دانشگاه یزد

معماری اقلیم گرم و خشک

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

دو فصلنامه علمی معماری اقلیم گرم و خشک
سال هفتم- شماره دهم- پاییز و زمستان ۱۳۹۸

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 ابوئی، زینب مرادی
- **گونه‌شناسی کالبدی- فضایی آرامگاه‌های مذهبی صفوی اصفهان؛**
  آزیتا 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 آیت اللهی
- **طراحی الگوی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی در شهر قم؛**
  زهیر متکی، اکبر حاج ابراهیم زرگر، عبدالمجید خورشیدیان، سیّدمسعود میرقاسمی
- **تبیین دامنهٔ مفهوم «میدان» و طیف مصادیق آن در دورهٔ قاجاریه، مبتنی بر نقشه‌های تاریخی؛**
  مهنام 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 ـ کالبدی مسجد جامع هفتشویه از منظر مطالعات تطبیقی؛**
  مهدی رازانی، یدالله حیدری باباکمال
- **ارزیابی رویکرد بایوفیلیک در کاهش مصرف انرژی خانه های مسکونی شهر کرمان؛**
  سارا محمدی، بهزاد وثیق
- **مستندنگاری فضاهای باز شهری براساس اصول منشور صوفیه نمونه موردی: فضای باز محله پامنار کرمان؛**
  سکینه تاج الدینی، محسن کشاورز، محبوبه اسلامی زاده، مهدیه ضیاءالدینی دشتخاکی
- **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
- **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 مهذبیه، 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: Pamenar 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)

بسم الله الرحمن الرحيم

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 مسؤلیت 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 قبلا در نشریه دیگری به چاپ رسیده و یا بطور همزمان به سایر نشریات و یا سمینارها برای بررسی و چاپ ارائه شده باشد.
- نوشتارها ترجیحا 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 حداکثر ۳۰۰ کلمه باشد) و واژه‌های کلیدی باشد. واژه‌های کلیدی مربوط به متن و عنوان مقاله بلافاصله بعد از چکیده و بین ۳ تا ٦ 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 صرفا منابعی که در متن مورد استناد قرارگرفته‌اند، 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 شهابی‌نژاد
ناشر: دانشگاه یزد
هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

۱. دکتر سیّدمحمّدحسین آیت اللهی	دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد
۲. دکتر رضا ابوئی	دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد
۳. دکتر شاهین حیدری	استاد دانشکده هنر و معماری- دانشگاه تهران
٤. دکتر محمّدحسین سرائی	دانشیار گروه جغرافیا- دانشگاه یزد
٥. دکتر علی غفاری	استاد گروه شهرسازی- دانشگاه شهیدبهشتی تهران
٦. دکتر هادی ندیمی	استاد گروه معماری- دانشگاه شهیدبهشتی تهران
۷. دکتر محمدرضا نقصان محمدی	دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد
۸. دکتر سیدعباس یزدانفر	دانشیار- دانشگاه علم و صنعت ایران

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: ۰۳۵۳۶۲۲۲۹۸۵
پست الکترونیک: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) پایگاه مجلات تخصصی نور (noormags.ir)، ISC و Google scholar نمایه می‌شود.

OPEN ACCESS

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 ذاکرعاملی، 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 مهندسین مشاور عمارت خورشید

دکتر لیلا موسوی، دانشگاه شهید بهشتی

دکتر مسعود نبی میبدی، دانشگاه یزد

دکتر محمدرضا نقصان محمدی، دانشگاه یزد

فهرست **شماره صفحه**

تبیین مفهوم سبک‌شناسی معماری با معرفی رویکرد جدید در سبک‌شناسی معماری ایران (با انگیزه حفاظت معماری) ۱

هادی ندیمی، رضا ابوئی، زینب مرادی

گونه‌شناسی کالبدی- فضایی آرامگاه‌های مذهبی صفوی اصفهان ۳۱

آزیتا 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) ۵۳

ژاله هدایت، سیده زینب عمادیان رضوی، سید محمدحسین آیت اللهی

طراحی الگوی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی در شهر قم ۷۱

زهیر متکی، اکبر حاج‌ابراهیم‌زرگر، عبدالمجید خورشیدیان، سیّدمسعود میرقاسمی

تبیین دامنهٔ مفهوم «میدان» و طیف مصادیق آن در دورهٔ قاجاریه، مبتنی بر نقشه‌های تاریخی ۹۵

مهنام نجفی، رضا شکوری

بررسی اثر خوون‌چینی بر انتقال حرارت از نمای جنوبی در تابستان، در اقلیم بسیار گرم و نیمه خشک خوزستان ۱۱۹

علی دهار، منصوره طاهباز، محسن تابان

بررسی دوره‌بندی تاریخی ـ کالبدی مسجد جامع هفتشویه از منظر مطالعات تطبیقی ۱۴۱

مهدی رازانی، یدالله حیدری باباکمال

ارزیابی رویکرد بایوفیلیک در کاهش مصرف انرژی خانه‌های مسکونی شهر کرمان ۱۷۵

سارا محمدی، بهزاد وثیق

مستندنگاری فضاهای باز شهری براساس اصول منشور صوفیه نمونه موردی: فضای باز محله پامنار کرمان ۱۹۹

سکینه تاج الدینی، محسن کشاورز، محبوبه اسلامی زاده، مهدیه ضیاءالدینی دشتخاکی

آموختن از گذشته، کاربست نحو فضای خانه عطروش و محتشم شیراز در تداوم حس تعلق مکان ویلاهای معاصر ۲۲۷

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) ۲۵۱

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) ۲۶۹

آیدا زارع مهذبیه، شاهین حیدری، آزاده شاهچراغی

نشریه معماری اقلیم گرم و خشک
سال هفتم، شماره دهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸

بهینه‌سازی جهت استقرار ساختمان در بهره‌مندی از تابش خورشیدی در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد)

حسن اکبری[1*]، فاطمه سادات حسینی نژاد[2]

۱- استادیار معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰٤/۱۹، تاریخ پذیرش نهائی: ۱۳۹۸/۰۸/۲۳)

چکیده

با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و اقلیم گرم و خشک فلات مرکزی ایران، طراحی و ساخت بناها و فضاهای شهری همساز با اقلیم در این مناطق، نیازمند کسب حداقل انرژی خورشید در ماه‌های گرم از طریق جهت‌گیری مناسب، کاهش سطوح در معرض تابش و ایجاد حداکثر سایه‌اندازی بر روی سطوح خارجی است. هدف این پژوهش، تعیین جهت‌های بهینه استقرار ساختمان‌ها در اقلیم گرم و خشک منطقه، از طریق بررسی میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم ساختمان‌ها در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد است. ابتدا با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، میزان انرژی تابشی دریافتی به‌صورت نظری و واقعی محاسبه گردید. سپس بر اساس حداقل دمای پایه آسایش حرارتی، میزان انرژی دریافتی سطوح قائم به تفکیک دوره‌های سرد و گرم سال در ۲۴ جهت مختلف جغرافیایی محاسبه و پردازش گردید. در نهایت بر اساس حداقل انرژی دریافتی در دوره گرم سال، جهت مناسب استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک، دو و چهارطرفه در شهرهای مورد مطالعه تعیین گردیده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک‌طرفه در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد جهت ۱۸۰ درجه جنوب و بعد از آن جهت ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی است. هم‌چنین بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های دوطرفه در شهرهای مورد مطالعه، جهات (۰، ۱۸۰) درجه و برای ساختمان‌های چهارطرفه جهات (۹۰-، ۰، ۹۰، ۱۸۰) درجه است.

کلید واژه‌ها: اقلیم گرم و خشک، جهت‌گیری ساختمان، سطوح قائم، انرژی خورشیدی، قانون کسینوس

*- نویسنده مسئول: Email: h.akbari.arc@gmail.com

پرسش‌های پژوهش

زاویه بهینه استقرار سطوح قائم ساختمان‌ها بر اساس دریافت مستقیم تابش خورشید در شهرهای اقلیم گرم و خشک ایران (اصفهان، سمنان، کرمان و یزد) چگونه است؟

۱- مقدمه

طراحی ساختمان‌های همساز با اقلیم و بهره‌مند از انرژی‌های تجدیدپذیر ازجمله انرژی خورشیدی می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد. فرم و پوسته خارجی ساختمان مهمترین پارامترهای موثر بر اقلیم داخلی ساختمان بوده (Hemsath & Bandhosseini Alagheband, 2015; Oral & Yilmaz, 2003) و اندازه و جهت استقرار پوسته خارجی بر عملکرد حرارتی ساختمان تاثیر مستقیم دارند. به منظور دست‌یابی به شکل و فرم پایدار ساختمان از نظر انرژی، لازم است پوسته‌های خارجی ساختمان طوری طراحی و جهت‌گیری شوند که در مواقع سرد سال حداکثر انرژی تابشی خورشید و در مواقع گرم کمترین انرژی خورشیدی را دریافت نمایند. با توجه به اقلیم گرم و خشک شهرهای فلات مرکزی ایران، تامین آسایش حرارتی فضاهای داخلی و بیرونی، نیازمند کنترل و به حداقل رساندن دریافت تابش خورشیدی در ماه‌های گرم از طریق افزایش مقاومت و ظرفیت حرارتی مصالح، جهت‌گیری مناسب، افزایش سایه‌اندازی و بازتاب سطوح خارجی است. این تحقیق درصدد است تا با بررسی میزان تابش مستقیم دریافتی سطوح قائم ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های محاسباتی قانون کسینوس، جهات مناسب استقرار ساختمان‌ها را بر اساس دریافت بهینه تابش در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد تعیین نموده و امکان برنامه‌ریزی مناسب و مدیریت مصرف و تامین انرژی ساختمان را از طریق کنترل مقادیر دریافت و جذب تابش بر اساس مواقع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی فراهم سازد. لذا انجام این تحقیق و تعیین جهت‌گیری بهینه سطوح قائم ساختمان در شهرهای مورد مطالعه به منظور بهره‌مندی بهینه از انرژی خورشید و سازگاری با اقلیم منطقه ضروری است.

۲- پیشینه تحقیق

در رابطه با تاثیر زاویه و جهت استقرار سطوح خارجی ساختمان بر میزان انرژی دریافتی خورشید و تعیین راستای بهینه استقرار بنا به‌عنوان یکی از مهمترین ملاحظات اولیه طراحی فضاهای معماری و شهری همساز با اقلیم مطالعات اندکی صورت گرفته است. بیشتر مطالعات انجام شده در این خصوص در زمینه تاثیر جهت‌گیری ساختمان بر بهینه‌سازی مصرف انرژی‌های گرمایشی، سرمایشی و روشنایی، تامین آسایش حرارتی، تهویه طبیعی و روشنایی طبیعی صورت گرفته است. جهت استقرار یک ساختمان برای کارآمدی انرژی کلی آن اهمیت دارد. یک ساختمان با جهت‌گیری مناسب استقرار می‌تواند ضمن کاهش بارهای گرمایشی و سرمایشی موجب صرفه‌جویی بالا در هزینه‌ها شود. پیش از هر ساخت و ساز، لازم است تصمیم مهمی در تعیین محل ساختمان و جهت استقرار آن اتخاذ

شود. این امر می‌تواند ساختمان را در مناسب‌ترین راستای خود قرار داده و برای ساکنان نیز بهترین شرایط آسایش محیطی (به لحاظ معماری ساختمان) را فراهم کند (Akande, 2010). روش پایدار برای سرمایش یک ساختمان، از طریق به حداقل رساندن دریافت تابش، جهت‌گیری مناسب ساختمان، چیدمان مناسب نسبت به ساختمان‌های مجاور و استفاده مناسب از سایه امکان‌پذیر است. جهت استقرار در تعیین میزان نفوذ و دریافت تابش و در نتیجه افزایش گرما و تهویه ساختمان موثر بوده و راهبردهای سایه‌اندازی موجب صرفه‌جویی ۱۰-۲۰ درصد مصرف انرژی سرمایشی ساختمان می‌شود (Sharma, 2016: 139). طبق نظر گیوونی، مهمترین ملاحظات موثر بر جهت‌گیری ساختمان در آب و هوای گرم و خشک، به حداقل رساندن تأثیر تابش خورشیدی بر ساختمان در تابستان است، علی‌رغم اهمیت تهویه، این عامل به عنوان عامل ثانویه بعد از جهت استقرار در نظر گرفته می‌شود (Givoni, 1994). ویکتور اولگی با استفاده از روش‌های محاسباتی، نمودارهایی را به صورت نقاله‌ای ارائه کرده است که به وسیله آنها می‌توان مقدار انرژی خورشیدی مستقیم، پراکنش یافته و منعکس شده بر روی سطوح خارجی یک ساختمان را در عرض‌های مختلف جغرافیایی برآورد کرد، این نمودار به نقاله محاسبه انرژی خورشیدی اولگی معروف است (کسمایی، ۱۳۸۲: ۳۱-۲۹). در بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی در شهر شیراز نتایج نشان داد که خانه‌های با جهت‌گیری اقلیمی جنوب‌شرقی و شمال‌غربی از نظر میزان دریافت انرژی و مصرف در شرایط مناسب هستند (برزگر و حیدری، ۱۳۹۲: ۵۲؛ Barzegar et al., 2012: 112). جهت‌گیری بهینه بر اساس تابش آفتاب در شهر سبزوار در ساختمان‌های مسکونی یک‌طرفه، جهت ۱۶۵ و ۱۵۰ درجه جنوب‌شرقی و در ساختمان‌های دوطرفه جهات (۱۶۵، ۱۵-) درجه تعیین شده است (حسین‌آبادی و همکارن، ۱۳۹۱: ۱۰۳). جهات مناسب استقرار ساختمان‌ها بر اساس تابش آفتاب و باد در شهر گرگان، محدوده جنوب تا جنوب‌غربی است (مدیری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴۱). جهت‌گیری بهینه ساختمان‌ها بر اساس تابش خورشید در شهر شیراز، جهات جنوب و ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی و غربی تعیین شده است (کرمی‌کرد علیوند و نارنگی‌فرد، ۱۳۹۶: ۱۱۷). در طراحی اقلیمی و تعیین جهت‌گیری بهینهٔ ساختمان‌ها و خیابان‌ها در رابطه با تابش در شهر مشهد، نتایج نشان داد مناسب‌ترین جهت برای استقرار نماهای اصلی ساختمان‌ها، جهت ۱۳۵ درجه جنوب‌شرقی و مطلوب‌ترین کشیدگی خیابان‌ها و معابر نیز زاویه ازیموت ۲۲۵-۴۵ درجه است (بهزادیان‌مهر و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۱۱). در بهینه‌سازی جهت‌گیری استقرار ساختمان در شهر کاشان بر اساس شرایط اقلیمی نتایج نشان داد که جهت مناسب برای ساختمان‌های یک‌طرفه جهت ۱۸۰ درجه جنوب است. جهت مناسب برای ساختمان‌های دوطرفه مربوط به جهت شمال-جنوب و برای ساختمان‌های چهارطرفه، جهت (۱۵۰، ۳۰-) درجه است (کربلائی‌درئی و حجازی‌زاده، ۱۳۹۶: ۱۰۲). در بررسی نقش جهت‌گیری کالبد فضاهای شهری در میزان

آسایش اقلیمی شهروندان بندرعباس نتایج نشان داد که بر اساس عامل آفتاب‌گیری و باد، جهت شمالی-جنوبی مناسب‌ترین و جهت شرقی-غربی نامطلوب‌ترین جهت‌گیری برای فضاهای باز شهری از نظر اقلیمی است (خیرآبادی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۷). در طراحی اقلیمی و جهت‌یابی بهینه مساکن شهر قائم‌شهر ضمن مطالعه جهت‌یابی استقرار در شهرک‌های نساجی، کوچک‌سرا، فرهنگ و نیکان، نتایج نشان داد، بهترین جهت احداث بنا با توجه به میزان تابش دریافتی، ۵ درجه انحراف از سمت جنوب به سمت شرق یا غرب است (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۳). در طراحی مجموعه همساز با اقلیم در شهر خرمشهر، جهات مناسب برای ساختمان‌های یک‌طرفه، جهت ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی و برای ساختمان‌های دوطرفه جهت جنوب تعیین شده است (افشاری و تقوایی، ۱۳۹۲: ۸۷).

در نتیجه حرکت وضعی و انتقالی زمین و زاویه مدار میل، زاویه تابش و سمت خورشید در هر عرض جغرافیایی و در ساعات مختلف روز با یکدیگر متفاوت بوده و به طبع آن شدت انرژی تابیده شده به سطوح واقع در زمین در ساعات مختلف روز نیز متفاوت است. بنابراین مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به سطوح خارجی ساختمان با توجه به زاویه و جهات استقرار آنها در طول روز، ماه و فصل‌های مختلف سال تغییر می‌کند. تابش خورشید که به اتمسفر بیرونی می‌رسد، پیش از رسیدن به سطح زمین، در معرض جذب، انعکاس و فرآیند عبور از اتمسفر قرار می‌گیرد (Gueymard, 2000). در حال حاضر در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور تنها داده‌های مربوط به مقدار تابش جهانی (Golbal Radiation) اندازه‌گیری شده و گزارش می‌گردد. مجموع تابش خورشیدی مستقیم و پراکنده دریافت شده از زاویه فضایی 2π استرادیان بر روی یک سطح افقی، تابش جهانی نامیده می‌شود. مقدار دقیق تابش جهانی با نصب دستگاه پیرانومتر به‌صورت کاملا افقی و رو به آسمان در ایستگاه‌های تابش‌سنجی و خودکار هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود. طبق دستورالعمل سازمان هواشناسی جهانی در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی تنها تابش کلی بر روی سطوح افقی اندازه‌گیری و به‌صورت میانگین ماهیانه ارائه می‌گردد، توزیع تابش بر روی سطح افقی و تابش کلی ساعتی بر روی سطوح زاویه‌دار و قائم تقریبا برای تمامی نقاط جهان در دسترس نیست. لذا لازم است تابش کلی ساعتی بر روی سطوح زاویه‌دار و عمودی با استفاده از مدل‌های نظری برای عرض‌های مختلف جغرافیایی برآورد گردد(Mondol et al., 2008). یکی از نخستین و پرکاربردترین مدل‌های خطی برآورد میزان تابش خورشید روی سطح افقی بر اساس ساعات آفتابی، مدل انگستروم (Angstrom, 1924)، مدل اصلاح شده انگستروم-پرسکات (Prescott, 1940) و مدل دافی و بکمن (Duffie & Beckman, 2006) است. همچنین بسیاری از محققین جهت افزایش دقت مدل، مقادیر تابش روزانه مستقیم و پراکنده خورشید بر روی سطح افقی را در کشورهای مختلف دنیا با استفاده از پارامترهایی هم‌چون ضریب ابرناکی و زاویه زنیت خورشید (Paltridge & Proctor, 1976)، ساعات

آفتابی، دمای ماکزیمم و رطوبت‌نسبی(Sabbagh et al., 1977)، نسبت آفتاب‌گیری، عرض جغرافیایی، رطوبت‌نسبی و دما (Neuwirth, 1980)، زاویه ارتفاع خورشید و ضریب آفتاب‌گیری (Coppolino, 1990)، ارتفاع از سطح دریا (Samimi, 1994)، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، ساعات آفتابی و میانگین دما(Sozen et al., 2004)، ساعات آفتابی، بارش، دمای نقطه شبنم، رطوبت‌نسبی، دما و فشار هوا(Bakirci, 2009; Maghrabi, 2009; Wu et al., 2007) برآورد نموده‌اند. براساس تحقیقات انجام شده، مهمترین پارامتری که در بیشتر معادلات تجربی برآورد تابش خورشیدی از آن استفاده می‌شود، ساعات آفتابی است. ساعات آفتابی تنها پدیده بلندمدتی است که اطلاعات اندازه‌گیری شده آن دقیق و قابل اعتماد و قابل استفاده برای برآورد دقیق تابش خورشیدی روی سطح زمین است. در این تحقیق جهت محاسبه میزان انرژی تابشی مستقیم سطوح قائم از روش محاسباتی قانون کسینوس استفاده شده است. مهمترین پارامترها جهت محاسبه میزان انرژی تابشی مستقیم بر اساس مدل محاسباتی قانون کسینوس شامل عرض جغرافیایی، زاویه آزیموت، زاویه ارتفاع خورشید، زاویه زنیت (θz)، زاویه ساعتی، زاویه انحراف (مدار میل)، زاویه جهت سطوح قائم، طول روز (طلوع و غروب آفتاب)، ثابت خورشیدی، ضریب خاموشی جو و ساعات آفتابی است. بیشتر پارامترهای مورد استفاده در این مدل ازجمله عرض جغرافیایی، زاویه آزیموت، زاویه تابش، زاویه ساعتی، زاویه انحراف (مدار میل)، طول روز، ثابت خورشیدی و ساعات آفتابی در هر یک از شهرهای مورد مطالعه در طولانی مدت ثابت و پایدار هستند.

۳- روش تحقیق

به منظور تعیین بهترین جهت برای استقرار ساختمان و تعیین اولویت‌های استقرار و جهت‌گیری به لحاظ دریافت تابش آفتاب، ابتدا زاویه ساعتی، زاویه مدار میل، طول روز، زاویه آزیموت و زاویه ارتفاع خورشید در ساعات مختلف روز با استفاده از روابط ۴ تا ۸ در شهرهای مورد مطالعه محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، میزان انرژی تابیده شده (به‌صورت نظری و واقعی) در هر ساعت از روز بر روی دیوارهای قائم و در ۲۴ جهت مختلف جغرافیایی محاسبه و بر اساس تغییرات دمای ساعتی و حداقل دمای پایه آسایش حرارتی به تفکیک انرژی دوره سرد و گرم سال پردازش گردید. در نهایت بر اساس کمترین درصد دریافت تابش در دوره گرم سال و یا بیشترین مقدار اختلاف انرژی دریافتی بین دوره سرد و گرم سال، مناسب‌ترین جهات استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک، دو و چهارطرفه تعیین گردید.

۳-۱- روش محاسبه انرژی تابشی

اندازه و شدت پرتو و یا موج رسیده به یک سطح برابر است با حاصل‌ضرب اندازه و شدت پرتو در حالت عمود بر سطح در کسینوس زاویه بین جهت نرمال (خط عمود بر سطح) و امتداد پرتو تابیده

شده، این رابطه به قانون کسینوس معروف است. میزان تابش مستقیم خورشیدی رسیده به یک سطح در روی سطح زمین بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد(Watson & Labs, 1983).

$I_S=I_N\times\cos\theta$ (۱)

در رابطه (۱)، I_S شدت تابش بر روی سطح بر حسب (BTU/H/FT2)، I_N شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتو خورشید بر حسب (BTU/H/FT2) و θ (زاویه زنیت)، زاویه میان شعاع خورشید و خط عمود بر سطح است. در رابطه بالا مقدار I_N از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد (کسمایی، ۱۳۸۲؛ Ashrae, 1995).

$I_{DN}=I^\circ \exp(-\alpha /\sinh)$ (۲)

در رابطه (۲)، I_{DN} حرارت حاصل از تابش مستقیم و عمودی آفتاب بر حسب (BTU/H/FT2)، I° ثابت خورشیدی (مقدار تابش خورشید در خارج از اتمسفر بر روی یک صفحه عمود بر شعاع خورشید و برابر با ۱۳۶۷W/m2)، α ضریب خاموشی جو (Ashrae, 1995) و h زاویه تابش خورشید بر حسب درجه است. همچنین θ زاویه تلاقی میان خورشید و خط عمود بر یک سطح عمودی (دیوار) می‌باشد که به وسیله معادله کسینوس کروی تعیین می‌گردد (Watson & Labs, 1983).

$\cos\theta=\cosh\cos(Z-N)$ (۳)

در رابطه (۳)، h زاویه تابش، Z زاویه جهت تابش و N زاویه جهت دیوار که در مسیر عقربه‌های ساعت از طرف شمال و بر حسب درجه اندازه‌گیری می‌شود.

جهت تعیین زاویه سمت و زاویه تابش خورشید در هر ساعت از روز در روابط ۲ و ۳، ابتدا لازم است زاویه ساعتی، زاویه انحراف (مدار میل) و طول روز محاسبه گردد. مبدا اندازه‌گیری زاویه ساعتی ظهر خورشیدی است. اندازه این زاویه از ۱۸۰+ تا ۱۸۰- متغیر است. مقدار زاویه ساعتی در نیمکره شمالی در قبل از ظهر مثبت و در بعد از ظهر منفی است. با توجه به اینکه در یک ۲۴ ساعت زمین یک مرتبه به دور خود دوران می‌کند لذا در هر ساعت یک زاویه، ۱۵ درجه طول جغرافیایی را طی می‌کند. بنابراین زاویه ساعتی از طریق فرمول زیر بدست می‌آید.

$\omega=15\times(12-T)$ (۴)

در رابطه (۴)، T برابر ساعت مورد نظر است.

مدار میل خورشید، زاویه انحراف بین تابش خورشید با صفحه استوا است و مقدار آن بین ۲۳/۴۵+ و ۲۳/۴۵- درجه تغییر می‌کند و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد(Cooper, 1969).

$\delta=23.45\times\sin[360((364+n)/365)]$ (۵)

در رابطه (۵)، n برابر تعداد روزهای سال از اول سال شمسی است.

طول روز، فاصله زمانی بین طلوع و غروب خورشید است. طول روز نسبت به ظهر خورشیدی قرینه بوده و زمین در هر ساعت ۱۵ درجه حول محور خود حرکت می‌کند. طول روز از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$Td=2/15\arccos(-\tan\delta\times\tan\varnothing)$ (۶)

در رابطه (۶)، δ زاویه انحراف زمین (مدار میل) و Ø عرض جغرافیایی به درجه است.

زاویه ارتفاع خورشید، زاویه بین شعاع تابش خورشید با تصویر آن روی صفحه افق بوده و مقدار آن از صفر تا ۹۰ درجه تغییر می‌کند. این زاویه بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Sinh=(cosØ\times cos\delta\times cos\omega)+(sinØ\times sin\delta) \quad (۷)$$

در رابطه (۷)، δ زاویه انحراف (مدار میل)، Ø عرض جغرافیایی به درجه و ω زاویه ساعتی نسبت به ظهر است.

زاویه سمت یا آزیموت خورشید، زاویه بین تصویر شعاع تابش خورشید بر صفحه افق با راستای شمال بوده و مقدار آن از ۱۸۰+ تا ۱۸۰- درجه تغییر می‌کند. این زاویه از سمت جنوب به سمت شرق، مثبت و به سمت غرب، منفی است. زاویه سمت بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$SinZ=(cos\delta\times sinØ)/cosh \quad (۸)$$

در رابطه (۸)، δ زاویه انحراف (مدار میل)، Ø عرض جغرافیایی و h زاویه ارتفاع تابش به درجه است.

۲-۳- محدوده مورد مطالعه

بر اساس تقسیمات اقلیمی ایران، شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان در منطقه اقلیمی گرم و خشک نیمه بیابانی و شهر یزد گرم و خشک بیابانی با علامت اختصاری «BSks» قرار دارد (گنجی، ۱۳۳۳: ۳۷-۳۹). این شهرها دارای اقلیمی گرم و خشک، با زمستان‌های سخت و سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. از ویژگی‌های آب و هوایی این مناطق، اختلاف زیاد درجه حرارت هوای تابستان و زمستان، هم‌چنین اختلاف زیاد درجه حرارت هوای شب و روز در تابستان است. رطوبت کم و نبودن ابر در آسمان باعث نوسانات و اختلافات زیاد درجه حرارت شبانه‌روزی (حدود ۲۰ درجه) در تابستان می‌شود.

جدول۱- ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی شهرهای مورد مطالعه (ماخذ: منبع: irimo.ir).

	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	دمای سالیانه (درجه)			متوسط رطوبت نسبی (درصد)	دوره آماری
				بیشینه	کمینه	میانگین		
اصفهان	°۳۲ ۳۷′ N	°۵۱ ۴۰′ E	۱۵۵۰	۲۴/۸	۶/۵	۱۶/۱	۳۲/۷	۲۰۱۸-۲۰۰۸
سمنان	°۳۵ ۳۵′ N	°۵۳ ۳۳′ E	۱۱۳۰	۲۴/۶	۱۳/۱	۱۹	۳۴/۸	۲۰۱۸-۲۰۰۸
کرمان	°۳۰ ۱۵′ N	°۵۶ ۵۸′ E	۱۷۵۳	۲۶	۷/۶	۱۷/۵	۲۷/۲	۲۰۱۸-۲۰۰۸
یزد	°۳۱ ۵۴′ N	°۵۴ ۱۷′ E	۱۲۳۷	۲۷/۸	۱۳/۷	۲۰/۹	۲۴/۳	۲۰۱۸-۲۰۰۸

با استفاده از تغییرات دمای ساعتی ماهیانه (جدول ۲) و دمای پایه جهت محاسبه روز- درجه گرمایش و روز- درجه سرمایش، مواقع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی مشخص می‌گردد. دمای پایه جهت محاسبه روز- درجه سرمایش، ۲۱ درجه و برای روز- درجه گرمایش، ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (مقررات ملی ساختمان ایران- مبحث ۱۹، ۱۳۸۸). با توجه به حداقل دمای پایه آسایش حرارتی، دمای ساعتی روزانه هوای شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد به ترتیب در ۵۳، ۴۴،

۴۹ و ۴۵ درصد از مواقع سال در دوره سرد (مواقع نیاز به دریافت تابش) و در ۴۷، ۵۶، ۵۱ و ۵۵ درصد از مواقع سال در دوره گرم (مواقع نیاز به سایه و عدم دریافت تابش) قرار دارد.

جدول ۲- دمای دو ساعته شهرهای مورد مطالعه (ماخذ:energyplus.net; www.reports.irimo.ir)

	ساعت	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
اصفهان	۶	-۲/۶	۱	۴/۴	۱۰/۳	۱۵/۴	۲۰/۶	۲۲/۷	۲۰/۶	۱۵	۱۰/۱	۳/۷	۰/۵
	۸	-۰/۵	۳/۶	۸/۵	۱۴	۱۹/۴	۲۴/۷	۲۶/۹	۲۵/۱	۲۰/۶	۱۴/۷	۷/۴	۳
	۱۰	۳	۶/۷	۱۱/۹	۱۷/۲	۲۲/۶	۲۸	۳۰/۶	۲۹/۳	۲۵/۴	۱۹/۴	۱۱/۵	۶/۱
	۱۲	۶/۳	۹/۱	۱۴/۴	۱۹/۴	۲۴/۷	۳۰/۵	۳۳/۵	۳۲/۷	۲۸/۸	۲۲/۹	۱۴/۸	۸/۷
	۱۴	۸/۴	۱۰/۴	۱۵/۹	۲۰/۲	۲۵/۲	۳۲/۴	۳۵/۴	۳۴/۸	۲۹/۹	۲۴/۳	۱۶/۶	۹/۹
	۱۶	۷/۵	۱۰	۱۵/۵	۱۹/۴	۲۴/۷	۳۲/۷	۳۵/۶	۳۵/۱	۲۸/۸	۲۳/۶	۱۵	۸/۷
	۱۸	۵/۵	۸/۸	۱۴	۱۷/۶	۲۳/۵	۳۱/۴	۳۴/۳	۳۳/۸	۲۶/۷	۲۱/۸	۱۲/۷	۶/۸
سمنان	۶	۰/۱	۱/۶	۷/۸	۱۴/۷	۲۰/۹	۲۶	۲۸/۶	۲۶/۹	۲۲/۶	۱۵/۵	۸/۱	۲/۵
	۸	۲/۲	۴/۸	۱۰/۷	۱۷/۸	۲۳/۹	۲۹/۳	۳۱/۸	۳۰/۲	۲۶/۲	۱۸/۹	۱۱/۷	۴/۷
	۱۰	۴/۸	۷/۳	۱۳/۲	۲۰/۴	۲۶/۴	۳۲	۳۴/۷	۳۳/۱	۲۹/۱	۲۱/۹	۱۴/۴	۷/۴
	۱۲	۶/۴	۹	۱۴/۹	۲۲	۲۸/۱	۳۳/۷	۳۶/۶	۳۵/۱	۳۰/۹	۲۳/۷	۱۵/۹	۸/۹
	۱۴	۶/۷	۹/۵	۱۵/۶	۲۲/۴	۲۸/۶	۳۴/۴	۳۷/۳	۳۵/۹	۳۱/۲	۲۴	۱۵/۷	۹
	۱۶	۵/۳	۸/۲	۱۴/۷	۲۱/۵	۲۷/۸	۳۳/۶	۳۶/۷	۳۵/۱	۲۹/۷	۲۲/۲	۱۳/۷	۷/۴
	۱۸	۴/۶	۶/۹	۱۳/۱	۱۹/۷	۲۵/۷	۳۱/۴	۳۴/۵	۳۲/۹	۲۷/۷	۲۰/۸	۱۲/۹	۶/۷
کرمان	۶	-۲/۹	۰	۷/۱	۱۱/۶	۱۸/۶	۲۳/۶	۲۴/۴	۲۰/۷	۱۶/۹	۱۱/۳	۳/۱	-۱/۴
	۸	۳/۱	۵/۶	۱۲/۱	۱۶/۴	۲۳/۲	۲۸/۲	۲۸/۹	۲۶/۵	۲۲/۵	۱۸	۹/۶	۵/۶
	۱۰	۸/۳	۱۰/۳	۱۵/۶	۲۰/۳	۲۶/۷	۳۱/۷	۳۲/۷	۳۱/۴	۲۷/۵	۲۳	۱۵/۵	۱۱
	۱۲	۱۱	۱۳/۱	۱۷/۷	۲۲/۹	۲۹/۴	۳۳/۷	۳۵/۲	۳۴/۲	۳۰/۵	۲۵/۶	۱۸/۷	۱۳/۴
	۱۴	۱۰/۹	۱۳/۷	۱۸/۱	۲۳/۷	۳۰	۳۴/۲	۳۵/۸	۳۴/۸	۳۱/۲	۲۵/۳	۱۸/۷	۱۳
	۱۶	۷/۸	۱۱/۲	۱۶/۲	۲۲/۱	۲۸/۳	۳۲/۸	۳۴/۶	۳۳/۱	۲۸/۶	۲۱/۶	۱۴/۷	۹/۳
	۱۸	۶/۲	۹/۲	۱۳/۷	۱۹/۵	۲۵/۴	۲۹/۶	۳۱/۴	۳۰	۲۵/۵	۱۹/۴	۱۲/۷	۷/۷
یزد	۶	-۰/۲	۱/۲	۵/۸	۱۴/۱	۱۹/۷	۲۴/۴	۲۶/۱	۲۲/۸	۱۶/۲	۱۲/۴	۶/۴	۱/۷
	۸	۲/۶	۴/۳	۱۱	۱۸/۷	۲۴/۳	۲۸/۵	۳۱/۳	۲۸/۵	۲۳/۶	۱۸	۱۰/۳	۵/۴
	۱۰	۶/۴	۸/۶	۱۵/۲	۲۲/۳	۲۷/۸	۳۲	۳۴/۸	۳۳/۲	۲۸/۹	۲۲/۶	۱۴	۹/۶
	۱۲	۹/۶	۱۲/۴	۱۷/۹	۲۴/۶	۳۰/۳	۳۴/۷	۳۷	۳۶/۵	۳۲/۲	۲۵/۶	۱۶/۹	۱۲/۸
	۱۴	۱۱	۱۴/۶	۱۸/۸	۲۵/۴	۳۱/۶	۳۶/۵	۳۸/۵	۳۷/۶	۳۳/۴	۲۷	۱۸/۹	۱۳/۹
	۱۶	۱۰	۱۳/۶	۱۸/۲	۲۴/۹	۳۱/۵	۳۷/۱	۳۸/۲	۳۷/۵	۳۲/۵	۲۶/۱	۱۷/۴	۱۲/۴
	۱۸	۷/۹	۱۱/۱	۱۶/۵	۲۳/۵	۳۰/۱	۳۶/۲	۳۶/۵	۳۵/۹	۳۰	۲۳/۸	۱۴/۷	۱۰

٤- نتایج و یافته‌ها

با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، ابتدا میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم به‌صورت تئوریک در هر ساعت از روز و در ۲۴ جهت جغرافیایی برای شهرهای مورد مطالعه محاسبه گردیده، سپس از حاصل‌ضرب انرژی دریافتی نظری در متوسط درصد ساعات آفتابی ماه‌های مختلف، میزان انرژی مستقیم دریافتی بر روی

دیوار قائم به‌صورت واقعی به دست می‌آید. در نهایت بر اساس حداقل دمای آسایش حرارتی، میزان انرژی دریافتی بر اساس دوره‌های گرم و سرد محاسبه گردید. جدول ۳ متوسط ساعات آفتابی و درصد آن از متوسط طول روز را نشان می‌دهد.

جدول ۳- درصد ساعات آفتابی شهرهای مورد مطالعه (ماخذ: irimo.ir و محاسبات نگارندگان (* طول روز بر اساس محاسبات نگارندگان است)).

		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
اصفهان	متوسط طول روز*	۱۰/۳	۱۱/۱	۱۲/۱	۱۳/۱	۱۳/۸	۱۴/۱	۱۳/۸	۱۳	۱۱/۶	۱۱	۱۰/۲	۹/۹
	متوسط ساعات آفتابی	۶/۸	۷/۵	۷/۹	۸/۱	۱۰	۱۱/۲	۱۱/۳	۱۱	۱۰	۹/۴	۷/۵	۶/۶
	درصد ساعات آفتابی	۶۶	۶۷	۶۵	۶۲	۷۲	۸۰	۸۲	۸۴	۸۶	۸۵	۷۳	۶۷
سمنان	متوسط طول روز*	۱۰	۱۱	۱۲/۱	۱۳/۲	۱۴	۱۴/۴	۱۴	۱۳/۱	۱۱/۶	۱۰/۹	۱۰	۹/۶
	متوسط ساعات آفتابی	۵/۷	۶/۳	۶/۷	۷/۴	۹/۲	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۰/۹	۹/۸	۸/۷	۶/۸	۵/۶
	درصد ساعات آفتابی	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۶۵	۷۶	۷۸	۸۳	۸۵	۸۰	۶۸	۵۹
کرمان	متوسط طول روز*	۱۰/۴	۱۱/۲	۱۲/۱	۱۳	۱۳/۷	۱۳/۹	۱۳/۷	۱۲/۹	۱۱/۶	۱۱/۱	۱۰/۳	۱۰/۱
	متوسط ساعات آفتابی	۶/۵	۶/۹	۷	۷/۶	۹/۶	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۰	۹/۴	۸	۶/۸
	درصد ساعات آفتابی	۶۳	۶۱	۵۸	۵۸	۷۰	۷۵	۷۹	۸۴	۸۶	۸۴	۷۸	۶۸
یزد	متوسط طول روز*	۱۰/۳	۱۱/۲	۱۲/۱	۱۳	۱۳/۸	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۳	۱۱/۶	۱۱/۱	۱۰/۳	۹/۹
	متوسط ساعات آفتابی	۶/۳	۷/۳	۷/۱	۷/۸	۹/۷	۱۱/۱	۱۱/۲	۱۱/۱	۱۰/۲	۹/۵	۷/۵	۶/۶
	درصد ساعات آفتابی	۶۱	۶۵	۵۹	۶۰	۷۱	۷۹	۸۱	۸۶	۸۸	۸۶	۷۳	۶۷

جداول ۴ تا ۷ میزان انرژی کل (سالیانه) دریافتی سطوح قائم را به‌صورت واقعی و به تفکیک دوره‌های سرد و گرم سال در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد نشان می‌دهد.

جدول ۴- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم در ساختمان‌های یک‌طرفه شهر اصفهان (BTU/H/FT2)

جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت	جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت
		مقدار	درصد	مقدار	درصد				مقدار	درصد	مقدار	درصد	
شمال	۴۷۲/۷	۸۱/۴	۱۷/۲	۳۹۱/۲	۸۲/۸	-۳۰۹/۸	جنوب	۸۵۵۴/۶	۶۱۵۵/۲	۷۲	۲۳۹۹/۴	۲۸	۳۷۵۵/۸
۱۵	۸۰۴	۲۰۰/۱	۲۴/۹	۶۰۳/۹	۷۵/۱	-۴۰۳/۸	-۱۵	۸۰۴	۱۱۷/۹	۱۴/۷	۶۸۶/۱	۸۵/۳	-۵۶۸/۲
۳۰	۱۶۳۶/۵	۵۱۱/۵	۳۱/۳	۱۱۲۵	۶۸/۷	-۶۱۳/۵	-۳۰	۱۶۳۶/۵	۲۷۵/۷	۱۶/۸	۱۳۶۰/۸	۸۳/۲	-۱۰۸۵/۱
۴۵	۲۷۴۶	۱۰۱۵/۷	۳۷	۱۷۳۰/۳	۶۳	-۷۱۴/۶	-۴۵	۲۷۴۶	۶۴۳/۹	۲۳/۴	۲۱۰۲/۱	۷۶/۶	-۱۴۵۸/۲
۶۰	۴۰۳۰/۹	۱۸۰۵/۷	۴۴/۸	۲۲۲۵/۳	۵۵/۲	-۴۱۹/۶	-۶۰	۴۰۳۰/۹	۱۲۱۳/۵	۳۰/۱	۲۸۱۷/۵	۶۹/۹	-۱۶۰۴
۷۵	۵۳۱۵/۲	۲۵۹۸/۶	۴۸/۹	۲۷۱۶/۶	۵۱/۱	-۱۱۷/۹	-۷۵	۵۳۱۵/۲	۱۸۹۲/۸	۳۵/۶	۳۴۲۲/۴	۶۴/۴	-۱۵۲۹/۷
۹۰	۶۴۱۲/۹	۳۲۹۳/۸	۵۱/۴	۳۱۱۹/۱	۴۸/۶	۱۷۴/۶	-۹۰	۶۴۱۲/۹	۲۵۷۶/۶	۴۰/۲	۳۸۳۶/۲	۵۹/۸	-۱۲۵۹/۶
۱۰۵	۷۴۰۶/۷	۴۱۴۱/۷	۵۵/۹	۳۲۶۵	۴۴/۱	۸۷۶/۷	-۱۰۵	۷۴۰۶/۷	۳۳۱۲/۶	۴۴/۷	۴۰۹۴/۱	۵۵/۳	-۷۸۱/۵
۱۲۰	۸۰۷۱/۴	۴۷۶۲/۱	۵۹	۳۳۰۹/۳	۴۱	۱۴۵۲/۹	-۱۲۰	۸۰۷۱/۴	۳۹۴۷	۴۸/۹	۴۱۲۴/۴	۵۱/۱	-۱۷۷/۴
۱۳۵	۸۴۶۰/۲	۵۲۹۶/۴	۶۲/۶	۳۱۶۳/۷	۳۷/۴	۲۱۳۲/۷	-۱۳۵	۸۴۶۰/۲	۴۶۴۶/۷	۵۴/۹	۳۸۱۳/۵	۴۵/۱	۸۳۳/۲
۱۵۰	۸۶۳۵/۲	۵۷۰۶/۹	۶۶/۱	۲۹۲۸/۴	۳۳/۹	۲۷۷۸/۵	-۱۵۰	۸۶۳۵/۲	۵۲۷۸/۵	۶۱/۱	۳۳۵۶/۷	۳۸/۹	۱۹۲۱/۸
۱۶۵	۸۶۰۱/۳	۶۱۳۵/۷	۷۱/۳	۲۴۶۵/۶	۲۸/۷	۳۶۷۰/۱	-۱۶۵	۸۶۰۱/۳	۵۸۲۴/۴	۶۷/۷	۲۷۷۶/۹	۳۲/۳	۳۰۴۷/۵

جدول ۵- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم در ساختمان‌های یک‌طرفه شهر سمنان (BTU/H/FT2)

جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت	جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت
		مقدار	درصد	مقدار	درصد				مقدار	درصد	مقدار	درصد	
شمال	۳۹۶/۳	۴۲/۶	۱۰/۸	۳۵۳/۷	۸۹/۲	-۳۱۱	جنوب	۸۲۱۲/۲	۵۲۲۴/۵	۶۳/۶	۲۹۸۷/۷	۳۶/۴	۲۲۳۶/۹
۱۵	۷۰۱/۸	۱۱۱	۱۵/۸	۵۹۰/۹	۸۴/۲	-۴۷۹/۹	-۱۵	۷۰۱/۸	۴۹/۸	۷/۱	۶۵۲	۹۲/۹	-۶۰۲/۲
۳۰	۱۴۴۱/۹	۳۱۸/۴	۲۲/۱	۱۱۲۳/۶	۷۷/۹	-۸۰۵/۲	-۳۰	۱۴۴۱/۹	۱۳۹/۱	۹/۶	۱۳۰۲/۸	۹۰/۴	-۱۱۶۳/۷
۴۵	۲۴۲۷/۵	۶۹۳/۹	۲۸/۶	۱۷۳۳/۶	۷۱/۴	-۱۰۳۹/۷	-۴۵	۲۴۲۷/۵	۳۴۰/۸	۱۴	۲۰۸۶/۶	۸۶	-۱۷۴۵/۸
۶۰	۳۶۰۸/۲	۱۳۰۵/۴	۳۶/۲	۲۳۰۲/۸	۶۳/۸	-۹۹۷/۳	-۶۰	۳۶۰۸/۲	۷۱۶/۲	۱۹/۹	۲۸۹۲	۸۰/۱	-۲۱۷۵/۷
۷۵	۴۸۰۷/۶	۱۹۷۱/۹	۴۱	۲۸۳۵/۸	۵۹	-۸۶۳/۹	-۷۵	۴۸۰۷/۶	۱۲۳۰/۵	۲۵/۶	۳۵۷۷/۲	۷۴/۴	-۲۳۴۶/۷
۹۰	۵۸۵۶/۱	۲۵۴۵/۴	۴۳/۵	۳۳۱۰/۸	۵۶/۵	-۷۶۵/۴	-۹۰	۵۸۵۶/۱	۱۷۷۰/۹	۳۰/۲	۴۰۸۵/۳	۶۹/۸	-۲۳۱۴/۴
۱۰۵	۶۸۳۰/۳	۳۲۹۴/۹	۴۸/۲	۳۵۳۵/۴	۵۱/۸	-۲۴۰/۴	-۱۰۵	۶۸۳۰/۳	۲۳۸۴/۸	۳۴/۹	۴۴۴۵/۵	۶۵/۱	-۲۰۶۰/۸
۱۲۰	۷۵۱۵/۷	۳۸۹۶/۲	۵۱/۸	۳۶۱۹/۵	۴۸/۲	۲۷۶/۷	-۱۲۰	۷۵۱۵/۷	۲۹۶۹/۷	۳۹/۵	۴۵۴۶	۶۰/۵	-۱۵۷۶/۴
۱۳۵	۷۹۵۳/۷	۴۳۷۸/۲	۵۵	۳۵۷۵/۵	۴۵	۸۰۲/۷	-۱۳۵	۷۹۵۳/۷	۳۵۰۷/۳	۴۴/۱	۴۴۴۶/۳	۵۵/۹	-۹۳۹
۱۵۰	۸۲۱۰/۱	۴۷۹۴/۱	۵۸/۴	۳۴۱۶	۴۱/۶	۱۳۷۸/۱	-۱۵۰	۸۲۱۰/۱	۴۱۸۶/۴	۵۱	۴۰۲۳/۷	۴۹	۱۶۲/۸
۱۶۵	۸۲۴۸/۱	۵۰۹۹/۴	۶۱/۸	۳۱۴۸/۷	۳۸/۲	۱۹۵۰/۷	-۱۶۵	۸۲۴۸/۱	۴۷۹۵/۲	۵۸/۱	۳۴۵۲/۸	۴۱/۹	۱۳۴۲/۴

جدول ۶- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم در ساختمان‌های یک‌طرفه شهر کرمان (BTU/H/FT2)

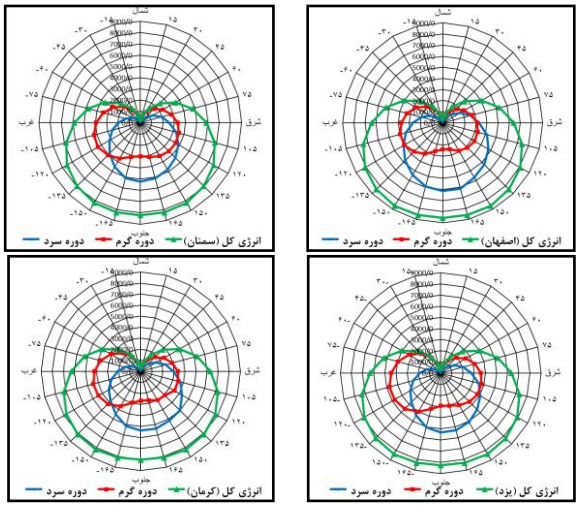
جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت	جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت
		مقدار	درصد	مقدار	درصد				مقدار	درصد	مقدار	درصد	
شمال	۴۹۶	۶۴/۶	۱۳	۴۳۱/۴	۸۷	-۳۶۶/۸	جنوب	۸۰۲۳/۵	۵۳۶۲/۴	۶۶/۸	۲۶۶۱/۲	۳۳/۲	۲۷۰۱/۲
۱۵	۸۳۰	۱۵۹/۲	۱۹/۲	۶۷۰/۸	۸۰/۸	-۵۱۱/۶	-۱۵	۸۳۰	۷۷/۲	۹/۳	۷۵۲/۸	۹۰/۷	-۶۷۵/۶
۳۰	۱۶۶۷	۴۶۳/۳	۲۷/۸	۱۲۰۳/۷	۷۲/۲	-۷۴۰/۴	-۳۰	۱۶۶۷	۱۶۱/۱	۹/۷	۱۵۰۵/۹	۹۰/۳	-۱۳۴۴/۸
۴۵	۲۷۶۱/۹	۹۶۰/۵	۳۴/۸	۱۸۰۱/۴	۶۵/۲	-۸۴۰/۹	-۴۵	۲۷۶۱/۹	۴۴۰/۱	۱۵/۹	۲۳۲۱/۸	۸۴/۱	-۱۸۸۱/۷
۶۰	۴۰۱۴/۸	۱۵۹۶/۹	۳۹/۸	۲۴۱۷/۹	۶۰/۲	-۸۲۰/۹	-۶۰	۴۰۱۴/۸	۸۹۸/۴	۲۲/۴	۳۱۱۶/۴	۷۷/۶	-۲۲۱۸
۷۵	۵۲۴۹	۲۳۲۶/۳	۴۴/۳	۲۹۲۲/۷	۵۵/۷	-۵۹۶/۴	-۷۵	۵۲۴۹	۱۴۹۳/۵	۲۸/۵	۳۷۵۵/۵	۷۱/۵	-۲۲۶۲
۹۰	۶۲۸۲/۸	۲۹۲۹/۵	۴۶/۶	۳۳۵۳/۴	۵۳/۴	-۴۲۳/۹	-۹۰	۶۲۸۲/۸	۲۰۸۹/۵	۳۳/۳	۴۱۹۳/۴	۶۶/۷	-۲۱۰۳/۹
۱۰۵	۷۱۹۶/۹	۳۷۰۲/۶	۵۱/۴	۳۴۹۴/۳	۴۸/۶	۲۰۸/۳	-۱۰۵	۷۱۹۶/۹	۲۷۴۶/۶	۳۸/۲	۴۴۵۰/۳	۶۱/۸	-۱۷۰۳/۷
۱۲۰	۷۷۷۷/۹	۴۲۶۹/۲	۵۴/۹	۳۵۰۸/۷	۴۵/۱	۷۶۰/۶	-۱۲۰	۷۷۷۷/۹	۳۳۴۳/۴	۴۳	۴۴۳۴/۶	۵۷	-۱۰۹۱/۲
۱۳۵	۸۰۸۳/۸	۵۰۱۰/۱	۶۲	۳۰۷۳/۸	۳۸	۱۹۳۶/۳	-۱۳۵	۸۰۸۳/۸	۳۸۷۷/۳	۴۸	۴۲۰۶/۵	۵۲	-۳۲۹/۱
۱۵۰	۸۱۸۵/۲	۵۱۶۳/۶	۶۳/۱	۳۰۲۱/۶	۳۶/۹	۲۱۴۲	-۱۵۰	۸۱۸۵/۲	۴۵۲۳/۳	۵۵/۳	۳۶۶۱/۹	۴۴/۷	۸۶۱/۳
۱۶۵	۸۱۰۰/۵	۵۳۷۲/۷	۶۶/۳	۲۷۲۷/۸	۳۳/۷	۲۶۴۴/۹	-۱۶۵	۸۱۰۰/۵	۵۱۴۷/۶	۶۳/۵	۲۹۵۲/۹	۳۶/۵	۲۱۹۴/۸

جدول ۷- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم در ساختمان‌های یک‌طرفه شهر یزد (BTU/H/FT2)

جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت	جهت	انرژی کل	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت
		مقدار	درصد	مقدار	درصد				مقدار	درصد	مقدار	درصد	
شمال	۴۸۱/۵	۳۰/۸	۶/۴	۴۵۰/۸	۹۳/۶	-۴۲۰	جنوب	۸۲۶۳/۳	۵۳۲۰/۴	۶۴/۴	۲۹۴۲/۹	۳۵/۶	۲۳۷۷/۵
۱۵	۸۱۳/۴	۱۳۱/۵	۱۶/۲	۶۸۱/۹	۸۳/۸	-۵۵۰/۵	-۱۵	۸۱۳/۴	۴۵/۶	۵/۶	۷۶۷/۸	۹۴/۴	-۷۲۲/۲
۳۰	۱۶۵۰/۴	۳۵۷/۱	۲۱/۶	۱۲۹۳/۲	۷۸/۴	-۹۳۶/۱	-۳۰	۱۶۵۰/۴	۸۷/۸	۵/۳	۱۵۶۲/۶	۹۴/۷	-۱۴۷۴/۸
۴۵	۲۷۵۵/۴	۸۱۱/۲	۲۹/۴	۱۹۴۴/۲	۷۰/۶	-۱۱۳۳/۱	-۴۵	۲۷۵۵/۴	۳۱۲/۷	۱۱/۳	۲۴۴۲/۷	۸۸/۷	-۲۱۳۰/۱
۶۰	۴۰۲۲/۱	۱۴۱۱/۹	۳۵/۱	۲۶۱۰/۲	۶۴/۹	-۱۱۹۸/۲	-۶۰	۴۰۲۲/۱	۷۴۲/۲	۱۸/۵	۳۲۸۰	۸۱/۵	-۲۵۳۷/۸
۷۵	۵۲۷۸/۲	۲۱۱۲	۴۰	۳۱۶۶/۲	۶۰	-۱۰۵۴/۲	-۷۵	۵۲۷۸/۲	۱۲۹۸/۶	۲۴/۶	۳۹۷۹/۶	۷۵/۴	-۲۶۸۱
۹۰	۶۳۴۰/۸	۲۷۳۶/۲	۴۳/۲	۳۶۰۴/۶	۵۶/۸	-۸۶۸/۴	-۹۰	۶۳۴۰/۸	۱۸۹۷/۵	۲۹/۹	۴۴۴۳/۳	۷۰/۱	-۲۵۴۵/۹
۱۰۵	۷۲۹۱/۹	۳۵۱۴	۴۸/۲	۳۷۷۷/۹	۵۱/۸	-۲۶۳/۹	-۱۰۵	۷۲۹۱/۹	۲۵۴۵/۴	۳۴/۹	۴۷۴۶/۵	۶۵/۱	-۲۲۰۱/۱
۱۲۰	۷۹۱۲/۴	۴۱۰۲/۱	۵۱/۸	۳۸۱۰/۳	۴۸/۲	۲۹۱/۸	-۱۲۰	۷۹۱۲/۴	۳۱۵۰/۷	۳۹/۸	۴۷۶۱/۷	۶۰/۲	-۱۶۱۱
۱۳۵	۸۲۵۷/۲	۴۶۱۰/۹	۵۵/۸	۳۶۴۶/۳	۴۴/۲	۹۶۴/۶	-۱۳۵	۸۲۵۷/۲	۳۷۱۸/۸	۴۵	۴۵۳۸/۴	۵۵	-۸۱۹/۶

۱۵۰	۸۳۹۱/۲	۵۰۷۴	۶۰/۵	۳۳۱۷/۲	۳۹/۵	۱۷۵۶/۸	-۱۵۰	۸۳۹۱/۲	۴۳۹۱/۷	۵۲/۳	۳۹۹۹/۵	۴۷/۷	۳۹۲/۳
۱۶۵	۸۳۲۹/۸	۵۳۰۸/۳	۶۳/۷	۳۰۲۱/۵	۳۶/۳	۲۲۸۶/۷	-۱۶۵	۸۳۲۹/۸	۵۰۱۶/۶	۶۰/۲	۳۳۱۳/۲	۳۹/۸	۱۷۰۳/۴

بر اساس نتایج حاصل از جداول ۴ تا ۷ و بر اساس حداقل انرژی دریافتی در دوره گرم و یا بیشترین میزان اختلاف انرژی دریافتی در دوره سرد و گرم سال، اولویت‌های استقرار ساختمان در جهت‌های مختلف جغرافیایی تعیین می‌گردد. تصویر ۱ تغییرات میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم را در جهات مختلف جغرافیایی و به تفکیک دوره‌های سرد و گرم سال نشان می‌دهد.



تصویر۱. نمودار مقدار تابش دریافتی سالیانه سطوح قائم در جهات مختلف جغرافیایی در شهرهای مورد مطالعه (ماخذ: نگارندگان)

بر اساس نتایج حاصل از جداول ۴ تا ۷، بیشترین مقدار انرژی واقعی دریافتی سالانه در شهرهای اصفهان، کرمان و یزد متعلق به سطوح ۱۵۰ درجه جنوب‌شرقی- غربی و در شهر سمنان متعلق به سطوح ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی- غربی است. کمترین میزان انرژی واقعی دریافتی سالانه نیز متعلق به سطوح رو به شمال و ۱۵ شمال‌شرقی- غربی است. کمترین درصد دریافت انرژی در دوره گرم سال در شهر اصفهان با ۲۸ درصد، سمنان با ۳۶/۴ درصد، کرمان با ۳۳/۲ درصد و یزد با ۳۵/۶ درصد مربوط به ۱۸۰ درجه جنوب است. همچنین بیشترین میزان اختلاف انرژی دریافتی بین دوره‌های سرد و گرم سال در شهرهای مورد مطالعه مربوط به همین جهات است. بر اساس تصویر ۱ جهات جنوبی‌غربی بیشترین مقدار انرژی را در مواقع گرم سال و جهات جنوب‌شرقی بیشترین مقدار انرژی را در مواقع سرد دریافت می‌کنند. بر اساس تغییرات دمای ساعتی جدول ۲، دمای روزانه هوای شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد به ترتیب در ۴۷، ۵۶، ۵۱ و ۵۵ درصد از مواقع سال به‌ویژه در ماه‌های می، ژوئن، ژولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر بالاتر از حداقل دمای

پایه آسایش است. لذا دوره گرم سال به ویژه در شهرهای سمنان، کرمان و یزد بیشتر از دوره سرد سال بوده و جهت‌گیری بهینه استقرار سطوح قائم ساختمان‌ها در شهرهای مورد مطالعه بر اساس کنترل و دریافت حداقل میزان انرژی خورشید در دوره گرم تعیین می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از جداول ۴ تا ۷ و بر اساس حداقل انرژی دریافتی در دوره گرم سال، بهترین جهت استقرار به منظور دریافت بهینه میزان انرژی خورشیدی سطوح قائم ساختمان‌های یک‌طرفه، در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد جهت ۱۸۰ درجه جنوب و بعد از آن جهت ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی است. جدول ۸ و ۹ میانگین انرژی دریافتی سطوح قائم ساختمان‌های دو و چهار طرفه را در شهرهای مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۸- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم ساختمان‌های دوطرفه در شهرهای مورد مطالعه (BTU/H/FT2)

شهر	جهت	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت	جهت	دوره سرد		دوره گرم		تفاوت
		مقدار	درصد	مقدار	درصد			مقدار	درصد	مقدار	درصد	
اصفهان	۱۸۰، ۰	۳۱۱۸/۳	۶۹/۱	۱۳۹۵/۳	۳۰/۹	۱۷۲۳	۹۰، -۹۰	۲۹۳۵/۲	۴۵/۸	۳۴۷۷/۷	۵۴/۲	-۵۴۲/۵
	۱۶۵، -۱۵	۳۱۲۶/۸	۶۶/۵	۱۵۷۵/۹	۳۳/۵	۱۵۵۰/۹	۱۶۵، ۱۵-	۳۰۱۲/۳	۶۴/۱	۱۶۹۰/۴	۳۵/۹	۱۳۲۱/۹
	۱۵۰، -۳۰	۲۹۹۱/۳	۵۸/۲	۲۱۴۴/۶	۴۱/۸	۸۴۶/۷	۱۵۰، ۳۰-	۲۸۹۵	۵۶/۴	۲۲۴۰/۸	۴۳/۶	۶۵۴/۲
	۱۳۵، -۴۵	۲۹۷۰/۲	۵۳	۲۶۳۲/۹	۴۷	۳۳۷/۲	۱۳۵، ۴۵-	۲۸۳۱/۲	۵۰/۵	۲۷۷۱/۹	۴۹/۵	۵۹/۳
	۱۲۰، -۶۰	۲۹۸۷/۸	۴۹/۴	۳۰۶۳/۴	۵۰/۶	-۷۵/۵	۱۲۰، ۶۰-	۲۸۷۶/۳	۴۷/۵	۳۱۷۴/۸	۵۲/۵	-۲۹۸/۵
	۱۰۵، -۷۵	۳۰۱۷/۲	۴۷/۴	۳۳۴۳/۷	۵۲/۶	-۳۲۶/۵	۱۰۵، ۷۵-	۲۹۵۵/۶	۴۶/۵	۳۴۰۵/۳	۵۳/۵	-۴۴۹/۷
سمنان	۱۸۰، ۰	۲۶۳۳/۶	۶۱/۲	۱۶۷۰/۷	۳۸/۸	۹۶۲/۹	۹۰، -۹۰	۲۱۵۸/۱	۳۶/۹	۳۶۹۸	۶۳/۱	-۱۵۳۹/۹
	۱۶۵، -۱۵	۲۵۷۴/۶	۵۷/۵	۱۹۰۰/۴	۴۲/۵	۶۷۴/۲	۱۶۵، ۱۵-	۲۴۵۳/۱	۵۴/۸	۲۰۲۱/۸	۴۵/۲	۴۳۱/۳
	۱۵۰، -۳۰	۲۴۶۶/۶	۵۱/۱	۲۳۵۹/۴	۴۸/۹	۱۰۷/۲	۱۵۰، ۳۰-	۲۲۵۲/۴	۴۶/۷	۲۵۷۳/۶	۵۳/۳	-۳۲۱/۲
	۱۳۵، -۴۵	۲۳۵۹/۵	۴۵/۵	۲۸۳۱/۱	۵۴/۵	-۴۷۱/۵	۱۳۵، ۴۵-	۲۱۰۰/۶	۴۰/۵	۳۰۹۰	۵۹/۵	-۹۸۹/۳
	۱۲۰، -۶۰	۲۳۰۶/۲	۴۱/۵	۳۲۵۵/۷	۵۸/۵	-۹۴۹/۵	۱۲۰، ۶۰-	۲۱۳۷/۶	۳۸/۴	۳۴۲۴/۴	۶۱/۶	-۱۲۸۶/۸
	۱۰۵، -۷۵	۲۲۶۲/۷	۳۸/۹	۳۵۵۶/۳	۶۱/۱	-۱۲۹۳/۵	۱۰۵، ۷۵-	۲۱۷۸/۳	۳۷/۴	۳۶۴۰/۶	۶۲/۶	-۱۴۶۲/۳
کرمان	۱۸۰، ۰	۲۷۱۳/۵	۶۳/۷	۱۵۴۶/۳	۳۶/۳	۱۱۶۷/۲	۹۰، -۹۰	۲۵۰۹/۵	۳۹/۹	۳۷۷۳/۴	۶۰/۱	-۱۲۶۳/۹
	۱۶۵، -۱۵	۲۷۲۵	۶۱	۱۷۴۰/۳	۳۹	۹۸۴/۷	۱۶۵، ۱۵-	۲۶۵۳/۴	۵۹/۴	۱۸۱۱/۹	۴۰/۶	۸۴۱/۶
	۱۵۰، -۳۰	۲۶۶۲/۳	۵۴	۲۲۶۳/۷	۴۶	۳۹۸/۶	۱۵۰، ۳۰-	۲۴۹۳/۳	۵۰/۶	۲۴۳۲/۸	۴۹/۴	۶۰/۵
	۱۳۵، -۴۵	۲۷۲۵/۱	۵۰/۳	۲۶۹۷/۸	۴۹/۷	۲۷/۳	۱۳۵، ۴۵-	۲۴۱۸/۹	۴۴/۶	۳۰۰۴	۵۵/۴	-۵۸۵
	۱۲۰، -۶۰	۲۵۸۳/۸	۴۳/۸	۳۳۱۲/۶	۵۶/۲	-۷۲۸/۷	۱۲۰، ۶۰-	۲۴۷۰/۲	۴۱/۹	۳۴۲۶/۲	۵۸/۱	-۹۵۶/۱
	۱۰۵، -۷۵	۲۵۹۸/۱	۴۱/۷	۳۶۲۴/۹	۵۸/۳	-۱۰۲۶/۹	۱۰۵، ۷۵-	۲۵۳۶/۵	۴۰/۸	۳۶۸۶/۵	۵۹/۲	-۱۱۵۰
یزد	۱۸۰، ۰	۲۶۷۵/۶	۶۱/۲	۱۶۹۶/۸	۳۸/۸	۹۷۸/۷	۹۰، -۹۰	۲۳۱۶/۸	۳۶/۵	۴۰۲۴	۶۳/۵	-۱۷۰۷/۲
	۱۶۵، -۱۵	۲۶۷۶/۹	۵۸/۶	۱۸۹۴/۷	۴۱/۴	۷۸۲/۳	۱۶۵، ۱۵-	۲۵۷۴	۵۶/۳	۱۹۹۷/۶	۴۳/۷	۵۷۶/۵
	۱۵۰، -۳۰	۲۵۸۰/۹	۵۱/۴	۲۴۳۹/۹	۴۸/۶	۱۴۱	۱۵۰، ۳۰-	۲۳۷۴/۴	۴۷/۳	۲۶۴۶/۴	۵۲/۷	-۲۷۱/۹
	۱۳۵، -۴۵	۲۴۶۱/۸	۴۴/۷	۳۰۴۴/۵	۵۵/۳	-۵۸۲/۷	۱۳۵، ۴۵-	۲۲۶۵	۴۱/۱	۳۲۴۱/۳	۵۸/۹	-۹۷۶/۳
	۱۲۰، -۶۰	۲۴۲۲/۱	۴۰/۶	۳۵۴۵/۱	۵۹/۴	-۱۱۲۳	۱۲۰، ۶۰-	۲۲۸۱/۳	۳۸/۲	۳۶۸۵/۹	۶۱/۸	-۱۴۰۴/۶
	۱۰۵، -۷۵	۲۴۰۶/۳	۳۸/۳	۳۸۷۸/۸	۶۱/۷	-۱۴۷۲/۴	۱۰۵، ۷۵-	۲۳۲۸/۷	۳۷/۱	۳۹۵۶/۴	۶۲/۹	-۱۶۲۷/۷

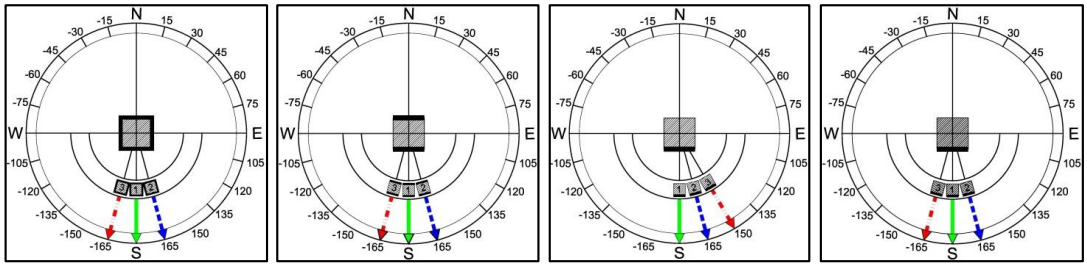
جدول ۹- میزان انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم ساختمان‌های چهارطرفه در شهرهای مورد مطالعه (BTU/H/FT2)

	جهت دیوار	انرژی کل	دوره سرد	دوره گرم	تفاوت دوره

			مقدار	درصد	مقدار	درصد	سرد و گرم
اصفهان	(۱۸۰، ۰، ۹۰، -۹۰)	۵۴۶۳/۳	۳۰۲۶/۸	۵۵/۴	۲۴۳۶/۵	۴۴/۶	۵۹۰/۳
	(۱۶۵، -۱۵، ۷۵، -۱۰۵)	۵۵۳۱/۸	۳۰۴۱/۲	۵۵	۲۴۹۰/۶	۴۵	۵۵۰/۶
	(۱۵۰، -۳۰، ۶۰، -۱۲۰)	۵۵۹۳/۵	۲۹۳۳/۸	۵۲/۵	۲۶۵۹/۷	۴۷/۵	۲۷۴/۱
	(۱۳۵، -۴۵، ۴۵، -۱۳۵)	۵۶۰۳/۱	۲۹۰۰/۷	۵۱/۸	۲۷۰۲/۴	۴۸/۲	۱۹۸/۳
	(-۱۵۰، ۳۰، -۶۰، ۱۲۰)	۵۵۹۳/۵	۲۹۴۱/۴	۵۲/۶	۲۶۵۲/۱	۴۷/۴	۲۸۹/۳
	(-۱۶۵، ۱۵، -۷۵، ۱۰۵)	۵۵۳۱/۸	۳۰۱۴/۷	۵۴/۵	۲۵۱۷/۱	۴۵/۵	۴۹۷/۷
سمنان	(۱۸۰، ۰، ۹۰، -۹۰)	۵۰۸۰/۲	۲۳۹۵/۹	۴۷/۲	۲۶۸۴/۳	۵۲/۸	-۲۸۸/۵
	(۱۶۵، -۱۵، ۷۵، -۱۰۵)	۵۱۴۷	۲۳۷۶/۵	۴۶/۲	۲۷۷۰/۵	۵۳/۸	-۳۹۴
	(۱۵۰، -۳۰، ۶۰، -۱۲۰)	۵۱۹۴	۲۳۰۲/۱	۴۴/۳	۲۸۹۱/۹	۵۵/۷	-۵۸۹/۸
	(۱۳۵، -۴۵، ۴۵، -۱۳۵)	۵۱۹۰/۶	۲۲۳۰/۱	۴۳	۲۹۶۰/۵	۵۷	-۷۳۰/۴
	(-۱۵۰، ۳۰، -۶۰، ۱۲۰)	۵۱۹۴	۲۲۷۹/۳	۴۳/۹	۲۹۱۴/۷	۵۶/۱	-۶۳۵/۴
	(-۱۶۵، ۱۵، -۷۵، ۱۰۵)	۵۱۴۷	۲۳۵۷/۹	۴۵/۸	۲۷۸۹	۵۴/۲	-۴۳۱/۱
کرمان	(۱۸۰، ۰، ۹۰، -۹۰)	۵۲۷۱/۳	۲۶۱۱/۵	۴۹/۵	۲۶۵۹/۸	۵۰/۵	-۴۸/۴
	(۱۶۵، -۱۵، ۷۵، -۱۰۵)	۵۳۴۴/۱	۲۶۳۰/۷	۴۹/۲	۲۷۱۳/۴	۵۰/۸	-۸۲/۷
	(۱۵۰، -۳۰، ۶۰، -۱۲۰)	۵۴۱۱/۲	۲۵۶۶/۲	۴۷/۴	۲۸۴۵	۵۲/۶	-۲۷۸/۷
	(۱۳۵، -۴۵، ۴۵، -۱۳۵)	۵۴۲۲/۹	۲۵۷۲	۴۷/۴	۲۸۵۰/۹	۵۲/۶	-۲۷۸/۹
	(-۱۵۰، ۳۰، -۶۰، ۱۲۰)	۵۴۱۱/۲	۲۵۳۸/۵	۴۶/۹	۲۸۷۲/۷	۵۳/۱	-۳۳۴/۱
	(-۱۶۵، ۱۵، -۷۵، ۱۰۵)	۵۳۴۴/۱	۲۶۲۵/۷	۴۹/۱	۲۷۱۸/۴	۵۰/۹	-۹۲/۶
یزد	(۱۸۰، ۰، ۹۰، -۹۰)	۵۳۵۶/۶	۲۴۹۶/۲	۴۶/۶	۲۸۶۰/۴	۵۳/۴	-۳۶۴/۲
	(۱۶۵، -۱۵، ۷۵، -۱۰۵)	۵۴۲۸/۳	۲۵۰۲/۸	۴۶/۱	۲۹۲۵/۵	۵۳/۹	-۴۲۲/۷
	(۱۵۰، -۳۰، ۶۰، -۱۲۰)	۵۴۹۴	۲۴۳۱/۱	۴۴/۳	۳۰۶۲/۹	۵۵/۷	-۶۳۱/۸
	(۱۳۵، -۴۵، ۴۵، -۱۳۵)	۵۵۰۶/۳	۲۳۶۳/۴	۴۲/۹	۳۱۴۲/۹	۵۷/۱	-۷۷۹/۵
	(-۱۵۰، ۳۰، -۶۰، ۱۲۰)	۵۴۹۴	۲۳۹۸/۳	۴۳/۷	۳۰۹۵/۸	۵۶/۳	-۶۹۷/۵
	(-۱۶۵، ۱۵، -۷۵، ۱۰۵)	۵۴۲۸/۳	۲۴۹۰/۲	۴۵/۹	۲۹۳۸/۲	۵۴/۱	-۴۴۸

با چرخش سطوح قائم ساختمان‌های دو و چهارطرفه به سمت جنوب‌شرقی و غربی، میزان انرژی دریافتی در دوره گرم افزایش و در دوره سرد کاهش می‌یابد. طوری‌که میزان انرژی دریافتی در دوره گرم در ساختمان‌های دوطرفه با راستای شرقی- غربی بیش از ۲ الی ۳ برابر ساختمان‌ها با راستای شمالی- جنوبی است. البته در ساختمان‌های چهارطرفه میزان انرژی دریافتی در دوره سرد از ۱۸۰ درجه جنوب تا ۱۳۵ درجه جنوب‌شرقی و غربی روند کاهشی داشته و از راستای ۱۲۰ درجه جنوب شرقی و غربی به شمت شرق روند صعودی پیدا می‌کند. با توجه به نتایج حاصل از جدول ۸ و بر اساس حداقل انرژی دریافتی در دوره گرم، بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های دوطرفه به منظور دریافت بهینه میزان انرژی خورشیدی، در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد جهات (۰ ،۱۸۰) درجه و بعد از آن جهات (۱۵-، ۱۶۵) درجه است. هم‌چنین طبق جدول ۹، بهترین جهت استقرار سطوح قائم ساختمان‌های چهارطرفه در شهرهای مورد مطالعه، جهات (۹۰-، ۹۰ ،۰ ،۱۸۰) درجه و بعد از آن جهات (۱۰۵-، ۷۵، ۱۵-، ۱۶۵) درجه است. تصویر

۲ نمودار اولویت‌بندی استقرار ساختمان‌های یک، دو و چهارطرفه را در شهرهای مورد مطالعه نشان می‌دهد.



تصویر ۲- نمودار اولویت‌بندی استقرار ساختمان‌های یک، دو و چهارطرفه در شهرهای مورد مطالعه
(خط سبز: اولویت اول، خط آبی: اولویت دوم، خط قرمز: اولویت سوم) (منبع: نگارندگان)

۵- نتیجه‌گیری

شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد دارای اقلیمی گرم و خشک، با زمستان‌های سخت و سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. با توجه به اقلیم گرم و خشک شهرهای فلات مرکزی ایران، تامین آسایش حرارتی فضاهای داخلی و بیرونی نیازمند کنترل و به حداقل رساندن دریافت تابش خورشیدی در ماه‌های گرم سال از طریق جهت‌گیری مناسب، کاهش سطوح مواجه با تابش و ایجاد حداکثر سایه‌اندازی بر روی سطوح است. با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، میزان انرژی مستقیم دریافتی به‌صورت نظری و واقعی و به تفکیک دوره‌های سرد و گرم سال بر روی سطوح قائم در ۲۴ جهت مختلف جغرافیایی در شهرهای مورد مطالعه محاسبه گردید. در نهایت مناسب‌ترین جهات استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک، دو و چهار طرفه بر اساس کمترین درصد دریافت تابش در دوره گرم سال و یا بیشترین مقدار اختلاف بین دوره سرد و گرم تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد که جهت مناسب استقرار سطوح قائم ساختمان‌های یک‌طرفه در شهرهای اصفهان، سمنان، کرمان و یزد جهت ۱۸۰ درجه جنوب و بعد از آن جهت ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی است. هم‌چنین در تمامی شهرهای مورد مطالعه، جهت مناسب استقرار سطوح قائم برای ساختمان‌های دوطرفه، جهات (۱۸۰، ۰) درجه و برای ساختمان‌های چهارطرفه، جهات (۹۰- ،۹۰ ،۰ ،۱۸۰) درجه است. یافته‌های این تحقیق در تعیین فرم، نسبت ابعادی و جهات مناسب استقرار سطوح قائم فرم‌های مختلف چندضلعی، جداره‌های معابر و فضاهای شهری بر اساس دریافت بهینه تابش خورشید کاربرد دارد. همچنین امکان برنامه‌ریزی و مدیریت مصرف و تامین انرژی ساختمان را از طریق کنترل مقادیر دریافت و جذب تابش بر اساس مواقع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی فراهم می‌سازد.

منابع

- افشاری، هدی و تقوایی، علی‌اکبر. (۱۳۹۲). طراحی مجموعه مسکونی همساز با اقلیم خرمشهر. فصلنامه فضای جغرافیایی. دوره ۱۳، شماره ۴۲، ۷۱-۱۰۲.
- برزگر، زهرا و حیدری، شاهین. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی. دوره ۱۸، شماره ۱، ۴۵-۵۶.
- بهزادیان‌مهر، علی؛ علیجانی، بهلول و رهنما، محمدرحیم. (۱۳۹۶). طراحی اقلیمی و تعیین جهت‌گیری بهینه ساختمان‌ها و خیابان‌ها در رابطه با تابش در شهر مشهد. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. دوره ۱۵، شماره ۲، ۱۹۷-۲۱۶.
- حسین‌آبادی، سعید؛ لشکری، حسن و سلمانی‌مقدم، محمد. (۱۳۹۱). طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی شهر سبزوار با تاکید بر جهت‌گیری ساختمان و عمق سایبان. جغرافیا و توسعه. دوره دهم، شماره ۲۷، ۱۰۳-۱۱۶.
- خیرآبادی، فواد؛ نورمحمدزاده، حسین و علیزاده، هوشمند. (۱۳۹۶). نقش جهت‌گیری کالبد فضاهای شهری در میزان آسایش اقلیمی شهروندان (مطالعه موردی: شهر بندرعباس). جغرافیا و پایداری محیط. دوره هفتم، شماره ۲۴، ۱۵-۳۱.
- قلی‌نژاد، مبینا؛ صفرراد، طاهر؛ زنگنه شهرکی، سعید و رورده، همت‌اله. (۱۳۹۸). طراحی اقلیمی و جهت‌یابی بهینه مساکن (مطالعه موردی: شهر قائم‌شهر). مطالعات ساختار و کارکرد شهری. دوره ششم، شماره ۱۹، ۷۳-۹۳.
- کربلائی درئی، علیرضا و حجازی‌زاده، زهرا. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی جهت‌گیری استقرار ساختمان در شهر کاشان بر اساس شرایط اقلیمی. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره هفتم، شماره ۲۷، ۸۵-۱۰۳.
- کرمی‌کرد علیوند، فیروزه و نارنگی‌فرد، مهدی. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان‌ها در برابر تابش (مطالعه موردی: شهر شیراز). اندیشه جغرافیایی. دوره هشتم، شماره ۱۶، ۹۶-۱۲۲.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۲). اقلیم و معماری. اصفهان: نشر خاک، چاپ سوم.
- گنجی، حسن. (۱۳۳۳). تقسیمات اقلیمی ایران. مجله دانشکده ادبیات، دوره سوم، شماره ۱، ۲۷-۷۲.
- مدیری، مهدی؛ ذهاب ناظوری، سمیه؛ علی بخشی، زهرا؛ افشارمنش، حمیده و عباسی، محمد (۱۳۹۱). بررسی جهت مناسب استقرار ساختمان‌ها بر اساس تابش آفتاب و جهت باد (مطالعه موردی: شهر گرگان). فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، دوره دوم، شماره ۲، ۱۴۱-۱۵۶.
- مقررات ملی ساختمان ایران- مبحث ۱۹: صرفه‌جویی در مصرف انرژی. (۱۳۸۸). تهران: وزارت مسکن و شهرسازی، دفتر امور مقررات ملی ساختمان.
- Akande, O. K. (2010). Passive design strategies for residential buildings in a hot dry climate in Nigeria. WIT Press www.witpress.com ISSN 1743-3541.
- Angstrom, A. (1924). Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 50, 121-126.
- Ashrae (1995). Handbook, heating, ventilating, and airconditioning applications. ashrae publications.
- Bakirci, K. (2009). Models of solar radiation with hours of bright sunshine: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(9), 2580-2588.
- Barzegar, Z., Heydari, Sh. (2012). Evaluuation of the effect of building orientation on achieved solar radiation-a NE-SW orientated case of urban residence in semi-arid climate. International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning, 22(2), 108-113.
- Cooper, P.I. (1969). The absorption of radiation in solar stills. Solar Energy, 12(3), 333-346.
- Coppolino, S. (1990). Validation of a very simple model for computing global solar radiation in European African (Asian & North American Areas). Solar and Wind Technology, 7(4), 489-494.
- Duffie, J.A., & Beckman,W.A. (2006). Solar engineering of thermal processes. New Jersey: Wiley.
- Givoni, B. (1994). Passive and low energy cooling of buildings. New Jersey: Wiley.
- Gueymard, C. (2000). Prediction and performance assessment of mean hourly global radiation. Solar Energy, 68(3), 285-303.

- Haase, M., & Amato, A. (2009). An investigation of the potential for natural ventilation and building orientation to achieve thermal comfort in warm and humid climates. Solar energy, 83(3), 389-399.
- Hemsath, T.L., & Alagheband Bandhosseini, K. (2015). Sensitivity analysis evaluating basic building geometry's effect on energy use. Renewable Energy, 76, 526-538.
- https://energyplus.net/weather-location/asia_wmo_region_2/IRN//IRN_Tehran-Mehrabad.407540_ITMY.
- IRIMO, Islamic Republic of Iran Meteorological Office, Data Center, Tehran. http://www.irimo.ir/far/wd/2703.
- Maghrabi, A. H. (2009). Parameterization of simple model to estimate monthly global solar radiation based on meteorological variables and evaluation of existing solar radiation models for Tabuk, Saudi Arabia. Energy Conversion and Management, 50(11), 2754-2760.
- Mondol, J.D., Yohanis, Y.G., & Norton, B. (2008). Technical note solar radiation modelling for the simulation of photovoltaic systems. Renewable Energy, 33(5), 1109-1120.
- Neuwirth, F. (1980). The Estimation of global and sky radiation in Austria. Solar Energy, 24(5), 421-426.
- Oral, G.K., & Yilmaz, Z. (2003). Building form for cold climatic zones related to building envelope from heating energy conservation point of view. Energy and Buildings, 35(4), 383-388.
- Paltridge, G.W., & Proctor, D. (1976). Monthly mean solar radiation statistics for australia. Solar Energy, 18(3), 235-243.
- Prescott, J. A. (1940). Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Transactions of the Royal Society of South Australia, 64, 114-118.
- Sabbagh, J.A., Sayigh, A.A.M., & Al-Salam E.M.A. (1977). Estimation of the total solar radiation from meteorological data. Solar Energy, 19(3), 307-311.
- Samimi, J. (1994). Estimation of height-dependent solar irradiation and application to the solar climate of Iran. Solar Energy, 52(5), 401-409.
- Sharma, R. (2016). Sustainable buildings in hot and dry climate of India. Journal of Engineering Research and Applications, 6(1), 134-144.
- Sozen, A., Arcaklio, E., & Ozalp, M. (2004). Estimation of solar potential in Turkey by artificial neural networks using meteorological and geographical data. Energy Conversion and Management, 45(18-19), 3033-3052.
- Watson, D., & Labs, K. (1983). Climate design: Energy efficient building principles and practices. New York: McGraw-Hill.
- Wu, C., Liu, Y., & Wang, T. (2007). Methods and strategy for modeling daily global solar radiation with measured meteorological data; case study in nanchang station, China. Energy Conversion and Management, 48(9), 2447-2452.

Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities)

Hassan Akbari[1*], Fatemeh Sadat Hosseini Nezhad[2]

1- Assistant Professor of Architecture, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- PhD in Urban and Regional Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract

Due to the special geographic conditions and hot and dry climate of the central plateau of Iran, the design and construction of climate-friendly buildings and urban spaces in these regions, requires receiving minimum energy in hot months through appropriate orientation, decreasing the area of surfaces facing radiation and maximizing the amount of shading on exterior surfaces. The aim of this research is to determine the optimal building orientations in hot-arid climate of the region through surveying the amount of direct radiation energy received by vertical surfaces of buildings in Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities.At first, the amount of received radiation energy was calculated in theoretical and real way ,by using the "Law of Cosines" computational method. Then based on the minimum temperature of thermal comfort, the amount of energy received by the vertical surfaces was calculated and processed in 24 different geographical directions, separately for cold and hot periods of the year. Finally, based on the minimum energy received during the hot period of the year, the most suitable orientations of vertical surfaces of buildings for one, two and four-sided buildings were determined in studied cities. The research findings show that the best orientation of vertical surfaces for one-sided buildings in Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd is 180 degrees South and after that, is 165 degrees SE. Also, the best orientation of vertical surfaces for two-sided buildings in studied cities is (180, 0) and for four-sided buildings is (180, 0, 90, -90) degrees.

Keywords: hot-arid climate, building orientation, vertical surfaces, solar energy, the "Law of Cosines"

* E-mail: h.akbari.arc@gmail.com

CONTENTS

Explaining the Concept of Architecture Stylistics by Introducing a New Approach in Iran's Architecture Stylistics (Motivated by architectural conservation) 30
Hadi Nadimi, Reza Abouie, Zeinab Moradi

Physical - Spatial typology of Safavid Religious tombs in Isfahan 52
Azita Belali Oskuyi, Yahya Jamali

Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house) 70
Zhaleh Hedayat, S.Zeinab Emadian Razavi, S.Mohammad hosein Ayatollahi

Design of temporary accommodation model after the Qom potential earthquake 93
Zohair Motaki, Akbar Haj Ebrahim Zargar, AbdolMajid Khorshidian, Sayyed Masood Mirghasemi

Maidan: Understanding its Conceptual domain and the range of it's instances in Qajar period, Based on Historical Maps 118
Mahnam Najafi, Reza Shakouri

Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan 139
Ali Dahar, Mansoureh Tahbaz, Mohsen Taban

Investigation of the Historical-physical classification of Haft-shoyeh Jame Mosque based on Comparative Studies 174
Mehdi Razani, Yadolahe Haydari Babakamal

Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman 197
Sara Mohammadi, Behzad Vasigh

Documentation of urban open spaces based on the principles of the Sofia Charter Case Study: Pamenar neighborhood open spaces in Kerman 225
Sakineh Tajaddini, Mohsen Keshavarz, Mahboubeh Eslamizadeh, Mahdieh Ziaadini Dashtkhaki

Learning from the past; applying space syntax theory in Atrvash and Mohtasham houses in continuity of sense of place in contemporary houses 250
Amin Habibi, Elham Fallahi, Sina Karmirad

Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities) 267
Hassan Akbari, Fatemeh Sadat Hosseini Nezhad

Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House) 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 con 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/autors.
- If a paper has several authors, one must be represented as the author corresponding.