

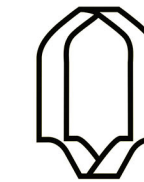
دانشگاه یزد

# معماری اقلیم گرم و خشک

دوفصلنامه علمی، دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد  
سال هفتم - شماره دهم - پاییز و زمستان ۱۳۹۸  
ISSN: 2645-3711



دوفصلنامه علمی معماری اقلیم گرم و خشک



Yazd University

## ARCHITECTURE IN HOT AND DRY CLIMATE

Yazd University- Faculty of Art & Architecture  
Fall & Winter, Vol. 7, No. 10, 2019  
ISSN: 2645-3711



- تبیین مفهوم سبک شناسی معماری با معرفی رویکرد جدید در سبک شناسی معماری ایران (با انگیزه حفاظت معماری)؛  
هادی ندیمی، رضا ابوتی، زینب مرادی
- گونه‌شناسی کالبدی - فضایی آرامگاه‌های مذهبی صفوی اصفهان؛  
آریتا بلالی اسکویی، یحیی جمالی
- دستیابی به الگوی رفتاری باد در بادگیرهای سنتی یزد بر اساس اندازه‌گیری بلند مدت عوامل اقلیمی (نمونه موردی: بادگیر خانه مرتاض)؛  
ژاله هدایت، سیده زینب عمادیان رضوی، سید محمدحسین آیت‌اللهی
- طراحی الگوی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی در شهر قم؛  
زهیر متکی، اکبر حاج ابراهیم زرگر، عبدالمجید خورشیدیان، سیدمسعود میرقاسمی
- تبیین دامنه مفهوم «میدان» و طیف مصادیق آن در دوره قاجاریه، مبتنی بر نقشه‌های تاریخی؛  
مهناز نجفی، رضا شکوری
- بررسی اثر خوون چینی بر انتقال حرارت از نمای جنوبی در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان؛  
علی دهار، منصوره طاهباز، محسن تابان
- بررسی دوره بندی تاریخی - کالبدی مسجد جامع هفتشویه از منظر مطالعات تطبیقی؛  
مهدی رازانی، یدالله حیدری باباکمال
- ارزیابی رویکرد بیوفیلیک در کاهش مصرف انرژی خانه‌های مسکونی شهر کرمان؛  
سارا محمدی، بهزاد وثیق
- مستندنگاری فضاهای باز شهری براساس اصول منشور صوفیه نمونه موردی: فضای باز محله پامنار کرمان؛  
سکینه تاج‌الدینی، محسن کشاورز، محبوبه اسلامی زاده، مهدیه ضیاءالدینی دشتخاکی
- آموختن از گذشته، کاربست نحو فضای خانه عطروش و محتشم شیراز در تداوم حس تعلق مکان و بلاهای معاصر؛  
امین حبیبی، الهام فلاحی، سینا کرمی راد
- بهینه‌سازی جهت استقرار ساختمان در بهره‌مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد)؛  
حسن اکبری، فاطمه سادات حسینی نژاد
- بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تاکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی)؛  
آیدا زارع مهدیه، شاهین حیدری، آزاده شاهچراغی

- Explaining the Concept of Architecture Stylistics by Introducing a New Approach in Iran's Architecture Stylistics (Motivated by architectural conservation)
- Physical - Spatial typology of Safavid Religious tombs in Isfahan
- Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house)
- Design of temporary accommodation model after the Qom potential earthquake
- Maidan: Understanding its Conceptual domain and the range of it's instances in Qajar period, Based on Historical Maps
- Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan
- Investigation of the Historical-physical classification of Haft-shoyeh Jame Mosque based on Comparative Studies
- Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman
- Documentation of urban open spaces based on the principles of the Sofia Charter Case Study: Pamenaar neighborhood open spaces in Kerman
- Learning from the past; applying space syntax theory in Atrvash and Mohtasham houses in continuity of sense of place in contemporary houses
- Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities)
- Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House)

سال هفتم - شماره دهم - پاییز و زمستان ۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## راهنمای تهیه و شرایط ارسال نوشتارهای علمی در نشریه معماری اقلیم گرم و خشک

- هدف نشریه "معماری اقلیم گرم و خشک" انتشار نتایج پژوهش‌های علمی در زمینه معماری اقلیم گرم و خشک و موضوعات مرتبط با آن در حوزه‌های معماری سنتی، مرمت، هنرهای وابسته به معماری، شهرسازی، طراحی شهری و انرژی است.
- علاوه بر قرار گرفتن موضوع مقاله در زمینه تخصصی نشریه، مقالات یا بخشی از آن نباید در هیچ مجله‌ای در داخل یا خارج از کشور به طور هم زمان در جریال داوری و یا چاپ باشد. مقالات ارائه شده به صورت خلاصه مقاله درکنگره‌ها، سمپوزیوم‌ها، سمینارهای داخلی و خارجی که چاپ و منتشر شده باشد، می‌تواند در قالب مقاله کامل ارائه شوند.
- نشریه در رد یا قبول، ویرایش، تلخیص یا اصلاح مقاله‌های دریافتی آزاد است.
- اصلاح و خلاصه کردن مطالب با نظر نویسندگان انجام می‌شود و مسئولیت صحت محتوای مقالات به عهده نویسندگان است.
- در صورت استفاده از مطالب دیگران، منبع مورد نظر با شماره و اطلاعات کامل منبع مذکور ارجاع داده شود.
- مقالات مندرج لزوماً نقطه نظرات مسئولین نشریه نبوده و مسئولیت مقالات به عهده نویسندگان است.
- نوشتارهای علمی پس از داوری و تصویب در هیات تحریریه به چاپ می‌رسند. نشریه از پذیرش سایر نوشتارها نظیر ترجمه، گردآوری، مروری و... معذور است.
- نوشتارهای ارسالی نباید قبلاً در نشریه دیگری به چاپ رسیده و یا بطور همزمان به سایر نشریات و یا سمینارها برای بررسی و چاپ ارائه شده باشد.
- نوشتارها ترجیحاً به زبان فارسی باشد. با وجود این نشریه قادر است نوشتارهای انگلیسی زبان را نیز در صورت تایید به چاپ برساند.
- در تنظیم فایل اصل مقاله، رعایت بخش‌های زیر به ترتیب ضروری است:
  - ✓ صفحه اول: بدون نام و مشخصات نویسنده (نویسندگان) و فقط شامل عنوان مقاله، چکیده فارسی (باید به تنهایی بیان کننده تمام مقاله و شامل بیان مسأله یا اهداف پژوهش، روش پژوهش، مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری و حداقل ۳۰۰ کلمه باشد) و واژه‌های کلیدی باشد. واژه‌های کلیدی مربوط به متن و عنوان مقاله بلافاصله بعد از چکیده و بین ۳ تا ۶ کلمه نوشته شود.
  - ✓ پرسش‌های پژوهش (حداکثر ۳ مورد)
  - ✓ مقدمه: شامل بیان مسئله، بیان اهداف یا فرضیه، روش تحقیق (در معرفی روش تحقیق صرفاً به نام روش بسنده نشود و علاوه بر عنوان، مواردی همچون مراحل انجام، روش گردآوری اطلاعات، مراحل انجام و فرآیند پژوهش ذکر گردد)، و ساختار مقاله می‌باشد.
  - ✓ پیشینه تحقیق
  - ✓ بدنه اصلی پژوهش (چارچوب نظری، بحث و بیان یافته‌ها)
  - ✓ نتیجه‌گیری
  - ✓ تشکر و قدردانی: سپاسگزاری از همکاری و راهنمایی کسانی که در تدوین مقاله نقش داشته‌اند (در صورت نیاز)
  - ✓ پی‌نوشت‌ها: شامل معادل‌های لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، که به ترتیب با شماره در متن و به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله و قبل از فهرست مقاله درج گردد.
  - ✓ منابع فارسی و لاتین شامل صرفاً منابعی که در متن مورد استناد قرار گرفته‌اند، به ترتیب الفبا بر حسب نام خانوادگی نویسنده
  - ✓ چکیده انگلیسی (حداقل ۳۵۰ و حداکثر ۵۰۰ کلمه)



نشریه معماری اقلیم گرم و خشک

زمینه انتشار: معماری

سال هفتم، شماره دهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸

ISSN: 2251-8185

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سردبیر: دکتر علی غفاری

مدیرمسئول: دکتر کاظم مندگاری

مدیر داخلی: دکتر علی شهابی نژاد

ناشر: دانشگاه یزد

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد   | ۱. دکتر سیدمحمدحسین آیت اللهی |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد   | ۲. دکتر رضا ابوئی             |
| استاد دانشکده هنر و معماری - دانشگاه تهران   | ۳. دکتر شاهین حیدری           |
| دانشیار گروه جغرافیا - دانشگاه یزد           | ۴. دکتر محمدحسین سرائی        |
| استاد گروه شهرسازی - دانشگاه شهیدبهشتی تهران | ۵. دکتر علی غفاری             |
| استاد گروه معماری - دانشگاه شهیدبهشتی تهران  | ۶. دکتر هادی ندیمی            |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری - دانشگاه یزد   | ۷. دکتر محمدرضا نقصان محمدی   |
| دانشیار - دانشگاه علم و صنعت ایران           | ۸. دکتر سیدعباس یزدانفر       |

دبیر تخصصی حوزه انرژی و معماری: دکتر لیلا موسوی

طرح روی جلد و لوگو: مهندس شهابالدین خورشیدی

عکس جلد: محمد آذرکیش، بافت تاریخی دزفول در کنار رود دز

ویرایش فارسی: سید محمدرضا قدکیان

ویرایش انگلیسی: محمدحسین افشاری

امور رایانه و صفحه‌آرایی: الهام اردکانی

چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

نشانی نشریه: یزد، خیابان امام خمینی، کوچه سهل بن علی، دانشکده هنر و معماری، دفتر مجله معماری اقلیم گرم و

خشک، تلفن: ۰۳۵۳۶۲۲۹۸۵

پست الکترونیک: [ahdc@journal.yazd.ac.ir](mailto:ahdc@journal.yazd.ac.ir)

تارنمای نشریه: <http://smb.yazd.ac.ir>

سیستم نشریه معماری اقلیم گرم و خشک دسترسی آزاد بوده و استفاده از مطالب و کلیه تصاویر آن با ذکر منبع بلامانع است.

نشریه معماری اقلیم گرم و خشک پس از چاپ در پایگاه اطلاع‌رسانی مجلات علمی و تخصصی ایران ([magiran.com](http://magiran.com)) پایگاه مجلات تخصصی نور ([noormags.ir](http://noormags.ir))، ISC و Google scholar نمایه می‌شود.



اسامی داوران این شماره:

دکتر رضا ابوئی، دانشگاه یزد

دکتر علی بامداد، موسسه آموزش عالی حافظ شیراز

دکتر اسماعیل بنی اردلان، دانشگاه هنر تهران

دکتر حمیدرضا بیگ زاده شهرکی، دانشگاه فنی و حرفه ای استان یزد

دکتر محمود پورسراجیان، دانشگاه یزد

دکتر ساناز حائری، دانشگاه شیراز

دکتر محمد حسن خادم زاده، دانشگاه تهران

دکتر حسین خسروی، دانشگاه هنر تهران

دکتر احمد دانائی نیا، دانشگاه کاشان

دکتر لیلی ذاکر عاملی، سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان اصفهان

دکتر مهران ربانی، دانشگاه اردکان

دکتر داود رضائی، دانشگاه زنجان

دکتر هانی زارعی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

دکتر ستار ستاری، دانشگاه یزد

دکتر علی شهابی نژاد، دانشگاه یزد

دکتر ندا صحراگرد منفرد، دانشگاه علم و صنعت

دکتر حامد عزیزی، دانشگاه یزد

دکتر سیده زینب عمادیان رضوی، دانشگاه یزد

دکتر حسین مدی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

دکتر مهدی منتظرالحجه، دانشگاه یزد

دکتر کاوه منصوری، عضو دپارتمان حفاظت مهندسين مشاور عمارت خورشيد

دکتر لیلا موسوی، دانشگاه شهید بهشتی

دکتر مسعود نبی میبیدی، دانشگاه یزد

دکتر محمدرضا نقصان محمدی، دانشگاه یزد



شماره صفحه	فهرست
۱	تبیین مفهوم سبک‌شناسی معماری با معرفی رویکرد جدید در سبک‌شناسی معماری ایران (با انگیزه حفاظت معماری) هادی ندیمی، رضا ابوئی، زینب مرادی
۳۱	گونه‌شناسی کالبدی-فضایی آرامگاه‌های مذهبی صفوی اصفهان آزیتا بلالی اسکویی، یحیی جمالی
۵۳	دستیابی به الگوی رفتاری باد در بادگیرهای سنتی یزد بر اساس اندازه‌گیری بلند مدت عوامل اقلیمی (نمونه موردی: بادگیر خانه مرتاض) ژاله هدایت، سیده زینب عمادیان رضوی، سید محمدحسین آیت‌اللهی
۷۱	طراحی الگوی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی در شهر قم زهیر متکی، اکبر حاج‌ابراهیم‌زرگر، عبدالمجید خورشیدیان، سیدمسعود میرقاسمی
۹۵	تبیین دامنه مفهوم «میدان» و طیف مصادیق آن در دوره قاجاریه، مبتنی بر نقشه‌های تاریخی مهنام نجفی، رضا شکوری
۱۱۹	بررسی اثر خوون‌چینی بر انتقال حرارت از نمای جنوبی در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان علی دهار، منصوره طاهباز، محسن تابان
۱۴۱	بررسی دوره‌بندی تاریخی - کالبدی مسجد جامع هفتشویه از منظر مطالعات تطبیقی مهدی رازانی، یدالله حیدری باباکمال
۱۷۵	ارزیابی رویکرد بایوفیلیک در کاهش مصرف انرژی خانه‌های مسکونی شهر کرمان سارا محمدی، بهزاد وثیق
۱۹۹	مستندنگاری فضاهای باز شهری بر اساس اصول منشور صوفیه نمونه موردی: فضای باز محله پامنار کرمان سکینه تاج‌الدینی، محسن کشاورز، محبوبه اسلامی زاده، مهدیه ضیاءالدینی دشتخاکی
۲۲۷	آموختن از گذشته، کاربست نحو فضای خانه عطروش و محتشم شیراز در تداوم حس تعلق مکان ویلاهای معاصر امین حبیبی، الهام فلاحی، سینا کرمی راد
۲۵۱	بهبودسازی جهت استقرار ساختمان در بهره‌مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد) حسن اکبری، فاطمه سادات حسینی نژاد
۲۶۹	بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تاکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی) آیدا زارع مهذبیه، شاهین حیدری، آزاده شاهچراغی

## ارزیابی رویکرد بایوفیلیک در کاهش مصرف انرژی خانه‌های مسکونی شهر کرمان

سارا محمدی<sup>۱</sup>، بهزاد وثیق<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، دزفول، ایران  
۲- هیات علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، دزفول ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰)

### چکیده

مصرف بی‌رویه انرژی و سوخت‌های تجدیدناپذیر باعث هدررفت منابع انرژی و آلودگی محیط‌زیست شده است. لذا هم‌زیستی با شرایط طبیعی از طریق معماری امری ضروری به نظر می‌رسد. از دیرباز، طبیعت منبعی از راه‌حل‌ها برای طراحان بوده است. رویکرد بایوفیلیک براساس باور به تأثیرات طبیعت بر زیست، روان و سایر ابعاد اجتماع به عنوان راهکار طراحی طرح شده است. سقف و جداره‌های سبز، باغ-آسمان و حیاط‌های خلوت‌های سبز<sup>۱</sup> راهکارهای طراحی این رویکرد هستند. جغرافیای شهر کرمان، به عنوان شهری با آب و هوای گرم و خشک، به گونه‌ای است که با توجه زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و شب‌های سرد در اکثر سال، نیاز به مصرف انرژی بالایی دارد. نظر به ویژگی‌ها و مزایای پوشش گیاهی، می‌توان با استفاده از سبزی‌نگی به سرمایش و گرمایش غیرفعال ساختمان‌ها کمک شایانی کرد. رشد روزافزون جمعیت که همزمان نیاز به تامین انرژی بیشتر و نیز کمبود سرانه فضای سبز در این شهر لازم می‌دارد تا با تکیه بر پوشش سبز در جداره‌ها و فضاهای داخلی مانند حیاط خلوت‌های سبز راهکاری عملی گردد. اینجا سه راهکار، اجرای مستقیم گیاه روی نما، پوشش گیاهی غیرمستقیم و دیوار زنده‌ای برپایه گلدان‌های مملو از خاک، قابل بررسی است. فرض بر این است که رویکرد بایوفیلیک بتواند به‌عنوان راهکاری اقلیمی گزینه‌های طراحی معتبری برای کاهش هدررفت انرژی طرح نماید. هدف تحقیق بررسی اثر کیفیت سبزی‌نگی جداره عمودی ساختمان در اقلیم گرم‌و‌خشک کرمان بر کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش حرارتی است. روش تحقیق در این مقاله مبتنی بر ترکیب روش‌های نیمه‌تجربی و شبیه‌سازی است. برای این منظور، به صورت تجربی، نمونه‌های جداره‌های سبز با مقیاس واقعی ساخته و به‌وسیله ابزارهای اندازه‌گیری دما و رطوبت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج میدانی به کمک نرم‌افزار کامسول، قیاس شده‌اند. با توجه به مقایسه خروجی‌های نرم‌افزار کامسول و داده‌های میدانی، بهترین عملکرد دمایی و رطوبتی به صورت قابل ملاحظه‌ای متعلق به دیوار زنده بوده و بعد از آن به ترتیب دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار مرجع قرار دارند. همچنین دیوار زنده بیشترین میزان افزایش رطوبت در فضای داخل را تامین نموده است.

**کلیدواژه‌ها:** اقلیم گرم و خشک، کرمان، بایوفیلیک، دیوار زنده، شبیه‌سازی

\*- نویسنده مسئول: Email: vasiq@jsu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله‌ی ارشد معماری با عنوان: طراحی مجموعه مسکونی با رویکرد بایوفیلیک با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در شهر کرمان است؛ که با راهنمایی دکتر بهزاد وثیق به انجام رسیده است.

## پرسش پژوهش

کدام یک از گونه‌های جداره‌های سبز می‌تواند بهینه‌ترین مصرف انرژی را در ساختمان‌های مسکونی کرمان به همراه داشته باشد؟

### ۱- مقدمه

از سال ۱۹۸۴م تاکنون با افزایش ۴۹ درصدی مصرف انرژی، ۴۳ درصد تولید دی‌اکسید کربن نیز رشد یافته است

(Pérez, et al. 2008). سهم مصرف انرژی در ساختمان‌ها، ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی و ۳۶ درصد از کل کربن دی‌اکسید منتشر شده در دنیا است (Wang and Zhao, 2018). تولید دی‌اکسید کربن منجر به ازدیاد گرمایش زمین و در نتیجه نیاز به مصرف انرژی جهت تعادل حرارتی در ساختمان‌ها می‌شود (Vera, et al. 2018). اکبری و همکارانش اذعان می‌کنند به ازای هر درجه سانتی‌گراد، تقاضای برق ۲-۴ درصد افزایش یافته است (Akbari, et al. 2001). گرمایش ساختمان، تهویه مطبوع، سیستم‌های روشنایی موارد مصرف‌کننده انرژی هستند؛ لذا راهکارهای غیرفعال که میزان گرمایش و تهویه مکانیکی را کاهش دهند، در میزان مصرف انرژی موثر هستند.

با توجه به اینکه فاکتورهای محیطی، مانند: دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشید، در ارزیابی آسایش حرارتی موثرند (Lin, et al. 2010)؛ یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی، استفاده از فضای سبز جهت ارتقاء عملکرد پوشش ساختمان است (Boafo, et al. 2017). بام و جداره سبز و باغ آسمان‌ها در داخل ساختمان و خارج از

بنا از راه‌های به‌کاربردن پوشش گیاهی در ساختمان هستند. در این میان سطح نمای عمودی ساختمان نسبت به بام نقش فعال‌تری در گرمایش ساختمان خواهد داشت (Pérez, et al. 2014).

از این رو تلاش محققان در یافتن راهی متناسب با بحران و مناسب برای کنترل مصرف بی‌رویه انرژی به وسیله راهبردهای طبیعت محور بوده است. نقطه مشترک رویکردهای کنترل مصرف انرژی وجود طبیعت به عنوان یک مولفه کلیدی است و از بین رویکردها، بایوفیلیک بیشترین شاخص‌های طبیعت‌محور را دارا است. در این رویکرد، بین طبیعت و انسان رابطه دوسویه‌ای وجود دارد. از منظر مداخله کالبدی، طبیعت باید در همه قسمت‌های ساختمان حضور داشته و مردم بین محیط انسان‌ساخت و فضای طبیعی، تفاوتی حس نکنند (Soderlund and Newman, 2015). نقطه تمایز این رویکرد و سایر رویکردهای طبیعت‌مبنا آن است که راهبرد بایوفیلیک به نقش‌آفرینی طبیعت به معنای موجودات زنده، در حال رشد و مداخله‌گر در روند، توجه دارد؛ فلذا از منظر راهکار و اجرا با رویکرد سبز در یک دسته قرار نمی‌گیرد

(Kılıç and Altun, & Guan, et al. 2018). (2018).

از آنجا که در میان انواع معماری، معماری مسکونی پرکاربردترین و پرمصرف‌ترین گونه در مصرف انرژی است؛ به کارگیری این رویکرد در معماری مسکونی می‌تواند موثر باشد. این مورد آنجا اهمیت می‌یابد که اقلیم زمینه، از گونه‌ای باشد که نیاز به سرمایش یا گرمایش بیشتر از حد متوسط است.



کرمان، به عنوان شهری دارای اقلیم گرم و خشک، با توجه به زمستان سرد، تابستان گرم و شب‌های سرد در اکثر سال، نیاز به مصرف انرژی بالایی دارد. این مطلب آن‌جا برجسته می‌شود که دانسته شود، نرخ رشد جمعیت در استان بالاتر از سطح کشوری بوده و نیاز به مسکن و به تبع آن مصرف انرژی در حال افزایش است. نظر به ویژگی‌ها و مزایای پوشش گیاهی، می‌توان با استفاده از سبزی‌نگی در جداره و فضای داخلی به سرمایش و گرمایش غیرفعال ساختمان‌ها کمک شایانی کرد. به دلیل سطح قابل توجه دیوارها، این مورد اهمیت بالایی دارد که می‌تواند به صورت اجرای مستقیم گیاه روی نما، پوشش گیاهی غیرمستقیم و دیوار زنده‌ای بر پایه گل‌دان‌های مملو از خاک، اجرا گردد. هدف پژوهش، تعیین جداره بهینه ساختمان در کرمان مبتنی بر رویکرد بایوفیلیک است. روش تحقیق مبتنی بر ترکیب روش‌های شبیه‌سازی و نیمه‌تجربی است که در طی آن، با ساخت سه نمونه دیوار، در بازه زمانی مشخص، به وسیله ابزارهای اندازه‌گیری دمایی-رطوبتی، دما و رطوبت نقاط مورد نیاز، محاسبه شد. هم‌چنین به وسیله شبیه‌سازی نمونه‌ها در نرم‌افزار کامسول، تلاش شده تا داده‌های نیمه‌تجربی و شبیه‌سازی با هم مقایسه و صحت‌سنجی شود.

## ۲- پیشینه تحقیق

پس از ضرورت بررسی اثر معماری و جداره‌های بنا بر روی میزان مصرف انرژی تحقیقات متعددی آغاز شد که به طور عمده معطوف به شناسایی میزان اثر جداره‌های خارجی بنا بر میزان جذب

گرما و یا ایجاد رطوبت جهت ایجاد سطح سرمایش تبخیری است. کاتیا پرینی و همکاران، مطالعه‌ای جهت درک تاثیرات دمایی (سطح و هوا) و جریان هوای نزدیک جداره سبز انجام دادند. در این تحقیق سه نمونه دیوار ایجاد شد؛ نتایج آن‌ها نشان داد این امکان وجود دارد که ضخامت بهینه حفره در سیستم‌های سبز، سرعت باد، مقاومت حرارتی سطح بیرونی، بر روی مقاومت حرارتی کل تاثیر گذاشته و در نهایت منجر به صرفه‌جویی در انرژی شود (Perini, et al, 2011). مالیس و همکارانش در پژوهش خود به منظور دستیابی به کاهش جزایر حرارتی و صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها، پوشش سبز برای ساختمان‌ها را پیشنهاد دادند. ایشان در سقف یک مدرسه سه نمونه دیوار سبز و یک دیوار عریان را در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که دمای اندازه‌گیری شده در سطح برگ و داخل لایه‌ها در هر سه نمونه، پایین‌تر از دیوار مرجع و هوای سطح بام است. هم‌چنین یک مدل هیدروترمال (گرمایی) دیوار سبز و سقف سبز برای پیاده‌سازی در نرم‌افزار شبیه‌سازی اقلیمی سلن-ماکروکلایمت، ارائه دادند (Malys, et al. 2014). در تحقیق دیگری فننگ یانگ و همکاران، با بررسی نمای دو پوسته‌ی سبز در یک ساختمان ۵ طبقه نشان دادند که جداره‌های سبز عمودی یک خرده اقلیم متفاوت در حفره (فاصله‌ی بین دیوار و پوشش سبز) به وجود می‌آورند. بررسی آن‌ها نشان می‌دهد که میانگین کاهش درجه حرارت سطح خارجی در جبهه جنوبی، توسط جداره سبز عمودی، ۱/۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن ۹ درجه سانتی‌گراد است.

درحالی که میانگین کاهش درجه حرارت سطح داخلی ۱.۲ درجه سانتی گراد و حداکثر ۲ درجه است. این اعداد برای جبهه شمالی به ترتیب ۰/۵، ۴/۲ و ۱/۳ درجه سانتی گراد است (Yang, et al. 2018). در بررسی دیگری، وانگ و همکاران، به وسیله یک دیتالاگر دما و رطوبت نمونه‌های مد نظرشان را در دو لایه‌ی بستر و دیوار اندازه گرفتند. این فرایند را سه روز در طول سه ماه انجام دادند. بیشترین کاهش دما در جایی که تراکم شاخ و برگ بیشتر بود، اتفاق افتاد. ایشان نشان دادند که استفاده از گیاهان رونده، علی‌رغم نداشتن لایه خاک (مانند دیوارهای زنده) باعث کاهش دمای ۴/۳۸ درجه سانتی‌گرادی می‌شود. بیشترین کاهش دما به اندازه ۱۱/۵۸ درجه سانتی‌گراد در سطح دیوار اندازه‌گیری شده است (Wong, et al. 2010). پالسلی و همکاران نیز دو مدل متفاوت پوشش بیرونی را مورد ارزیابی قرار دادند: پوشش عایق‌دار (عایق پلی استایرن بین حفره‌های آجرهای دیوار-دیوارهای بزرگ سنتی (سنگی یا آجری). هر دو مدل را در نرم‌افزار انرژی پلاس جهت به دست آوردن نیاز انرژی ایده‌آل سرمایه‌های گرمایش مدل‌سازی کردند. متغیرهایی که در مدل‌سازی سنجد شده‌اند اثر سایه پوسته سبز و حفره هوای پشت لایه‌های سبز بود. در این بررسی اثرات ناشی از تبخیر و تعرق مورد بررسی قرار نگرفته است. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از سیستم دیوار زنده و دیوار چمنی می‌تواند شرایط جامع پایداری را در شرایط امرژی<sup>۱</sup> و در طول عمر ۲۵ ساله، به وجود بیاورد. با توجه به بررسی‌ها، در صورت اعمال دیوار و بام سبز در یک بلوک

ساختمانی در هنگ‌کنگ، دما تا ۸/۴ درجه در همان منطقه کاهش می‌دهد (Pulselli, et al. 2014). شینگ و همکاران نیز با بررسی دو اتاق با ساختار مشابه، که یکی از آن‌ها دارای سیستم سبز عمودی بود دریافتند که: در حالت بدون گرمایش، نوسان هوای داخلی اتاق دارای سیستم سبز عمودی در مقایسه با اتاق مرجع به شدت کاهش پیدا کرده بود و در شرایط اعمال گرمایش میانگین شار حرارتی دیوارها در اتاق مرجع ۳/۱ وات بر متر مربع بیشتر از اتاق دارای جداره سبز است. هم‌چنین میزان مصرف انرژی الکتریکی اندازه‌گیری شده در اتاق مرجع ۱/۲۲ برابر اتاق دارای سیستم سبز محاسبه شد. به علاوه میزان ۱۸ درصد صرفه‌جویی در انرژی در اتاق دارای سیستم سبز عمودی اندازه‌گیری شد (Xing, et al. 2019). در اکثر بررسی‌های موجود، به دلیل بستر آزمایش، کمتر توجهی به اقلیم گرم و خشک شده است. در پژوهش حاضر، با توجه شرایط جغرافیایی شهر کرمان، تاثیر جداره‌های سبز در آب و هوای گرم و خشک بررسی شده است.

### ۳- ادبیات تحقیق

اصطلاح بایوفیلیا از سال ۱۹۷۳ در ادبیات رسمی به کار رفته و به معنی عشق به زیست بوم توصیف شده است. ویلسون (۱۹۸۴) بایوفیلیا، توجه به زیست و فرایندهای زیست، از هر دو جنبه روانشناسی و سلامت جسمی است (Guan, et al. 2018 & Orman, 2017). در این دیدگاه، طبیعت چنان در تمام بخش‌های ساختمان عجین می‌شود که تفاوتی بین انسان در طبیعت و

می‌شود؛ نوعی گیاهان بالارونده بر روی دیوار یا یک ساختار نزدیک به دیوار بدون هیچ‌گونه بستر آبیاری در نظر گرفته می‌شود. دسته دوم که «پرده خورشیدی» نامیده می‌شود زیرا اثر آن عمدتاً تابشی است و با دسته اول در وجود یک حفره هوا با دمای متفاوت در زیر شاخ و برگ‌ها تفاوت دارد؛ شامل یک سیستم پشتیبانی شبکه‌ای است که از دیوار فاصله دارد. در این دسته‌بندی دسته سوم با عنوان «دیوار زنده» شناخته شده است؛ شامل طیف گسترده‌ای از شیوه‌هاست که در آن از بستر آبیاری به شیوه طبیعی یا مصنوعی استفاده می‌شود (Malys, et al. 2014). پرز دسته‌بندی و تعاریف مشابهی برای دیوارهای سبز دارد که این‌گونه بیان می‌کند: در جداره‌های سبز سنتی، گیاهان بالارونده به صورت مستقیم روی نما قرار می‌گرفتند که منجر به آسیب نما، جذب حیوانات و هزینه‌های تعمیر می‌شد. سیستم‌های جدید جداره سبز از لحاظ فنی پیشرفت کرده‌اند. نمای سبز سیستمی است که شامل گیاهان بالارونده است یا گیاهان آویزی که به وسیله سازه‌هایی آویزان شده‌اند. در این حالت گیاهان یا در زمین کاشته می‌شوند یا در گلدان‌هایی در ارتفاع‌های متفاوت. نمای سبز به سه سیستم تقسیم می‌شود: ۱. جداره سبز سنتی: گیاهان بالارونده از نمای ساختمان ۲. نمای دو پوسته سبز: که از نمای اصلی ساختمان فاصله دارد. دیوار زنده از پانل‌ها یا نمدهای جنو تکستایل<sup>۲</sup> ساخته شده‌اند. این مدل دیوارها گاهی از قبل کشت شده و به سازه عمودی جداره سبز متصل می‌شوند. این پانل‌ها نگهدارنده گیاهانی مثل سرخس، بوته‌های کوچک و... هستند (Pérez, et al. 2011). دیوار

انسان در بنا وجود ندارد. رویکرد بایوفیلیک می‌تواند راهبردهایی نو در زمینه مدیریت منابع زیستی مانند منابع آب، کاهش کربن، تصفیه محیط به وسیله عوامل طبیعی و کاهش جزایر حرارتی (Soderlund and Newman, 2015) پیشنهاد دهد.

جداره‌های داخلی و بیرونی ساختمان می‌تواند مهمترین عرصه به‌کارگیری این رویکرد باشد. فن‌آوری‌های نو در مهندسی این فرصت را فراهم آورده که فضای سبز به عنوان عنصر اصلی، نه الحاقی، در شکل ساختمان طرح شود. با این دیدگاه است که جداره‌های عمودی سبز به مفهوم دیوارهای زنده تحول یافت. منظور از جداره خارجی، جداره‌های عمودی و افقی است. نمای عمودی ساختمان‌ها مساحتی بیشتر از سطح بام را در معرض عوامل جوی قرار می‌دهد و این نشان‌دهنده اهمیت دیوارها می‌باشد (Pérez, et al. 2014). سیستم سبز عمودی، می‌تواند چندین مزیت داشته باشد: کاهش اثرات جزایر گرمایی شهر، افزایش منظرهای سبز، بهبود کیفیت جو، از بین بردن مشکلات مربوط به زه‌کشی و بهبود بهره‌وری انرژی

(Wang and Zhao, & Xing, et al. 2019) دیوارهای سبز با عناوینی مانند باغچه‌های سبز عمودی، سیستم سبز عمودی و دیوار زیستی نیز نامیده می‌شوند. این سیستم دربردارنده سرمایش غیرفعال برای داخل و خارج بنا، بدون اشغال زمین شهری است (Yang, et al. 2018).

پوشش سبز عمودی در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: نخستین دسته‌بندی که «نمای سبز» نامیده

زنده امکان پوشش گیاهی بیشتر و یکنواخت‌تری را می‌دهد. (Saleh, et al. 2017).

در استفاده از سزینگی در جداره، به عنوان یک سیستم سرمایشی غیرفعال، چهار عامل در نظر گرفته می‌شود: ۱. سایه ایجاد شده توسط گیاهان و ایجاد مانع برای انتقال اشعه خورشید ۲. عایق حرارتی ایجاد شده توسط گیاهان و لایه خاک ۳. سرمایش تبخیری حاصل از گیاهان و لایه خاک ۴. مسدود کردن باد (Pérez, et al. 2011). استفاده از گیاهان در دیوار یک استراتژی بایوفیلیک است، که به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد توجه قرار گرفته است. گیاه یک جزء زنده از نما است که به وسیله تنظیم میزان تعرق، به محیط‌زیست پاسخ می‌دهد. به طور کلی شبیه‌سازی این فرآیند در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی حرارتی ساختمان وجود ندارد (Larsen, et al. 2015). بررسی‌ها نشان داده که سایه‌اندازی و عایق حرارتی دیوار خارجی بهترین راهکار برای کاهش مصرف برق در تابستان‌های داغ و زمستان‌های سرد است. در نمونه موردی بررسی شده توسط وانگ و همکارانش این صرفه‌جویی به ترتیب به میزان ۱۱/۳۱ و ۱۱/۵۱ درصد به دست آمده است. بهینه‌سازی راهبردهای مختلف، می‌تواند کاهش سالانه ۲۱/۰۸ درصدی سرمایش و ۳۴/۷۷ درصدی گرمایش را به دنبال داشته باشد (Wang and Zhao, 2018). مقاله ریلی (۲۰۱۷) و وانگ (۲۰۱۰) نیز تاییدی بر برخی از مزایای سیستم سبز است: ریلی بیان می‌کند صرفه‌جویی در هزینه انرژی در ارتباط با ترکیب گیاهان با ساختمان در مطالعات اخیر ثابت شده است (Riley, 2017). در

نتیجه دیوار سبز با داشتن ویژگی سایه‌اندازی و ایجاد عایق توسط گیاهان و همچنین همراه با عایق‌های حرارتی معدنی مجزا می‌تواند به عنوان بهترین راهکار در اقلیم گرم و خشک کرمان با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد برای رسیدن به آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی معرفی شود.

در طراحی گیاه در دیوار، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، بازتاب برگ و میزان تابش برگ در انتخاب گیاه و کارکرد دیوار موثر است. هدایت حرارتی، ظرفیت گرمایی، تراکم و ضخامت دیوار از سویی دیگر بر اثرگذاری عملکرد گیاه اثر دارد (Vera, et al. 2018). مطالعه پارامتری مدل‌سازی گرمایی سطوح گیاهی بر اساس تعدادی از پارامترها نشان‌دهنده رفتار فیزیولوژیکی گیاهان، رفتار حرارتی هوا بین سایبان و رفتار دمایی و هیدرولیکی بستر است. پنج پارامتر مورد استفاده برای پوشش گیاهی شامل: چگالی شاخساره (LAI)، ضخامت تاج گیاه (L)، ضریب ریزش برگ (ks)، آلایدو شاخ و برگ (pf)، ضریب توزیع مجدد گرمای پنهان است (Malys, et al. 2014). مطالعات در اقلیم‌های متفاوت نشان داده که شاخص سطح برگ و ضخامت بستر مهم‌ترین پارامترهای گیاه و بستر هستند (Vera, et al. 2018). دمای سطح برگ‌ها پایین‌تر از مصالح سایبان‌هاست. این اثر سرمایشی به دلیل تعرق برگ‌هاست. لذا، عملکرد حرارتی گیاهان بهتر از سایبان‌های سنتی است (Larsen, et al. 2015) در یک تحقیق کاهش دمای حاصل از تبخیر تعرق یک خاک چمن‌دار و مرطوب با خاک ساده، ۶

نیز جابه‌جایی رطوبت از کنار پوشش گیاهی را تسریع می‌کند و در افزایش سرمایه‌های موثر است (Theodosiou, 2003 & Yuan, et al. 2017). جهت ایجاد رطوبت و کاهش دما، راهکارهایی مثل استفاده از درختان و پوشش گیاهی، آب، سایبان‌های گیاهی و غیرگیاهی، جهت‌گیری مناسب، استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و ایجاد خلل و فرج‌هایی برای حرکت باد و ... طرح می‌شود (Webb, et al. & Salata, et al. 2015). (2018).

این پژوهش از حیث ماهیت و رویکرد آن، پژوهشی کاربردی است. در این تحقیق، مدل‌های آزمایشی دیوار سبز در ابعاد  $1 \times 1 \text{m}^2$  ساخته شده‌اند و به وسیله یونولیت، محفظه ایزوله‌ای در پشت آن‌ها ایجاد شده است. سپس داده‌های دمایی رطوبتی در طی ۱۵ روز اول تابستان برداشت گردید. در مرحله بعد، نمونه‌ها در نرم‌افزار سی‌اف‌دی کامسول، شبیه‌سازی شدند. همان‌طور که گفته شد به صورت کلی در طراحی دیوار سبز سه نوع تقسیم‌بندی دیوار سبز مستقیم، دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار زنده وجود دارد. با توجه به عدم وجود نمونه‌های یادشده در شهر کرمان با ویژگی‌های مدنظر پروژه، مانند مکان جغرافیایی مشابه، ابعاد مشابه، جهت‌گیری مشابه و فراهم نبودن امکان اندازه‌گیری از داخل بناهای شهروندان و ... اقدام به ساخت نمونه‌ها به صورت آزمایشی شد. در این پروژه دو نوع دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار زنده با یک دیوار مرجع بررسی و مقایسه شدند. به دلیل استفاده گسترده آجر و سفال و سازگاری و بومی بودن این مصالح برای

درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. هم‌چنین یک مترمربع چمن در یک روز آفتابی می‌تواند ۱۲مگاژول انرژی جذب کند. از مزایای دیگر استفاده از سطوح سبز، تاثیری است که بر نیاز انرژی برای آسایش محیط داخلی می‌گذارند (Salata, et al. 2015). از جمله فاکتورهای تاثیرگذار دیگر گیاهان بحث سایه‌اندازی آن‌هاست. وانگ و همکارانش در یک مطالعه میدانی با استفاده از سنسورهای مختلف نشان دادند که کاهش دما در زیر گیاهان با شاخص سطح بالاتر، بیشتر از گیاهان کم‌پشت و زمین خالی است. به علاوه نشان داد که انتقال حرارت از بام عریان بیشتر از بام سبز و خاک بدون گیاه است (Wong, et al. 2003). هم‌چنین اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد سایه درختان و بوته‌هایی که در مجاورت ساختمان هستند می‌توانند مستقیماً نیاز به خنک‌سازی را کاهش دهند (Akbari, 2009)؛ و رفتار و نحوه رشد گونه‌های مختلف گیاهی بر میزان کارآمدی گیاه به عنوان عنصری از جداره سبز، در کنترل شرایط جوی موثر است (Pérez, et al. 2011).

#### ۴- مواد و روش‌ها

خورشید، دما و انتقال گرما، رطوبت و باد و سرمایه‌های تبخیری از عوامل موثر در کنترل انرژی مصرفی ساختمان است (Santamouris and Kolokotsa, 2013). تئودوسیو اهمیت سرعت باد و رطوبت نسبی را در سرمایه‌های حاصل از بام سبز مطرح می‌کند و توضیح می‌دهد که یک محیط خشک میزان تبخیر و تعرق را افزایش می‌دهد و باد

این اقلیم، از آجر در اجرای نمونه‌ها استفاده شده است. بخشی از مراحل ساخت در تصویر ۱ نشان داده شده است.



تصویر ۱- بخشی از مراحل ساخت (ماخذ: نگارندگان)

خاک گلدان، شن بادی و ورمی کمپوست است. با نظر به اینکه جهت‌گیری اقلیمی در کرمان، شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است و شکل بافت شهری تنها در جهت شمال و جنوب نورگیری را ممکن می‌سازد؛ نمونه‌ها در جبهه جنوب‌شرقی ساختمان قرار داده شدند. نمونه‌ها در تصویر ۲ نشان داده شده‌اند.

از دو نوع گیاه شاخ گوزنی (ناز یخی) در دیوار زنده و گیاه پایتال در دیوار سبز غیرمستقیم استفاده شده است. گیاه شاخ گوزنی<sup>۳</sup>، گیاهی پوششی مقاوم در برابر گرما و خشکی محسوب می‌شود. پایتال<sup>۴</sup>، از لحاظ ظاهری شکل رونده و آویز دارد. برای ایجاد شرایط مشابه و قابل مقایسه، در طول دوران ثبت اطلاعات، گیاهان در بازه شبانه آبیاری شده‌اند. خاک استفاده شده در این آزمایش،



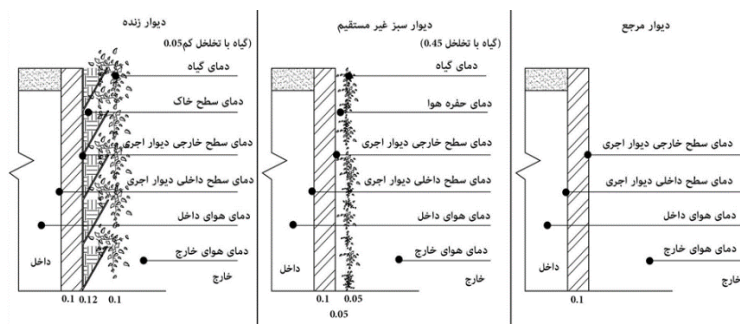
تصویر ۲- راست: دیوار سبز غیر مستقیم. وسط: دیوار مرجع. چپ: دیوار زنده (ماخذ: نگارندگان)

برودت تبخیری و جلوگیری از نفوذ گرما را داراست. لذا از یکم تا پانزدهم تیرماه، بین ساعت ۹

با توجه به اقلیم کرمان و گرمای زیاد و خشکی هوای تابستان، این فصل از سال بیشترین نیاز به

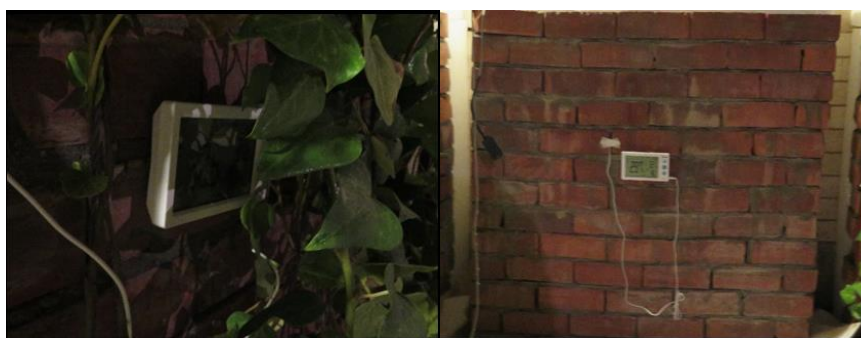
افزایش دقت کار، دما-رطوبت‌سنج‌ها و دیتالاگر به‌وسیله دماسنج الکلی کالیبره شدند. در تصاویر ۳ و ۴ نقاط نصب ابزار اندازه‌گیری نشان داده شده است.

تا ۱۷، در بازه‌های دو ساعته، آزمایش انجام شده است. تعداد ۱۳ عدد دما-رطوبت‌سنج دیجیتال مدل UNIT A12-T برای بررسی نمونه‌ها و یک عدد دیتالاگر دما و رطوبت مدل DS83 جهت ثبت اطلاعات هوای خارج استفاده شد. جهت



تصویر ۳- محل قرارگیری ابزار اندازه‌گیری. (ماخذ: نگارندگان)

دو مورد از محل نصب دما- رطوبت‌سنج‌ها در تصویر ۴ نشان داده شده است.



تصویر ۴- نمونه نصب دما- رطوبت‌سنج (ماخذ: نگارندگان)

میانگین دمای هوای خارج ب- میانگین دمای شاخ و برگ گیاه ج- میانگین دمای خاک د- میانگین دمای حفره هوا ه- میانگین دمای سطح خارجی دیوار و- میانگین دمای سطح داخلی دیوار ز- میانگین دمای هوای داخل a- میانگین رطوبت هوای بیرون b- میانگین رطوبت شاخ و برگ گیاه

### ۵- نتایج و یافته‌ها

نتایج در دو قسمت آزمایش نیمه‌تجربی و شبیه‌سازی کامپیوتری به صورت جداگانه بررسی و سپس مقایسه شده‌اند. داده‌های حاصل آمده از آزمایش، به صورت میانگین در قالب جداول و نمودارها نشان داده شده است. در جدول ۱، الف-

c- میانگین رطوبت خاک d- میانگین رطوبت میانگین رطوبت دیوار داخلی g - میانگین رطوبت حفره هوا e- میانگین رطوبت دیوار خارجی f - هوای داخل است.

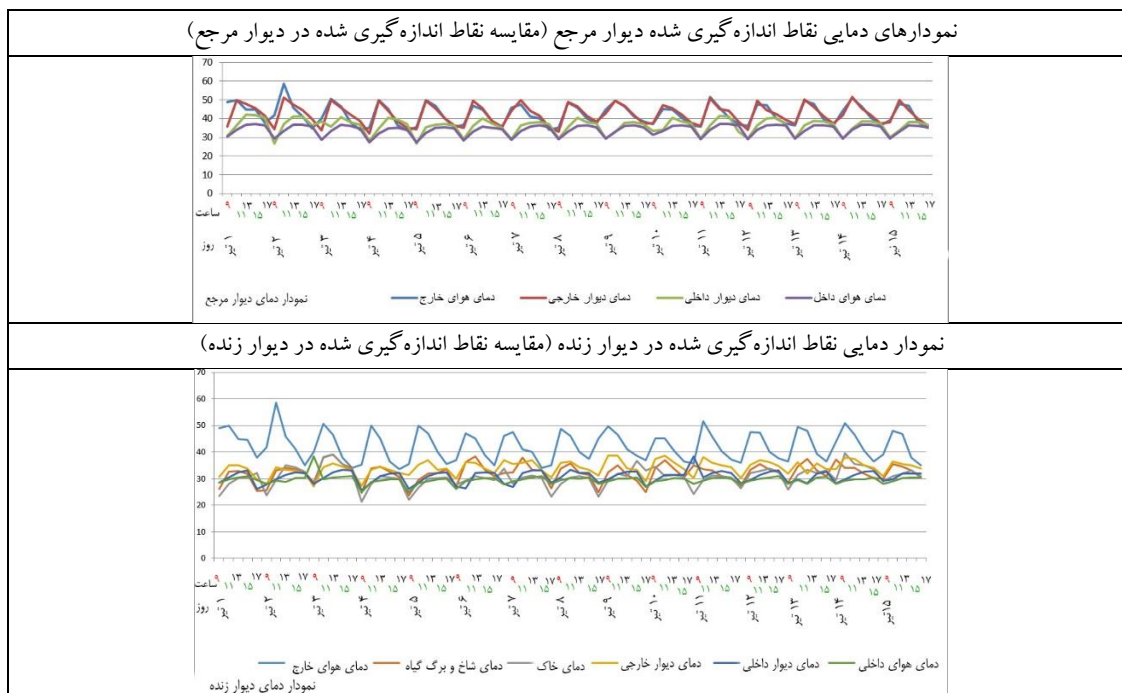
جدول ۱- میانگین دما و رطوبت دیوارهای آزمون (ماخذ: نگارندگان)

میانگین دما و رطوبت ۱۵ روزه													نوع دیوار
g	f	e	d	c	b	a	ز	و	ه	د	ج	ب	الف
۱۴/۱	۱۲/۳	۱۰				۱۵/۸	۳۳/۶	۴۰/۴	۴۱/۷				۴۱/۶
۲۷/۵	۲۴/۸	۲۱/۲		۳۸/۲	۱۹/۵	۱۵/۸	۲۹	۳۰/۳	۳۳/۵		۳۰/۱	۳۱/۷	۴۱/۶
۱۸	۱۵/۱	۱۰/۵	۱۱/۷		۱۵/۸	۱۵/۸	۳۱/۴	۳۳/۵	۳۷/۵	۳۷/۸		۳۲/۷	۴۱/۶

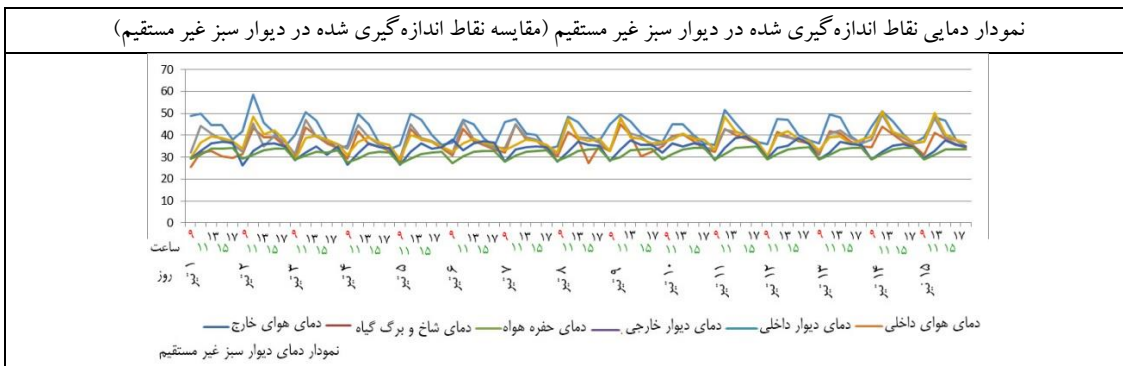
که محدوده خنک‌تری را نسبت به دیوار مرجع نشان می‌دهد. در دیوار زنده، بازه دمایی دمای هوای داخل در محدوده کمتر از سی است که نسبت به دیوار مرجع و دیوار سبز غیرمستقیم در محدوده خنک‌تری قرار دارد.

با توجه به نمودارهای موجود در جدول ۲، مشخص می‌شود که، در نمودار دمایی دیوار مرجع، دمای داخلی از دمای بیرون کمتر است؛ اما بازه عددی دمای داخل، بین سی تا چهل درجه است. بازه دمایی هوای داخل نمودار دیوار سبز غیرمستقیم در محدوده سی تا سی و پنج است

جدول ۲- نمودارهای دمایی در نقاط اندازه‌گیری شده به صورت جداگانه برای هر دیوار در دوره ۱۵ روزه (ماخذ: نگارندگان)

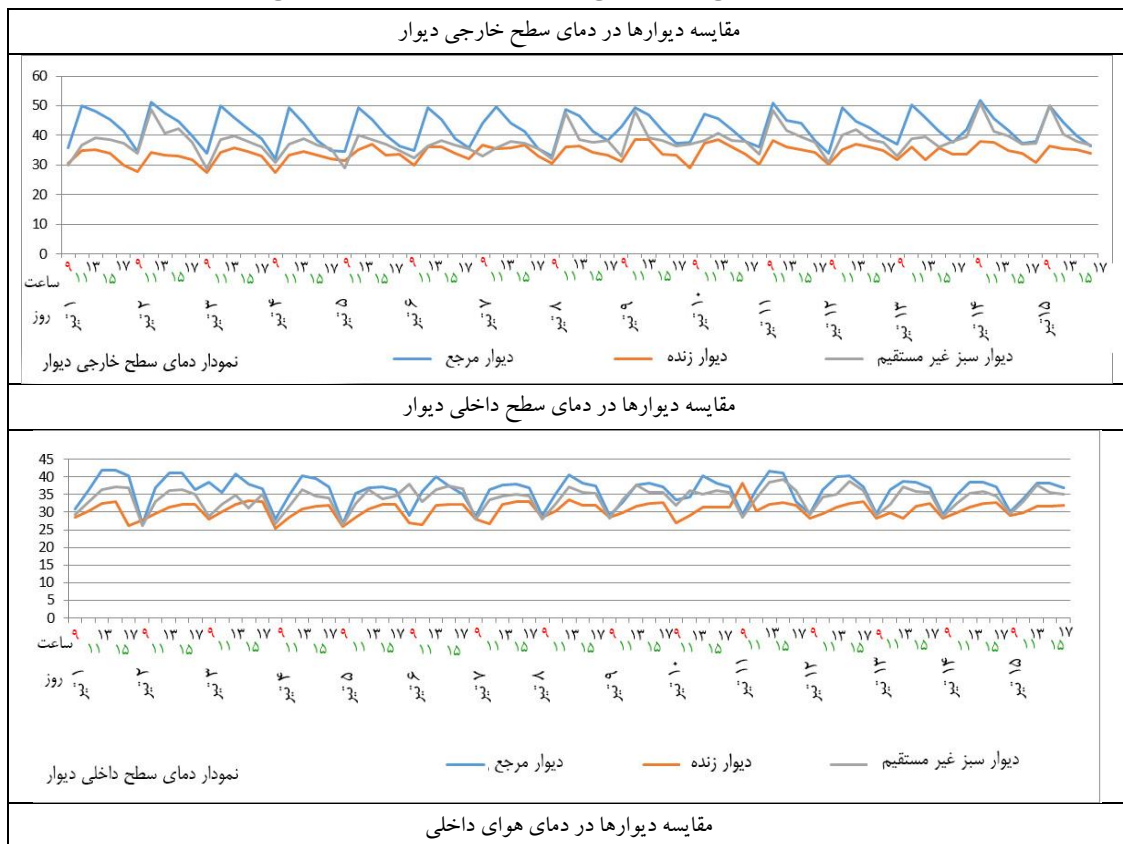


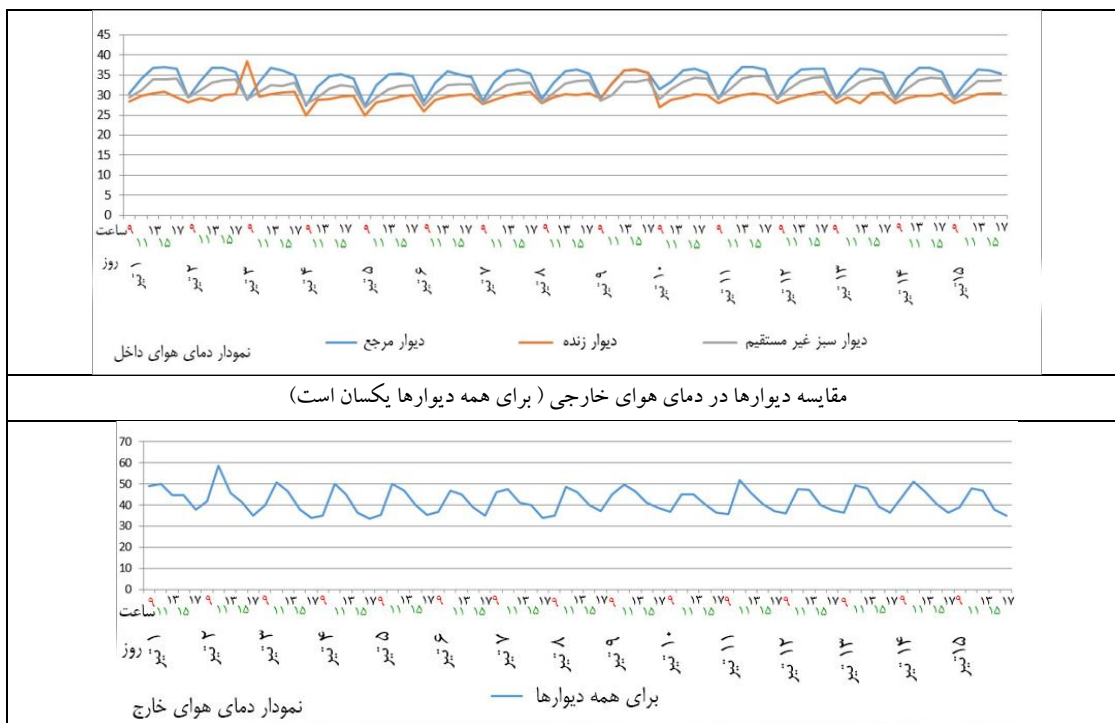




در جدول ۳ نمودار دمایی سطح داخلی و خارجی و دیوار و دمایی هوای داخلی و هوای خارجی برای مقایسه دیوارها در نقاط اصلی آورده شده است.

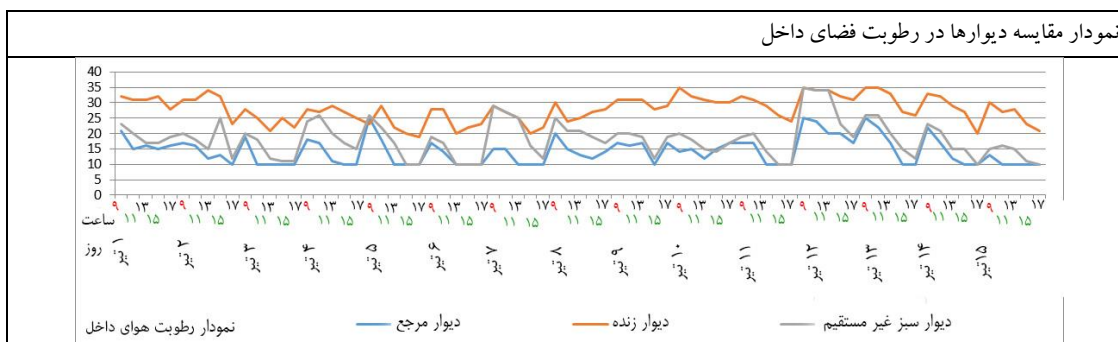
جدول ۳- مقایسه دیوارها در نقاط سطح داخلی، سطح خارجی و هوای داخل و هوای خارج (ماخذ: نگارندگان)





در ادامه به دلیل اهمیت رطوبت در اقلیم گرم و خشک، نمودار مقایسه رطوبت در فضای داخلی در

جدول ۴- نمودار داده‌های رطوبتی (ماخذ: نگارندگان)



### ۱-۵- بررسی و مقایسه داده‌های تجربی به

#### دست آمده

با توجه به آزمایش تجربی و تحلیل نتایج، دمای هوای داخلی، در دیوار زنده نسبت به دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار سبز غیرمستقیم نسبت به دیوار مرجع کاهش و رطوبت افزایش پیدا کرده است.

### ۲-۵- شبیه‌سازی

در ادامه در نرم‌افزار کامسول شبیه‌سازی انجام شده است. این مرحله برای صحت‌سنجی آزمایش تجربی مبنی بر دینامیک سیالات محاسباتی است. از جمله نرم‌افزارهای سی‌اف‌دی، نرم‌افزار کامسول است. برای مقایسه و صحت‌سنجی از طریق این

ضریب رسانش متفاوت خاک نسبت به هوا عملکرد کمتری دیده می‌شود. در نتیجه حالت دوم یعنی دیوار زنده، بهترین عملکرد را دارد. تغییرات دمایی در هر ساعت در جدول ۵ نشان داده شده است.

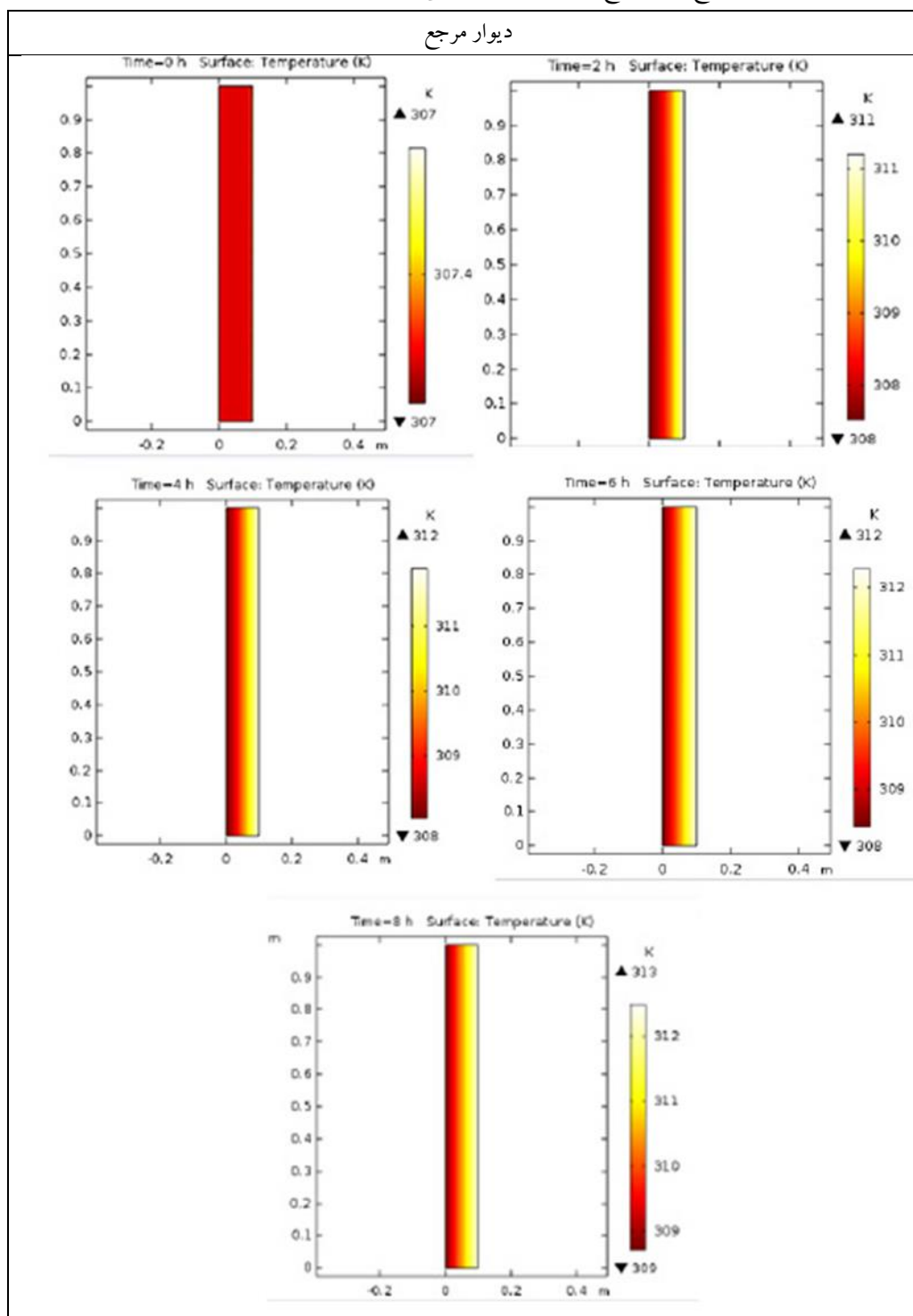
### ۵-۳- بررسی شرایط مرزی در خروجی‌های شبیه‌سازی

بعد از اتمام فرایند شبیه‌سازی و مشاهده نتایج، برای مقایسه بیشتر، اطلاعات مرزها استخراج شد. مرزها به رنگ آبی در اشکال زیر نشان داده شده است که نشان‌دهنده مرز بین لایه‌های تشکیل دهنده دیوارها است. در تمامی حالت‌های زیر، بازه‌های زمانی دو ساعتی، از نه صبح تا هفده و ساعت‌ها به صورت اعداد صفر تا هشت نشان داده شده‌اند. عدد صفر نشان‌دهنده ساعت نه بوده و دما به واحد کلوین است. در جدول ۶ می‌توان نرخ اطلاعات دمایی دیوار مرجع را مشاهده نمود. با توجه به خروجی شبیه‌سازی، دمای شرایط مرزی بین سطح داخلی دیوار و هوای داخل (۳۴/۲۹ تا ۳۵/۵) و نیز دمای شرایط مرزی بین سطح خارجی دیوار و هوای خارجی (۳۴/۳ تا ۳۹/۳)، برای دیوار مرجع، از ساعت نه تا هفده افزایش یافته است. اختلاف دمای شرایط مرزی داخلی و شرایط مرزی خارجی در دیوار مرجع به طور میانگین ۳ درجه، و در بیشترین حالت ۳/۸۵ درجه سانتی‌گراد است و نشان‌دهنده این میزان تاثیر مصالح آجر و فضای ایزوله شده است.

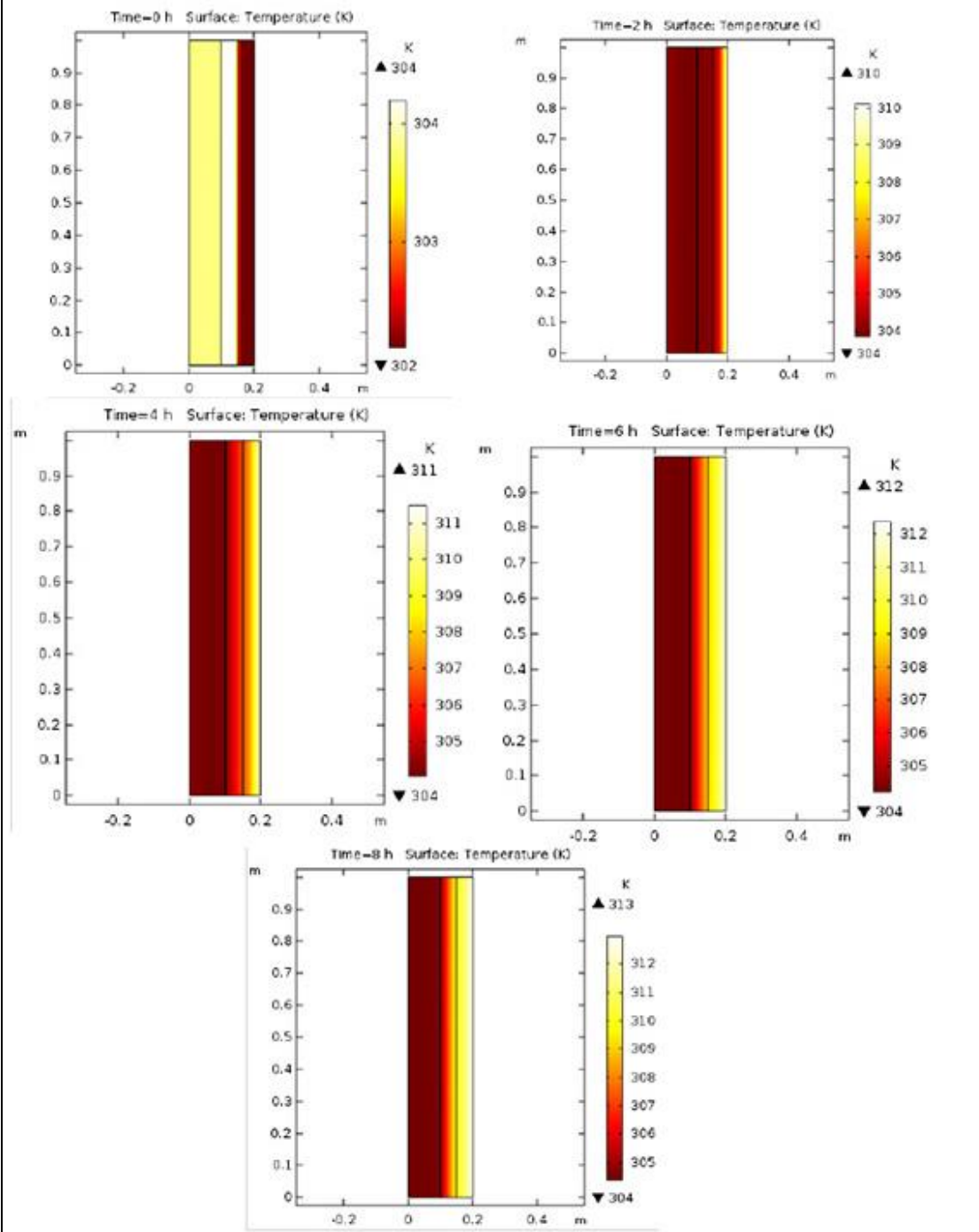
نرم‌افزار، ابتدا هر سه نمونه دیوار مدل‌سازی شد؛ مشخصات فیزیکی لایه‌های هر نمونه مانند ظرفیت حرارتی، مقاومت حرارتی، تخلخل و دماهای مورد نیاز مانند: دمای شرایط اولیه و میانگین دمای شرایط مرزی در دوره ۱۵ روزه و ویژگی گیاهان وارد شد. همچنین مطابق با آزمایش تجربی، مساله وابسته به زمان تعریف شد. در نهایت نرم‌افزار با استفاده از معادلات جابه‌جایی و هدایتی و معادله محیط متخلخل، خروجی‌های شبیه‌سازی را ایجاد می‌کند. با بررسی شبیه‌سازی و شرایط مرزی هر نمونه و مقایسه آنها با هم و با نتایج تجربی، می‌توان به نتیجه‌گیری رسید. خروجی‌های نرم‌افزار کامسول در زیر آورده شده و مورد بررسی و تحلیل و مقایسه قرار گرفته است. تغییرات دمایی در هر ساعت در اشکال زیر نشان داده شده است. در حالت اول (دیوار مرجع)، دمای خارجی دیوار به علت  $h$  (ضریب جابه‌جایی هوا) بیشتر و شرایط مرزی وابسته بیشتر است و هر چه به سمت داخل تر نزدیک شده، دما کمتر و دیوار خنک تر می‌شود. در حالت دوم (دیوار زنده) دمای خارجی بیشتر است و هر چه به سمت داخل نزدیک شده، هوا خنک تر می‌شود؛ زیرا  $h$  (ضریب جابه‌جایی هوا) نیز کاهش می‌یابد. در حالت سوم (دیوار سبز غیرمستقیم) نیز همان روند دو حالت بالا برقرار است. روند کاهش دما در همه حالت‌ها یکسان و از خارج به داخل با کاهش دما روبه‌رو هستیم. اما در حالت سوم (دیوار سبز غیرمستقیم) نسبت به حالت دوم (دیوار زنده) به دلیل ضریب تخلخل بیشتر و عرض لایه‌های کمتر و همچنین به دلیل

جدول ۵- خروجی شبیه‌سازی- نمودارهای انتقال حرارت برای هر یک از دیوارهای مرجع، دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار زنده در بازه زمانی ۸ ساعته.

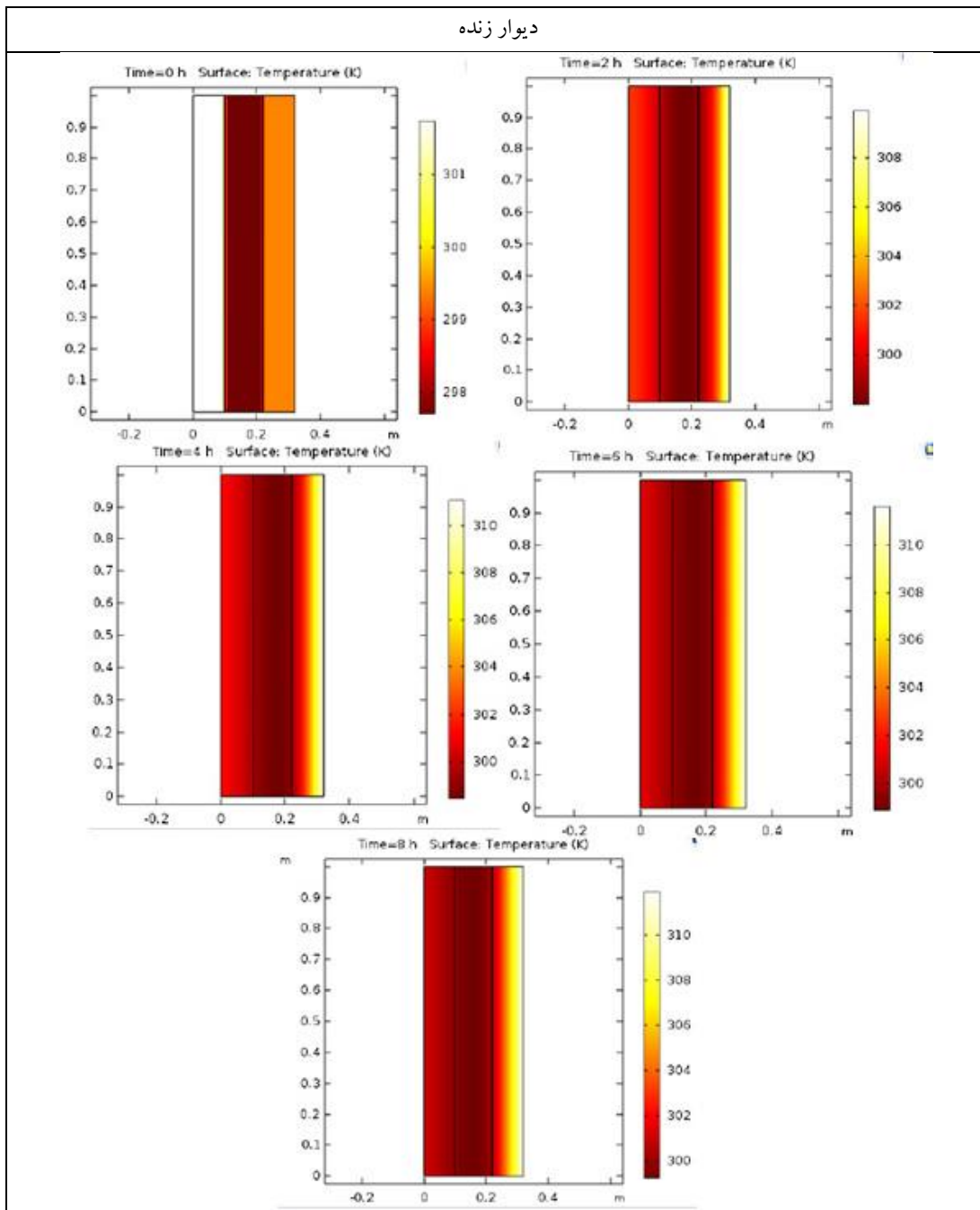
(۰ بیان گر ساعت ۹ صبح است. نتایج در بازه های دو ساعته تا ساعت ۱۷ (عدد ۸ است). (ماخذ: نگارندگان)



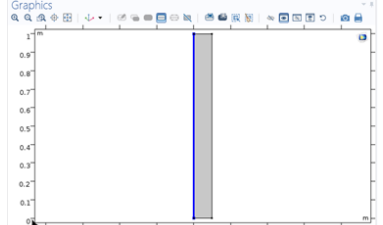
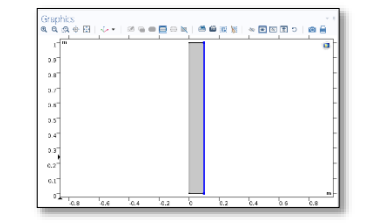
دیوار سبز غیرمستقیم



دیوار زنده



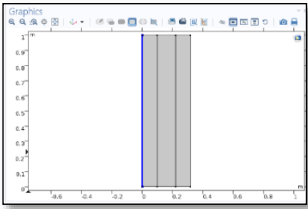
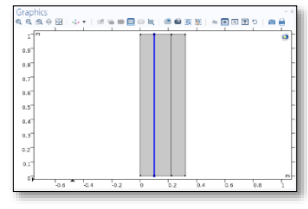
جدول ۶- اطلاعات دمایی شرایط مرزی برای دیوار مرجع (ماخذ: نگارندگان)

الف) اطلاعات دمایی مرز شماره ۱ (سطح داخلی دیوار و هوای داخل)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 1 - Line Average 1 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>307.44980472984497</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>307.52515979167373</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>308.05651239078816</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>308.45339968412264</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>308.70596654849084</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 1 - Line Average 1 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	307.44980472984497	2	307.52515979167373	4	308.05651239078816	6	308.45339968412264	8	308.70596654849084
% Table:	Table 1 - Line Average 1 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	307.44980472984497															
2	307.52515979167373															
4	308.05651239078816															
6	308.45339968412264															
8	308.70596654849084															
ب) اطلاعات دمایی مرز شماره ۲ (سطح خارجی دیوار و هوای بیرونی)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 2 - Line Average 2 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>307.45235087849426</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>311.2063306285776</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>311.904548793798</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>312.28430862682865</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>312.50959859864</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 2 - Line Average 2 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	307.45235087849426	2	311.2063306285776	4	311.904548793798	6	312.28430862682865	8	312.50959859864
% Table:	Table 2 - Line Average 2 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	307.45235087849426															
2	311.2063306285776															
4	311.904548793798															
6	312.28430862682865															
8	312.50959859864															
ساعت	دمای مرز ۱ (سانتی گراد)	دمای مرز ۲ (سانتی گراد)	اختلاف دما													
۹	۳۴/۲۹	۳۴/۳	۰/۰۱													
۱۱	۳۴/۳۷	۳۸/۰۵	۳/۶۸													
۱۳	۳۴/۹	۳۸/۷۵	۳/۸۵													
۱۵	۳۵/۳	۳۹/۱۳	۳/۸۳													
۱۷	۳۵/۵۵	۳۹/۳۵	۳/۸													

و خاک برای دیوار زنده، از ساعت نه تا هفده تقریباً روند افزایشی داشته است. (۲۷/۰۵ تا ۲۵/۳۹) با توجه به خروجی شبیه سازی، دمای شرایط مرزی بین گیاه و هوای خارجی برای دیوار زنده، از ساعت نه تا هفده افزایش یافته است. (۲۶/۲۵ تا ۳۸/۸۲) لذا، اختلاف دمای شرایط مرزی داخلی و شرایط مرزی خارجی در دیوار زنده به طور میانگین ۷.۳۶ درجه، و در بیشترین حالت ۱۰/۷۷ درجه سانتی‌گراد است و نشان‌دهنده این میزان تاثیر مصالح ظرفیت حرارتی خاک و گیاه است.

در جدول ۷ می‌توان نرخ اطلاعات دمایی دیوار زنده را مشاهده نمود. با توجه به خروجی شبیه‌سازی، دمای شرایط مرزی بین سطح داخلی دیوار و هوای داخلی برای دیوار زنده، از ساعت نه تا هفده تا حدودی کاهش یافته است. (۲۸ تا ۲۸/۶) با توجه به خروجی شبیه‌سازی، دمای شرایط مرزی بین خاک و سطح خارجی دیوار برای دیوار زنده، از ساعت نه تا هفده، بسیار نزدیک به هم بوده و تقریباً روند کاهشی دارد. (۲۶/۷ تا ۲۶) با توجه به خروجی شبیه سازی، دمای شرایط مرزی بین گیاه

جدول ۷- اطلاعات دمایی شرایط مرزی برای دیوار زنده (ماخذ: نگارندگان)

الف) اطلاعات دمایی مرز شماره ۱ (سطح داخلی دیوار و هوای داخل)		<table border="1" data-bbox="901 319 1294 448"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 5 - Line Average 1 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>301.7500476021679</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>301.63003621610744</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>301.36333681012604</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>301.23982301185896</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>301.20317995570326</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 5 - Line Average 1 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	301.7500476021679	2	301.63003621610744	4	301.36333681012604	6	301.23982301185896	8	301.20317995570326
% Table:	Table 5 - Line Average 1 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	301.7500476021679															
2	301.63003621610744															
4	301.36333681012604															
6	301.23982301185896															
8	301.20317995570326															
ب) اطلاعات دمایی مرز شماره ۲ ( خاک و سطح خارجی دیوار)		<table border="1" data-bbox="901 642 1294 750"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 6 - Line Average 2 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>299.7249832917131</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>299.40643711868177</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>299.44638336714416</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>299.5303826030483</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>299.6550554061316</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 6 - Line Average 2 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	299.7249832917131	2	299.40643711868177	4	299.44638336714416	6	299.5303826030483	8	299.6550554061316
% Table:	Table 6 - Line Average 2 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	299.7249832917131															
2	299.40643711868177															
4	299.44638336714416															
6	299.5303826030483															
8	299.6550554061316															
ج) اطلاعات دمایی مرز شماره ۳ (گیاه و خاک)		<table border="1" data-bbox="901 890 1294 998"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 7 - Line Average 3 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>298.54979741220615</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>298.37485788513703</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>298.9336022832897</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>299.582937994939</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>300.203676131934</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 7 - Line Average 3 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	298.54979741220615	2	298.37485788513703	4	298.9336022832897	6	299.582937994939	8	300.203676131934
% Table:	Table 7 - Line Average 3 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	298.54979741220615															
2	298.37485788513703															
4	298.9336022832897															
6	299.582937994939															
8	300.203676131934															
د) اطلاعات دمایی مرز شماره ۴ (هوای بیرون و گیاه)		<table border="1" data-bbox="901 1159 1294 1267"> <thead> <tr> <th>% Table:</th> <th>Table 8 - Line Average 4 (T)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Time (h)</td> <td>Temperature (K)</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>299.40279241156895</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>309.90729351451813</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>311.08933469411664</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>311.64947131849743</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>311.97514598581705</td> </tr> </tbody> </table>	% Table:	Table 8 - Line Average 4 (T)	% Time (h)	Temperature (K)	0	299.40279241156895	2	309.90729351451813	4	311.08933469411664	6	311.64947131849743	8	311.97514598581705
% Table:	Table 8 - Line Average 4 (T)															
% Time (h)	Temperature (K)															
0	299.40279241156895															
2	309.90729351451813															
4	311.08933469411664															
6	311.64947131849743															
8	311.97514598581705															
ساعت	دمای مرز ۱ (سانتیگراد) (	دمای مرز ۲ (سانتیگراد)	دمای مرز ۳ (سانتیگراد) (	دمای مرز ۴ (سانتیگراد)	اختلاف دمای مرز ۱ و ۴											
۹	۲۸/۶	۲۶/۵۷	۲۵/۳۹	۲۶/۲۵	-۲/۳۵											
۱۱	۲۸/۴۸	۲۶/۲۵	۲۵/۲۲	۳۶/۷۵	۸/۲۷											
۱۳	۲۸/۲۱	۲۶/۲۹	۲۵/۷۸	۳۷/۹۳	۹/۷۲											
۱۵	۲۸/۰۸	۲۶/۳۸	۲۶/۴۳	۳۸/۴۹	۱۰/۴۱											
۱۷	۲۸/۰۵	۲۶/۵	۲۷/۰۵	۳۸/۸۲	۱۰/۷۷											

دیوار و هوای داخلی برای دیوار سبز غیرمستقیم، از ساعت نه تا هفده افزایش یافته است (۳۰/۶۵ تا ۳۱/۳) با توجه به خروجی شبیه سازی، دمای

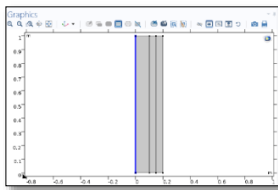
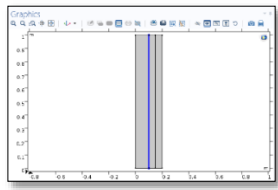
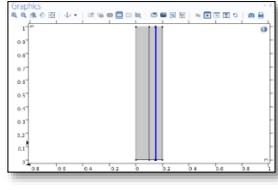
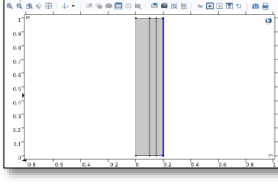
در جدول ۸ می توان نرخ اطلاعات دمایی دیوار سبز غیرمستقیم را مشاهده نمود. با توجه به خروجی شبیه سازی، دمای شرایط مرزی بین سطح داخلی



بین هوای بیرون و گیاه برای دیوار سبز غیرمستقیم، از ساعت نه تا هفده به وضوح افزایش یافته است. ( ۲۸/۹۵ تا ۳۹/۸۴ ) لذا، اختلاف دمای مرز داخلی و خارجی در دیوار سبز غیرمستقیم به طور میانگین ۵/۵ درجه و در بیشترین حالت ۸/۵۴ درجه سانتی-گراد است که نشانگر این میزان تاثیر سایه‌اندازی و ظرفیت حرارتی گیاه است.

شرایط مرزی بین حفره هوا و سطح خارجی دیوار برای دیوار سبز غیر مستقیم، از ساعت نه تا هفده افزایش یافته است. ( ۳۰/۸۴ تا ۳۱/۶ ) با توجه به خروجی شبیه‌سازی، دمای شرایط مرزی بین گیاه و حفره هوا برای دیوار سبز غیر مستقیم، از ساعت نه تا هفده به وضوح افزایش یافته است. ( ۲۹/۹۹ تا ۳۶/۹۷ ) با توجه به خروجی شبیه سازی، دمای مرز

جدول ۸- اطلاعات دمایی شرایط مرزی برای دیوار سبز غیرمستقیم (مأخذ: نگارندگان)

الف) اطلاعات دمایی مرز شماره ۱ ( سطح داخلی دیوار و هوای داخل)			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% Table:</th> <th colspan="2">Table 1 - Line Average 1 (T)</th> </tr> <tr> <th>% Time (h)</th> <th>Temperature (K)</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>303.8000846264452</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>304.17165833977333</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>304.27066059490716</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>304.36144462791555</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>304.454761844179</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			% Table:		Table 1 - Line Average 1 (T)		% Time (h)	Temperature (K)			0	303.8000846264452			2	304.17165833977333			4	304.27066059490716			6	304.36144462791555			8	304.454761844179		
% Table:		Table 1 - Line Average 1 (T)																															
% Time (h)	Temperature (K)																																
0	303.8000846264452																																
2	304.17165833977333																																
4	304.27066059490716																																
6	304.36144462791555																																
8	304.454761844179																																
ب) اطلاعات دمایی مرز شماره ۲ ( حفره هوا و سطح خارجی دیوار)			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% Table:</th> <th colspan="2">Table 2 - Line Average 2 (T)</th> </tr> <tr> <th>% Time (h)</th> <th>Temperature (K)</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>303.9998000589942</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>303.85935053598786</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>304.0867273277786</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>304.3383640164719</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>304.5791604006922</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			% Table:		Table 2 - Line Average 2 (T)		% Time (h)	Temperature (K)			0	303.9998000589942			2	303.85935053598786			4	304.0867273277786			6	304.3383640164719			8	304.5791604006922		
% Table:		Table 2 - Line Average 2 (T)																															
% Time (h)	Temperature (K)																																
0	303.9998000589942																																
2	303.85935053598786																																
4	304.0867273277786																																
6	304.3383640164719																																
8	304.5791604006922																																
ج) اطلاعات دمایی مرز شماره ۳ ( گیاه و حفره هوا)			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% Table:</th> <th colspan="2">Table 3 - Line Average 3 (T)</th> </tr> <tr> <th>% Time (h)</th> <th>Temperature (K)</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>303.14971640365553</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>304.13488914415336</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>306.6940600236513</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>308.7032656005542</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>310.12529868097926</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			% Table:		Table 3 - Line Average 3 (T)		% Time (h)	Temperature (K)			0	303.14971640365553			2	304.13488914415336			4	306.6940600236513			6	308.7032656005542			8	310.12529868097926		
% Table:		Table 3 - Line Average 3 (T)																															
% Time (h)	Temperature (K)																																
0	303.14971640365553																																
2	304.13488914415336																																
4	306.6940600236513																																
6	308.7032656005542																																
8	310.12529868097926																																
د) اطلاعات دمایی مرز شماره ۴ ( هوای بیرون و گیاه)			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">% Table:</th> <th colspan="2">Table 4 - Line Average 4 (T)</th> </tr> <tr> <th>% Time (h)</th> <th>Temperature (K)</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>302.10132591808343</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>310.1218898234218</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>311.49614863124356</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>312.3823689035889</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>312.99028355109385</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			% Table:		Table 4 - Line Average 4 (T)		% Time (h)	Temperature (K)			0	302.10132591808343			2	310.1218898234218			4	311.49614863124356			6	312.3823689035889			8	312.99028355109385		
% Table:		Table 4 - Line Average 4 (T)																															
% Time (h)	Temperature (K)																																
0	302.10132591808343																																
2	310.1218898234218																																
4	311.49614863124356																																
6	312.3823689035889																																
8	312.99028355109385																																
ساعت	دمای مرز ۱ (سانتیگراد)	دمای مرز ۲ (سانتیگراد)	دمای مرز ۳ (سانتیگراد)	دمای مرز ۴ (سانتیگراد)	اختلاف دمای مرز ۱ و ۴																												
۹	۳۰/۶۵	۳۰/۸۴	۲۹/۹۹	۲۸/۹۵	-۱/۷																												
۱۱	۳۱/۵۵	۳۰/۷	۳۰/۹۸	۳۶/۹۷	۵/۴۲																												
۱۳	۳۱/۱۲	۳۰/۹۳	۳۳/۵۴	۳۸/۳۴	۷/۲۲																												
۱۵	۳۱/۲۱	۳۱/۱۸	۳۵/۵۵	۳۹/۲۳	۸/۰۲																												
۱۷	۳۱/۳	۳۱/۴۲	۳۶/۹۷	۳۹/۸۴	۸/۵۴																												

## ۵-۴- بررسی و نتیجه تحلیل مرزها

برای مقایسه بهتر، میانگین اختلاف بیرونی ترین مرز با داخلی ترین آن در سه دیوار (ماخذ: نگارندگان) در جداول ۹ و ۱۰ آورده شده است.

جدول ۹- مقایسه میانگین اختلاف دمای بیرونی ترین مرز با داخلی ترین آن در سه دیوار (ماخذ: نگارندگان)

میانگین اختلاف دمای بیرونی ترین مرز با داخلی ترین آن	
دیوار مرجع	۳
دیوار زنده	۷/۳۶
دیوار سبز غیر مستقیم	۵/۵

جدول ۱۰- مقایسه حداکثر اختلاف دمای بیرونی ترین مرز با داخلی ترین آن در سه دیوار (ماخذ: نگارندگان)

حداکثر اختلاف دمای بیرونی ترین مرز با داخلی ترین آن	
دیوار مرجع	۳/۵۸
دیوار زنده	۱۰/۷۷
دیوار سبز غیر مستقیم	۸/۵۴

## ۶- نتیجه گیری

با توجه به خروجی های نرم افزار و تحلیل نقاط مرزی، مشخص می شود که دیوار زنده احتمالاً به علت ظرفیت حرارتی خاک و گیاه، سایه اندازی و تخلخل کمتر گیاه، عرض بیشتر نمونه، به طور قابل ملاحظه ای عملکرد بهتری نسبت به دیگر نمونه ها دارد. در حالت دوم با تغییر جنس از هوا به خاک تغییرات چشم گیری حاصل شده است. برای نتیجه گیری کلی با توجه به نتایج حاصل از آزمایش تجربی و شبیه سازی کامپیوتری، در جدول ۱۱، مقایسه میانگین اختلاف دماهای هوای بیرون و داخل در دو حالت آورده شده است.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اختلاف دماهای هوای بیرون و داخل در دو حالت آزمایش تجربی و شبیه سازی کامپیوتری (ماخذ:

نگارندگان)

میانگین اختلاف دمای هوای بیرون با دمای هوای داخل			
نوع دیوار	دیوار مرجع	دیوار دیوار سبز غیر مستقیم	دیوار زنده
میانگین اختلاف دمای هوای بیرون با دمای هوای داخل در آزمایش تجربی	۸	۱۰/۲	۱۲/۶
	۲/۲+	۲/۴+	
میانگین اختلاف دمای هوای بیرون با دمای هوای داخل در شبیه سازی کامپیوتری	۳	۵/۵	۷/۳۶
	۲/۵+	۱/۸۶+	

می‌تواند تاثیر آبیاری، تبخیر و تعرق خاک و گیاهان باشد، که زمان ارائه تحقیق نرم‌افزاری با قابلیت دقیق محاسبه و لحاظ آن طراحی نشده است. با این حال، نتایج به طور کلی دارای روند مشابه و یکسانی هستند و نشان از برتری دیوار زنده دارد.

شایان ذکر است جهت تدقیق بیشتر این گزاره، سن گیاهان، همگی زیر یک سال بودند و میزان تخلخل گیاهان بر اساس سن و رشد آنها محاسبه شده است. بدیهی است که با گذر زمان این میزان تغییر خواهد کرد. نتایج این تحقیق تنها بر اساس شرایط دمایی-رطوبتی کرمان به دست آمده است و نمی‌تواند بدون بررسی اقلیمی سایر شهرهای اقلیم گرم و خشک، تسری یابد.

با توجه به جدول ۱۱، در هر دو مورد بهترین عملکرد به صورت قابل ملاحظه‌ای متعلق به دیوار زنده است و بعد از آن به ترتیب دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار مرجع قرار دارند. بین دیوار مرجع و دیوار سبز غیرمستقیم و دیوار سبز غیرمستقیم با دیوار زنده، میانگین اختلاف دما در هر دو مورد تجربی و شبیه‌سازی ۲-۳ درجه است. اما میزان دماها متفاوت است که این شاید به دلیل عدم توانایی نرم‌افزار در پوشش کامل شرایط محیطی، ثابت فرض کردن برخی شرایط محیطی (به دلیل نبود شرایط و امکانات اندازه‌گیری) و h(ضریب جابه‌جایی هوا) متفاوت، خطاهای انسانی و... باشد. اما مهمترین دلیل در نتایج بهتر نمونه‌های آزمایش تجربی نسبت به خروجی‌های شبیه‌سازی،

## پی‌نوشت‌ها

### 1. Atrium

1. Emergyr انواع مختلف انرژی و منابع (مانند نور خورشید، آب، سوخت‌های فسیلی، معدن و غیره) محسوب می‌شود. به مقدار انرژی، که در تحولات مستقیم و غیر مستقیم برای تولید محصول یا خدمات مصرف می‌شود نیز گفته می‌شود.
2. Geotextile نوعی پارچه نفوذپذیر هستند که در هنگام استفاده با خاک، قابلیت جداسازی، فیلتر کردن، تقویت، حفاظت و زه‌کشی دارد.

### 3. Aptenia Cordifolia

### 4. Hedera Helix

## منابع

- Akbari, H. (2009). "Cooling our communities. A guidebook on tree planting and light-colored surfacing".
- Akbari, H., et al. (2001). "Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas." *Solar energy* 70(3): 295-310.
- Biederman, I. and E. A. Vessel (2006). "Perceptual pleasure and the brain: A novel theory explains why the brain craves information and seeks it through the senses." *American scientist* 94(3): 247-253.
- Boaf, F. E., et al. (2017). "Evaluating the impact of green roof evapotranspiration on annual building energy performance." *International Journal of Green Energy* 14(5): 479-489.
- Guan, X., et al. (2018). *Biophilic city, vertical city, forest city? Towards an Architectree*. IFLA 2018: Biophilic city, smart nation, and future resilience: Proceedings of the 55th International Federation of Landscape Architects World Congress 2018, International Federation of Landscape Architects.
- Guéguen, N. and J. Stefan (2016). "'Green Altruism' Short Immersion in Natural Green Environments and Helping Behavior." *Environment and behavior* 48(2): 324-342.
- Kılıç, M. and A. F. Altun (2018). Achieving Green Building Standards via Energy Efficiency Retrofit: A Case Study of an Industrial Facility. *Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions*, Elsevier: 55-69
- Kuo, F. E. (2001). "Coping with poverty: Impacts of environment and attention in the inner city." *Environment and behavior* 33(1): 5-34.

- Larsen, S. F., et al. (2015). "Modeling double skin green façades with traditional thermal simulation software." Solar energy **121**: 56-67.
- Lin, T.-P., et al. (2010). "Shading effect on long-term outdoor thermal comfort." Building and environment **45**(1): 213-221.
- Malys, L., et al. (2014). "A hydrothermal model to assess the impact of green walls on urban microclimate and building energy consumption." Building and environment **73**: 187-197.
- Orman, P. (2017). Understanding the Biophilia Hypothesis through a Comparative Analysis of Residential Typologies in Phoenix, São Paulo, and Tokyo, Arizona State University.
- Park, S.-H. and R. H. Mattson (2008). "Effects of flowering and foliage plants in hospital rooms on patients recovering from abdominal surgery." HortTechnology **18**(4): 563-568.
- Pérez-Lombard, L., et al. (2008). "A review on buildings energy consumption information." Energy and Buildings **40**(3): 394-398.
- Pérez, G., et al. (2014). "Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review." Renewable and sustainable energy reviews **39**: 139-165
- Perez, G., et al. (2011). "Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings." Applied energy **88**(12): 4854-4859
- Perini, K., et al. (2011). "Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope." Building and environment **46**(11): 2287-2294.
- Pulselli, R., et al. (2014). "Energy based evaluation of environmental performances of Living Wall and Grass Wall systems." Energy and Buildings **73**: 200-211.
- Riley, B. (2017). "The state of the art of living walls: Lessons learned." Building and environment **114**: 219-232.
- Salata, F., et al. (2015). "How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study." Energy and Buildings **99**: 32-49.
- Santamouris, M. and D. Kolokotsa (2013). "Passive cooling dissipation techniques for buildings and other structures: The state of the art." Energy and Buildings **57**: 74-94.
- Samia Saleh, J. B. K., Michael Sanchez (2017). "Analysis of Possible Energy Savings Impacts of Green Walls on Urban Dwellings in Bangladesh." American Journal of Engineering Research (AJER) **6**(7): 10.
- Soderlund, J. and P. Newman (2015). "Biophilic architecture: a review of the rationale and outcomes." AIMS Environmental Science **2**(4): 950-969.
- Theodosiou, T. G. (2003). "Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique." Energy and Buildings **35**(9): 909-917.
- Vera, S., et al. (2018). "A critical review of heat and mass transfer in vegetative roof models used in building energy and urban environment simulation tools." Applied energy.
- Wang, Z. and J. Zhao (2018). "Optimization of Passive Envelop Energy Efficient Measures for Office Buildings in Different Climate Regions of China Based on Modified Sensitivity Analysis." Sustainability **10**(4): 907.
- Webb, M., et al. (2018). "Simulation of a biomimetic façade using TRNSYS." Applied energy **213**: 670-694.
- Wong, N. H., et al. (2003). "Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment." Building and environment **38**(2): 261-270.
- Wong, N. H., et al. (2010). "Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls." Building and environment **45**(3): 663-672.
- Xing, Q., et al. (2019). "Experimental investigation on the thermal performance of a vertical greening system with green roof in wet and cold climates during winter." Energy and Buildings **183**: 105-117.
- Yang, F., et al. (2018). "Summertime thermal and energy performance of a double-skin green facade: A case study in Shanghai." Sustainable Cities and Society **39**: 43-51.
- Yuan, Y., et al. (2017). "Bionic building energy efficiency and bionic green architecture: a review." Renewable and sustainable energy reviews **74**: 771-787.

## Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman

Sara Mohammadi<sup>1</sup>, Behzad Vasigh<sup>2\*</sup>

1- Department of Architecture Jundi-Shapur University of Technology, Dezful Iran

2- Department of Architecture Jundi-Shapur University of Technology, Dezful Iran

### Abstract

Uncontrolled consumption of Energy and fossil fuels has led to the loss of resources and environmental pollution. Therefore being Consistent with natural conditions through architecture is essential. nature has always been a source of solutions for designers. The biophilic approach is a design approach based on belief in the effects of nature on the psyche and life. The green roof and surfaces, sky garden and green courtyards are design solutions based on this approach. The climate of Kerman is hot and dry and therefore it is necessary to consume a lot of energy. Depending on the vegetation features, green space can be used to assist in passive cooling and heating of the building. Increasing population growth requires energy supply and a lack of green space in Kerman has made the use of the green wall necessary. Here are three solutions, direct implementation of the plant on the facade, indirect vegetation and live wall. It is assumed that the biophilic approach can provide valid design options as a climatic solution to reduce energy loss. **The purpose** of this study is to investigate the effect of plant use on the vertical faces of buildings in hot-aridclimate of Kerman. In this study, the effect of green wall on reducing energy consumption and increasing thermal comfort is investigated. **The research method** in this paper is based on a combination of quasi-experimental and simulation methods. For this purpose, empirically made green wall samples with real scale have been investigated by temperature and humidity measuring instruments. The field results have been compared with the help of the software. According to comparison of the outputs of the software and the field data, the best temperature and humidity performance with substantial difference belongs to the the live wall, followed by the indirect green wall and the reference wall, respectively. Also the living wall provided the highest amount of moisture in the interior.

**Keywords:** hot and dry climate, Kerman, biophilic, living wall, simulation

---

\*Email: vasiq@jsu.ac.ir

## CONTENTS

<b>Explaining the Concept of Architecture Stylistics by Introducing a New Approach in Iran's Architecture Stylistics (Motivated by architectural conservation)</b>	30
Hadi Nadimi, Reza Abouie, Zeinab Moradi	
<b>Physical - Spatial typology of Safavid Religious tombs in Isfahan</b>	52
Azita Belali Oskuyi, Yahya Jamali	
<b>Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house)</b>	70
Zhaleh Hedayat, S.Zeinab Emadian Razavi, S.Mohammad hosein Ayatollahi	
<b>Design of temporary accommodation model after the Qom potential earthquake</b>	93
Zohair Motaki, Akbar Haj Ebrahim Zargar, AbdolMajid Khorshidian, Sayyed Masood Mirghasemi	
<b>Maidan: Understanding its Conceptual domain and the range of it's instances in Qajar period, Based on Historical Maps</b>	118
Mahnaz Najafi, Reza Shakouri	
<b>Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan</b>	139
Ali Dahar, Mansoureh Tahbaz, Mohsen Taban	
<b>Investigation of the Historical-physical classification of Haft-shoyeh Jame Mosque based on Comparative Studies</b>	174
Mehdi Razani, Yadolahe Haydari Babakamal	
<b>Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman</b>	197
Sara Mohammadi, Behzad Vasigh	
<b>Documentation of urban open spaces based on the principles of the Sofia Charter Case Study: Pamenar neighborhood open spaces in Kerman</b>	225
Sakineh Tajaddini, Mohsen Keshavarz, Mahboubeh Eslamizadeh, Mahdieh Ziaadini Dashtkhaki	
<b>Learning from the past; applying space syntax theory in Atrvash and Mohtasham houses in continuity of sense of place in contemporary houses</b>	250
Amin Habibi, Elham Fallahi, Sina Karmirad	
<b>Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities)</b>	267
Hassan Akbari, Fatemeh Sadat Hosseini Nezhad	
<b>Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House)</b>	291
Aida Zare Mohazzabieh, Shahin Heydari, Azadeh Shahcheraghi	

## INSTRUCTIONS TO CONTRIBUTORS



- Scientific-research articles published after peer review and approval of the editorial board. Other papers such as translation, compilation, book reviews and... will not be accepted.
- The paper can not be previously published in other journals or other publications or conferences ever to be sent for review and printing.
- The paper should preferably Persian. Although this publication is to be confirmed in writing to publish the English language.
- The paper should have an appropriate level of scientific and research methods and rules are formulated in writing to abide by and be smooth.
- The editorial board may accept or reject the article is accepted.
- In the first page, the author (s) full name, title and affiliation, subsidiary of the organization, address, email and phone number of author/authors should be given. Also, if the paper is based on a grant or a student thesis, it should be noted accordingly on the first page.
- The paper should include an abstract, introduction (including the problem statement, the importance and necessity, goal, history, questions or hypotheses, research methods, introduced variables and domain research), concepts and on theoretical grounds, the application of methods and techniques and analysis and conclusions (in line with the goals and hypotheses or questions and results of applying the techniques and methods), and references.
- Abstracts should be written in Persian and English and its review of the problem statement, goals, methodology, findings and conclusions and key words (4 to 6 words). This alone should be expressed in all the paper, especially the results. Persian abstract is about 350 words. Persian and English abstracts must be provided in a separate page and be numbered from No. 1 to the end.
- Papers typed on Bzar font. The main title font is 14 Black, the sub title font is 12 Black, text font is 14 and abstracts font will be typed size 12.
- The right margin of 3 cm, left margin of 2/5, up 3/5 and bottom 2/5 cm and distance between the lines to be single.
- Bibliographic information about papers, books, reports and other references will be made this way:
  - Book: Author(s). (year). book title, translator, publisher and location, publishing time.
  - Paper: Author(s). (year). full paper title, Journal's name, volume, number.
  - Thesis: Author. (year). full thesis title, supervisor name, university name.
- The sole responsibility for views and statements expressed in the paper remains with the author/authors.
- If a paper has several authors, one must be represented as the author corresponding.