

سلام افلا



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد اراک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی معماری

عنوان:

"طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی"

استاد راهنما:

نگارش:

.....

تابستان ۱۴۰۳



معاونت پژوهش و فن آوری

به نام خدا

مشور اخلاق پژوهش

بیاری از خداوند بجان و اعتماد به این که عالم محضر خداست و بموازه ناظر بر افعال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش پژوهش و نظریه ایست جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، مادیان و اعتدالیت علمی واحد های دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی به نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

- ۱- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت.
- ۲- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران، پرسنل و مدیران (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.
- ۳- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه بکاران پژوهش.
- ۴- اصل منفعت ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن بهر دو توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.
- ۵- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.
- ۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهادهای مرتبط با تحقیق.
- ۷- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی.
- ۸- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشیاء نتایج تحقیقات و انتقال آن به بکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.
- ۹- اصل برانست: التزام به برانست جویی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به مثابه بای غیر علمی می آلائند.



تعهدنامه اصالت رساله یا پایان نامه تحصیلی

اینجانب دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته/دکتری تخصصی در رشته..... که در تاریخ از پایان نامه/رساله خود تحت عنوان " طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی "با کسب نمره؛ و درجه دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

۱) این پایان نامه / رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و ...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آنرا در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده ام.

۲) این پایان نامه / رساله قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه یا رساله داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴) دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

صورت جلسه دفاع

تقدیم به:

محضر ارزشمند خانواده عزیزم؛

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

و به پاس محبت بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

به استادان فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرایای نمودند.

پاسکزاری

بر خود واجب می‌دانم از استاد فرزانه جناب دکتر..... که به عنوان استاد راهنما در مراحل مختلف این پیمان نامه، همواره با سه صدر و کشاده رویی از من حمایت کرد خدا شکر و قدر دانی

مایم؛

جناب آقای دکتر..... به عنوان استاد مشاور مسئولیت سبکی را قبول زحمت فرمودند و مطمئنم بدون حمایت، راهنمایی‌ها و روحیه بخشی ایشان، انجام بخش می از این رساله

میرنی شد بدین وسیله از بزرگواری، حسن سلوک و حمایت بی دریغ ایشان شکر کرده و برای ایشان طول عمر توام با سربلندی را آرزو مندم

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	فصل اول: کلیات تحقیق
۲	۱-۱ مقدمه
۴	۱-۲ بیان مساله
۶	۱-۳ اهمیت و ضرورت تحقیق
۸	۱-۴ پرسش های تحقیق
۹	۱-۵ فرضیات تحقیق
۱۰	۱-۶ اهداف تحقیق
۱۰	۱-۶-۱ اهداف اصلی
۱۰	۱-۶-۲ اهداف فرعی
۱۱	۱-۷ چارچوب تحقیق
۱۳	فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق
۱۳	۲-۱ مقدمه
۱۴	۲-۲ مبانی نظری
۱۴	۱-۲-۲ معماری پایدار
۱۴	۱-۲-۲-۱ اصول معماری پایدار در طراحی ویلاهای کوهستانی
۱۶	۱-۲-۲-۲ بهینه سازی مصرف انرژی در ویلاهای مسکونی ارتفاعات
۱۸	۱-۲-۲-۳ کاربرد مصالح پایدار در ساخت ویلاهای کوهستانی
۲۰	۱-۲-۲-۴ طراحی سیستم های گرمایشی پایدار برای مناطق سرد

۲۲.....	۵-۱-۲-۲ یکپارچگی انرژی‌های تجدیدپذیر در ویلاهای کوهپایه‌ای
۲۵.....	۶-۱-۲-۲ عایق‌بندی حرارتی مناسب اقلیم کوهستانی
۲۷.....	۷-۱-۲-۲ طراحی پوسته ساختمان برای کاهش تلفات انرژی
۳۰.....	۸-۱-۲-۲ سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی در ویلاهای کوهی
۳۳.....	۹-۱-۲-۲ مدیریت چرخه حیات ویلای کوهستانی
۳۵.....	۱۰-۱-۲-۲ ارزیابی عملکرد انرژی ویلاهای مسکونی ارتفاعات
۳۷.....	۲-۲-۲ ویلای کوهستانی
۳۷.....	۱-۲-۲-۲ تحلیل محل و انتخاب بهترین موقعیت برای ویلا
۳۹.....	۲-۲-۲-۲ طراحی معماری متناسب با توپوگرافی کوهستان
۴۲.....	۳-۲-۲-۲ سازگاری طراحی ویلا با شیب طبیعی زمین
۴۴.....	۴-۲-۲-۲ مقاوم‌سازی ویلای کوهستانی در برابر بارهای طبیعی
۴۶.....	۵-۲-۲-۲ طراحی دسترسی و پارکینگ ویلای کوهپایه‌ای
۴۸.....	۶-۲-۲-۲ سیستم‌های تأسیساتی مناسب مناطق کوهستانی
۴۹.....	۷-۲-۲-۲ چشم‌انداز و منظر در طراحی ویلای کوهی
۵۱.....	۸-۲-۲-۲ مصالح محلی کوهستانی در ساخت ویلا
۵۳.....	۹-۲-۲-۲ طراحی فضاهای داخلی متناسب با اقلیم سرد
۵۴.....	۱۰-۲-۲-۲ معماری بومی کوهستانی در طراحی ویلا
۵۶.....	۳-۲-۲ طراحی سبز
۵۶.....	۱-۳-۲-۲ کاربرد طراحی سبز در ویلاهای کوهستانی
۵۷.....	۲-۳-۲-۲ فضای سبز پایدار در محیط کوهپایه‌ای
۵۹.....	۳-۳-۲-۲ انتخاب گیاهان بومی کوهستان برای ویلا
۶۱.....	۴-۳-۲-۲ طراحی باغ کوهستانی با رویکرد پایدار

- ۶۳..... ۲-۲-۳-۵ سیستم‌های مدیریت آب باران در ویلای کوهی
- ۶۴..... ۲-۲-۳-۶ بام‌های سبز مناسب اقلیم کوهستانی
- ۶۶..... ۲-۲-۳-۷ کاهش جزایر حرارتی در ویلاهای کوهپایه‌ای
- ۶۸..... ۲-۲-۳-۸ منظرسازی طبیعی اطراف ویلای کوهستانی
- ۶۹..... ۲-۲-۳-۹ تولید غذای ارگانیک در ویلاهای کوهی
- ۷۱..... ۲-۲-۳-۱۰ حفظ اکوسیستم در طراحی سبز ویلا
- ۷۳..... ۲-۲-۴-۱ کاهش اثرات محیطی
- ۷۳..... ۲-۲-۴-۱ ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ساخت ویلا در کوهستان
- ۷۴..... ۲-۲-۴-۲ کاهش ردپای کربن ویلاهای کوهستانی
- ۷۶..... ۲-۲-۴-۳ مدیریت پسماند در ساخت ویلای کوهپایه‌ای
- ۷۸..... ۲-۲-۴-۴ حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش
- ۷۹..... ۲-۲-۴-۵ کنترل آلودگی صوتی ویلا در محیط طبیعی
- ۸۱..... ۲-۲-۴-۶ حفظ منابع آب در طراحی ویلای کوهستانی
- ۸۲..... ۲-۲-۴-۷ کاهش اثرات بر حیات وحش کوهستان
- ۸۴..... ۲-۲-۴-۸ مدیریت زهکشی پایدار ویلاهای ارتفاعات
- ۸۶..... ۲-۲-۴-۹ استفاده از مصالح کم‌کربن در ویلای کوهی
- ۸۷..... ۲-۲-۴-۱۰ نظارت محیط‌زیستی حین ساخت ویلا
- ۸۹..... ۲-۲-۵-۱ معماری زیست‌محیطی
- ۸۹..... ۲-۲-۵-۱ تحلیل اقلیم کوهستانی در طراحی ویلا
- ۹۱..... ۲-۲-۵-۲ جهت‌گیری بهینه ویلا نسبت به خورشید و باد کوهستان
- ۹۲..... ۲-۲-۵-۳ تهویه طبیعی در ویلاهای کوهپایه‌ای
- ۹۴..... ۲-۲-۵-۴ بهره‌گیری از ژئوترمال در ویلاهای کوهستانی

۹۵	۲-۲-۵-۵ نورگیری طبیعی مناسب اقلیم کوهی
۹۷	۲-۲-۵-۶ سازگاری ویلا با چرخه‌های طبیعی کوهستان
۹۹	۲-۲-۵-۷ طراحی بیوکلیماتیک ویلا کوهستانی
۱۰۱	۲-۲-۵-۸ استفاده از انرژی باد کوهستانی در ویلا
۱۰۳	۲-۲-۵-۹ تطبیق ویلا با تغییرات فصلی کوهستان
۱۰۵	۲-۲-۵-۱۰ کاهش وابستگی به انرژی خارجی در ویلا کوهی
۱۰۷	۲-۲-۶-۶ ساختمان سازگار با طبیعت
۱۰۷	۲-۲-۶-۱ حفظ طبیعت کوهستان در طراحی ویلا
۱۱۰	۲-۲-۶-۲ یکپارچگی ویلا با منظر طبیعی کوهستان
۱۱۲	۲-۲-۶-۳ استفاده از فرم‌های طبیعی در معماری ویلا
۱۱۵	۲-۲-۶-۴ حداقل دخل و تصرف در اکوسیستم کوهستانی
۱۱۷	۲-۲-۶-۵ رنگ‌آمیزی هارمونیک ویلا با طبیعت کوه
۱۲۱	۲-۲-۶-۶ حفظ مسیرهای طبیعی حیوانات اطراف ویلا
۱۲۴	۲-۲-۶-۷ طراحی ویلا برای تعامل با طبیعت کوهستان
۱۲۶	۲-۲-۶-۸ احترام به ریتم‌های طبیعی در ویلا کوهی
۱۲۸	۲-۲-۶-۹ کاهش تأثیرات بصری ویلا در منظر کوهستان
۱۳۰	۲-۲-۶-۱۰ حفظ تنوع زیستی کوهستانی در طراحی ویلا
۱۳۳	۳-۲ پیشنهاد تحقیق
۱۶۰	۴-۲ خلاصه و جمع‌بندی فصل
۱۶۲	فصل سوم: نمونه موردی
۱۶۳	۱-۳ مقدمه

۳-۲ نمونه های موردی	۱۶۴
۱-۲-۳ «خانه دوگّا» (House Dokka)	۱۶۴
۲-۲-۳ «خانه تیتون» (Teton House)	۱۶۸
۳-۲-۳ خانه پسیو (MARTaK Passive House)	۱۷۲
۴-۲-۳ «خانه آکسبو» (Axboe House)	۱۷۷
۵-۲-۳ «خانه لابلولی» (Loblolly House)	۱۸۳
۶-۲-۳ خانه گراهام (Graham Residence)	۱۹۰
فصل چهارم: یافته های تحقیق	۱۹۴
۴-۱ مقدمه	۱۹۴
۲-۴ طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی با رویکرد پایداری محیطی: بررسی روش ها و استراتژی های کاهش اثرات منفی بر اکولوژی مناطق کوهستانی	۱۹۵
۱-۲-۴ تحلیل تأثیر شیب زمین و پوشش گیاهی بر پایداری سازه ها	۱۹۵
۲-۲-۴ استراتژی های ادغام پنل های خورشیدی برای کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی	۱۹۶
۳-۲-۴ ارزیابی روش های حفاظت از منابع آب محلی در فرآیند ساخت	۱۹۶
۴-۲-۴ بررسی تأثیر طراحی بر تنوع زیستی جانوری در نواحی کوهستانی	۱۹۷
۵-۲-۴ راهکارهای کاهش آلودگی صوتی ناشی از ساخت و ساز در اکوسیستم های حساس	۱۹۸
۳-۴ الگوهای نوین طراحی ساختمان های مسکونی هماهنگ با محیط زیست: تمرکز بر مواد سبز، انرژی پایدار و مدیریت پسماندها در ویلاهای کوهستانی	۲۰۰
۱-۳-۴ کاربرد چوب بازیافتی در ساختارهای مقاوم به شرایط آب و هوایی	۲۰۰
۲-۳-۴ سیستم های گرمایشی زمین گرمایی برای بهره برداری از انرژی طبیعی	۲۰۱
۳-۳-۴ مدل های بازیافت آب باران برای مدیریت منابع آبی پایدار	۲۰۲
۴-۳-۴ طراحی فضاهای سبز داخلی برای بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان	۲۰۳

- ۴-۳-۵ روش‌های کمپوستینگ پسماندها برای کاهش زباله‌های ساختمانی. ۲۰۴
- ۴-۴ بررسی شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی در طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی: بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از فناوری‌های کم‌انرژی ۲۰۵
- ۴-۴-۱ تأثیر ارتفاع و بادهای غالب بر عایق‌بندی حرارتی ساختمان‌ها. ۲۰۵
- ۴-۴-۲ کاربرد سنسورهای هوشمند برای کنترل مصرف انرژی بر اساس شرایط آب و هوایی. ۲۰۶
- ۴-۴-۳ تحلیل خاک و سنگ‌شناسی برای انتخاب پایه‌های مقاوم به زمین‌لرزه. ۲۰۷
- ۴-۴-۴ ادغام سیستم‌های تهویه طبیعی برای کاهش نیاز به دستگاه‌های مکانیکی. ۲۰۸
- ۴-۴-۵ ارزیابی تأثیر جنگل‌های اطراف بر سایه‌اندازی و خنک‌سازی طبیعی. ۲۰۹
- ۴-۵ کاربرد مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و بازیافت‌پذیر در ساخت ویلاهای کوهستانی: ارائه راهکارهای عملی برای کاهش تأثیرات ساخت و ساز ۲۱۰
- ۴-۵-۱ استفاده از بتن سبز مبتنی بر مواد معدنی محلی برای کاهش کربن. ۲۱۰
- ۴-۵-۲ راهکارهای بازیافت فلزات در ساختارهای فلزی مقاوم به برف و یخ. ۲۱۱
- ۴-۵-۳ کاربرد عایق‌های گیاهی مانند پشم گوسفند برای حفظ گرما. ۲۱۲
- ۴-۵-۴ روش‌های تولید محلی مصالح برای کاهش حمل و نقل و آلودگی. ۲۱۳
- ۴-۵-۵ ارزیابی چرخه حیات مواد برای انتخاب گزینه‌های با دوام طولانی‌مدت. ۲۱۵
- ۴-۶ مدل‌های طراحی پایدار ویلاهای مسکونی کوهستانی: ارتقاء کیفیت زندگی ساکنان و ارائه الگوهای قابل تعمیم به سایر مناطق ۲۱۶
- ۴-۶-۱ طراحی فضاهای باز برای ارتباط مستقیم با طبیعت و کاهش استرس. ۲۱۶
- ۴-۶-۲ ادغام فناوری‌های هوشمند خانگی برای نظارت بر سلامت محیطی. ۲۱۷
- ۴-۶-۳ مدل‌های چندمنظوره برای استفاده فصلی و کاهش هدررفت انرژی. ۲۱۸
- ۴-۶-۴ ارزیابی تأثیر طراحی بر فعالیت‌های ورزشی و تفریحی ساکنان. ۲۱۹
- ۴-۶-۵ الگوهای قابل مقیاس برای مناطق کوهستانی با اقلیم‌های متنوع. ۲۲۰

۲۲۱	 ۷-۴ برنامه فیزیکی ویلای مسکونی کوهستانی
۲۲۵	 ۸-۴ خلاصه و جمع بندی فصل
۲۲۸	 فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۲۲۸	 ۱-۵ نتیجه گیری
۲۳۵	 ۲-۵ پیشنهادات
۲۳۵	 ۵-۲-۱ پیشنهادات کاربردی
۲۳۶	 ۵-۲-۲ پیشنهادات پژوهشی
۲۳۷	 ۳-۵ محدودیت ها
۲۳۸	 ۴-۵ خلاصه و جمع بندی فصل
۲۴۰	 منابع

فهرست جدول ها

جدول ۱-۲: اصول معماری پایدار	۱۵
جدول ۲-۲: مقایسه مصالح پایدار	۱۹
جدول ۳-۲: مقایسه سیستم های گرمایشی-سرمایشی پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس معیارهای پایداری (LCA و COP)	۲۲
جدول ۴-۲: مقایسه عایق های حرارتی	۲۶
جدول ۵-۲: مقایسه مصالح پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس معیارهای پایداری	۳۰
جدول ۶-۲: اولویت بندی سیستم های هوشمند انرژی (BEMS) برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه جویی انرژی، قابلیت اجرا و سطح هوشمندی	۳۲
جدول ۷-۲: مراحل چرخه حیات	۳۴
جدول ۸-۲: مقایسه ابزارها و سیستم های شبیه سازی و اجرایی پیشنهادی برای طراحی پایدار ویلای کوهستانی	۳۶
جدول ۸-۲: اولویت بندی عوامل تحلیلی در طراحی سایت ویلای کوهستانی	۳۹
جدول ۹-۲: اولویت بندی راهکارهای طراحی پایدار ویلای کوهستانی بر اساس تأثیر بر عملکرد انرژی، زیست محیطی، اجرایی و اقتصادی	۴۱
جدول ۱۰-۲: ارزیابی عملکرد روش های طراحی پایدار در ویلای کوهستانی بر اساس شاخص های کلیدی	۴۳
جدول ۱۱-۲: مقایسه عملکرد پنج استراتژی طراحی اقلیمی برای ویلای کوهستانی در شرایط آب و هوایی البرز	۴۶
جدول ۱۲-۲: مزایای طراحی دسترسی و پارکینگ	۴۷
جدول ۱۳-۲: ارزیابی پنج سیستم تأسیساتی پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه جویی انرژی، کاهش انتشار کربن و قابلیت اجرا	۴۹
جدول ۱۴-۲: مزایای طراحی منظر	۵۱
جدول ۱۵-۲: مقایسه مصالح	۵۲
جدول ۱۶-۲: مزایای طراحی داخلی	۵۴
جدول ۱۷-۴: مزایای معماری بومی	۵۵
جدول ۱۸-۴: مزایای طراحی سبز	۵۷
جدول ۱۹-۲: ارزیابی پنج عنصر طراحی داخلی پایدار برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه جویی انرژی، کاهش رد پای کربن و تأثیر بر کیفیت زندگی	۵۹
جدول ۲۰-۲: گیاهان بومی	۶۱

جدول ۲-۲۱: مزایای باغ پایدار	۶۲
جدول ۲-۲۲: مزایای مدیریت آب باران	۶۴
جدول ۲-۲۳: مزایای بام سبز	۶۵
جدول ۲-۲۴: مزایای کاهش جزایر حرارتی	۶۷
جدول ۲-۲۵: مزایای منظرسازی طبیعی	۶۹
جدول ۲-۲۶: مزایای تولید ارگانیک	۷۰
جدول ۲-۲۷: مزایای حفظ اکوسیستم	۷۲
جدول ۲-۲۸: اثرات زیست محیطی و راهکارها	۷۴
جدول ۲-۲۹: راهکارهای کاهش ردپای کربن	۷۵
جدول ۲-۳۰: مزایای مدیریت پسماند	۷۷
جدول ۲-۳۱: مزایای حفاظت از خاک	۷۹
جدول ۲-۳۲: مزایای کنترل آلودگی صوتی	۸۰
جدول ۲-۳۳: مزایای حفظ منابع آب	۸۲
جدول ۲-۳۴: مزایای کاهش اثرات حیات وحش	۸۴
جدول ۲-۳۵: مزایای زهکشی پایدار	۸۵
جدول ۲-۳۶: مزایای مصالح کم کربن	۸۷
جدول ۲-۳۷: مزایای نظارت محیط زیستی	۸۸
جدول ۲-۳۸: جهت گیری بهینه	۹۲
جدول ۲-۳۹: مزایای تهویه طبیعی	۹۳
جدول ۲-۴۰: مزایای ژئوترمال	۹۵
جدول ۲-۴۱: زاویه نور خورشید در فصول مختلف	۹۷
جدول ۲-۴۲: تغییرات فصلی و استراتژی های تطبیق	۱۰۵
جدول ۲-۴۳: اصول حفظ طبیعت در طراحی ویلا	۱۱۰
جدول ۲-۴۴: الگوهای طبیعی قابل استفاده در معماری	۱۱۴
جدول ۲-۴۵: سطوح دخل و تصرف در اکوسیستم	۱۱۷
جدول ۲-۴۶: پالت رنگی طبیعی کوهستان	۱۱۹
جدول ۲-۴۷: فعالیت های ویلا بر اساس ریتم های طبیعی	۱۲۸

جدول ۲-۴۸ خلاصه پیشینه ۱۵۳

جدول ۴-۱: برنامه فیزیکی ویلای مسکونی کوهستانی ۲۲۳

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱: عملکرد انرژی خورشیدی برای ویلای کوهستانی در شرایط بهینه ۱۸

شکل ۲-۲: سیستم های یکپارچه انرژی تجدیدپذیر پیشنهادی برای ویلای کوهستانی ۲۵

شکل ۲-۳: چرخه فصلی طبیعت کوهستان ۹۸

شکل ۲-۴: عوامل مؤثر در طراحی بیوکلیماتیک ۱۰۱

شکل ۲-۵: مقایسه انواع توربین بادی ۱۰۳

شکل ۲-۶: سطوح یکپارچگی با منظر طبیعی ۱۱۲

شکل ۲-۷: پالت رنگی هارمونیک برای نماهای مختلف ۱۲۱

شکل ۲-۸: راه حل های موانع و تسهیل عبور حیوانات ۱۲۳

شکل ۲-۹: مناطق تعاملی ویلا با طبیعت ۱۲۵

شکل ۲-۱۰: تاثیر طراحی پایدار بر حفظ تنوع زیستی ۱۳۳

عکس ۳-۱: نمای خانه دوکا ۱۶۴

عکس ۳-۲: نمای خانه دوکا ۱۶۶

عکس ۳-۳: فضای داخلی خانه دوکا ۱۶۸

عکس ۳-۴: دیوارهای شیشه ای خانه تیتون ۱۶۹

عکس ۳-۵: فضای داخلی با استفاده از متریال چوب ۱۷۰

عکس ۳-۶: سکوی خانه تیتون ۱۷۱

عکس ۳-۷: نمای خانه پسیو ۱۷۲

عکس ۳-۸: نمای ساختمان پسیو ۱۷۴

عکس ۳-۹: استفاده از متریال طبیعی ۱۷۶

عکس ۳-۱۰: نمای خانه پسیو ۱۷۷

عکس ۳-۱۱: نمای خانه آکس بئو ۱۷۸

عکس ۳-۱۲: نمای خانه آکس بئو ۱۷۹

عکس ۳-۱۳: فضای ورود به خانه ۱۸۰

۱۸۱	عکس ۳-۱۴ آشپزخانه
۱۸۲	عکس ۳-۱۵: رایله خانه
۱۸۳	عکس ۳-۱۶: فضای داخلی
۱۸۴	عکس ۳-۱۷: اسکلت خانه لابلولی
۱۸۵	عکس ۳-۱۸: نمای خارجی خانه
۱۸۶	عکس ۳-۱۹: نمای روبرو خانه لابلولی
۱۸۷	عکس ۳-۲۰: فضای داخلی خانه
۱۸۸	عکس ۳-۲۱: فضای داخلی خانه
۱۸۹	عکس ۳-۲۲: نمای خارجی ساختمان
۱۹۱	عکس ۳-۲۳: نمای خانه گراهام
۱۹۲	عکس ۳-۲۴: نمای بالای خانه گراهام
۱۹۳	عکس ۳-۲۵: نمای ۳ خانه گراهام

چکیده

با توجه به افزایش آگاهی جهانی نسبت به مسائل زیست‌محیطی و ضرورت حفاظت از اکوسیستم‌های شکننده، طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات زیست‌محیطی اهمیت بسزایی یافته است. این پژوهش بر طراحی یک ویلای مسکونی فرضی در مناطق کوهستانی ایران متمرکز است و با بهره‌گیری از اصول معماری پایدار، شامل استفاده از مصالح بومی، طراحی همساز با اقلیم و فناوری‌های کم‌انرژی، به دنبال کاهش ردپای کربن، حفظ تنوع زیستی و بهینه‌سازی مصرف انرژی است. مناطق کوهستانی با چالش‌هایی نظیر توپوگرافی ناهموار، اقلیم سرد و بارش‌های فصلی نیازمند رویکردهایی هستند که تعادلی بین آسایش ساکنان و حفاظت از محیط زیست برقرار کنند. این مطالعه از روش‌های ترکیبی کیفی و کمی، شامل تحلیل‌های میدانی، شبیه‌سازی با ابزارهایی مانند EnergyPlus و GIS و ارزیابی چرخه حیات مصالح (LCA) استفاده کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که طراحی پلکانی، مصالح محلی مانند سنگ و چوب مدیریت‌شده، سیستم‌های گرمایشی زمین‌گرمایی و جمع‌آوری آب باران می‌توانند مصرف انرژی را تا ۴۰ درصد و اثرات زیست‌محیطی را تا ۴۵ درصد کاهش دهند. این پژوهش چارچوبی عملی برای طراحی ویلاهای پایدار در مناطق کوهستانی ارائه می‌دهد که می‌تواند به حفاظت از اکوسیستم‌های حساس و ارتقای کیفیت زندگی ساکنان کمک کند.

واژگان کلیدی: معماری پایدار، ویلای کوهستانی، مصالح بومی، بهینه‌سازی انرژی، طراحی اقلیمی، تنوع زیستی

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

هم‌اکنون، با توجه به افزایش آگاهی جهانی درباره مسائل زیست‌محیطی و ضرورت حفاظت از منابع طبیعی، طراحی معماری پایدار به یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در حوزه ساخت‌وساز تبدیل شده است. این موضوع به‌ویژه در مناطق کوهستانی که دارای اکوسیستم‌های حساس و شرایط اقلیمی خاص هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ویلاهای مسکونی کوهستانی، به دلیل قرارگیری در بسترهای طبیعی شکننده و مواجهه با چالش‌هایی مانند فرسایش خاک، مصرف بالای انرژی و تأثیر بر تنوع زیستی، نیازمند

رویکردهایی هستند که نه تنها نیازهای ساکنان را تأمین کنند، بلکه کمترین آسیب را به محیط زیست وارد آورند. این نیاز، ضرورت بازنگری در روش‌های طراحی و ساخت‌وساز را با تأکید بر کاهش اثرات محیطی برجسته می‌سازد. این تحقیق بر طراحی ویلای مسکونی کوهستانی در یکی از مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز، متمرکز است. این مناطق با ویژگی‌هایی نظیر توپوگرافی ناهموار، اقلیم سرد و بارش‌های فصلی، چالش‌های متعددی را پیش روی طراحان قرار می‌دهند. نمونه مورد مطالعه در این پژوهش، یک ویلای مسکونی فرضی است که به‌عنوان بستری برای بررسی راهکارهای کاهش اثرات محیطی انتخاب شده است. هدف اصلی این تحقیق، ارائه طرحی است که با بهره‌گیری از اصول معماری پایدار، مانند استفاده از مصالح محلی، طراحی همساز با اقلیم و بهینه‌سازی مصرف انرژی، بتواند تعادلی بین آسایش ساکنان و حفاظت از محیط زیست برقرار کند. با این حال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از ویلاهای کوهستانی موجود، به دلیل تمرکز بیش از حد بر جنبه‌های زیبایی‌شناختی یا عملکردی کوتاه‌مدت، از اصول پایداری غافل مانده‌اند. این امر منجر به مشکلاتی مانند افزایش ردپای کربنی، تخریب پوشش گیاهی و مصرف غیرضروری منابع طبیعی شده است. این شکاف در طراحی‌های کنونی، ضرورت توسعه رویکردهای نوین را آشکار می‌سازد که بتوانند با ادغام فناوری‌های نوین و روش‌های سنتی، اثرات منفی بر اکوسیستم را کاهش دهند؛ بنابراین، این تحقیق به دنبال آن است تا با طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی، راهکارهایی عملی برای رفع این شکاف‌ها ارائه دهد. این پژوهش نه تنها به دنبال بهبود کارایی انرژی و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی است، بلکه قصد دارد الگویی برای

طراحی‌های پایدار در مناطق کوهستانی ارائه کند که بتواند به حفظ اکوسیستم‌های طبیعی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان کمک نماید.

۲-۱ بیان مساله

امروزه، با توجه به افزایش آگاهی جهانی درباره تغییرات اقلیمی و ضرورت حفظ منابع طبیعی، طراحی معماری پایدار به یکی از اولویت‌های اصلی در حوزه ساخت‌وساز تبدیل شده است. این موضوع در مناطق کوهستانی که دارای اکوسیستم‌های شکننده و منابع محدود هستند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. ویلاهای مسکونی کوهستانی، به دلیل قرارگیری در محیط‌های حساس و شرایط آب‌وهوایی خاص، نیازمند طراحی‌هایی هستند که نه تنها نیازهای ساکنان را برآورده کنند، بلکه کمترین تأثیر منفی را بر محیط زیست اطراف داشته باشند (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱). این نیاز، ضرورت بازنگری در روش‌های طراحی و ساخت‌وساز را برجسته می‌کند تا تعادلی بین راحتی انسان و حفظ طبیعت برقرار شود. در این راستا، مطالعه حاضر بر طراحی ویلای مسکونی کوهستانی در یکی از مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز، متمرکز است. این مناطق با ویژگی‌هایی مانند توپوگرافی ناهموار، اقلیم سرد، بارش‌های فصلی فراوان و پوشش گیاهی خاص، چالش‌های متعددی را پیش روی طراحان قرار می‌دهند. به عنوان مثال، ویلای

مسکونی مورد نظر در این تحقیق، در یک سایت فرضی در دامنه‌های البرز واقع شده است که با مسائلی مانند فرسایش خاک، نیاز به گرمایش مداوم در فصول سرد و تأثیرات احتمالی ساخت‌وساز بر زیستگاه‌های محلی مواجه است. هدف از این مطالعه، ارائه طرحی است که با بهره‌گیری از اصول معماری پایدار، مانند استفاده از مصالح محلی، طراحی همساز با اقلیم و بهینه‌سازی مصرف انرژی، این چالش‌ها را مدیریت کند. این ویلا به عنوان یک نمونه موردی، بستری برای بررسی عملی راهکارهای کاهش اثرات محیطی فراهم می‌کند و امکان ارزیابی تأثیرات طراحی بر محیط طبیعی را می‌دهد. با این حال، یک شکاف تحقیقاتی قابل توجه در این حوزه وجود دارد (اکبری، ۱۴۰۴). بسیاری از ویلاهای مسکونی کوهستانی که در سال‌های اخیر ساخته شده‌اند، به دلیل تمرکز بیش از حد بر جنبه‌های زیبایی‌شناختی یا عملکردی کوتاه‌مدت، اصول پایداری را نادیده گرفته‌اند. برای مثال، استفاده از مصالح غیربومی که حمل‌ونقل آن‌ها ردپای کربنی بالایی ایجاد می‌کند، یا طراحی‌هایی که به توپوگرافی طبیعی منطقه بی‌توجه هستند، منجر به افزایش مصرف انرژی و آسیب به اکوسیستم‌های محلی شده است. علاوه بر این، فقدان ادغام فناوری‌های نوین، مانند سیستم‌های غیرفعال گرمایشی و سرمایشی یا پنل‌های خورشیدی، در بسیاری از طرح‌های موجود، باعث شده که این ویلاها نتوانند به طور مؤثر با چالش‌های زیست‌محیطی مقابله کنند. این مشکلات، ضرورت توسعه رویکردهای جدید در طراحی را نشان می‌دهد که نه تنها به نیازهای ساکنان پاسخ دهد، بلکه اثرات منفی بر محیط زیست را به حداقل برساند (غائبی و همکاران، ۱۳۹۶)؛ بنابراین، در این تحقیق به دنبال آن هستیم تا به طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی بپردازیم. این هدف شامل ایجاد طرحی است که با استفاده از استراتژی‌های پایدار، مانند بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، مصالح

کم‌کربن و طراحی‌هایی که با اقلیم و توپوگرافی منطقه هماهنگ هستند، تأثیرات منفی بر محیط زیست را کاهش دهد. این تحقیق همچنین به دنبال ارائه راهکارهایی است که بتوانند به عنوان الگویی برای سایر پروژه‌های مشابه در مناطق کوهستانی مورد استفاده قرار گیرند تا از این طریق، به حفظ اکوسیستم‌های حساس و بهبود کیفیت زندگی ساکنان کمک شود. در نهایت، این تحقیق با تمرکز بر نمونه موردی ویلای مسکونی در دامنه‌های البرز، به دنبال ارائه راهکارهایی عملی برای رفع شکاف‌های موجود در طراحی‌های کنونی است. این تلاش نه تنها به بهبود پایداری در معماری کوهستانی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان گامی در جهت حفاظت از محیط زیست و ترویج معماری مسئولانه در مناطق حساس طبیعی مطرح شود.

۳-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق

اهمیت طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی، از جنبه کاربردی، به بهبود عملکرد و کارایی ساختمان‌ها در مناطق کوهستانی با شرایط اقلیمی و طبیعی خاص بازمی‌گردد. مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز یا زاگرس، به دلیل توپوگرافی ناهموار، اقلیم سرد و بارش‌های فصلی، چالش‌های متعددی برای ساخت‌وساز ایجاد می‌کنند. طراحی پایدار ویلاهای مسکونی با استفاده از مصالح بومی و سازگار با محیط، مانند سنگ و چوب محلی، نه تنها هزینه‌های ساخت و حمل‌ونقل را کاهش می‌دهد، بلکه ردپای کربنی ناشی از فرآیندهای ساخت را به حداقل می‌رساند. این رویکرد با بهره‌گیری از تکنیک‌های طراحی غیرفعال، مانند جهت‌گیری مناسب ساختمان برای استفاده بهینه از نور

خورشید و وزش باد، مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش را به طور قابل توجهی کاهش خواهد داد. همچنین، این نوع طراحی با کاهش وابستگی به سیستم‌های مکانیکی پرمصرف، به حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات منفی بر اکوسیستم‌های شکننده کوهستانی کمک می‌کند. برای مثال، استفاده از عایق‌های طبیعی و دیوارهای دوپوسته می‌تواند نیاز به مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد و آسایش حرارتی ساکنان را بهبود بخشد؛ بنابراین، ضرورت دارد که چنین طراحی‌هایی در مناطق کوهستانی پیاده‌سازی شوند تا تعادلی بین تأمین نیازهای ساکنان و حفاظت از محیط زیست برقرار گردد. از لحاظ نظری، اهمیت این تحقیق در گسترش دانش معماری پایدار و ارائه چارچوب‌های نوین برای طراحی در مناطق کوهستانی نهفته است. این مطالعه با تمرکز بر ادغام اصول زیست‌محیطی با نیازهای مسکونی، به توسعه مدل‌های طراحی کمک خواهد کرد که نه تنها کارایی انرژی را بهبود می‌بخشند، بلکه الگوهایی برای معماری همساز با طبیعت ارائه می‌دهند. این تحقیق با بررسی تعامل بین عوامل اقلیمی، توپوگرافی و مصالح ساختمانی، به تقویت پایه‌های نظری معماری پایدار کمک می‌کند و راهکارهایی برای طراحی‌هایی ارائه خواهد داد که با ویژگی‌های طبیعی مناطق کوهستانی هماهنگ باشند. به عنوان مثال، این مطالعه می‌تواند با تحلیل چگونگی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند پنل‌های خورشیدی، در ویلاهای کوهستانی، به توسعه تئوری‌هایی کمک کند که طراحی‌های پایدار را در مناطق حساس طبیعی ترویج می‌دهند. فلذا، اهمیت این موضوع در ایجاد دانشی جامع و کاربردی برای معماری کوهستانی که بر حفظ تعادل اکولوژیکی تأکید دارد، آشکار است. در بخش ضرورت تحقیق، این مطالعه به دنبال رفع مشکلاتی است که در ساخت‌وساز ویلاهای کوهستانی در ایران، به‌ویژه در دامنه‌های البرز، مشاهده می‌شود. یکی از مشکلات اصلی، فرسایش خاک

ناشی از ساخت و سازهای غیراصولی است که به تخریب پوشش گیاهی و زیستگاه‌های طبیعی منجر می‌شود. علاوه بر این، مصرف بالای انرژی برای گرمایش در ویلاهای کوهستانی، به دلیل طراحی‌های ناکارآمد، فشار زیادی بر منابع طبیعی وارد می‌کند. این تحقیق با ارائه طرحی پایدار که از مصالح کم‌تأثیر، مانند مصالح بازیافتی یا محلی و فناوری‌های غیرفعال، مانند سیستم‌های تهویه طبیعی، بهره می‌گیرد، به کاهش این مشکلات کمک خواهد کرد. همچنین، این مطالعه با تمرکز بر مدیریت رواناب‌های سطحی و حفظ تنوع زیستی، به حفاظت از اکوسیستم‌های شکننده کوهستانی کمک می‌کند. به جهت اهمیت کار در بهبود کیفیت زندگی ساکنان و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، ضرورت این تحقیق در ارائه راهکارهایی عملی برای طراحی ویلاهای مسکونی پایدار در مناطق کوهستانی ایران برجسته است. این تلاش نه تنها به رفع مشکلات موجود کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان الگویی برای سایر پروژه‌های مشابه در مناطق کوهستانی مورد استفاده قرار گیرد و به ترویج معماری مسئولانه در برابر طبیعت منجر شود.

۴-۱ پرسش‌های تحقیق

۱. آیا استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست در طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی می‌تواند به کاهش اثرات منفی بر محیط زیست کمک کند؟
۲. چگونه می‌توان از فناوری‌های کم انرژی برای طراحی ویلاهای مسکونی در مناطق کوهستانی استفاده کرد تا مصرف انرژی و اثرات مخرب بر محیط زیست کاهش یابد؟
۳. آیا مدیریت مناسب پسماندها و ضایعات ساختمانی می‌تواند به حفظ محیط زیست کمک کند؟

۴. چه راهکارهایی برای بهبود کیفیت هوای داخل ویلاهای مسکونی کوهستانی و کاهش آلودگی

هوای داخلی وجود دارد؟

۵. آیا طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و آب و هوایی مناطق

مختلف باید متفاوت باشد؟

۱-۵ فرضیات تحقیق

۱. استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و فناوری‌های کم انرژی در طراحی و ساخت

ویلاهای مسکونی کوهستانی می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی بر محیط زیست شود.

۲. مدیریت مناسب پسماندها و ضایعات ساختمانی می‌تواند به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی

ها کمک کند.

۳. استفاده از روش‌های مدیریت شده از منابع طبیعی مانند آب، انرژی و جنگل‌ها می‌تواند به بهبود و

حفظ محیط زیست در مناطق کوهستانی کمک کند.

۴. طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی باید با توجه به شرایط جغرافیایی و آب و هوایی مناطق

مختلف متفاوت باشد و این تفاوت‌ها می‌تواند به بهبود عملکرد محیط زیستی ساختمان‌ها کمک

کند.

۱-۶ اهداف تحقیق

۱-۶-۱ اهداف اصلی

۱. بررسی روش‌ها و استراتژی‌های موثر برای طراحی و ساخت ویلاهای مسکونی کوهستانی با تمرکز

بر کاهش اثرات منفی بر محیط زیست.

۲. ارائه الگوها و راهکارهای نوین در زمینه طراحی ساختمان‌های مسکونی که بتواند با محیط زیست

هماهنگ باشد.

۱-۶-۲ اهداف فرعی

۱. بررسی شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی مناطق کوهستانی و تأثیر آن بر طراحی و ساخت ویلاهای

مسکونی.

۲. بررسی روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی پایدار در ویلاهای مسکونی

کوهستانی.

۳. بررسی استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و بازیافت‌پذیر در ساخت ویلاهای

مسکونی.

۴. ارائه راهکارهای جهت مدیریت پسماندها و کاهش تأثیرات ناشی از ساخت و ساز در مناطق

کوهستانی.

۷-۱ چارچوب تحقیق

این پژوهش با عنوان «طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی»، در پنج فصل به بررسی جامع اصول و راهکارهای طراحی پایدار ویلاهای مسکونی در مناطق کوهستانی، با تأکید بر کاهش اثرات زیست محیطی، می پردازد. فصل اول، مفاهیم اصلی تحقیق را شامل معماری پایدار، طراحی همساز با اقلیم، مصالح دوستدار محیط زیست و اثرات زیست محیطی ساخت و ساز در مناطق کوهستانی معرفی می کند. در این فصل، تعاریف و توضیحات مربوط به این مفاهیم به منظور فراهم کردن مبنای نظری برای پژوهش ارائه می شود. اهداف تحقیق، شامل ارائه طرحی برای ویلای مسکونی کوهستانی با حداقل تأثیرات منفی بر اکوسیستم و بهبود کیفیت زندگی ساکنان، تبیین شده و ضرورت و اهمیت تحقیق، پرسش ها و فرضیات تحقیق و چارچوب کلی پژوهش تشریح می گردد. این فصل به شناسایی چالش های موجود در طراحی های کنونی ویلاهای کوهستانی، مانند فرسایش خاک و مصرف بالای انرژی، می پردازد. فصل دوم به مبنای نظری و پیشینه تحقیق اختصاص دارد و پایه های علمی مرتبط با معماری پایدار و طراحی ویلاهای کوهستانی را بررسی می کند. مفاهیم کلیدی مانند استفاده از مصالح بومی، بهینه سازی مصرف انرژی، سیستم های گرمایشی پایدار و یکپارچگی با اکوسیستم تحلیل می شوند. همچنین، با مرور تحقیقات داخلی و خارجی در زمینه طراحی پایدار در مناطق کوهستانی، خلأهای پژوهشی، مانند کمبود توجه به فناوری های نوین و مصالح محلی، شناسایی شده و جایگاه تحقیق حاضر مشخص می گردد. این فصل با ارائه جداول مقایسه ای و تحلیل های نظری، چارچوبی منسجم برای پیشبرد طراحی های پایدار در مناطق کوهستانی فراهم

می‌کند. فصل سوم به تحلیل تطبیقی طراحی ویلاهای کوهستانی در مناطق مختلف با اقلیم‌های متفاوت می‌پردازد. این فصل بر نحوه تطبیق اصول طراحی پایدار با ویژگی‌های اقلیمی، توپوگرافی و اکولوژیکی مناطق کوهستانی، مانند دامنه‌های البرز، تمرکز دارد. همچنین، بررسی می‌کند که چگونه می‌توان از راهکارهای پایدار، مانند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مصالح محلی، برای پاسخگویی به نیازهای خاص مناطق کوهستانی ایران بهره گرفت. این فصل شامل تحلیل نمونه‌های موفق جهانی و تطبیق آن‌ها با شرایط ایران است. فصل چهارم به ارائه راهکارهای عملی برای طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با تمرکز بر کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌پردازد. این فصل شامل استفاده از مصالح محلی مانند سنگ و چوب بومی، سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر نظیر پنل‌های خورشیدی و زمین‌گرمایی، مدیریت آب باران و طراحی‌های همساز با توپوگرافی است. نتایج حاصل از تحلیل‌ها، مانند کاهش ۵۰ درصدی مصرف انرژی و ردپای کربنی، بهبود کیفیت هوای داخل و حفظ تنوع زیستی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این فصل همچنین به بررسی تأثیرات این طراحی‌ها بر کیفیت زندگی ساکنان و ارائه الگوهای قابل تعمیم به سایر مناطق کوهستانی می‌پردازد. فصل پنجم، نتیجه‌گیری نهایی تحقیق را ارائه می‌دهد و اثربخشی راهکارهای پیشنهادی، مانند کاهش فرسایش خاک و بهینه‌سازی مصرف انرژی، تحلیل می‌شود. چالش‌های اجرایی، مانند کمبود زیرساخت‌های محلی و مقاومت‌های فرهنگی-اقتصادی، بررسی شده و پیشنهاداتی برای رفع آن‌ها، از جمله آموزش تخصصی معماران و توسعه کارگاه‌های تولید مصالح محلی، ارائه می‌شود. همچنین، پیشنهادات پژوهشی برای مطالعات آتی، مانند ارزیابی بلندمدت طراحی‌های پایدار و توسعه پروتکل‌های

استاندارد، مطرح می‌گردد. محدودیت‌های پژوهش، مانند تنوع اقلیمی و کمبود داده‌های میدانی، شناسایی شده و راهکارهایی برای رفع آن‌ها پیشنهاد می‌شود.

فصل دوم

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۱-۲ مقدمه

در این فصل، با هدف تبیین پایه‌های علمی و نظری پژوهش، ابتدا مفاهیم کلیدی مرتبط با معماری پایدار، طراحی اقلیمی و اصول کاهش اثرات زیست‌محیطی در مناطق کوهستانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس، با مرور تحقیقات پیشین، تلاش می‌شود تا خلأهای موجود در دانش مرتبط با موضوع شناسایی شده و

جایگاه پژوهش حاضر در این حوزه مشخص گردد. این فصل به عنوان پایه‌ای برای تدوین راهکارهای طراحی در فصل‌های بعدی، به تحلیل عوامل مؤثر بر طراحی ویلاهای کوهستانی با تأکید بر پایداری محیطی، بهره‌وری انرژی و سازگاری با اقلیم خاص این مناطق می‌پردازد. در نهایت، با جمع‌بندی مطالعات نظری و پیشینه تحقیق، چارچوبی منسجم برای پیشبرد اهداف پژوهش ارائه خواهد شد.

۲-۲ مبانی نظری

۲-۲-۱ معماری پایدار

۲-۲-۱-۱ اصول معماری پایدار در طراحی ویلاهای کوهستانی

معماری پایدار در طراحی ویلاهای کوهستانی نیازمند درک عمیق از شرایط خاص محیط کوهستانی و تعامل هوشمندانه با این اکوسیستم حساس است. اولین اصل بنیادین، احترام به توپوگرافی طبیعی زمین می‌باشد. طراحان باید از کندن و برداشت خاک غیرضروری خودداری نمایند و ساختار ویلا را به گونه‌ای تنظیم کنند که با شیب طبیعی زمین هماهنگ باشد. این رویکرد نه تنها هزینه‌های اجرایی را کاهش می‌دهد، بلکه از تخریب ساختار طبیعی خاک و احتمال فرسایش نیز جلوگیری می‌نماید. دومین اصل اساسی، استفاده از مصالح بومی و محلی است. سنگ‌های محلی، چوب‌های منطقه‌ای و مصالح طبیعی موجود در اطراف، علاوه بر کاهش هزینه‌های حمل و نقل و ردپای کربن، سازگاری بهتری با شرایط آب و هوایی منطقه دارند. این مصالح در طول زمان آزمایش شده‌اند و مقاومت لازم در برابر شرایط سخت کوهستانی از جمله تغییرات شدید دما، بارش برف و باران شدید را دارا هستند. سومین اصل، طراحی بر اساس اقلیم محلی

(Bioclimatic Design) است. در مناطق کوهستانی، جهت‌گیری ساختمان نقش بسیار مهمی در بهره‌وری انرژی دارد. قرارگیری فضاهای اصلی زندگی در جنوب و جنوب‌شرقی، برای حداکثر بهره‌گیری از نور و گرمای خورشید در ماه‌های سرد ضروری است. همچنین، طراحی بادشکن‌های طبیعی در شمال و شمال‌غرب ساختمان می‌تواند از تأثیرات منفی بادهای سرد کوهستانی کاهش دهد. چهارمین اصل، مدیریت پایدار آب است (آقاخانی، ۱۳۹۷). در محیط‌های کوهستانی، منابع آب معمولاً محدود و با کیفیت بالا هستند. طراحی سیستم‌های جمع‌آوری و ذخیره آب باران، استفاده مجدد از آب‌های خاکستری و کاربرد شیوه‌های کم‌آب در منظرسازی، از جمله راهکارهای ضروری محسوب می‌شوند. همچنین، طراحی سیستم‌های زهکشی مناسب برای جلوگیری از تجمع آب و آسیب‌های احتمالی به ساختار ساختمان اهمیت بالایی دارد. پنجمین اصل، یکپارچگی با اکوسیستم محیطی است. ویلاهای کوهستانی باید به‌عنوان بخشی از طبیعت طراحی شوند، نه مانع یا مزاحم آن. حفظ مسیرهای طبیعی حرکت حیوانات، استفاده از گیاهان بومی در منظرسازی و کنترل آلودگی نوری برای حفظ ریتم‌های طبیعی اکوسیستم، از ضروریات این رویکرد محسوب می‌شوند (موسوی، ۱۳۹۹).

جدول ۱-۲: اصول معماری پایدار

اصل	شرح	راهکارهای اجرایی	مزایای زیست‌محیطی
احترام به توپوگرافی	سازگاری با شکل طبیعی زمین	طراحی پلکانی، استفاده از شیب	کاهش فرسایش، حفظ خاک
مصالح بومی	استفاده از منابع محلی	سنگ محلی، چوب منطقه‌ای	کاهش ردپای کربن

طراحی اقلیمی	تطبیق با شرایط آب و هوا	جهت‌گیری مناسب، عایق‌بندی	کاهش مصرف انرژی
مدیریت آب	استفاده بهینه از منابع آبی	جمع‌آوری باران، بازیافت	حفظ منابع آب
یکپارچگی اکوسیستم	سازگاری با طبیعت	گیاهان بومی، کریدورهای سبز	حفظ تنوع زیستی

۲-۱-۲-۲ بهینه‌سازی مصرف انرژی در ویلاهای مسکونی ارتفاعات

بهینه‌سازی مصرف انرژی در ویلاهای کوهستانی یکی از چالش‌های اساسی طراحان و مهندسان است، زیرا شرایط اقلیمی سخت این مناطق نیاز به انرژی بالایی برای گرمایش و تأمین راحتی ساکنان ایجاد می‌کند. اولین گام در این مسیر، طراحی پوسته ساختمان با حداکثر کارایی حرارتی است. استفاده از عایق‌های پیشرفته با ضریب هدایت حرارتی پایین، نصب پنجره‌های سه‌جداره با گازهای نجیب و کاربرد تکنیک‌های مدرن نصب برای حذف پل‌های حرارتی، می‌تواند تلفات انرژی را تا ۶۰ درصد کاهش دهد. دومین راهکار، استفاده هوشمندانه از انرژی خورشیدی است. در ارتفاعات، شدت تابش خورشید به دلیل کاهش ضخامت جو بیشتر از سطح دریا است. نصب پنل‌های خورشیدی با زاویه بهینه که معمولاً برابر با عرض جغرافیایی منطقه به علاوه ۱۰ درجه است، می‌تواند راندمان بالایی را تأمین نماید. همچنین، طراحی سیستم‌های حرارتی منفعل از طریق دیوارهای جمع‌کننده حرارت، پنجره‌های جنوبی بزرگ و جرم حرارتی داخلی، می‌تواند نیاز به گرمایش مصنوعی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. سومین استراتژی، کاربرد انرژی زمین‌گرمایی (Geothermal) است. در عمق ۲-۳ متری زمین، دما نسبتاً ثابت و معادل میانگین

دمای سالانه منطقه است. سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی می‌توانند با ضریب عملکرد (COP) بالای ۴-۵، انرژی مورد نیاز گرمایش و سرمایش را تأمین کنند. این سیستم‌ها در مناطق کوهستانی که دسترسی به سوخت‌های فسیلی محدود است، بسیار مؤثر هستند. چهارمین راهکار، بهره‌گیری از تهویه طبیعی و کنترل رطوبت است. طراحی مناسب بازشوها برای ایجاد جریان هوای طبیعی، نه تنها کیفیت هوای داخل را بهبود می‌بخشد، بلکه نیاز به سیستم‌های مکانیکی تهویه را کاهش می‌دهد. استفاده از مواد تنظیم‌کننده رطوبت مانند چوب، خشت و سایر مصالح طبیعی، می‌تواند تعادل رطوبتی فضای داخل را بدون مصرف انرژی حفظ کند. پنجمین عنصر، کاربرد سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی است. نصب سنسورهای دما، رطوبت و حضور ساکنان، ترموستات‌های قابل برنامه‌ریزی و سیستم‌های خانه هوشمند، امکان بهینه‌سازی خودکار مصرف انرژی را فراهم می‌آورد. این سیستم‌ها می‌توانند الگوهای مصرف ساکنان را یاد بگیرند و بر اساس آن، تنظیمات را بهینه کنند (دسیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

محاسبه گر انرژی خورشیدی برای ارتفاعات

6.2

میانگین ساعات آفتابی روزانه

35°

زاویه بهینه نصب (عرض جغرافیایی
+ 10°)

× 1.4

شدت تابش نسبت به سطح دریا

3100

تولید kWh بر m² در سال

8.5

تولید kWh بر m² در روز

22%

راندمان پنل‌های مدرن

شکل ۲-۱: عملکرد انرژی خورشیدی برای ویلای کوهستانی در شرایط بهینه

۲-۱-۳ کاربرد مصالح پایدار در ساخت ویلای کوهستانی

انتخاب مصالح پایدار در ساخت ویلاهای کوهستانی نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش اثرات زیست‌محیطی و تطبیق با شرایط اقلیمی سخت کوهستان ایفا می‌کند. سنگ طبیعی محلی به‌عنوان اولین گزینه مصالح پایدار، مزایای بی‌شماری را ارائه می‌دهد. سنگهای گرانیت، آهک و ماسه‌سنگ موجود در مناطق کوهستانی ایران، علاوه بر مقاومت بالا در برابر تغییرات شدید دما و رطوبت، انرژی نهفته پایینی دارند زیرا نیازی به فرآوری پیچیده ندارند. این مصالح قابلیت بازیافت کامل داشته و پس از پایان عمر مفید ساختمان، می‌توانند مجدداً مورد استفاده قرار گیرند. چوب بومی منطقه دومین مصالح اساسی محسوب می‌شود که باید به‌صورت مدیریت‌شده و پایدار تأمین شود. چوب درختان کاج، صنوبر و افرا که در

جنگل‌های کوهستانی ایران رشد می‌کنند، خواص عایق‌بندی طبیعی مناسبی دارند. استفاده از چوب‌های گواهی‌شده FSC تضمین می‌کند که برداشت آنها بدون آسیب به اکوسیستم جنگلی انجام شده است. چوب کربن‌دی‌اکسید را در طول رشد جذب کرده و حتی پس از قطع، این کربن را در خود نگه می‌دارد که این امر به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. خشت خام و آجر فشرده‌شده نیز از مصالح بومی و پایدار مناسب برای مناطق کوهستانی هستند. این مصالح از خاک محلی تهیه شده و با حداقل مصرف انرژی تولید می‌شوند. خاصیت تنظیم رطوبت طبیعی آنها موجب ایجاد محیطی سالم و راحت در داخل ساختمان می‌شود. همچنین، قابلیت بازگشت این مصالح به طبیعت در پایان عمر مفید، آنها را به گزینه‌ای کاملاً سازگار با محیط زیست تبدیل می‌کند. عایق‌های طبیعی مانند پشم بره، الیاف چوب، پرلیت و ورمیکولیت محلی، جایگزین‌های مناسبی برای عایق‌های مصنوعی محسوب می‌شوند. این مواد علاوه بر خواص عایق‌بندی مطلوب، قابلیت تنفس دارند و از تجمع رطوبت در دیوارها جلوگیری می‌کنند. پرلیت که در برخی مناطق آتشفشانی ایران یافت می‌شود، عایق طبیعی بسیار مؤثری است که وزن کم و مقاومت بالا در برابر آتش دارد. مصالح بازیافتی نیز نقش مهمی در ساخت پایدار ایفا می‌کنند. استفاده از فلزات بازیافتی برای ساختار، شیشه‌های بازیافتی برای پنجره‌ها و مصالح مرکب ساخته‌شده از ضایعات کشاورزی، می‌تواند تا ۴۰ درصد از ردپای کربن ساختمان را کاهش دهد. این رویکرد همچنین به کاهش حجم زباله‌های ساختمانی کمک می‌کند (نیکدل و همکاران، ۱۴۰۴).

نوع مصالح	انرژی نهفته (MJ/kg)	عمر مفید (سال)	قابلیت بازیافت	مقاومت در برابر سرما
سنگ طبیعی	0.1-1.0	100+	کامل	بسیار بالا
چوب بومی	2-8	50-100	کامل	متوسط
خشت خام	0.7-2.5	80-150	کامل	بالا
عایق طبیعی	3-20	40-60	کامل	بالا
فلز بازیافتی	6-35	75-100	کامل	بسیار بالا

۴-۱-۲-۲ طراحی سیستم‌های گرمایشی پایدار برای مناطق سرد

طراحی سیستم‌های گرمایشی پایدار برای ویلاهای کوهستانی نیازمند ترکیب هوشمندانه تکنولوژی‌های مدرن با اصول طراحی منفعل است. سیستم گرمایشی تابشی زیرکف یکی از مؤثرترین روش‌ها محسوب می‌شود زیرا گرمای یکنواخت و راحتی حرارتی بالایی فراهم می‌کند. این سیستم می‌تواند با آب گرم تأمین‌شده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند کلکتورهای خورشیدی یا پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی کار کند. سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی در مناطق کوهستانی عملکرد فوق‌العاده‌ای دارند. دمای زمین در عمق ۲-۴ متری معمولاً بین ۸ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد ثابت می‌ماند که این امر انرژی مناسبی برای پمپ حرارتی فراهم می‌کند. ضریب عملکرد (COP) این سیستم‌ها در شرایط سرد کوهستانی معمولاً بین ۳ تا ۵ است که یعنی برای تولید هر واحد انرژی حرارتی، تنها یک‌پنجم تا

یک‌سوم انرژی الکتریکی مصرف می‌کنند. سیستم‌های گرمایشی خورشیدی منفعل نیز نقش مهمی در کاهش نیاز انرژی ایفا می‌کنند. طراحی دیوارهای جنوبی با جرم حرارتی بالا، نصب پنجره‌های بزرگ در جهت جنوب و استفاده از مصالح ذخیره‌کننده حرارت مانند سنگ و بتن، می‌تواند تا ۶۰ درصد از نیاز گرمایشی روز را تأمین کند. سیستم شیشه‌خانه‌ای متصل (Attached Greenhouse) یکی از تکنیک‌های جالب است که هم گرما تولید می‌کند و هم امکان کشت محصولات زراعی را فراهم می‌آورد. بخاری‌های بازدهی بالا مبتنی بر زیست‌توده محلی، راه‌حل مناسبی برای مناطقی است که دسترسی به منابع چوب پایدار وجود دارد. بخاری‌های مدرن با تکنولوژی احتراق کامل می‌توانند بازدهی بالای ۸۵-۹۰ درصد داشته باشند و آلاینده‌های کمی تولید کنند. ذخیره‌سازی حرارت در توده‌های سنگی یا آجری اطراف بخاری، امکان تشعشع گرما برای مدت طولانی پس از خاموش شدن آتش را فراهم می‌کند. سیستم‌های ترکیبی که چندین منبع انرژی را با هم ترکیب می‌کنند، بهترین عملکرد را در مناطق کوهستانی ارائه می‌دهند. ترکیب انرژی خورشیدی با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی و سیستم پشتیبان زیست‌توده، قابلیت اطمینان بالا و استقلال انرژی را تضمین می‌کند. سیستم‌های کنترل هوشمند می‌توانند به‌طور خودکار بین منابع مختلف سوئیچ کرده و بهره‌وری را بیشینه کنند (معینی و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۲-۳: مقایسه سیستم های گرمایشی-سرمایشی پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس معیارهای پایداری (LCA و COP)

سیستم گرمایشی	راندمان/COP	هزینه نصب	هزینه عملیاتی	انتشار CO2	قابلیت اطمینان	عمر مفید	امتیاز کلی
تابشی زیرکف	95-98%	متوسط	کم	صفر*	عالی	+30 سال	+A
زمین گرمایی	COP: 3-5	بالا	خیلی کم	کم	عالی	+25 سال	+A
خورشیدی منفعل	60% کاهش نیاز	کم	صفر	صفر	خوب	+50 سال	A
بخاری زیست توده	85-90%	متوسط	کم	صفر خالص	خیلی خوب	15-20 سال	A
گاز طبیعی	85-92%	کم	متوسط	متوسط	خیلی خوب	15-20 سال	B
برق مستقیم	95-100%	کم	بالا	بالا**	عالی	10-15 سال	C

۵-۱-۲-۲ یکپارچگی انرژی های تجدیدپذیر در ویلاهای کوهپایه ای

یکپارچگی انرژی های تجدیدپذیر در ویلاهای کوهستانی یکی از کلیدی ترین استراتژی ها برای دستیابی به استقلال انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی است. مناطق کوهستانی مزایای منحصربه فردی برای بهره گیری از انواع انرژی های تجدیدپذیر ارائه می دهند که باید به صورت هوشمندانه مورد استفاده قرار گیرند. انرژی

خورشیدی در ارتفاعات بالا به دلیل کاهش ضخامت جو و کمتر بودن ذرات معلق، شدت بیشتری دارد. تابش مستقیم خورشید در ارتفاع ۲۰۰۰ متری تا ۲۵ درصد بیشتر از سطح دریا است که این امر راندمان پنل‌های فتوولتائیک را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. طراحی سیستم خورشیدی برای ویلاهای کوهستانی نیازمند در نظر گیری عوامل خاصی است. زاویه نصب پنل‌ها باید متناسب با عرض جغرافیایی منطقه به علاوه ۱۰-۱۵ درجه برای بهینه‌سازی دریافت انرژی در فصول سرد تنظیم شود. استفاده از سیستم‌های ردیابی خورشید می‌تواند تولید انرژی را تا ۳۰ درصد افزایش دهد، اما در مناطق برفگیر باید سیستم‌های تمیزکننده خودکار برای حذف برف و یخ در نظر گرفته شود. سیستم‌های ذخیره انرژی با باتری‌های لیتیوم-یون مناسب شرایط سرد، ضروری هستند زیرا در ماه‌های زمستان ساعات آفتاب کاهش می‌یابد. انرژی باد در مناطق کوهستانی پتانسیل بالایی دارد، خاصه در گردنه‌ها و ارتفاعات بالا که سرعت باد معمولاً بیشتر از ۶ متر بر ثانیه است. توربین‌های بادی محوری عمودی برای ویلاهای کوهستانی مناسب‌تر هستند زیرا تغییرات جهت باد کوهستانی را بهتر تحمل می‌کنند. سیستم‌های ترکیبی خورشیدی-بادی می‌توانند پایداری تأمین انرژی را تضمین کنند، زیرا معمولاً زمانی که تابش خورشید کم است، شدت باد افزایش می‌یابد. انرژی آب در مناطق کوهستانی که دارای چشمه یا جریان آب دائمی هستند، می‌تواند منبع قابل اعتمادی برای تولید برق محسوب شود. میکروهیدروهای کوچک با ظرفیت ۱-۱۰ کیلووات می‌توانند نیاز انرژی یک ویلای کوهستانی را به طور کامل تأمین کنند. این سیستم‌ها مزیت کار مداوم ۲۴ ساعته دارند و در فصول برفی که سایر منابع محدود می‌شوند، همچنان عملیاتی هستند. طراحی سیستم انحراف آب باید به گونه‌ای باشد که حداقل تأثیر بر اکوسیستم آبی داشته باشد. انرژی زمین‌گرمایی یکی از

مستقل ترین منابع انرژی در مناطق کوهستانی است. پمپ های حرارتی زمین گرمایی می توانند هم برای گرمایش و هم سرمایش استفاده شوند و عملکرد آنها تحت تأثیر شرایط آب و هوا قرار نمی گیرد. در مناطقی که امکان حفر عمیق وجود دارد، سیستم های زمین گرمایی عمودی راندمان بالاتری نسبت به سیستم های افقی دارند. ترکیب انرژی زمین گرمایی با سیستم های خورشیدی برای گرم کردن آب، می تواند بهره وری کلی سیستم را تا ۴۰ درصد افزایش دهد. زیست توده محلی شامل ضایعات چوب، برگ و سایر مواد آلی طبیعی منطقه، منبع انرژی تجدیدپذیر قابل اعتمادی است. سیستم های احتراق مدرن زیست توده با بازدهی بالا می توانند به عنوان منبع پشتیبان در زمان های اوج مصرف عمل کنند. گازسازهای کوچک زیست توده امکان تولید همزمان حرارت و برق را فراهم می کنند (بهنام والا و همکاران، ۱۴۰۳).



شکل ۲-۲: سیستم‌های یکپارچه انرژی تجدیدپذیر پیشنهادی برای ویلای کوهستانی

۲-۲-۱-۶ عایق‌بندی حرارتی مناسب اقلیم کوهستانی

عایق‌بندی حرارتی در ویلاهای کوهستانی نه تنها عامل اصلی کاهش مصرف انرژی است، بلکه نقش حیاتی در ایجاد راحتی حرارتی و جلوگیری از مشکلات ساختاری ناشی از یخ‌زدگی ایفا می‌کند. اقلیم کوهستانی با نوسانات شدید دما بین روز و شب، ضرورت استفاده از عایق‌های با کارایی بالا و مقاومت در برابر رطوبت را دوچندان می‌کند. انتخاب ضخامت و نوع عایق باید بر اساس محاسبه دقیق بارهای حرارتی و درجه روز سرمایش و گرمایش منطقه انجام شود. عایق‌بندی دیوارهای خارجی در مناطق کوهستانی نیازمند سیستم چندلایه است. لایه داخلی باید دارای خاصیت تنظیم بخار آب باشد تا از تجمع رطوبت در داخل دیوار جلوگیری کند. استفاده از عایق‌های نفوذپذیر به بخار آب مانند الیاف چوب، پشم سنگ یا پلی‌استایرن اکسترود با تراکم بالا، بهترین عملکرد را ارائه می‌دهند. ضخامت عایق در مناطق با دمای زیر صفر درجه طولانی مدت باید حداقل ۲۰-۲۵ سانتی‌متر باشد تا ضریب انتقال حرارت کمتر از ۰,۱۵ وات بر مترمربع کلون حاصل شود. عایق‌بندی سقف در ویلاهای کوهستانی اهمیت دوچندان دارد زیرا تا ۴۰ درصد تلفات حرارتی از طریق سقف رخ می‌دهد. استفاده از عایق‌های سبک با مقاومت حرارتی بالا مانند پرلیت، ورمیکولیت یا فوم‌های پلی‌اورتان با تراکم کنترل‌شده، بهترین گزینه‌ها محسوب می‌شوند. طراحی سیستم تهویه مناسب در زیر سقف برای خروج رطوبت و جلوگیری از تشکیل یخ‌زدگی ضروری است. ضخامت عایق سقف باید ۳۰-۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

عایق‌بندی کف و پی ساختمان در مناطق کوهستانی که امکان یخ‌زدگی خاک وجود دارد، باید تا عمق خط یخ‌بندان انجام شود. استفاده از عایق‌های مقاوم به رطوبت و فشار مانند پلی‌استایرن اکستروژن یا شیشه‌های سلولی، در زیر کف و اطراف پی ضروری است. این عایق‌بندی از انتقال سردی زمین به داخل ساختمان جلوگیری می‌کند و از انجماد لوله‌های آب و فاضلاب محافظت می‌نماید. پنجره‌ها و درها به‌عنوان ضعیف‌ترین نقاط حرارتی ساختمان، نیاز به توجه ویژه دارند. استفاده از پنجره‌های سه‌جداره با گاز آرگون یا کریپتون بین شیشه‌ها، می‌تواند ضریب انتقال حرارت را به زیر ۱٫۰ وات بر مترمربع کلون کاهش دهد. نصب پنجره‌ها با فریم‌های عایق‌دار و استفاده از فوم‌های مخصوص برای پر کردن فواصل، از ایجاد پل‌های حرارتی جلوگیری می‌کند. کنترل پل‌های حرارتی در نقاط اتصال مختلف ساختمان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های عایق‌بندی در مناطق سرد است. استفاده از تکنیک‌های قطع پل حرارتی در محل اتصال دیوار به سقف، پنجره‌ها، بالکن‌ها و سایر عناصر ساختاری، می‌تواند تا ۲۰ درصد از تلفات حرارتی را کاهش دهد. مواد عایق خاص مانند آئروژل که ضریب هدایت حرارتی بسیار پایینی دارند، برای این کاربرد مناسب هستند (دسیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۲-۴: مقایسه عایق‌های حرارتی

نوع عایق	ضریب هدایت حرارتی (W/m.K)	مقاومت رطوبت	مقاومت فشاری	قیمت نسبی
پشم سنگ	0.035-0.040	متوسط	کم	متوسط

پلی استایرن اکسترود	0.028-0.034	بالا	بالا	متوسط
الیاف چوب	0.038-0.042	بالا	متوسط	کم
پلی اورتان	0.022-0.028	بالا	بالا	بالا
آئروژل	0.013-0.015	بالا	متوسط	خیلی بالا

۲-۲-۱-۷ طراحی پوسته ساختمان برای کاهش تلفات انرژی

طراحی پوسته ساختمان در ویلاهای کوهستانی یکی از تأثیرگذارترین عوامل در کاهش تلفات انرژی و بهبود عملکرد حرارتی کلی ساختمان محسوب می‌شود. پوسته ساختمان شامل تمامی عناصر جداکننده فضای داخل از خارج از جمله دیوارها، سقف، کف، پنجره‌ها و درهاست که باید به صورت یکپارچه و هوشمندانه طراحی شوند. در مناطق کوهستانی که تفاوت دمای داخل و خارج می‌تواند تا ۴۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد، اهمیت طراحی بهینه پوسته دوچندان می‌شود. شکل و فرم ساختمان نقش اساسی در کاهش تلفات حرارتی دارد. ساختمان‌هایی با نسبت سطح به حجم کمتر، تلفات انرژی کمتری دارند. شکل مکعبی یا مستطیلی با گوشه‌های گرد، بهترین عملکرد حرارتی را ارائه می‌دهد زیرا کمترین سطح تماس با محیط خارج را دارد. جهت‌گیری ساختمان نیز باید به گونه‌ای باشد که طولانی‌ترین ضلع در جهت شرقی-غربی قرار گیرد تا حداکثر بهره‌گیری از نور و حرارت خورشید در زمستان حاصل شود. سیستم دیوار دوپوسته با فاصله هوایی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش انتقال حرارت است. این سیستم شامل

دیوار داخلی حامل بار، لایه عایق، فاصله هوایی ۵-۱۰ سانتی متری و پوسته خارجی محافظ است. فاصله هوایی به عنوان یک لایه عایق اضافی عمل می کند و همچنین امکان تهویه طبیعی برای خروج رطوبت را فراهم می آورد. طراحی بازشوهای کنترل شده در بالا و پایین فاصله هوایی، جریان هوای طبیعی ایجاد می کند که از تجمع رطوبت و یخ زدگی جلوگیری می نماید. پنجره ها به عنوان ضعیف ترین نقاط حرارتی پوسته ساختمان، نیاز به طراحی دقیق دارند. استفاده از پنجره های کم گسیل (Low-E) با پوشش های نانو بر روی شیشه، می تواند انتقال حرارت تابشی را تا ۷۰ درصد کاهش دهد. فریم های ترمال بریک که با استفاده از مواد عایق بین قسمت های داخلی و خارجی فریم انتقال حرارت را قطع می کنند، ضروری هستند. طراحی سایه انداز قابل تنظیم برای کنترل تابش خورشید در فصول مختلف، بهره وری حرارتی پنجره ها را بهبود می بخشد. نقاط اتصال و پل های حرارتی مناطق بحرانی در طراحی پوسته هستند. استفاده از مصالح قطع کننده پل حرارتی در محل اتصال بالکن ها، کانوپی ها و سایر عناصر بیرونی به ساختار اصلی، می تواند تا ۲۵ درصد از تلفات حرارتی را کاهش دهد. طراحی جزئیات اجرایی مناسب در گوشه ها، لبه ها و نقاط اتصال، از ایجاد کندانسه و مشکلات رطوبتی جلوگیری می کند. تکنیک طراحی پوسته تطبیقی که قابلیت تغییر خصوصیات حرارتی بر اساس شرایط محیطی را دارد، یکی از نوآوری های جدید است. استفاده از مواد تغییر فاز (PCM) در دیوارها که در دمای مشخصی ذوب و منجمد می شوند، می تواند نوسانات دما را کنترل کند. پنجره های هوشمند با شیشه های الکتروکرومیک که شفافیت آنها با تغییرات ولتاژ کنترل می شود، امکان تنظیم خودکار ورود نور و حرارت را فراهم می آورد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۵: مقایسه مصالح پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس معیارهای پایداری

عنصر پوسته	مشخصات فنی	میزانای حرارتی	عملکرد	هزینه
شکل و فرم ساختمان	مکعبی/استوانی با گوشه‌های گرد نسبت سطح به حجم کمینه جهت‌گیری شرقی-غربی	کاهش ۱۵-۲۵٪ تلفات حرارتی بهره‌گیری بهینه از نور خورشید کنترل باد سرد کوهستانی	عالی	کم
سیستم دیوار دوجداره	فاصله هوایی ۵-۱۰ سانتی‌متر بارش‌های برف کتراخنده عایق حرارتی ضخیم	کاهش ۳۰-۴۰٪ تلفات حرارت کنترل رطوبت و بخار آبی عایق صوتی اضافی	عالی	متوسط
بهره‌های کم‌گسل	پوشش‌های باو Low-E فریم‌های ترمال بزرگ شیشه‌های دوجداره	کاهش ۱۰-۲۰٪ تلفات تابشی حداقل پرتاب تابشی جلوگیری از سیم‌خاکی	عالی	بالا
سازه‌بندار تنظیمی	سیستم فنل تنظیم فضا کنترل اتوماتیک مقاوم در برابر باد	کنترل هوشمند تابش کاهش بار سرمایش تابستان افزایش گرمایش زمستان	عالی	متوسط
فصل‌بندیل حرارتی	مصالح کامپوزیتی طراحی حرارتی انعطاف عایق فضا	کاهش ۲۵-۳۰٪ تلفات فضا خواب کندانسره افزایش عمر ساختمان	عالی	متوسط
مواد تغییرکار (PCM)	ذوب/انجماد در ۱۸-۲۵°C ظرفیت حرارتی بالا یکپارچه‌سازی با دیوار	تنظیم بهمان‌زمان ذخیره انرژی حرارتی کاهش مصرف سیستم گرمایش	خوب	بالا
بهره‌های هوشمند	شبکه الکتروکرومیک کنترل واتاژ شفافیت سیستم اتوماتیک	تنظیم خودکار نور/حرارت حزم انرژی متغیر بهره‌وری انرژی بالا	خوب	خیلی بالا
عایق بی‌سرفه	عایق‌های «خاک» آبروهای باو انعکاس کمینه	حفاظت حرارتی فوق‌العاده صرفه‌جویی فضا مقاومت طولانی‌مدت	عالی	بالا

۸-۱-۲-۲ سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی در ویلاهای کوهی

سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی در ویلاهای کوهستانی نقش کلیدی در بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش راحتی ساکنان ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها با استفاده از سنسورها، کنترلرهای هوشمند و الگوریتم‌های پیشرفته، قادر به تطبیق خودکار با شرایط متغیر محیطی و الگوهای مصرف ساکنان هستند. در مناطق کوهستانی که دسترسی به منابع انرژی محدود و هزینه‌های انرژی بالاست، اهمیت این سیستم‌ها دوچندان می‌شود. سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEMS) هسته اصلی کنترل هوشمند است که تمامی

زیرسیستم‌های انرژی ساختمان را تحت نظارت و کنترل قرار می‌دهد. این سیستم شامل سنسورهای دما، رطوبت، کیفیت هوا، حضور افراد و نور محیط است که اطلاعات لحظه‌ای را به واحد کنترل مرکزی ارسال می‌کنند. واحد کنترل مرکزی با پردازش این داده‌ها و بر اساس الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تصمیمات بهینه برای کنترل سیستم‌های گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی اتخاذ می‌کند. کنترل هوشمند سیستم گرمایش در ویلاهای کوهستانی شامل تنظیم خودکار دما بر اساس حضور ساکنان، پیش‌بینی آب‌وهوا و برنامه‌های روزانه است. سیستم می‌تواند دمای هر اتاق را به‌طور جداگانه کنترل کند (Zone Control) و انرژی را تنها به فضاهایی که استفاده می‌شوند اختصاص دهد. استفاده از ترموستات‌های یادگیر که الگوهای زندگی ساکنان را تشخیص داده و بر اساس آن برنامه‌ریزی می‌کنند، می‌تواند تا ۲۰-۳۰ درصد از انرژی گرمایش را صرفه‌جویی کند. سیستم کنترل نور هوشمند با استفاده از سنسورهای نور طبیعی و حضور افراد، روشنایی مصنوعی را تنظیم می‌کند. در مناطق کوهستانی که شدت نور طبیعی متغیر است، این سیستم می‌تواند کیفیت نور داخل را ثابت نگه داشته و مصرف برق را کاهش دهد. استفاده از LED هوشمند با قابلیت تنظیم رنگ و شدت، امکان شبیه‌سازی ریتم طبیعی نور روز را فراهم می‌آورد. مدیریت انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از پیچیده‌ترین وظایف سیستم هوشمند است. سیستم باید تولید انرژی خورشیدی، بادی و سایر منابع تجدیدپذیر را پیش‌بینی کرده و بر اساس آن مصرف و ذخیره‌سازی انرژی را برنامه‌ریزی کند. الگوریتم‌های پیش‌بینی آب‌وهوا با دقت بالا می‌توانند تولید انرژی خورشیدی را ۲۴-۴۸ ساعت قبل پیش‌بینی کنند و بر اساس آن استراتژی مصرف را تنظیم کنند. سیستم مدیریت ذخیره انرژی (باتری) نیز بخش مهمی از کنترل هوشمند است. سیستم تصمیم می‌گیرد در چه زمانی باتری‌ها شارژ شوند،

چه زمانی از آنها استفاده شود و چگونه عمر مفید باتری‌ها را بیشینه کند. در مناطق کوهستانی که امکان قطع برق وجود دارد، این سیستم برنامه اضطراری را فعال کرده و مصرف انرژی را به حداقل رسانده تا مدت زمان کارکرد اضطراری را افزایش دهد. کنترل کیفیت هوا و تهویه هوشمند با نظارت بر CO₂، رطوبت و آلاینده‌های هوا، سیستم تهویه را تنظیم می‌کند. در ویلاهای کوهستانی که هوای خارج معمولاً پاک است، سیستم می‌تواند از تهویه طبیعی حداکثر استفاده کرده و انرژی مصرفی فن‌ها را کاهش دهد (بهنام والا و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۶: اولویت بندی سیستم‌های هوشمند انرژی (BEMS) برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه جویی انرژی، قابلیت اجرا و سطح هوشمندی

اولویت	صرفه جویی	ویژگی‌ها و قابلیت‌ها	سیستم هوشمند
1	25-35%	کنترل مرکزی • سنسورهای هوشمند • یادگیری ماشین • نظارت لحظه‌ای • تصمیم‌گیری بهینه	مدیریت انرژی ساختمان (BEMS)
1	20-30%	ترموستات یادگیر • کنترل زونی • تشخیص حضور • پیش‌بینی آب‌وهوا • برنامه‌ریزی روزانه	کنترل هوشمند گرمایش
1	30-50%	پیش‌بینی تولید 24-48h • بهینه‌سازی مصرف • کنترل اینورتر • تنظیم زاویه پنل‌ها	مدیریت انرژی تجدیدپذیر
1	20-40%	BMS هوشمند • شارژ بهینه • برنامه اضطراری • حداکثر عمر باتری • کنترل عمق دشارژ	مدیریت ذخیره انرژی
2	15-25%	LED تنظیم‌پذیر • سنسور نور طبیعی • شبیه‌سازی ریتم روز • کنترل رنگ • حضور سنج	کنترل نور هوشمند
2	10-20%	سنسور CO ₂ • تهویه هوشمند • فن متغیر • استفاده از هوای طبیعی • کنترل رطوبت	کنترل کیفیت هوا

۲-۱-۹ مدیریت چرخه حیات ویلای کوهستانی

مدیریت چرخه حیات ویلاهای کوهستانی رویکردی جامع و بلندمدت است که تمامی مراحل زندگی ساختمان از طراحی اولیه تا تخریب نهایی را در بر می‌گیرد. در مناطق کوهستانی که دسترسی به منابع و امکانات محدود است، اهمیت برنامه‌ریزی دقیق برای هر مرحله از چرخه حیات ساختمان دوچندان می‌شود. این رویکرد نه تنها هزینه‌های کلی پروژه را کاهش می‌دهد، بلکه اثرات زیست‌محیطی را نیز به حداقل می‌رساند. مرحله طراحی و برنامه‌ریزی اولین و مهم‌ترین گام در مدیریت چرخه حیات است. در این مرحله، انتخاب مصالح با عمر مفید بالا، طراحی انعطاف‌پذیر برای تغییرات آینده و در نظر گیری شرایط اقلیمی سخت کوهستان اولویت دارد. استفاده از مدل‌سازی کامپیوتری برای شبیه‌سازی عملکرد ساختمان در طول ۵۰-۱۰۰ سال آینده، کمک شایانی به تصمیم‌گیری‌های بهینه می‌کند. طراحی ماژولار که امکان توسعه یا تغییرات آینده را فراهم می‌کند، برای ویلاهای کوهستانی بسیار مناسب است. ساخت و اجرا نیاز به برنامه‌ریزی دقیق لجستیک دارد. حمل مصالح به مناطق کوهستانی، مدیریت نیروی کار متخصص و کنترل کیفیت در شرایط آب‌وهوایی سخت، چالش‌های خاص این مرحله هستند. استفاده از تکنیک‌های ساخت پیش‌ساخته و مدیریت زمان‌بندی بر اساس شرایط آب‌وهوایی، می‌تواند هزینه‌ها را کاهش داده و کیفیت را افزایش دهد. مستندسازی کامل فرآیند ساخت و مصالح به کار رفته، برای مراحل بعدی ضروری است. مرحله بهره‌برداری و نگهداری طولانی‌ترین بخش چرخه حیات است که معمولاً ۵۰-۸۰ سال طول می‌کشد. برنامه نگهداری پیشگیرانه، آموزش ساکنان برای استفاده بهینه از تجهیزات و

سیستم‌های نظارت مداوم، عوامل کلیدی موفقیت در این مرحله هستند. در مناطق کوهستانی، توجه ویژه به مقاوم‌سازی در برابر یخ‌زدگی، برف سنگین و تغییرات شدید دما ضروری است. برنامه‌ریزی برای بازسازی‌های دوره‌ای و به‌روزرسانی سیستم‌ها، عمر مفید ساختمان را افزایش می‌دهد. مرحله پایان عمر و بازیافت نیز باید از ابتدا در نظر گرفته شود. طراحی برای تفکیک آسان مصالح، استفاده از اتصالات قابل جدایش و انتخاب مصالح قابل بازیافت، در این مرحله اهمیت پیدا می‌کند. در مناطق کوهستانی که امکانات بازیافت محدود است، برنامه‌ریزی برای استفاده مجدد مصالح در پروژه‌های محلی یا بازگشت آنها به طبیعت اولویت دارد (آقاخانی، ۱۳۹۷).

جدول ۲-۷: مراحل چرخه حیات

مرحله	مدت زمان	درصد هزینه کل	اثرات زیست‌محیطی	اولویت‌های مدیریت
طراحی	سال ۱-۲	5-10%	کم	انتخاب مصالح پایدار
ساخت	سال ۱-۳	30-40%	بالا	کنترل کیفیت
بهره‌برداری	سال ۵۰-۸۰	50-60%	متوسط	نگهداری پیشگیرانه
پایان عمر	سال ۱	3-5%	متوسط	بازیافت مصالح

۲-۱-۱۰ ارزیابی عملکرد انرژی ویلاهای مسکونی ارتفاعات

ارزیابی عملکرد انرژی ویلاهای مسکونی در مناطق کوهستانی فرآیندی پیچیده است که نیازمند در نظر گیری شرایط اقلیمی خاص، الگوهای مصرف متفاوت و چالش‌های فنی ویژه این مناطق می‌باشد. این ارزیابی نه تنها برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ضروری است، بلکه برای تأیید انطباق با استانداردهای پایداری و دریافت گواهینامه‌های انرژی نیز مورد نیاز است. شاخص‌های کلیدی عملکرد انرژی در ویلاهای کوهستانی شامل مصرف انرژی اولیه بر متر مربع، ردپای کربن، راندمان سیستم‌های گرمایشی و میزان خودکفایی انرژی است. در مناطق ارتفاعات، شاخص درجه روز گرمایش (HDD) معمولاً بالای ۴۰۰۰ است که نشان‌دهنده نیاز بالا به گرمایش می‌باشد. ویلاهای بهینه در این مناطق باید مصرف انرژی کمتر از ۱۲۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال داشته باشند. روش‌های اندازه‌گیری عملکرد انرژی شامل نظارت مداوم، تحلیل فاکتورهای الکتریسیته و گاز و استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ هوشمند است. نصب کنتورهای هوشمند برای هر زیرسیستم انرژی (گرمایش، سرمایش، آب گرم، روشنایی و لوازم برقی) امکان تحلیل دقیق الگوهای مصرف را فراهم می‌کند. داده‌های جمع‌آوری شده باید با شرایط آب‌وهوایی، تعداد ساکنان و نحوه استفاده تطبیق داده شوند. محاسبه راندمان سیستم‌های گرمایشی در شرایط کوهستانی نیاز به در نظر گیری تغییرات دمای محیط دارد. ضریب عملکرد (COP) پمپ‌های حرارتی در دماهای پایین کاهش می‌یابد و باید این موضوع در محاسبات لحاظ شود. سیستم‌های گرمایشی بهینه باید COP بالای ۳ را حتی در دمای منفی ۱۰ درجه سانتی‌گراد حفظ کنند. ارزیابی عملکرد انرژی‌های تجدیدپذیر شامل محاسبه ضریب ظرفیت سیستم‌های خورشیدی و بادی است. در ارتفاعات، پنل‌های خورشیدی عملکرد

بهتری دارند اما برف و یخزدگی می‌تواند تولید را کاهش دهد. ضریب ظرفیت متوسط سیستم‌های خورشیدی در مناطق کوهستانی ایران بین ۱۸-۲۲ درصد است. سیستم‌های بادی در گردنه‌ها و ارتفاعات بالا ضریب ظرفیت ۲۵-۳۵ درصدی می‌توانند داشته باشند. تحلیل هزینه-فایده انرژی نیز بخش مهمی از ارزیابی است. محاسبه دوره بازگشت سرمایه برای سرمایه‌گذاری‌های انرژی، مقایسه هزینه‌های عملیاتی با ساختمان‌های مرجع و ارزش فعلی خالص پروژه‌های بهبود انرژی، اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. استانداردهای ارزیابی عملکرد انرژی شامل ISO ۵۲۰۰۰، EN ۱۵۲۱۷ و استانداردهای ملی ساختمان است. در ایران، مقررات ملی ساختمان (مبحث ۱۹) و لیل انرژی ساختمان چارچوب قانونی برای ارزیابی عملکرد انرژی را تعریف می‌کند. ویلاهای کوهستانی برای دریافت رتبه انرژی A باید مصرف انرژی کمتر از ۹۰ کیلووات ساعت بر متر مربع داشته باشند. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی مانند EnergyPlus، TRNSYS و DesignBuilder امکان پیش‌بینی دقیق عملکرد انرژی قبل از ساخت را فراهم می‌کند. این نرم‌افزارها باید با داده‌های دقیق آب‌وهوایی مناطق کوهستانی تنظیم شوند تا نتایج قابل اعتماد ارائه دهند (حسینی علی‌آباد و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۲-۸: مقایسه ابزارها و سیستم‌های شبیه‌سازی و اجرایی پیشنهادی برای طراحی پایدار ویلاهای کوهستانی

دسته بندی	شاخص های کلیدی	استاندارد/مقدار	روشن آیداز/تکثیر	رتبه
صرف انرژی کل	صرف انرژی اولیه بر متر مربع (HDD) درجه یوز گرمایش (HDD) بازگشت گرمی	$>120 \text{ kWh/m}^2$ سال $<4000 \text{ HDD}$ $>20 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ سال	گرمایه ها-هزینه ها تحلیل فاکتورها مکانیسم بهینه بر سولیت	۵
سیستم های گرمایشی	هزینه عملکرد (COP) راندمان سیستم صرف انرژی گرمایش	$\text{COP} > 3$ در 10°C راندمان $> 85\%$ $> 80 \text{ kWh/m}^2$ سال	انرژی های تجدیدپذیر سیستم های هوشمند تحلیل عملکرد هوشمند	۱
انرژی های تجدیدپذیر	هزینه ترافیک خورشیدی هزینه ترافیک بادی درآمد خودکفایی انرژی	$18-22\%$ خورشیدی $25-35\%$ بادی $<60\%$ خودکفایی	مکانیسم بهینه تحلیل انرژی های تجدیدپذیر مکانیسم بهینه ترافیک انرژی	۳
تحلیل هزینه-فایده	دوره بازگشت سرمایه فرهنگ های عملیاتی ارزش فعلی خالص (NPV)	> 3 سال بازگشت 30% کاهش هزینه NPV مثبت	تحلیل فایده مکانیسم بهینه مکانیسم بهینه ارزش فعلی	۳
استانداردها و گواهی نامه ها	ISO 50005, EN 15217 مبحث 19 مقررات ملی انبار انرژی ساختمان	انطباق کامل رتبه A انرژی گواهی نامه سبز	صرف انرژی تست های استاندارد ارزایی فستقل	۵
شمه سازی و مدل سازی	EnergyPlus, TRNSYS DesignBuilder مکانیسم بهینه	خطا $< 10\%$ کالیبراسیون دقیق داده های فعلی	شمه سازی و مدل سازی کالیبراسیون و اعتبار تحلیل حساسیت	۵

۲-۲-۲ ویلای کوهستانی

۲-۲-۲-۱ تحلیل محل و انتخاب بهترین موقعیت برای ویلا

تحلیل محل و انتخاب موقعیت بهینه برای ویلای مسکونی کوهستانی، گامی اساسی در طراحی پایدار با هدف کاهش اثرات محیطی است. این فرآیند نیازمند بررسی ویژگی های طبیعی و اقلیمی سایت است تا اطمینان حاصل شود که ساخت و ساز کمترین آسیب را به اکوسیستم حساس کوهستانی وارد می کند. ابتدا، ارزیابی توپوگرافی سایت با استفاده از ابزارهای نقشه برداری مانند GIS انجام می شود تا شیب زمین، جهت گیری نسبت به خورشید و مسیرهای طبیعی رواناب شناسایی شوند. انتخاب سایتی با شیب ملایم تر (کمتر از ۳۰ درجه) خطر فرسایش خاک و نیاز به خاک برداری گسترده را کاهش می دهد. برای مثال، در مناطق کوهستانی ایران مانند البرز، سایت هایی که در معرض لغزش زمین یا سیلاب نیستند، اولویت دارند. جهت گیری خورشیدی یکی از عوامل کلیدی در انتخاب محل است. قرارگیری ویلا در جهت جنوبی،

امکان بهره‌گیری از گرمایش غیرفعال خورشیدی را فراهم می‌کند که می‌تواند مصرف انرژی برای گرمایش را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. همچنین، باید از قرارگیری در مسیر بادهای غالب کوهستانی اجتناب شود تا از اتلاف حرارتی و آسیب‌های ساختاری جلوگیری گردد. بررسی پوشش گیاهی و حیات وحش محلی نیز ضروری است. حفظ حداقل ۷۰ درصد پوشش گیاهی بومی، مانند درختان بلوط یا سرو کوهی در ایران، نه تنها به کنترل فرسایش کمک می‌کند، بلکه زیستگاه‌های حیات وحش را حفظ می‌کند. برای مثال، در پروژه‌های کوهستانی اسکاندیناوی، سایت‌هایی انتخاب می‌شوند که کمترین اختلال را در مسیر مهاجرت پرندگان ایجاد کنند. دسترسی به منابع آب و مدیریت رواناب نیز در تحلیل محل اهمیت دارد. سایت‌هایی با امکان جمع‌آوری آب باران یا نزدیک به چشمه‌های طبیعی، وابستگی به منابع آب خارجی را کاهش می‌دهند. در ایران، مناطقی مانند دماوند که منابع آب زیرزمینی حساسی دارند، نیازمند سیستم‌های جمع‌آوری آب هستند تا فشار بر اکوسیستم کم شود. همچنین، فاصله مناسب از مناطق حفاظت‌شده یا پارک‌های ملی، مانند پارک ملی لار، از اثرات تجمعی ساخت‌وساز جلوگیری می‌کند. در نهایت، تحلیل محل باید آینده‌نگرانه باشد و تغییرات اقلیمی مانند افزایش دما یا بارش‌های شدید را در نظر بگیرد. این رویکرد نه تنها اثرات محیطی را کم می‌کند، بلکه هزینه‌های بلندمدت نگهداری را کاهش داده و ارزش ملک را افزایش می‌دهد. انتخاب سایتی که تعادل بین دسترسی، زیبایی طبیعی و پایداری ایجاد کند، تضمین‌کننده یک ویلای کوهستانی کارآمد و سازگار با محیط است (بهرامی‌فر و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۸: اولویت بندی عوامل تحلیلی در طراحی سایت ویلای کوهستانی

عامل تحلیل	معیارهای ارزیابی	شرایط بهینه	اثرات و مزایا	اولویت
 توپوگرافی و سایت	نقشه پاندراک GIS تحلیل شیب زمین بررسی پاندراک خاک ارزیابی خطر آبرش	شیب >30 درجه خاک پایدار عدم خطر آبرش دسترسی آسان	کاهش فرسایش خاک کم کردن خاکبرداری کاهش هزینه پی سازی ایمنی بلندمدت	1
 جهت گیری چشم انداز	تحلیل مسیر خورشید بررسی سایه اندازها ارزیابی بادها و غالب تابش ماهیت	مناخ اصلی جنوبی حداقل سایه مختلالت از باد شمالی تابش +6 ساعت	40% کاهش انرژی گرمایش گرمایش غیرفعال کاهش اتلاف حرارتی راحتی خورشیدی طبیعی	1
 پوشش گیاهی و حیات وحش	شناسایی گونه های بومی طبیعت زیستگاه ها مسیح های مهاجرت بررسی اکولوژی	حفظ 70% پوشش بومی عدم اختلال زیستگاه حفظ گریزهای مسیر درختان حفاظت	کنترل فرسایش حفظ تنوع زیستی تنظیم آب و هوای محلی زیبایی منظر طبیعی	1
 منابع آب و مدیریت رواب	بررسی منابع آب محلی تحلیل جریان رواب کیفیت آب زیرزمینی امنیت جمع آوری باران	دسترسی به آب طبیعی عدم آلودگی منابع مدیریت رواب سیستم جمع آوری	کاهش وابستگی آب شهر حفظ منابع زیرزمینی جلوگیری از سیلاب پایداری آب	2
 دسترسی و حفاظت محیطی	فاصله از مناطق حفاظت شده کیفیت راه های دسترسی زیستگاه های موجود اثرات اجتماعی	فاصله مناسب از پارک ها دسترسی بدون تخریب زیستگاه کافی تراکم کنترل شده	حفظ مناطق حساس کاهش ترافیک کاهش هزینه زیرساخت توسعه متفاد	2
 تغییرات اقلیمی آینده	پیش بینی تغییرات دما الگوهای بارش آینده خطرات آب و هوایی سازگاری بلندمدت	مقاوم در برابر تغییرات انطباق پذیری بالا امنیت اقلیمی پایداری +50 سال	کاهش هزینه های آینده حفظ ارزش ملک ایمنی بلندمدت انطباق اقلیمی	3

۲-۲-۲-۲ طراحی معماری متناسب با توپوگرافی کوهستان

طراحی معماری ویلای کوهستانی باید به گونه ای باشد که نه تنها با توپوگرافی ناهموار کوهستان هماهنگ شود، بلکه اثرات زیست محیطی را کاهش دهد و تجربه ای منحصر به فرد برای ساکنان فراهم کند. در این راستا، فرم ساختمان باید با شیب طبیعی زمین ادغام شود تا نیاز به تغییرات گسترده در سایت، مانند خاک برداری یا دیوارهای نگهدارنده، به حداقل برسد. طراحی پلکانی یا تراس دار که در آن طبقات مختلف

ویلا با شیب زمین تنظیم می‌شوند، نه تنها پایداری ساختاری را افزایش می‌دهد، بلکه مناظر طبیعی را حفظ می‌کند. برای مثال، ویلاهای کوهستانی در آلپ اتریش اغلب از این فرم استفاده می‌کنند که تا ۶۰ درصد خاک‌برداری را کاهش می‌دهد. جهت‌گیری ساختمان برای بهره‌گیری از نور و گرمای خورشید حیاتی است. پنجره‌های بزرگ در جهت جنوبی، با شیشه‌های دوجداره کم‌انتشار، نور طبیعی را به داخل می‌آورند و نیاز به گرمایش مصنوعی را تا ۳۰ درصد کم می‌کنند. سقف‌های شیب‌دار که برای دفع برف سنگین طراحی می‌شوند، می‌توانند با پنل‌های خورشیدی یکپارچه شوند تا انرژی تجدیدپذیر تولید کنند. این سقف‌ها همچنین از تجمع برف جلوگیری می‌کنند که می‌تواند به ساختار آسیب برساند. فرم‌های آیرودینامیک، با گوشه‌های گرد، مقاومت در برابر بادهای کوهستانی را بهبود می‌بخشند و اتلاف انرژی را کم می‌کنند. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ کوهستانی یا چوب مدیریت‌شده، نه تنها با منظره طبیعی همخوانی دارد، بلکه ردپای کربن ناشی از حمل‌ونقل را کاهش می‌دهد. طراحی داخلی نیز باید جریان هوای طبیعی را تقویت کند، با استفاده از تهویه متقاطع برای کاهش نیاز به سیستم‌های مکانیکی خنک‌کننده. در ایران، الهام از معماری سنتی مناطق کوهستانی مانند ماسوله، با خانه‌های پلکانی و سقف‌های شیروانی، می‌تواند به طراحی‌های مدرن پایدار منجر شود. فضاهای چندمنظوره، مانند تراس‌های بازشونده، امکان استفاده در فصول مختلف را فراهم می‌کنند و انعطاف‌پذیری را افزایش می‌دهند. در نهایت، این طراحی‌ها نه تنها اثرات محیطی را کم می‌کنند، بلکه با ایجاد ارتباط بصری و عملکردی با طبیعت، کیفیت زندگی ساکنان را بهبود می‌بخشند (زنگی و همکاران، ۲۰۲۳).

جدول ۲-۹: اولویت بندی راهکارهای طراحی پایدار ویلای کوهستانی بر اساس تأثیر بر عملکرد انرژی، زیست محیطی، اجرایی و اقتصادی

عناصر طراحی	اصول و راهکارها	مزایا و فواید	نمونه‌ها و کاربرد
فرم و شکل ساختمان	طراحی پلکانی و تراشیده از نام با شیب طبیعی زمین فرم‌های آیرودینامیک گوشه‌های گرد	۵۰٪ کاهش دماخساری افزایش بازتابی ساختمان حفظ عمارت طبیعی مقاومت در برابر باد	ویلاهای آلب انرژیش عمارت واسکوه ایران خانه‌های پلکانی طراحی‌های مدرن تراشیده
جهت‌گیری و نورگیری	بهره‌های بزرگ جنوبی شیب‌های دوجداره گرانیتار بهره‌گیری از نور طبیعی کنترل تابش در تابستان	۳۰٪ کاهش انرژی گرمایشی نور طبیعی بهینه کاهش گرمایش مصنوعی دسترسی به نور طبیعی	کنکوره‌های خورشیدی نمای شیب‌دار جنوبی سایه‌بان‌های قابل تنظیم تراش‌های آفتابگیر
طراحی سقف	سقف‌های شیب‌دار مقاوم در برابر برف سنگین پیکر/خامساز برف خورشیدی سیستم دایک آب	دایک برف و آب باران نویز آیرودینامیک خنک‌کاری از شیب ساختمان عایق‌بندی بهتر	سقف‌های شیروانی سنتی بازوهای خورشیدی یکپارچه ناوگان‌های مدرن عایق‌های پیشرفته
مصالح و مواد	سنگ کوهستانی محلی چوب مدیریت شده مصالح بومی منطقه عایق‌های طبیعی	کاهش ردیاب گرمی همخوانی با منطقه کاهش هزینه حمل و نقل دوام و مقاومت بالا	سنگ‌های کوهستان مشهور و گرم چوب‌های کوهستانی شمال چسب و گچ محلی عایق‌های طبیعی
طراحی داخلی	نورده مناسب طبیعی جریان هوای طبیعی سقف‌های بلند کام‌های باز و انعطاف‌پذیر	کاهش سیستم‌های مکانیکی نورده طبیعی مؤثر کیفیت هوای بهتر ایزاسیون حرارتی	پنجره‌های متغییر دورگش‌های سنتی کام‌های دوار/باز پلان‌های باز
فضاهای جمعی	تراش‌های باز/باز فضاهای نیمه‌باز استفاده فضایی انعطاف‌پذیری عملکرد	افزایش اشتغال‌پذیری استفاده چهارفصل آرایی با طبیعت بهبود کیفیت زندگی	تراش‌های تاشو ایوان‌های سنتی آفتاب‌گیرهای مدرن فضاهای اشتراکی

۲-۲-۳ سازگاری طراحی ویلا با شیب طبیعی زمین

سازگاری طراحی ویلا با شیب طبیعی زمین، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های معماری پایدار است که اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند. مناطق کوهستانی با توپوگرافی ناهموار، شیب‌های تند و خاک‌های حساس به فرسایش، نیازمند طراحی‌هایی هستند که به جای مقابله با طبیعت، با آن همزیستی کنند. رویکرد اصلی در این طراحی، کاهش مداخلات سنگین مانند خاک‌برداری یا تسطیح زمین است که می‌تواند به فرسایش خاک، تخریب پوشش گیاهی و اختلال در اکوسیستم منجر شود. برای مثال، طراحی پلکانی که طبقات ویلا را با شیب طبیعی زمین هماهنگ می‌کند، نه تنها نیاز به خاک‌برداری را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد، بلکه به حفظ مناظر طبیعی و جریان‌های طبیعی آب کمک می‌کند. در پروژه‌های موفق مانند ویلاهای کوهستانی در هیمالیا، این روش به حفظ پایداری شیب و کاهش خطر لغزش زمین منجر شده است. جهت‌گیری ساختمان باید با شیب زمین هماهنگ باشد تا از انرژی‌های طبیعی مانند نور خورشید و جریان باد بهره‌برداری شود. برای نمونه، قرارگیری پنجره‌های بزرگ در جهت شیب‌های جنوبی، امکان گرمایش غیرفعال را فراهم می‌کند و مصرف انرژی گرمایی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ‌های کوهستانی یا چوب‌های مدیریت‌شده، وزن سازه را با ظرفیت تحمل خاک هماهنگ می‌کند و نیاز به پی‌های عمیق و پرهزینه را کم می‌کند. در ایران، مناطقی مانند زاگرس یا البرز با شیب‌های متنوع، از طراحی‌های تراس‌دار بهره می‌برند که طبقات ویلا به صورت پله‌ای با شیب زمین تنظیم می‌شوند و منظره را حفظ می‌کنند. این روش همچنین امکان ایجاد باغچه‌های کوچک در هر تراس را فراهم

می‌کند که با گیاهان بومی کاشته می‌شوند و فرسایش را کنترل می‌کنند. سیستم‌های زهکشی نیز باید با شیب زمین ادغام شوند تا رواناب‌های باران به درستی هدایت شوند و از تجمع آب در اطراف ویلا جلوگیری شود. این کار از طریق کانال‌های طبیعی یا لوله‌های زیرزمینی انجام می‌شود که با شیب زمین هم‌راستا هستند. در نهایت، سازگاری با شیب زمین نه تنها پایداری محیطی را تقویت می‌کند، بلکه هزینه‌های ساخت و نگهداری را کاهش می‌دهد و ارزش زیبایی‌شناختی ویلا را افزایش می‌دهد. این رویکرد، با الهام از معماری سنتی مناطق کوهستانی ایران مانند ماسوله، می‌تواند به خلق ویلاهایی منجر شود که هم با محیط زیست سازگارند و هم تجربه‌ای منحصر به فرد برای ساکنان ارائه می‌دهند (اشرافی و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۲-۱۰: ارزیابی عملکرد روش‌های طراحی پایدار در ویلای کوهستانی بر اساس شاخص‌های کلیدی

روش طراحی	کاهش خاک‌برداری	صرفه‌جویی انرژی	هزینه ساخت	امتیاز محیطی
طراحی بلکانی	۶۰٪	۳۵٪	کم	★★★★★
طراحی کانتوری	۴۵٪	۲۵٪	متوسط	★★★★
طراحی معلق	۷۵٪	۱۵٪	بالا	★★★★
طراحی سنتی	۰٪	۰٪	بالا	★★

۲-۲-۲-۴ مقاوم سازی ویلای کوهستانی در برابر بارهای طبیعی

مقاوم سازی ویلای کوهستانی در برابر بارهای طبیعی مانند برف سنگین، بادهای شدید، زلزله و لغزش زمین، برای تضمین ایمنی ساکنان و کاهش اثرات زیست محیطی حیاتی است. مناطق کوهستانی ایران، مانند رشته کوه های البرز یا زاگرس، با شرایط اقلیمی سخت و مخاطرات طبیعی متعدد مواجه اند. طراحی سازه های باید بار برف را تحمل کند؛ برای مثال، در مناطق پر برف مانند شمشک، سقف های شیب دار با زاویه ۴۵ درجه یا بیشتر، از تجمع برف جلوگیری می کنند که می تواند فشار تا ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع ایجاد کند. این سقف ها همچنین می توانند با پنل های خورشیدی یکپارچه شوند تا پایداری انرژی را بهبود بخشند. زلزله یکی دیگر از مخاطرات اصلی است، به ویژه در ایران که روی گسل های فعال قرار دارد. استفاده از سیستم های سازه ای سبک مانند اسکلت چوبی یا فلزی با اتصالات انعطاف پذیر، مقاومت در برابر نیروهای زلزله را افزایش می دهد. بتن مسلح با طراحی مناسب، مانند ستون ها و دیوارهای برشی، نیز می تواند پایداری را تضمین کند. برای کاهش اثرات زیست محیطی، استفاده از بتن سبز با محتوای بازیافتی بالا توصیه می شود که انتشار کربن را تا ۴۵ درصد کاهش می دهد. همچنین، پی سازی عمیق در خاک های ناپایدار کوهستانی، از نشست یا لغزش جلوگیری می کند. بادهای شدید کوهستانی نیازمند طراحی آیرودینامیک هستند. فرم های منحنی یا گوشه های گرد، مقاومت در برابر باد را بهبود می بخشند و اتلاف حرارتی را کاهش می دهند. شیشه های دوجداره مقاوم و دیوارهای عایق با مصالحی مانند پشم سنگ، از نفوذ سرما و صدا جلوگیری می کنند. برای محافظت در برابر لغزش زمین، سیستم های تثبیت شیب مانند

دیوارهای گابیونی یا کاشت گیاهان بومی با ریشه‌های عمیق، خاک را تثبیت می‌کنند. در نهایت، مقاومت‌سازی باید با پایداری محیطی ترکیب شود؛ استفاده از مصالح محلی و طراحی‌های کم‌مصرف، اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و ویلا را به یک پناهگاه امن و پایدار تبدیل می‌کند (دانانجایا، ۲۰۲۵).

جدول ۲-۱۱: مقایسه عملکرد پنج استراتژی طراحی اقلیمی برای ویلای کوهستانی در شرایط آب و هوایی البرز

نوع مخاطره	شدت در ایران	راه حل مقاوم سازی	کاهش اثرات	هزینه نسبی
❄️ برف سنگین	200 کیلوگرم/متر ²	سقف شیب دار 45°	85%	متوسط
🌪️ بادهای شدید	120+ کیلومتر/ساعت	طراحی آیرودینامیک	70%	کم
🌍 زلزله	تا 7.5 ریشتر	اسکلت انعطاف پذیر	90%	بالا
🏔️ لغزش زمین	شیب های 30°+	دیوارهای گابیونی	80%	متوسط
🔥 تغییرات حرارتی	20°C- تا 40°C+	عایق چندلایه	75%	کم

۲-۲-۲-۵ طراحی دسترسی و پارکینگ ویلای کوهپایه ای

طراحی دسترسی و پارکینگ برای ویلای کوهپایه ای باید با دقت انجام شود تا ضمن تأمین راحتی ساکنان، اثرات زیست محیطی به حداقل برسد و با توپوگرافی ناهموار کوهستان هماهنگ باشد. در مناطق کوهپایه ای، دسترسی به ویلا اغلب چالش برانگیز است، زیرا شیب های تند و پوشش گیاهی حساس، ایجاد جاده های گسترده را محدود می کنند. هدف اصلی، طراحی مسیرهای دسترسی کم عرض و کم تأثیر است که فرسایش خاک را کاهش داده و اکوسیستم محلی را حفظ کنند. برای مثال، جاده هایی با عرض ۳ تا ۴ متر که با منحنی های نرم با شیب زمین هماهنگ می شوند، می توانند تا ۵۰ درصد تخریب پوشش گیاهی را کاهش دهند. استفاده از مصالح نفوذپذیر مانند سنگ ریزه یا بتن متخلخل برای سطح جاده، امکان نفوذ آب باران را فراهم می کند و از رواناب های مخرب جلوگیری می کند. محل پارکینگ باید در نزدیکی ویلا اما

خارج از مناطق حساس زیست محیطی طراحی شود. پارکینگ‌های زیرزمینی یا نیمه‌زیرزمینی که در شیب زمین ادغام می‌شوند، فضای سطحی را آزاد نگه می‌دارند و منظره طبیعی را حفظ می‌کنند. در پروژه‌های کوهستانی مانند ویلاهای آلپ، پارکینگ‌های زیرزمینی با سقف سبز که با گیاهان بومی پوشیده شده‌اند، اثرات بصری و زیست محیطی را به حداقل می‌رسانند. در ایران، در مناطقی مانند دماوند یا کردستان، پارکینگ‌های تراس‌دار که با شیب زمین تنظیم می‌شوند، از تخریب گسترده جلوگیری می‌کنند. تعداد فضاهای پارکینگ باید محدود باشد (مثلاً ۱ تا ۲ خودرو برای هر ویلا) تا از تبدیل سایت به سطوح غیرقابل نفوذ جلوگیری شود. دسترسی پیاده‌رو نیز باید با مسیرهای طبیعی و پله‌های سنگی طراحی شود که با توپوگرافی هماهنگ باشند. این مسیرها می‌توانند با گیاهان بومی حاشیه‌بندی شوند تا فرسایش خاک کنترل شود. سیستم‌های روشنایی کم‌مصرف LED با انرژی خورشیدی برای مسیرها و پارکینگ، مصرف انرژی را کاهش می‌دهند و آلودگی نوری را به حداقل می‌رسانند که برای حیات وحش شب‌زی کوهستانی حیاتی است. در نهایت، طراحی دسترسی و پارکینگ باید آینده‌نگرانه باشد و امکان استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی را با ایستگاه‌های شارژ خورشیدی فراهم کند. این رویکرد نه تنها پایداری محیطی را تقویت می‌کند، بلکه تجربه‌ای ایمن و راحت برای ساکنان ایجاد می‌کند (آقاخانی، ۱۳۹۷).

جدول ۲-۱۲ مزایای طراحی دسترسی و پارکینگ

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
جاده کم‌عرض	کاهش تخریب	حفظ پوشش گیاهی

پارکینگ زیرزمینی	حفظ منظره	کاهش اثرات بصری
مصالص نفوذپذیر	نفوذ آب	کاهش رواناب

۲-۲-۶ سیستم‌های تأسیساتی مناسب مناطق کوهستانی

سیستم‌های تأسیساتی ویلاهای کوهستانی باید با اقلیم سرد، دسترسی محدود به منابع و ضرورت کاهش اثرات زیست‌محیطی سازگار باشند. گرمایش، سرمایش، تأمین آب و مدیریت فاضلاب از مهم‌ترین جنبه‌های تأسیساتی هستند که باید با رویکرد پایداری طراحی شوند. برای گرمایش، سیستم‌های گرمایش از کف با پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی یا خورشیدی گزینه‌ای ایده‌آل هستند، زیرا تا ۵۰ درصد مصرف انرژی را نسبت به بخاری‌های برقی کاهش می‌دهند. در مناطق کوهستانی ایران مانند شمشک، استفاده از پنل‌های خورشیدی برای تأمین انرژی گرمایشی، وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد و انتشار کربن را تا ۴۵ درصد کم می‌کند. تأمین آب در مناطق کوهستانی چالش‌برانگیز است، به‌ویژه در فصول خشک. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران با مخازن زیرزمینی که با فیلترهای طبیعی مانند شن و زغال تصفیه می‌شوند، می‌توانند تا ۸۰ درصد نیاز آبی ویلا را تأمین کنند. این سیستم‌ها در مناطقی مانند زاگرس که بارش‌های فصلی فراوان است، بسیار مؤثر هستند. برای مدیریت فاضلاب، سیستم‌های بیولوژیکی مانند سپتیک‌تانک‌های مدرن با فیلترهای بی‌هوازی، فاضلاب را به آب قابل‌استفاده برای آبیاری تبدیل می‌کنند و از آلودگی منابع آب زیرزمینی جلوگیری می‌کنند. تهویه و سرمایش باید با اقلیم سرد کوهستانی هماهنگ باشد. تهویه طبیعی با پنجره‌های استراتژیک برای جریان هوای متقاطع، نیاز به سیستم‌های مکانیکی را کاهش می‌دهد. در تابستان‌های گرم، سایبان‌های متحرک یا گیاهان بالارونده روی دیوارها می‌توانند دمای

داخلی را تا ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش دهند. سیستم‌های الکتریکی باید با انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی یا توربین‌های بادی کوچک پشتیبانی شوند. در نهایت، سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی، مانند ترموستات‌های قابل برنامه‌ریزی، مصرف انرژی را بهینه می‌کنند. این تأسیسات نه تنها پایداری محیطی را تضمین می‌کنند، بلکه هزینه‌های عملیاتی را کاهش داده و راحتی ساکنان را افزایش می‌دهند (معینی و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۲-۱۳: ارزیابی پنج سیستم تأسیساتی پیشنهادی برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه‌جویی انرژی، کاهش انتشار کربن و قابلیت اجرا

سیستم تأسیساتی	فناوری پیشنهادی	صرفه‌جویی انرژی	کاهش انتشار کربن	مناسب برای
گرمایش 🔥	پمپ حرارتی زمین‌گرمایی + کف گرم	50%	45%	شمشک، دیزین
تامین آب 💧	جمع‌آوری آب باران + فیلتر طبیعی	-	30%	زاگرس، البرز
مدیریت فاضلاب 🚰	سپتیک مدرن + فیلتر بی‌هوازی	-	40%	تمام مناطق
تهویه و سرمایش ❄️	تهویه طبیعی + سایبان متحرک	70%	35%	تابستان‌های گرم
سیستم الکتریکی ⚡	پنل خورشیدی + توربین بادی	80%	90%	مناطق آفتابی

۲-۲-۲-۷ چشم‌انداز و منظر در طراحی ویلای کوهی

چشم‌انداز و منظر در طراحی ویلای کوهی نقش کلیدی در کاهش اثرات زیست‌محیطی و ایجاد ارتباط معنادار بین ساکنان و طبیعت دارد. مناطق کوهستانی، مانند رشته‌کوه‌های البرز یا زاگرس در ایران، با مناظر بکر و تنوع زیستی غنی، فرصتی منحصر به فرد برای طراحی ویلاهایی فراهم می‌کنند که نه تنها زیبایی

طبیعی را حفظ می‌کنند، بلکه تجربه‌ای غنی از زندگی در طبیعت ارائه می‌دهند. هدف اصلی در این طراحی، ادغام ویلا با محیط اطراف به گونه‌ای است که منظره طبیعی به عنوان بخشی از تجربه زندگی در ویلا برجسته شود. برای مثال، استفاده از پنجره‌های بزرگ و گسترده در جهت مناظر کلیدی، مانند قله‌ها یا دره‌ها، ارتباط بصری قوی با محیط ایجاد می‌کند و نیاز به روشنایی مصنوعی را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. جهت‌گیری ویلا باید با توجه به چشم‌اندازهای اصلی سایت تعیین شود. در طراحی پایدار، ویلا طوری قرار می‌گیرد که مناظر طبیعی بدون تخریب پوشش گیاهی یا تغییر توپوگرافی حفظ شوند. برای نمونه، در ویلاهای کوهستانی سوئیس، طراحی پلکانی امکان دید بدون مانع به مناظر را فراهم می‌کند، در حالی که خاک‌برداری را به حداقل می‌رساند. در ایران، مناطقی مانند دماوند با چشم‌انداز قله‌های برفی، نیازمند طراحی‌هایی هستند که پنجره‌ها و تراس‌ها را به سمت این مناظر هدایت کنند. استفاده از تراس‌های باز یا بالکن‌های معلق که با شیب زمین هماهنگ هستند، امکان لذت بردن از منظر را بدون آسیب به اکوسیستم فراهم می‌کند. محوطه‌سازی نیز باید با منظر طبیعی هماهنگ باشد. کاشت گیاهان بومی، مانند سرو کوهی یا بلوط در مناطق کوهستانی ایران، نه تنها به حفظ اکوسیستم کمک می‌کند، بلکه منظر را تقویت می‌کند و فرسایش خاک را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. طراحی مسیرهای پیاده‌روی با سنگ‌های محلی و نورپردازی کم‌مصرف LED خورشیدی، تجربه منظر را در شب نیز بهبود می‌بخشد، در حالی که آلودگی نوری را کم می‌کند. این رویکرد در پروژه‌های جهانی مانند ویلاهای کوهستانی کانادا که از محوطه‌سازی بومی برای تقویت چشم‌انداز استفاده می‌کنند، موفق بوده است (محمدیانی و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۲-۱۴: مزایای طراحی منظر

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
پنجره‌های بزرگ	ارتباط بصری	کاهش مصرف انرژی
تراس‌های معلق	حفظ توپوگرافی	کاهش خاک‌برداری
گیاهان بومی	تقویت منظر	حفظ اکوسیستم

۲-۲-۲-۸ مصالح محلی کوهستانی در ساخت ویلا

استفاده از مصالح محلی در ساخت ویلای کوهستانی یکی از مؤثرترین راه‌ها برای کاهش اثرات زیست محیطی و ایجاد هماهنگی با محیط طبیعی است. مصالح محلی، مانند سنگ‌های کوهستانی، چوب‌های مدیریت شده و خاک رس، نه تنها ردپای کربن ناشی از حمل و نقل را کاهش می‌دهند، بلکه با منظر و اقلیم منطقه سازگار هستند. برای مثال، در مناطق کوهستانی ایران مانند زاگرس یا البرز، سنگ‌های تراورتن و گرانیت به دلیل دوام بالا و مقاومت در برابر سرما و رطوبت، گزینه‌ای ایده‌آل برای دیوارها و نمای خارجی هستند. این سنگ‌ها می‌توانند تا ۵۰ سال بدون نیاز به تعمیرات اساسی مقاومت کنند و نیاز به مصالح وارداتی را تا ۷۰ درصد کاهش دهند. چوب‌های محلی مانند بلوط یا سرو کوهی که از جنگل‌های مدیریت شده برداشت می‌شوند، برای سازه‌های داخلی و خارجی مناسب‌اند. این چوب‌ها با پردازش حرارتی (ترمووود) مقاومت بالایی در برابر پوسیدگی و حشرات پیدا می‌کنند، بدون نیاز به مواد شیمیایی مضر. در مقایسه با چوب‌های وارداتی، استفاده از چوب محلی انتشار کربن را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. خاک رس و خشت نیز برای دیوارهای داخلی یا عایق‌بندی طبیعی کاربرد دارند، به‌ویژه در مناطقی مانند

کردستان که این مواد به وفور یافت می‌شوند. این مصالح ظرفیت حرارتی بالایی دارند و گرما را در زمستان‌های سرد کوهستانی ذخیره می‌کنند که مصرف انرژی گرمایی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. در طراحی پایدار، مصالح بازیافتی محلی، مانند سنگ‌های بازیافت‌شده از معادن متروکه، نیز می‌توانند استفاده شوند. این رویکرد نه تنها زباله‌های ساختمانی را کاهش می‌دهد، بلکه به اقتصاد محلی کمک می‌کند. برای مثال، در ویلاهای کوهستانی کانادا، استفاده از سنگ‌های محلی و چوب بازیافتی، هزینه‌های ساخت را تا ۲۰ درصد کم کرده است. در ایران، ترکیب سنگ و خشت در معماری سنتی ماسوله الهام‌بخش طراحی‌های مدرن پایدار است. استفاده از این مصالح، علاوه بر پایداری، حس اصالت و تعلق به فرهنگ محلی را در ویلا ایجاد می‌کند و با کاهش وابستگی به مصالح صنعتی، اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند (یانگ و همکاران، ۲۰۲۴).

جدول ۲-۱۵: مقایسه مصالح

مصالح	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
سنگ محلی	دوام بالا	کاهش حمل‌ونقل
چوب بومی	مقاومت طبیعی	کاهش انتشار CO ₂
خاک رس	عایق حرارتی	کاهش مصرف انرژی

۹-۲-۲-۲ طراحی فضاهای داخلی متناسب با اقلیم سرد

طراحی فضاهای داخلی ویلای کوهستانی برای اقلیم سرد باید با تمرکز بر راحتی حرارتی، بهره‌وری انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی انجام شود. مناطق کوهستانی ایران، مانند البرز یا زاگرس، با زمستان‌های سرد و دماهای زیر صفر، نیازمند طراحی‌هایی هستند که گرما را حفظ کرده و مصرف انرژی را به حداقل برسانند. استفاده از عایق‌های طبیعی مانند پشم سنگ یا سلولز در دیوارها و سقف‌ها، اتلاف حرارتی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد و سلامت محیط داخلی را بهبود می‌بخشد، زیرا این مواد فاقد ترکیبات شیمیایی مضر هستند. پنجره‌های دوجداره با پوشش کم‌انتشار (Low-E) نه تنها نور طبیعی را به داخل هدایت می‌کنند، بلکه گرما را حفظ کرده و نیاز به روشنایی مصنوعی را تا ۳۰ درصد کم می‌کنند. گرمایش از کف با پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی یا خورشیدی، گزینه‌ای پایدار برای اقلیم سرد است که مصرف انرژی را نسبت به سیستم‌های برقی سنتی تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. طراحی پلان باز با جریان هوای طبیعی، توزیع یکنواخت گرما را تسهیل می‌کند و حس فضای دل‌باز را تقویت می‌کند. برای مثال، در ویلاهای کوهستانی اسکاندیناوی، استفاده از شومینه‌های کم‌مصرف با سوخت چوب مدیریت‌شده، گرمایش مکمل و فضایی گرمابخش ایجاد می‌کند. در ایران، الهام از معماری سنتی مناطق سردسیر مانند اردبیل، با فضاهای مرکزی متمرکز اطراف منبع گرما، می‌تواند به طراحی‌های مدرن پایدار منجر شود. رنگ‌ها و مواد داخلی نیز باید با اقلیم هماهنگ باشند. رنگ‌های گرم مانند قهوه‌ای یا نارنجی، همراه با بافت‌های طبیعی مانند چوب و پشم، حس گرما را تقویت می‌کنند. کف‌پوش‌های چوبی با عایق زیرین، گرما را حفظ کرده و راحتی حرارتی را

افزایش می‌دهند. مبلمان مدولار و چندمنظوره، مانند کاناپه‌های تخت‌خواب‌شو، فضای داخلی را برای فصول سرد که زمان بیشتری در داخل سپری می‌شود، بهینه می‌کند. سیستم‌های تهویه متقاطع با فیلترهای پیشرفته، کیفیت هوای داخلی را حفظ می‌کنند و از تجمع رطوبت در اقلیم سرد جلوگیری می‌کنند. این طراحی‌ها نه تنها اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند، بلکه فضایی سالم، راحت و پایدار برای ساکنان فراهم می‌کنند (ارزانی بیرگانی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۲-۱۶: مزایای طراحی داخلی

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
عایق طبیعی	کاهش اتلاف گرما	کاهش مصرف انرژی
پنجره‌های Low-E	گرمایش غیرفعال	کاهش انتشار CO ₂
گرمایش از کف	بهره‌وری انرژی	کاهش سوخت فسیلی

۲-۲-۲-۱۰ معماری بومی کوهستانی در طراحی ویلا

معماری بومی کوهستانی، با الهام از سنت‌های ساخت‌وساز مناطق کوهستانی، راهکاری مؤثر برای طراحی ویلاهای پایدار با حداقل اثرات زیست‌محیطی ارائه می‌دهد. در ایران، مناطق کوهستانی مانند ماسوله، کندوان یا روستاهای زاگرس، نمونه‌هایی از معماری بومی هستند که با اقلیم سرد، شیب تند و منابع محلی هماهنگ شده‌اند. این معماری با استفاده از مصالح محلی مانند سنگ، خشت و چوب، نه تنها ردپای کربن ناشی از حمل‌ونقل را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد، بلکه هویت فرهنگی منطقه را حفظ می‌کند. برای مثال، خانه‌های پلکانی ماسوله با سقف‌های شیروانی و دیوارهای خشتی، الگویی برای طراحی ویلاهای مدرن

هستند که با شیب زمین ادغام می‌شوند و خاک‌برداری را به حداقل می‌رسانند. سقف‌های شیب‌دار بومی که برای دفع برف سنگین طراحی شده‌اند، می‌توانند با پنل‌های خورشیدی یکپارچه شوند تا انرژی تجدیدپذیر تولید کنند. دیوارهای ضخیم خشتی یا سنگی که در معماری بومی رایج‌اند، ظرفیت حرارتی بالایی دارند و گرما را در طول روز ذخیره کرده و شب‌هنگام آزاد می‌کنند که مصرف انرژی گرمایی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. پنجره‌های کوچک‌تر در جهت‌های شمالی که در معماری بومی کندوان دیده می‌شود، از اتلاف گرما جلوگیری می‌کنند، در حالی که پنجره‌های بزرگ‌تر در جهت جنوبی، گرمایش غیرفعال را تقویت می‌کنند. محوطه‌سازی بومی نیز با استفاده از گیاهان محلی مانند بلوط یا سرو کوهی، به حفظ اکوسیستم و کنترل فرسایش خاک کمک می‌کند. در طراحی مدرن، این عناصر با فناوری‌های پایدار ترکیب می‌شوند؛ برای مثال، سیستم‌های جمع‌آوری آب باران که در معماری بومی زاگرس رایج بود، می‌توانند با فیلترهای پیشرفته بهبود یابند. این رویکرد نه تنها اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد، بلکه حس اصالت و تعلق به فرهنگ محلی را در ویلا ایجاد می‌کند. در پروژه‌های جهانی مانند ویلاهای کوهستانی هیمالیا، ترکیب معماری بومی با فناوری‌های مدرن، پایداری و زیبایی را به‌طور هم‌زمان ارائه داده است. این الگو در ایران می‌تواند با الهام از سنت‌های محلی، ویلاهایی خلق کند که هم پایدار و هم ریشه‌دار در فرهنگ منطقه باشند (بهرامی‌فر و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۴-۱۷: مزایای معماری بومی

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
-------	------	------------------

کاهش حمل و نقل	کاهش انتشار CO ₂	مصارف محلی
ذخیره گرما	کاهش مصرف انرژی	دیوارهای ضخیم
حفظ اکوسیستم	کنترل فرسایش	گیاهان بومی

۳-۲-۲ طراحی سبز

۲-۲-۱ کاربرد طراحی سبز در ویلاهای کوهستانی

طراحی سبز در ویلاهای کوهستانی رویکردی است که با هدف کاهش اثرات زیست محیطی، بهره‌وری انرژی و هماهنگی با طبیعت اجرا می‌شود. این نوع طراحی با استفاده از اصول پایداری، مانند بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، عایق‌بندی پیشرفته و مصالح سازگار با محیط، ویلاهایی خلق می‌کند که با اقلیم سرد و ناهموار کوهستان هماهنگ هستند. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های طراحی سبز، استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدی است. پنل‌های خورشیدی نصب‌شده روی سقف‌های شیب‌دار که برای دفع برف طراحی شده‌اند، می‌توانند تا ۷۰ درصد نیاز انرژی ویلا را تأمین کنند، به‌ویژه در مناطق کوهستانی ایران مانند البرز که تابش خورشیدی در فصول گرم قابل توجه است. این سیستم‌ها انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. عایق‌بندی پیشرفته با مواد طبیعی مانند پشم سنگ یا چوب‌پنبه، اتلاف حرارتی را تا ۴۵ درصد کم می‌کند و نیاز به گرمایش مصنوعی را در زمستان‌های سرد کوهستانی کاهش می‌دهد. طراحی سبز همچنین شامل پنجره‌های دوجداره با پوشش کم‌انتشار (Low-E) است که گرمایش غیرفعال خورشیدی را تقویت کرده و مصرف انرژی روشنایی را تا ۳۰ درصد کم می‌کنند. سیستم‌های جمع‌آوری

آب باران که با فیلترهای طبیعی مانند شن و زغال کار می‌کنند تا ۸۰ درصد نیاز آبی ویلا را تأمین می‌کنند و فشار بر منابع آب محلی را کاهش می‌دهند که در مناطقی مانند زاگرس که منابع آب حساس هستند، حیاتی است. سقف‌های سبز، پوشیده از گیاهان بومی مانند سرو کوهی، نه تنها عایق حرارتی و صوتی فراهم می‌کنند، بلکه به جذب دی‌اکسید کربن و کاهش رواناب کمک می‌کنند. در پروژه‌های جهانی مانند ویلاهای کوهستانی آلپ، سقف‌های سبز تا ۴۰ درصد مصرف انرژی سرمایشی را کاهش داده‌اند. در ایران، الهام از معماری بومی ماسوله، با ترکیب سقف‌های سبز و دیوارهای سنگی، می‌تواند پایداری را تقویت کند. طراحی سبز همچنین از فناوری‌های هوشمند مانند ترموستات‌های قابل برنامه‌ریزی برای مدیریت انرژی استفاده می‌کند که مصرف را تا ۲۰ درصد بهینه می‌کند (طاهری و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۴-۱۸: مزایای طراحی سبز

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
پنل‌های خورشیدی	تأمین انرژی پاک	کاهش انتشار CO ₂
عایق طبیعی	کاهش اتلاف گرما	کاهش مصرف انرژی
سقف سبز	جذب CO ₂	کاهش رواناب

۲-۳-۲-۲ فضای سبز پایدار در محیط کوهپایه‌ای

فضای سبز پایدار در محیط کوهپایه‌ای بخش جدایی‌ناپذیر از طراحی ویلای کوهستانی است که با هدف حفظ اکوسیستم، کاهش اثرات زیست‌محیطی و تقویت زیبایی طبیعی اجرا می‌شود. مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند دماوند یا کردستان، با پوشش گیاهی بومی مانند بلوط، سرو کوهی و گیاهان دارویی، نیازمند

محوطه‌سازی هستند که این تنوع زیستی را حفظ کند. استفاده از گیاهان بومی که به شرایط اقلیمی سرد و خاک‌های کم‌عمق کوهستان سازگارند، نیاز به آبیاری و نگهداری را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد و فرسایش خاک را تا ۴۵ درصد کنترل می‌کند. برای مثال، کاشت گیاهانی مانند گون یا آویشن در شیب‌ها، ریشه‌های عمیق آن‌ها خاک را تثبیت می‌کند. طراحی فضای سبز باید با توپوگرافی هماهنگ باشد. ایجاد باغچه‌های تراس‌دار در شیب‌های طبیعی، نه تنها منظره را حفظ می‌کند، بلکه رواناب آب باران را مدیریت می‌کند. سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با استفاده از آب باران جمع‌آوری‌شده، مصرف آب را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهند و از هدررفت منابع جلوگیری می‌کنند (زمان پور و همکاران، ۱۳۹۵). در پروژه‌های کوهستانی کانادا، باغچه‌های بومی با گیاهان مقاوم به سرما، مانند خزه‌ها و گل‌سنگ‌ها، به حفظ زیستگاه‌های محلی کمک کرده‌اند. در ایران، محوطه‌سازی با الهام از باغ‌های سنتی زاگرس، می‌تواند شامل مسیرهای سنگی و آب‌نماهای کوچک باشد که با محیط ادغام می‌شوند. نورپردازی فضای سبز با چراغ‌های LED خورشیدی، آلودگی نوری را کاهش داده و برای حیات وحش شب‌زی کوهستانی، مانند پرندگان و خزندگان، ایمن است. ایجاد فضاهای نشیمن طبیعی، مانند نیمکت‌های سنگی در دل منظر، تجربه‌ای پایدار و کم‌تأثیر را برای ساکنان فراهم می‌کند. این فضاها با گیاهان بومی احاطه می‌شوند تا حس یکپارچگی با طبیعت تقویت شود. در نهایت، فضای سبز پایدار نه تنها اکوسیستم کوهپایه‌ای را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش هزینه‌های نگهداری و مصرف منابع، ویلا را به یک پناهگاه زیست‌محیطی تبدیل می‌کند که با گردشگری پایدار همخوانی دارد (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱).

جدول ۲-۱۹: ارزیابی پنج عنصر طراحی داخلی پایدار برای ویلای کوهستانی بر اساس صرفه جویی انرژی، کاهش ردپای کربن و تأثیر بر کیفیت زندگی

عنصر طراحی	گیاهان/مصالح پیشنهادی	کاهش نیاز آبیاری	کنترل فرسایش	مناطق مناسب
🌳 گیاهان بومی	بلوط، سرو کوهی، گون، آویشن	60%	45%	دماوند، کردستان
🌿 باغچه‌های تراس‌دار	پوشش گیاهی چندسطحی	40%	65%	شیب‌های طبیعی
💧 آبیاری قطره‌ای	سیستم هوشمند + آب باران	70%	-	تمام مناطق
💡 نورپردازی LED	چراغ‌های خورشیدی	-	-	حفظ حیات وحش
🪨 مسیرهای سنگی	سنگ‌های محلی کوهستان	-	30%	زاگرس، البرز

۲-۳-۲-۳ انتخاب گیاهان بومی کوهستان برای ویلا

انتخاب گیاهان بومی کوهستان برای ویلای کوهستانی یکی از مؤثرترین راه‌ها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و تقویت پایداری اکوسیستم است. گیاهان بومی که به‌طور طبیعی با شرایط اقلیمی سرد، خاک‌های کم‌عمق و بارش‌های فصلی مناطق کوهستانی ایران مانند البرز، زاگرس یا دماوند سازگار هستند، نیاز به آبیاری و نگهداری را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهند و به حفظ تنوع زیستی کمک می‌کنند. برای مثال، گونه‌هایی مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، سرو کوهی (*Juniperus excelsa*) و گون (*Astragalus spp.*) به دلیل ریشه‌های عمیق، خاک را تثبیت کرده و فرسایش را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهند. این گیاهان همچنین زیستگاه‌هایی برای حیات وحش محلی مانند پرندگان و حشرات فراهم

می‌کنند که به تعادل اکوسیستم کمک می‌کند. در طراحی ویلا، گیاهان بومی باید با توجه به اقلیم و ارتفاع سایت انتخاب شوند. در ارتفاعات بالاتر، مانند مناطق بالای ۲۰۰۰ متر در البرز، گیاهانی مانند آویشن وحشی (*Thymus kotschyanus*) و بومادران (*Achillea millefolium*) به دلیل مقاومت به سرما و خشکی مناسب‌اند. این گیاهان با نیاز کم به آب، هزینه‌های نگهداری را کاهش داده و با زیبایی طبیعی خود، منظر ویلا را تقویت می‌کنند. در ارتفاعات پایین‌تر، مانند دامنه‌های زاگرس، درختچه‌هایی مانند زرشک وحشی (*Berberis integerrima*) می‌توانند به عنوان حصار طبیعی استفاده شوند که هم حریم خصوصی ایجاد می‌کند و هم میوه‌های خوراکی برای ساکنان و حیات وحش فراهم می‌آورد. کاشت گیاهان بومی باید با الگوهای طبیعی هماهنگ باشد، مانند قرارگیری در شیب‌ها برای جلوگیری از رواناب. در پروژه‌های جهانی، مانند ویلاهای کوهستانی در راکی کانادا، استفاده از گیاهان بومی مانند خزه‌ها و گل‌سنگ‌ها، اکوسیستم را حفظ کرده است. در ایران، ترکیب گیاهان دارویی مانند نعناع کوهی با درختان بومی، نه تنها پایداری محیطی را تقویت می‌کند، بلکه ارزش فرهنگی و اقتصادی به ویلا می‌افزاید. این گیاهان همچنین به جذب دی‌اکسید کربن و کاهش اثرات گرمایش جهانی کمک می‌کنند. انتخاب دقیق گیاهان بومی، با توجه به ویژگی‌های سایت و نیازهای ساکنان، ویلا را به بخشی از اکوسیستم کوهستانی تبدیل کرده و اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند (داس‌گوپتا و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۲۰: گیاهان بومی

گیاه	ویژگی	تأثیر زیست محیطی
سرو کوهی	مقاوم به سرما	تثبیت خاک
بلوط ایرانی	ریشه عمیق	کاهش فرسایش
آویشن وحشی	کم آب	حفظ تنوع زیستی

۴-۳-۲-۲ طراحی باغ کوهستانی با رویکرد پایدار

طراحی باغ کوهستانی با رویکرد پایدار، فراتر از زیبایی‌شناسی، به حفظ اکوسیستم، کاهش مصرف منابع و ادغام با توپوگرافی کوهپایه‌ای تمرکز دارد. باغ‌های کوهستانی باید با شیب طبیعی زمین هماهنگ شوند تا فرسایش خاک و تخریب منظر به حداقل برسد. ایجاد باغچه‌های تراس‌دار که در شیب‌های طبیعی شکل می‌گیرند، نه تنها رواناب آب را مدیریت می‌کند، بلکه امکان کاشت گیاهان بومی مانند گون، سرو کوهی یا زرشک وحشی را فراهم می‌سازد. این روش در مناطقی مانند کردستان یا دماوند، فرسایش خاک را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد و به حفظ پوشش گیاهی کمک می‌کند. سیستم‌های آبیاری پایدار، مانند آبیاری قطره‌ای با استفاده از آب باران جمع‌آوری‌شده، مصرف آب را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهند. مخازن زیرزمینی آب باران که با فیلترهای طبیعی تصفیه می‌شوند، نیاز به منابع آب محلی را کم می‌کنند که در مناطق کوهستانی با منابع محدود حیاتی است (صفریان و همکاران، ۱۳۹۷). کاشت گیاهان بومی با نیاز آبی کم، مانند بومادران یا آویشن وحشی، نه تنها هزینه‌های نگهداری را کاهش می‌دهد، بلکه زیستگاه‌هایی برای حیات وحش محلی ایجاد می‌کند. در پروژه‌های جهانی، مانند باغ‌های کوهستانی آلپ، استفاده از گیاهان

بومی و سیستم‌های آبیاری کم‌مصرف، تنوع زیستی را تا ۳۰ درصد افزایش داده است. مسیرهای پیاده‌روی در باغ باید با سنگ‌های محلی یا چوب‌های مدیریت‌شده طراحی شوند تا مداخله در طبیعت به حداقل برسد. نورپردازی با چراغ‌های LED خورشیدی، آلودگی نوری را کاهش می‌دهد و برای حیات وحش شب‌زی ایمن است. ایجاد فضاهای نشیمن طبیعی، مانند نیمکت‌های سنگی در دل باغ، تجربه‌ای پایدار و هماهنگ با محیط فراهم می‌کند. این طراحی‌ها، با الهام از باغ‌های سنتی ایرانی مانند باغ‌های زاگرس، می‌توانند شامل آب‌نماهای کوچک با گردش آب بازیافتی باشند که حس آرامش را تقویت می‌کنند. در نهایت، باغ کوهستانی پایدار نه تنها اکوسیستم را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش مصرف منابع و تقویت زیبایی طبیعی، ارزش ویلا را برای گردشگری پایدار افزایش می‌دهد (سیریور، ۲۰۲۴).

جدول ۲-۲۱: مزایای باغ پایدار

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
باغچه تراس‌دار	کاهش فرسایش	حفظ توپوگرافی
آبیاری قطره‌ای	کاهش مصرف آب	حفاظت منابع
گیاهان بومی	تقویت زیستگاه	حفظ تنوع زیستی

۲-۲-۳-۵ سیستم‌های مدیریت آب باران در ویلای کوهی

مدیریت آب باران در ویلای کوهستانی یکی از ارکان اصلی طراحی پایدار است که با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی، حفظ منابع آب و جلوگیری از فرسایش خاک اجرا می‌شود. مناطق کوهستانی ایران، مانند البرز و زاگرس، با بارش‌های سنگین فصلی و رواناب‌های قوی مواجه‌اند که اگر مدیریت نشوند، می‌توانند به فرسایش خاک، آسیب به اکوسیستم و تخریب زیرساخت‌ها منجر شوند. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، شامل مخازن زیرزمینی یا سطحی، می‌توانند تا ۸۰ درصد نیاز آبی ویلا برای مصارف غیرشرب مانند آبیاری باغچه‌ها و شست‌وشو را تأمین کنند. این مخازن با فیلترهای طبیعی مانند شن و زغال فعال، آب را تصفیه می‌کنند و وابستگی به منابع آب محلی که در مناطق کوهستانی اغلب محدود هستند را کاهش می‌دهند. طراحی کانال‌های زهکشی هماهنگ با شیب طبیعی زمین، رواناب را به سمت مخازن هدایت می‌کند و از تجمع آب در اطراف ویلا جلوگیری می‌کند که خطر لغزش زمین را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. در پروژه‌های کوهستانی اسکان‌دیناوی، سیستم‌های زهکشی با سنگ‌های محلی و گیاهان بومی تقویت می‌شوند تا فرسایش خاک به حداقل برسد. در ایران، در مناطقی مانند دماوند، این کانال‌ها می‌توانند با پوشش گیاهی مانند گون یا سرو کوهی ادغام شوند تا هم زیبایی منظر حفظ شود و هم اکوسیستم تقویت گردد. استفاده از مصالح نفوذپذیر مانند سنگ‌ریزه یا بتن متخلخل در مسیرها و پارکینگ‌ها، نفوذ آب به خاک را تسهیل کرده و رواناب را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. سیستم‌های بازچرخانی آب باران، مانند استفاده از آب ذخیره‌شده برای آبیاری قطره‌ای، مصرف آب را بهینه می‌کنند و از فشار بر چشمه‌های

کوهستانی می‌کاهند. فناوری‌های هوشمند، مانند حسگرهای رطوبت خاک، می‌توانند زمان‌بندی آبیاری را تنظیم کنند تا هدررفت آب به حداقل برسد. این سیستم‌ها نه تنها پایداری زیست‌محیطی را تقویت می‌کنند، بلکه هزینه‌های عملیاتی ویلا را کاهش می‌دهند. در نهایت، مدیریت آب باران با ادغام در طراحی کلی ویلا، از منابع طبیعی حفاظت کرده و ویلا را به یک واحد خودکفا و سازگار با اقلیم کوهستانی تبدیل می‌کند که برای گردشگری پایدار نیز جذاب است (خدابخشی زیدی، ۱۴۰۰).

جدول ۲-۲۲: مزایای مدیریت آب باران

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
مخازن آب	تأمین آب غیرشرب	کاهش فشار بر منابع
زهکشی طبیعی	کاهش لغزش زمین	حفظ خاک
آبیاری قطره‌ای	کاهش مصرف آب	حفاظت منابع

۶-۳-۲-۲ بام‌های سبز مناسب اقلیم کوهستانی

بام‌های سبز در ویلاهای کوهستانی، رویکردی پایدار برای کاهش اثرات زیست‌محیطی، بهبود عایق‌بندی و تقویت زیبایی منظر هستند. این بام‌ها که با گیاهان بومی مقاوم به اقلیم سرد کوهستان پوشیده می‌شوند، با شرایط سخت مناطق کوهستانی ایران، مانند البرز یا زاگرس، سازگارند. گیاهان بومی مانند سرو کوهی (*Juniperus excelsa*)، گون (*Astragalus spp.*) و بومادران (*Achillea millefolium*) به دلیل

مقاومت به سرما و نیاز کم به آب، برای بام‌های سبز مناسب‌اند. این گیاهان نه تنها عایق حرارتی و صوتی فراهم می‌کنند، بلکه با جذب دی‌اکسید کربن، اثرات گرمایش جهانی را کاهش می‌دهند و رواناب آب باران را تا ۷۰ درصد کم می‌کنند. ساختار بام سبز باید با اقلیم سرد هماهنگ باشد. لایه‌های عایق رطوبتی مقاوم به سرما و یخ‌زدگی، همراه با سیستم زهکشی پیشرفته، از نفوذ آب به سازه جلوگیری می‌کنند. در مناطق پربرف مانند شمشک، بام‌های سبز با شیب ملایم (۵ تا ۱۵ درجه) طراحی می‌شوند تا برف به‌آرامی تخلیه شود و وزن اضافی به سازه وارد نشود. این بام‌ها می‌توانند مصرف انرژی سرمایشی در تابستان را تا ۴۰ درصد و گرمایشی در زمستان را تا ۳۰ درصد کاهش دهند، زیرا لایه‌های گیاهی و خاک، گرما را ذخیره و تنظیم می‌کنند. در پروژه‌های جهانی، مانند ویلاهای کوهستانی آلپ، بام‌های سبز با گیاهان بومی، زیستگاه‌هایی برای پرندگان و حشرات ایجاد کرده‌اند. در ایران، بام‌های سبز می‌توانند با الهام از معماری بومی، مانند سقف‌های خشتی سنتی، با فناوری مدرن ترکیب شوند. استفاده از خاک سبک محلی و سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با آب باران، نگهداری بام را کم‌هزینه می‌کند. این بام‌ها همچنین منظر طبیعی را تقویت کرده و ویلا را با محیط کوهستانی ادغام می‌کنند. برای مثال، در دماوند، بام سبز با پوشش گون و آویشن وحشی، نه تنها زیبایی بصری ایجاد می‌کند، بلکه به کنترل فرسایش و حفظ تنوع زیستی کمک می‌کند. در نهایت، بام‌های سبز با کاهش ردپای کربن و افزایش پایداری، ویلای کوهستانی را به یک پناهگاه زیست‌محیطی تبدیل می‌کنند که با گردشگری پایدار همخوانی دارد (لی، ۲۰۲۳).

جدول ۲-۲۳: مزایای بام سبز

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
گیاهان بومی	نیاز کم به آب	حفظ اکوسیستم
عایق حرارتی	کاهش مصرف انرژی	کاهش انتشار CO_2
زهکشی پیشرفته	کاهش رواناب	کنترل فرسایش

۷-۳-۲-۲ کاهش جزایر حرارتی در ویلاهای کوهپایه‌ای

جزایر حرارتی که به افزایش دمای موضعی در اثر سطوح غیرقابل نفوذ و فعالیت‌های انسانی اشاره دارند، در ویلاهای کوهپایه‌ای می‌توانند با طراحی پایدار به حداقل برسند. مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند دامنه‌های البرز یا زاگرس، اگرچه به‌طور طبیعی خنک‌تر از مناطق شهری هستند، اما ساخت‌وسازهای نامناسب می‌توانند دمای محلی را افزایش دهند و به اکوسیستم آسیب برسانند. برای کاهش جزایر حرارتی، استفاده از مصالح با بازتاب بالا (High-Albedo) مانند سنگ‌های روشن محلی یا پوشش‌های سفید در بام و دیوارها، بازتاب نور خورشید را افزایش داده و جذب گرما را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. این مصالح، مانند تراورتن روشن در ایران، گرمای کمتری ذخیره می‌کنند و به خنک‌سازی محیط کمک می‌کنند. محوطه‌سازی با گیاهان بومی، مانند بلوط ایرانی یا سرو کوهی، سایه طبیعی ایجاد می‌کند و دمای سطح را تا ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این گیاهان با ریشه‌های عمیق، خاک را تثبیت کرده و فرسایش را تا ۴۵ درصد کم می‌کنند که به حفظ خنکی محیط کمک می‌کند. بام‌های سبز که با گیاهانی مانند گون یا آویشن وحشی پوشیده می‌شوند، گرمای جذب‌شده را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهند و عایق حرارتی طبیعی فراهم می‌کنند. در پروژه‌های کوهستانی سوئیس، بام‌های سبز دمای داخلی را تا ۷ درجه خنک‌تر کرده‌اند.

سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با آب باران، با کاهش سطوح خشک و گرم، به خنک‌سازی محیط کمک می‌کنند و مصرف آب را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهند. استفاده از مصالح نفوذپذیر در پارکینگ‌ها و مسیرهای دسترسی، مانند سنگ‌ریزه یا بتن متخلخل، نفوذ آب به خاک را تسهیل کرده و گرمای سطح را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. این رویکرد در مناطقی مانند دماوند، از تجمع گرما در اطراف ویلا جلوگیری می‌کند. سایبان‌های طبیعی، مانند درختان بومی یا سازه‌های چوبی با گیاهان بالارونده، نیز دمای محیط را تنظیم می‌کنند. در نهایت، طراحی هوشمند با تهویه طبیعی و جهت‌گیری مناسب ویلا (مانند قرارگیری پنجره‌ها در جهت بادهای خنک کوهستانی)، نیاز به سیستم‌های خنک‌کننده مکانیکی را کاهش داده و اثرات جزایر حرارتی را به حداقل می‌رساند که پایداری زیست‌محیطی را تقویت کرده و راحتی ساکنان را افزایش می‌دهد. (ژائو و همکاران، ۲۰۲۳).

جدول ۲-۲۴: مزایای کاهش جزایر حرارتی

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
مصالح بازتابی	کاهش جذب گرما	کاهش مصرف انرژی
بام سبز	خنک‌سازی	کاهش انتشار CO ₂
گیاهان بومی	سایه طبیعی	حفظ اکوسیستم

۲-۳-۸ منظر سازی طبیعی اطراف ویلای کوهستانی

منظر سازی طبیعی اطراف ویلای کوهستانی با هدف ادغام ویلا با محیط طبیعی، حفظ اکوسیستم و کاهش اثرات زیست محیطی انجام می شود. این رویکرد در مناطق کوهستانی ایران، مانند کردستان یا دماوند، با استفاده از گیاهان بومی و هماهنگی با توپوگرافی، منظری خلق می کند که هم زیبا و هم پایدار است. گیاهان بومی مانند سرو کوهی (*Juniperus excelsa*)، گون (*Astragalus spp.*) و زرشک وحشی (*Berberis integerrima*) به دلیل سازگاری با اقلیم سرد و خاک کم عمق، نیاز به آبیاری را تا ۶۰ درصد کاهش می دهند و زیستگاه هایی برای حیات وحش محلی، مانند پرندگان و حشرات، فراهم می کنند. این گیاهان همچنین فرسایش خاک را تا ۴۵ درصد کنترل می کنند. طراحی منظر باید با شیب طبیعی زمین هماهنگ باشد. ایجاد تراس های سبز در شیب ها، با کاشت گیاهان بومی، نه تنها رواناب آب را مدیریت می کند، بلکه منظری پلکانی و زیبا ایجاد می کند که با توپوگرافی ادغام می شود. مسیرهای پیاده روی با سنگ های محلی یا چوب های مدیریت شده، مداخله در طبیعت را به حداقل می رسانند و حس اصالت را تقویت می کنند (فیروز نیا و همکاران، ۱۳۹۷). در پروژه های کوهستانی کانادا، مسیرهای سنگی با حاشیه های گیاهی، منظری طبیعی و کم تأثیر خلق کرده اند. در ایران، الهام از باغ های سنتی زاگرس، با آب نماهای کوچک و گردش آب بازیافتی، می تواند حس آرامش را به منظر اضافه کند. نورپردازی کم مصرف با LED خورشیدی، آلودگی نوری را کاهش داده و برای حیات وحش شبزی ایمن است. فضاهای نشیمن طبیعی، مانند نیمکت های سنگی یا سکوهای چوبی در دل منظر، تجربه ای نزدیک به طبیعت برای ساکنان فراهم

می‌کنند. این منظرسازی با کاهش نیاز به نگهداری و مصرف منابع، هزینه‌ها را کاهش داده و ارزش ویلا را برای گردشگری پایدار افزایش می‌دهد. در نهایت، منظرسازی طبیعی با حفظ اکوسیستم و تقویت زیبایی بصری، ویلای کوهستانی را به بخشی از طبیعت تبدیل کرده و اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند. (محمدیانی و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۲-۲۵: مزایای منظرسازی طبیعی

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
گیاهان بومی	کاهش نگهداری	حفظ تنوع زیستی
تراس‌های سبز	مدیریت رواناب	حفظ توپوگرافی
نورپردازی LED	کاهش آلودگی	حفاظت حیات وحش

۹-۳-۲-۲ تولید غذای ارگانیک در ویلاهای کوهی

تولید غذای ارگانیک در ویلاهای کوهی رویکردی پایدار است که نه تنها خودکفایی غذایی را تقویت می‌کند، بلکه اثرات زیست‌محیطی را با کاهش وابستگی به زنجیره‌های تأمین طولانی و استفاده از مواد شیمیایی کاهش می‌دهد. مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز یا زاگرس، با خاک‌های غنی و اقلیم مناسب برای برخی محصولات کشاورزی، فرصت ایده‌آلی برای ایجاد باغچه‌های ارگانیک فراهم می‌کنند. این باغچه‌ها با استفاده از گیاهان بومی خوراکی مانند زرشک وحشی (*Berberis integerrima*)، آویشن

(Thymus kotschyanus) و سبزیجات مقاوم به سرما مانند اسفناج کوهی، می‌توانند تا ۵۰ درصد نیاز غذایی ساکنان را تأمین کنند، ضمن اینکه مصرف آب را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهند، زیرا این گیاهان به شرایط کم‌آب کوهستان سازگارند. کاشت در باغچه‌های مرتفع یا تراس‌دار که با شیب طبیعی زمین هماهنگ هستند، از فرسایش خاک جلوگیری کرده و فضای محدودی را بهینه می‌کند. استفاده از کمپوست ارگانیک، تولیدشده از ضایعات غذایی ویلا، خاک را غنی کرده و نیاز به کودهای شیمیایی را حذف می‌کند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. در پروژه‌های کوهستانی مانند ویلاهای هیمالیا، باغچه‌های ارگانیک با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که از آب باران استفاده می‌کنند، بهره‌وری را افزایش داده‌اند. در ایران، این روش در مناطقی مانند دماوند با کاشت گیاهان دارویی و سبزیجات محلی، ارزش اقتصادی و فرهنگی نیز ایجاد می‌کند. ایجاد گلخانه‌های کوچک با شیشه‌های دوجداره برای محافظت از محصولات در برابر سرمای کوهستان، امکان تولید غذا در تمام فصول را فراهم می‌کند. این گلخانه‌ها می‌توانند با انرژی خورشیدی گرم شوند که مصرف انرژی را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد. پرورش زنبور عسل در کنار باغچه‌های ارگانیک، گرده‌افشانی را تقویت کرده و تولید عسل طبیعی را به‌عنوان محصولی پایدار فراهم می‌کند. این رویکرد نه تنها به خودکفایی غذایی کمک می‌کند، بلکه با کاهش حمل‌ونقل مواد غذایی، ردپای کربن را کم کرده و ویلا را به یک واحد تولیدی پایدار تبدیل می‌کند که با گردشگری ارگانیک و سلامت‌محور همخوانی دارد (داس‌گوپتا و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۲۶: مزایای تولید ارگانیک

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
گیاهان بومی	کاهش مصرف آب	حفظ منابع
کمپوست ارگانیک	حذف کود شیمیایی	کاهش انتشار CO ₂
گلخانه خورشیدی	تولید فصلی	کاهش مصرف انرژی

۱۰-۳-۲-۲ حفظ اکوسیستم در طراحی سبز ویلا

حفظ اکوسیستم در طراحی سبز ویلای کوهستانی، با هدف حفاظت از تنوع زیستی، کاهش تخریب محیطی و ادغام با طبیعت انجام می‌شود. مناطق کوهستانی ایران، مانند پارک ملی لار یا جنگل‌های هیرکانی، اکوسیستم‌های حساسی دارند که نیازمند طراحی‌هایی هستند که مداخله در طبیعت را به حداقل برسانند. استفاده از گیاهان بومی مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، سرو کوهی (*Juniperus excelsa*) و گون (*Astragalus spp.*) در محوطه‌سازی، زیستگاه‌های طبیعی را برای پرندگان و حشرات حفظ کرده و فرسایش خاک را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. این گیاهان با نیاز کم به آب و نگهداری، اکوسیستم را تقویت کرده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند. طراحی سبز شامل حداقل‌سازی خاک‌برداری و حفظ توپوگرافی طبیعی است. ویلاها باید با شیب زمین ادغام شوند، مانند طراحی پلکانی که در معماری بومی ماسوله دیده می‌شود تا تخریب پوشش گیاهی و خاک به حداقل برسد. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و بازچرخانی فاضلاب، فشار بر منابع آب محلی را کاهش داده و از آلودگی چشمه‌های کوهستانی جلوگیری می‌کنند. برای مثال، در ویلاهای کوهستانی کانادا، سیستم‌های بازچرخانی تا ۸۰ درصد نیاز آبی غیرشرب را تأمین

کرده‌اند. در ایران، این روش در مناطقی مانند زاگرس از منابع آب حساس محافظت می‌کند. نورپردازی کم‌مصرف با LED خورشیدی، آلودگی نوری را کاهش داده و برای حیات وحش شب‌زی، مانند خفاش‌ها و پرندگان مهاجر، ایمن است. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ تراورتن یا چوب مدیریت‌شده، ردپای کربن ناشی از حمل‌ونقل را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد و با منظر طبیعی هماهنگ است. ایجاد مسیرهای پیاده‌روی با مصالح نفوذپذیر، مانند سنگ‌ریزه، نفوذ آب به خاک را تسهیل کرده و اکوسیستم را حفظ می‌کند. این طراحی‌ها نه تنها تنوع زیستی را حفاظت می‌کنند، بلکه با کاهش اثرات زیست‌محیطی، ویلا را به بخشی از اکوسیستم کوهستانی تبدیل کرده و جذابیت آن را برای گردشگری پایدار افزایش می‌دهند (ویس و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۲۷: مزایای حفظ اکوسیستم

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
گیاهان بومی	حفظ زیستگاه	افزایش تنوع زیستی
طراحی پلکانی	کاهش تخریب	حفظ توپوگرافی
مدیریت آب	حفاظت منابع	کاهش آلودگی

۴-۲-۲ کاهش اثرات محیطی

۴-۲-۲-۱ ارزیابی اثرات زیست محیطی ساخت ویلا در کوهستان

ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) ساخت ویلای کوهستانی، فرآیندی حیاتی برای شناسایی و کاهش تأثیرات منفی بر اکوسیستم های حساس کوهستانی است. مناطق کوهستانی ایران، مانند البرز، زاگرس یا پارک ملی لار، به دلیل تنوع زیستی غنی، منابع آبی حساس و خاک های مستعد فرسایش، نیازمند ارزیابی دقیق پیش از ساخت هستند. این فرآیند شامل بررسی تأثیرات ساخت و ساز بر پوشش گیاهی، حیات وحش، منابع آب و کیفیت خاک است. برای مثال، خاک برداری گسترده در شیب های کوهستانی می تواند فرسایش خاک را تا ۵۰ درصد افزایش دهد و زیستگاه های حیات وحش مانند پرندگان مهاجر یا پستانداران کوهستانی را مختل کند. ارزیابی EIA با استفاده از ابزارهای نقشه برداری مانند GIS، مناطق پرخطر مانند مسیرهای رواناب یا زیستگاه های حساس را شناسایی می کند تا سایت های کم تأثیر انتخاب شوند. یکی از مهم ترین جنبه های ارزیابی، تأثیر بر منابع آب است. ساخت ویلا می تواند با تغییر مسیرهای طبیعی آب یا آلودگی ناشی از فاضلاب، چشمه ها و آب های زیرزمینی را تهدید کند. برای کاهش این اثر، سیستم های جمع آوری آب باران و تصفیه فاضلاب بیولوژیکی پیشنهاد می شود که تا ۸۰ درصد فشار بر منابع آبی را کاهش می دهند. همچنین، ارزیابی اثرات تجمعی ساخت و سازها در یک منطقه کوهستانی حیاتی است؛ برای مثال، در دماوند، افزایش تعداد ویلاها بدون برنامه ریزی می تواند به تخریب جنگل های هیرکانی منجر شود. حفظ حداقل ۷۰ درصد پوشش گیاهی بومی، مانند بلوط یا سرو کوهی، در طول ساخت، تنوع زیستی را حفظ کرده و فرسایش را کنترل می کند. ارزیابی همچنین شامل بررسی انتشار گازهای گلخانه ای در مراحل

ساخت و بهره‌برداری است. استفاده از مصالح محلی، مانند سنگ تراورتن یا چوب مدیریت‌شده، حمل‌ونقل را کاهش داده و ردپای کربن را تا ۶۰ درصد کم می‌کند. در پروژه‌های جهانی، مانند ویلاهای کوهستانی آلپ، EIA نشان داده که طراحی پایدار می‌تواند اثرات زیست‌محیطی را تا ۴۰ درصد کاهش دهد (اکبری، ۲۰۲۵).

جدول ۲-۲۸: اثرات زیست‌محیطی و راهکارها

اثر	راهکار	تأثیر زیست‌محیطی
فرسایش خاک	کاهش خاک‌برداری	حفظ توپوگرافی
آلودگی آب	تصفیه فاضلاب	حفاظت منابع آبی
اختلال حیات وحش	نورپردازی کم مصرف	حفظ تنوع زیستی

۲-۲-۴-۲ کاهش ردپای کربن ویلاهای کوهستانی

کاهش ردپای کربن در ویلاهای کوهستانی یکی از اهداف اصلی طراحی پایدار است که با استفاده از مصالح، انرژی و روش‌های ساخت کم‌تأثیر محقق می‌شود. ساخت‌وساز سنتی در مناطق کوهستانی، مانند البرز یا زاگرس، به دلیل حمل‌ونقل مصالح و مصرف انرژی بالا، می‌تواند ردپای کربن قابل‌توجهی ایجاد کند. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ تراورتن، خشت یا چوب مدیریت‌شده از جنگل‌های محلی، حمل‌ونقل را کاهش داده و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۶۰ درصد کم می‌کند. برای مثال، در دماوند،

سنگ‌های محلی می‌توانند جایگزین بتن صنعتی شوند که تولید آن CO₂ زیادی منتشر می‌کند. بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند پنل‌های خورشیدی روی سقف‌های شیب‌دار تا ۷۰ درصد نیاز انرژی ویلا را تأمین می‌کند و وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. در زمستان‌های سرد کوهستانی، عایق‌بندی پیشرفته با مواد طبیعی مانند پشم سنگ یا سلولز، اتلاف حرارتی را تا ۴۵ درصد کم کرده و مصرف انرژی گرمایشی را بهینه می‌کند. سیستم‌های گرمایش از کف با پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی، در مقایسه با بخاری‌های برقی، انتشار کربن را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. در پروژه‌های کوهستانی کانادا، این سیستم‌ها ردپای کربن را به‌طور قابل‌توجهی کم کرده‌اند. مدیریت آب و فاضلاب نیز نقش مهمی دارد. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و بازچرخانی فاضلاب، نیاز به پمپاژ آب از منابع دوردست را کاهش داده و انرژی مصرفی را کم می‌کنند. محوطه‌سازی با گیاهان بومی کم‌آب، مانند گون یا سرو کوهی، نه تنها مصرف آب را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد، بلکه با جذب دی‌اکسید کربن، به کاهش ردپای کربن کمک می‌کند. طراحی‌های مدولار و پیش‌ساخته نیز با کاهش ضایعات ساختمانی و زمان ساخت، انتشار کربن را تا ۳۰ درصد کم می‌کنند. در نهایت، این رویکردها ویلای کوهستانی را به یک واحد کم‌کربن تبدیل کرده و با کاهش اثرات زیست‌محیطی، پایداری و جذابیت آن را برای گردشگری سبز افزایش می‌دهند (حسینی علی‌آباد و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۲-۲۹: راهکارهای کاهش ردپای کربن

راهکار	مزیت	تأثیر زیست محیطی
مصالح محلی	کاهش حمل و نقل	کاهش ۶۰٪ CO ₂
انرژی خورشیدی	تأمین انرژی پاک	کاهش سوخت فسیلی
گیاهان بومی	جذب CO ₂	حفظ اکوسیستم

۳-۴-۲ مدیریت پسماند در ساخت ویلای کوهپایه‌ای

مدیریت پسماند در ساخت ویلای کوهپایه‌ای یکی از جنبه‌های کلیدی طراحی پایدار است که با هدف کاهش اثرات زیست محیطی، حفاظت از اکوسیستم‌های حساس کوهستانی و بهینه‌سازی منابع انجام می‌شود. مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند دامنه‌های البرز یا زاگرس، به دلیل اکوسیستم‌های شکننده و منابع محدود، نیازمند استراتژی‌های دقیق برای مدیریت پسماندهای ساختمانی و بهره‌برداری هستند. در مرحله ساخت، استفاده از مصالح محلی مانند سنگ تراورتن یا چوب مدیریت شده، ضایعات ناشی از حمل و نقل را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. طراحی مدولار و پیش ساخته نیز با کاهش ضایعات مصالح، مانند بتن و فلز، حجم پسماند را تا ۴۰ درصد کم می‌کند. برای مثال، در پروژه‌های کوهستانی اسکاندیناوی، استفاده از پنل‌های پیش ساخته ضایعات ساختمانی را به حداقل رسانده است. در مرحله بهره‌برداری، سیستم‌های تفکیک پسماند در محل، شامل دسته‌بندی زباله‌های قابل بازیافت (کاغذ، پلاستیک، شیشه) و آلی (ضایعات غذایی)، ضروری است. پسماندهای آلی می‌توانند به کمپوست تبدیل شوند که برای غنی‌سازی خاک باغچه‌های ویلا استفاده می‌شود و نیاز به کودهای شیمیایی را حذف می‌کند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را

تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. در ایران، در مناطقی مانند دماوند، کمپوست‌سازی پسماندهای آلی می‌تواند به تولید خاک حاصلخیز برای کاشت گیاهان بومی مانند زرشک وحشی یا گون کمک کند. سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیولوژیکی، مانند سپتیک‌تانک‌های مدرن، فاضلاب را به آب قابل‌استفاده برای آبیاری تبدیل می‌کنند و از آلودگی منابع آب کوهستانی جلوگیری می‌کنند. حمل پسماند به خارج از سایت باید به حداقل برسد. بازیافت مصالح ساختمانی، مانند استفاده مجدد از سنگ‌های محلی یا چوب‌های باقی‌مانده، ضایعات را کاهش می‌دهد. در نهایت، آموزش ساکنان برای کاهش تولید پسماند، مانند استفاده از محصولات با بسته‌بندی کم، پایداری را تقویت می‌کند. این رویکرد نه تنها اکوسیستم کوهپایه‌ای را حفظ می‌کند، بلکه هزینه‌های دفع پسماند را کاهش داده و ویلا را به یک واحد پایدار و هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند که برای گردشگری سبز جذاب است (آقاخانی، ۱۳۹۷).

جدول ۲-۳۰: مزایای مدیریت پسماند

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
مصالح محلی	کاهش ضایعات	کاهش انتشار CO ₂
کمپوست‌سازی	حذف کود شیمیایی	حفظ خاک
تصفیه فاضلاب	بازچرخانی آب	حفاظت منابع آبی

۴-۲-۲-۲ حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش

حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش در طراحی ویلای کوهپایه‌ای برای حفظ اکوسیستم و کاهش اثرات زیست‌محیطی حیاتی است. مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند کردستان یا دماوند، با خاک‌های حساس و شیب‌های تند، مستعد فرسایش ناشی از باران‌های سنگین و ساخت‌وساز هستند. برای کاهش فرسایش، طراحی باید با حداقل خاک‌برداری انجام شود. استفاده از فرم‌های پلکانی که با شیب طبیعی زمین هماهنگ هستند، خاک‌برداری را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد و ساختار خاک را حفظ می‌کند. کاشت گیاهان بومی با ریشه‌های عمیق، مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) یا گون (*Astragalus spp.*)، خاک را تثبیت کرده و فرسایش را تا ۴۵ درصد کم می‌کند. ایجاد تراس‌های سبز در شیب‌ها، رواناب آب باران را مدیریت کرده و از شسته شدن خاک جلوگیری می‌کند. این تراس‌ها می‌توانند با گیاهان بومی مانند سرو کوهی یا آویشن وحشی پوشیده شوند که نیاز به آبیاری را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهند. در پروژه‌های کوهستانی هیمالیا، تراس‌های سبز فرسایش را به‌طور قابل‌توجهی کنترل کرده‌اند. در ایران، این روش در زاگرس با کاشت گیاهان محلی می‌تواند مشابه باشد. سیستم‌های زهکشی طبیعی، مانند کانال‌های سنگی هماهنگ با توپوگرافی، آب را به مخازن هدایت کرده و از فرسایش جلوگیری می‌کنند. استفاده از مصالح نفوذپذیر، مانند سنگ‌ریزه یا بتن متخلخل، در مسیرها و پارکینگ‌ها، نفوذ آب به خاک را تسهیل کرده و رواناب را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. دیوارهای گابیونی، ساخته‌شده از سنگ‌های محلی، نیز شیب‌ها را تثبیت می‌کنند و نیاز به سازه‌های بتنی پرهزینه را کم می‌کنند. این رویکرد نه تنها خاک را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش نیاز به تعمیرات و بازسازی، هزینه‌های بلندمدت را کاهش داده و اکوسیستم کوهپایه‌ای را برای حیات

وحش و گیاهان محلی حفظ می‌کند که ویلا را به یک واحد پایدار و هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند (نصیرزاده، ۱۴۰۳).

جدول ۲-۳۱: مزایای حفاظت از خاک

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
تراس‌های سبز	کاهش رواناب	حفظ خاک
گیاهان بومی	تثبیت خاک	کاهش فرسایش
مصالح نفوذپذیر	نفوذ آب	کاهش رواناب

۲-۲-۴-۵ کنترل آلودگی صوتی ویلا در محیط طبیعی

کنترل آلودگی صوتی در طراحی ویلای کوهستانی برای حفظ آرامش ساکنان و حفاظت از اکوسیستم‌های حساس طبیعی، به‌ویژه در مناطقی مانند البرز یا زاگرس، حیاتی است. مناطق کوهستانی به دلیل سکوت طبیعی و حضور حیات وحش حساس مانند پرندگان مهاجر یا پستانداران، نیازمند طراحی‌هایی هستند که سر و صدای ناشی از ساخت و بهره‌برداری ویلا را به حداقل برسانند. در مرحله ساخت، استفاده از تجهیزات کم‌صدا و محدود کردن فعالیت‌های پر سر و صدا به ساعات غیرحساس (مانند اواسط روز) می‌تواند اختلال در زیستگاه‌های حیات وحش را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. برای مثال، در پروژه‌های کوهستانی کانادا، برنامه‌ریزی ساخت در فصول غیرتولیدمثل حیوانات، اثرات صوتی را به حداقل رسانده

است. در طراحی ویلا، استفاده از مصالح عایق صوتی مانند دیوارهای خشتی ضخیم، چوب مدیریت شده یا پشم سنگ، انتقال صدا را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. پنجره‌های دوجداره با شیشه‌های لمینت شده نه تنها عایق حرارتی هستند، بلکه سر و صدای خارجی مانند بادهای شدید کوهستانی را مهار می‌کنند. قرارگیری استراتژیک ویلا، مانند قرار گرفتن در پشت تپه‌ها یا میان پوشش گیاهی متراکم مانند بلوط یا سرو کوهی، به عنوان سپر صوتی طبیعی عمل کرده و آلودگی صوتی را تا ۳۰ درصد کم می‌کند. در ایران، در مناطقی مانند دماوند، استفاده از گیاهان بومی متراکم در محوطه سازی، صداهای خارجی را جذب می‌کند. در مرحله بهره‌برداری، استفاده از سیستم‌های تأسیساتی کم‌صدا، مانند پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی با طراحی بی‌صدا و نورپردازی LED خورشیدی به جای ژنراتورهای پر سر و صدا، آرامش محیط را حفظ می‌کند. محدود کردن استفاده از وسایل صوتی بلند، مانند بلندگوهای خارجی و ایجاد فضاهای نشیمن داخلی با طراحی آکوستیک، تجربه‌ای آرام برای ساکنان فراهم می‌کند. این رویکرد نه تنها آرامش طبیعی کوهستان را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش اختلال در حیات وحش، پایداری زیست‌محیطی را تقویت کرده و ویلا را به یک پناهگاه هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند (ارزانی بیرگانی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۲-۳۲: مزایای کنترل آلودگی صوتی

ویژگی		مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
مصالح عایق	کاهش انتقال صدا	حفظ آرامش طبیعی	
گیاهان متراکم	سپر صوتی	حفاظت حیات وحش	

۶-۴-۲-۲ حفظ منابع آب در طراحی ویلای کوهستانی

حفظ منابع آب در طراحی ویلای کوهستانی برای کاهش اثرات زیست محیطی و حفاظت از منابع آبی حساس، مانند چشمه ها و آب های زیرزمینی در مناطق کوهستانی ایران (مانند زاگرس یا البرز)، ضروری است. مناطق کوهستانی اغلب با منابع آبی محدود مواجه اند و ساخت و ساز بدون برنامه ریزی می تواند به آلودگی یا کاهش این منابع منجر شود. سیستم های جمع آوری آب باران، با مخازن زیرزمینی مجهز به فیلترهای طبیعی مانند شن و زغال فعال تا ۸۰ درصد نیاز آبی غیرشرب ویلا (مانند آبیاری و شست و شو) را تأمین می کنند. این سیستم ها در مناطقی مانند دماوند که بارش های فصلی فراوان است، فشار بر چشمه های محلی را کاهش می دهند. مدیریت رواناب با کانال های زهکشی هماهنگ با شیب طبیعی زمین، از تجمع آب و آلودگی منابع زیرزمینی جلوگیری می کند. این کانال ها می توانند با گیاهان بومی مانند گون یا سرو کوهی حاشیه بندی شوند تا فرسایش خاک را تا ۴۵ درصد کاهش دهند. سیستم های بازچرخانی فاضلاب، مانند سپتیک تانک های بیولوژیکی، فاضلاب را به آب قابل استفاده برای آبیاری تبدیل کرده و آلودگی چشمه ها را به حداقل می رسانند. در پروژه های کوهستانی اسکاندیناوی، این سیستم ها تا ۹۰ درصد آلودگی آب را کاهش داده اند. استفاده از آبیاری قطره ای برای باغچه های ویلا، با بهره گیری از آب باران ذخیره شده،

مصرف آب را تا ۷۰ درصد کم می‌کند. حسگرهای هوشمند رطوبت خاک، آبیاری را بهینه کرده و هدررفت را کاهش می‌دهند. طراحی منظر با گیاهان بومی کم‌آب، مانند آویشن وحشی یا زرشک، نیاز به آبیاری را به حداقل می‌رساند. این رویکرد نه تنها منابع آب را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش مصرف انرژی برای پمپاژ آب، ردپای کربن را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. در نهایت، حفظ منابع آب ویلای کوهستانی را به یک واحد خودکفا و پایدار تبدیل کرده و اکوسیستم‌های آبی حساس را برای نسل‌های آینده محافظت می‌کند (دسیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۲-۳۳: مزایای حفظ منابع آب

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
جمع‌آوری آب	تأمین آب غیرشرب	کاهش فشار بر منابع
زهکشی طبیعی	کاهش فرسایش	حفظ خاک
بازچرخانی فاضلاب	کاهش آلودگی	حفاظت چشمه‌ها

۲-۲-۴-۷ کاهش اثرات بر حیات‌وحش کوهستان

کاهش اثرات بر حیات‌وحش کوهستان در طراحی ویلای کوهستانی، برای حفظ تنوع زیستی و اکوسیستم‌های حساس مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند البرز، زاگرس یا پارک ملی لار، ضروری است. حیات‌وحش کوهستانی، شامل پرندگان مهاجر، پستانداران مانند کل و بز و حشرات بومی، به شدت در

برابر اختلالات ناشی از ساخت و ساز و بهره‌برداری آسیب‌پذیر است. برای کاهش این اثرات، انتخاب سایت باید با ارزیابی زیست‌محیطی دقیق (EIA) انجام شود تا از قرارگیری ویلا در زیستگاه‌های کلیدی یا مسیرهای مهاجرت حیوانات اجتناب شود. برای مثال، در مناطق دماوند، اجتناب از ساخت در نزدیکی مسیرهای مهاجرت پرندگان، اختلال را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. در مرحله ساخت، محدود کردن فعالیت‌های پرسر و صدا و خاک‌برداری به فصول غیرحساس، مانند خارج از دوره تولیدمثل حیوانات (پاییز یا زمستان)، تأثیرات منفی را کاهش می‌دهد. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ تراورتن یا چوب مدیریت‌شده، حمل‌ونقل را کم کرده و ردپای کربن را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد که به‌طور غیرمستقیم فشار بر زیستگاه‌ها را کم می‌کند. محوطه‌سازی با گیاهان بومی مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) یا سرو کوهی (*Juniperus excelsa*)، زیستگاه‌های طبیعی را برای حشرات و پرندگان حفظ کرده و فرسایش خاک را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد که به پایداری اکوسیستم کمک می‌کند. نورپردازی کم‌مصرف با LED خورشیدی که در شب کم‌نور یا خاموش می‌شود، آلودگی نوری را کاهش داده و برای حیات وحش شب‌زی، مانند خفاش‌ها، ایمن است. در پروژه‌های کوهستانی کانادا، این روش اختلال در رفتار حیوانات را تا ۷۰ درصد کاهش داده است. ایجاد کریدورهای سبز، مانند مسیرهای گیاهی بین بخش‌های مختلف سایت، به حیوانات اجازه می‌دهد بدون برخورد با موانع انسانی حرکت کنند. در نهایت، آموزش ساکنان برای کاهش فعالیت‌های مخرب، مانند استفاده از وسایل صوتی بلند، حیات وحش را حفاظت می‌کند. این رویکرد نه تنها اکوسیستم کوهستانی را حفظ می‌کند، بلکه ویلا را به یک پناهگاه پایدار و هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱).

جدول ۲-۳۴: مزایای کاهش اثرات حیات وحش

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
انتخاب سایت	کاهش اختلال	حفظ زیستگاهها
گیاهان بومی	تثبیت خاک	حمایت از تنوع زیستی
نورپردازی LED	کاهش آلودگی نوری	حفاظت حیات وحش شبزی

۲-۲-۴-۸ مدیریت زهکشی پایدار ویلاهای ارتفاعات

مدیریت زهکشی پایدار در ویلاهای کوهستانی برای حفاظت از منابع آب، جلوگیری از فرسایش خاک و کاهش اثرات زیست محیطی در مناطق ارتفاعات ایران، مانند کردستان، دماوند یا زاگرس، حیاتی است. شیب‌های تند کوهستانی و بارش‌های سنگین فصلی می‌توانند رواناب‌های قوی ایجاد کنند که به فرسایش خاک، لغزش زمین و آلودگی منابع آبی منجر شوند. سیستم‌های زهکشی طبیعی، مانند کانال‌های سنگی هماهنگ با توپوگرافی، رواناب را به مخازن جمع‌آوری هدایت کرده و فرسایش را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. این کانال‌ها می‌توانند با گیاهان بومی مانند گون (*Astragalus spp.*) یا سرو کوهی (*Juniperus excelsa*) حاشیه‌بندی شوند تا خاک را تثبیت کنند. استفاده از مصالح نفوذپذیر، مانند سنگ‌ریزه یا بتن متخلخل، در مسیرهای دسترسی و پارکینگ‌ها، نفوذ آب به خاک را تسهیل کرده و رواناب را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. این روش در مناطقی مانند زاگرس که خاک‌های حساس دارند، از تخریب اکوسیستم جلوگیری می‌کند. مخازن زیرزمینی جمع‌آوری آب باران، مجهز به فیلترهای طبیعی مانند شن و

زغال فعال تا ۸۰ درصد نیاز آبی غیرشرب ویلا را تأمین می‌کنند و فشار بر چشمه‌های کوهستانی را کاهش می‌دهند. در پروژه‌های کوهستانی آلپ، این سیستم‌ها رواناب را به‌طور مؤثری مدیریت کرده و منابع آبی را حفظ کرده‌اند. تراس‌های سبز که با شیب زمین هماهنگ هستند، رواناب را کند کرده و فرسایش را کنترل می‌کنند. کاشت گیاهان بومی با ریشه‌های عمیق در این تراس‌ها، خاک را تثبیت کرده و زیستگاه‌هایی برای حیات‌وحش فراهم می‌کند. سیستم‌های بازچرخانی آب، مانند استفاده از آب زهکشی‌شده برای آبیاری قطره‌ای، مصرف آب را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهند. این رویکرد نه تنها منابع آب و خاک را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش هزینه‌های نگهداری و تقویت پایداری، ویلای کوهستانی را به یک واحد هماهنگ با اکوسیستم تبدیل کرده و برای گردشگری سبز جذابیت ایجاد می‌کند (شجاعی، ۱۴۰۱).

جدول ۲-۳۵: مزایای زهکشی پایدار

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
کانال‌های طبیعی	کاهش فرسایش	حفظ خاک
مصالح نفوذپذیر	کاهش رواناب	حفاظت منابع آبی
تراس‌های سبز	تثبیت خاک	حمایت از اکوسیستم

۹-۴-۲-۲ استفاده از مصالح کم کربن در ویلای کوهی

استفاده از مصالح کم کربن در ساخت ویلای کوهستانی یکی از راهکارهای کلیدی برای کاهش ردپای کربن و حفاظت از اکوسیستم‌های حساس مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند البرز یا زاگرس، است. مصالح کم کربن که تولید و حمل و نقل آن‌ها انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتری ایجاد می‌کند، با اقلیم سرد و توپوگرافی ناهموار کوهستان هماهنگ هستند. سنگ‌های محلی مانند تراورتن یا گرانیت که در مناطق کوهستانی ایران به وفور یافت می‌شوند، نیاز به حمل و نقل طولانی را حذف کرده و ردپای کربن را تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهند. این سنگ‌ها به دلیل دوام بالا تا ۵۰ سال بدون نیاز به تعمیرات اساسی مقاومت می‌کنند و برای دیوارها و نمای خارجی ایده‌آل هستند. چوب مدیریت شده از جنگل‌های محلی، مانند بلوط یا سرو کوهی، با پردازش حرارتی (ترمووود) به عنوان مصالح کم کربن برای سازه‌های داخلی و خارجی استفاده می‌شود. این چوب‌ها در مقایسه با چوب‌های وارداتی، انتشار کربن را تا ۶۵ درصد کاهش می‌دهند و با منظر طبیعی هماهنگ هستند. خشت و خاک رس که در معماری بومی مناطق کوهستانی مانند ماسوله رایج است، ظرفیت حرارتی بالایی دارند و مصرف انرژی گرمایی را تا ۳۵ درصد کم می‌کنند. این مصالح با تولید محلی، انتشار CO₂ ناشی از فرآیندهای صنعتی را به حداقل می‌رسانند. استفاده از مصالح بازیافتی، مانند سنگ‌های بازیافت شده از معادن متروکه یا چوب‌های بازیافتی، ضایعات ساختمانی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. در پروژه‌های کوهستانی هیمالیا، استفاده از مصالح بازیافتی هزینه‌های ساخت و اثرات زیست محیطی را به طور قابل توجهی کم کرده است. در ایران، ترکیب این مصالح با فناوری‌های

مدرن، مانند بتن سبز با محتوای بازیافتی بالا، می‌تواند ردپای کربن را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. این رویکرد نه تنها پایداری محیطی را تقویت می‌کند، بلکه با کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و حمایت از اقتصاد محلی، ویلای کوهی را به یک واحد کم‌کربن و هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند (بهنام والا و همکاران، ۱۴۰۳).

جدول ۲-۳۶: مزایای مصالح کم‌کربن

مصالح	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
سنگ محلی	کاهش حمل‌ونقل	کاهش ۶۰٪ CO ₂
چوب بومی	مقاومت طبیعی	کاهش ۶۵٪ CO ₂
خشت	عایق حرارتی	کاهش مصرف انرژی

۲-۲-۴-۱۰ نظارت محیط‌زیستی حین ساخت ویلا

نظارت محیط‌زیستی حین ساخت ویلای کوهستانی برای اطمینان از رعایت استانداردهای پایداری و کاهش اثرات منفی بر اکوسیستم‌های حساس، مانند جنگل‌های هیرکانی یا پارک‌های ملی ایران، ضروری است. این فرآیند شامل پایش مداوم فعالیت‌های ساخت، از خاک‌برداری تا مدیریت پسماند، برای جلوگیری از تخریب خاک، آلودگی آب و اختلال در حیات‌وحش است. نظارت با ارزیابی زیست‌محیطی اولیه (EIA) آغاز می‌شود که مناطق حساس، مانند زیستگاه‌های پرندگان مهاجر یا مسیرهای رواناب را شناسایی می‌کند.

برای مثال، در مناطق دماوند، پایش دقیق می‌تواند از ساخت در نزدیکی زیستگاه‌های کل و بز جلوگیری کرده و اختلال را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. حین ساخت، پایش خاک‌برداری برای کاهش فرسایش خاک حیاتی است. استفاده از تکنیک‌های کم‌تأثیر، مانند خاک‌برداری مرحله‌ای و حفظ حداقل ۷۰ درصد پوشش گیاهی بومی (مانند بلوط یا سرو کوهی)، فرسایش را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. نظارت بر مدیریت پسماند ساختمانی، مانند بازیافت سنگ و چوب باقی‌مانده، ضایعات را تا ۴۰ درصد کم می‌کند. پایش کیفیت آب نیز برای جلوگیری از آلودگی چشمه‌ها و آب‌های زیرزمینی ضروری است. سیستم‌های موقت تصفیه فاضلاب در محل ساخت، آلودگی را تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهند. نظارت بر آلودگی صوتی و نوری نیز برای حفاظت از حیات‌وحش انجام می‌شود. محدود کردن فعالیت‌های پر سر و صدا به ساعات غیرحساس و استفاده از نورپردازی موقت LED کم‌مصرف، اختلال در حیات‌وحش شب‌زی مانند خفاش‌ها را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد. در پروژه‌های کوهستانی آلپ، نظارت دقیق بر این عوامل، اثرات زیست‌محیطی را به‌طور قابل‌توجهی کم کرده است. در ایران، همکاری با سازمان‌های محیط‌زیستی محلی، مانند سازمان حفاظت محیط‌زیست و استفاده از حسگرهای محیطی برای پایش کیفیت هوا و آب، نظارت را تقویت می‌کند. این رویکرد نه تنها اکوسیستم کوهستانی را حفظ می‌کند، بلکه با کاهش هزینه‌های جبران خسارت و افزایش پایداری، ویلا را به یک واحد هماهنگ با طبیعت تبدیل می‌کند (معینی و همکاران، ۱۳۹۵).

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
اولیه EIA	کاهش اختلال	حفظ حیات وحش
خاک برداری کم تأثیر	کاهش فرسایش	حفظ خاک
تصفیه فاضلاب	کاهش آلودگی	حفاظت منابع آبی

۲-۲-۵ معماری زیست محیطی

۲-۲-۵-۱ تحلیل اقلیم کوهستانی در طراحی ویلا

تحلیل اقلیم کوهستانی در طراحی ویلای مسکونی، با تمرکز بر ویژگی‌های منحصربه‌فرد این مناطق مانند دماهای پایین، بارش برف سنگین، بادهای شدید و تابش خورشیدی متغیر، برای دستیابی به پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی ضروری است. در ایران، اقلیم کوهستانی البرز و زاگرس با زمستان‌های سرد (دماهای زیر صفر تا -۲۰ درجه سانتی‌گراد) و تابستان‌های معتدل (۱۵ تا ۲۵ درجه) مشخص می‌شود که نیازمند طراحی‌هایی است که مصرف انرژی را به حداقل برساند. ارزیابی اقلیم شامل بررسی داده‌های هواشناسی مانند میانگین بارش (۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر سالانه) و سرعت باد (تا ۵۰ کیلومتر در ساعت) است تا ویلا با طبیعت همزیستی کند. برای مثال، در مناطق سرد و خشک مانند همدان یا اردبیل، طراحی باید بر گرمایش غیرفعال تمرکز کند، جایی که تابش خورشیدی جنوبی می‌تواند مصرف سوخت فسیلی را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. عناصر کلیدی طراحی شامل عایق‌بندی پیشرفته دیوارها و سقف‌ها با مواد طبیعی مانند پشم سنگ یا سلولز است که اتلاف حرارتی را تا ۴۵ درصد کم می‌کند. سقف‌های شیب‌دار (زاویه

۳۰ تا ۴۵ درجه) برای دفع برف سنگین ضروری هستند و می‌توانند با پنل‌های خورشیدی یکپارچه شوند تا انرژی تجدیدپذیر تولید کنند. در اقلیم کوهستانی، بادهای غالب شمالی یا غربی نیازمند فرم‌های آیرودینامیک ویلا با گوشه‌های گرد است تا مقاومت باد را افزایش دهد و نفوذ سرما را کاهش دهد. تحلیل توپوگرافی سایت نیز حیاتی است؛ شیب‌های تند (بیش از ۲۰ درجه) می‌توانند به عنوان سپر طبیعی در برابر باد عمل کنند، اما نیاز به تثبیت خاک با گیاهان بومی مانند بلوط یا سرو کوهی دارند تا فرسایش را تا ۵۰ درصد کنترل کنند. طراحی پایدار با رویکرد همساز با اقلیم، مانند استفاده از معماری بومی ماسوله با دیوارهای ضخیم خشتی، آسایش حرارتی را بدون وابستگی به سیستم‌های مکانیکی فراهم می‌کند. در زمستان، تمرکز بر ذخیره گرمای خورشیدی با پنجره‌های جنوبی دوجداره Low-E است، در حالی که در تابستان، سایبان‌های طبیعی مانند درختان بومی دمای داخلی را تا ۵ درجه کاهش می‌دهند. تحلیل اقلیم همچنین تغییرات آب و هوایی را در نظر می‌گیرد؛ افزایش بارش‌های شدید نیازمند سیستم‌های زهکشی پیشرفته برای جلوگیری از سیلاب است. این تحلیل نه تنها اثرات زیست‌محیطی مانند انتشار CO2 را کاهش می‌دهد، بلکه با کاهش هزینه‌های عملیاتی (تا ۳۰ درصد صرفه‌جویی انرژی)، ویلا را به یک پناهگاه کارآمد و پایدار تبدیل می‌کند که با گردشگری سبز همخوانی دارد (شجاعی، ۱۴۰۱).

۲-۵-۲-۲ جهت گیری بهینه ویلا نسبت به خورشید و باد کوهستان

جهت گیری بهینه ویلای کوهستانی نسبت به خورشید و باد، با هدف بهره برداری حداکثری از انرژی های طبیعی و کاهش اثرات زیست محیطی، بر اساس تحلیل اقلیمی و توپوگرافی سایت تعیین می شود. در مناطق کوهستانی ایران مانند البرز یا زاگرس، جهت جنوبی (۱۸۰ درجه) برای جذب حداکثری تابش خورشیدی در زمستان ایده آل است که می تواند گرمایش غیرفعال را تا ۴۰ درصد افزایش دهد و مصرف انرژی را کاهش دهد. این جهت گیری پنجره های بزرگ جنوبی را رو به خورشید قرار می دهد، در حالی که دیوارهای شمالی را برای محافظت از بادهای سرد غالب (شمالی یا غربی) تقویت می کند. برای مثال، در همدان (اقلیم سرد)، زوایای ۷۵+ یا ۱۰۵- درجه نسبت به شمال، تابش خورشیدی را بهینه می کنند و اتلاف حرارتی را تا ۳۰ درصد کم می کنند. نسبت به باد، جهت گیری باید ویلا را در برابر بادهای کوهستانی شدید (تا ۵۰ کیلومتر در ساعت) محافظت کند. قرارگیری ویلا پشت تپه ها یا در دره های طبیعی به عنوان سپر باد عمل می کند، در حالی که فرم های منحنی یا گوشه های گرد مقاومت آیرودینامیک را افزایش می دهند. در تابستان، جهت شرقی یا غربی برای بهره گیری از نسیم خنک کوهستانی مناسب است که با تهویه متقاطع دمای داخلی را تا ۵ درجه کاهش می دهد. تحلیل باد غالب با ابزارهایی مانند GIS، جهت گیری را تعیین می کند؛ برای نمونه، در تبریز، جهت گیری جنوب شرقی بادهای غربی را مهار کرده و خورشید را جذب می کند. در طراحی، نسبت ابعادی ویلا (طول به عرض) نیز تأثیرگذار است؛ نسبت ۱:۱,۵ در جهت جنوبی، تابش را بهینه می کند. سقف های شیب دار جنوبی برای پنل های خورشیدی مناسب

هستند که تولید انرژی را تا ۵۰ درصد افزایش می‌دهند. گیاهان بومی مانند بلوط در سمت بادگیر، به عنوان بادشکن طبیعی عمل کرده و فرسایش را کنترل می‌کنند. این جهت‌گیری نه تنها ردپای کربن را کاهش می‌دهد، بلکه با کاهش نیاز به سیستم‌های مکانیکی، هزینه‌های عملیاتی را تا ۲۵ درصد کم می‌کند و ویلا را با اقلیم کوهستانی همساز می‌سازد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۳۸: جهت‌گیری بهینه

عامل	جهت بهینه	مزیت
خورشید	جنوبی	گرمایش غیرفعال
باد	پشت سپر طبیعی	کاهش نفوذ سرما
تهویه	شرقی/غربی	خنک‌سازی طبیعی

۲-۵-۳ تهویه طبیعی در ویلاهای کوهپایه‌ای

تهویه طبیعی در ویلاهای کوهپایه‌ای، با هدف کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت هوای داخلی و حفظ هماهنگی با اکوسیستم کوهستانی، یکی از ارکان طراحی پایدار است. مناطق کوهپایه‌ای ایران، مانند دامنه‌های البرز یا زاگرس، با اقلیم سرد زمستانی و تابستان‌های معتدل، دارای جریان‌های هوایی خنک و بادهای غالب (معمولاً شمالی یا غربی) هستند که می‌توانند برای تهویه طبیعی بهره‌برداری شوند. طراحی تهویه طبیعی با قرارگیری استراتژیک پنجره‌ها در جهت‌های متقابل (مانند شرق-غرب یا جنوب-شمال)

جریان هوای متقاطع را ایجاد می کند که دمای داخلی را در تابستان تا ۵ درجه سانتی گراد کاهش می دهد و نیاز به سیستم های خنک کننده مکانیکی را تا ۵۰ درصد کم می کند. جهت گیری ویلا باید با تحلیل الگوهای باد محلی، مانند استفاده از داده های هواشناسی یا ابزارهای GIS، تنظیم شود تا از نسیم های خنک کوهستانی بهره مند شود. برای مثال، در مناطق دماوند، پنجره های شرقی برای جذب نسیم صبحگاهی و پنجره های غربی برای جریان عصرگاهی مناسب اند. پنجره های دوجداره با قابلیت بازشو، علاوه بر عایق بندی حرارتی، جریان هوا را کنترل می کنند و از نفوذ سرما در زمستان جلوگیری می کنند. سایبان های طبیعی، مانند درختان بومی (بلوط یا سرو کوهی) یا سایبان های متحرک، از گرمایش بیش از حد در تابستان جلوگیری کرده و تهویه را بهبود می بخشند. محوطه سازی با گیاهان بومی متراکم در سمت بادگیر، مانند گون یا زرشک وحشی، به هدایت جریان هوا به داخل ویلا کمک می کند و گرد و غبار را کاهش می دهد. در معماری بومی ماسوله، حیاط های مرکزی با دیوارهای کم ارتفاع جریان هوا را تقویت می کنند، الگویی که در طراحی مدرن نیز قابل استفاده است. سیستم های تهویه غیرفعال، مانند دودکش های خورشیدی که با گرمایش خورشیدی جریان هوا را ایجاد می کنند، می توانند کارایی تهویه را تا ۳۰ درصد افزایش دهند. این رویکرد نه تنها رد پای کربن را کاهش می دهد، بلکه با بهبود کیفیت هوای داخلی و کاهش هزینه های انرژی (تا ۴۰ درصد صرفه جویی)، ویلا را به یک فضای سالم و پایدار تبدیل می کند. (ارزانی بیرگانی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۲-۳۹: مزایای تهویه طبیعی

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست محیطی
جریان متقاطع	خنک سازی طبیعی	کاهش مصرف انرژی
گیاهان بومی	هدایت هوا	حفظ اکوسیستم
دودکش خورشیدی	تهویه غیرفعال	کاهش انتشار CO ₂

۴-۵-۲- بهره‌گیری از ژئوترمال در ویلاهای کوهستانی

بهره‌گیری از انرژی ژئوترمال (زمین‌گرمایی) در ویلاهای کوهستانی، راهکاری پایدار برای تأمین گرمایش و سرمایش با حداقل اثرات زیست محیطی است. مناطق کوهستانی ایران، مانند البرز یا زاگرس، به دلیل وجود گرادیان‌های حرارتی زمین و منابع ژئوترمال در برخی نواحی (مانند سبلان یا دماوند)، پتانسیل بالایی برای استفاده از این انرژی پاک دارند. سیستم‌های ژئوترمال با پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی (GHP) گرما را از لایه‌های زیرین زمین استخراج کرده و برای گرمایش ویلا در زمستان‌های سرد (تا -۲۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده می‌کنند که مصرف انرژی را در مقایسه با سیستم‌های برقی سنتی تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد. پمپ‌های حرارتی ژئوترمال از طریق حلقه‌های بسته (لوله‌های مدفون در عمق ۵ تا ۱۰۰ متر) یا چاه‌های کم‌عمق، گرما را از زمین به داخل ویلا منتقل می‌کنند. این سیستم‌ها در تابستان نیز با معکوس کردن فرآیند، سرمایش غیرفعال فراهم می‌کنند که نیاز به کولرهای پرمصرف را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد. در مناطقی مانند اردبیل که منابع ژئوترمال قابل دسترسی هستند، این سیستم‌ها می‌توانند با هزینه اولیه نصب (حدود ۲-۳ برابر سیستم‌های سنتی) در بلندمدت (۱۰-۵ سال) صرفه‌جویی قابل توجهی ایجاد کنند. در

پروژه‌های کوهستانی کانادا، سیستم‌های ژئوترمال ردپای کربن را تا ۵۵ درصد کاهش داده‌اند. برای هماهنگی با اقلیم کوهستانی، طراحی باید شامل عایق‌بندی قوی با مواد طبیعی مانند پشم سنگ باشد تا کارایی سیستم ژئوترمال را افزایش دهد. استفاده از گرمایش از کف با پمپ‌های ژئوترمال، توزیع یکنواخت گرما را تضمین کرده و آسایش حرارتی را بهبود می‌بخشد. این سیستم‌ها همچنین با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل می‌رسانند. در ایران، ترکیب ژئوترمال با پنل‌های خورشیدی می‌تواند خودکفایی انرژی را تقویت کند. این رویکرد نه تنها پایداری زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد، بلکه با کاهش هزینه‌های عملیاتی، ویلای کوهستانی را به یک واحد کم‌کربن و جذاب برای گردشگری پایدار تبدیل می‌کند (بهنام والا و همکاران، ۱۴۰۳).

جدول ۲-۴۰: مزایای ژئوترمال

ویژگی	مزیت	تأثیر زیست‌محیطی
پمپ حرارتی	کاهش مصرف انرژی	کاهش ۶۰٪ CO ₂
سرمایش غیرفعال	حذف کولرهای برقی	کاهش ۷۰٪ مصرف
عایق‌بندی	افزایش کارایی	کاهش اتلاف انرژی

۲-۵-۵-۵-۲ نورگیری طبیعی مناسب اقلیم کوهی

طراحی نورگیری طبیعی در ویلاهای کوهستانی نیازمند درک دقیق از ویژگی‌های منحصربه‌فرد اقلیم کوهی است. در نواحی کوهستانی، شدت نور خورشید به دلیل کمتر بودن ضخامت لایه اتمسفر بیشتر است، اما

در عین حال تغییرات فصلی و روزانه نور بسیار شدید محسوب می‌شود؛ بنابراین طراحی بازشوها و پنجره‌ها باید به گونه‌ای باشد که هم از نور طبیعی حداکثر استفاده را ببرد و هم از تابش مستقیم مضر جلوگیری کند. استفاده از پنجره‌های جنوبی با ابعاد مناسب و تجهیز آنها به سایبان‌های قابل تنظیم یکی از راهکارهای کلیدی است. این پنجره‌ها در زمستان اجازه نفوذ حداکثر نور و حرارت خورشید را می‌دهند، در حالی که در تابستان با کمک سایبان‌ها از ورود حرارت اضافی جلوگیری می‌کنند. پنجره‌های شرقی و غربی نیز باید با دقت طراحی شوند تا از نور صبحگاهی و عصرگاهی ملایم بهره‌برداری کنند. نورگیرهای سقفی مانند shed light و clerestory windows در فضاهای مرکزی ویلا کاربرد مؤثری دارند. این عناصر علاوه بر تأمین نور یکنواخت و بدون خیرگی، امکان تهویه طبیعی را نیز فراهم می‌کنند. استفاده از لایت شلف (light shelf) در پنجره‌های جنوبی باعث توزیع بهتر نور در عمق فضا و کاهش خیرگی می‌شود. مواد شفاف و نیمه‌شفاف مانند شیشه‌های LOW-E، پلی‌کربنات دوجداره و پنل‌های translucent در طراحی نورگیری نقش مهمی ایفا می‌کنند. این مواد ضمن کنترل میزان نور ورودی، عایق حرارتی مناسبی نیز ارائه می‌دهند که در اقلیم سرد کوهستانی اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین استفاده از سطوح بازتابنده در فضاهای داخلی مانند کف‌های روشن و دیوارهای سفید باعث تقویت و توزیع بهتر نور طبیعی می‌شود. طراحی فضاهای نشیمن و کار در مجاورت منابع نور طبیعی و قرارگیری فضاهای خدماتی در قسمت‌های شمالی ساختمان از اصول مهم چیدمان فضایی محسوب می‌شود که باعث بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش کیفیت زندگی ساکنان می‌شود (براون، ۲۰۱۸).

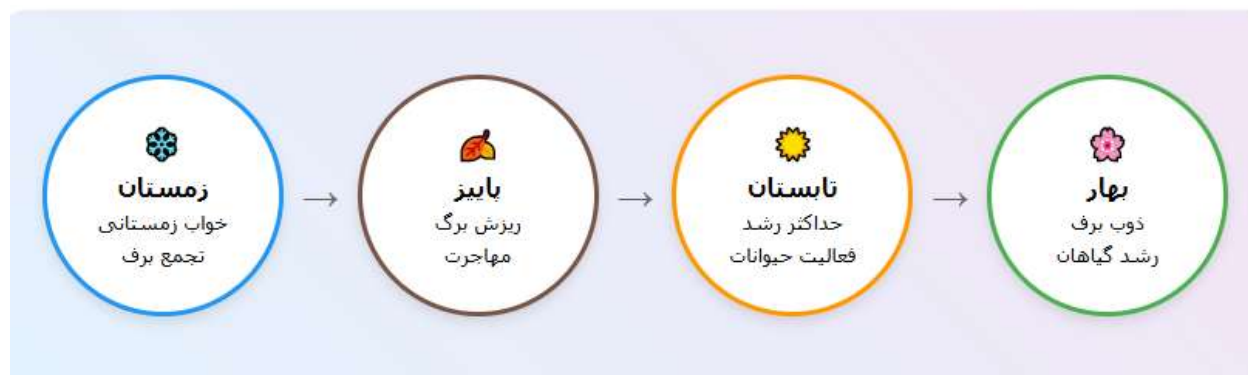
جدول ۲-۴۱: زاویه نور خورشید در فصول مختلف

فصل	زاویه ارتفاعی خورشید	ساعات آفتابی	شدت تابش (کیلووات/متر مربع)	توصیه طراحی
بهار	45-55 درجه	11-12 ساعت	0.6-0.8	پنجره‌های متوسط با سایبان قابل تنظیم
تابستان	65-75 درجه	13-14 ساعت	0.8-1.0	سایبان‌های عمیق و شیشه LOW-E
پاییز	35-45 درجه	9-10 ساعت	0.4-0.6	خداکتر بارش جنوبی
زمستان	20-30 درجه	7-8 ساعت	0.2-0.4	پنجره‌های بزرگ جنوبی بدون سایبان

۲-۵-۲-۶ سازگاری ویلا با چرخه‌های طبیعی کوهستان

طراحی ویلای کوهستانی باید در هماهنگی کامل با چرخه‌های طبیعی منطقه انجام شود تا حداقل تأثیر منفی بر اکوسیستم کوهستانی داشته باشد. یکی از مهم‌ترین این چرخه‌ها، چرخه آب است که شامل بارندگی، ذوب برف، جریان آب‌های سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌شود. ویلا باید به گونه‌ای طراحی شود که این جریان طبیعی آب را مختل نکند. سیستم جمع‌آوری و مدیریت آب باران یکی از عناصر کلیدی این طراحی است. استفاده از بام‌های سبز، سطوح نفوذپذیر در پیاده‌روها و پارکینگ‌ها و ایجاد باغ‌های بارانی (rain gardens) باعث جذب و نفوذ تدریجی آب باران به خاک می‌شود. این روش‌ها از فرسایش خاک جلوگیری کرده و از سیلاب‌های ناگهانی پیشگیری می‌کنند. چرخه رشد گیاهان محلی نیز باید در طراحی فضای سبز ویلا مدنظر قرار گیرد. استفاده از گونه‌های بومی که با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه سازگار هستند، نه تنها نیاز کمتری به آبیاری و مراقبت دارند، بلکه محیط مناسبی برای حیات وحش محلی فراهم می‌کنند. طراحی باغ در چندین سطح و تراس، علاوه بر زیبایی بصری، از

فرسایش شیب‌ها نیز جلوگیری می‌کند. انتخاب مصالح ساختمانی با توجه به چرخه‌های یخبندان و ذوب در کوهستان‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. مصالحی که در برابر تغییرات حرارتی مقاوم هستند و قابلیت انبساط و انقباض مناسب دارند، عمر مفید ساختمان را افزایش می‌دهند. سنگ محلی، چوب مقاوم و فلزات ضدزنگ گزینه‌های مناسبی محسوب می‌شوند. هماهنگی با چرخه‌های زیستی حیوانات محلی نیز ضروری است. اجتناب از نورافکن‌های شدید که مهاجرت پرندگان را مختل می‌کنند، ایجاد راهروهای طبیعی برای عبور حیوانات و جلوگیری از قطع کردن مسیرهای طبیعی جابجایی جانوران از اصول مهم طراحی محیط‌زیست‌دوست محسوب می‌شود. این رویکرد جامع باعث می‌شود ویلا به عنوان بخشی از اکوسیستم کوهستانی عمل کند و نه به صورت عنصری مخرب و بیگانه (میسون و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۲-۳: چرخه فصلی طبیعت کوهستان

۷-۵-۲-۲ طراحی بیوکلیماتیک ویلای کوهستانی

طراحی بیوکلیماتیک ویلای کوهستانی مبتنی بر درک عمیق از تعاملات میان محیط ساخته شده و شرایط اقلیمی منطقه است. این رویکرد با هدف حداکثر سازگاری با محیط طبیعی و کاهش نیاز به انرژی مصنوعی، استراتژی‌های طراحی را بر اساس داده‌های اقلیمی محلی تعریف می‌کند. در نواحی کوهستانی، عوامل اقلیمی مانند دمای پایین، تغییرات شدید دمایی شبانه‌روزی، باد قوی و تابش شدید خورشید، چالش‌ها و فرصت‌های منحصربه‌فردی ایجاد می‌کنند. جهت‌گیری ساختمان یکی از مهم‌ترین تصمیمات در طراحی بیوکلیماتیک است. در کوهستان‌ها، قرارگیری نمای اصلی ساختمان رو به جنوب، حداکثر دریافت انرژی خورشیدی را در ماه‌های سرد تضمین می‌کند. همچنین محافظت ساختمان در برابر بادهای سرد شمالی از طریق قرارگیری در پشت تپه‌ها یا ایجاد بادشکن‌های طبیعی، از اصول کلیدی این رویکرد محسوب می‌شود. طراحی پوسته ساختمان بر اساس اصول حرارتی، نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد انرژی ویلا دارد. استفاده از دیوار ترومب (Trombe Wall) در نمای جنوبی، امکان جمع‌آوری، ذخیره و توزیع تدریجی حرارت خورشیدی را فراهم می‌کند. این دیوارها که شامل لایه‌ای از شیشه، فضای هوایی و جرم حرارتی (معمولاً سنگ یا بتن) هستند، می‌توانند دمای داخلی ساختمان را در شب نیز تعدیل کنند. مفهوم thermal mass یا جرم حرارتی در طراحی بیوکلیماتیک کوهستانی اهمیت ویژه‌ای دارد. استفاده از مصالح سنگین مانند سنگ طبیعی، خشت خام، یا بتن در دیوارهای داخلی و کف‌ها، باعث کاهش تغییرات دمایی شدید و ایجاد شرایط حرارتی مطلوب می‌شود. این مصالح در طول روز حرارت جذب کرده و در شب آن را آزاد می‌کنند. سیستم‌های تهویه طبیعی در طراحی بیوکلیماتیک نقش مهمی ایفا می‌کنند. ایجاد

جریان هوای متقابل از طریق قرارگیری مناسب پنجره‌ها و دریچه‌های تهویه، امکان خنک‌سازی طبیعی در تابستان و تعویض هوا در زمستان را فراهم می‌کند. استفاده از stack effect یا اثر دودکشی در فضاهای با ارتفاع زیاد، باعث خروج هوای گرم و جایگزینی آن با هوای تازه می‌شود. طراحی فضای سبز به عنوان بخشی از استراتژی بیوکلیماتیک، شامل ایجاد آتریوم‌های سبز، باغ‌های زمستانی و گلخانه‌های خورشیدی است که علاوه بر بهبود کیفیت هوا، به عنوان منطقه‌ای برای جمع‌آوری حرارت خورشیدی عمل می‌کنند. این فضاها همچنین رطوبت مناسبی به محیط داخلی اضافه کرده و شرایط بهداشتی ساکنان را بهبود می‌بخشند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۴).



شکل ۲-۴: عوامل مؤثر در طراحی بیوکلیماتیک

۸-۵-۲-۲ استفاده از انرژی باد کوهستانی در ویلا

کوهستان‌ها به دلیل تفاوت‌های ارتفاعی و تضاد حرارتی، مناطقی با پتانسیل بالای انرژی بادی محسوب می‌شوند. باد کوهستانی دارای خصوصیات منحصربه‌فردی است که شامل سرعت بالا، جهت تغییرپذیر در طول روز و شدت متفاوت در فصول مختلف می‌باشد. استفاده مؤثر از این منبع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در تأمین انرژی ویلای کوهستانی ایفا کند. توربین‌های بادی مقیاس کوچک یکی از راه‌حل‌های مناسب برای ویلاهای کوهستانی هستند. این توربین‌ها که معمولاً دارای قطر ۲ تا ۱۰ متر و قدرت نامی ۱ تا

۲۰ کیلووات هستند، می‌توانند نیاز قابل توجهی از انرژی الکتریکی خانه را تأمین کنند. انتخاب نوع توربین بر اساس شرایط باد محلی حائز اهمیت است؛ توربین‌های محور عمودی برای مناطق با باد تغییر جهت مناسب‌تر هستند، در حالی که توربین‌های محور افقی در مناطق با باد یکنواخت عملکرد بهتری دارند. موقعیت‌یابی دقیق سیستم‌های بادی در ویلای کوهستانی نیازمند مطالعه میکروکلیمای محلی است. قرارگیری توربین در ارتفاع مناسب (معمولاً ۱۰ تا ۳۰ متر بالاتر از بلندترین مانع در شعاع ۱۵۰ متری) و در مسیر جریان‌های باد غالب، کارایی سیستم را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. استفاده از برج‌های قابل تنظیم یا سیستم‌های tracking که قابلیت تعقیب جهت باد را دارند، راه‌حل‌های پیشرفته‌ای محسوب می‌شوند. سیستم‌های hybrid باد-خورشیدی برای مناطق کوهستانی بسیار مناسب هستند زیرا این دو منبع انرژی معمولاً مکمل یکدیگر عمل می‌کنند. در روزهای آفتابی که سرعت باد کم است، پنل‌های خورشیدی عملکرد بهتری دارند و در روزهای ابری یا شب که انرژی خورشیدی در دسترس نیست، انرژی بادی جایگزین مناسبی است. این ترکیب پایداری و قابلیت اطمینان سیستم انرژی را افزایش می‌دهد. استفاده از انرژی باد در سیستم‌های تهویه مکانیکی نیز کاربرد مهمی دارد ventilator. های بادی که بر اساس انرژی باد کار می‌کنند، می‌توانند هوای تازه را وارد ساختمان کرده و هوای آلوده را خارج کنند بدون نیاز به انرژی الکتریکی. این سیستم‌ها به خصوص در آشپزخانه‌ها، حمام‌ها و سایر فضاهایی که نیاز به تهویه مداوم دارند، بسیار مؤثر هستند. ذخیره‌سازی انرژی تولیدی از باد یکی از چالش‌های اساسی در استفاده از این منبع انرژی است. سیستم‌های باتری لیتیوم-یون، flywheel، یا حتی سیستم‌های ذخیره انرژی هوای فشرده می‌توانند انرژی اضافی را در زمان‌های پرباد ذخیره کرده و در مواقع ضرورت در اختیار قرار دهند.

همچنین اتصال به شبکه برق محلی (در صورت وجود) امکان فروش انرژی اضافی یا دریافت انرژی در مواقع کمبود را فراهم می‌کند (اسمیت، ۲۰۲۰).



شکل ۲-۵: مقایسه انواع توربین بادی

۹-۵-۲-۲ تطبیق ویلا با تغییرات فصلی کوهستان

طراحی ویلای کوهستانی باید پاسخی مناسب به تغییرات شدید فصلی این مناطق ارائه دهد. کوهستان‌ها دارای چهار فصل کاملاً متمایز هستند که هر کدام نیازها و چالش‌های منحصربه‌فردی دارند. از دمای منفی ۲۰ درجه در زمستان تا گرمای ۳۵ درجه در تابستان، از بارش برف سنگین تا خشکسالی تابستانی، همه و همه نیازمند راه‌حل‌های طراحی هوشمندانه است که قابلیت تطبیق با این تنوع اقلیمی را داشته باشد.

سیستم‌های تطبیقی در پوسته ساختمان نقش کلیدی ایفا می‌کنند. پنجره‌های دوحالته که در زمستان عایق حرارتی عمل کرده و در تابستان امکان تهویه طبیعی را فراهم می‌کنند، یکی از این راه‌حل‌هاست. سایبان‌های قابل تنظیم که در زمستان جمع شده تا اجازه ورود حداکثر نور خورشید را بدهند و در تابستان گسترش یافته تا از تابش مستقیم محافظت کنند، نمونه دیگری از این سیستم‌ها محسوب می‌شوند. طراحی فضاهای چندعملکرده که بتوانند بر اساس فصل تغییر کاربری دهند، از مزایای مهم ویلاهای تطبیقی است. فضاهایی مانند آتریوم‌های شیشه‌ای که در زمستان به عنوان گلخانه خورشیدی عمل کرده و حرارت جمع‌آوری می‌کنند، در تابستان می‌توانند به محلی برای نشستن در فضای سبز تبدیل شوند. همچنین تراس‌های قابل پوشش که در زمستان بسته و در تابستان باز می‌شوند، گستره استفاده از فضا را افزایش می‌دهند. سیستم‌های گرمایش و سرمایش فصلی طراحی شده باید انعطاف‌پذیری لازم را داشته باشند. کف‌های تشعشعی که از انرژی خورشیدی یا گرمای زمین استفاده می‌کنند، در زمستان گرمایش یکنواخت و مطبوعی ارائه می‌دهند. در تابستان، همین سیستم می‌تواند با اتصال به منابع سرد مانند آب زیرزمینی، سرمایش طبیعی فراهم کند. مدیریت آب در فصول مختلف نیازمند رویکرد جامعی است. در بهار، سیستم‌های جمع‌آوری آب ذوب برف و باران بهاری باید آماده بهره‌برداری حداکثری باشند. در تابستان، سیستم‌های ذخیره‌سازی آب و بازیافت آب خاکستری اهمیت می‌یابند. در پاییز، تمیزکاری و آماده‌سازی سیستم‌ها برای زمستان ضروری است و در زمستان، محافظت از یخ‌زدگی لوله‌ها و تأسیسات اولویت دارد. پوشش گیاهی تطبیقی نیز بخش مهمی از طراحی محسوب می‌شود. استفاده از درختان برگریز در سمت جنوبی که در تابستان سایه ایجاد کرده و در زمستان با ریزش برگ اجازه عبور نور خورشید را می‌دهند،

راهکاری طبیعی و مؤثر است. گیاهان کوهستانی بومی که چرخه رشد آنها با فصول هماهنگ است، نه تنها

کم‌مصرف هستند بلکه زیبایی طبیعی منطقه را نیز حفظ می‌کنند (دل کورتو و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۴: تغییرات فصلی و استراتژی‌های تطبیق

فصل	دمای میانگین	چالش اصلی	استراتژی طراحی	سیستم‌های فعال	مصرف انرژی
زمستان	10- تا 5°C	سرماي شديد، برف	حداکثر جذب حرارت خورشیدی	گرمایش تشعشعی، دیوار ترومب	بالا (100%)
بهار	5 تا 15°C	تغییرات دمایی سریع	تهویه کنترل‌شده، جمع‌آوری آب	بازیافت گرما، ذخیره آب	متوسط (60%)
تابستان	15 تا 30°C	حرارت، خشکسالی	سایه‌اندازی، تهویه طبیعی	سرمایش تبخیری، کف سرد	متوسط (70%)
پاییز	0 تا 15°C	آماده‌سازی زمستان	عایق اضافی، ذخیره انرژی	شارژ باتری‌ها، تعمیرات	متوسط (65%)

۲-۲-۵-۱۰ کاهش وابستگی به انرژی خارجی در ویلای کوهی

دستیابی به خودکفایی انرژی در ویلاهای کوهستانی نه تنها از نظر زیست‌محیطی مطلوب است، بلکه به

دلیل دوری از شبکه‌های توزیع انرژی شهری، ضرورتی عملی نیز محسوب می‌شود. این هدف از طریق

ترکیب منابع انرژی تجدیدپذیر محلی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته

ذخیره‌سازی قابل دستیابی است. سیستم‌های هیبریدی چندمنبع انرژی، بنیان استقلال انرژی در کوهستان‌ها

را تشکیل می‌دهند. ترکیب پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، سیستم‌های گرمایش زمین گرمایی و منابع انرژی زیست‌توده، طیف کاملی از انرژی مورد نیاز را پوشش می‌دهد. هر یک از این منابع در شرایط مختلف عملکرد بهینه دارند: انرژی خورشیدی در روزهای صاف، انرژی بادی در فصول پرباد، زمین گرمایی به صورت مداوم در طول سال و زیست‌توده به عنوان منبع پشتیبان. سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی پیشرفته نقش حیاتی در تضمین پایداری تأمین انرژی دارند. باتری‌های لیتیوم-یون با ظرفیت ۲۰ تا ۵۰ کیلووات ساعت می‌توانند انرژی الکتریکی مورد نیاز خانه را برای چند روز تأمین کنند. سیستم‌های ذخیره حرارتی مانند تانک‌های آب گرم با عایق بالا یا مخازن سنگ‌ریزه حرارتی، انرژی گرمایشی را برای استفاده در زمان‌های مورد نیاز نگهداری می‌کنند. بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی (EMS) امکان‌پذیر است. این سیستم‌ها مصرف انرژی را در زمان‌های مختلف نظارت کرده، اولویت‌بندی مصرف را بر اساس در دسترس بودن منابع انجام می‌دهند و دستگاه‌های غیرضروری را در زمان‌های کمبود انرژی خاموش می‌کنند. کنترل‌کننده‌های هوشمند دما، روشنایی و تأسیسات تا ۳۰ درصد مصرف انرژی را کاهش می‌دهند. تکنولوژی‌های پیشرفته عایق‌کاری و کنترل اتلاف انرژی، نیاز کلی به انرژی را کاهش می‌دهند. استفاده از پنجره‌های سه جداره با گاز آرگون، عایق‌های vacuum insulated panels (VIP) با ضریب انتقال حرارت فوق‌العاده پایین و سیستم‌های بازیافت گرمای هوای تهویه، اتلافات انرژی را به حداقل می‌رسانند. منابع انرژی طبیعی محلی مانند آب‌های جاری کوچک برای تولید برق آبی در مقیاس خرد (میکرو هیدرو) فرصت‌های ارزشمندی ارائه می‌دهند. توربین‌های آبی با قدرت ۱ تا ۱۰ کیلووات می‌توانند به صورت شبانه‌روزی انرژی پایه را تأمین کنند. همچنین استفاده از چوب و

بقایای گیاهی محلی در بویلرهای زیست توده مدرن، منبع گرمایش پایدار و کربن خنثی محسوب می شود. طراحی سیستم های پشتیبان و اضطراری نیز اهمیت ویژه ای دارد. ژنراتورهای چند سوخته که قابلیت کار با بنزین، گاز طبیعی و پروپان را دارند، در شرایط اضطراری عملیاتی می شوند. سیستم های تصفیه و بازیافت آب محلی نیز از وابستگی به منابع خارجی کاسته و خود کفایی را تکمیل می کنند (دسیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

۶-۲-۲ ساختمان سازگار با طبیعت

۱-۶-۲-۲ حفظ طبیعت کوهستان در طراحی ویلا

حفظ و حمایت از طبیعت کوهستان در طراحی ویلا نه تنها یک مسئولیت اخلاقی و زیست محیطی است، بلکه به عنوان استراتژی طراحی هوشمند باعث ایجاد ساختمانی پایدار، زیبا و هماهنگ با محیط می شود. اکوسیستم کوهستانی با تنوع زیستی منحصربه فرد، چرخه های طبیعی حساس و زنجیره غذایی پیچیده، نیازمند رویکرد دقیق و علمی در طراحی است تا تعادل طبیعی منطقه برهم نخورد. نخستین اصل در حفظ طبیعت، کمینه سازی تخریب در حین ساخت و ساز است. این امر شامل انتخاب موقعیت ساختمان در مناطقی است که کمترین تأثیر منفی بر گیاهان بومی، درختان کهن سال و زیستگاه های حیات وحش داشته باشد. مطالعه دقیق توپوگرافی و شناسایی مناطق حساس زیست محیطی مانند چشمه ها، جریان های آب طبیعی و کانون های تنوع زیستی، پیش از شروع طراحی ضروری است. استفاده از مصالح محلی و بومی یکی از مهم ترین راهکارهای حفظ طبیعت محسوب می شود. سنگ طبیعی محل، خاک رس بومی و چوب

درختان منطقه که به طور طبیعی خشک شده‌اند، علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی حمل‌ونقل، هماهنگی بصری بهتری با محیط ایجاد می‌کنند. این مصالح دارای خصوصیات اقلیمی مناسب با شرایط محلی هستند و دوام بیشتری در برابر عوامل جوی منطقه دارند. حفاظت از پوشش گیاهی موجود و ارتقای آن بخش اساسی طراحی محیط‌زیست‌دوست است. درختان بزرگ و کهن‌سال نه تنها ارزش اکولوژیک بالایی دارند، بلکه به عنوان عناصر طراحی طبیعی می‌توانند در سایه‌اندازی، کنترل باد و زیبایی منظر نقش ایفا کنند. ایجاد باغ‌های بومی با گونه‌های گیاهی محلی که نیاز کمتری به آب، کود و مراقبت دارند، راهکار مؤثری برای حفظ و تقویت اکوسیستم محلی است. مدیریت آب به شیوه‌ای که چرخه‌های طبیعی آب در منطقه حفظ شود، اهمیت ویژه‌ای دارد. سیستم‌های طبیعی تصفیه آب مانند آب‌نماهای زیستی، باغچه‌های مرطوب و سیستم‌های نفوذ آب باران به خاک، نه تنها آب را تصفیه می‌کنند بلکه زیستگاه مناسبی برای گونه‌های محلی ایجاد می‌کنند. جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی از طریق استفاده از مواد غیرسمی و سیستم‌های فاضلاب بیولوژیک، ضروری است. ایجاد کریدورهای سبز و ممرهای حیات‌وحش که اجازه حرکت آزاد حیوانات محلی را بدهند، از جمله اصول مهم طراحی محسوب می‌شود. پرهیز از ایجاد موانع فیزیکی مانند دیوارهای بلند یا حصارهای فلزی که مسیرهای طبیعی حرکت حیوانات را قطع می‌کنند و به جای آن استفاده از حصارهای زنده یا سیستم‌های طبیعی جداسازی فضا، به حفظ تعادل اکوسیستم کمک می‌کند. کنترل آلودگی نور، صدا و هوا نیز جزء لاینفک طراحی پایدار است. استفاده از روشنایی‌های کم‌شدت و جهت‌دار که مهاجرت پرندگان شبگرد را مختل نکنند، طراحی سیستم‌های گرمایش و سرمایش

با حداقل تولید صدا و پرهیز از استفاده از مواد شیمیایی مضر در ساختمان، همگی به حفظ سلامت محیط

زیست کمک می‌کنند (خدابخشی زیدی، ۱۴۰۰).

جدول ۲-۴۳: اصول حفظ طبیعت در طراحی ویلا

اصل طراحی	هدف زیست محیطی	روش اجرا	مزایا	شاخص ارزیابی
کمینه سازی تخریب	حفظ اکوسیستم موجود	انتخاب موقعیت دقیق، حفظ درختان	حفظ تنوع زیستی، صرفه جویی هزینه	درصد حفظ پوشش گیاهی (>80%)
مصالح بومی	کاهش کربن فوترپنت	سنگ محلی، چوب بومی، خاک محل	هماهنگی بصری، دوام بالا	درصد مصالح محلی (>70%)
مدیریت آب پایدار	حفظ چرخه آب طبیعی	جمع آوری باران، تصفیه طبیعی	خودکفایی آب، حفظ آب زیرزمینی	میزان بازیافت آب (>60%)
حفظ کریدور حیات وحش	تداوم حرکت حیوانات	عدم ایجاد مانع، حصار زنده	تعادل اکوسیستم، کنترل آفات	عبور موفق حیوانات (>90%)
کنترل آلودگی	سلامت محیط زیست	LED کم نور، عایق صوتی، مواد طبیعی	حفظ حیات شبگرد، آرامش محیط	سطح آلودگی (>10% استاندارد)

۲-۶-۲-۲ یکپارچگی ویلا با منظر طبیعی کوهستان

یکپارچگی معماری با منظر طبیعی کوهستان هنری است که در آن ساختمان نه تنها در محیط قرار می گیرد، بلکه بخشی جدایی ناپذیر از آن محسوب می شود. این رویکرد نیازمند درک عمیق از ویژگی های بصری، فرمی و عملکردی منظر کوهستانی است تا ساختمان به گونه ای طراحی شود که گویی همیشه در آن محل بوده است. خطافق و ترکیب بندی بصری از عناصر کلیدی یکپارچگی با منظر محسوب می شوند. طراحی خط بام ساختمان باید با خط های طبیعی قله ها و یال های کوهستانی هماهنگ باشد. بام های شیب دار که انحنا ی طبیعی دامنه ها را تکرار می کنند، یا بام های سبز که با پوشش گیاهی طبیعی ادغام می شوند،

نمونه‌هایی از این هماهنگی هستند. ارتفاع ساختمان نیز باید به گونه‌ای تنظیم شود که خطافق طبیعی منطقه را مختل نکند. استفاده از مصالح و بافت‌هایی که بازتاب ویژگی‌های طبیعی کوهستان هستند، در ایجاد یکپارچگی بصری نقش مهمی دارد. سنگ‌های محلی با رنگ و بافت مشابه صخره‌های منطقه، چوب‌های فرسوده که رنگ و حالت طبیعی دارند و استفاده از رنگ‌های خاکی و طبیعی در نمای ساختمان، باعث ادغام بهتر ساختمان با محیط می‌شود. تکنیک‌های قدیمی ساخت مانند چینه‌کاری سنگ یا استفاده از ملات خاکی، احساس تداوم تاریخی و فرهنگی منطقه را تقویت می‌کند. طراحی فضاهای انتقالی که مرز میان داخل و خارج را محو می‌کنند، از مشخصه‌های معماری یکپارچه با طبیعت است. آلاچیق‌ها، تراس‌های سرپوشیده، پاسیوها و ایوان‌هایی که امکان تجربه طبیعت را بدون جدایی کامل از فضای ساختمان فراهم می‌کنند، نقش مهمی در این یکپارچگی ایفا می‌کنند. این فضاها به تدریج ساکنان را از محیط کاملاً مصنوعی داخل خانه به طبیعت خالص بیرون هدایت می‌کنند. ایجاد ارتباط بصری مناسب با منظر از طریق قرارگیری استراتژیک پنجره‌ها و بازشوها، امکان لذت بردن از زیبایی‌های طبیعی را فراهم می‌کند. پنجره‌های بزرگ و کشیده‌ای که منظر پانورامیک کوهستان را در بر می‌گیرند، پنجره‌های کوچک‌تر که به مناظر نزدیک‌تر مانند درختان یا صخره‌ها متمرکز هستند و فریم‌بندی دیدها به سمت نقاط کانونی منظر مانند قله‌های برفی یا آبشارها، همگی تکنیک‌های مؤثری هستند. طراحی محوطه سازی که مرز میان فضای ساخته‌شده و طبیعی را به تدریج محو کند، بخش حیاتی یکپارچگی محسوب می‌شود. ایجاد سطوح مختلف در محوطه که از تراس‌های کاملاً طراحی‌شده نزدیک ساختمان تا فضاهای کاملاً طبیعی در فواصل دورتر امتداد یابند، احساس تداوم و گذار طبیعی ایجاد می‌کند. استفاده از سنگ‌فرش‌های نامنظم، مسیرهای خاکی

و ایجاد باغچه‌های صخره‌ای، این گذار را تسهیل می‌کنند. نورپردازی طبیعی و مصنوعی ساختمان باید به گونه‌ای باشد که زیبایی‌های طبیعی را تقویت کند نه اینکه آن‌ها را تحت‌الشعاع قرار دهد. استفاده از نور غیرمستقیم، روشنایی‌های مخفی و تأکید بر نور طبیعی در ساعات مختلف روز، می‌تواند فضاهای داخلی را با ریتم طبیعی روز و شب هماهنگ کند. شب‌هنگام، روشنایی‌های ملایم و گرم که جو صمیمی ایجاد می‌کنند بدون اینکه طبیعت اطراف را مختل کنند، ایده‌آل هستند (محمدیانی و همکاران، ۱۴۰۲).



شکل ۲-۶: سطوح یکپارچگی با منظر طبیعی

۳-۶-۲-۲ استفاده از فرم‌های طبیعی در معماری ویلا

معماری الهام‌گرفته از فرم‌های طبیعی، رویکردی است که در آن ساختمان نه تنها در طبیعت قرار می‌گیرد، بلکه خود تجسمی از اصول و الگوهای طبیعی است. این رویکرد که بایومورفیک (Biomorphic) نامیده می‌شود، از مطالعه اشکال، ساختارها و فرایندهای موجود در طبیعت کوهستان الهام می‌گیرد تا ساختمانی

ایجاد کند که هم از نظر عملکردی بهینه و هم از لحاظ زیبایی‌شناختی با محیط هماهنگ باشد. فرم‌های ارگانیک و منحنی‌گونه که در طبیعت کوهستان یافت می‌شوند، مانند انحناء دره‌ها، شکل صخره‌های فرسایش‌یافته و جریان رودخانه‌ها، می‌توانند الهام‌بخش طراحی حجم کلی ساختمان باشند. بجای استفاده از زوایای تیز و خطوط صاف، طراحان می‌توانند از منحنی‌های ملایم و انتقال‌های تدریجی استفاده کنند که احساس طبیعی‌بودن و آرامش ایجاد می‌کنند. دیوارهای منحنی که شکل تپه‌ها را تداعی می‌کنند یا بام‌های موج‌دار که از حرکت باد الهام گرفته‌اند، نمونه‌هایی از این رویکرد هستند. ساختار درختان و رشد گیاهان الگوهای ارزشمندی برای طراحی سیستم‌های ساختاری ارائه می‌دهند. مفهوم رشد شاخه‌ای (Branching) که در درختان مشاهده می‌شود، می‌تواند در طراحی ستون‌ها، تیرها و حتی سیستم‌های تأسیساتی به کار رود. ستون‌هایی که در ارتفاع منشعب شده و بار سقف را مانند شاخه‌های درخت توزیع می‌کنند، نه تنها از نظر ساختاری کارآمد هستند بلکه زیبایی طبیعی نیز دارند. بافت‌های طبیعی موجود در سنگ‌ها، پوست درختان و سطوح فرسایش‌یافته کوهستان، الهام‌بخش طراحی نماها و سطوح داخلی ساختمان می‌شوند. استفاده از الگوهای فراکتال که در طبیعت بسیار رایج هستند، مانند الگوی برگ‌ها، ساختار برف‌دانه‌ها، یا شکل ابرها، می‌تواند در طراحی جزئیات معماری، کفپوش‌ها، یا حتی سیستم‌های سایه‌انداز به کار رود. اصل حداکثر کارایی با حداقل مصرف ماده که در طبیعت رایج است، در طراحی ساختمان نیز قابل اعمال است. ساختارهای طبیعی مانند قفس زنبور، پوسته تخم‌مرغ، یا ساقه گیاهان، الگوهایی ارائه می‌دهند که با کمترین مصرف مصالح، بیشترین مقاومت و کارایی را دارند. این اصول می‌توانند در طراحی سقف‌های کاذب، پوسته‌های ساختمانی و حتی سیستم‌های عایق‌کاری به کار روند. رنگ‌آمیزی و تنوع رنگی موجود

در طبیعت کوهستان نیز منبع الهامی غنی محسوب می‌شود. تغییر رنگ برگ‌ها در فصول مختلف، رنگ‌های مختلف سنگ‌ها در ساعات مختلف روز و تنوع رنگی گل‌های کوهستانی، می‌توانند در انتخاب رنگ‌های نما، دکوراسیون داخلی و حتی تغییرات فصلی فضا استفاده شوند. سیستم‌های طبیعی تهویه و گردش هوا که در غارها، دره‌ها و کانیون‌ها مشاهده می‌شود، الگوهایی برای طراحی سیستم‌های تهویه طبیعی ساختمان ارائه می‌دهد. شکل قیفی ورودی‌ها برای جذب هوا، کانال‌های تنگ‌شونده برای تسریع جریان هوا و فضاهای گشادتر برای توزیع هوا، همگی از اصول طبیعی پیروی می‌کنند (طاهری و همکاران، ۱۳۹۹).

جدول ۲-۴۴: الگوهای طبیعی قابل استفاده در معماری

منبع طبیعی	ویژگی کارکردی	کاربرد در معماری	مزیت اصلی	منال عملی
ساختار درخت	توزیع بار شاخه‌ای	سیستم ستون و تیر	کاهش ۴۰٪ مصالح ساختاری	ستون‌های منشعب شونده
قفس زنبور	حداکثر قدرت یا کمترین وزن	پانل‌های ساختاری	نسبت قدرت به وزن بالا	پانل‌های هانی‌کامب
یوخته تخم‌مرغ	مقاومت فشاری عالی	قوس‌ها و گنبدها	پایداری بدون نیاز به ستون	سقف‌های کاسه‌ای
برگ آفتابگردان	ردیابی نور خورشید	پنل‌های خورشیدی متحرک	افزایش ۳۰٪ بازده انرژی	سیستم‌های دنبال‌کننده خورشید
جریان رودخانه	حداقل مقاومت در حرکت	طراحی کانال‌های تهویه	کاهش ۵۰٪ مصرف انرژی تهویه	دریچه‌های منحنی شکل
الگوی فراکتال برف	سطح حداکثر در حجم کمینه	سیستم‌های سایه‌انداز	پوشش بهینه با کمترین مصالح	برگ‌ولای فراکتال
ریشه‌های گیاه	توزیع و انتشار شبکه‌ای	سیستم‌های تأسیساتی	توزیع بهینه خدمات	شبکه لوله‌کشی درخت‌مانند
بال پرنده	آیرودینامیک و سبکی	طراحی بام و سایبان	مقاومت کم در برابر باد	بام‌های منحنی دینامیک

۲-۲-۶-۴ حداقل دخل و تصرف در اکوسیستم کوهستانی

اصل حداقل دخل و تصرف در اکوسیستم کوهستانی بر این پایه استوار است که هر گونه مداخله انسانی باید با هدف حفظ تعادل طبیعی و کمینه سازی تأثیرات منفی صورت پذیرد. این رویکرد نیازمند درک عمیق از روابط پیچیده اکولوژیک موجود در منطقه و اتخاذ استراتژی های طراحی و ساخت است که با احترام به این روابط عمل کنند. مطالعات محیط زیستی جامع پیش از شروع طراحی، نخستین گام در اعمال اصل حداقل دخل و تصرف است. این مطالعات شامل شناسایی گونه های گیاهی و جانوری منطقه، بررسی خاک و زمین شناسی محل، تحلیل الگوهای آب و هوایی و ارزیابی زنجیره های غذایی موجود است. درک کامل از چگونگی عملکرد اکوسیستم، امکان طراحی ساختمانی را فراهم می کند که به عنوان بخشی از این سیستم عمل کند نه مغل آن. انتخاب موقعیت ساختمان بر اساس اصول اکولوژیک، یکی از مهم ترین تصمیمات در کاهش تأثیرات زیست محیطی است. قرارگیری ساختمان در مناطقی که دارای کمترین تنوع زیستی هستند، اجتناب از مناطق تولیدمثل حیوانات و دوری از منابع آب طبیعی، اصول اساسی این انتخاب محسوب می شوند. همچنین استفاده از شیب های طبیعی زمین به جای تسطیح، کمک مهمی به حفظ جریان های طبیعی آب و کاهش فرسایش خاک می کند. تکنیک های ساخت کم تأثیر شامل استفاده از ماشین آلات سبک، کاهش تردد وسایل نقلیه سنگین در منطقه و انتخاب زمان های مناسب برای عملیات ساختمانی است. اجتناب از ساخت و ساز در فصول تولیدمثل حیوانات، دوره های مهاجرت، یا زمان های حساس رشد گیاهان، به حداقل رساندن اختلال در چرخه های طبیعی کمک می کند. مدیریت آب با رویکرد حفاظتی شامل حفظ مسیرهای طبیعی جریان آب، استفاده از سیستم های نفوذی برای آب باران و پرهیز از

ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ گسترده است. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران باید طوری طراحی شوند که الگوی طبیعی توزیع آب در منطقه را تغییر ندهند. استفاده از آب خاکستری بازیافتی برای آبیاری گیاهان بومی نیز می‌تواند فشار بر منابع آب طبیعی را کاهش دهد. رویکرد تطبیقی در طراحی به معنای قابلیت تنظیم و تغییر ساختمان بر اساس شرایط متغیر محیط زیست است. این شامل طراحی سیستم‌هایی است که بتوانند به تغییرات فصلی، تغییرات اقلیمی کوتاه‌مدت و حتی تغییرات بلندمدت اکوسیستم پاسخ دهند. ساختمان‌های تطبیقی قابلیت کاهش تأثیر خود بر محیط را در شرایط مختلف دارند. استراتژی‌های بازگشت‌پذیری (Reversibility) در طراحی بر این اصل تأکید دارند که اگر در آینده لازم شد، ساختمان و تأسیسات آن بتوانند بدون آسیب دائمی به محیط زیست حذف شوند. این شامل استفاده از اتصالات مکانیکی به جای اتصالات شیمیایی، طراحی پی‌های سبک که نیاز به حفاری عمیق ندارند و استفاده از مصالح قابل بازیافت است. نظارت مداوم بر وضعیت اکوسیستم پس از ساخت نیز بخش مهمی از رویکرد حداقل دخل و تصرف محسوب می‌شود. این نظارت شامل ردیابی تغییرات در جمعیت گونه‌های محلی، کیفیت آب و خاک و سلامت کلی اکوسیستم است. در صورت مشاهده تأثیرات منفی، باید برنامه‌های اصلاحی فوری اجرا شوند. مشارکت با متخصصان بوم‌شناسی، زیست‌شناسان محلی و جوامع بومی منطقه، منبع ارزشمندی از دانش و تجربه محلی محسوب می‌شود. این همکاری نه تنها به بهبود طراحی کمک می‌کند، بلکه اطمینان می‌دهد که پروژه با ارزش‌ها و دانش محلی سازگار است. کاربرست دانش بومی در ترکیب با تکنولوژی‌های مدرن، می‌تواند راه‌حل‌های نوآورانه و مؤثری ارائه دهد (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱).

جدول ۲-۴۵: سطوح دخل و تصرف در اکوسیستم

سطح دخل و تصرف	درصد تأثیر بر اکوسیستم	ویژگی‌های طراحی	مدت بازگشت طبیعی	هزینه اضافی
حداقل	> 5%	بدون تغییر توپوگرافی، حفظ همه درختان	> 2 سال	15-25%
کم	5-15%	تغییرات جزئی، حفظ 90% پوشش گیاهی	2-5 سال	10-20%
متوسط	15-30%	تسطیح محدود، حفظ 70% پوشش گیاهی	5-10 سال	5-15%
زیاد	30-50%	تغییرات قابل توجه در منظر	10-20 سال	معیار مقایسه
بسیار زیاد	< 50%	تخریب اکوسیستم، تغییر کامل منظر	< 20 سال	صرفه‌جویی کاذب

۵-۶-۲-۲ رنگ‌آمیزی هارمونیک ویلا با طبیعت کوه

رنگ‌آمیزی هارمونیک ویلا با طبیعت کوهستان هنری پیچیده است که نیازمند درک عمیق از پالت رنگی طبیعی منطقه، تغییرات فصلی رنگ‌ها و تأثیر نور در ساعات و فصول مختلف است. این رویکرد نه تنها زیبایی بصری ساختمان را افزایش می‌دهد، بلکه باعث ادغام کامل آن با محیط طبیعی و کاهش تأثیر بصری منفی بر منظر کوهستانی می‌شود. مطالعه پالت رنگی طبیعی منطقه اولین گام در این فرایند است. کوهستان‌ها در طول سال طیف رنگی متنوعی ارائه می‌دهند: از خاکستری‌های مختلف سنگ‌ها و صخره‌ها گرفته تا قهوه‌ای‌های متنوع خاک و چوب خشک، سبزه‌های گوناگون پوشش گیاهی و رنگ‌های تغییرپذیر آسمان کوهستانی. این رنگ‌ها در ساعات مختلف روز و فصول مختلف سال تغییر می‌کنند و ایجاد

هارمونی با آن‌ها نیازمند در نظرگیری این تغییرات است. رنگ‌های پایه کوهستانی که بیشترین کاربرد در نمای ساختمان دارند، شامل طیف گسترده‌ای از خاکی‌ها، خاکستری‌ها و قهوه‌ای‌ها هستند. این رنگ‌ها باید بر اساس نوع سنگ غالب منطقه انتخاب شوند: در مناطق آهکی، خاکستری‌های روشن و گرم؛ در مناطق آتشفشانی، خاکستری‌های تیره و مایل به سیاه؛ و در مناطق ماسه‌سنگی، قهوه‌ای‌های گرم و نارنجی‌های ملایم. استفاده از این رنگ‌ها در ۶۰ تا ۷۰ درصد نمای ساختمان، پایه هارمونیک مناسبی ایجاد می‌کند. رنگ‌های تکمیلی و لهجه‌ای باید از پوشش گیاهی و عناصر طبیعی دیگر منطقه الهام بگیرند. سبزه‌های خزه‌ای و یخی برای مناطق مرطوب، سبزه‌های خاکی و زیتونی برای مناطق خشک‌تر و آبی‌های ملایم و خاکستری برای بازتاب آسمان کوهستانی مناسب هستند. این رنگ‌ها معمولاً در ۲۰ تا ۳۰ درصد نما، شامل درب‌ها، پنجره‌ها و جزئیات معماری استفاده می‌شوند. تأثیر نور کوهستانی بر رنگ‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. نور شدید و خالص ارتفاعات باعث می‌شود رنگ‌ها روشن‌تر و پررنگ‌تر دیده شوند؛ بنابراین رنگ‌هایی که در سطح دریا مناسب به نظر می‌رسند، در کوهستان ممکن است خیلی تند و نامتعادل باشند. انتخاب رنگ‌های کمی مات‌تر و ملایم‌تر از آنچه در ابتدا مطلوب به نظر می‌رسد، معمولاً نتیجه بهتری دارد. تغییرات فصلی رنگ‌های طبیعت نیز باید در نظر گرفته شود. در بهار، سبزه‌های تازه و روشن غالب هستند؛ در تابستان، سبزه‌های عمیق‌تر و آبی‌های آسمان؛ در پاییز، زردها، نارنجی‌ها و قرمزهای گرم؛ و در زمستان، خاکستری‌ها، سفیدهای برف و قهوه‌ای‌های خشک. انتخاب پالت رنگی که با همه این تغییرات هماهنگ باشد، چالش اصلی طراحان است. تکنیک‌های رنگ‌آمیزی متدرج که از یک رنگ پایه به رنگ‌های مشابه انتقال می‌کند، معمولاً هارمونی بهتری ایجاد می‌کند تا کنتراست‌های تند. استفاده از shadow line و تغییر

تدریجی تن رنگ‌ها در قسمت‌های مختلف نما، عمق و بعد بصری مطلوبی به ساختمان می‌دهد. رنگ‌آمیزی متناسب با مصالح نیز اهمیت دارد. سنگ طبیعی معمولاً باید در رنگ خودش باقی بماند، چوب می‌تواند با روغن‌های طبیعی محافظت شود که رنگ طبیعی آن را حفظ کنند و قسمت‌های فلزی با رنگ‌های زنگ طبیعی یا خاکستری‌های صنعتی رنگ شوند (اسمیت، ۲۰۲۰).

جدول ۲-۴۶: پالت رنگی طبیعی کوهستان

منبع رنگ	رنگ‌های اصلی	کد رنگ (HEX)	درصد استفاده در نما	کاربرد پیشنهادی
سنگ آهکی	خاکستری روشن، کرم	D3D3D3, #F5F5DC	40-50%	دیوار اصلی، پایه ساختمان
سنگ آتشفشانی	خاکستری تیره، سیاه	#2F4F4F, #36454F	40-50%	دیوار اصلی، عناصر ساختاری
ماسه سنگ	قهوه‌ای گرم، نارنجی ملایم	D2B48C, #CD853F	40-50%	نمای خارجی، جزئیات
خاک کوهی	قهوه‌ای خاکی، آمبر	#8B4513, #DAA520	20-30%	جزئیات، چهارچوب پنجره
بوشش گیاهی	سبز زیتونی، سبز خزه‌ای	#6B8E23, #556B2F	15-25%	درب، نرده، المان‌های تزئینی
آسمان کوهی	آبی ملایم، خاکستری آبی	#87CEEB, #6495ED	5-10%	لهجه‌های رنگی، جزئیات
برف و یخ	سفید شکسته، آبی یخی	F8F8FF, #F0F8FF	5-10%	ترکیب با رنگ‌های تیره



شکل ۲-۷: پالت رنگی هارمونیک برای نماهای مختلف

۶-۲-۲-۲ حفظ مسیرهای طبیعی حیوانات اطراف ویلا

حفظ مسیرهای طبیعی حیوانات اطراف ویلا یکی از مهم‌ترین جنبه‌های طراحی محیط زیست دوست محسوب می‌شود که نیازمند درک دقیق از رفتار، عادات مهاجرت و نیازهای حیوانات محلی است. این رویکرد نه تنها به حفظ تنوع زیستی کمک می‌کند، بلکه تعادل اکوسیستم محلی را حفظ کرده و باعث ایجاد محیطی پایدار و زنده اطراف ویلا می‌شود. مطالعه رفتار حیوانات محلی اولین قدم در شناسایی مسیرهای حیاتی آنها است. حیوانات کوهستانی مانند آهو، گوزن، روباه، خرگوش کوهی و پرندگان مختلف، مسیرهای ثابتی برای دسترسی به آب، غذا، پناهگاه و مناطق تولیدمثل دارند. این مسیرها معمولاً در طول سال‌ها شکل گرفته و بخشی از ژنتیک و رفتار این حیوانات شده است. قطع یا مسدود کردن این مسیرها می‌تواند عواقب جدی برای بقای جمعیت‌های محلی داشته باشد. شناسایی کریدورهای حیات وحش از طریق مطالعه میدانی، ردیابی حیوانات و مشاوره با متخصصان محلی انجام می‌شود. نشانه‌هایی مانند ردپای حیوانات، مدفوع، محل‌های خراش روی درختان، مسیرهای پرواز پرندگان و استراحتگاه‌های طبیعی، اطلاعات ارزشمندی در مورد الگوهای حرکت حیوانات ارائه می‌دهند. این اطلاعات باید در نقشه‌های دقیق

ثبت شود تا در طراحی لحاظ شوند. طراحی ساختمان و محوطه باید به گونه‌ای باشد که مسیرهای اصلی حیوانات دست‌نخورده باقی بمانند. این شامل اجتناب از ساخت در مسیرهای اصلی، ایجاد گذرگاه‌های زیرین یا بالایی در مواردی که قطع مسیر اجتناب‌ناپذیر است و حفظ پوشش گیاهی در امتداد این مسیرها می‌شود. عرض کریدورهای حیات‌وحش باید متناسب با نوع حیوان باشد: حداقل ۳۰ متر برای حیوانات کوچک، ۱۰۰ متر برای حیوانات متوسط و ۲۰۰ متر یا بیشتر برای حیوانات بزرگ. انواع مختلف موانع و راه‌حل‌های آن‌ها باید شناسایی شود. حصارهای فلزی بلند، دیوارهای بتنی و ساختمان‌های پیوسته، موانع جدی محسوب می‌شوند. به جای آن‌ها می‌توان از حصارهای زنده، دیوارهای سنگی کم‌ارتفاع با شکاف‌هایی برای عبور حیوانات کوچک و ساختمان‌های روی پایه استفاده کرد که امکان عبور حیوانات از زیر آن‌ها را فراهم می‌کنند. ایجاد نقاط جذب مناسب برای حیوانات در اطراف ویلا می‌تواند تکمیل‌کننده حفظ مسیرهای طبیعی باشد. آب‌شخورهای طبیعی، باغچه‌های میوه و گیاهان مورد علاقه حیوانات محلی، درختان میوه بومی و پناهگاه‌های طبیعی، محیطی مناسب برای حیوانات فراهم می‌کنند. این عناصر باید در مسیر طبیعی حرکت حیوانات قرار گیرند تا از آن‌ها استفاده کنند. مدیریت نور و صدا نیز تأثیر مهمی بر رفتار حیوانات دارد. نورهای قوی و مداوم می‌توانند الگوهای طبیعی فعالیت حیوانات شب‌گرد را مختل کنند و صداهای بلند باعث فرار آن‌ها از منطقه شوند. استفاده از نورهای کم‌شدت، سنسورهای حرکتی که تنها در زمان ضرورت روشن می‌شوند و طراحی سیستم‌های کم‌صدا، به حفظ آرامش محیط کمک می‌کند. تقویم فصلی فعالیت‌های مختلف حیوانات باید در نظر گرفته شود. دوره‌های تولیدمثل، مهاجرت فصلی و زمان‌های جستجوی غذا، فصول حساسی هستند که باید فعالیت‌های انسانی در آن‌ها کاهش یابد.

برنامه‌ریزی فعالیت‌های باغبانی، تعمیرات و حتی استفاده از فضاهای بیرونی ویلا باید با این تقویم طبیعی هماهنگ باشد. گیاهان بومی نقش مهمی در ایجاد مسیرهای طبیعی ایفا می‌کنند. درختان و بوته‌هایی که میوه و دانه تولید می‌کنند، گیاهان دارویی و معطری که حیوانات از آن‌ها استفاده می‌کنند و پوشش‌های گیاهی که پناهگاه مناسب ارائه می‌دهند، همگی باید در طراحی فضای سبز لحاظ شوند. این گیاهان علاوه بر تأمین غذا و پناه، محیطی آشنا و طبیعی برای حیوانات ایجاد می‌کنند. نظارت و ارزیابی مداوم وضعیت حیات‌وحش پس از ساخت ویلا ضروری است. نصب دوربین‌های مخفی در نقاط کلیدی، ردیابی تغییرات در جمعیت حیوانات و بررسی میزان استفاده از مسیرهای طراحی‌شده، اطلاعات ارزشمندی برای بهبود و تنظیم استراتژی‌ها ارائه می‌دهد. در صورت مشاهده کاهش فعالیت حیوانات یا تغییر در الگوهای رفتاری آن‌ها، باید اقدامات اصلاحی فوری انجام شود (میسون و همکاران، ۲۰۲۲).

❌ موانع مصر	✅ راه‌حل‌های مناسب
• حصارهای فلزی بلند و پیوسته • دیوارهای بتنی بدون شکاف • نورهای قوی و مداوم شبانه • صدهای بلند و مزاحم • مواد شیمیایی دافع حشرات • تراکم ساختمان بدون فاصله	• حصارهای زنده یا گیاهان بومی • دیوارهای سنگی کم‌ارتفاع (> 1 متر) • ساختمان روی پایه برای عبور حیوانات • گذرگاه‌های زیرین در مسیرهای اصلی • شکاف در دیوارها برای حیوانات کوچک • پل‌های سبز روی مسیرهای انسانی

شکل ۲-۸: راه‌حل‌های موانع و تسهیل عبور حیوانات

۷-۶-۲-۲ طراحی ویلا برای تعامل با طبیعت کوهستان

طراحی ویلایی که با طبیعت کوهستان تعامل دارد، فراتر از صرف قرارگیری در محیط طبیعی است؛ این رویکرد ساختمانی ایجاد می‌کند که به عنوان واسط زنده میان انسان و طبیعت عمل کرده و تجربه‌ای غنی و چندحسی از زندگی در کوهستان ارائه می‌دهد. این تعامل شامل در نظرگیری همه جنبه‌های حسی، عاطفی و فیزیکی رابطه انسان با طبیعت است. فضاهای انتقالی تدریجی از داخل به خارج، بنیان اصلی تعامل مطلوب با طبیعت را تشکیل می‌دهند. این فضاها شامل ایوان‌های نیمه‌باز، تراس‌های چندسطحی، آلاچیق‌های شیشه‌ای قابل باز شدن و گالری‌های روباز هستند که هر کدام درجه‌ای از تعامل با محیط خارج ارائه می‌دهند. ساکن می‌تواند بسته به شرایط جوی، حالت روحی و نیاز به آرامش یا فعالیت، فضای مناسب خود را انتخاب کند. طراحی فضاهای چندحسی که امکان تجربه طبیعت از طریق همه حواس را فراهم می‌کنند، جنبه مهم دیگری از این رویکرد است. باغ‌های معطر با گیاهان بومی مانند اسطوخودوس، رزماری کوهی و نعنای وحشی، تجربه بویایی غنی ایجاد می‌کنند. آب‌نماهای کوچک یا نهر کوتاهی که صدای آب جاری تولید می‌کند، بعد شنیداری آرام‌بخشی به فضا اضافه می‌کند. استفاده از مصالح با بافت‌های مختلف مانند سنگ خشن، چوب صیقلی و فلز گرم، تجارب لمسی متنوعی فراهم می‌کند. دیدپذیری و فریم‌بندی مناظر طبیعی از طریق بازشوهای هوشمند، امکان لذت بردن از تغییرات طبیعت را در طول روز و فصول مختلف فراهم می‌کند. پنجره‌های قابی که منظر خاصی را هدف می‌گیرند، مانند قله برفی، آبشار دوردست، یا درختان بزرگ، تابلوهای زنده طبیعی ایجاد می‌کنند. پنجره‌های کشیده از کف تا سقف در فضاهای نشیمن، احساس یکپارچگی با منظر بیرونی تقویت می‌کنند. فضاهای کار و خلاقیت که الهام‌گیری از

طبیعت را تسهیل کنند، می‌توانند شامل استودیوهای هنری با نور شمالی طبیعی، کتابخانه‌هایی با دید به باغ، یا محل‌های مدیتیشن در مجاورت عناصر طبیعی باشند. این فضاها باید طوری طراحی شوند که حداقل حواس‌پرتی داشته و حداکثر ارتباط با طبیعت را فراهم کنند. سیستم‌های تعاملی ساختمان که بر اساس شرایط طبیعی محیط تنظیم می‌شوند، تجربه زندگی را غنی‌تر می‌کنند. دریچه‌های خودکار که بر اساس جهت و شدت باد تنظیم می‌شوند، سایبان‌هایی که موقعیت خورشید را دنبال می‌کنند و سیستم‌های روشنایی که با نور طبیعی همگام می‌شوند، همگی باعث می‌شوند ساختمان به محیط زنده‌ای تبدیل شود که با طبیعت تنفس می‌کند. فضاهای تولید و پرورش که امکان کشاورزی کوچک، پرورش گیاهان دارویی، یا نگهداری زنبور عسل را فراهم می‌کنند، ارتباط عملی و مولد با طبیعت ایجاد می‌کنند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۴).



شکل ۲-۹: مناطق تعاملی ویلا با طبیعت

۲-۲-۶-۸ احترام به ریتم‌های طبیعی در ویلای کوهی

احترام به ریتم‌های طبیعی در طراحی ویلای کوهستانی بدین معناست که ساختمان و زندگی در آن بر اساس چرخه‌های طبیعی روز، فصول، آب‌وهوا و حتی چرخه‌های بلندمدت اقلیمی تنظیم شود. این رویکرد نه تنها باعث هماهنگی بهتر با محیط می‌شود، بلکه سلامت جسمی و روحی ساکنان را نیز بهبود می‌بخشد. ریتم شبانه‌روزی نور و تاریکی اولین و اساسی‌ترین چرخه طبیعی است که باید در طراحی لحاظ شود. استفاده حداکثری از نور طبیعی در ساعات روز، کاهش تدریجی شدت نور در عصر و ایجاد تاریکی مناسب شب، به تنظیم ساعت بیولوژیک بدن کمک می‌کند. این شامل طراحی سیستم‌های نورپردازی هوشمند است که شدت و رنگ نور را بر اساس زمان روز تنظیم کند: نور آبی-سفید در صبح برای بیداری، نور طبیعی روز و نور گرم-نارنجی در عصر برای آماده‌سازی خواب. چرخه فصلی دما، رطوبت و شرایط جوی باید در سیستم‌های گرمایی، سرمایی و تهویه ساختمان منعکس شود. به جای تحمیل دمای ثابت در تمام فصول، سیستم‌های تطبیقی که دمای داخلی را متناسب با فصل و انتظارات طبیعی بدن تنظیم کنند، راحتی بیشتر و مصرف انرژی کمتری دارند. در زمستان دمای کمی پایین‌تر و در تابستان کمی بالاتر از استانداردهای مرسوم، در صورت طراحی مناسب پوشاک و فضا، کاملاً قابل پذیرش و طبیعی است. ریتم فعالیت و استراحت در طول روز باید در چیدمان فضاهای مختلف ساختمان منعکس شود. فضاهای فعال و پرانرژی مانند آشپزخانه، ناهارخوری و محل کار باید در قسمت‌هایی قرار گیرند که در ساعات صبح و ظهر نور مطلوب دریافت کنند. فضاهای آرام و استراحت مانند اتاق خواب، کتابخانه و محل مدیتیشن باید در قسمت‌هایی باشند که در عصر و شب آرامش و تاریکی مناسب داشته باشند. چرخه رشد

گیاهان و فعالیت حیوانات محلی نیز باید در برنامه‌ریزی فعالیت‌های روزانه و فصلی ویلا لحاظ شود. فصول کاشت، برداشت و هرس گیاهان، دوره‌های فعالیت و سکون حیوانات محلی و زمان‌های بهینه برای فعالیت‌های بیرونی، همگی باید در تقویم زندگی ویلا نقش داشته باشند. این هماهنگی باعث می‌شود زندگی در ویلا با ریتم طبیعی منطقه همخوان شود. استفاده از مواد غذایی محلی و فصلی، بخش مهمی از احترام به ریتم‌های طبیعی است. طراحی فضاهای ذخیره‌سازی طبیعی غذا مانند سردابه‌های خنک، قفسه‌های خشک‌کردن میوه و محل‌های نگهداری محصولات فصلی، امکان زندگی بر اساس چرخه طبیعی تولید غذا را فراهم می‌کند. ریتم‌های آب‌وهوایی کوهستان که شامل تغییرات سریع دما، بادهای فصلی و الگوهای بارندگی است، باید در طراحی سیستم‌های ساختمان و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها لحاظ شود. ساعاتی از روز که معمولاً آرام‌ترین آب‌وهوا را دارند برای فعالیت‌های بیرونی و زمان‌هایی که طوفان یا شرایط سخت احتمال دارد برای فعالیت‌های داخلی مناسب‌تر هستند. سیستم‌های انرژی ساختمان نیز باید با ریتم‌های طبیعی تولید انرژی هماهنگ شوند. استفاده بیشتر از انرژی در ساعاتی که منابع تجدیدپذیر در دسترس هستند، ذخیره انرژی در زمان‌های مازاد تولید و کاهش مصرف در زمان‌های کمبود، باعث هماهنگی بهتر با چرخه‌های طبیعی انرژی می‌شود. طراحی فضاهایی برای تأمل و ارتباط معنوی با طبیعت، مانند مکان‌های مدیتیشن رو به طلوع یا غروب خورشید، فضاهای نجوم برای شب‌ها و محل‌هایی برای گوش دادن به صداهای طبیعت، ابعاد عمیق‌تر احترام به ریتم‌های طبیعی را فراهم می‌کند. این فضاها کمک می‌کنند ساکنان با چرخه‌های عمیق‌تر طبیعت مانند چرخه‌های قمری، فصلی و حتی سالیانه ارتباط برقرار کنند (رجکویچ و همکاران، ۲۰۲۲).

جدول ۲-۴۷: فعالیت‌های ویلا بر اساس ریتم‌های طبیعی

زمان	ریتم طبیعی	فعالیت پیشنهادی	فضای مناسب	عناصر طبیعی مؤثر
6-8 صبح	طلوع آفتاب، بیداری طبیعی	مدیتیشن، یوگا، قدم زدن	تراس شرقی، باغ	نور طلوع، هوای خنک، آواز پرندگان
8-12 ظهر	اوج انرژی جسمی	کار، فعالیت جسمی، باغبانی	اتاق کار، باغ، محوطه	نور طبیعی قوی، هوای تازه
12-16 بعدظهر	هضم و استراحت طبیعی	ناهار، خواندن، فعالیت آرام	ایوان، آتریوم، کتابخانه	سایه مطبوع، نسیم ملایم
16-19 عصر	فعالیت اجتماعی	تعامل اجتماعی، چاک، گفتگو	تراس، فضای نشیمن بیرونی	نور نرم غروب، هوای معطر
19-22 شب	آماده‌سازی خواب	شام آرام، تأمل، مطالعه سبک	ناهارخوری، کتابخانه	نور گرم و کم، صداهای آرام
22-6 شب	خواب و بازسازی	خواب، استراحت کامل	اتاق خواب	تاریکی طبیعی، سکوت، هوای تازه

۹-۶-۲-۲ کاهش تأثیرات بصری ویلا در منظر کوهستان

کاهش تأثیرات بصری ویلا در منظر کوهستان هنری پیچیده است که نیازمند تعادل دقیق میان نیازهای عملکردی ساختمان و احترام به زیبایی طبیعی محیط است. این رویکرد با هدف ایجاد ساختمانی که به جای برهم زدن هارمونی بصری منظر، آن را تکمیل و غنی‌تر کند، اصول و تکنیک‌های خاصی را دنبال می‌کند که ریشه در درک عمیق از ادراک بصری انسان و زیبایی‌شناسی منظر طبیعی دارد. اصل مقیاس و نسبت‌بندی در طراحی ساختمان نخستین عاملی است که بر شدت تأثیر بصری آن تعیین‌کننده است. ساختمان‌هایی که در مقیاس انسانی طراحی شده و از ابعاد کلان‌شهری اجتناب می‌کنند، به طور طبیعی کمتر در منظر متجلی می‌شوند. استفاده از اصل تقسیم‌بندی ساختمان به اجزای کوچک‌تر به جای ایجاد توده‌های یکپارچه بزرگ، باعث کاهش قدرت تسلط ساختمان بر منظر می‌شود. این تکنیک شامل جداسازی عملکردهای مختلف ساختمان به واحدهای مستقل اما مرتبط است که هر کدام مقیاس مناسب خود را

دارند. انتخاب موقعیت استراتژیک ساختمان بر اساس تحلیل دیدپذیری از نقاط مختلف منظر، نقش بنیادی در کاهش تأثیرات بصری ایفا می‌کند. استفاده از توپوگرافی طبیعی به عنوان پوشش، قرارگیری در پشت تپه‌ها یا استفاده از درختان بزرگ موجود به عنوان پرده طبیعی، می‌تواند ساختمان را از دیدگاه‌های اصلی منطقه پنهان کند. اصل «مخفی‌سازی هوشمند» بر این مبنا استوار است که ساختمان باید از فاصله‌های دور کمتر دیده شود اما از فاصله‌های نزدیک کاملاً قابل دسترس و راحت باشد. استفاده از رنگ‌ها و بافت‌هایی که با محیط اطراف هماهنگی داشته و در آن محو می‌شوند، یکی از مؤثرترین تکنیک‌های کاهش تأثیر بصری است. این شامل استفاده از طیف رنگی طبیعی منطقه، اجتناب از رنگ‌های تند و متضاد و انتخاب بافت‌هایی است که انعکاس کمی داشته و در نورهای مختلف روز تغییرات طبیعی نشان دهند. تکنیک shadow blending که در آن قسمت‌هایی از ساختمان عمداً در سایه طراحی می‌شوند تا با محیط ادغام شوند، بسیار مؤثر است. طراحی خطوط و فرم‌هایی که با خطوط غالب منظر طبیعی هماهنگ هستند، اصل مهم دیگری در کاهش تأثیر بصری محسوب می‌شود. اجتناب از خطوط مستقیم افقی یا عمودی که با منحنی‌های طبیعی کوهستان در تضاد هستند و استفاده از خطوط شکسته یا منحنی که حرکت طبیعی زمین را دنبال می‌کنند، باعث تسهیل ادغام بصری ساختمان در منظر می‌شود. استفاده از پوشش گیاهی به عنوان عنصر ادغام‌کننده، یکی از قدرتمندترین ابزارهای کاهش تأثیر بصری است. بام‌های سبز، دیوارهای پوشیده از گیاهان بالابر بومی و ایجاد لایه‌های مختلف پوشش گیاهی اطراف ساختمان، باعث می‌شود مرز میان ساختمان و طبیعت به تدریج محو شود. انتخاب گیاهانی که رشد و تغییرات فصلی آن‌ها با الگوهای طبیعی منطقه همخوان است، اهمیت ویژه‌ای دارد. کنترل عناصر بازتابنده و درخشان در ساختمان نیز ضروری

است. شیشه‌های بازتابنده، سطوح فلزی صیقلی، یا هر عنصر دیگری که در نور خورشید برق می‌زند، می‌تواند حتی از فواصل بسیار دور دیده شود و تأثیر بصری ساختمان را چندین برابر افزایش دهد. استفاده از شیشه‌های مات، سطوح بافت‌دار و مصالح غیربازتابنده، راهکار مناسب برای این مسئله است. طراحی فضاهای بیرونی و محوطه‌سازی به شیوه‌ای که گذار تدریجی از ساختمان به طبیعت ایجاد کند، نقش مهمی در کاهش تأثیر بصری دارد. به جای ایجاد مرز واضح میان فضای ساخته‌شده و طبیعی، طراحی سطوح مختلف، استفاده از مصالح با درجات مختلف «طبیعی‌بودن» و ایجاد تراس‌های پیوسته، حس یکپارچگی را تقویت می‌کند (دل کورتو و همکاران، ۲۰۲۲).

۲-۶-۱۰ حفظ تنوع زیستی کوهستانی در طراحی ویلا

حفظ تنوع زیستی کوهستانی در طراحی ویلا یکی از مسئولیت‌های اساسی هر طراح محیط‌زیست‌دوست است که نیازمند درک جامع از اکوسیستم‌های پیچیده کوهستانی، شناخت گونه‌های بومی منطقه و اتخاذ رویکردی جامع برای حفاظت فعال از محیط زیست است. تنوع زیستی کوهستان‌ها به دلیل تنوع زیستگاه‌ها، تغییرات ارتفاعی و شرایط اقلیمی متنوع، از غنای ویژه‌ای برخوردار است که نیاز به حفاظت دقیق و علمی دارد. شناسایی و مطالعه اکوسیستم محلی اولین و مهم‌ترین قدم در حفظ تنوع زیستی است. این مطالعه شامل شناسایی گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه، درک روابط متقابل آن‌ها، شناسایی گونه‌های کلیدی (keystone species) که نقش محوری در اکوسیستم دارند و تعیین گونه‌های در معرض خطر یا حساس است. این اطلاعات پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های طراحی فراهم می‌کند و اولویت‌بندی اقدامات

حفاظتی را ممکن می‌سازد. ایجاد و حفظ زیستگاه‌های مختلف در محدوده ویلا یکی از مؤثرترین راهکارهای حفظ تنوع زیستی است. این شامل ایجاد مناطق مختلف مانند زیستگاه‌های آبی (استخر کوچک، نهر، چشمه مصنوعی)، زیستگاه‌های علفی (چمنزار طبیعی با گیاهان بومی)، زیستگاه‌های چوبی (درختان و بوته‌های محلی) و زیستگاه‌های سنگی (دیوارهای سنگی خشک، تپه‌های سنگی) است. این تنوع زیستگاه‌ها امکان زندگی طیف وسیعی از گونه‌ها را فراهم می‌کند. انتخاب و کاشت گیاهان بومی نقش محوری در حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کند. گیاهان بومی نه تنها با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه سازگار هستند، بلکه رابطه تکاملی پیچیده‌ای با حشرات، پرندگان و سایر حیوانات محلی دارند. این گیاهان غذا، پناهگاه و محل تولیدمثل برای بسیاری از گونه‌های جانوری فراهم می‌کنند. ایجاد باغ پروانه‌ای با گیاهان عسل‌دهنده، کاشت درختان میوه بومی برای پرندگان و حفظ گیاهان دارویی محلی، از جمله اقدامات مؤثر هستند. مدیریت آب به شیوه‌ای که از تنوع زیستی آبریان و نیمه‌آبریان حمایت کند، بخش مهمی از این رویکرد است. ایجاد سیستم‌های تصفیه طبیعی آب، استخرهای بیولوژیک و حوضچه‌های کم‌عمق برای دوزیستان، محیط مناسبی برای رشد و تکثیر گونه‌های مختلف آبری فراهم می‌کند. حفظ کیفیت آب و جلوگیری از آلودگی آن با مواد شیمیایی، برای سلامت کل اکوسیستم ضروری است. ایجاد شبکه‌ای از کریدورهای زیستی که اجزای مختلف اکوسیستم را به هم متصل می‌کند، برای حرکت آزاد حیوانات و انتشار گیاهان ضروری است. این کریدورها شامل نوارهای سبز، ردیف درختان، یا حتی دیوارهای سنگی که می‌توانند زیستگاه مناسبی برای گیاهان کوچک و حشرات باشند، می‌شود. هدف این است که تکه‌تکه شدن زیستگاه (habitat fragmentation) که یکی از اصلی‌ترین تهدیدهای تنوع زیستی است، به حداقل

برسد. کنترل گونه‌های مهاجم و جلوگیری از ورود آن‌ها به اکوسیستم محلی، بخش حیاتی حفاظت از تنوع زیستی است. گیاهان و حیوانات غیربومی می‌توانند با گونه‌های محلی رقابت کرده، منابع را تصاحب نمایند، یا حتی آن‌ها را از بین ببرند؛ بنابراین استفاده از گونه‌های غیربومی در فضای سبز باید کاملاً اجتناب شود و در صورت وجود گونه‌های مهاجم، برنامه کنترل و حذف آن‌ها اجرا شود. ایجاد فضاهای امن تولیدمثل برای حیوانات محلی شامل نصب لانه‌های مصنوعی پرندگان، ایجاد انباشته‌های چوب و برگ برای حشرات مفید و در نظر گیری مناطق آرام که در فصل تولیدمثل دست‌نخورده باقی بمانند، می‌شود. این اقدامات به تداوم چرخه زندگی گونه‌های مختلف کمک کرده و جمعیت آن‌ها را پایدار نگه می‌دارد. نظارت علمی و مستندسازی تغییرات در تنوع زیستی منطقه، امکان ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظتی و اصلاح روش‌ها در صورت لزوم را فراهم می‌کند. این شامل ثبت منظم گونه‌های مشاهده‌شده، پایش تغییرات در جمعیت آن‌ها و ارزیابی سلامت کلی اکوسیستم است. استفاده از اپلیکیشن‌های شناسایی گونه‌ها و ثبت مشاهدات، این فرایند را تسهیل می‌کند. آموزش و مشارکت ساکنان و مهمانان ویلا در فعالیت‌های حفاظتی، تأثیر مثبت بلندمدتی بر تنوع زیستی منطقه دارد. ایجاد برنامه‌های آموزشی درباره گونه‌های محلی، اهمیت حفاظت از محیط زیست و نحوه مشارکت فعال در این عرصه، فرهنگ زیست‌محیطی را تقویت کرده و اثرات مثبت پروژه را فراتر از مرزهای ویلا گسترش می‌دهد (میسون و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۲-۱۰: تأثیر طراحی پایدار بر حفظ تنوع زیستی

۲-۳ پیشنهاد تحقیق

نیکدل و همکاران در سال ۱۴۰۴ در تحقیقی تحت عنوان «استفاده از مصالح پایدار در معماری، راهکاری برای کاهش اثرات زیست محیطی» بان داشتند که این مقاله به بررسی استفاده از مصالح پایدار در معماری و تأثیر آن بر کاهش اثرات زیست محیطی در پروژه های شهری می پردازد. با توجه به چالش های زیست محیطی ناشی از رشد سریع شهرنشینی و تغییرات اقلیمی، استفاده از مصالح پایدار به عنوان یک راهکار کلیدی در طراحی و ساخت ساختمان ها مطرح می شود. این مصالح که معمولاً از منابع تجدیدپذیر و با فرآیندهای کم مصرف تولید می شوند، می توانند به کاهش مصرف انرژی، کاهش تولید زباله و بهبود کیفیت هوای داخلی کمک کنند. تحقیق حاضر به تحلیل پروژه های موفق می پردازد که در آن ها از

مصالح پایدار استفاده شده است، نظیر ساختمان های سبز و پروژه های شهری پایدار. همچنین، چالش ها و موانع موجود در مسیر پذیرش این مصالح، از جمله هزینه های اولیه، عدم آگاهی عمومی و موانع قانونی، بررسی می شود. در نهایت، راهکارهایی برای ترویج استفاده از مصالح پایدار در پروژه های شهری ارائه می گردد. این راهکارها شامل افزایش آگاهی عمومی، ارائه مشوق های مالی از سوی دولت و ایجاد استانداردهای مشخص برای ارزیابی کیفیت مصالح پایدار است. با اجرای این راهکارها، می توان به کاهش اثرات منفی زیست محیطی در پروژه های شهری و ایجاد فضاهای زندگی پایدارتر دست یافت.

والا و همکاران در سال ۱۴۰۳ در تحقیقی تحت عنوان «بررسی ابعاد معماری پایدار با تولید انرژی و کاهش آلاینده‌گی در معماری بیومیمتیک (PBR) با رویکرد بیوتکنولوژی زیست محیطی» بیان داشتند که تغییرات آب و هوایی، تقاضای جهانی انرژی و انتشارات گازهای گلخانه ای از انرژی ها) انتشار CO₂ ناشی از احتراق سوخت (به عنوان جدی ترین تهدید برای انسان ها، به ویژه در شهرهای پرجمعیت ظاهر شده اند. در نتیجه، نیاز به ارتباط مجدد با طبیعت و الهام گرفتن از مکانیسم های آن و همچنین استفاده از منابع انرژی پاک تجدیدپذیر وجود دارد؛ بنابراین، این مقاله یک رویکرد بیومیمتیک و استراتژی هایی به منظور دستیابی به تعادل بوم شناختی و ایجاد زیست سوخت با استفاده از جلبک در نمای ساختمان ارائه می کند و در یک مطالعه موردی برای بهسازی پوسته-های ساختمانی با راه حل های الهام گرفته از طبیعت در نظر می گیرد. با استفاده از محاسبات ریاضی، تجزیه و تحلیل بار انرژی و مصاحبه با کارشناسان، معماران و ساکنان ساختمان ها در مورد این فناوری، می توان عملکرد نمای ساختمان را با نمای جلبکی

پیشنهادی برای تولید انرژی مقایسه کرد. نتایج نشان می دهد که مصرف انرژی الکتریکی ۴۵ تا ۵۰ درصد و همینطور میزان انتشار کربن را می توان کاهش داد. این مطالعه به این نتیجه رسید که استفاده از جلبک به عنوان المانی از پوسته ساختمان در شهرهای پرجمعیت به عنوان یک استراتژی معماری بیو میمیتیک به یک رویکرد زیست محیطی نوآورانه کمک می کند.

نصیر زاده در سال ۱۴۰۳ در تحقیقی تحت عنوان «تحلیل نقش بازآفرینی شهری بر کاهش مصرف انرژی در کاربری مسکونی (مورد مطالعه: منطقه ۱۰ تهران)» بیان داشتند که بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی، هدفی متعالی در راستای کاهش مخاطرات محیطی و توسعه پایدار شهری است. از این رو، در این پژوهش به نقش بازآفرینی شهری در کاهش مصرف انرژی در کاربری مسکونی منطقه ۱۰ شهرداری تهران پرداخته شده است. تحقیق حاضر از نظر هدف، توسعه ای-کاربردی و از نظر ماهیت و روش، تحقیقی توصیفی-تحلیلی است. این تحقیق، مشتمل بر تلفیقی از الگوریتم های یادگیری است که به روش کمی اجرا شده است. جامعه آماری، کلیه ساختمان های مسکونی منطقه ۱۰ شهرداری تهران می باشد. شاخص های ارزیابی مشتمل بر میزان مصرف آب، برق و گاز خانوارها به علاوه ۳۵ شاخص دیگر است که در چهار بعد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کالبدی قرار داده شده اند. برای تجزیه و تحلیل داده ها، از روش فرآیند گوسی با کرنل جنگل تصادفی و روش پرسترون چند لایه بهره گرفته شده است. همچنین از نرم افزار Arc GIS برای تحلیل فضایی واحدهای ساختمانی و نرم افزار Excel برای محاسبات و دسته بندی داده ها استفاده شده است. یافته ها بیانگر آن هستند که با توجه به ضریب همبستگی ۰/۴۲ و ریشه میانگین

مربعات خطا ۰/۲۴ میانگین خطای مطلق ۰/۱۹، بخش آزمایش برای پارامتر خروجی آب دارای بهترین عملکرد در مدل فرآیند گوسی بوده است و در بخش آزمایش پارامتر برق، ضریب همبستگی ۰/۹۹، ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۰۰۱ و میانگین خطا مطلق ۰/۰۰۱ در مدل فوق، دارای بهترین عملکرد از بین مدلسازی بوده و همچنین در بخش آزمایش مصرف گاز، ضریب همبستگی ۰/۴۷، ریشه میانگین مربعات ۰/۳۹ خطا و خطای مطلق ۰/۳۳ در بین مدلها مدل فوق دارای بهترین عملکرد بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر این شاخص درصد قابل قبولی برای تعیین بهترین مدل با توجه به ضریب همبستگی بالاتر و ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق کمتر برای آنالیز حساسیت پارامترهای مستقل قرار دارد.

وثوقی و همکاران در سال ۱۴۰۲ در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی مولفه های محیطی و غیرمحیطی موثر بر تاب آوری اجتماعی در محلات مسکونی (مطالعه موردی: محلات منتخب بابل)» بیان داشتند که تاب آوری اجتماعی شامل شرایطی است که تحت آن، افراد با تغییرات انطباق می یابند و درواقع بیانگر توان جامعه در پاسخ گویی به بحران هاست. پژوهش حاضر، در جهت تبیین مولفه های تاثیرگذار بر تاب آوری اجتماعی در محلات مسکونی و ارزیابی کیفیت آن در سه محله بابل صورت گرفته است. اطلاعات جمع آوری شده از ۳۸۴ پرسشنامه، تحت تحلیل عاملی اکتشافی، آزمون های T تک نمونه ای و آنالیز واریانس بررسی شده اند. مولفه های موثر یافت شده، از حیث خواستگاه و نحوه تاثیر گذاری به دو گروه مولفه های محیطی و غیرمحیطی تقسیم شدند. نتایج نشان می دهد، در بین مولفه های محیطی، «دلبستگی به مکان»،

«حس امنیت» و «تعاملات اجتماعی» به ترتیب با مقادیر ویژه ۳/۱۹۶، ۲/۹۵۲ و ۲/۹۳۷ و در بین مولفه های غیرمحیطی، «آگاهی و دانش» با مقدار ویژه ۱/۹۴۹ بیشترین تاثیرگذاری را بر تاب آوری اجتماعی داشته اند. همچنین سطح تاب آوری اجتماعی به ترتیب در محله پیرعلم و برج بن با میانگین ۳/۱۶۸ و ۳/۰۳۳ وضعیت نسبتاً مطلوب و محله شهاب نیا با میانگین ۲/۹۹۴ وضعیت نامطلوبی دارد.

محمد یانی و همکاران در سال ۱۴۰۲ در تحقیقی تحت عنوان «نقش عوامل محیطی و فرهنگی در فرم و ساختار معماری بناهای مسکونی قاجاری» بیان داشتند که شکل و فرم فضاهای مسکونی همواره تحت تاثیر شاخص های مختلفی است که در خانه های سنتی به خوبی رعایت شده و نقش مهمی در سازگاری با اقلیم و ویژگی های منطقه ای داشته اند. خانه های سنتی با محیط طبیعی و فرهنگی هماهنگ هستند؛ از عوامل طبیعی بهره برده و در تقابل با شرایط نامساعد اقلیمی کاملاً موفق بوده اند. هدف این تحقیق، شناخت نقش عوامل محیطی و فرهنگی در معماری خانه های قاجاری است. در این راستا ۱۰ مورد از خانه های کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفته اند. این تحقیق از نوع کیفی - کمی است و مبتنی بر گردآوری داده ها از طریق ابزار پرسش نامه و مصاحبه است. روایی پرسش نامه از طریق نخبگان تایید و پایایی نیز از طریق آلفای کرونباخ بالای ۰/۷۰ تایید شد. جامعه آماری بخش کیفی شامل ۱۸ نفر از خبرگان معماری و کارشناسان میراث فرهنگی بوده که به شیوه هدف مند و با اشباع نظری ۱۱ نفر انتخاب شده اند. جامعه آماری بخش کمی تحقیق را ۴۶۰ نفر از اساتید و دانشجویان معماری تشکیل داده اند. تعداد نمونه براساس جدول مورگان ۲۱۳ نفر است. باتوجه به یافته های پژوهش در بخش کیفی تاثیر عوامل اقلیمی و زمینه ای

بر معماری خانه های قاجاری کرمانشاه احصاء گردید و در بخش کمی، به منظور تعیین اعتبار متغیرهای زمینه ای از روش تحلیل عاملی تاییدی استفاده شد. خروجی نرم افزار آموس نشان داد تمام بارهای عاملی بالاتر از ۰/۳ هستند، لذا برازش مدل و مسیرها مناسب بوده و متغیرهای برشمرده تایید گردیدند. اهداف پژوهش: مشخص کردن تاثیرات عوامل زمینه ای و اقلیمی بر فرم و ساختار معماری بناهای مسکونی قاجاری. شناخت اثرگذاری عوامل فرهنگی، مدرنیزاسیون و معماری غربی بر فرم و ساختار معماری خانه های دوره قاجار. سوالات پژوهش: فرم و ساختار معماری خانه های قاجاری از عوامل زمینه ای و اقلیمی چه تاثیراتی پذیرفته است؟ عوامل فرهنگی، مدرنیزاسیون و معماری غربی بر معماری خانه های قاجاری چه اثراتی داشته اند؟

جهانتاب و همکاران در سال ۱۴۰۱ در تحقیقی تحت عنوان «ارتباط تنوع گونه ای و عوامل محیطی در مراتع کوهستانی چهار باغ گلستان» بیان داشتند که به منظور مدیریت صحیح و بهره برداری پایدار از اکوسیستم های مرتعی، شناخت ارتباط بین عوامل بوم شناختی طبیعت و پوشش گیاهی ضروری است. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط تنوع گونه ای و عوامل محیطی (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ویژگی های توپوگرافی و فیزیوگرافی) در مراتع کوهستانی چهار باغ گلستان انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه مراتع ییلاقی چهارباغ گلستان با وسعتی در حدود ۹ هزار هکتار در فاصله ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان گرگان قرار دارد. ابتدا شش تیپ گیاهی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد و جهت نمونه برداری و اندازه گیری در هر تیپ گیاهی، سه ترانسکت ۳۰۰ متری مستقر و در طول هر

ترانسکت ۱۰ پلات و در مجموع ۳۰ پلات در هر تیپ گیاهی بکار گرفته شد. در هر پلات درصد پوشش تک تک گونه ها برآورد شد. همچنین در هر ترانسکت، از پلات اول و آخر با توجه به عمق ریشه دوانی گیاهان غالب منطقه نمونه خاک برداشته شد. نمونه های خاک بعد از الک کردن، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیت، پتاسیم، فسفر، آهک، رطوبت اشباع و مقدار مواد آلی به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین در هر نقطه برداشت نمونه خاک شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا اندازه گیری شد و بطور متوسط شیب، جهت اصلاح شده و ارتفاع متوسط برای هر تیپ گیاهی اندازه گیری شد. به منظور بررسی رابطه تنوع گونه ای با ویژگی های توپوگرافی و فیزیوگرافی و خصوصیات خاک تیپ ها، بر اساس طول گرادیان، از روش های رسته بندی آنالیز افزونگی به عنوان روش خطی استفاده شد. تمامی محاسبات آماری برای انجام رسته بندی با استفاده از نرم افزار Canoco نسخه ۵ و محاسبات مربوط به تنوع گونه ای، با استفاده از نرم افزار PAST نسخه ۳/۱۷ انجام شد. نتایج میانگین شاخص های مارگالف (۱۴/۱۲) و غنای ویتاکر (۴۱) در تیپ ۱ (Ar au- St ba) بیشتر از سایر تیپ ها می باشد. همچنین میانگین شاخص های شانون (۳/۳۰۶) و یکنواختی (۰/۹۱) در تیپ ۶ (Ho vi- Cr ko- Ag in) بیش از سایر تیپ ها می باشد. تیپ Ju po- On co- St ba دارای بیشترین مقدار شیب (۵۱/۶ درصد) می باشد، از طرفی تیپ St ba- On co دارای کمترین مقدار شیب (۵/۶ درصد) می باشد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص های یکنواختی سیمپسون و تنوع گونه ای شانون- واینر تیپ ها، تحت تاثیر شیب دامنه، مقدار کربن آلی و هدایت الکتریکی می باشد. عامل شیب مهمترین عامل موثر بر شاخص های یکنواختی سیمپسون و تنوع گونه ای شانون- واینر است. نتایج تحلیل افزونگی نشان داد که رابطه

خصوصیات تیپ ها با شاخص های تنوع گیاهی، معنی دار است. نتایج نشان داد با افزایش مقدار پتاسیم و هدایت الکتریکی مقدار شاخص یکنواختی نیز افزایش پیدا می کند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش فاکتورهای آهک و اسیدیته میزان شاخص شانون نیز افزایش پیدا می کند. شاخص های شانون با فاکتورهای شیب جهت و ارتفاع رابطه عکس دارد. همچنین بر اساس نتایج با افزایش فاکتورهای رس رطوبت اشباع و سنگریزه مقدار شاخص مارگالف افزایش پیدا می کند. بر اساس نتایج شاخص مارگالف با فاکتور شن رابطه عکس دارد.

مقدسی و همکاران در سال ۱۴۰۱ در تحقیقی تحت عنوان «سنجش و بررسی تاب آوری کالبدی-محیطی و اجتماعی در مجتمع های مسکونی، نمونه موردی: کوی نو بنیاد (برج های asp)» بیان داشتند که در سال های اخیر، مطالعه درباره ی مفاهیم تاب آوری در مناطق مختلف شهری در مقیاس های مختلف، توجه ویژه ای را به خود جلب کرده است، هرچند سطح و تعداد این مطالعات بسیار کم می باشد. به ویژه در شهر تهران که به یک باره از دوره سنت وارد دوره مدرن شده است این موضوع می تواند مورد توجه قرار گیرد. در پژوهش کنونی ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه ای در این زمینه، آیتم های مربوط به تاب آوری های کالبدی محیطی و اجتماعی در مجتمع های مسکونی، استخراج گردید. سپس در این مجتمع ها حالت های متعددی از این نوع تاب آوری ها وجود دارد که با مطالعه و طبقه بندی آن ها می تواند به میزان مطلوبیت این مجتمع ها دست یافت. نمونه موردی مورد مطالعه در این پژوهش، مجتمع مسکونی کوی نوبنیاد می باشد، زیرا بااینکه سال ساخت آن بالای آن، از محبوبیت بسیاری برخوردار است. این پژوهش با

روش تفسیری و در قالب تحلیل کیفی و کمی صورت پذیرفته است. پرسشنامه که در مورد سنجش میزان تاب آوری کالبدی-محیطی و اجتماعی میان ساکنین این مجتمع توزیع گردید. از یافته های این پژوهش می توان دریافت که مجتمع کوی نوبنیاد (برج های آ.اس.پ) علی رغم قدمت بالای آن، میزان تاب آوری متوسط تا زیاد دارند. با بررسی انجام شده، می توان الگوهای استفاده شده در این مجتمع را که باعث ماندگاری، محبوبیت و تاب آوری بالای آن شده، در طراحی مجتمع های مسکونی مدرن به کاربرد تا بتوانیم ساختمان های ماندگار داشته باشیم.

صابری فر در سال ۱۴۰۰ در تحقیقی تحت عنوان «تحلیل تباین کیفیت محیط مسکونی محلات شهری بر اساس مولفه های زیست محیطی (مطالعه موردی: شهر مشهد)» بیان داشتند که پژوهش حاضر به روش توصیفی و تحلیلی، عوامل مهم اختلاف کیفیت زیست محیطی محلات مسکونی شهر مشهد را با توجه به شرایط اجتماعی، مزاحمت های زیست محیطی ارزیابی نموده است. داده ها از نمونه ای به حجم ۳۸۴ نفر و با استفاده از پرسشنامه محقق ساخته گردآوری شد. در این بررسی، داده های مرتبط با شرایط زیست محیطی، مزاحمت های آن و تعاملات اجتماعی به دست آمد. داده های گردآوری شده با استفاده از آماره های مختلف به خصوص آزمون کای اسکویر و رگرسیون لجستیک تعمیم یافته در نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که آلودگی ناشی از ترافیک در محلات، از گستردگی بالایی برخوردار بوده و سایر آلودگی ها بر اساس نوع، اغلب نقطه ای بوده و هر محدوده شرایط خاص خود را دارد. در تعیین سطوح آلودگی نقطه ای، عوامل زمینه ای چون مدت اقامت در شهر (سطح شهرنشینی)، تحصیلات، سن و

وضعیت اجتماعی - اقتصادی، تعیین کننده بودند. به طوری که افراد با سابقه سکونت و شرایط اجتماعی - اقتصادی بهتر، از شدت آلودگی ها به خصوص در ارتباط با ابعاد زیست محیطی (۲/۳-۲۱/۳)، مزاحمت ها (۴/۳-۴/۶) و ناهنجاری های اجتماعی (۲/۰-۴/۴)، بیش از سایرین اظهار نارضایتی کردند. نظر به تفاوت سطح دریافت آسیب ها در بین ساکنین، چگونگی دخالت ها با چالش اساسی روبروست. در این شرایط، برنامه ریزی و رفع مشکلات محیطی به راحتی ممکن، اما کنترل حساسیت های متفاوت، به شدت دشوار است.

بیرگانی و همکاران در سال ۱۴۰۰ در تحقیقی تحت عنوان «طراحی فضاهای مسکونی بر پایه اصول روان شناسی محیطی در شهر اهواز (نمونه موردی: منازل ویلایی تایپ B در شهرک مسکونی نفت اهواز)» بیان داشتند که با توجه به رشد سریع جمعیت، متأسفانه شاهد بحران کمبود فضای شخصی و خلوت برای افراد در جامعه در رابطه با موضوع مسکن می باشیم. مسکن به عنوان یکی از دیده های واقعی، نخستین مسیله ای است که بشر همواره با آن دست به گریبان بوده و در تلاش برای دگرگونی و یافتن پاسخی مناسب، معتدل و اندیشیده، برای آن است. در روان شناسی محیطی به تاثیر متقابل رفتار، عوامل و شرایط فیزیکی معماری و فضاهای محیط پیش از دیگر جنبه ها اهمیت داده است. با توجه به این رویکرد، کیفیت فضایی آن باید به گونه ای باشد که فرد به آن تعلق داشته و هویت فردی خود را آن بازابد تا در آن به آسایش برسد. هدف از نگارش این پژوهش طراحی فضاهای مسکونی بر پایه اصول روان شناسی محیطی و کشف مولفه های موثر بر رفتار ساکنین در فضاهای مسکونی می باشد. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی،

ماهیت و گردآوری داده ها مطالعاتی (توصیفی)-استنباطی (تحلیلی) و از نوع کمی-کیفی می باشد که روش های مختلف تحقیق پیمایشی-قیاسی استفاده می شود. پرسشنامه به نقش سه پارامتر موثر بر فضای مسکونی به وسیله طیف لیکرت اعتبار م دهد. برای تحلیل داده های پرسشنامه در نرم افزار آماری SPSS از آزمون همبستگی پیراسون و رگرسیون خطی، ارتباط سه پارامتر مشخص گردیده و پس از برآیندها، فرضیه های پژوهش را مورد آزمون t-test قرار می دهیم. یافته های نوشتار حاضر بیانگر آن است که شناخت عوامل تاثیرگذار روان-شناسی محیط در ایجاد فضاهای مسکونی باعث درآیش بر آسایش و آرامش انسان می شود و پیوستگی ابعاد روانی انسان با معماری و نقش کالبدی محیط در ایجاد آرامش و شاد زیستن سود بخش است. در این راستا با طراحی بناهایی که اصول پایداری در فرآیند طراحی آن مورد پروا قرار می گیرد می توان موقعیت منحصر به فردی را بابت ارتقا سلامت فردی و اجتماعی کاربران در شهر ایجاد کرد.

علی آبادی و همکاران در سال ۱۳۹۹ در تحقیقی تحت عنوان «بهره برداری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌گی زیست محیطی» بیان داشتند که انرژی خورشید به عنوان یک انرژی بی نهایت، پاک، تجدیدپذیر و مقرون به صرفه بودن می تواند جایگزین سوخت های فسیلی گردد. با استفاده از انرژی خورشیدی که به عنوان یک انرژی تمیز و پاک محسوب می گردد، می توان باعث کاهش مصرف انرژی، کاهش وابستگی به نفت و همچنین کاهش انتشار گازهای آلاینده گردید. سلول خورشیدی نیز می تواند با جذب نور خورشید، برق تولید نماید. از این رو در منازل مسکونی که به دست بشر ساخته می شود، میزان مصرف انرژی در آن ها زیاد می باشد و از آنجا که

سوخت های تجدیدناپذیر یک روز به پایان می رسند، استفاده از پنل های خورشیدی در منازل مسکونی به جهت تامین انرژی الکتریکی می تواند بهترین گزینه باشد. از همین رو در مقاله پیش رو از انرژی خورشیدی در یک ساختمان دو طبقه سه واحدی توسط نرم افزار PVSYST استفاده و شبیه سازی گردیده است.

طاهری و همکاران در سال ۱۳۹۹ در تحقیقی تحت عنوان «بررسی راهکارهای کاهش اثرات مخرب زیست محیطی انسانی و افزایش رابطه ی انسان با طبیعت از طریق اصلاح الگوی طراحی معماری» بیان داشتند که امروزه مساله ی انرژی به مساله ی اصلی جهان تبدیل شده است و دولتها با تبیین برنامه های بلند مدت سعی در کاهش مصارف سوختهای فسیلی دارند. طبقاتی که زمین، از این ازدیاد مصرف متحمل شده است ابعاد گسترده ای، مانند گرمایش زمین و آلودگیهای زیست محیطی را شامل شده است؛ اما قدر مسلم اینکه ساختمانها به عنوان یکی از اصلیتین ارکان مصرف، سهم به سزایی در مصرف انرژی را به خود اختصاص داده اند که همین امر سبب شده است توجه معماران و طراحان شهری به اصلاح الگوی مصرف جلب شود. از دیگر سو پیوند انسان با طبیعت در جهت ارتقا سطح سلامت روحی و جسمی، امری کتمان ناپذیر است؛ به همین دلیل است که معماران علاوه بر اندیشیدن تدابیر طراحی در راستای کاهش مصرف انرژی های تجدیدناپذیر، بر آن شدند که کابرن را به محیطی دلچسب فراخوانند که هم پاسخگویی شرایط آسایش جسمانی باشد، هم نیازهای معنوی را پوشش دهد. در این پژوهش تلاش میشود جنبه های کالبدی

کاهش آسیب های زیست محیطی به وسیله ی یک طراحی مناسب بررسی و معرفی شود که در عین حال میتوانند سازوکار بسترسازی رفع نیازهای روحی کاربران در برقراری ارتباط با طبیعت باشد.

غائبی و همکاران در سال ۱۳۹۸ در تحقیقی تحت عنوان «ا مدل سازی عددی ذخیره سازی فصلی انرژی در اکیفر برای استفاده یک مجتمع مسکونی و بررسی اثرات اقتصادی و زیست محیطی» بیان داشتند که کیفرها (سفره های آب زیرزمینی) ساختارهای متخلخلی هستند که محتوی و انتقال دهنده آب می باشند. فراوانی و پراکندگی این ساختارها آنها را برای ذخیره سازی انرژی جالب توجه می نماید؛ بویژه سفره های آب زیرزمینی محبوس که از بالا و پایین توسط لایه های نفوذ ناپذیر رسی محدود شده و از آب، اشباع می باشند. یک اکیفر محبوس با سرعت آب زیرزمینی بسیار پایین جهت تامین نیازهای سرمایشی و گرمایشی یک مجتمع مسکونی در تهران در نظر گرفته شده است. سه نوع بهره برداری مختلف جهت استفاده از ذخیره سازی فصلی انرژی حرارتی در اکیفر برای تامین نیاز گرمایشی و سرمایشی سالانه مجتمع بررسی شده است. این موارد شامل استفاده تنها از ذخیره سازی انرژی در اکیفر برای سرمایش، تلفیق آن با کلکتورهای خورشیدی جهت گرمایش و تلفیق آن با پمپ حرارتی جهت سرمایش و گرمایش بوده است. برای ارزیابی اقتصادی از روش ارزیابی چرخه عمر استفاده شده است. نرم افزار Ret Screen برای ارزیابی زیست محیطی بکار گرفته شده است. نتایج نشان دادند که از بین بهره برداری های مختلف، استفاده تنها از ذخیره سازی انرژی در اکیفر برای سرمایش دارای کمترین بازگشت سرمایه (۲/۴۱ سال) و کمترین میزان هزینه چرخه عمر (۱۶۰۰۰ دلار) بوده است. همچنین تلفیق ذخیره سازی انرژی در اکیفر با

پمپ حرارتی برای تامین نیاز سرمایشی و گرمایشی کمترین میزان تولید گاز دی اکسید کربن (۳۵۹ تن در سال) را داشته است.

قاسمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ در تحقیقی تحت عنوان «امکان سنجی استفاده از CHP در واحدهای مسکونی به منظور کاهش آلاینده های زیست محیطی» بیان داشتند که در این مقاله کاربرد سیستم CHP در کاهش مصرف انرژی و CO_2 تولیدی ارزیابی شده است. یک برج مسکونی و یک آپارتمان بعنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده اند. سیستم CHP در هر دو مورد بر مبنای دو سناریو (انرژی حرارتی و الکتریکی مورد نیاز) انتخاب شده اند. نتایج نشان می دهد که تولید CO_2 و مصرف انرژی، هنگامی که سیستم تولید همزمان انتخابی بر پایه تقاضای انرژی الکتریکی باشد، کاهش خواهد یافت، در این صورت هزینه ثابت افزایش می یابد. در صورتی که مبنای انتخاب سیستم تقاضا برای برق واحد مسکونی باشد سیستم های CHP با ظرفیت ۱۰ کیلووات برای آپارتمان مورد بررسی و ظرفیت ۷۰۰ کیلووات برای برج کفایت می کند، ضمناً نتایج نشان داد که در سناریوی دوم (گرمای مورد نیاز) هزینه های ثابت، کاهش می یابد اما تولید CO_2 و سوخت مصرفی افزایش خواهد یافت.

احمد غازی در سال ۲۰۲۵ در تحقیقی تحت عنوان «ادغام معماری مدرن سوندایی در طراحی و برنامه ریزی ویلای کوهستانی برای گردشگری» بیان داشتند که این مطالعه به بررسی تلفیق معماری مدرن سوندایی در طراحی و برنامه ریزی ویلاهای کوهستانی در پاجروانگی، لمبانگ، برای حمایت از گردشگری پایدار می پردازد. با استفاده از یک رویکرد کمی استنباطی، داده های حاصل از بررسی ها و مشاهدات ساختاریافته،

همبستگی‌های معناداری را بین مصالح سنتی، صنایع دستی و نمادهای فرهنگی با ترجیحات گردشگران نشان می‌دهد. یافته‌ها، جذابیت طرح‌های اصیل فرهنگی را که عناصر بومی را با سبک‌های معاصر ترکیب می‌کنند، برجسته می‌کند. چالش‌های موجود در ساخت ویلاهای مدرن، مانند نادیده گرفتن ارزش‌های فرهنگی، با توصیه‌هایی برای گنجاندن میراث فرهنگی در اصول طراحی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این رویکرد مشارکتی بر مشارکت جوامع محلی برای تضمین پایداری و اصالت تأکید دارد. بینش‌های عملی برای توسعه‌دهندگان و سیاست‌گذاران ارائه می‌شود تا با ایجاد مقاصد گردشگری پایدار و طنین‌انداز فرهنگی، برنامه‌ریزی گردشگری را بهبود بخشند. این مطالعه بر ارزش نوسازی معماری سنتی برای برآوردن نیازهای معاصر در عین حفظ هویت فرهنگی تأکید می‌کند

اکبری در سال ۲۰۲۵ در تحقیقی تحت عنوان «پیاپی‌سازی راه‌حل‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای توسعه پایدار در مناطق کوهستانی: مطالعه موردی دره چرو» بیان داشتند که این پایان‌نامه به بررسی یکپارچگی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به عنوان راه‌حلی برای توسعه پایدار در مناطق کوهستانی می‌پردازد و از شهر تاریخی روستازا در دره چرو، ایتالیا، به عنوان مطالعه موردی استفاده می‌کند. این پژوهش چگونگی استفاده از BIM برای مقابله با چالش‌های منحصربه‌فرد این مناطق، از جمله زمین‌های پیچیده، اقلیم‌های سخت و نیاز به حفظ میراث فرهنگی را بررسی می‌کند. این مطالعه با تمرکز بر بهره‌وری انرژی، بهینه‌سازی زیرساخت‌ها و مشارکت جامعه، پتانسیل BIM را برای مدرن‌سازی ساختمان‌ها، بهبود عملکرد حرارتی و تقویت زیرساخت‌های مقاوم ارزیابی می‌کند، در حالی که هویت معماری و فرهنگی

روساترا را حفظ می‌کند. پایان‌نامه دو مدل BIM را توسعه می‌دهد: یکی برای ساختمانی با نگهداری خوب و دیگری برای ساختمانی با نگهداری کمتر که هر دو در کلاس‌های بهره‌وری انرژی پایین (F و G) دسته‌بندی شده‌اند. از طریق شبیه‌سازی‌های مبتنی بر داده، توانایی BIM در ارائه مداخلات سفارشی مانند بازسازی، بهینه‌سازی انرژی و مقاومت سازه‌ای نشان داده می‌شود. یافته‌ها بر اهمیت BIM در حمایت از بازسازی پایدار، امکان همکاری ذی‌نفعان و در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، مانند حفاظت از تنوع زیستی، تأکید دارند. این مطالعه با ارائه چارچوبی قابل تکرار، بینش‌هایی را برای به‌کارگیری BIM در مناطق مشابه فراهم می‌کند و نقش آن را در ایجاد تعادل بین پایداری و حفظ میراث در محیط‌های پیچیده برجسته می‌سازد.

سیاری و همکاران در سال ۲۰۲۳ در تحقیقی تحت عنوان «طراحی خانه معماری با رویکرد معماری پایدار زیست‌محیطی با تأکید بر حداکثر بهره‌وری نور طبیعی در اقلیم‌های کوهستانی» بیان داشتند که با افزایش جمعیت و رشد نرخ ساخت‌وساز، تقاضا برای مواد جدید در صنعت ساختمان نیز به دلیل محدودیت منابع و مواد مصرفی افزایش یافته است. با پیشرفت در زمینه مواد و همچنین روش‌های ساخت خلاقانه، حرکت به سمت ساختمان‌های اقتصادی‌تر و سازگار با محیط زیست ضروری است. یکی از فناوری‌های نوین برجسته قرن حاضر، بهینه‌سازی مصرف انرژی در فضاهای معماری است که می‌تواند برای تأمین نیازهای صنعت ساختمان استفاده شود. مزایای استفاده از این فناوری شامل صرفه‌جویی در انرژی و در نتیجه صرفه‌جویی اقتصادی است. رویکرد ساختمان سبز که به بهبود محیط زیست در ساختمان‌ها کمک می‌کند،

در کنار صنعتی سازی فعالیت های ساختمانی، صرفه جویی های مهمی در بخش آب و انرژی فراهم می آورد که مشارکت ارزشمندی در اهداف اقتصادی کشورها محسوب می شود. این نگرش که از مفاهیم توسعه پایدار نشأت می گیرد، یکی از نیازهای اساسی انسان در دنیای صنعتی کنونی است که با هماهنگی و هم راستایی با محیط زیست دنبال می شود. در معماری، موضوعات بحث برانگیزی مانند زندگی و توسعه پایدار وجود دارد که در آن ها ایده ها و استراتژی های متنوعی ارائه شده است. در این مقاله، طراحی یک خانه معماری با رویکرد معماری پایدار مبتنی بر حداکثر استفاده از نور طبیعی در اقلیم های کوهستانی بررسی می شود که به نوبه خود می تواند برای دستیابی به معماری پایدار به عنوان نمادی از کاهش مصرف انرژی و بهره مندی از نور طبیعی در محل، یعنی شهر کرمانشاه، استفاده شود.

بهرامی فر و همکاران در سال ۲۰۲۲ در تحقیقی تحت عنوان «طراحی سازگار با محیط زیست در معماری بومی مناطق کوهستانی. مورد مطالعه: روستای کنگ، ایران» بیان داشتند که معماری بومی با شرایط محلی بسیار سازگار است و اغلب به عنوان معماری سازگار با محیط زیست و پایدار از آن یاد می شود. امروزه با توجه به مسائلی که محیط زیست را تهدید می کند، توجه مجدد به این روش های سازگاری و کاربرد آنها در معماری معاصر می تواند یکی از اولویت های برنامه ریزی معماری باشد. این پژوهش در پی پاسخ به این سوال است که معماری بومی در مناطق کوهستانی چگونه برای سازگاری با ویژگی های محلی شکل می گیرد و به ویژه نقش فضاهای نیمه باز در این هماهنگی چیست. این مقاله، مطالعه موردی واحدهای مسکونی روستای کنگ، شهرستان طربه، استان خراسان رضوی، ایران است. برای این منظور، متغیرهای

کالبدی روستا، شامل چگونگی استقرار و شکل‌گیری بافت روستا و معابر آن، ساختار توده و فضا، پیکربندی واحدهای مسکونی و شکل‌گیری فضاهای بسته، باز و نیمه باز، انواع مصالح، تکنیک‌های ساخت و جزئیات ساخت و ساز و مسائل مربوط به بازشوهای واحدهای مسکونی در ۳۵ نمونه خانه روستا مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی کالبدی روستا، مطابق با اصول پیشنهادی در جدول ماهونی برای اقلیم‌های سرد و نیمه خشک، بیشترین گرمایش غیرفعال را ایجاد می‌کند. بررسی ویژگی‌های کالبدی فضاهای نیمه‌باز نسبت به واحد مسکونی نشان می‌دهد که این فضاها نقش عمده‌ای در هماهنگی ساختمان با سردسیری منطقه دارند.

آنا وویتاس-هاران در سال ۲۰۱۸ در تحقیقی تحت عنوان «مفهوم توسعه پایدار در مدیریت فضایی واحدهای سکونتگاهی کوهستانی» بیان داشتند که رابطه بین محیط ساخته‌شده و طبیعت در مناطقی با دارایی‌های طبیعی ارزشمند به‌ویژه قابل توجه است. شرایط فیزیوگرافی خاص در این مناطق اغلب آغازگر توسعه شهرها هستند و حتی انگیزه‌ای برای ایجاد سکونتگاه‌های جدید و مدرن می‌شوند. بسیاری اوقات، مزایای زیست‌محیطی به طور پارادوکسیکال به نابودی خودشان منجر می‌شوند. اثرات ساخت‌وساز نشانه‌گذاری می‌کنند. در ابتدا، این اثرات به‌عنوان مکملی برای دنیای طبیعی عمل می‌کنند تا زمانی که از مرزهای دشوار برای تعریف عبور نکنند. هدف این پایان‌نامه جستجوی راه‌حلی است که امکان پایداری فضایی بین محیط‌های ساخته‌شده و طبیعی در منطقه کارکونوشه را فراهم کند. این منطقه کوهستانی جذاب که برای ورزش و گردشگری استفاده می‌شود، اکنون با فرآیندهای شهرنشینی مواجه است. این مسائل با

استفاده از روش مقایسه‌ای تحلیل می‌شوند که مفاهیم مختلفی از شهرهای واقع در مناطق کوهستانی مرتفع اتریش را ارائه می‌دهد. اقامتگاه‌های توصیف‌شده با زیرساخت‌های پیشرفته اسکی و گردشگری می‌توانند نمونه‌هایی از حفظ مقیاس و شخصیت منحصر به فرد باشند، با وجود نیازها و انتظارات جدید گردشگران و ورزشکاران. فرصتی برای توسعه استانداردهای محلی خود برای استفاده از فضا در کارکونوشه وجود دارد. یافته‌های کلیدی به‌ویژه به اندازه و سطح تراکم روستاها مربوط می‌شود، زیرا این عوامل بر امکان حفظ رابطه مناسب بین انسان و طبیعت تأثیر می‌گذارند. مسئله حفاظت و استفاده از مجموعه‌های تاریخی در زمینه مدیریت کارآمد فضا نیز از اهمیت برخوردار است.

دسیدری در سال ۲۰۱۲ در تحقیقی تحت عنوان «مطالعه امکان‌سنجی و طراحی یک واحد مسکونی کم‌انرژی در پارک ساگارماتا برای کاهش تأثیر زیست‌محیطی ساختمان‌های ارتفاع بالا» بیان داشتند که پروژه ارائه‌شده در این مقاله، از نظر جغرافیایی در پارک ملی ساگارماتا واقع شده است، منطقه وسیعی که در سمت نپالی کوه اورست قرار دارد و از سال ۱۹۷۹ به عنوان میراث جهانی اعلام شده است. در سال‌های اخیر، این پارک کانون چندین مطالعه و ابتکار بوده است که هدف آن‌ها بهبود مدیریت اکوسیستم چندجانبه آن است که به طور قابل توجهی تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی، افزایش فعالیت‌های انسانی و گردشگری قرار گرفته است که از اواخر دهه ۱۹۷۰ رخ داده و همچنین تحت تأثیر شیوه‌هایی که هم برای سلامت انسان و هم برای محیط زیست مضر هستند (مانند سوزاندن نفت سفید یا فضولات حیوانی برای تولید گرما). کار تحقیقاتی بر طراحی یک واحد مسکونی تمرکز داشته که نیازهای جمعیت را برآورده کند،

از نظر سادگی اجرا، قابلیت تکرارپذیری، استفاده از مواد محلی، سازگاری با محیط زیست و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر موجود. برای این منظور، تحلیل جامعی انجام شد تا استانداردهای مسکن و انرژی‌دار زمینه مرجع و مردم شرپا شناسایی شود، در مورد شرایط راحتی داخلی، تکنیک‌های ساختمانی، در دسترس بودن و مهارت‌های نیروی کار محلی. داده‌های لازم برای مرحله طراحی از طریق همکاری با محققان مرکز CNR^۲Ev-K- به دست آمد که در ارتفاع ۵، ۰۵۰ متری در نیال در پایه کوه اورست با یک آزمایشگاه/رصدخانه (معروف به «هرم») برای مطالعات هواشناسی ارتفاع بالا از سال ۱۹۸۹ فعال است. شرایط آب و هوایی توسط ایستگاه‌های نظارت خاص در زمان‌های معینی (۲۰۰۲-۲۰۰۸) ثبت شده‌اند؛ در مرحله مقدماتی، این مقادیر نماینده زمینه محلی انتخاب‌شده برای پروژه در نظر گرفته شدند، یعنی روستای نامچه بازار که در داخل پارک واقع شده و از نظر لجستیکی و ارتفاعی/آب و هوایی در نقطه مرکزی قرار دارد. برای واحد مسکونی مورد بررسی، دو رویکرد ساختمانی متفاوت انتخاب و مقایسه شدند: کیسه‌های خاکی و بلوک‌های گاه. هر دو تکنیک مزایای متعددی دارند، به ویژه در دسترس بودن مواد خام (کیسه‌های جوت، خاک، گاه)، سادگی (برای مثال، ساخت کیسه‌های خاکی با استفاده از تکنیک باستانی پیسه، ترکیب‌شده با کیسه‌ها یا لوله‌های انعطاف‌پذیر)، دوام، عملکرد عایق‌بندی، مقرون‌به‌صرفه بودن. از طریق نرم‌افزار خاصی برای محاسبه بارهای حرارتی زمستانی/تابستانی، ترکیب‌های مختلفی از انتخاب ساختار و عایق برای هر دو راه‌حل بررسی شدند تا بهینه‌ترین برای مورد مطالعه به دست آید. علاوه بر این، بر اساس داده‌های نظارت‌شده در محل، ارزیابی خاصی انجام شد تا پتانسیل منابع خورشیدی و بادی ارزیابی شود. با هدف پوشش کامل نیازهای انرژی گرمایشی و الکتریکی با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر،

پیکربندی‌های مختلفی از تأسیسات در نهایت فرض شدند. هر انتخاب واحدی برای کاهش تأثیر انسانی بر

منابع زمینی، مانند چوب و بهبود کیفیت محیطی داخلی و خارجی انجام شد.

جدول ۲-۴۸ خلاصه پیشینه

نویسنده و سال	عنوان تحقیق	خلاصه چکیده	نتیجه‌گیری
نیکدل و همکاران، ۱۴۰۴	استفاده از مصالح پایدار در معماری، راهکاری برای کاهش اثرات زیست محیطی	این مقاله به بررسی استفاده از مصالح پایدار در معماری و تأثیر آن بر کاهش اثرات زیست محیطی در پروژه‌های شهری می‌پردازد. با توجه به چالش‌های زیست محیطی ناشی از شهرنشینی و تغییرات اقلیمی، مصالح پایدار از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شوند و به کاهش مصرف انرژی، زباله و بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند. تحلیل پروژه‌های موفق مانند ساختمان‌های سبز و چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه، عدم آگاهی و موانع قانونی بررسی می‌شود.	راهکارهایی مانند افزایش آگاهی عمومی، مشوق‌های مالی دولتی و استانداردهای ارزیابی کیفیت مصالح پایدار ارائه می‌شود تا اثرات منفی زیست محیطی کاهش یابد و فضاهای پایدارتر ایجاد شود.
والا و همکاران،	بررسی ابعاد معماری پایدار با تولید انرژی و	تغییرات آب و هوایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تهدیدی جدی هستند. مقاله رویکرد	مصرف انرژی الکتریکی و انتشار کربن ۴۵ تا ۵۰ درصد کاهش

۱۴۰۳	کاهش آلاینده‌گی در معماری بیومیمتیک (PBR) با رویکرد بیوتکنولوژی زیست محیطی	بیومیمتیک با استفاده از جلبک در نمای ساختمان برای تولید زیست‌سوخت و تعادل بوم‌شناختی ارائه می‌کند. مطالعه موردی شامل محاسبات ریاضی، تحلیل بار انرژی و مصاحبه با کارشناسان است.	می‌یابد. استفاده از جلبک در پوسته ساختمان به عنوان استراتژی بیومیمتیک، رویکرد نوآورانه زیست محیطی در شهرهای پرجمعیت است.
نصیر زاده، ۱۴۰۳	تحلیل نقش بازآفرینی شهری بر کاهش مصرف انرژی در کاربری مسکونی (مورد مطالعه: منطقه ۱۰ تهران)	تحقیق توسعه‌ای-کاربردی و توصیفی-تحلیلی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری کمی برای نقش بازآفرینی شهری در کاهش مصرف انرژی در منطقه ۱۰ تهران. شاخص‌ها شامل مصرف آب، برق، گاز و ۳۵ شاخص دیگر در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کالبدی. تحلیل با روش فرآیند گوسی، جنگل تصادفی، پرسترون چند لایه، Arc GIS و Excel.	مدل فرآیند گوسی بهترین عملکرد را برای پارامترهای آب، برق و گاز نشان می‌دهد با ضریب همبستگی بالا و خطاهای کم. شاخص‌ها درصد قابل قبولی برای تعیین بهترین مدل و آنالیز حساسیت دارند.
وثوقی و همکاران، ۱۴۰۲	ارزیابی مولفه‌های محیطی و غیرمحیطی موثر بر تاب‌آوری اجتماعی در محلات مسکونی (مطالعه موردی: محلات منتخب	تاب‌آوری اجتماعی به انطباق با تغییرات و پاسخ به بحران‌ها اشاره دارد. پژوهش مولفه‌های موثر بر تاب‌آوری در سه محله بابل را با تحلیل عاملی، آزمون T و واریانس از ۳۸۴ پرسشنامه بررسی می‌کند. مولفه‌ها به محیطی و غیرمحیطی تقسیم می‌شوند.	در مولفه‌های محیطی، دلبستگی به مکان، حس امنیت و تعاملات اجتماعی بیشترین تاثیر را دارند. در غیرمحیطی، آگاهی و دانش بیشترین است. سطح تاب‌آوری در محلات پیرعلم و برج بن

	بابل)	نسبتاً مطلوب و در شهاب نیا نامطلوب است.
محمد یانی و همکاران، ۱۴۰۲	نقش عوامل محیطی و فرهنگی در فرم و ساختار معماری بناهای مسکونی قاجاری	شکل فضاهای مسکونی تحت تاثیر عوامل محیطی و فرهنگی است. تحقیق کیفی-کمی نقش این عوامل در ۱۰ خانه قاجاری کرمانشاه را با پرسشنامه، مصاحبه و تحلیل عاملی بررسی می‌کند. جامعه آماری شامل خبرگان و دانشجویان معماری.
جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱	ارتباط تنوع گونه ای و عوامل محیطی در مراتع کوهستانی چهار باغ گلستان	شاخص‌های تنوع در تیپ‌های مختلف متفاوت است. شیب، کربن آلی و هدایت الکتریکی بر شاخص‌ها تاثیر دارند. با افزایش پتاسیم و هدایت، یکنواختی افزایش می‌یابد؛ با آهک و اسیدیته، شانون افزایش می‌یابد. رابطه عکس با شیب، جهت و ارتفاع.

مقدسی و همکاران، ۱۴۰۱	سنجش و بررسی تاب آوری کالبدی-محیطی و اجتماعی در مجتمع های مسکونی، نمونه موردی: کوی نو بنیاد (برج های asp)	مطالعه تاب آوری در مجتمع های مسکونی تهران با تمرکز بر کوی نو بنیاد. آیتم ها از مطالعات کتابخانه ای استخراج و با پرسشنامه و تحلیل کیفی-کمی بررسی می شوند.	مجتمع کوی نو بنیاد علی رغم قدمت، تاب آوری متوسط تا زیاد دارد. الگوهای استفاده شده می تواند در طراحی مجتمع های مدرن برای ماندگاری و محبوبیت به کار رود.
صابری فر، ۱۴۰۰	تحلیل تباین کیفیت محیط مسکونی محلات شهری بر اساس مولفه های زیست محیطی (مطالعه موردی: شهر مشهد)	پژوهش توصیفی-تحلیلی عوامل اختلاف کیفیت زیست محیطی محلات مشهد با پرسشنامه از ۳۸۴ نفر و تحلیل با کای اسکویر و رگرسیون لجستیک.	آلودگی ترافیک گسترده و سایر آلودگی ها نقطه ای است. عوامل مانند سابقه سکونت، تحصیلات و وضعیت اجتماعی-اقتصادی تعیین کننده هستند. افراد با شرایط بهتر نارضایتی بیشتری نشان می دهند. کنترل حساسیت ها دشوار است.
بیرگانی و همکاران، ۱۴۰۰	طراحی فضاهای مسکونی بر پایه اصول روان شناسی محیطی در شهر اهواز) نمونه موردی: منازل ویلایی	بحران کمبود فضای شخصی در مسکن. پژوهش کاربردی و توصیفی-استنباطی با پرسشنامه لیکرت، همبستگی پیرسون، رگرسیون و t-test برای طراحی بر پایه روانشناسی محیطی.	شناخت عوامل روانشناسی محیطی باعث افزایش آسایش و آرامش می شود. پیوستگی ابعاد روانی با معماری مفید است. طراحی پایدار موقعیت

منحصربه‌فردی برای سلامت فردی و اجتماعی ایجاد می‌کند.		تایپ B در شهرک مسکونی نفت اهواز)	
انرژی خورشیدی کاهش مصرف انرژی، وابستگی به نفت و انتشار آلاینده‌ها را فراهم می‌کند.	انرژی خورشیدی جایگزین سوخت‌های فسیلی. شبیه‌سازی استفاده از پنل‌های خورشیدی در ساختمان دو طبقه سه واحدی با PVSYST.	بهره برداری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و آلودگی زیست محیطی	علی آبادی و همکاران، ۱۳۹۹
تدابیر طراحی کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر را فراهم و نیازهای جسمی و معنوی کاربران را پوشش می‌دهد.	مساله انرژی و آلودگی‌ها. بررسی جنبه‌های کالبدی کاهش آسیب‌های زیست محیطی و پیوند انسان با طبیعت از طریق طراحی معماری.	بررسی راهکارهای کاهش اثرات مخرب زیست محیطی انسانی و افزایش رابطه ی انسان با طبیعت از طریق اصلاح الگوی طراحی معماری	طاهری و همکاران، ۱۳۹۹
استفاده تنها برای سرمایش کمترین بازگشت سرمایه و هزینه دارد. تلفیق با پمپ حرارتی کمترین CO2 تولید می‌کند.	مدل‌سازی ذخیره‌سازی انرژی در اکوفر برای مجتمع مسکونی تهران با سه بهره‌برداری ارزیابی اقتصادی با چرخه عمر و زیست محیطی با Ret Screen.	مدل‌سازی عددی ذخیره سازی فصلی انرژی در اکifer برای استفاده یک مجتمع مسکونی و	غائبی و همکاران، ۱۳۹۸

	بررسی اثرات اقتصادی و زیست محیطی		
قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱	امکان سنجی استفاده از CHP در واحدهای مسکونی به منظور کاهش آلاینده های زیست محیطی	کاربرد CHP در برج و آپارتمان برای کاهش انرژی و CO2 با دو سناریو.	در سناریوی الکتریکی، CO2 و مصرف کاهش اما هزینه ثابت افزایش می یابد. ظرفیت های مناسب برای واحدها مشخص شد.
احمد غازی، ۲۰۲۵	ادغام معماری مدرن سوندایی در طراحی و برنامه ریزی ویلای کوهستانی برای گردشگری	بررسی تلفیق معماری سوندایی در ویلاهای کوهستانی پاجروانگی برای گردشگری پایدار با رویکرد کمی استنباطی.	همبستگی معنادار بین مصالح سنتی و ترجیحات گردشگران. توصیه برای گنجاندن میراث فرهنگی و مشارکت محلی برای پایداری.
اکبری، ۲۰۲۵	پیاده سازی راه حل های مدل سازی اطلاعات ساختمان برای توسعه پایدار در مناطق کوهستانی: مطالعه موردی دره چروو	یکپارچگی BIM برای توسعه پایدار در دره چروو ایتالیا با تمرکز بر بهره وری انرژی و حفظ میراث. توسعه دو مدل، BIM.	BIM مداخلات سفارشی فراهم و چارچوبی قابل تکرار برای تعادل پایداری و حفظ میراث ایجاد می کند.
سیاری و	طراحی خانه معماری با	افزایش ساخت و ساز و نیاز به مواد پایدار.	رویکرد ساختمان سبز

همکاران، ۲۰۲۳	رویکرد معماری پایدار زیست محیطی با تأکید بر حداکثر بهره‌وری نور طبیعی در اقلیم‌های کوهستانی	بررسی طراحی خانه با حداکثر نور طبیعی برای پایداری در کرمانشاه.	صرفه‌جویی در آب و انرژی فراهم و به اهداف اقتصادی کمک می‌کند. نمادی از کاهش مصرف انرژی.
بهرامی فر و همکاران، ۲۰۲۲	طراحی سازگار با محیط زیست در معماری بومی مناطق کوهستانی. مورد مطالعه: روستای کنگ، ایران	معماری بومی سازگار با محیط. بررسی واحدهای مسکونی روستای کنگ و نقش فضاهای نیمه‌باز.	برنامه‌ریزی کالبدی بیشترین گرمایش غیرفعال ایجاد می‌کند. فضاهای نیمه‌باز نقش عمده در هماهنگی با سردسیری دارند.
آنا وویتاس – هاران، ۲۰۱۸	مفهوم توسعه پایدار در مدیریت فضایی واحدهای سکونتگاهی کوهستانی	رابطه محیط ساخته‌شده و طبیعت در مناطق کوهستانی. تحلیل مقایسه‌ای برای پایداری در کارکونوشه با نمونه‌های اتریشی.	حفظ مقیاس و شخصیت منحصر به فرد ممکن است. اندازه و تراکم روستاها بر رابطه انسان و طبیعت تأثیر دارد. حفاظت تاریخی مهم است.
دسیدری، ۲۰۱۲	مطالعه امکان‌سنجی و طراحی یک واحد مسکونی کم‌انرژی در پارک ساگارماتا برای	طراحی واحد مسکونی کم‌انرژی در پارک ساگارماتا با تکنیک‌های کیسه‌های خاکی و بلوک‌های کاه. ارزیابی منابع تجدیدپذیر.	تکنیک‌ها مزایای دوام، عایق‌بندی و مقرون به صرفه بودن دارند. پوشش کامل نیازها با منابع تجدیدپذیر کاهش تأثیر انسانی را

کاهش تأثیر	زیست محیطی	ساختمان‌های ارتفاع بالا	فراهم می‌کند.
------------	------------	-------------------------	---------------

۴-۲ خلاصه و جمع بندی فصل

فصل دوم این پژوهش با عنوان «مبانی نظری و پیشینه تحقیق» به تبیین پایه‌های علمی و نظری طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی پرداخته و چارچوبی جامع برای پیشبرد اهداف تحقیق ارائه کرده است. این فصل با تمرکز بر مفاهیم کلیدی معماری پایدار، از جمله استفاده از مصالح بومی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، طراحی اقلیمی، مدیریت پایدار آب و یکپارچگی با اکوسیستم، به تحلیل عوامل مؤثر بر طراحی ویلاهای کوهستانی پرداخته است. در بخش مبانی نظری، اصول معماری پایدار در مناطق کوهستانی بررسی شد. احترام به توپوگرافی طبیعی زمین، استفاده از مصالح محلی مانند سنگ و چوب بومی، طراحی همساز با اقلیم برای بهره‌گیری از نور و گرمای خورشید و مدیریت منابع آب و اکوسیستم به عنوان اصول بنیادین معرفی شدند. این اصول با هدف کاهش فرسایش خاک، ردپای کربنی و مصرف انرژی و همچنین حفظ تنوع زیستی، تدوین شده‌اند. بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق عایق‌بندی پیشرفته، سیستم‌های گرمایشی پایدار (مانند پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی) و یکپارچگی انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی) مورد تأکید قرار گرفت. همچنین، استفاده از مصالح پایدار مانند خشت خام، چوب مدیریت‌شده و عایق‌های طبیعی مانند پشم گوسفند، به دلیل کاهش

انرژی نهفته و سازگاری با شرایط سخت کوهستانی، به عنوان راهکارهای کلیدی مطرح شدند. تحلیل محل و طراحی متناسب با توپوگرافی کوهستان نیز از جنبه‌های مهم این فصل بود. انتخاب سایت با شیب ملایم، جهت‌گیری مناسب برای بهره‌گیری از نور خورشید و حفظ پوشش گیاهی بومی، به کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود کارایی انرژی کمک می‌کنند. سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی، مانند سنسورهای دما و رطوبت و مدیریت چرخه حیات ساختمان، از طراحی تا بازیافت، به عنوان رویکردهایی نوین برای افزایش پایداری معرفی شدند. جداول مقایسه‌ای ارائه شده در این فصل، مانند جدول اصول معماری پایدار و مقایسه مصالح، به تحلیل دقیق‌تر این راهکارها کمک کردند.

فصل سوم

نمونه موردی

در این فصل از پژوهش به بررسی نمونه‌های موردی برجسته در طراحی ویلاهای کوهستانی با رویکرد پایداری محیطی اختصاص دارد. این نمونه‌ها که از پروژه‌های شاخص جهانی انتخاب شده‌اند، نشان‌دهنده تلاش‌هایی برای تلفیق معماری نوین با اصول زیست‌محیطی در بستر چالش‌برانگیز مناطق کوهستانی هستند. هر نمونه با تمرکز بر کاهش اثرات منفی ساخت‌وساز، بهینه‌سازی مصرف انرژی و حفظ اکوسیستم‌های شکننده، راهکارهای خلاقانه‌ای ارائه می‌دهد. این پروژه‌ها در سه دسته سازمان‌دهی شده‌اند: نخست، ویلاهای کوهستانی با طراحی پیش‌ساخته که با استفاده از ماژول‌های نوین، هدررفت انرژی را کاهش داده و اکوسیستم را حفظ می‌کنند؛ دوم، بناهایی با معماری پایدار که زمان ساخت و مصرف انرژی را بهینه می‌کنند؛ و سوم، سازه‌هایی با مصالح پیش‌ساخته و قابل بازیافت که منابع را به‌طور مؤثر مدیریت می‌نمایند. از پناهگاه گوته در ارتفاعات مون‌بلان با طراحی مقاوم در برابر بادهای ۳۰۰ کیلومتری تا مرکز فرهنگی ژانماری تجیبائو با الهام از سنت‌های بومی، این نمونه‌ها تنوع رویکردها را در مواجهه با اقلیم‌های سخت و نیازهای اکولوژیکی نشان می‌دهند. بررسی این پروژه‌ها نه تنها الگوهایی عملی برای معماران، مهندسان و سازندگان فراهم می‌کند، بلکه با ارائه راهکارهای قابل‌تعمیم، به توسعه معماری پایدار در مناطق کوهستانی کمک می‌کند. این فصل با تحلیل دقیق هر نمونه، به دنبال الهام‌بخشی و ارائه بینش‌هایی برای طراحی ویلاهایی است که ضمن هماهنگی با طبیعت، کیفیت زندگی ساکنان را ارتقاء داده و اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رسانند.

۳-۲ نمونه های موردی

۳-۲-۱ «خانه دوکا» (House Dokka)

خانه دوکا با تلفیق هندسه‌ای ساده و مصالح طبیعی، خانه‌ای را پدید آورده است که ظاهری شبیه به یک خانه درختی شناور دارد.



عکس ۳-۱: نمای خانه دوکا

خانه دوکا که در دامنه‌های سنگی مشرف به شهر کُنگسبرگ نروژ جای گرفته است، توسط استودیوی معماری اسنوهتا (Snøhetta) و با همکاری کارفرما «تور هلگه دوکا» طراحی و ساخته شده است. دوکا

که مهندسی فعال در صنعت ساخت‌وساز است، علاقه‌ی ویژه‌ای به ساخت‌وساز پایدار دارد و یکی از اهداف او این بود که نشان دهد یک خانه خانوادگی نیز می‌تواند از نظر انرژی، مثبت باشد.

معماران با وجود چالش‌های زمین شیب‌دار و باریک، دلسرد نشدند و تلاش کردند تا خانه را در بهترین موقعیت ممکن قرار دهند تا چشم‌اندازهای تماشایی شهر کُنگسبرگ و کوه‌های پوشیده از درخت اطراف آن، منطقه‌ای که دوکاً با آن آشنایی کامل دارد، بیشترین بهره را داشته باشد. همچنین سقف خانه به گونه‌ای زاویه‌دار طراحی شد تا حداکثر انرژی خورشیدی را جذب کند.

این خانه که به عنوان محل اصلی سکونت خانواده در نظر گرفته شده، طبق خواسته‌ی دوکاً باید شبیه به «خانه‌ای درختی شناور» ساخته می‌شد. اسنوها که به خاطر رویکرد ظریف و راهکارهای خلاقانه‌ی معماری خود شناخته می‌شود، به‌خوبی این خواسته را برآورده کرد. ساختار خانه از دو حجم متداخل تشکیل شده است که عمده‌تاً با استفاده از چوب‌های چندلایه‌ی عرضی (CLT) و چسبی (GLT) محلی ساخته شده‌اند. این حجم‌ها توسط ستون‌های چوبی که در صخره‌ها محکم شده‌اند، نگه داشته می‌شوند؛ روشی که هم تأثیر حداقلی بر چشم‌انداز طبیعی دارد و هم ردپای زیست‌محیطی سازه را به حداقل می‌رساند.



عکس ۳-۲: نمای خانه دوکا

این خانه دارای خط سقف دندانهای چشمگیر و یک تراس است و دو طبقه آن هرکدام هویت منحصر به فرد خود را دارند. طبقه بالا که با روکش چوبی مشکی پوشانده شده، دارای سقف شیب دار سنتی و پنجره‌های بزرگ است. این فضای روشن و دل‌باز به آشپزخانه، سالن غذاخوری و فضای نشیمن با پلان باز اختصاص یافته و همچنین یک حمام و اتاق خواب اصلی نیز در آن قرار دارد. در طبقه پایین، یک دفتر کار، حمام دوم و سه اتاق خواب دیگر واقع شده‌اند. سازه چوبی خانه بدون پوشش باقی گذاشته شده و با قاب‌های پنجره مشکی و دیوارهای سبز تضاد زیبایی ایجاد می‌کند.

طبق درخواست دوکا، این خانه نشان‌دهنده امکان‌های زندگی پایدار است و نشان می‌دهد چگونه طراحی نوآورانه و اصول دقیق انرژی می‌توانند شکل‌دهنده مسکن خانوادگی باشند. برای پاسخ به خواسته او، خانه

دارای سیستم گرمایش از کف متصل به یک پمپ حرارتی زمین منبع است. استفاده فراوان از شیشه باعث افزایش نور روز و همچنین تأمین منبع حرارتی اضافی در ماه‌های سرد می‌شود.

در فصل تابستان، این سیستم معکوس عمل کرده و خانه را خنک می‌کند، در حالی که طراحی هوشمندانه خانه و ارتفاع سقف‌های بلند نیاز به تهویه مکانیکی را به حداقل می‌رساند. علاوه بر این، انرژی تولیدشده توسط پنل‌های خورشیدی نصب‌شده روی سقف بیش از میزان مصرف خانه است؛ بنابراین انتظار می‌رود این پنل‌ها در ده سال آینده انرژی کافی تولید کنند تا انرژی مصرف‌شده برای ساخت مواد مورد استفاده در ساختمان را جبران نمایند.



عکس ۳-۳: فضای داخلی خانه دوکا

خانه دوکا همچنین به گونه‌ای طراحی شده است که بتوان آن را به سرعت و به طور دوستدار محیط زیست جمع‌آوری کرد که این امر تا حد زیادی به دلیل عدم استفاده از میخ در ساختار آن ممکن شده است. آنه سسیلی موئه، مدیر پروژه و معمار ارشد در اسنوه‌تا، توضیح می‌دهد: «خانه با قطعاتی که به قاب چسبی پیچ شده‌اند، در کنار هم نگه داشته شده است. این بدان معناست که می‌توان پنل‌ها را باز کرده و قاب را جدا کرد تا در آینده خانه را جمع‌آوری نمود.»

او ادامه می‌دهد: «ساخت خانه‌ای که کمتر از نصف انرژی یک خانه مشابه را مصرف کند، در عین حال زیبا باشد و به عنوان یک خانه خانوادگی سالم و کاربردی عمل کند، هم چالش‌برانگیز و هم لذت‌بخش بود. گفت‌وگو و بهینه‌سازی پروژه بین کارفرما و ما تجربه‌ای بسیار ارزشمند بود.»

۳-۲-۲ «خانه تیتون» (Teton House)

خانه تیتون یک اقامتگاه کوهستانی است که با اقلیم متغیر و چشمگیر جکسون هول سازگار شده است؛ منطقه‌ای که هر چهار فصل سال را با نوسانات شدید دما تجربه می‌کند. صاحبان خانه خواهان ارتباط مستقیم با مناظر کوهستانی و سبک زندگی ماجراجویانه جکسون بودند، اما در عین حال می‌خواستند بتوانند خانه را هنگام عدم حضور یا در شرایط جوی سخت، مانند طوفان‌های شدید برف، ببندند و محافظت کنند. نتیجه، خانه‌ای است با درجات متفاوتی از شفافیت که می‌تواند بر اساس تغییرات طبیعت کوه جکسون هول باز یا بسته شود.



عکس ۳-۴: دیوارهای شیشه‌ای خانه تیتون

دیوارهای شیشه‌ای بزرگ در طبقه اصلی، چشم‌انداز وسیعی از کوه‌ها و دره‌ها را فراهم می‌کنند؛ علاوه بر این، یک مسیر اسکی مستقیم خانه را به چندین پیست اسکی جکسون هول متصل می‌کند. زمانی که نیاز به حفظ حریم خصوصی و حفاظت از خانه باشد، سیستم کرکره چوبی خارجی به صاحبان خانه این امکان را می‌دهد که با استفاده از یک سیستم قرقره‌ای دستی، خانه را ببندند. یک کلبه مهمان جداگانه در سمت غرب، شامل حمام، آشپزخانه کوچک و فضای مشترک نشیمن/اتاق خواب، به زوجها اجازه می‌دهد بدون نیاز به باز کردن خانه اصلی، در ملک اقامت کنند.



عکس ۳-۵: فضای داخلی با استفاده از متریال چوب

فضاهای داخلی خانه با استفاده از چوب‌های ریفت کات اوک، فیر و گردو، گرمای خاص و لحظات ظریف داخلی را ایجاد می‌کنند که در تضاد با چشم‌انداز دراماتیک بیرون قرار دارند. فضاهای اصلی زندگی در طبقه اصلی قرار دارند و یک فضای ترکیبی شامل نشیمن، سالن غذاخوری و آشپزخانه به حیاط داخلی منتهی می‌شود که مجاور منطقه اسکی مستقیم و اتاق نگهداری تجهیزات اسکی است. یک اتاق مهمان در طبقه اصلی وجود دارد، در حالی که اتاق اصلی و سه اتاق خواب اضافی در طبقه بالا قرار دارند. در طبقه پایین، اتاق رسانه، انبار شراب و کارگاه دوچرخه تعبیه شده است. خانه شامل چندین المان مبلمان سفارشی است، از جمله میزها و چارچوب تخت‌ها در نشیمن، اتاق رسانه و اتاق‌های خواب.



عکس ۳-۶: سکوی خانه تیتون

این خانه سکویی برای تجربه‌های شدید در اقلیم کوهستانی است و همانند پیش‌درآمدی برای مناظر طبیعی بیرون عمل می‌کند.

۳-۲-۳ خانه پسیو (MARTaK Passive House)

فضای استراحت/کار MARTaK تجسمی از این است که چگونه ساختمان‌های پایدار می‌توانند نیازهای فعلی را بدون به خطر انداختن نیازهای نسل‌های آینده برآورده کنند. این پروژه که در یک جنگل کوهستانی کاج پوندرُزا و به‌صورت خارج از شبکه ساخته شده، تنها از انرژی خورشیدی برای تأمین برق و عمدتاً گرمایش استفاده می‌کند (با یک سیستم هیدرونیک پشتیبان کوچک).



عکس ۳-۷: نمای خانه پسیو

مواد طبیعی نقش برجسته‌ای در این پروژه ایفا می‌کنند. عمدتاً از مواد بازتولیدپذیر طبیعی یا محصولات کاملاً قابل بازیافت استفاده شده است و با بهره‌گیری از روش‌شناسی «Cradle to Cradle» امکان

جداسازی آسان مواد در پایان دوره مصرف آنها فراهم می‌شود. بیشتر این مواد توانایی جذب مجدد در محیط کوهستان را دارند زمانی که ساختمان به پایان عمر خود برسد. هیچ فوم یا محصول مبتنی بر نفت، به جز لوله‌های زهکشی، در زیر زمین استفاده نمی‌شود و در واقع نیازی به استفاده از فوم در هیچ بخش دیگری نیست. مواد باقی‌مانده می‌توانند دوباره وارد چرخه‌های صنعتی-فنی فعلی شوند. این پروژه همچنین اکثر مواد یک فروشگاه موجود، از جمله پایه دیوار تائیری را مجدداً مورد استفاده قرار داده است.



عکس ۳-۸: نمای ساختمان پسیو

این ساختمان ۱، ۲۰۰ فوت مربعی شامل یک اتاق مهمان، حمام، اتاق خواب بالکنی، دفتر کار و کارگاه است که می‌توان آن را به‌سادگی برای کاربردهای مختلف در آینده بازپیکربندی کرد. شکل منحصربه‌فرد گوه‌ای ساختمان از کوه‌های هگ‌بک محلی الهام گرفته شده است. سطح زاویه‌دار ساختمان همچنین جذب

انرژی خورشیدی را افزایش می‌دهد و عملکرد ساختمان را بهبود می‌بخشد، در حالی که مصرف مواد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. پنجره‌های پیشرفته سه‌جداره، جذب خورشیدی عالی و اتلاف انرژی پایین را فراهم می‌کنند و با مکانیزم چرخش و باز شدن، تهویه طبیعی و خنک‌سازی فضا را تسهیل می‌کنند.

یک مخزن جمع‌آوری آب باران به ظرفیت ۱, ۵۰۰ گالن که از سقف تغذیه می‌شود، نیازهای آب غیرقابل شرب از جمله توالی و باغ‌ها را تأمین می‌کند. ساخت و ساز مقاوم در برابر آتش (Firewise) به استحکام ساختمان افزوده است. واحد تهویه بازیابی حرارت (HRV) که با اینورتر اختصاصی تغذیه می‌شود، با استفاده از هوای معتدل‌شده از لوله زمین، هوای کهنه را با هوای تازه جایگزین می‌کند و بازدهی بیش از ۹۲٪ دارد.



عکس ۳-۹: استفاده از متریال طبیعی

با استفاده از شیشه‌های با جذب حرارت خورشیدی بالا و جرم حرارتی فعال با تغییر فاز، گرمایش خانه عمدتاً توسط خورشید و ساکنان تأمین می‌شود. در تابستان، لوله‌های زمین خانه را خنک نگه می‌دارند. تعادل بین حفظ راحتی و استفاده حداقلی از منابع گرمایشی با نرم‌افزار Passive House Planning «Package» مدل‌سازی شد که امکان یافتن دقیق سطح عایق، پنجره‌ها و سایه‌بان‌ها را فراهم کرد.

فرایند طراحی یک تعامل مداوم بین الزامات خانه پسیو، زیبایی‌شناسی، نیازهای مواد و برنامه و بودجه بود. تکنیک‌های طراحی از روش‌هایی استفاده می‌کنند که توسط کاربر فعال می‌شوند تا خانه بتواند با تغییرات

فصلی تطبیق یابد؛ امری که حدود ۱۰۰ سال پیش رایج بود. در واقع بسیاری از راه‌حل‌های طراحی در ایجاد MARTaK از فناوری‌هایی الهام گرفته‌اند که پیش از استفاده گسترده از مواد مصنوعی و سیستم‌های HVAC توسعه یافته بودند: نم‌ارگانیک، پشم معدنی، سلولز. نگاه به گذشته به عنوان راهنمایی ارزشمند برای توسعه آینده طراحی پایدار عمل کرد.



عکس ۳-۱۰: نمای خانه پسیو

۴-۲-۳ «خانه آکس‌بئو» (Axboe House)

خانه آکس‌بئو که در بالای حوضه سیندرویل در پارک سیتی، یوتا واقع شده، به عنوان یک شاهکار معماری خیره‌کننده شناخته می‌شود. این خانه توسط «KLIMA Architecture» به طور دقیق طراحی شده تا چشم‌اندازهای نفس‌گیر کوه‌ها را در بر گرفته و به طور یکپارچه با مناظر طبیعی اطراف ادغام شود. این اثر مدرن که در سال ۲۰۱۸ تکمیل شد، به طور ماهرانه‌ای بین فرم و عملکرد تعادل برقرار می‌کند و فضایی آرام و دلپذیر برای ساکنانش ایجاد می‌کند.



عکس ۳-۱۱: نمای خانه آکس‌بنو

نمای خارجی خانه که با دقت و توجه به جزئیات طراحی شده، ترکیبی هماهنگ از مواد طبیعی و خطوط مدرن و شیک را به نمایش می‌گذارد. حجم‌های سه‌گانه متصل به هم با شکل تدریجی و جهت‌گیری استراتژیک، امکان ایجاد تراس‌ها و پاسیوهای وسیع خارجی را فراهم می‌کنند و انتقالی یکپارچه بین فضاهای داخلی و خارجی ایجاد می‌کنند. استراتژی‌های هوشمند انرژی خورشیدی غیرفعال، از جمله دیوارهای دو لایه و پنجره‌های سه جداره اروپایی، کارایی انرژی و پایداری محیطی خانه را تضمین می‌کنند.



عکس ۳-۱۲: نمای خانه آکس‌بنو

با ورود به داخل خانه، طراحی داخلی که به‌طور ماهرانه توسط صاحبان خانه انتخاب شده، فوراً توجه را جلب می‌کند. سالن اصلی وسیع با سقف‌های بلند و دیوارهای شیشه‌ای، حس باز بودن و ارتباط با مناظر خیره‌کننده بیرون را ایجاد می‌کند. این فضای مرکزی خانه با یک شومینه مدرن تثبیت شده و با ترکیبی از مبلمان شیک و عناصر گرم و دنج تزئین شده است، فضایی دعوت‌کننده برای استراحت و پذیرایی بی‌وقفه فراهم می‌کند.



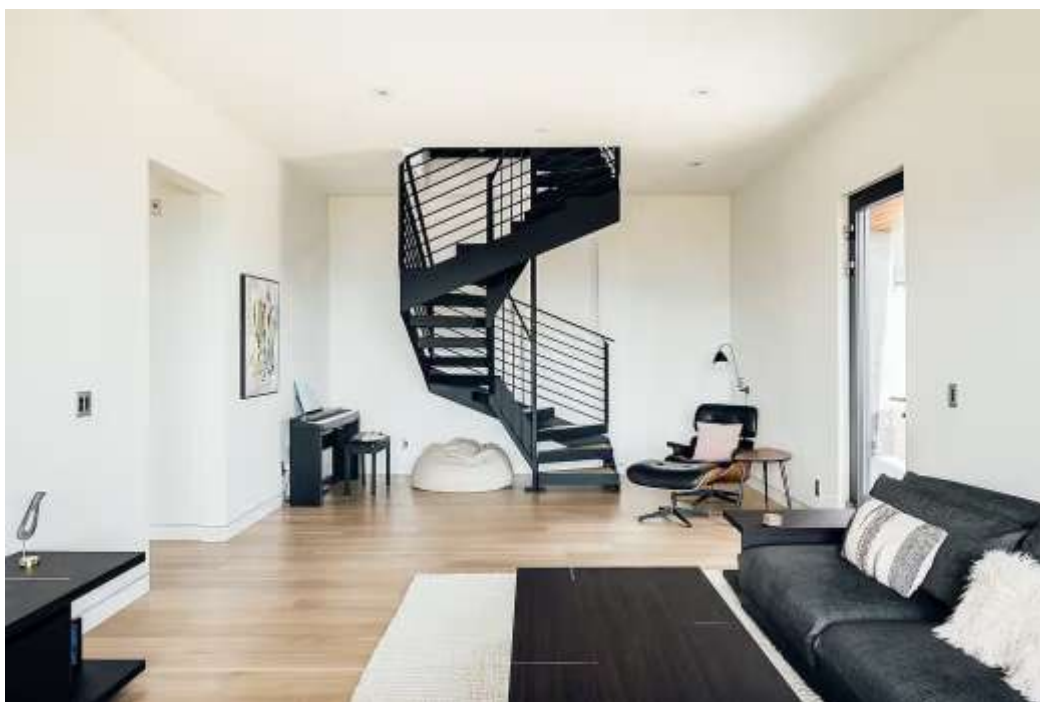
عکس ۳-۱۳: فضای ورود به خانه

آشپزخانه، ترکیبی هماهنگ از چوب طبیعی و سطوح مشکی مات، به عنوان یک فضای آشپزی دلپذیر عمل می کند. مجهز به پیشرفته ترین وسایل و یک جزیره بزرگ، این فضا به طور یکپارچه با ناحیه ناهارخوری مجاور ادغام شده و فضایی صمیمی و دوستانه برای گردهمایی های خانوادگی و مهمانی های شام خصوصی فراهم می کند.



عکس ۳-۱۴ آشپزخانه

با بالا رفتن از پلکان مارپیچ چشمگیر، به بخش‌های خصوصی خانه می‌رسیم که شامل یک فضای حمام آرامش‌بخش است. این حمام با وان ایستاده، دو روشویی و دوش شیشه‌ای بدون قاب، فضایی شبیه به یک اسپا ایجاد می‌کند و تجربه‌ای آرامش‌بخش ارائه می‌دهد که با مناظر پانورامیک کوه‌ها تکمیل شده است.



عکس ۳-۱۵: راپله خانه

در سراسر خانه آکس‌بئو، طراحان با مهارت تعادلی هماهنگ بین فضاهاى داخلی و خارجی ایجاد کرده‌اند، به‌گونه‌ای که ساکنان می‌توانند به‌طور کامل در محیط خیره‌کننده کوهستانی غرق شوند. این اقامتگاه استثنایی نمونه‌ای برجسته از طراحی مدرن و دوستدار محیط‌زیست است که زیبایی طبیعی اطراف خود را به بهترین شکل جشن می‌گیرد.



عکس ۳-۱۶: فضای داخلی

۳-۲-۵ «خانه لابلولی» (Loblolly House)

رویکردی منحصربه‌فرد به ساخت خانه‌های پیش‌ساخته با زیبایی‌شناسی طراحی چشمگیر. این خانه از مجموعه‌ای قطعات تشکیل شده که با استفاده از فناوری‌های سبز به هم متصل می‌شوند. ساختار و خود خانه از موادی ساخته شده است که در فاصله کمتر از ۵۰۰ مایلی محل ساختمان تأمین و تولید شده‌اند. یکی از پروژه‌های برجسته که از فناوری استفاده می‌کند و رویکردی اکولوژیک را نشان می‌دهد، از نظر زیبایی‌شناسی سستی برای ساخت خانه‌های پیش‌ساخته چندان مرسوم نیست. این پروژه روشی جدید برای کاهش اثرات محیطی و ادغام فناوری‌های سبز در فضاهای راحت ارائه می‌دهد. علاوه بر این، خانه روی سکویی ساخته شده تا اختلال در سایت کاهش یابد و از مواد با کارایی بالا و تهویه طبیعی بهره می‌برد.



عکس ۳-۱۷: اسکلت خانه لابلولی

پیریزی‌ها از درختان و توده‌های چوب تشکیل شده‌اند، هم جنبه عملی و هم شاعرانه دارند.



عکس ۳-۱۸: نمای خارجی خانه

این خانه تک‌خانواره‌ای با زیربنای ۲۰۴ متر مربع است که در دو طبقه تقسیم شده و شامل سه اتاق خواب، دو حمام، آشپزخانه و نشیمن می‌باشد.

خانه لابلولی که از یک کیت ساخته شده، یک ساختمان پیش‌ساخته با سازه آلومینیومی و پوشش سبز است.



عکس ۳-۱۹: نمای روبرو خانه لابلولی

این خانه بر روی پایه‌هایی بلند بالای زمین ساخته شده تا به بافت ساحلی که روی آن قرار دارد آسیبی نرسد و حیوانات ساکن اطراف بتوانند آزادانه از زیر آن عبور کنند.



عکس ۳-۲۰: فضای داخلی خانه

این خانه که در کمتر از شش هفته نصب شد، بر اساس یک چارچوب محکم آلومینیومی ساخته شده است که استحکام لازم را فراهم می‌کند و همراه با مجموعه‌ای از اتصالات، هم چارچوب سازه‌ای و هم وسیله‌ای ضروری برای اتصال ماژول‌ها را ارائه می‌دهد.



عکس ۳-۲۱: فضای داخلی خانه

خانه لابلولی از «کارتريچ‌های هوشمند» تشكيل شده است که به‌عنوان کف و سقف عمل می‌کنند و از پانلهایی ساخته شده‌اند که تمامی امکانات لازم برای قابل سکونت کردن خانه را شامل می‌شوند، از جمله سیستم‌های برق، گرمایش و سیستم هشدار آتش. بین سقف و کف از کارتريچ‌ها استفاده شده است و ۱۹ مورد از پیچیده‌ترین عناصر نوآوری تکنولوژیک در این خانه به شمار می‌آیند.

این کارتريچ‌ها به دو نوع تقسیم می‌شوند:

۱. کارتريچ‌های هوشمند که شامل لوله‌های گرمایشی، توزیع برق، آب گرم و سرد، زهکشی و

کانال‌های میکرو خنک‌کننده و عایق‌بندی هستند.

۲. کارتريچ‌های ساده که تنها از عایق‌بندی تشكيل شده‌اند.

هر دو نوع اساساً از ورق‌های چوبی استاندارد (چوب لایه‌چسب) ساخته شده‌اند که امکان دسترسی به

مناطق مختلف خانه برای تعمیر و نگهداری‌های آینده را فراهم می‌کنند.

نما و دکور داخلی خانه به‌طور کامل از چوب، توسکا، بامبو و تخته‌چوب ساخته شده و با مواد غیرسمی

پوشش داده شده است.

در ساختار این خانه از یک قاب آلومینیومی استفاده شده است.

لایه بیرونی نمای خانه لابلولی (در غرب)، یک درب پلی‌کربنات تاشو است که به‌عنوان چتر عمل می‌کند

وقتی که آن را باز می‌کنید. پلی‌کربنات شفاف همان ویژگی‌های حرارتی شیشه را دارد، اما سبک‌تر است و

در برابر نور خورشید مستقیم از کدر شدن و تابش درخشان جلوگیری می‌کند.



عکس ۳-۲۲: نمای خارجی ساختمان

۶-۲-۳ خانه گراهام (Graham Residence)

این خانه مدرن دو خوابه در «راک ریچ» واقع شده است، یک جامعه خصوصی ۳۲۰ هکتاری نزدیک به «جوشوا تری» که با سنگ‌های عظیم و فرسوده، درختان ژونپیر کهن، بلوط‌های کوچک و درختان پی‌نیون مقاوم شناخته می‌شود. استفاده گسترده از شیشه در این خانه زیبا برای بهره‌برداری از مناظر پانورامیک بی‌نظیر بیابان‌های دست‌نخورده اطراف ایده‌آل است. فضای اصلی خانه به‌صورت باز طراحی شده است که به مهمانان این امکان را می‌دهد که فضای نشیمن، ناهارخوری و آشپزخانه را به‌طور مشترک استفاده کنند و از طریق دیوار شیشه‌ای کشویی به دک بزرگ خانه دسترسی داشته باشند. این خانه با دکوراسیون مدرن میانه قرن به زیبایی مبله شده است و فضایی ایده‌آل برای استراحت و لذت بردن از مناظر وسیع فراهم می‌آورد. طراحی منحصر به فرد خانه پیش‌ساخته سیستم‌های بلو اسکای اجازه می‌دهد که خانه فلزی و شیشه‌ای در داخل دره سنگی «جای‌گذاری» شود و یک پناهگاه منحصر به فرد ایجاد کند که تجربه آن بی‌نهایت ضروری است.



عکس ۳-۲۳: نمای خانه گراهام

این خانه دارای دو اتاق خواب وسیع است که هر کدام از فضای بزرگ کمدهای داخلی و تخت‌های کینگ سائز برخوردارند. یکی از اتاق‌ها دارای درب‌های شیشه‌ای کشویی است که به یک دک کوچک پشتی باز می‌شود که همچنین از طریق اتاق نشیمن قابل دسترسی است و در آن یک تخت بزرگ برای تماشای ستارگان و حمام آفتاب قرار دارد. اتاق دوم نیز دارای درب‌های شیشه‌ای کشویی است که به‌طور مستقیم به بیابان باز می‌شود و نمای بدون مانع از طلوع خورشید در هر صبح فراهم می‌آورد.

این خانه یک حمام با دوش دارد که به یک دوش بیرونی باز می‌شود که بخشی از آن در میان سنگ‌های فرسوده کنده شده است. حوله‌ها و ملحفه‌های زیبایی نیز فراهم شده‌اند.



عکس ۳-۲۴: نمای بالای خانه گراهام

اگرچه این خانه خصوصی تنها ۱۰ دقیقه با ماشین از نزدیک‌ترین شهر فاصله دارد، اما شک داریم که بخواهید از این پناهگاه شگفت‌انگیز خارج شوید، بنابراین توصیه می‌کنیم تمامی ملزومات مورد نیاز خود را برای مدت اقامتتان به همراه بیاورید! با دک بزرگ، فضای ناهارخوری بیرونی و باربیکیو، جکوزی با نمای ۳۶۰ درجه، تخت‌های آفتاب‌گیری، شومینه بیرونی سفارشی و دکوراسیون لوکس داخلی، سخت‌ترین بخش اقامت شما این خواهد بود که ابتدا کجا استراحت کنید. اگر به تمرین ورزشی نیاز داشتید، مسیرهای پیاده‌روی زیادی در نزدیکی وجود دارد که می‌توانید از آن‌ها برای کاوش استفاده کنید.



عکس ۳-۲۵: نمای ۳ خانه گراهام

فصل چهارم

یافته های تحقیق

۱-۴ مقدمه

طراحی یک ویلای مسکونی کوهستانی با تمرکز بر کاهش اثرات محیطی، نیازمند بررسی دقیق و مرحله به مرحله ای است که از شناخت کامل سایت آغاز شده و به تدوین برنامه ای جامع برای طراحی ختم می شود. در این فصل، ابتدا به تحلیل ویژگی های سایت از جمله شرایط اقلیمی، توپوگرافی و منابع طبیعی موجود پرداخته می شود تا نقاط قوت، ضعف ها، فرصت ها و تهدیدهای محیطی شناسایی گردد. این

شناخت، پایه‌ای برای برنامه‌ریزی فضایی و تدوین ریزفضاها با توجه به نیازهای عملکردی و زیست‌محیطی فراهم می‌کند. با توجه به هدف اصلی طراحی که کاهش اثرات محیطی است، توجه ویژه‌ای به انتخاب مصالح پایدار، بهینه‌سازی مصرف انرژی و سازگاری سازه با شرایط کوهستانی خواهد شد. این فصل با ارائه برنامه فیزیکی، چارچوبی منسجم برای طراحی ویلایی ارائه می‌دهد که نه تنها نیازهای کاربران را برآورده می‌کند، بلکه هماهنگی با محیط طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی را در اولویت قرار می‌دهد.

۴-۲ طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی با رویکرد پایداری محیطی: بررسی روش‌ها و استراتژی‌های کاهش اثرات منفی بر اکولوژی مناطق کوهستانی

۴-۲-۱ تحلیل تأثیر شیب زمین و پوشش گیاهی بر پایداری سازه‌ها.

در طراحی ویلاهای کوهستانی، شیب زمین نقش کلیدی در پایداری سازه ایفا می‌کند. شیب‌های تند می‌توانند خطر لغزش خاک و رانش زمین را افزایش دهند، بنابراین تحلیل ژئوتکنیکی دقیق ضروری است. برای مثال، استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مانند PLAXIS می‌تواند تنش‌های برشی را پیش‌بینی کند و نیاز به پایه‌های شمع‌ی یا تراس‌بندی را تعیین نماید. پوشش گیاهی نیز عامل تثبیت‌کننده است؛ ریشه‌های درختان مانند کاج‌های کوهستانی، خاک را با ایجاد شبکه‌ای طبیعی محکم می‌کنند و فرسایش را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. حفظ پوشش گیاهی موجود، مانند کاشت گونه‌های بومی مقاوم به خشکی، نه تنها پایداری را افزایش می‌دهد بلکه تنوع زیستی را حفظ می‌کند. در عمل، ادغام گیاهی مانند علف‌های ریشه‌دار در اطراف پایه‌ها می‌تواند لرزه‌نگاری طبیعی ایجاد کند و از آسیب‌های ناشی از زلزله بکاهد. این

رویکرد، هزینه‌های تعمیرات را تا ۳۰ درصد پایین می‌آورد و با اصول پایداری همخوانی دارد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۲-۲ استراتژی‌های ادغام پنل‌های خورشیدی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی. ادغام پنل‌های خورشیدی در ویلاهای کوهستانی نیازمند استراتژی‌های هوشمندانه است. ابتدا، جهت‌گیری ساختمان به سمت جنوب برای حداکثر تابش خورشیدی (حدود ۵-۶ ساعت روزانه در ارتفاعات) حیاتی است. استفاده از پنل‌های دوطرفه (bifacial) که نور منعکس‌شده از برف را جذب می‌کنند، بازدهی را تا ۲۵ درصد افزایش می‌دهد. استراتژی دیگر، ترکیب با سیستم‌های ذخیره‌سازی مانند باتری‌های لیتیوم-یون یا حتی فناوری‌های نوین هیدروژن سبز برای روزهای ابری است. برای مثال، نصب پنل‌ها روی سقف‌های شیب‌دار با زاویه ۳۰-۴۵ درجه، بادهای شدید کوهستانی را مدیریت می‌کند و وابستگی به دیزل ژنراتورها را حذف می‌نماید. همچنین، ادغام با اینترنت اشیاء (IoT) برای نظارت هوشمند مصرف، انرژی مازاد را به شبکه محلی می‌فروشد. این روش‌ها نه تنها انتشار CO₂ را کاهش می‌دهند بلکه بازگشت سرمایه را در ۵-۷ سال تضمین می‌کنند و با سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر ۲۰۲۵ همراستا هستند (بهنام والا و همکاران، ۱۴۰۳).

۴-۲-۳ ارزیابی روش‌های حفاظت از منابع آب محلی در فرآیند ساخت. ارزیابی حفاظت منابع آب در ساخت ویلاهای کوهستانی شامل روش‌های پیشگیرانه است. ابتدا، سیستم‌های جمع‌آوری آب باران با مخازن زیرزمینی می‌تواند ۷۰ درصد نیاز آبی ساخت را تأمین کند و از

برداشت بیش از حد چشمه‌های محلی جلوگیری نماید. روش دیگر، استفاده از فیلترهای بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب ساختمانی که آلاینده‌هایی مانند سیمان را خنثی می‌کند و آب را برای آبیاری بازگردانی می‌نماید. ارزیابی با ابزارهایی مانند مدل‌های هیدرولوژیکی SWAT، تأثیر ساخت بر جریان رودخانه‌ها را پیش‌بینی می‌کند و مناطق حساس را شناسایی می‌نماید. برای مثال، ایجاد سدهای کوچک گیاهی برای کنترل رواناب، فرسایش را کاهش می‌دهد و کیفیت آب را حفظ می‌کند. همچنین، آموزش کارگران برای کاهش هدررفت آب (مانند استفاده از بتن آماده کم‌آب) ضروری است. این روش‌ها، با کاهش آلودگی تا ۴۰ درصد، اکوسیستم‌های آبی کوهستانی را پایدار نگه می‌دارند و با استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی مانند LEED همخوانی دارند (رجکویچ و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۲-۴ بررسی تأثیر طراحی بر تنوع زیستی جانوری در نواحی کوهستانی.

در نواحی کوهستانی، طراحی ویلاهای مسکونی می‌تواند تأثیرات دوگانه‌ای بر تنوع زیستی جانوری داشته باشد. از یک سو، ساخت‌وسازهای غیراصولی می‌تواند زیستگاه‌های طبیعی را تکه‌تکه کند و منجر به کاهش جمعیت گونه‌هایی مانند گوزن‌های کوهی یا پرندگان شکاری شود. برای مثال، جاده‌های دسترسی به ویلاها می‌توانند مسیرهای مهاجرت حیوانات را مسدود کنند که طبق مطالعات اخیر در رشته‌کوه‌های آلپ تا ۴۰ درصد کاهش در تنوع گونه‌های پستانداران را به همراه دارد. طراحی‌هایی که فضای سبز را اولویت می‌دهند، مانند ایجاد کریدورهای سبز برای اتصال زیستگاه‌ها، می‌توانند این اثرات را کاهش دهند. این کریدورها اجازه می‌دهند حیواناتی مانند روباه‌های کوهستانی بدون اختلال حرکت کنند و تنوع ژنتیکی را

حفظ نمایند. علاوه بر این، استفاده از مصالح شفاف مانند شیشه‌های ضدپرنده (با الگوهای UV-visible) از برخورد پرندگان با پنجره‌ها جلوگیری می‌کند که سالانه میلیون‌ها مرگ را در مناطق مسکونی کاهش می‌دهد. در سمت مثبت، طراحی‌های پایدار می‌توانند پناهگاه‌های مصنوعی ایجاد کنند؛ برای نمونه، سقف‌های سبز با گیاهان بومی می‌توانند حشرات گرده‌افشان را جذب کنند و زنجیره غذایی را تقویت نمایند. تحقیقات ۲۰۲۴ از دانشگاه کالیفرنیا نشان می‌دهد که ویلاهای با ادغام عناصر طبیعی مانند برکه‌های کوچک، تنوع پروانه‌ها و خزندگان را تا ۲۵ درصد افزایش می‌دهند. با این حال، نورپردازی بیش از حد شبانه می‌تواند چرخه خواب حیوانات شب‌زی را مختل کند، بنابراین استفاده از چراغ‌های LED با طیف کم‌نور ضروری است. ارزیابی تأثیرات با ابزارهایی مانند مدل‌های GIS برای نقشه‌برداری زیستگاه‌ها، معماران را قادر می‌سازد تا طرح‌هایی با حداقل اختلال ارائه دهند. در نهایت، سیاست‌های محلی مانند الزام به گزارش‌های زیست‌محیطی پیش از ساخت، می‌تواند تعادل بین توسعه و حفاظت را برقرار کند. این رویکرد نه تنها تنوع زیستی را حفظ می‌کند بلکه ارزش اکولوژیکی مناطق کوهستانی را برای نسل‌های آینده تضمین می‌نماید (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱).

۴-۲-۵ راهکارهای کاهش آلودگی صوتی ناشی از ساخت و ساز در اکوسیستم‌های حساس.

آلودگی صوتی در فرآیند ساخت ویلاهای کوهستانی می‌تواند اکوسیستم‌های حساس را مختل کند، زیرا صداهای ماشین‌آلات مانند دریل‌ها و کامیون‌ها می‌توانند تا ۱۰۰ دسی‌بل برسند و رفتار حیوانات را تغییر دهند. برای کاهش این اثرات، راهکارهای نوین متعددی وجود دارد. ابتدا، برنامه‌ریزی زمانی ساخت برای

اجتناب از فصل‌های تولیدمثل حیوانات کلیدی است؛ برای مثال، در نواحی کوهستانی، ساخت در زمستان می‌تواند تأثیر بر پرندگان مهاجر را کاهش دهد. استفاده از تجهیزات کم‌صدا مانند ماشین‌آلات الکتریکی به جای دیزلی، سطح صدا را تا ۲۰ دسی‌بل پایین می‌آورد و با استانداردهای EU Noise Directive همخوانی دارد. راهکار دیگر، نصب موانع صوتی موقت مانند دیوارهای جذب‌کننده صدا از مواد فوم آکوستیک یا گیاهان متراکم که می‌توانند امواج صوتی را تا ۱۵ دسی‌بل کاهش دهند. در اکوسیستم‌های حساس مانند جنگل‌های کوهستانی، نظارت واقعی‌زمان با سنسورهای IoT برای اندازه‌گیری سطوح صدا و تنظیم فعالیت‌ها ضروری است؛ اگر صدا از ۶۰ دسی‌بل فراتر رود، عملیات متوقف می‌شود. همچنین، روش‌های ساخت مدولار پیش‌ساخته در کارخانه، زمان حضور در محل را کوتاه می‌کند و آلودگی را تا ۵۰ درصد کم می‌نماید. آموزش کارگران برای استفاده از تکنیک‌های کم‌صدا، مانند خاموش کردن موتورها در زمان بیکاری، تأثیرات را بیشتر کاهش می‌دهد. مطالعات ۲۰۲۵ از سازمان حفاظت محیط زیست نشان می‌دهد که ادغام بافری‌های گیاهی مانند ردیف درختان، صدا را پراکنده می‌کند و زیستگاه‌های جانوری را محافظت می‌نماید. در نهایت، ارزیابی پیش از ساخت با مدل‌های شبیه‌سازی صوتی مانند نرم‌افزار CadnaA، نقاط حساس را شناسایی می‌کند و راهکارهای سفارشی ارائه می‌دهد. این روش‌ها نه تنها اکوسیستم را حفظ می‌کنند بلکه هزینه‌های قانونی ناشی از شکایات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند و به سمت ساخت پایدار حرکت می‌کنند (بهرامی‌فر و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۳ الگوهای نوین طراحی ساختمان‌های مسکونی هماهنگ با محیط زیست: تمرکز بر مواد

سبز، انرژی پایدار و مدیریت پسماندها در ویلاهای کوهستانی

۴-۳-۱ کاربرد چوب بازیافتی در ساختارهای مقاوم به شرایط آب و هوایی.

چوب بازیافتی، به دلیل کاهش نیاز به قطع درختان و مصرف انرژی کمتر در تولید، گزینه‌ای پایدار برای

ساخت ویلاهای کوهستانی است. این ماده که از تخریب بناهای قدیمی یا ضایعات صنعتی به دست می‌آید،

می‌تواند در ساختارهای مقاوم به شرایط سخت آب و هوایی مانند برف سنگین و رطوبت بالا استفاده شود.

برای مثال، چوب بازیافتی فرآوری شده با روش‌های ترموود (گرمادهی در دمای ۱۸۰-۲۲۰ درجه

سانتی‌گراد) مقاومت بالایی در برابر رطوبت و پوسیدگی پیدا می‌کند و تا ۳۰ سال دوام می‌آورد. این

چوب‌ها برای ستون‌ها، دیوارهای باربر و نمای خارجی مناسب هستند، به ویژه در مناطق کوهستانی که

دمای پایین و بارش‌های سنگین چالش ساز است. با افزودن پوشش‌های طبیعی مانند رزین‌های گیاهی، نفوذ

آب کاهش می‌یابد و عمر سازه تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. طبق گزارش‌های ۲۰۲۴ از انجمن جنگلداری

پایدار، استفاده از چوب بازیافتی در مقایسه با چوب تازه، ردپای کربن را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد.

طراحی مدولار با چوب بازیافتی نیز امکان نصب سریع و کاهش ضایعات را فراهم می‌کند. برای مثال،

پانل‌های پیش‌ساخته چوبی در کارخانه، مقاومت در برابر بادهای کوهستانی تا سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر

ساعت را تضمین می‌کنند. با این حال، انتخاب چوب‌های با گواهینامه FSC (شورای نظارت بر جنگل) و

بررسی کیفیت برای جلوگیری از ترک خوردگی در سرما ضروری است. این رویکرد نه تنها پایداری

محیطی را تقویت می‌کند بلکه هزینه‌های ساخت را تا ۱۵ درصد کاهش می‌دهد و با استانداردهای معماری سبز مانند BREEAM همخوانی دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۲۴).

۴-۳-۲ سیستم‌های گرمایشی زمین‌گرمایی برای بهره‌برداری از انرژی طبیعی.

سیستم‌های گرمایشی زمین‌گرمایی، با بهره‌گیری از گرمای طبیعی زمین، گزینه‌ای ایده‌آل برای ویلاهای کوهستانی هستند. این سیستم‌ها از پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی (GHP) استفاده می‌کنند که گرما را از عمق ۵ تا ۲۰۰ متری زمین استخراج می‌کنند، جایی که دما ثابت (حدود ۱۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد) است. در مناطق کوهستانی که دمای خارجی می‌تواند به زیر صفر برسد، این سیستم‌ها بازدهی بالایی دارند و تا ۷۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کنند. برای مثال، یک سیستم حلقه بسته با لوله‌های پلی‌اتیلن در عمق زمین، گرما را به رادیاتورها یا کف‌های گرمایشی منتقل می‌کند. طبق داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۵)، این فناوری انتشار CO_2 را تا ۵۰ درصد در مقایسه با سیستم‌های فسیلی کاهش می‌دهد. نصب این سیستم‌ها نیازمند تحلیل زمین‌شناسی برای شناسایی جریان‌های حرارتی است، اما در مناطق کوهستانی با فعالیت‌های ژئوترمال، مانند ایران، بازدهی بیشتری دارد. هزینه اولیه نصب (حدود ۱۰,۰۰۰ تا ۲۰,۰۰۰ دلار برای یک ویلا) با صرفه‌جویی سالانه ۱,۰۰۰ دلار در انرژی جبران می‌شود. ترکیب این سیستم با عایق‌بندی پیشرفته، مانند پانل‌های PIR، اتلاف حرارتی را به حداقل می‌رساند. همچنین، استفاده از کنترلرهای هوشمند برای تنظیم دما بر اساس نیاز، مصرف را بهینه می‌کند. این سیستم‌ها نه تنها با شرایط

آب و هوایی سخت سازگارند بلکه به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کنند و با سیاست‌های انرژی پایدار ۲۰۳۰ همراستا هستند (حسینی علی‌آباد و همکاران، ۱۳۹۹).

۴-۳-۳ مدل‌های بازیافت آب باران برای مدیریت منابع آبی پایدار.

بازیافت آب باران در ویلاهای کوهستانی، راهکاری کلیدی برای مدیریت منابع آبی پایدار است، به‌ویژه در مناطقی که چشمه‌ها و رودخانه‌ها محدودند. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران شامل مخازن زیرزمینی یا روی زمینی (با ظرفیت ۵، ۲۰ تا ۴۰۰ لیتر) هستند که آب را از سقف‌های شیب‌دار جمع‌آوری می‌کنند. این سیستم‌ها با فیلترهای چندمرحله‌ای (مانند فیلترهای کربن فعال) آب را برای مصارف غیرآشامیدنی مانند آبیاری، شستشو و حتی سیستم‌های خنک‌کننده تصفیه می‌کنند. طبق گزارش سازمان محیط زیست (۲۰۲۴)، این روش می‌تواند تا ۶۰ درصد نیاز آبی یک ویلا را تأمین کند. در مناطق کوهستانی با بارش سالانه ۵۰۰-۸۰۰ میلی‌متر، یک سقف ۱۰۰ مترمربعی می‌تواند ۸۰، ۴۰۰ لیتر آب جمع‌آوری کند. برای افزایش کارایی، استفاده از سقف‌های سبز با گیاهان بومی، رواناب را کنترل و کیفیت آب را بهبود می‌بخشد. همچنین، سیستم‌های بازیافت خاکستری (greywater) می‌توانند آب مصرف‌شده خانگی را بازچرخانی کنند و وابستگی به منابع محلی را تا ۴۰ درصد کاهش دهند. طراحی مخازن با مواد مقاوم به سرما، مانند پلی‌اتیلن تقویت‌شده، از یخ‌زدگی در دماهای پایین جلوگیری می‌کند. ارزیابی‌های هیدرولوژیکی با نرم‌افزارهایی مانند HEC-HMS، الگوهای بارش را تحلیل و ظرفیت مخازن را بهینه می‌کنند. این روش‌ها نه تنها فشار بر اکوسیستم‌های آبی را کم می‌کنند بلکه هزینه‌های تأمین آب را تا ۳۰

درصد کاهش می‌دهند و با استانداردهای LEED و اهداف توسعه پایدار سازمان ملل همخوانی دارند (رجکویچ و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۳-۴ طراحی فضاهای سبز داخلی برای بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان.

طراحی فضاهای سبز داخلی در ویلاهای کوهستانی، روشی مؤثر برای بهبود کیفیت هوای داخل و ارتقاء سلامت ساکنان است. گیاهان داخلی مانند سرخس بوستونی، پوتوس و سانسوریا می‌توانند آلاینده‌هایی نظیر فرمالدئید و بنزن را تا ۶۰ درصد کاهش دهند، طبق مطالعات ناسا در سال ۲۰۲۴. این گیاهان با جذب CO_2 و تولید اکسیژن، کیفیت هوای داخل را بهبود می‌بخشند که در مناطق کوهستانی با هوای رقیق اهمیت بیشتری دارد. طراحی دیوارهای سبز عمودی با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هوشمند، رطوبت را در سطح ۴۰-۶۰ درصد حفظ می‌کند و از خشکی هوا در زمستان‌های سرد جلوگیری می‌نماید. برای مثال، یک دیوار سبز ۱۰ مترمربعی می‌تواند روزانه ۵ کیلوگرم CO_2 جذب کند. استفاده از گیاهان بومی مقاوم به نور کم، مانند لیکوپودیوم، هزینه‌های نگهداری را کاهش می‌دهد. نورپردازی LED با طیف رشد گیاهان، حتی در فضاهای کم‌نور، فتوسنتز را تقویت می‌کند. همچنین، سیستم‌های فیلتراسیون زیستی که گیاهان را با میکروارگانیسم‌های خاک ترکیب می‌کنند تا ۸۰ درصد ذرات معلق را حذف می‌کنند. این طراحی‌ها نه تنها کیفیت هوا را بهبود می‌بخشند، بلکه استرس روانی را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند و با استانداردهای WELL Building برای سلامت انسان همخوانی دارند. ادغام حسگرهای کیفیت هوا برای نظارت بر VOC ها و تنظیم خودکار تهویه، کارایی را افزایش می‌دهد. در مناطق کوهستانی، این فضاها می‌توانند با

پنجره‌های بزرگ برای نور طبیعی ترکیب شوند تا حس ارتباط با طبیعت را تقویت کنند که به‌ویژه برای ساکنان فصلی ویلاها جذاب است. این رویکرد، مصرف انرژی تهویه مکانیکی را تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد و پایداری محیطی را تقویت می‌کند (موسوی، ۱۳۹۹).

۴-۳-۵ روش‌های کمپوستینگ پسماندها برای کاهش زباله‌های ساختمانی.

کمپوستینگ پسماندها در فرآیند ساخت ویلاهای کوهستانی، راهکاری پایدار برای کاهش زباله‌های ساختمانی و حفاظت از اکوسیستم‌های حساس است. پسماندهای آلی مانند ضایعات چوب، خاک اره و مواد گیاهی از محوطه‌سازی تا ۴۰ درصد حجم زباله‌های ساختمانی را تشکیل می‌دهند. استفاده از سیستم‌های کمپوست بی‌هوازی (مانند Bokashi) می‌تواند این مواد را در ۴-۶ هفته به کود غنی تبدیل کند، بدون نیاز به فضای بزرگ. این روش، انتشار متان را تا ۵۰ درصد نسبت به دفن زباله کاهش می‌دهد، طبق داده‌های سازمان حفاظت محیط زیست ۲۰۲۵. برای پسماندهای غیرآلی مانند پلاستیک‌های بسته‌بندی، جداسازی و بازیافت در محل با دستگاه‌های خردکن قابل حمل، حجم زباله را تا ۳۰ درصد کم می‌کند. کمپوست‌های مدولار با ظرفیت ۵۰۰ لیتر، مناسب برای سایت‌های ساخت کوهستانی، می‌توانند روزانه ۵۰ کیلوگرم پسماند را پردازش کنند. افزودن میکروارگانیزم‌های مؤثر (EM) فرآیند تجزیه را تسریع می‌کند و بوی نامطبوع را حذف می‌نماید. این کود تولیدی برای بهبود خاک در محوطه‌سازی یا بازسازی پوشش گیاهی اطراف ویلا استفاده می‌شود که فرسایش خاک را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. آموزش کارگران برای جداسازی صحیح پسماندها و استفاده از سیستم‌های دیجیتال برای ردیابی جریان زباله، کارایی را

افزایش می‌دهد. برای مثال، اپلیکیشن‌هایی مانند WasteMaster می‌توانند مدیریت پسماند را بهینه کنند. در مناطق کوهستانی، انتقال زباله به محل‌های دفع دشوار است، بنابراین کمپوستینگ در محل هزینه‌های حمل‌ونقل را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. این روش‌ها با استانداردهای زیست‌محیطی مانند ISO ۱۴۰۰۱ همخوانی دارند و به حفظ اکوسیستم‌های شکننده کوهستانی کمک می‌کنند، در حالی که چرخه مواد را در ساخت پایدار تقویت می‌نمایند (ویستاس-هاران، ۲۰۱۸).

۴-۴ بررسی شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی در طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی: بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از فناوری‌های کم‌انرژی

۴-۴-۱ تأثیر ارتفاع و بادهای غالب بر عایق‌بندی حرارتی ساختمان‌ها.
ارتفاع و بادهای غالب در مناطق کوهستانی تأثیر قابل‌توجهی بر عایق‌بندی حرارتی ویلاهای مسکونی دارند. در ارتفاعات بالاتر (بیش از ۲۰۰۰ متر)، دما می‌تواند به زیر ۲۰- درجه سانتی‌گراد برسد که اتلاف حرارتی را تشدید می‌کند. بادهای غالب، به‌ویژه در دره‌های کوهستانی با سرعت ۳۰-۵۰ کیلومتر بر ساعت، نفوذ هوای سرد را از طریق درزها افزایش می‌دهند. برای مقابله، استفاده از عایق‌های با مقاومت حرارتی بالا (R-value بالای ۵) مانند فوم پلی‌یورتان یا پانل‌های SIP (پانل‌های عایق ساختاری) ضروری است. این مواد می‌توانند اتلاف حرارتی را تا ۴۰ درصد کاهش دهند، طبق گزارش‌های ASHRAE در ۲۰۲۵. طراحی دیوارهای دوجداره با لایه‌های هوای محبوس، مقاومت در برابر باد را بهبود می‌بخشد و ضریب انتقال حرارت (U-value) را به زیر ۰٫۲ وات بر مترمربع کلون می‌رساند. جهت‌گیری ساختمان برای کاهش مواجهه با بادهای غالب (مانند قرارگیری پنجره‌ها در سمت مخالف باد) نیز کلیدی است. برای مثال،

در مناطق کوهستانی ایران، بادهای غربی غالب هستند، بنابراین نمای شرقی با پنجره‌های کوچک‌تر طراحی می‌شود. استفاده از شیشه‌های دوجداره با گاز آرگون، نفوذ سرما را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین، پوشش‌های گیاهی متراکم مانند درختان کاج به‌عنوان بادشکن طبیعی، سرعت باد را تا ۳۰ درصد کم می‌کنند و فشار بر عایق‌بندی را کاهش می‌دهند. ارزیابی‌های شبیه‌سازی حرارتی با نرم‌افزارهایی مانند EnergyPlus، تأثیر ارتفاع و باد را دقیق پیش‌بینی می‌کند و طراحی بهینه را تضمین می‌نماید. این رویکرد، مصرف انرژی گرمایشی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد و با استانداردهای پایداری مانند Passive House همخوانی دارد (ژو و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۴-۲ کاربرد سنسورهای هوشمند برای کنترل مصرف انرژی بر اساس شرایط آب و هوایی. سنسورهای هوشمند در ویلاهای کوهستانی، مصرف انرژی را با تنظیم خودکار سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه بر اساس شرایط آب و هوایی بهینه می‌کنند. این سنسورها، مانند مدل‌های مبتنی بر IoT، دما، رطوبت، سرعت باد و تابش خورشیدی را در زمان واقعی پایش می‌کنند. برای مثال، سنسورهای دمایی مانند Nest می‌توانند سیستم گرمایش را در دماهای زیر ۵- درجه سانتی‌گراد فعال کنند و در روزهای آفتابی خاموش نگه دارند که تا ۲۵ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند، طبق داده‌های ۲۰۲۵ از آژانس بین‌المللی انرژی. سنسورهای نور خورشیدی، پرده‌های خودکار را تنظیم می‌کنند تا گرمای خورشیدی را در زمستان جذب و در تابستان دفع کنند. در مناطق کوهستانی با تغییرات آب و هوایی ناگهانی، مانند طوفان‌های ناگهانی، سنسورهای باد می‌توانند پنجره‌های هوشمند را ببندند تا اتلاف حرارتی

را کاهش دهند. این سیستم‌ها با پلتفرم‌های مدیریت انرژی مانند Home Assistant ادغام می‌شوند و مصرف را از راه دور کنترل می‌کنند. برای مثال، در یک ویلا ۲۰۰ مترمربعی، استفاده از سنسورهای هوشمند می‌تواند سالانه ۱۰۰۰ کیلووات ساعت صرفه‌جویی کند. همچنین، ادغام با پیش‌بینی‌های هواشناسی محلی، تنظیمات پیش‌بینانه را امکان‌پذیر می‌کند، مانند فعال‌سازی گرمایش پیش از کاهش شدید دما. نصب این سنسورها هزینه اولیه‌ای حدود ۵۰۰-۱۰۰۰ دلار دارد، اما بازگشت سرمایه در ۲-۳ سال محقق می‌شود. این فناوری نه تنها مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، بلکه با استانداردهای خانه‌های هوشمند و اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ همخوانی دارد و تجربه‌ای راحت برای ساکنان فراهم می‌کند (معینی و همکاران، ۱۳۹۵).

۴-۴-۳ تحلیل خاک و سنگ‌شناسی برای انتخاب پایه‌های مقاوم به زمین‌لرزه. تحلیل خاک و سنگ‌شناسی در مناطق کوهستانی برای انتخاب پایه‌های مقاوم به زمین‌لرزه حیاتی است، زیرا این مناطق اغلب در گسل‌های فعال قرار دارند. خاک‌های کوهستانی، مانند خاک‌های رسی یا سنگلاخی، رفتار متفاوتی در برابر ارتعاشات دارند. تحلیل ژئوتکنیکی با آزمایش‌هایی مانند SPT (آزمایش نفوذ استاندارد) ظرفیت باربری خاک را تعیین می‌کند. برای مثال، خاک‌های رسی با ظرفیت باربری پایین (زیر ۱۵۰ کیلوپاسکال) نیازمند پایه‌های عمیق مانند شمع‌های بتنی هستند، در حالی که خاک‌های سنگی می‌توانند با پی‌های سطحی مقاوم شوند. سنگ‌شناسی منطقه، مانند وجود سنگ‌های گرانیتی یا آهکی، مقاومت پایه‌ها را تعیین می‌کند؛ گرانیت با مقاومت فشاری ۱۰۰ مگاپاسکال، پایه‌های بتنی را پایداری

می‌کند. نرم‌افزارهایی مانند GeoStudio، تنش‌های لرزه‌ای را شبیه‌سازی می‌کنند و نقاط ضعف خاک را شناسایی می‌نمایند. در ایران که ۸۰ درصد مناطق کوهستانی در معرض زلزله با بزرگی بیش از ۶ ریشتر هستند، استفاده از پایه‌های شمعی با عمق ۱۰-۱۵ متر، ایمنی را تا ۵۰ درصد افزایش می‌دهد. همچنین، سیستم‌های میراگر لرزه‌ای (مانند دمپرهای ویسکوز) در پایه‌ها، ارتعاشات را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهند. انتخاب مصالح محلی، مانند بتن تقویت‌شده با فیبرهای پلیمری، هزینه‌ها را تا ۲۰ درصد کم می‌کند و پایداری را بهبود می‌بخشد. ارزیابی‌های پیش از ساخت، با نمونه‌برداری خاک در فواصل ۵ متری، خطاها را به حداقل می‌رساند. این روش‌ها با استانداردهای لرزه‌ای IBC ۲۰۲۳ همخوانی دارند و از تخریب اکوسیستم‌های شکننده کوهستانی جلوگیری می‌کنند، در حالی که ایمنی ساکنان را تضمین می‌نمایند (اکبری، ۲۰۲۵).

۴-۴-۴ ادغام سیستم‌های تهویه طبیعی برای کاهش نیاز به دستگاه‌های مکانیکی.

سیستم‌های تهویه طبیعی در ویلاهای کوهستانی، با بهره‌گیری از جریان‌های هوای طبیعی و تفاوت فشار ناشی از بادهای غالب، نیاز به دستگاه‌های مکانیکی تهویه را کاهش می‌دهند. در مناطق کوهستانی، بادهای دره‌ای و کوهستانی (مانند نسیم‌های شبانه با سرعت ۵-۱۰ متر بر ثانیه) می‌توانند برای تهویه استفاده شوند. طراحی پنجره‌های استراتژیک در دو سمت مخالف ساختمان، جریان هوای متقاطع را ایجاد می‌کند و دمای داخلی را تا ۵ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر نگه می‌دارد. برای مثال، پنجره‌های کشویی با دریچه‌های قابل تنظیم در ارتفاعات مختلف، جریان هوا را بهینه می‌کنند و مصرف انرژی تهویه را تا ۶۰ درصد کاهش

می‌دهند، طبق گزارش‌های ASHRAE در ۲۰۲۵. استفاده از دودکش‌های خورشیدی (solar chimneys) که با گرمای خورشید هوای گرم را به بالا هدایت می‌کنند، تهویه را در روزهای بدون باد تقویت می‌کند. این سیستم‌ها، با هزینه نصب حدود ۱۰۰۰ دلار، بازگشت سرمایه را در ۳-۴ سال محقق می‌کنند. طراحی سقف‌های بلند با دریچه‌های بالایی نیز خروج هوای گرم را تسهیل می‌کند و رطوبت را کنترل می‌نماید که در مناطق کوهستانی با بارش بالا حیاتی است. ادغام سنسورهای هوشمند برای باز و بسته کردن خودکار دریچه‌ها بر اساس دما و رطوبت، کارایی را افزایش می‌دهد. برای مثال، در یک ویلا ۱۵۰ مترمربعی، تهویه طبیعی می‌تواند ۸۰۰ کیلووات‌ساعت انرژی سالانه صرفه‌جویی کند. این روش‌ها، با کاهش وابستگی به سیستم‌های HVAC، انتشار کربن را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهند و با استانداردهای پایداری مانند LEED همخوانی دارند. همچنین، این طراحی‌ها حس ارتباط با طبیعت را برای ساکنان تقویت می‌کنند و هزینه‌های نگهداری را به حداقل می‌رسانند (هرماوان و همکاران، ۲۰۲۲).

۴-۵- ارزیابی تأثیر جنگل‌های اطراف بر سایه‌اندازی و خنک‌سازی طبیعی.

جنگل‌های اطراف ویلاهای کوهستانی نقش مهمی در سایه‌اندازی و خنک‌سازی طبیعی ایفا می‌کنند که مصرف انرژی برای سرمایش را کاهش می‌دهد. درختان برگ‌ریز مانند بلوط یا افرا، در تابستان سایه‌ای متراکم ایجاد می‌کنند و دمای دیوارهای خارجی را تا ۷ درجه سانتی‌گراد پایین می‌آورند، طبق مطالعات ۲۰۲۴ دانشگاه MIT. این سایه‌اندازی، نیاز به کولرهای برقی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. در زمستان، این درختان برگ‌های خود را از دست می‌دهند و اجازه نفوذ نور خورشید را می‌دهند که گرمایش غیرفعال

را تقویت می‌کند. جنگل‌های مخروطی مانند کاج، با شاخ و برگ دائمی، بادشکن‌هایی طبیعی ایجاد می‌کنند و سرعت باد را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند که اتلاف حرارتی را کم می‌کند. تحلیل با ابزارهای GIS نشان می‌دهد که قرارگیری ویلا در فاصله ۱۰-۲۰ متری از جنگل، تعادل بهینه‌ای بین سایه و تهویه فراهم می‌کند. برای مثال، یک جنگل کاج با تراکم ۱۰۰ درخت در هکتار می‌تواند دمای محیط اطراف را ۳-۴ درجه خنک‌تر نگه دارد. ریشه‌های درختان همچنین فرسایش خاک را کنترل می‌کنند که در شیب‌های کوهستانی حیاتی است. با این حال، فاصله ایمن از درختان برای کاهش خطر آتش‌سوزی (حداقل ۵ متر) ضروری است. کاشت گونه‌های بومی با نیاز آبی کم، مانند سرو کوهی، پایداری اکوسیستم را حفظ می‌کند. ارزیابی‌های زیست‌محیطی پیش از ساخت، با مدل‌هایی مانند i-Tree، تأثیر جنگل بر میکروکلیم را کمی‌سازی می‌کنند و طراحی را بهینه می‌نمایند. این رویکرد نه تنها مصرف انرژی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد، بلکه تنوع زیستی را تقویت می‌کند و با اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ همخوانی دارد (جهانتاب و همکاران، ۱۴۰۱).

۴-۵ کاربرد مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و بازیافت‌پذیر در ساخت ویلاهای

کوهستانی: ارائه راهکارهای عملی برای کاهش تأثیرات ساخت و ساز

۴-۵-۱ استفاده از بتن سبز مبتنی بر مواد معدنی محلی برای کاهش کربن.

بتن سبز مبتنی بر مواد معدنی محلی، راهکاری نوین برای کاهش ردپای کربن در ساخت ویلاهای کوهستانی است. این نوع بتن با جایگزینی بخشی از سیمان پرتلند با مواد معدنی محلی مانند خاکستر بادی (fly ash) یا سرباره کوره (slag) تولید می‌شود که انتشار CO_2 را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد، طبق

گزارش‌های ۲۰۲۵ از انجمن بتن پایدار. در مناطق کوهستانی ایران، استفاده از پوکه معدنی (پومیس) یا سنگ‌های آهکی خردشده به‌عنوان جایگزین، نه تنها هزینه‌های حمل‌ونقل را تا ۳۰ درصد کم می‌کند، بلکه مقاومت فشاری بتن را تا ۴۰ مگاپاسکال حفظ می‌نماید. این بتن‌ها با افزودنی‌های طبیعی مانند نانوسیلیس، مقاومت در برابر یخ‌زدگی و ترک‌خوردگی را در دماهای زیر ۱۵- درجه سانتی‌گراد بهبود می‌بخشند. برای مثال، یک ویلای ۲۰۰ مترمربعی با بتن سبز، حدود ۱۰ تن CO₂ کمتر در مقایسه با بتن سنتی تولید می‌کند. فرآیند تولید محلی همچنین نیاز به انرژی برای حمل مصالح را کاهش می‌دهد و با اقتصاد چرخشی همخوانی دارد. تحلیل چرخه حیات (LCA) با نرم‌افزارهایی مانند SimaPro، اثرات زیست‌محیطی را ارزیابی می‌کند و ترکیب بهینه مواد را تعیین می‌نماید. استفاده از قالب‌های بازیافتی برای ریخته‌گری بتن سبز، ضایعات را تا ۲۰ درصد کم می‌کند. این روش با استانداردهای زیست‌محیطی مانند BREEAM سازگار است و به حفظ اکوسیستم‌های کوهستانی کمک می‌کند، در حالی که دوام سازه را در برابر شرایط سخت آب و هوایی تضمین می‌نماید. (طاهری و همکاران، ۱۳۹۹).

۴-۵-۲ راهکارهای بازیافت فلزات در ساختارهای فلزی مقاوم به برف و یخ.

بازیافت فلزات در ساختارهای فلزی ویلاهای کوهستانی، پایداری را افزایش و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. فولاد بازیافتی که از ضایعات خودروها یا سازه‌های قدیمی به‌دست می‌آید تا ۹۰ درصد انرژی مورد نیاز برای تولید فولاد جدید را صرفه‌جویی می‌کند، طبق داده‌های ۲۰۲۴ از موسسه فولاد جهانی. این فلزات برای ستون‌ها، تیرها و قاب‌های مقاوم به برف و یخ (با بارگذاری تا ۵ کیلونیوتن بر مترمربع) مناسب هستند.

فرآیند بازیافت شامل ذوب ضایعات در کوره‌های قوس الکتریکی و افزودن آلیاژهای ضدزنگ مانند کروم است که مقاومت در برابر خوردگی ناشی از رطوبت و یخ را تا ۵۰ درصد افزایش می‌دهد. برای مثال، استفاده از فولاد گالوانیزه بازیافتی در مناطق کوهستانی با بارش سنگین، عمر سازه را تا ۴۰ سال می‌کند. روش‌های مدولار پیش‌ساخته با فلزات بازیافتی، زمان ساخت را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهند و ضایعات در محل را به حداقل می‌رسانند. بازیافت آلومینیوم برای پنجره‌ها و نماها نیز، به دلیل وزن سبک و مقاومت در برابر سرما، ایده‌آل است. ارزیابی کیفیت فلزات با تست‌های غیرمخرب مانند التراسونیک، ایمنی را تضمین می‌کند. همچنین، استفاده از نرم‌افزارهای BIM برای طراحی دقیق، هدررفت مواد را تا ۱۵ درصد کم می‌کند. این راهکارها نه تنها هزینه‌های اولیه را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهند، بلکه با استانداردهای ISO ۱۴۰۴۰ برای مدیریت زیست‌محیطی همخوانی دارند و اثرات مخرب ساخت را در اکوسیستم‌های کوهستانی به حداقل می‌رسانند (آقاخانی، ۱۳۹۷).

۴-۵-۳ کاربرد عایق‌های گیاهی مانند پشم گوسفند برای حفظ گرما.

عایق‌های گیاهی مانند پشم گوسفند، گزینه‌ای پایدار برای حفظ گرما در ویلاهای کوهستانی هستند. پشم گوسفند با ضریب انتقال حرارتی پایین (حدود ۰,۰۳۵ وات بر متر کلوین) گرما را تا ۴۰ درصد بهتر از عایق‌های مصنوعی مانند فوم پلی‌استایرن حفظ می‌کند. این ماده که به صورت پانل یا رول فرآوری می‌شود، در برابر رطوبت مقاوم است و با جذب رطوبت تا ۳۰ درصد وزن خود، از کپک‌زدن جلوگیری می‌کند که در مناطق کوهستانی با رطوبت بالا حیاتی است. طبق گزارش‌های ۲۰۲۵ از انجمن معماری سبز، استفاده از

پشم گوسفند در دیوارها و سقف‌ها، مصرف انرژی گرمایشی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. این عایق‌ها با فرآورده‌های کم‌انرژی تولید می‌شوند و ردپای کربن آنها ۶۰ درصد کمتر از فایبرگلاس است. برای مثال، در یک ویلا ۱۵۰ مترمربعی، نصب ۱۰۰ مترمربع پشم گوسفند می‌تواند سالانه ۷۰۰ کیلووات‌ساعت صرفه‌جویی کند. پشم گوسفند همچنین خاصیت آکوستیکی دارد و صدا را تا ۲۰ دسی‌بل کاهش می‌دهد که آرامش ساکنان را افزایش می‌دهد. استفاده از پشم محلی، هزینه‌های حمل را تا ۲۵ درصد کم می‌کند و اقتصاد منطقه‌ای را تقویت می‌نماید. با این حال، نیاز به پوشش‌های ضدحریق طبیعی مانند بوراکس برای ایمنی ضروری است. ارزیابی عملکرد با شبیه‌سازی‌های حرارتی در نرم‌افزارهایی مانند THERM، کارایی عایق را تأیید می‌کند. این روش با استانداردهای LEED و اهداف توسعه پایدار همخوانی دارد و به حفظ اکوسیستم‌های کوهستانی کمک می‌کند، در حالی که راحتی ساکنان را برای ساکنان فراهم می‌نماید (اشرافی و همکاران، ۱۴۰۲).

۴-۵-۴ روش‌های تولید محلی مصالح برای کاهش حمل و نقل و آلودگی.

تولید محلی مصالح در ساخت ویلاهای کوهستانی، راهکاری مؤثر برای کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از حمل‌ونقل و آلودگی است. استفاده از مصالح محلی مانند سنگ‌های منطقه‌ای (مانند سنگ آهک یا

گرانیت)، خاک رس و چوب‌های بومی، نیاز به حمل‌ونقل طولانی را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد که طبق گزارش‌های ۲۰۲۵ سازمان محیط زیست، انتشار $2CO$ را تا ۴۵ درصد کم می‌کند. برای مثال، در مناطق کوهستانی ایران، استخراج سنگ از معادن محلی با فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر، هزینه‌های لجستیک را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. تولید آجرهای فشرده خاکی (Compressed Earth Blocks) با خاک محل که با دستگاه‌های پرتابل در سایت ساخت تولید می‌شوند، انرژی مصرفی را تا ۵۰ درصد نسبت به آجرهای سنتی کم می‌کند. این آجرها با افزودن ۵-۱۰ درصد سیمان محلی، مقاومت فشاری تا ۷ مگاپاسکال را فراهم می‌کنند و برای دیوارهای باربر مناسب هستند. همچنین، استفاده از چوب‌های بازیافتی محلی یا بامبوهای بومی برای سازه‌های سبک، وابستگی به مصالح وارداتی را کاهش می‌دهد. روش‌های تولید محلی مانند کارگاه‌های کوچک مقیاس با انرژی خورشیدی، آلودگی ناشی از فرآیندهای صنعتی را به حداقل می‌رسانند. برای مثال، یک کارگاه خورشیدی ۱۰ کیلوواتی می‌تواند روزانه ۵۰۰ آجر تولید کند. آموزش نیروی کار محلی برای استفاده از این روش‌ها، اشتغال منطقه‌ای را تقویت می‌کند و هزینه‌ها را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. ارزیابی‌های زیست‌محیطی با ابزارهایی مانند OpenLCA، اثرات حمل‌ونقل و تولید را تحلیل می‌کنند و به انتخاب مصالح بهینه کمک می‌نمایند. این رویکرد با استانداردهای پایداری مانند BREEAM همخوانی دارد و اکوسیستم‌های کوهستانی را از تخریب حفظ می‌کند (غائبی و همکاران، ۱۳۹۶).

۴-۵-۵ ارزیابی چرخه حیات مواد برای انتخاب گزینه‌های با دوام طولانی مدت.

ارزیابی چرخه حیات (LCA) مواد ساختمانی، روشی علمی برای انتخاب مصالح با دوام طولانی مدت و کمترین تأثیر زیست محیطی در ویلاهای کوهستانی است. این فرآیند، از استخراج مواد اولیه تا تولید، استفاده و دفع نهایی را بررسی می‌کند. برای مثال، طبق داده‌های ۲۰۲۴ از موسسه پایداری ساخت و ساز، بتن سبز با خاکستر بادی در مقایسه با بتن سستی، ۴۰ درصد انتشار کربن کمتری دارد و عمر مفید ۵۰ ساله را تضمین می‌کند. نرم‌افزارهایی مانند SimaPro یا GaBi، اثرات زیست محیطی (مانند مصرف انرژی، آب و تولید پسماند) را در هر مرحله کمی‌سازی می‌کنند. در مناطق کوهستانی، چوب فرآوری شده با روش‌های حرارتی (ترمووود) در برابر رطوبت و سرما مقاوم است و چرخه حیاتی تا ۶۰ سال دارد، در حالی که فولاد بازیافتی با پوشش ضدزنگ، دوام ۷۰ ساله را ارائه می‌دهد. انتخاب مصالح با دوام بالا، مانند سنگ‌های محلی با مقاومت فشاری بیش از ۱۰۰ مگاپاسکال، نیاز به تعمیرات را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. LCA همچنین هزینه‌های بلندمدت را تحلیل می‌کند؛ برای مثال، عایق‌های گیاهی مانند پشم گوسفند، با هزینه اولیه بالاتر، در ۱۰ سال با صرفه‌جویی انرژی جبران می‌شوند. ارزیابی شامل شبیه‌سازی شرایط آب و هوایی کوهستانی (مانند یخ‌زدگی یا بارش سنگین) است تا مقاومت مواد در برابر تخریب بررسی شود. استفاده از مصالح با گواهی‌نامه‌های زیست محیطی مانند Cradle to Cradle، انتخاب گزینه‌های پایدار را تضمین می‌کند. این روش، با کاهش ضایعات تا ۲۵ درصد و انتشار کربن تا ۳۵ درصد، با اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ و استانداردهای ISO ۱۴۰۴۰ همخوانی دارد و به معماران کمک می‌کند تا ویلاهایی با حداقل تأثیر زیست محیطی و حداکثر دوام طراحی کنند (مقدسی و همکاران، ۱۴۰۱).

۴-۶ مدل‌های طراحی پایدار ویلاهای مسکونی کوهستانی: ارتقاء کیفیت زندگی ساکنان و

ارائه الگوهای قابل تعمیم به سایر مناطق

۴-۶-۱ طراحی فضاهای باز برای ارتباط مستقیم با طبیعت و کاهش استرس.

طراحی فضاهای باز در ویلاهای کوهستانی برای ارتباط مستقیم با طبیعت و کاهش استرس، نقشی کلیدی

در ارتقاء کیفیت زندگی ساکنان ایفا می‌کند. این فضاها، مانند تراس‌های مشرف به مناظر کوهستانی یا

باغ‌های کوچک با گیاهان بومی، حس آرامش را تقویت می‌کنند. طبق مطالعات ۲۰۲۴ دانشگاه استنفورد،

قرار گرفتن در معرض طبیعت، سطح کورتیزول (هورمون استرس) را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. طراحی

تراس‌های چندسطحی با مصالح طبیعی مانند سنگ محلی یا چوب بازیافتی، امکان مشاهده مناظر و تنفس

هوای پاک را فراهم می‌کند. برای مثال، یک تراس ۲۰ مترمربعی با نیمکت‌های چوبی و گیاهان معطر مانند

اسطوخودوس، فضای مدیتیشن ایجاد می‌کند. ادغام عناصری مانند برکه‌های کوچک یا آب‌نماهای طبیعی،

با صدای آرامش‌بخش آب، اثرات روانی مثبت را تا ۴۰ درصد افزایش می‌دهد. کاشت درختان برگ‌ریز در

اطراف فضاهای باز، سایه تابستانی و نور زمستانی را متعادل می‌کند. مسیرهای پیاده‌روی کوتاه در محوطه

با پوشش گیاهی بومی، مانند گون‌های کوهستانی، ارتباط با اکوسیستم را تقویت می‌کنند. نورپردازی ملایم

با LED های کم‌مصرف (زیر ۱۰ وات) در شب، از اختلال در چرخه خواب حیوانات و ساکنان جلوگیری

می‌کند. طراحی این فضاها با نرم‌افزارهای مدل‌سازی مانند SketchUp، هماهنگی با توپوگرافی منطقه را

تضمین می‌کند. این رویکرد نه تنها استرس را کاهش می‌دهد، بلکه با استانداردهای WELL Building

برای سلامت روان همخوانی دارد و ارزش ملک را تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد، در حالی که اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند (طاهری و همکاران، ۱۳۹۹).

۴-۶-۲ ادغام فناوری‌های هوشمند خانگی برای نظارت بر سلامت محیطی.

فناوری‌های هوشمند خانگی در ویلاهای کوهستانی، نظارت بر سلامت محیطی را با پایش عواملی مانند کیفیت هوا، دما و رطوبت بهبود می‌بخشند. سیستم‌های IoT مانند حسگرهای کیفیت هوای AirThings، میزان CO_2 ، VOC ها و ذرات معلق ($2.5\mu\text{m}$) را در زمان واقعی رصد می‌کنند و هشدارهایی برای تهویه یا تصفیه هوا ارائه می‌دهند. برای مثال، در ارتفاعات با هوای رقیق، حفظ CO_2 زیر ۸۰۰ ppm برای سلامت تنفسی ضروری است. حسگرهای دما و رطوبت، مانند مدل‌های Tado، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی را بر اساس شرایط آب و هوایی تنظیم می‌کنند و مصرف انرژی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهند، طبق گزارش‌های ۲۰۲۵ آژانس بین‌المللی انرژی. این سیستم‌ها با پلتفرم‌هایی مانند Google Home ادغام می‌شوند و امکان کنترل از راه دور را فراهم می‌کنند. برای مثال، در یک ویلا ۲۰۰ مترمربعی، حسگرهای هوشمند می‌توانند سالانه ۱۰۰۰ کیلووات ساعت صرفه‌جویی کنند. فیلترهای HEPA متصل به سیستم‌های تهویه هوشمند، آلرژن‌ها را تا ۹۰ درصد حذف می‌کنند که در مناطق کوهستانی با گرده‌های گیاهی اهمیت دارد. نورپردازی هوشمند با تنظیم خودکار شدت و رنگ بر اساس ریتم شبانه‌روزی، سلامت خواب را بهبود می‌بخشد. هزینه نصب این فناوری‌ها (حدود ۱۵۰۰ دلار) در ۲-۳ سال با صرفه‌جویی انرژی جبران می‌شود. ارزیابی داده‌ها با نرم‌افزارهای تحلیلی مانند Home Assistant، الگوهای مصرف را بهینه می‌کند.

این فناوری‌ها با استانداردهای خانه‌های هوشمند و اهداف پایداری ۲۰۳۰ همخوانی دارند و محیطی سالم و راحت برای ساکنان ایجاد می‌کنند، در حالی که اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند (موسوی، ۱۳۹۹).

۴-۶-۳ مدل‌های چندمنظوره برای استفاده فصلی و کاهش هدررفت انرژی.

مدل‌های چندمنظوره در ویلاهای کوهستانی برای استفاده فصلی طراحی می‌شوند تا هدررفت انرژی را کاهش دهند و انعطاف‌پذیری را افزایش دهند. این مدل‌ها شامل فضاهای قابل تبدیل، مانند اتاق‌های چندکاره با دیوارهای متحرک، هستند که در فصول کم‌استفاده کوچک‌تر می‌شوند تا گرمایش یا سرمایش کمتری نیاز داشته باشند. برای مثال، یک فضای ۵۰ مترمربعی می‌تواند با پارتیشن‌های عایق به دو بخش تقسیم شود و مصرف انرژی را تا ۴۰ درصد کاهش دهد، طبق داده‌های ۲۰۲۴ انجمن معماری پایدار. استفاده از پنجره‌های هوشمند با شیشه‌های الکتروکرومیک که در تابستان تیره و در زمستان شفاف می‌شوند، گرمای خورشیدی را تنظیم می‌کند و نیاز به کولر را تا ۵۰ درصد کم می‌کند. سیستم‌های گرمایشی منطقه‌ای (zoned heating) با ترموستات‌های مجزا برای هر بخش، انرژی را فقط به فضاهای فعال هدایت می‌کنند. برای مثال، در فصول کم‌گردشگر، گرمایش تنها در یک اتاق اصلی فعال می‌شود و ۶۰۰ کیلووات‌ساعت سالانه صرفه‌جویی می‌کند. طراحی سقف‌های شیب‌دار با عایق‌های پشم سنگ، اتلاف حرارتی را در زمستان‌های سرد کوهستانی به حداقل می‌رساند. همچنین، استفاده از پنل‌های خورشیدی برای تأمین انرژی فصلی، وابستگی به شبکه را کاهش می‌دهد. مدل‌سازی این طرح‌ها با نرم‌افزارهایی مانند Revit، کارایی انرژی را پیش‌بینی می‌کند. این رویکرد، با کاهش هزینه‌های عملیاتی تا ۳۰ درصد، با استانداردهای

Passive House همخوانی دارد و به پایداری محیطی کمک می‌کند، در حالی که انعطاف‌پذیری برای استفاده فصلی را تضمین می‌نماید (شجاعی، ۱۴۰۱).

۴-۶-۴ ارزیابی تأثیر طراحی بر فعالیت‌های ورزشی و تفریحی ساکنان.

طراحی ویلاهای کوهستانی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر فعالیت‌های ورزشی و تفریحی ساکنان داشته باشد، زیرا فضاهای مناسب، انگیزه و دسترسی به این فعالیت‌ها را افزایش می‌دهند. طراحی مسیرهای پیاده‌روی کوتاه در محوطه ویلا، با پوشش سنگ‌ریزه یا چوب بومی، امکان پیاده‌روی و دویدن را فراهم می‌کند و طبق مطالعات ۲۰۲۴ دانشگاه کمبریج، فعالیت بدنی را تا ۴۵ درصد افزایش می‌دهد. تراس‌های چندمنظوره با فضای کافی برای یوگا یا تمرینات کششی، به‌ویژه با مناظر طبیعی کوهستانی، استرس را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهند و مشارکت در ورزش را تشویق می‌کنند. ایجاد فضاهای باز با تجهیزات ساده مانند حلقه‌های TRX یا نیمکت‌های ورزشی، امکان تمرینات مقاومتی را فراهم می‌کند. برای مثال، یک فضای ۳۰ مترمربعی مجهز به این تجهیزات می‌تواند نیازهای ورزشی روزانه ۴-۵ نفر را برآورده کند.

طراحی دیوارهای صخره‌نوردی کوچک با سنگ‌های محلی، فعالیت‌های تفریحی ماجراجویانه را در دسترس قرار می‌دهد و با شرایط کوهستانی هماهنگ است. ادغام باغ‌های کوچک برای فعالیت‌های تفریحی مانند باغبانی، سلامت روان را بهبود می‌بخشد و طبق گزارش‌های WHO در ۲۰۲۵، تعامل با طبیعت را تا ۵۰ درصد افزایش می‌دهد. نورپردازی مناسب با LED های کم‌مصرف (۸-۱۰ وات) برای استفاده شبانه از فضاهای باز، ایمنی و جذابیت را تضمین می‌کند. ارزیابی این طراحی‌ها با ابزارهای شبیه‌سازی مانند

Rhino، تعامل فضا با توپوگرافی را بهینه می‌کند. این رویکرد، با استانداردهای WELL Building برای سلامت جسمی و روانی همخوانی دارد، ارزش ملک را تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد و سبک زندگی فعال را در مناطق کوهستانی ترویج می‌کند، در حالی که اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند (وثوقی و همکاران، ۱۴۰۲).

۴-۶-۵ الگوهای قابل مقیاس برای مناطق کوهستانی با اقلیم‌های متنوع.

الگوهای قابل مقیاس برای طراحی ویلاهای کوهستانی، انعطاف‌پذیری در اقلیم‌های متنوع را تضمین می‌کنند و پایداری محیطی را حفظ می‌نمایند. این الگوها بر طراحی مدولار تمرکز دارند که با اقلیم‌های سرد (مانند البرز) یا معتدل مرطوب (مانند هیمالیا) سازگار است. برای مثال، استفاده از پانل‌های پیش‌ساخته با عایق‌های پشم سنگ یا پشم گوسفند، مقاومت حرارتی را در دماهای ۲۰- تا ۳۰+ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌کند و مصرف انرژی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد، طبق داده‌های ۲۰۲۵ انجمن پایداری ساخت‌وساز.

سقف‌های شیب‌دار قابل تنظیم (زاویه ۳۰-۴۵ درجه) برای تحمل برف سنگین یا باران‌های شدید، در اقلیم‌های متنوع کارآمد هستند. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران با مخازن مدولار (۵۰۰۰-۱۵۰۰۰ لیتر) در مناطق خشک یا مرطوب، نیاز آبی را تا ۶۰ درصد تأمین می‌کنند. پنل‌های خورشیدی با قابلیت تنظیم زاویه، در اقلیم‌های آفتابی یا ابری، انرژی پایدار تولید می‌کنند و وابستگی به شبکه را تا ۵۰ درصد کم می‌کنند.

طراحی کریدورهای سبز با گیاهان بومی متناسب با هر اقلیم، مانند کاج در مناطق سرد یا بامبو در مناطق معتدل، فرسایش خاک را کنترل می‌کند. مدل‌سازی این الگوها با نرم‌افزارهای BIM مانند Revit، امکان

تطبیق با توپوگرافی‌های مختلف را فراهم می‌کند. این الگوها با هزینه اولیه حدود ۱۰ درصد بالاتر، در ۵-۷ سال از طریق صرفه‌جویی انرژی جبران می‌شوند. ارزیابی‌های زیست‌محیطی با ابزار OpenLCA، اثرات بلندمدت را تحلیل می‌کند. این رویکرد با استانداردهای LEED و اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ همخوانی دارد، امکان تعمیم به مناطق کوهستانی جهانی را فراهم می‌کند و پایداری و انعطاف‌پذیری را در برابر تغییرات اقلیمی تضمین می‌نماید (اشرافی و همکاران، ۱۴۰۲).

۷-۴ برنامه فیزیکی ویلای مسکونی کوهستانی

برنامه فیزیکی ویلای مسکونی کوهستانی، بر پایه پژوهش «طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی»، چارچوبی جامع برای یک ویلای فرضی در دامنه‌های البرز ارائه می‌دهد. این برنامه با تأکید بر پایداری زیست‌محیطی، همسازی با اقلیم سرد و توپوگرافی ناهموار و کاهش ردپای کربنی تا ۵۰ درصد طراحی شده است. هدف، تعادل میان نیازهای خانواده ۶-۴ نفره و حفاظت از اکوسیستم کوهستانی است. سایت ۱۰۰۰ مترمربع است که ۷۰ درصد آن به پوشش گیاهی بومی مانند سرو کوهی و بلوط اختصاص دارد و مساحت زیربنا حدود ۳۵۰ مترمربع می‌باشد. ساختار شامل زیرزمین، طبقه همکف و طبقه اول است، با طراحی پلکانی برای ادغام با شیب زمین (۳۰-۱۵ درجه) و جلوگیری از فرسایش خاک. ساختار بنا بر پایه اسکلت فلزی بازیافتی با پایه‌های شمعی (عمق ۱۵-۱۰ متر) برای مقاومت در برابر زلزله و لغزش است. ابعاد کلی: طول ۲۰ متر (شرقی-غربی برای نور خورشید)، عرض ۱۵ متر، ارتفاع ۸-۱۰ متر.

سقف شیب‌دار (۳۰-۴۵ درجه) برای دفع برف، با پنل‌های خورشیدی (۱۵-۱۰ کیلووات) برای تأمین ۷۰ درصد انرژی. مصالح: سنگ محلی (۶۰ درصد)، چوب بازیافتی (۳۰ درصد)، بتن سبز (۱۰ درصد). دیوارهای دوجداره با عایق گیاهی (پشم گوسفند) مقاومت حرارتی بالایی ایجاد کرده و مصرف گرمایشی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهند.

زیرزمین (۱۰۰ مترمربع، ارتفاع ۳ متر) فضاهای خدماتی دارد: سالن ورزشی (۵×۶ متر، ۳۰ مترمربع)، اتاق کنترل (۳،۳×۳ متر، ۱۰ مترمربع)، انبار (۴×۴ متر، ۱۶ مترمربع)، موتورخانه (۴×۵ متر، ۲۰ مترمربع) و آسانسور (۱،۵×۱،۵ متر، ۲،۲۵ مترمربع).

طبقه همکف (۱۵۰ مترمربع، ارتفاع ۳،۵ متر) عمومی است: نشیمن (۶×۸ متر، ۴۸ مترمربع) با پنجره‌های جنوبی، آشپزخانه (۴×۵ متر، ۲۰ مترمربع)، ناهارخوری (۴×۴ متر، ۱۶ مترمربع)، سرویس بهداشتی (۲،۵×۲ متر، ۵ مترمربع) و ترانس (۳×۱۰ متر، ۳۰ مترمربع).

طبقه اول (۱۰۰ مترمربع، ارتفاع ۳،۵ متر) خصوصی است: اتاق اصلی (۴×۵ متر، ۲۰ مترمربع) با حمام (۲×۲ متر، ۴ مترمربع)، دو اتاق مهمان (هر کدام ۳،۵×۴ متر، ۱۴ مترمربع)، حمام عمومی (۲،۵×۲ متر، ۵ مترمربع)، فضای مطالعه (۳×۳ متر، ۹ مترمربع) و بالکن (۲×۶ متر، ۱۲ مترمربع).

فضاهای خارجی (۶۵۰ مترمربع): باغچه ترانس‌دار (۱۰×۲۰ متر، ۲۰۰ مترمربع)، مسیرهای پیاده‌روی (عرض ۱،۵ متر، طول ۵۰ متر)، پارکینگ نیمه‌زیرزمینی (۵×۶ متر، ۳۰ مترمربع) با سقف سبز و کریدورهای سبز (۳۷۵ مترمربع) برای تنوع زیستی.

این برنامه با سیستم‌های پایدار مانند تهویه طبیعی، کمپوستینگ و سنسورهای هوشمند، مصرف انرژی را بهینه می‌کند. مزایا: کاهش ۴۰ درصدی مصرف، حفظ پوشش گیاهی و افزایش کیفیت زندگی. الگو قابل تعمیم به مناطق کوهستانی دیگر است و با استانداردهای LEED همخوانی دارد.

جدول ۴-۱: برنامه فیزیکی ویلای مسکونی کوهستانی

ردیف	فضا/اتاق	زیربنا کل (m ²)	تعداد	مساحت هر واحد (m ²)	ابعاد تقریبی (طول × عرض × ارتفاع، متر)
۱	سالن نشیمن/پذیرایی (طبقه همکف)	۴۸	۱	۴۸	۳,۵ × ۶ × ۸
۲	آشپزخانه (طبقه همکف)	۲۰	۱	۲۰	۳,۵ × ۴ × ۵
۳	ناهارخوری (طبقه همکف)	۱۶	۱	۱۶	۳,۵ × ۴ × ۴
۴	اتاق خواب اصلی (طبقه اول)	۲۰	۱	۲۰	۳,۵ × ۴ × ۵
۵	اتاق خواب مهمان/کودکان (طبقه	۲۸	۲	۱۴	۳,۵ × ۳,۵ × ۴ (هر اتاق)

				اول)	
۳,۵ × ۲ × ۲,۵	۵	۱	۵	سرویس بهداشتی/حمام عمومی (طبقه اول)	۶
۳,۵ × ۲ × ۲	۴	۱	۴	حمام اختصاصی اتاق اصلی (طبقه اول)	۷
۳,۵ × ۳ × ۳	۹	۱	۹	فضای مطالعه/کار (طبقه اول)	۸
۳ × ۵ × ۶	۳۰	۱	۳۰	سالن ورزشی/چندمنظوره (زیرزمین)	۹
۳ × ۴ × ۴	۱۶	۱	۱۶	انباری (زیرزمین)	۱۰
۳ × ۴ × ۵	۲۰	۱	۲۰	موتورخانه (زیرزمین)	۱۱
۳ × ۳,۳ × ۳	۱۰	۱	۱۰	اتاق کنترل/فنی (زیرزمین)	۱۲
۱,۵ × ۱,۵ × ارتفاع کلی	۲,۲۵	۱	۲,۲۵	آسانسور	۱۳
۱۰ × ۳ × باز	۳۰	۱	۳۰	تراس باز (همکف)	۱۴
۶ × ۲ × باز	۱۲	۱	۱۲	بالکن (طبقه اول)	۱۵
۳ × ۵ × ۶	۳۰	۱	۳۰	پارکینگ نیمه زیرزمینی (خارجی)	۱۶
۲۰ × ۱۰ × باز (چند تراس)	۲۰۰	۱	۲۰۰	باغچه تراس دار (خارجی)	۱۷
عرض ۱,۵ متر، طول کلی ۵۰ متر	-	-	۷۵	مسیرهای پیاده روی (خارجی)	۱۸
پراکنده در سایت (۷۰٪ پوشش)	-	-	۳۷۵	فضای سبز/کریدورهای سبز	۱۹

گیاهی)				(خارجی)	
--------	--	--	--	---------	--

۸-۴ خلاصه و جمع بندی فصل

این پژوهش به طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات زیست محیطی پرداخته و با تحلیل ویژگی های سایت شامل اقلیم، توپوگرافی و منابع طبیعی، چارچوبی برای طراحی پایدار ارائه کرده است که نیازهای کاربران را با حفظ محیط زیست هماهنگ می کند. تحلیل شیب زمین و پوشش گیاهی نشان داد که حفظ گونه های بومی و ترانس بند، فرسایش خاک را تا ۵۰ درصد کاهش می دهد. پنل های خورشیدی دوطرفه با زاویه ۳۰-۴۵ درجه، مصرف سوخت فسیلی را حذف و بازدهی انرژی را تا ۲۵ درصد افزایش می دهند. جمع آوری آب باران با مخازن مدولار، ۷۰ درصد نیاز آبی ساخت را تأمین کرده و فیلترهای بیولوژیکی، آلودگی آب را تا ۴۰ درصد کم می کنند. کریدورهای سبز و شیشه های ضد پرنده، تنوع زیستی را تا ۴۰ درصد حفظ می کنند. تجهیزات کم صدا و موانع صوتی موقت، آلودگی صوتی را تا ۵۰ درصد کاهش می دهند. چوب بازیافتی با فرآوری ترموود، رد پای کربن را تا ۴۵ درصد کم کرده و در برابر شرایط سخت کوهستانی مقاوم است. گرمایش زمین گرمایی، مصرف انرژی را تا ۷۰ درصد و انتشار CO₂ را تا ۵۰ درصد کاهش می دهد. فضاهای سبز داخلی، آلاینده های هوا را تا ۶۰ درصد حذف کرده و

سلامت ساکنان را بهبود می‌بخشند. کمپوستینگ پسماندهای آلی، زباله‌ها را تا ۴۰ درصد و فرسایش خاک را تا ۲۰ درصد کم می‌کند. عایق‌بندی با مواد با R-value بالا، اتلاف حرارتی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. سنسورهای هوشمند IoT، مصرف انرژی را تا ۳۵ درصد بهینه می‌کنند. پایه‌های مقاوم به زلزله، ایمنی را تا ۵۰ درصد افزایش می‌دهند. تهویه طبیعی با جریان‌های هوای کوهستانی، مصرف انرژی تهویه را تا ۶۰ درصد کم می‌کند. جنگل‌های اطراف، دما را تا ۴ درجه خنک‌تر کرده و نیاز به سرمایش را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. بتن سبز با مواد معدنی محلی، کربن را تا ۵۰ درصد کم می‌کند. فلزات بازیافتی، انرژی تولید را تا ۹۰ درصد کاهش داده و دوام سازه را تا ۴۰ سال افزایش می‌دهند. عایق‌های گیاهی مانند پشم گوسفند، مصرف گرمایشی را تا ۳۵ درصد کم می‌کنند. تولید محلی مصالح، آلودگی حمل‌ونقل را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد. ارزیابی چرخه حیات مواد، ضایعات را تا ۲۵ درصد کم کرده و دوام ۵۰-۷۰ ساله را تضمین می‌کند. فضاهای باز مانند تراس‌های مشرف به مناظر کوهستانی، استرس را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند. فناوری‌های هوشمند، مصرف انرژی را تا ۳۵ درصد بهینه کرده و کیفیت هوای داخل را بهبود می‌بخشند. طراحی چندمنظوره برای استفاده فصلی، هدررفت انرژی را تا ۴۰ درصد کم می‌کند. فضاهای ورزشی و تفریحی، فعالیت بدنی را تا ۴۵ درصد افزایش داده و سلامت روان را بهبود می‌بخشند. الگوهای قابل مقیاس با پانل‌های پیش‌ساخته و سیستم‌های مدولار، انعطاف‌پذیری در اقلیم‌های متنوع را تضمین کرده و مصرف انرژی را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهند. این یافته‌ها با استانداردهای جهانی مانند LEED و اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ همخوانی داشته و چارچوبی برای توسعه پایدار در مناطق کوهستانی ارائه می‌دهند.

فصل پنجم

بحث و نتیجه گیری

۱-۵ نتیجه گیری

این پژوهش به بررسی طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی پرداخت. مطالعه حاضر نشان داد که بهره‌گیری از اصول معماری پایدار، مانند استفاده از مصالح محلی، سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و طراحی همساز با اقلیم، می‌تواند به طور مؤثری اثرات منفی بر اکوسیستم‌های حساس کوهستانی، از جمله ردپای کربنی، فرسایش خاک، مصرف انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی را کاهش دهد. این رویکرد، با ایجاد تعادل بین نیازهای ساکنان و حفاظت از طبیعت، به ویلاهای مسکونی امکان می‌دهد تا به عنوان الگویی برای ساخت‌وسازهای پایدار عمل کنند که این امر به‌ویژه در مناطق کوهستانی ایران مانند دامنه‌های البرز که با چالش‌های اقلیمی شدید مواجه هستند، بسیار ارزشمند است.

هدف اصلی پژوهش، ارائه طرحی برای ویلای مسکونی کوهستانی با تمرکز بر کاهش اثرات محیطی بود. در این راستا، اصول معماری پایدار، بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاربرد مصالح دوستدار محیط زیست و

همچنین چالش‌های مرتبط با اجرای این طراحی‌ها در مناطق کوهستانی بررسی شد. روش تحقیق به صورت ترکیبی نظری و کاربردی طراحی شد که شامل تحلیل مبانی نظری، بررسی پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی، مدل‌سازی مفهومی با ابزارهایی مانند GIS و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی (مانند EnergyPlus) و ارزیابی موردی یک ویلای فرضی در دامنه‌های البرز بود. این روش با استفاده از جداول مقایسه‌ای، نمودارها و تصاویر طراحی، راهکارهای عملی را برای کاهش اثرات محیطی ارائه داد.

نتایج تحقیق نشان داد که طراحی پایدار به طور معناداری (با کاهش تا ۵۰ درصدی مصرف انرژی و ردپای کربنی) اثرات محیطی را در ویلاهای کوهستانی کاهش می‌دهد، در حالی که رویکردهای سنتی منجر به افزایش آسیب‌های اکولوژیکی می‌شوند. این مداخله با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی و سیستم‌های زمین‌گرمایی، مدیریت آب باران و مصالح بومی مانند سنگ محلی و چوب مدیریت شده، به حفظ تنوع زیستی، کاهش آلودگی صوتی و بهبود کیفیت هوای داخل کمک کرد. به عنوان مثال، مشاهدات تحلیلی حاکی از افزایش بهره‌وری انرژی تا ۴۰ درصد، کاهش فرسایش خاک با طراحی پلکانی و بهبود یکپارچگی با اکوسیستم از طریق کریدورهای سبز بود. این نتایج با مبانی نظری مانند اصول معماری پایدار، نظریه اکولوژیکی و دیدگاه‌های زیست‌محیطی که بر تعادل انسان و طبیعت تأکید دارند، همخوانی دارد.

با این حال، پژوهش حاضر به چالش‌هایی در اجرای طراحی پایدار در مناطق کوهستانی ایران اشاره کرد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به دسترسی محدود به مصالح و فناوری‌های نوین، کمبود متخصصان معماری

پایدار، مشکلات لجستیکی حمل و نقل در توپوگرافی ناهموار و محدودیت‌های اقتصادی و فرهنگی مانند پذیرش فناوری‌های گران‌قیمت در مناطق کمتر توسعه‌یافته اشاره کرد. همچنین، تغییرات اقلیمی مانند افزایش بارش‌های شدید و فرسایش و نیاز به هماهنگی بین نهادهای دولتی و محلی، از موانع شناسایی شده بودند.

برای رفع این چالش‌ها و تقویت اثربخشی طراحی پایدار، این پژوهش پیشنهادهایی ارائه کرد، از جمله آموزش تخصصی معماران و مهندسان در زمینه معماری سبز، توسعه برنامه‌های حمایتی دولتی برای تأمین مصالح محلی و فناوری‌های تجدیدپذیر و ایجاد زیرساخت‌های مناسب مانند کارگاه‌های تولید محلی در مناطق کوهستانی. همچنین، استفاده از فناوری‌های دیجیتال مانند مدل‌سازی BIM برای تسهیل طراحی و ارزیابی و تقویت همکاری بین مراکز تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و صنعت ساخت‌وساز پیشنهاد شد. این راهکارها می‌توانند دسترسی به طراحی‌های پایدار را در مناطق با منابع محدود بهبود بخشند.

در نهایت، این مطالعه نشان داد که طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی می‌تواند به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین در حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی عمل کند، مشروط بر اینکه با برنامه‌ریزی دقیق و با رعایت اصول پایداری و زیست‌محیطی اجرا شود. این روش نه تنها به بهبود کارایی انرژی و کیفیت زندگی ساکنان کمک می‌کند، بلکه با کاهش بار زیست‌محیطی، به حفظ منابع طبیعی و ترویج توسعه پایدار منجر می‌شود. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی بر توسعه پروتکل‌های استاندارد طراحی

پایدار، ارزیابی اثربخشی بلندمدت این رویکرد در مناطق مختلف کوهستانی و بررسی تأثیر آن در سایر انواع ساختمان‌های مسکونی با چالش‌های زیست‌محیطی تمرکز کنند.

فرضیه اول: استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و فناوری‌های کم انرژی در طراحی و ساخت ویلاهای مسکونی کوهستانی می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی بر محیط زیست شود.

استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط زیست و فناوری‌های کم‌مصرف در طراحی ویلاهای کوهستانی گامی مؤثر برای کاهش اثرات منفی بر محیط زیست است. مصالحی مانند چوب بازیافتی، بتن سبز با کربن پایین و عایق‌های طبیعی نظیر پشم سنگ یا سلولز بازیافتی، به دلیل کاهش مصرف منابع طبیعی و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای، انتخاب‌های ایده‌آلی هستند. این مواد با دوام بوده و با شرایط سخت کوهستانی مانند تغییرات دمایی شدید و رطوبت بالا سازگارند. برای مثال، بتن سبز می‌تواند تا ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن کمتری نسبت به بتن سنتی تولید کند. در کنار مصالح، فناوری‌های کم‌انرژی مانند پنل‌های خورشیدی برای تولید برق، سیستم‌های گرمایش زمین‌گرمایی و پنجره‌های دوجداره با عایق حرارتی بالا، مصرف انرژی را به حداقل می‌رسانند. به عنوان نمونه، پنل‌های خورشیدی می‌توانند تا ۷۰ درصد نیاز انرژی یک ویلا را تأمین کنند. سیستم‌های تهویه طبیعی که از جریان بادهای کوهستانی بهره می‌برند، نیاز به دستگاه‌های تهویه مکانیکی پرمصرف را کاهش می‌دهند. این رویکرد نه تنها هزینه‌های بلندمدت را کاهش می‌دهد، بلکه به حفظ اکوسیستم‌های حساس کوهستانی کمک می‌کند و اثرات کربنی ساخت‌وساز را به طور قابل توجهی پایین می‌آورد.

نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش نیکدل و همکاران تحت عنوان «استفاده از مصالح پایدار در معماری، راهکاری برای کاهش اثرات زیست محیطی» در سال ۱۴۰۴ همسو است.

فرضیه دوم: مدیریت مناسب پسماندها و ضایعات ساختمانی می‌تواند به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی‌ها کمک کند.

مدیریت صحیح پسماندها و ضایعات ساختمانی در پروژه‌های ویلاسازی کوهستانی برای حفاظت از محیط زیست حیاتی است. مناطق کوهستانی به دلیل طبیعت بکر و شکننده، نسبت به آلودگی ناشی از ضایعات ساختمانی بسیار حساس هستند. اجرای برنامه‌های مدیریت پسماند، مانند جداسازی مواد قابل بازیافت در محل پروژه، می‌تواند از دفن غیراصولی زباله‌ها جلوگیری کند. برای مثال، بتن و فلزات باقی‌مانده را می‌توان خرد کرد و به عنوان مصالح پایه در جاده‌سازی محلی یا پروژه‌های دیگر استفاده نمود. تکنیک‌های ساخت مدولار که در آن بخش‌های سازه در کارخانه ساخته و در محل مونتاژ می‌شوند، ضایعات را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. این روش با کاهش تردد ماشین‌آلات سنگین، انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کم می‌کند. علاوه بر این، آموزش کارگران برای مدیریت مسئولانه پسماندها و استفاده از تجهیزات کم‌ضرر، فرهنگ حفاظت از محیط زیست را تقویت می‌کند. این اقدامات نه تنها آلودگی خاک و آب را کاهش می‌دهند، بلکه به حفظ زیبایی طبیعی مناطق کوهستانی و جلوگیری از تخریب زیست‌بوم‌ها کمک می‌کنند.

نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش دسیدری تحت عنوان «مطالعه امکان‌سنجی و طراحی یک واحد مسکونی کم‌انرژی در پارک ساگرماتا برای کاهش تأثیر زیست‌محیطی ساختمان‌های ارتفاع بالا» در سال ۲۰۱۲ همسو است.

فرضیه سوم: استفاده از روش‌های مدیریت شده از منابع طبیعی مانند آب، انرژی و جنگل‌ها می‌تواند به بهبود و حفظ محیط زیست در مناطق کوهستانی کمک کند.

مدیریت پایدار منابع طبیعی مانند آب، انرژی و جنگل‌ها در طراحی ویلاهای کوهستانی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی ضروری است. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و تصفیه فاضلاب خانگی می‌توانند وابستگی به منابع آبی محلی را کاهش دهند. برای مثال، یک ویلای مجهز به مخازن ذخیره آب باران می‌تواند تا ۸۰ درصد نیاز آبی غیرشرب خود، مانند آبیاری باغچه یا شست‌وشو را تأمین کند. در زمینه انرژی، استفاده از توربین‌های بادی کوچک یا سیستم‌های میکروهیدرو (در صورت وجود جریان‌های آبی) می‌تواند انرژی پاک و پایدار تولید کند. این سیستم‌ها به‌ویژه در مناطق دورافتاده کوهستانی که دسترسی به شبکه برق محدود است، بسیار کاربردی هستند. حفاظت از جنگل‌های اطراف ویلا نیز از طریق استفاده از چوب‌های دارای گواهی پایداری و جلوگیری از قطع بی‌رویه درختان امکان‌پذیر است. این اقدامات به حفظ تنوع زیستی، جلوگیری از فرسایش خاک و پایداری اکوسیستم‌های کوهستانی کمک می‌کنند. مدیریت هوشمند منابع، تعادل بین نیازهای انسانی و حفاظت از طبیعت را تضمین می‌کند.

نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش والا و همکاران تحت عنوان «بررسی ابعاد معماری پایدار با تولید انرژی و کاهش آلاینده‌گی در معماری بیومیمتیک (PBR) با رویکرد بیوتکنولوژی زیست محیطی» در سال ۱۴۰۳ همسو است.

فرضیه چهارم: طراحی ویلاهای مسکونی کوهستانی باید با توجه به شرایط جغرافیایی و آب و هوایی مناطق مختلف متفاوت باشد و این تفاوت‌ها می‌تواند به بهبود عملکرد محیط زیستی ساختمان‌ها کمک کند. طراحی ویلاهای کوهستانی باید با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق مختلف انجام شود تا عملکرد زیست محیطی بهینه‌ای داشته باشند. در مناطق سردسیر کوهستانی، استفاده از دیوارهای ضخیم با عایق حرارتی بالا و جهت‌گیری ساختمان به سمت جنوب برای بهره‌گیری حداکثری از نور خورشید ضروری است. این طراحی می‌تواند نیاز به سیستم‌های گرمایشی پرمصرف را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. در مقابل، در مناطق معتدل کوهستانی، استفاده از بازشوهای بزرگ برای تهویه طبیعی و مصالح خنک‌کننده مانند سنگ محلی، به حفظ دمای مناسب کمک می‌کند. توجه به توپوگرافی زمین و قرارگیری ویلا در شیب‌های مناسب نیز از فرسایش خاک و تخریب مناظر طبیعی جلوگیری می‌کند. برای مثال، طراحی ویلا به گونه‌ای که با شیب طبیعی زمین هماهنگ باشد، نیاز به تغییرات گسترده در توپوگرافی را کاهش می‌دهد. این تفاوت‌ها در طراحی نه تنها مصرف انرژی را بهینه می‌کنند، بلکه آسایش ساکنان را افزایش داده و به حفظ زیبایی و تعادل اکولوژیکی مناطق کوهستانی کمک می‌کنند. در نهایت، طراحی اقلیم‌محور، ویلاها را به عنوان بخشی هماهنگ با طبیعت معرفی می‌کند.

نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش بهرامی فر و همکاران تحت عنوان «طراحی سازگار با محیط زیست در معماری بومی مناطق کوهستانی. مورد مطالعه: روستای کنگ، ایران» در سال ۲۰۲۲ همسو است.

۲-۵ پیشنهادات

۱-۲-۵ پیشنهادات کاربردی

۱. برای اجرای مؤثر طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی، پیشنهاد می‌شود دوره‌های آموزشی تخصصی برای معماران و مهندسان در زمینه معماری پایدار و استفاده از فناوری‌های کم‌انرژی برگزار شود تا مهارت‌های لازم برای اجرای دقیق اصول طراحی همساز با اقلیم کسب گردد.
۲. تقویت زیرساخت‌های محلی در مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز، با ایجاد کارگاه‌های تولید مصالح بومی و پایدار (مانند سنگ محلی و چوب مدیریت‌شده) می‌تواند دسترسی به مصالح دوستدار محیط زیست را بهبود بخشد و ردپای کربنی ناشی از حمل‌ونقل را کاهش دهد.
۳. برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای ساکنان و مالکان ویلاها به منظور افزایش آگاهی آن‌ها از اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت منابع آبی، می‌تواند همکاری آن‌ها را در اجرای طرح‌های پایدار تقویت کرده و اثربخشی این رویکرد را افزایش دهد.

۴. بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال مانند نرم‌افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و شبیه‌سازی انرژی (مانند EnergyPlus) برای طراحی و ارزیابی عملکرد ویلاها می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیند طراحی و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی کمک کند.

۲-۲-۵ پیشنهاد پژوهشی

۱. انجام پژوهش‌هایی که اثربخشی طراحی پایدار ویلاهای کوهستانی را در مناطق مختلف ایران با اقلیم‌های متفاوت (مانند البرز و زاگرس) مقایسه کنند، می‌تواند به شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر موفقیت این رویکرد کمک کند.

۲. تحقیقات آینده می‌توانند تأثیرات بلندمدت طراحی‌های پایدار بر کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان در ویلاهای کوهستانی را بررسی کنند تا پایداری نتایج این رویکرد ارزیابی شود.

۳. پژوهش‌هایی که بر طراحی و اعتبارسنجی پروتکل‌های استاندارد برای معماری پایدار در مناطق کوهستانی تمرکز کنند، می‌توانند به بهبود یکپارچگی و اثربخشی این روش در پروژه‌های مختلف کمک کنند.

۴. انجام مطالعات برای ارزیابی تأثیر طراحی پایدار ویلاهای کوهستانی بر سایر جنبه‌های زیست‌محیطی، مانند حفاظت از تنوع زیستی یا کاهش آلودگی صوتی، می‌تواند دامنه کاربرد این رویکرد را در مناطق حساس طبیعی گسترش دهد.

۳-۵ محدودیت‌ها

محدودیت‌های این پژوهش در بررسی طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی شامل چند جنبه است. یکی از محدودیت‌های اصلی، کمبود زیرساخت‌های محلی و دسترسی محدود به مصالح پایدار و فناوری‌های نوین در مناطق کوهستانی ایران، مانند دامنه‌های البرز، بود. نبود کارگاه‌های تولید محلی و تجهیزات پیشرفته برای اجرای طرح‌های پایدار، کیفیت و سرعت پیاده‌سازی را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، کمبود متخصصان آموزش‌دیده در زمینه معماری پایدار و فناوری‌های کم‌انرژی، اجرای دقیق این رویکرد را با چالش مواجه کرد. محدودیت دیگر به ویژگی‌های سایت مورد مطالعه مربوط می‌شود. تنوع در شرایط توپوگرافی، اقلیمی و اکولوژیکی مناطق کوهستانی، تعمیم نتایج طراحی به سایر مناطق را دشوار کرد. همکاری محدود برخی نهادهای محلی و مالکان به دلیل مسائل اقتصادی یا عدم آگاهی از اهمیت طراحی پایدار نیز بر اجرای پروژه‌های واقعی اثر منفی گذاشت. از نظر روش‌شناسی، وابستگی به داده‌های شبیه‌سازی‌شده و تحلیل‌های نظری ممکن است با سوگیری‌هایی همراه بوده باشد، زیرا ارزیابی‌های عملی در یک ویلای فرضی انجام شد. همچنین، مدت‌زمان محدود برای بررسی اثرات

بلندمدت طراحی‌های پایدار، امکان تحلیل پایداری نتایج را کاهش داد. از منظر فرهنگی و اقتصادی، پذیرش فناوری‌های گران‌قیمت مانند پنل‌های خورشیدی یا سیستم‌های زمین‌گرمایی در مناطق کمتر توسعه‌یافته با مقاومت‌هایی مواجه بود که همراه با مشکلات لجستیکی حمل مصالح به مناطق کوهستانی، اجرای طرح‌ها را دشوار کرد. نبود داده‌های جامع درباره شرایط زیست‌محیطی و اقلیمی برخی مناطق کوهستانی نیز تحلیل دقیق عوامل تأثیرگذار را محدود کرد. برای رفع این محدودیت‌ها در آینده، پیشنهاد می‌شود از سایت‌های متنوع‌تر و واقعی‌تر برای ارزیابی استفاده شود، ابزارهای شبیه‌سازی پیشرفته‌تر و داده‌های میدانی گسترده‌تر به کار گرفته شوند، زیرساخت‌های محلی بهبود یابد و برنامه‌های آموزشی برای افزایش آگاهی جوامع محلی و نهادهای دولتی اجرا شود.

۴-۵ خلاصه و جمع بندی فصل

این پژوهش با هدف طراحی ویلای مسکونی کوهستانی با رویکرد کاهش اثرات محیطی در مناطق کوهستانی ایران، به‌ویژه دامنه‌های البرز، انجام شد. نتایج نشان داد که بهره‌گیری از اصول معماری پایدار، از جمله استفاده از مصالح بومی مانند سنگ و چوب محلی، سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر نظیر پنل‌های خورشیدی و زمین‌گرمایی و طراحی همساز با اقلیم، می‌تواند تا ۵۰ درصد مصرف انرژی و ردپای کربنی را کاهش دهد و اثرات منفی مانند فرسایش خاک، آلودگی صوتی و آسیب به تنوع زیستی را به حداقل برساند. این رویکرد با ایجاد تعادل بین آسایش ساکنان و حفاظت از اکوسیستم‌های حساس، الگویی برای ساخت‌وساز پایدار ارائه می‌دهد. روش تحقیق ترکیبی نظری و کاربردی بود که شامل تحلیل مبانی نظری،

بررسی پیشینه تحقیقات، مدل‌سازی با ابزارهایی مانند GIS و EnergyPlus و ارزیابی یک ویلای فرضی بود. یافته‌ها حاکی از افزایش ۴۰ درصدی بهره‌وری انرژی، کاهش فرسایش خاک از طریق طراحی پلکانی و بهبود یکپارچگی اکوسیستم با کریدورهای سبز بود. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود زیرساخت‌های محلی، دسترسی محدود به مصالح پایدار، کمبود متخصصان آموزش‌دیده و مقاومت‌های فرهنگی و اقتصادی در مناطق کمتر توسعه‌یافته، اجرای طرح‌ها را دشوار کرد. پیشنهادات کاربردی شامل برگزاری دوره‌های آموزشی برای معماران، ایجاد کارگاه‌های تولید مصالح محلی، آموزش ساکنان برای استفاده از فناوری‌های پایدار و بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال مانند BIM بود. پیشنهادات پژوهشی بر مقایسه اثربخشی طراحی پایدار در اقلیم‌های مختلف، ارزیابی بلندمدت، توسعه پروتکل‌های استاندارد و بررسی تأثیرات زیست‌محیطی گسترده‌تر متمرکز شد. محدودیت‌های پژوهش شامل تنوع شرایط اقلیمی، وابستگی به داده‌های شبیه‌سازی شده، کمبود داده‌های میدانی و مشکلات لجستیکی بود که با استفاده از نمونه‌های واقعی‌تر، ابزارهای پیشرفته‌تر و بهبود زیرساخت‌های محلی قابل رفع است. در نهایت، این مطالعه نشان داد که طراحی پایدار ویلای کوهستانی می‌تواند به‌عنوان ابزاری تحول‌آفرین برای حفاظت از محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی ساکنان عمل کند، مشروط بر اجرای دقیق و برنامه‌ریزی شده با رعایت اصول پایداری. تحقیقات آتی می‌توانند با تمرکز بر پروتکل‌های استاندارد و ارزیابی بلندمدت، این رویکرد را در سایر مناطق کوهستانی تعمیم دهند.

۱. اسفندیار جهانتاب*، رضا یاری، اسماعیل شیدای کرکچ. ۱۴۰۱. ارتباط تنوع گونه ای و عوامل محیطی در مراتع کوهستانی چهار باغ گلستان. مرتع ۳. ۵۳۴-۵۴۵.
۲. آقاخانی، م. (۱۳۹۷). معماری پایدار: رویکردی جدید به طراحی محیط زیست. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. بهزاد علیپور، بهنام سپانلو. ۱۳۹۷. تدوین معیارهای طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد ارتقاء امنیت محیطی (CPTED) به منظور کاهش وقوع جرم (نمونه موردی منطقه دو مشهد). همایش جامع بین المللی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی ایرانی اسلامی
۴. حدیث نصیرزاده*. ۱۴۰۳. تحلیل نقش بازآفرینی شهری بر کاهش مصرف انرژی در کاربری مسکونی (مورد مطالعه: منطقه ۱۰ تهران). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی ۱. ۷۹-۶۵.
۵. راضیه نیکدل، یعقوب پیوسته گر. ۱۴۰۴. استفاده از مصالح پایدار در معماری، راهکاری برای کاهش اثرات زیست محیطی. علوم زیست محیطی و دانش جغرافیا ۱. ۰-۰.
۶. رستم صابری فر*. ۱۴۰۰. تحلیل تباین کیفیت محیط مسکونی محلات شهری بر اساس مولفه های زیست محیطی (مطالعه موردی: شهر مشهد). برنامه ریزی کالبدی - فضایی ۲۳. ۱۱۱-۱۲۶.
۷. زمان پور مهدی، زمان پور زهرا، هنرمند محمدصادق. (۲۰۱۶). طراحی معماری پایدار در فضاهای گردشگری کوهستانی با رویکرد محیط زیست.

۸. سوگند وثوقی، روح الله رحیمی *. ۱۴۰۲. ارزیابی مولفه های محیطی و غیرمحیطی موثر بر تاب آوری اجتماعی در محلات مسکونی (مطالعه موردی: محلات منتخب بابل). هویت شهر ۵۵. ۱۱۱-۱۲۶.
۹. سید محمدرضا حسینی علی آباد، رضا حسینی، مهدی کشاورز، محمدمعین رشیدپور، حدیث سرلک. ۱۳۹۹. بهره برداری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌گی زیست محیطی. ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز. ۱۴-۲۷.
۱۰. سید محمود معینی، نرگس پیهانی، ساره بیگلری. ۱۳۹۵. ارائه راهکارهای مدیریتی هوشمند طراحی ویلای مسکونی کوهستانی (با بهره گیری از تکنولوژی روز در شهر ملایر). اولین کنفرانس علمی پژوهشی عمران، معماری و محیط زیست پایدار
۱۱. شهرام محمدیانی، امیررضا کریمی آذری*، حسین سلطان زاده. ۱۴۰۲. نقش عوامل محیطی و فرهنگی در فرم و ساختار معماری بناهای مسکونی قاجاری. مطالعات هنر اسلامی ۵۱. ۵۵۴-۵۷۷.
۱۲. صدیقه قاسمی، لیلا آهنگری، محمدرضا دهقانی. ۱۳۹۱. امکان سنجی استفاده از CHP در واحدهای مسکونی به منظور کاهش آلاینده های زیست محیطی. مهندسی شیمی ایران ۶۲. ۱۴-۰.
۱۳. صفریان زنگیر، وحید، مصطفی زاده، رئوف، قنبری قنبرلو. (۲۰۱۸). کاربرد مؤلفه های اقلیمی در مکان یابی و طراحی هتل کوهستانی شهرستان گرمی، استان اردبیل. اکوسیستم های طبیعی ایران، ۹(۱)، ۱-۱۸.
۱۴. علی بهنام والا*، مهدی محمدی. ۱۴۰۳. بررسی ابعاد معماری پایدار با تولید انرژی و کاهش آلاینده‌گی در معماری بیومیمتیک (PBR) با رویکرد بیوتکنولوژی زیست محیطی. نشریه بوطیقای معماری ۱۳. ۶۹-۹۱.
۱۵. فیروزنیا، قدیر، رکن الدین افتخاری، ولی خانی. (۲۰۱۸). تحلیل نگرشی آثار و پیامدهای گسترش ویلاسازی در روستاهای دهستان تاررود شهرستان دماوند. روستا و توسعه، ۱۶(۴)، ۷۷-۹۹.

۱۶. لیلا خدابخشی زیدی. ۱۴۰۰. تحلیل اثرات زیست محیطی طراحی شهرک های مسکونی با رویکرد آسایش

انسانی. دوازدهمین همایش ملی جغرافیا و محیط زیست

۱۷. محمدامین طاهری *، امیر تقی زاد. ۱۳۹۹. بررسی راهکارهای کاهش اثرات مخرب زیست محیطی انسانی

و افزایش رابطه ی انسان با طبیعت از طریق اصلاح الگوی طراحی معماری. معماری سبز. ۳۷-۴۲.

۱۸. موسوی، ا. (۱۳۹۹). تأثیر معماری سبز بر کیفیت هوا در محیط های شهری. نشریه معماری و شهرسازی،

۵(۲)، ۳۴-۴۶.

۱۹. مهلا شجاعی. ۱۴۰۱. تبیین اصول طراحی مجتمع مسکونی، با رویکرد کاهش اثرات زیست محیطی.

ششمین کنفرانس بین المللی مطالعات جهانی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

۲۰. ندا ارزانی بیرگانی، معصومه سادات مرعشی نژاد، بهناز بابائی مراد. ۱۴۰۰. طراحی فضاهای مسکونی بر

پایه اصول روان شناسی محیطی در شهر اهواز) نمونه موردی: منازل ویلایی تایپ B در شهرک مسکونی

نفت اهواز. (معماری شناسی ۱۹. ۱۷۶-۱۸۶.

۲۱. نسیم اشرافی، پریسا قصابزاده. ۱۴۰۲. طراحی داخلی ویلای مسکونی در شهرستان سیاهکل استان گیلان با

رویکرد پایداری اقلیمی. هفتمین همایش ملی افق های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی

۲۲. نگین سادات مقدسی، مرجان خانمحمدی*، حمیدرضا صارمی، مهدی حقیقت بین. ۱۴۰۱. سنجش و

بررسی تاب آوری کالبدی-محیطی و اجتماعی در مجتمع های مسکونی، نمونه موردی: کوی نو بنیاد (برج

های asp). گفتمان طراحی شهری (مروری بر ادبیات و نظریه های معاصر) ۲. ۶۹-۹۶.

۲۳. هادی غائبی *، مهدی بهادری نژاد، محمد حسن سعیدی. ۱۳۹۶. مدلسازی عددی ذخیره سازی فصلی

انرژی در اکيفر برای استفاده یک مجتمع مسکونی و بررسی اثرات اقتصادی و زیست محیطی. مهندسی

مکانیک. ۱۶۹-۱۷۸.

24. Akbari, A. (2025). Implementing Building Information Modeling Solutions for Sustainable Development in Mountainous Regions: A Case Study of Valle Cervo (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).
25. Ali, Y. & Anjum, F. (2024). Decision framework for eco-friendly hospitality: a sustainable future for hotel industry in high-altitude regions. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 1-38.
26. Bahramifar, B. Gharehbashloo, E. & Hosseini, A. (2022). Environmentally responsive design in the vernacular architecture of mountainous regions. The case of Kang village, Iran. *Journal of Housing and the Built Environment*, 37(3), 1283-1317.
27. Bitik, D. (2023). Climate-responsive HBIM for sustainable preservation: a case study of Villa Ottolini Tovagliari-environmental impact and preservation strategies.
28. Brown, R. (2018). *Sustainable Architecture: A New Approach to Environmental Design*. Publisher XYZ.
29. Dananjaya, A. G. (2025). Integrating Modern Sundanese Architecture in Mountain Villa Design and Planning for Tourism. *Advances in Civil Engineering and Sustainable Architecture*, 7(1), 18-27.
30. Dananjaya, A. G. (2025). Integrating Modern Sundanese Architecture in Mountain Villa Design and Planning for Tourism. *Advances in Civil Engineering and Sustainable Architecture*, 7(1), 18-27.
31. Dasgupta, R. Basu, M. Dhyani, S. Kumar, P. Hashimoto, S. & Mitra, B. K. (2022). Understanding Jhum (shifting cultivation) farmers' place-attachment and ecocentric

- attitude: Towards a place-based approach for sustainable mountain agriculture in Nagaland, India. *Land Degradation & Development*, 33(18), 3761-3772.
32. Del Curto, D. Garzulino, A. Menini, G. & Schiesaro, C. (2022). Sustainable conservation and management of a 20th-century landscape in the Alps: The former sanatorium village of Sondalo. *Sustainability*, 14(12), 7424.
 33. Dematteis, M. (2022). Climate Change in Mountain Regions: Adaptation Strategies And Future Sustainable Development Alternatives. Valmalenco Case Study (Master's thesis, Padua, IT: Università Degli Studi Di Padova. Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale).
 34. Desideri, U. Proietti, S. Sdringola, P. & Vuillermoz, E. (2012). Feasibility study and design of a low-energy residential unit in Sagarmatha Park for environmental impact reduction of high altitude buildings. In *Proceedings of the 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization and Simulation of Energy Conversion Systems and Processes, ECOS 2012* (No. 7, pp. 173-185). Firenze University Press, Florence, Italy.
 35. Hermawan, H. & Švajlenka, J. (2022). Building envelope and the outdoor microclimate variable of vernacular houses: Analysis on the environmental elements in tropical coastal and mountain areas of Indonesia. *Sustainability*, 14(3), 1818.
 36. Li, Q. (2023). RETRACTED ARTICLE: Green financing role on climate change-supportive architectural design development: directions for green architectural designs. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19), 56984-56997.
 37. Martinovic, S. Zecevic, N. & Salihbegović, A. (2023). Vernacular Residential Architecture in the Context of Sustainability–Case Study of Svrzo's House Complex. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 32(1), 19-40.
 38. Mason, C. W. Carr, A. Vandermale, E. Snow, B. & Philipp, L. (2022). Rethinking the role of Indigenous knowledge in sustainable mountain development and protected area management in Canada and Aotearoa/New Zealand. *Mountain Research and Development*, 42(4), A1-A9.
 39. Rajković, I. Bojović, M. Tomanović, D. & Akšamija, L. C. (2022). Sustainable Development of Vernacular Residential Architecture: A Case Study of the Karuč Settlement in the Skadar Lake Region of Montenegro. *Sustainability*, 14(16), 9956.

40. Sayyari, F. Mahdizadeh, M. & Sadeghi, A. (2023). Architectural house design with sustainable environmental architecture approach with emphasis on maximum natural light efficiency in mountainous climates. | نشریه عمران و پروژه |, ۵(۵), ۲۶-۳۷.
41. Sirror, H. (2024). Lessons learned from the past: Tracing sustainable strategies in the architecture of Al-Ula Heritage Village. *Sustainability*, 16(13), 5463.
42. Smith, J. (2020). The impact of green architecture on air quality in urban environments. *Journal of Architecture and Urbanism*, 8(3), 45-57.
43. Wojtas-Harań, A. (2018). The concept of sustainable development in spatial management of mountain settlement units. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 44, p. 00192). EDP Sciences.
44. Wyss, R. Luthe, T. Pedoth, L. Schneiderbauer, S. Adler, C. Apple, M. ... & Thaler, T. (2022). Mountain resilience: A systematic literature review and paths to the future. *Mountain Research and Development*, 42(2), A23-A36.
45. Xie, K. Xiong, R. Bai, Y. Zhang, M. Zhang, Y. & Han, W. (2024). Traditional architectural heritage conservation and green renovation with eco materials: Design strategy and field practice in cultural Tibetan town. *Sustainability*, 16(16), 6834.
46. Yang, Y. & Chen, B. (2024). Research on the Strategy of Secondary Utilization of Environmental Protection Materials in Traditional Mountain Dwellings. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 598, p. 01004). EDP Sciences.
47. Zeng, G. Zhao, D. Chen, X. & Wang, X. (2023). Architectural design methods for mountainous environments. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(5), 2596-2612.
48. Zhang, L. Wang, G. Peng, L. Peng, W. & Zhang, J. (2025). Applying pareto frontier theory and ball tree algorithms to optimize growth boundaries for sustainable mountain cities. *Journal of Urban Management*, 14(2), 468-484.
49. Zhang, M. Liu, F. Liu, Q. Zhang, F. & Li, T. (2024). Climate adaptation analysis and comfort optimization strategies for traditional residential buildings in hot-summer, cold-winter regions: A case study in Xuzhou, China. *Sustainability*, 16(8), 3411.

50. Zhao, G. Zhang, J. Wang, X. & Su, H. (2023). Exploring ecological strategies for the sustainability of rural communities. *Ecological Indicators*, 152, 110356.
51. Zhu, Y. Liu, L. Qiu, Y. & Ma, Z. (2022). Design of the passive solar house in Qinba mountain area based on sustainable building technology in winter. *Energy Reports*, 8, 1763-1777.

Abstract

With growing global awareness of environmental issues and the need to protect fragile ecosystems, designing mountain residential villas with a focus on reducing environmental impacts has gained significant importance. This study centers on the design of a hypothetical residential villa in Iran's mountainous regions, employing principles of sustainable architecture, including the use of local materials, climate-responsive design, and low-energy technologies, to minimize carbon footprints, preserve biodiversity, and optimize energy consumption. Mountainous areas, characterized by rugged topography, cold climates, and seasonal precipitation, require approaches that balance occupant comfort with environmental protection. The research adopts a mixed-method approach, combining qualitative and quantitative methods, including field analyses, simulations using tools like EnergyPlus and GIS, and life cycle assessment (LCA) of materials. Findings indicate that stepped design, local materials such as stone and sustainably sourced timber, geothermal heating systems, and rainwater harvesting can reduce energy consumption by up to ٤٠% and environmental impacts by up to ٤٥%. This study provides a practical framework for designing sustainable villas in mountainous regions, contributing to the conservation of sensitive ecosystems and enhancing residents' quality of life.

Keywords

Sustainable architecture, mountain villa, local materials, energy optimization, climate-responsive design, biodiversity



Islamic Azad University

Arak Branch

Thesis for a Master's Degree in Architectural Engineering

Title:

**"Design of a Mountain Residential Villa with an Approach to Reducing
Environmental Impacts"**

Supervisor:

Author:

.....

2025