند میمند نیز این نوع خانه‌ها قابل رؤیت است. با این تفاوت که در شیب قرار گرفته است (تصویر۱۸).تمام خانه‌های این روستا در دل کوه، همانند یک سری غارهای بزرگ کنده شده و تنها ارتباط بین داخل و خارج این ابنیه زیرزمینی، در ورودی می‌باشد. این در هم محل ورود و خروج اهالی خانه و هم جهت تأمین نور و تهویه است. این ساختمان‌ها از نظر آسایش حرارتی بسیار پایدار می‌باشند، زیرا بدنه آنها سنگ یکپارچه است. نوسان درجه حرارت در طی شبانه روز بسیار اندک است و باد و باران به داخل آن نفوذ نمی‌کند و در مقابل آتش‌سوزی مقاوم است. البته در داخل خانه‌ها تهویه به خوبی صورت نمی‌گیرد و روشنایی طبیعی آنها نیز کافی نیست [قبادیان، ۱۳۸۷: ۲۹]. به علت شیب اطراف دره میمند، خانه‌ها در چهار یا پنج طبقه بر روی هم قرار گرفته‌اند. ارتفاع داخلی این خانه‌ها دو متر و دارای وسعتی نزدیک به ۱۶ تا ۲۰ مترمربع است. با وجود دمای بالای منطقه، خانه‌ها بسیار خنک می‌باشند. یک راهرو با شیبی تند به

طرف بیرون (کیچه) از ورودی تا درون خانه ادامه می‌یابد. در سمت راست هر کیچه یک اطاق و در سمت چپ آن اتاق دیگری و یک اتاق نیز در روبروی ورودی قرار دارد. اتاق روبرو برای نشیمن و اتاق‌های دست راست و چپ جهت انبار و آغل حیوانات در زمستان استفاده می‌شود.

تفاوت این نمونه در کرمان با مساورد کاملاً محسوس است و هر کدام پاسخگو به اقلیم و موقعیت جغرافیایی منطقه خود هستند. در کرمان از شیب استفاده شده و در مساورد از سایه صخره‌ها. اندازه بازشوها نیز بسیار متفاوت هستند. در ضمن در کرمان تنها بدنه‌ها از خود زمین هستند، در حالی که در مساورد بدنه‌ها از دیوارهای بنایی نیز شکل گرفته‌اند. با وجود این تفاوت‌ها هر دو نوع در تابستان خنک و مناسب هستند. این نشان‌دهنده اینست که استفاده از زمین به اشکال مختلف به سرمایش مطلوب در تابستان می‌انجامد. نمونه‌های بسیاری از این خانه‌ها در مناطق مختلف موجود است. در ایران روستای ابیانه و ماسوله و شهرک ابرج و بسیاری دیگر قسمتی از خانه‌های خود را در شیب‌ها ساخته‌اند و هرکدام در خانه‌های خود تعادل حرارتی ایجاد نموده‌اند.

تصویر۱۸. ایران، روستای دستکند میمند، قرارگیری خانه‌ها در شیب در درون کوه، مأخذ : keacheh.blogfa.com

۲. زیرزمین در معماری امروز جهان

با توجه به مطالب عرضه شده بسیار مطلوب است که بتوان با باززنده‌سازی این ارزش معماری بومی از فواید آن در قالب‌های جدید بهره جست [Gallo,1998:89-114].

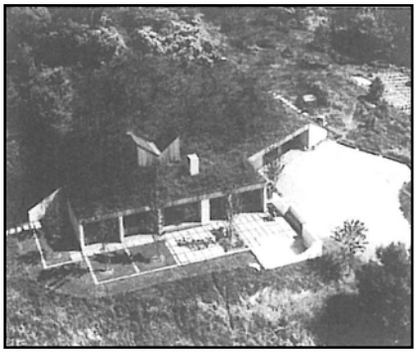
با توجه به پیشینه تاریخی اماکن زیرزمینی در معماری بومی جهان، بررسی و ارائه راهکار برای معماری امروز خالی از لطف نیست. در معماری امروز جهان با توجه به مسئله بحران انرژی در دهه ۱۹۷۰ و توجه همگانی به حفظ محیط زیست و انرژی، اهمیت و ضرورت بهره‌گیری از زیرزمین نمایان گردیده است. استفاده از زیرزمین در معماری کنونی عملکردهای بسیاری یافته است مانند : کاربری‌های مسکونی، مذهبی، تفریحی، ورزشی، تجاری، اداری، آموزشی، پارکینگ، حمل و نقل و غیره. به گونه‌ای که هم اکنون در ساخت و سازهای جدید اکثر کاربری‌های ساختمانی در فضای زیر زمین تعبیه گردیده است. در ذیل به بررسی برخی از این کاربری‌ها پرداخته می‌شود :

۲. ۱. کاربری‌های مسکونی

توسعه‌های جدید در استفاده مسکونی از زیر سطح زمین در تعداد کمی از کشورهای جهان از جمله در آمریکا و استرالیا رخ داده است. در استرالیا، در چندین شهر معدنی در مناطق بیابانی این کشور، درصد زیادی از مساکن و ساختمان‌های عمومی جهت فرار از گرمای شدید هوا در زیر سطح زمین قرار دارند. این نمونه‌ها شامل شهرهای واقع در جوار معادن عقیق، کویر پدی[۴]، وایت کلیفس[۵]، آندوموکا[۶]، و بورا[۷] هستند [کارمودی، ۷۶:۱۳۸۸].

نمونه‌های آمریکایی از طراحی آمیخته با زمین عبارت است از: آثار فرانک لوید رایت در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰، گسترش پناهگاه‌های محافظت در برابر جنگ اتمی که از تبعات جنگ سرد در دهه ۱۹۶۰ بود و نگرانی‌هایی در زمینه مسایل زیست محیطی و زیبایی‌شناختی طبیعی در اواسط و اواخر دهه ۱۹۶۰ با بحران انرژی که استفاده از خانه‌های پوشیده شده در خاک، به طور گسترده‌ای از چند عدد به

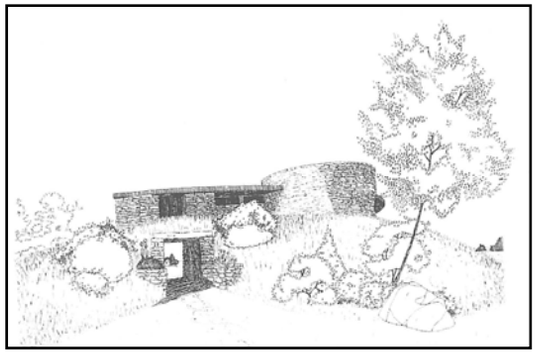
چندین هزار افزایش یافت. در دهه ۱۹۸۰، علاقه عمومی به صرفه جویی در مصرف انرژی دوباره کاهش یافت و به تبع آن، توجه به ساخت و ساز مساکن واقع در زیر سطح زمین نیز کم شد [کارمودی، ۷۶:۱۳۸۸]. (تصاویر۲۱-۱۹).



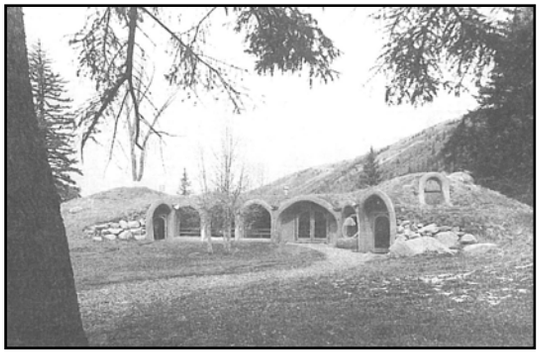
تصویر۱۹. خانه ویلستون، لایم، در نیوهمپشایر آمریکا،
جان کارمودی، ۱۳۸۸ : ۷۶ .ن(معمار: دان متز)

۲. ۲. مراکز آموزشی

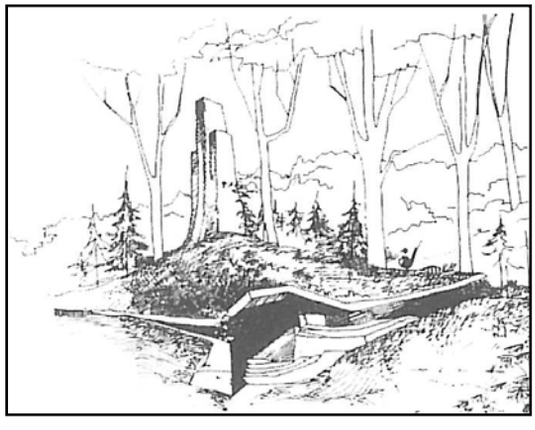
ساختمان‌های آموزشی در طبقه مهمی از سازه‌های زیرزمینی قرار دارند. این ساختمان‌ها معمولاً کم عمق هستند تا در هنگام آتش، امکان خروج اضطراری را تسهیل کنند. برای مثال، دبستان‌های تراست[۸] و مرکز آموزشی ترا[۹] در ویرجینیای آمریکا طوری طراحی شده‌اند تا مصرف انرژی پایینی داشته باشند و زمین‌های بازی را بر بام ساختمان‌ها ایجاد نموده‌اند. مدرسه وایلدوود[۱۰] در آسپن[۱۱] کلورادو، به گونه‌ای است که محیط آموزشی جذاب و طبیعی برای دانش آموزان ابتدایی فراهم نماید (تصویر۲۲)؛ [کارمودی، ۱۳۸۸ : ۸۸].



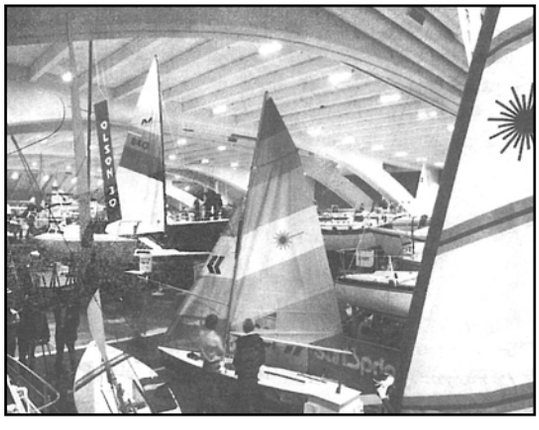
تصویر ۲۰. خانه دوم جیکوبس در میدلتون ایالت ویسکانسین که در سال ۱۹۴۳
ساخته شده است. جان کارمودی، ۳۸۸ : ۷۶.



تصویر۲۱. مدرسه وایلدوود در آسپن کلورادو، جان کارمودی، ۱۳۸۸: ۸۸ .



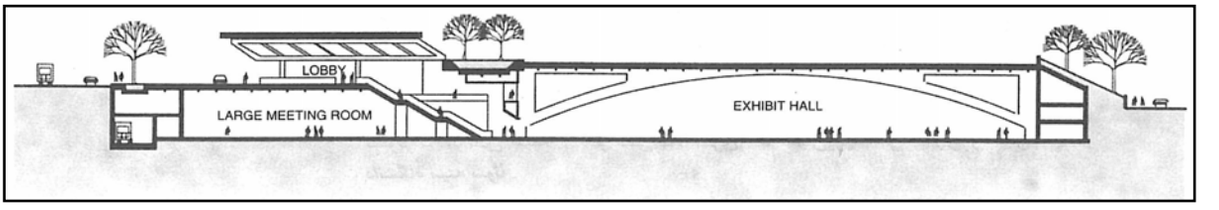
تصویر ۲۲. طرح مفهومی برای یک خانه زیرزمینی با کم‌ترین اثر
بر منظر طبیعی و محیط زیست (معمار : مالکوم ولز)،
مأخذ : جان کارمودی، ۱۳۸۸ : ۷۶.



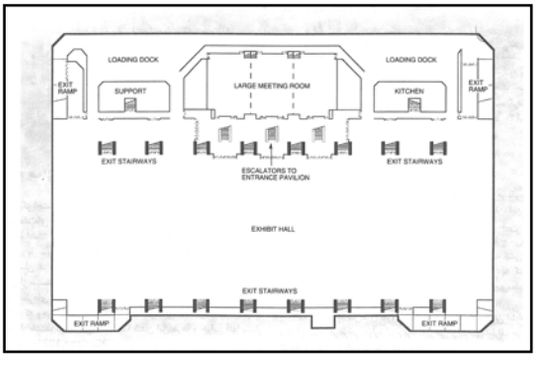
تصویر ۲۳. مرکز اجتماعات و نمایشگاه ماسکن در سان
فرانسیسکو، کالیفرنیا (معمار : اوباتا و کاسابوم.)،
مأخذ : جان کارمودی، ۱۳۸۸ : ۸۹.

۲. ۳. کاربری‌های خاص

برخی از تأسیسات زیرزمینی که با اهداف خاص ایجاد شده‌اند شامل مرکز اجتماعات ماسکون در سان فرانسیسکوی کالیفرنیا بوده که به علت اعتراضات اهالی محل به مقیاس پروژه، در زیر سطح زمین احداث شده است. برای موافقت با احداث پروژه، طبقه مربوط به مرکز اجتماعات و نمایشگاه‌ها در عمق ۵ تا ۹ متری زیر سطح زمین و در منطقه‌ای شیب‌دار قرارگرفت و طاق‌های عظیم، امکان ایجاد دهنه‌های ۸۵ متری را فراهم آوردند که قرارگیری یک پارک یا یک ساختمان سه طبقه را در بالای مرکز اجتماعات ممکن می‌نماید (تصاویر ۲۳و۲۴)؛ [کارمودی،۱۳۸۸: ۸۹].



تصویر۲۴. مرکز اجتماعات ماسکون، سان فرانسیسکو، کالیفرنیا، ایالات متحده، مأخذ : جان کارمودی، ۱۳۸۸ : ۳۲۴.



تصویر۲۵. پلان طبقه زیرین- مرکز اجتماعات ماسکون، سان فرانسیسکو، کالیفرنیا، آمریکا، جان کارمودی، ۱۳۸۸ : ۳۲۵.

نتیجه‌گیری

یکی از تکنیک‌هایی که می‌توان برای تعدیل گرمای نامطلوب تابستان‌ها بکار برد استفاده از سرمایش زمین است. این شیوه یکی از تکنیک‌های بسیار کارای سرمایش ایستاست. با این شیوه می‌توان از مزایای بسیار در داخل زمین بودن استفاده نمود و مصرف انرژی را به حداقل رساند. اما در نحوه استفاده از زمین در ساختمان توجه به یک مطلب، رمز موفقیت است. این رمز توجه به اقلیم است. اگر در این‌گونه ساختمان‌ها به اقلیم توجه شود می‌توان از زمین حداکثر بهره‌وری را داشت. همان‌طور که بیان شد و در مثال‌های مختلف نیز دیده شد، در اقلیم گرم و خشک استفاده از زیرزمین بسیار متداول است. اما بایستی به نکات مختلفی نیز دقت نمود.

- زمین بهترین توده حرارتی است که نقش یک خازن حرارتی را ایفا می‌کند. بنابراین با بـه حـداکثر رسـاندن سـطوح در تقابل با توده‌های حرارتی زمین می‌توان از حداکثر سرمایش زمین استفاده نمود.
- مسلماً نمی‌توان تنها با زمین تمام حائل‌ها و دیوارها را تأمین نمود. اما می‌توان با استفاده از حائـل‌هـای خـازن حرارتـی مانند آجر، بتن و.... در جداره کنار زمین بهره بیشتری داشت.
- برای تکمیل این تکنیک سرمایش ایستا بایستی سطوحی که سبب ورود هوای گرم و بالا رفتن دمای خانه می‌گـردد را به حداقل رساند، مانند به حداقل رساندن بازشوها (کم نمودن تبادل حرارتی تابشی از پنجره‌ها).

- یکی دیگر از فواید استفاده از صخره‌ها و زمین می‌تواند سایه‌های موجود در این‌گونه اماکن باشد. در طراحی‌ها می‌بایستی به جهت مطلوب سایه‌اندازی و به حداقل رساندن جذب خورشید اندیشید.
- استفاده از پنجره‌ها و درهای فرورفته و سایبان‌دار نیز بسیار مؤثر است.
- در کنار هم قرار دادن خانه‌ها سبب استفاده از سرمایش مشترک می‌گردد و مزایای بسیار حرارتی دارد.
- قرارگیری حیاط در نزدیکی خانه و زمین نیز از دیگر کمک‌های سرمایشی است.
- با توجه به تمام مطالب بیان شده می‌توان ابراز نمود که یکی از مقرون به صرفه‌ترین روش‌های سرمایش در معماری بومی دنیا استفاده از زمین به طور کامل (زیرزمین) و یا به طور جزئی (در شیب‌ها) است. با توجه به موقعیت جغرافیایی محل می‌توان بهترین بهره را از منطقه داشت. بسیاری از شهرهای کشورمان اقلیم‌هایی مشابه دارند مانند شیراز، تهران، اصفهان و ... . درضمن بسیاری از مناطق این شهرها در حاشیه کوه‌ها ساخته شده‌اند و در معماری بومی و محلی آنها از زیرزمین به اشکال مختلف استفاده شده است. در شیراز : محله قدیم بابا کوهی و جدید جمهوری، کوی دانشگاه، ابیوردی، چمران، محمودیه، تپه تلویزیون، ریاستی، میانرود، صدرا، گلستان و بسیاری دیگر در تپه‌ها و شیب‌ها قرار دارند و می‌توانند با جاگیری خانه‌ها در دل این تپه‌ها مزایای بسیاری به ارمغان آورند. در این مناطق به طور فطری هنوز تکنیک استفاده از زمین دیده می‌شود. درابیوردی قدیم خانه‌ها به صورتی ساخته شده‌اند که پس از ورود در ساختمان به حیاط (پشت بام) می‌توان رسید و سپس با پله به داخل خانه شد.

پی‌نوشت‌ها

۱. Prevital ۲. Talib ۳. Mesaverd ۴. Coober pedy ۵. White cliffs ۶ Andamoka ۷ Burra ۸ Terrast
۹. Terra ۱۰. Wildwood ۱۱. Aspen

فهرست منابع

- قبادیان، وحید. ۱۳۸۷. **بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران**. چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
- کارمودی، جان؛ استرلینگ، ریموند. ۱۳۸۸. **طراحی فضاهای زیرزمینی**. ت : وحید رضا ابراهیمی.چاپ اول. نشر مرندیز. تهران.
- مور، فولر. ۱۳۸۲. **سیستم‌های کنترل محیط زیست** (تنظیم شرایط محیطی). ت : محمدعلی کی‌نژاد و رحمان آذری. چاپ اول، انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز. تبریز.

- Cettina, G.1998. **Chapter 4*the utilization of microclimate elements.** Renewable and Sustainable Energy Reviews2.pp89-114.
- Dora, P. *et al*.2001. **Traditions in architecture, Africa, America, Asia and Oceania**. NY: Oxford University Press. New York.
- Gabler, R.E *et al*.2009. **Physical Geography**. Ninth Edition, cingage learning.
- Lechner, N; Wily, J & Sons. Inc.2001. **Heating, Cooling, lighting, Design Methods for Architects.**
- Newsome, D. 2006. **Geotourism**. Ross Kingston Dowling.
- Rodley, L. 1985. **Cave monasteries of Byzantine Cappadocia,** Cambridge university press.London.
- Schoenauer, N. 2000. **6000 years of housing** Norton. New York.
- Talib, K.1984. **Shelter in Saudi Arabia**. Londen and New York: academy/ St Martin's Press. New York.
- Wang, F; Liu, Y.2002. **Thermal environment of the courtyard style cave dwelling in winter.** .Energy and Buildings 34. pp 985-1001.
- Zhai, Z ,*et al*. 2009. **Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation**. previtali, Energy and Building 5.