ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2019.92428

تعیین جهت بهینه در ساختمان‌های اداری اقلیم سرد، مورد مطالعاتی: شهر کرمانشاه

مریم انصاری‌منش[1*]- نازنین نصراللهی[2]- محمدجواد مهدوی‌نژاد[3]

۱. استادیار معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول).
۲. دانشیار معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
۳. دانشیار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۱۶ تاریخ اصلاحات: ۹۵/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۰۱/۲۷ تاریخ انتشار: ۹۸/۰۶/۳۰

چکیده

سرانه مصرف انرژی در ایران بالاتر از بسیاری کشورهاست. در این میان سیاست‌های دولت در جهت واقعی‌سازی قیمت انرژی، توجه به راه‌کارهای انرژی کارا در بخش ساختمان را افزایش داده است. یکی از راه‌کارهای مؤثر در کاهش مصرف انرژی، طراحی اقلیمی ابنیه و از جمله تعیین جهت بهینه ساختمان است. به این ترتیب اولین و مهم‌ترین وظیفه معمار، قرار دادن ساختمان در جهتی است که بیشترین دریافت نور خورشید را در فصل زمستان و کمترین دریافت را در فصل تابستان داشته باشد. بهره‌گیری از نور خورشید علاوه بر تأثیری که بر کاهش نیاز گرمایشی ساختمان دارد، با بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل می‌تواند باعث سلامت و بهره‌وری بیشتر ساکنان و در نتیجه ایجاد منافع اقتصادی فراوان برای کشور شود. اولگی[1] با توجه به شدت تابش آفتاب بر سطوح قائم در جهات مختلف جغرافیایی و نیز ساعت‌ها و فصول مختلف، مناسب‌ترین جهات را برای چهار منطقه اقلیمی ایالات متحده آمریکا به‌دست آورد که برای مناطق دیگر با شرایط و عرض‌های جغرافیایی یکسان از جمله ایران نیز به‌کار می‌رود. هدف از مطالعه حاضر بررسی صحت و سقم جهت‌گیری بهینه تعریف شده برای ساختمان‌ها در اقلیم سرد ایران (شهر کرمانشاه) می‌باشد. از آنجا که دانش شبیه‌سازی، مطالعه رفتار پیچیده ساختمان را با توجه به اقلیم ممکن ساخته و طراحان را در اتخاذ روش‌های مناسب اقلیمی، یاری می‌رسانند؛ لذا در این تحقیق برای تعیین جهت بهینه ساختمان از نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر استفاده شده است. به این منظور یک تیپ ساختمان اداری پرتکرار در این شهر، در نرم‌افزار مورد نظر با ویژگی‌های نزدیک به واقعیت شبیه‌سازی و سپس انرژی اولیه مورد نیاز ساختمان در جهات مختلف محاسبه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با در نظر گرفتن شاخص میزان مصرف انرژی، کشیدگی غربی- شرقی، بهترین جهت‌گیری در ساختمان‌های اداری شهر کرمانشاه می‌باشد.

واژگان کلیدی: جهت بهینه، مصرف انرژی، اقلیم سرد، ساختمان‌های اداری، شهر کرمانشاه.

* Email: m.ansarimanesh@iauksh.ac.ir

۱. مقدمه

سالانه میلیون‌ها بشکه نفت و کیلووات ساعت‌ها برق برای تأمین نیازمندی‌های جمعیت ساکن در شهرها و روستاها، به‌منظور گرمایش و سرمایش محل کار و زندگی، حمل‌ونقل، انجام فعالیت‌های روزانه و غیره مصرف می‌شود (Keirstead, Jennings, & Sivakumar, 2012, p. 3848) که در این میان بخش ساختمان مسئول حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای است (Rodriguez-Soria, Dominguez-Hernandez, Perez-Bella, & Del Coz-Diaz, 2014, p. 79). رشد سریع مصرف منابع انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان، افزایش قیمت آن‌ها و نیز مشکلات زیست‌محیطی بر اهمیت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش ساختمان تأکید می‌کند (Aksoy & Inalli, 2006, p. 1742). تلاش برای کاهش مصرف انرژی، انسان‌ها را به تحقیق و مطالعه بیشتر در پی یافتن جایگزینی مناسب برای آن از میان انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است (Mahdavinejad, Bemanian, & Motavar, 2013, p. 41). از آنجا که انرژی در دست‌یابی به شهری پایدار دارای جایگاه ویژه‌ای است (Mahdavinejad, 2013, p. 36)؛ لذا امروزه به بحث چالش‌برانگیزی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران تبدیل شده است (Mahdavinejad & Setayesh Nazar, 2017, p. 92). بدین ترتیب با توجه به نقش موثر انرژی در توسعه فیزیکی محیط مصنوع (Heidari, Mahdavinejad, & Sotodeh, 2018) و افزایش مصرف آن به موازات رشد جوامع بشری، توجه به محدودیت منابع و پیشگیری از مواجهه با بحران انرژی، لزوم صرفه‌جویی از طریق مدیریت مصرف انرژی ضروری است. هدف از مدیریت انرژی کاهش دادن و منطقی کردن مصرف انرژی به نحوی است که توجیه اقتصادی داشته و در عین حال منجر به بروز تأثیرات منفی در سطح رفاه و آسایش حرارتی ساکنین نشود (Habib, Barzegar, & Cheshmehghasabani, 2014, p. 56). ساختمان‌هایی که براساس متدها و معیارهای بهره‌وری انرژی ساخته می‌شوند، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، باعث کاهش هزینه‌ها و نیز کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن شده و در واقع به نفع جامعه هستند (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560). یکی از راه‌کارهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان، جلوگیری از هدر رفت آن است و هدر رفت انرژی به‌طور غالب تحت تأثیر میزان انتقال حرارت از پوسته‌ها، فاکتور تراکم و نیز دمای داخلی است (Rodriguez-Soria et al., 2014, p. 78). لیکن علاوه بر در نظر گرفتن عایق‌های حرارتی، بهره‌گیری از راه‌کارهای مناسب می‌تواند تا حدود زیادی بر میزان مصرف انرژی ساختمان، مؤثر باشد (Mahdavinejad, 2013, p. 35). در تمامی اقلیم‌ها، ساختمان‌هایی که براساس اصول طراحی اقلیمی ساخته شده‌اند، با استفاده از انرژی‌های طبیعی موجود در اطرافشان، ضرورت گرمایش و سرمایش مکانیکی را به حداقل می‌رسانند (Ibid, p. 37) و علاوه بر آن تا حدود زیادی موجب آسایش بیشتر ساکنین می‌شوند (Modiri, Zahabnazouri, Alibakhshi, Afsharmanesh, & Abbasi, 2012, p. 141). برای این منظور راه‌کارهای زیادی وجود دارد از جمله جهت گیری، شکل ساختمان و نیز میزان سطوح شفاف که در نظر گرفتن بسیاری از این راه کارها مربوط به فاز طراحی است (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560; Aksoy & Inalli, 2006, pp. 1742-43). فاز طراحی ساختمان اولین خط دفاعی در مقابل عوامل اقلیمی خارج بنا (Mahmoudi & Nivi, 2011, p. 37) و بهترین زمان برای مدنظر قرار دادن راهبردهای پایدار است؛ چرا که حداقل نسبت به راهبردهایی که بعد از ساخت ساختمان مدنظر قرار می‌گیرند، بسیار کم‌هزینه‌ترند (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560). در واقع مبالغ صرفه‌جویی شده در درازمدت، به اجرای روش‌های طراحی اقلیمی به‌عنوان بهترین نوع سرمایه‌گذاری برای مالکان تأکید می‌کند ضمن این‌که سبب بهبود شرایط آسایش در داخل ساختمان می‌شوند (Mahmoudi & Nivi, 2011, p. 37). به‌عنوان یک قاعده تجربی در طراحی ایستای خورشیدی، همواره به فرم و جهت ساختمان توجه ویژه‌ای می‌شود (Hemsath & Bandhosseini, 2015, p. 526). لیکن در میان پارامترهای مورد توجه قرار گرفته در فاز طراحی، جهت از مهم‌ترین و یکی از مواردی است که بیشتر از بقیه مورد مطالعه قرار گرفته است (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3561). انتخاب جهت استقرار ساختمان به عواملی چون وضع طبیعی زمین، میزان نیاز به فضاهای خصوصی، کنترل و کاهش صدا و نیز دو عامل باد و تابش آفتاب بستگی دارد. در واقع به‌کار بردن اصول اقلیمی در طراحی معماری و قرارگیری ساختمان در جهت مناسب، کمک شایانی در تقلیل مضرات و استفاده بهینه از تابش آفتاب و بادهای مطلوب می‌نماید (Modiri et al., 2012, p. 141). در مطالعه‌ای که توسط موریسی و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام گرفته است جهت‌گیری ساختمان به‌منظور بهره‌گیری از حداکثر منافع خورشیدی، به‌عنوان یک گزینه کم‌هزینه پیشنهاد می‌شود (Morrissey, Moore, & Horne, 2011, p. 568).

قرار دادن ساختمان در جهت بهینه فواید بسیاری دارد:

۱. معیاری کم‌هزینه است که در مراحل اولیه طراحی قابل کاربرد است.

۲. تقاضای انرژی را کاهش می‌دهد.

۳. استفاده از سیستم‌های ایستای پیچیده‌تر را کاهش می‌دهد.

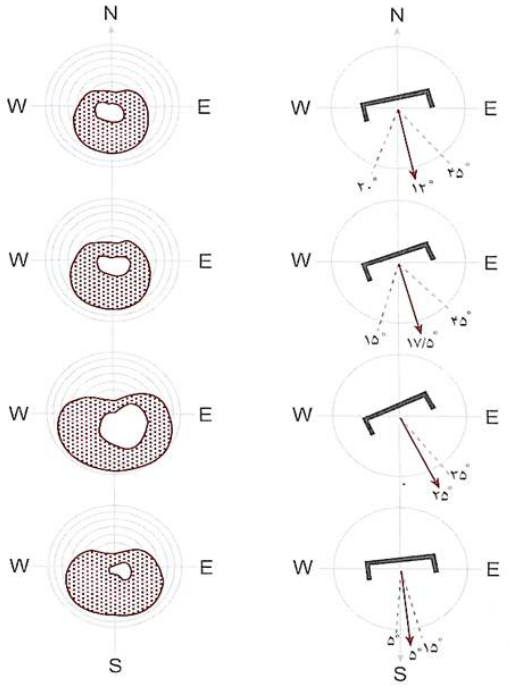
۴. کارایی دیگر تکنیک‌های ایستا را افزایش می‌دهد.

۵. کیفیت نور روز را افزایش و نیاز به نور مصنوعی را کاهش می‌دهد و بار گرمایشی داخل ساختمان را کمتر می‌کند.

۶. کارایی کنترل کننده‌های خورشیدی را ارتقا می‌بخشد (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562).

در مناطق سردسیر جهت ساختمان باید به‌گونه‌ای باشد که بیشترین میزان جذب انرژی خورشید اتفاق بیافتد. ضمن این‌که طراحان ساختمان باید با محاسبه شارژ تابشی خورشید در ساعات مختلف روز و روزهای مختلف سال (که مکان و زاویه تابش خورشید تغییر می‌کند) جهت ساختمان را طوری تعیین کنند که میزان تابش جذب شده، سبب گرمای بیش از حد ساختمان نشود (Modiri et al., 2012, p. 142). ویکتور اولگی با توجه به شدت تابش آفتاب بر سطوح قائم در جهات مختلف جغرافیایی و نیز در ساعت‌ها و فصول مختلف، مناسب‌ترین جهات را برای چهار منطقه اقلیمی ایالات متحده آمریکا به‌دست آورد که برای مناطق دیگر با شرایط و عرض‌های جغرافیایی یکسان از جمله ایران نیز به‌کار می‌رود (Kasmai, 2011, p. 127) (شکل ۱). نام این روش، روش نموداری است. روش نموداری می‌تواند در بررسی و تعیین مناسب‌ترین جهت استقرار ساختمان مفید واقع شود، بدین‌صورت که ساختمان در جهتی که در فصول گرم کمترین و در فصول سرد بیشترین تابش آفتاب را دریافت می‌کند، بهترین جهت استقرار را خواهد داشت. یعنی در واقع این دو ویژگی توأمان باید وجود داشته باشد (Modiri et al., 2012, p. 148).

شکل ۱: جهت‌گیری ساختمان براساس روش اولگی: به‌ترتیب اقلیم سرد، اقلیم معتدل و مرطوب، اقلیم گرم و خشک، اقلیم گرم و مرطوب



(Kasmai, 2011, p. 127)

می‌توان گفت در تمامی نظریه‌هایی که به بررسی ارتباط جهت ساختمان با تابش آفتاب می‌پردازند (مانند روش نموداری اولگی)، این توافق وجود دارد که که جهت جنوب برای دریافت گرما در زمستان و کنترل اشعه‌های خورشیدی در تابستان بهینه است. بدین معنی که طولانی‌ترین دیوار به سمت جنوب باشد (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562). یقیناً این جهت سبب دریافت بیشترین انرژی خورشیدی در زمستان و کمترین میزان آن در تابستان می‌شود، لیکن علاوه بر تابش آفتاب، دمای هوا نیز در بهبود شرایط داخلی ساختمان بسیار مؤثر است که در این مطالعات مورد توجه قرار نگرفته است. هم‌چنین اهمیت تابش به نوع اقلیم و نیز فصول مختلف سال بستگی دارد، به‌عنوان مثال برای دستیابی به آسایش در تابستان، بایستی میزان تابش آفتاب به بدنه‌های ساختمان کم باشد. می‌توان گفت جهت ساختمان باید در ارتباط با بهینه‌سازی دیگر پارامترها مانند کل اشعه خورشیدی دریافتی، شکل ساختمان، سطح پلان همکف، میزان تقاضای سالانه انرژی (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562) و نیز ویژگی‌های طرح، نوع مصالح ساختمانی و رنگ سطح خارجی دیوارها بررسی شود (Kasmai, 2011, p. 127). در کل برای ایجاد آسایش در ساختمان، جهت آن باید طوری باشد که بهترین تابش آفتاب را در فصول سرد و بهترین کوران را در فصول گرم به همراه داشته باشد. نور خورشید همیشه برای ایجاد روشنایی در یک ساختمان مورد نیاز است؛ اما از آنجا که این نور سرانجام به حرارت تبدیل می‌شود، باید میزان آن با توجه به نوع ساختمان و شرایط اقلیمی محل تعیین شود (Modiri et al., 2012, p. 143). تحقیق حاضر جهت بررسی صحت و سقم جهت‌گیری بهینه تعریف شده برای اقلیم سرد ایران و در شهر کرمانشاه، با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انجام گرفته است؛ چرا که امروزه دانش شبیه‌سازی، مطالعه کارایی انرژی ساختمان را ساده کرده و پیش‌بینی رفتار پیچیده ساختمان را با توجه به اقلیم ممکن ساخته است. در واقع ابزارهای شبیه‌ساز قادرند طراحان را در اتخاذ روش‌های اقلیمی مناسب در فاز طراحی از جمله انتخاب جهت بهینه ساختمان، یاری برسانند.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در مورد نحوه جهت‌گیری صحیح ساختمان‌ها انجام شده است که در ادامه تعدادی از آن‌ها آورده می‌شود. مطابق مطالعات لیتلفیر[۲] در سال ۲۰۰۱ بیشترین کتاب‌ها، راهنماها و غیره در مورد تکنیک‌های ایستای خورشیدی، ساختمانی را پیشنهاد می‌کنند که به سمت جنوب رو کرده باشد. لیکن برخی بهترین گزینه‌ها را ۳۰-۲۰ درجه به سمت جنوب بیان می‌کنند.
شویو[۳] در سال ۱۹۸۱ در مورد جهت سطوح شفاف ساختمانی مطالعه کرده است. نتایج بررسی‌های وی نشان داد که برای دستیابی به بیشترین صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مخصوصاً در اقلیم گرم و مرطوب، باید سطوح شفاف ساختمان به سمت جنوب باشد و اگر این جهت‌گیری

امکان‌پذیر نبود، جهت جنوب‌شرقی مناسب است.
در تحقیقی دیگر، میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی یک مدل بزرگ ساختمانی که نسبت به جهت جنوب ۳۰-۴۵ و ۶۰ درجه چرخانده شد، مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج نشان دادند که بیشترین میزان صرفه‌جویی در انرژی وقتی است که بزرگترین دیوار ساختمان ۳۰ درجه به سمت جنوب چرخیده باشد (as cited in Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562).
جابر و عجیب در سال ۲۰۱۱، بهترین جهت‌گیری ساختمان، اندازه پنجره و نیز ضخامت عایق حرارتی برای یک ساختمان مسکونی در منطقه مدیترانه را بررسی کردند. نتایج دال بر این امر بود که حدود ۲۷٫۵۹ درصد از مصرف انرژی سالانه را می‌توان با انتخاب بهترین جهت، اندازه بهینه پنجره‌ها، سایه‌بان و ضخامت مطلوب عایق، صرفه‌جویی نمود (Jaber & Ajib, 2011, p. 1830).
آکسوی و اینالی در سال ۲۰۰۶ با انجام تحقیقاتی در شهر الازیگ[۴] واقع در منطقه سرد ترکیه، چرخش صفر و ۸۰ درجه‌ای ساختمان به سمت جنوب را مناسب‌ترین جهت، برای ساختمانی با نسبت طول به عمق تقریباً دو به یک و یک به دو، تعیین کردند (Aksoy & Inalli, 2006, p. 1742).
مینگ فانگ جنوب را بهترین جهت ساختمان، هم به‌منظور دریافت گرمای خورشیدی در زمستان و هم کنترل آن در تابستان تعریف کرد (Mingfang, 2002).
نتایج تحقیقات انجام شده توسط مهدوی‌نژاد و فلاح تفتی در سال ۲۰۱۵ نشان داد که جهت بهینه ساختمان در شهر تهران تا حدود زیادی وابسته به عناصر ایستای دریافت‌کننده حرارت خورشیدی، جهت آن‌ها و نیز موقعیت‌شان در ساختمان است. ضمن این‌که در میان تمامی عوامل بررسی شده در این تحقیق، میزان سطوح شیشه‌ای ساختمان بیشترین نقش را در تعیین جهت ساختمان داشت (Mahdavinejad & fallahtafti, 2015).

۳. نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی ساختمان

نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی ساختمان، اساساً برای محاسبه و تعیین مصرف انرژی ساختمان در یک دوره مشخص و نیز تخمین پیک بارهای حرارتی سیستم‌های گرمایشی-سرمایشی و در نتیجه مطالعه کارایی انرژی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین‌ترتیب شبیه‌سازی می‌تواند از طریق مدل کردن راهبردهای مختلف، به کم شدن مصرف انرژی (قبل از ساخت آن‌ها) کمک کند. در واقع روش دیگری غیر از این ابزار برای دستیابی به تکنیک‌های صرفه‌جویی انرژی در مرحله طراحی وجود ندارد. این تکنیک‌های معمارانه می‌توانند جهت، فرم ساختمان، نسبت بازشوها، سایه‌بان‌ها، تهویه طبیعی و غیره باشند.
در سال‌های اخیر نرم‌افزارهای شبیه‌ساز به شکل سریعی پیشرفت کرده‌اند و به‌طور مکرر ورژن‌های مختلف این برنامه‌ها ارائه می‌شود. نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌ساز انرژی با قابلیت‌ها و ویژگی‌های مختلف وجود دارد که در این میان برنامه انرژی پلاس[۵] یکی از محبوب‌ترین و مؤثرترین برنامه‌های شبیه‌سازی انرژی است که بسیاری از ویژگی‌های مکانیکی، محیطی، ساختاری و معمارانه را مدل می‌کند؛ اما از آنجا که این نرم‌افزار خروجی‌ها را به شکل فایل متنی ارائه می‌دهد، لذا برای ارائه گرافیکی نتایج، نرم‌افزار دیزاین بیلدر[۶] به‌کار می‌رود.

۳-۱- نرم‌افزار دیزاین بیلدر

نرم‌افزار دیزاین بیلدر که با موتور انرژی پلاس کار می‌کند، یک نرم‌افزار گرافیکی است که می‌تواند تهویه طبیعی، نور روز، سایه‌اندازها و حتی سایه‌بان‌های پیچیده همراه با تأثیرات سایه‌اندازی و غیره را مدل کرده و آنالیز کند. این نرم‌افزار برای محاسبه بارهای گرمایشی و سرمایشی ساختمان، داده‌های آب و هوایی ساعتی واقعی را با توجه به استاندارد ASHRAE 55[۷] استفاده می‌نماید و قادر است نتایج زیر را به شکل سالانه، ماهانه، روزانه و ساعتی و یا حتی کمتر از ساعت ارائه دهد:
الف. مصرف انرژی؛
ب. دمای عملکردی، دمای متوسط تشعشعی، دمای هوای داخلی و نیز رطوبت؛
ج. خروجی‌های مرتبط با آسایش حرارتی: PMV، DISC و غیره بر اساس استاندارد ASHRAE 55؛
د. انتقال حرارت از طریق دیوارها، کف، تهویه، درزها و غیره؛
و. بارهای گرمایشی و سرمایشی؛
ی. میزان تولید دی‌اکسیدکربن (Nasrollahi, 2009, pp. 148-150).
لازم به ذکر است که نصراللهی در سال ۲۰۰۹ در رساله دکتری معماری خود با موضوع «خانه‌های پاسخگو به اقلیم و انرژی در اقلیم‌های قاره‌ای: مناسبت خانه‌های غیرفعال برای اقلیم سرد و خشک ایران[۸]» که در دانشگاه صنعتی برلین انجام گرفته است به بررسی راه‌های کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی در اقلیم سرد ایران می‌پردازد. او همچنین هماهنگی استاندارد خانه‌های غیرفعال را با شرایط اقلیمی، اقتصادی و تکنیکی ایران بررسی می‌نماید و برای این منظور از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده کرده است (Nasrollahi, 2009). در رساله دکتری سرکرده‌یی با عنوان «امکان‌سنجی ترکیب دو سامانه (سرمایشی-گرمایشی) ایستا با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی» که در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه هنر اصفهان به انجام رسید نیز در بخش شبیه‌سازی، از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است (Sarkardehi, 2018). همچنین عبدالله‌زاده در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود تحت عنوان «طراحی و تحلیل الگوی کارآمد و بهینه آتریوم در ساختمان‌های اداری شهر تهران» برای

مدل‌سازی جنبه‌های مختلف ساختمان از این نرم‌افزار بهره گرفت (Abdollahzadeh, 2013). به‌دلیل قابلیت‌های ویژه این نرم‌افزار و این‌که نتایج حاصل از آن در بسیاری از تحقیقات اعتبارسنجی شده؛ لذا در این تحقیق نیز به منظور دستیابی به جهت بهینه، از این برنامه شبیه‌ساز استفاده شده است.

۴. روش تحقیق

شهر کرمانشاه در عرض جغرافیایی ۳۴٫۲۳ درجه شمالی و طول جغرافیایی۴۷٫۰۳ درجه شرقی در منطقه سرد ایران قرار دارد. مطابق نمودار بیوکلماتیک اولگی این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین حداکثر و حداقل دما و شهرهای بزرگ این منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: میانگین حداقل و حداکثر دما در شهرهای بزرگ منطقه سرد ایران

ویژگی‌ها	میانگین حداکثر دما در تابستان بر حسب °C	میانگین حداقل دما در زمستان بر حسب °C	شهرها
- تابستان گرم و خشک - زمستان سرد	۳۵ تا ۴۰	۰ تا ۵-	تهران - شیراز- مشهد- کرمانشاه

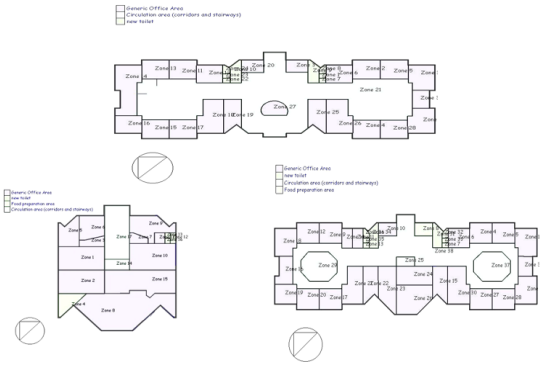
(Kasmai, 2011, p. 99)

جهت بهینه تعریف شده برای ساختمان‌های این شهر همان جهت تعریف شده برای منطقه سرد در روش نموداری اولگی است. به دلایلی که قبلاً توضیح داده شد، در این تحقیق، درستی این جهت‌گیری به چالش کشیده شده است؛ لذا برای بررسی تأثیر جهت‌گیری ساختمان بر مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری شهر کرمانشاه و در نتیجه به‌دست آوردن جهت بهینه، یک ساختمان اداری دو طبقه انتخاب شد. از آنجا که این شهر دارای یک تیپ غالب در ساختمان‌های اداری نیست و تنها وجه مشترک غالب ساختمان‌های اداری این شهر، فضای اداری بسته است؛ لذا در انتخاب نمونه مورد نظر این ویژگی‌ها مد نظر قرار گرفت. علاوه بر این بیشتر ساختمان‌های اداری این شهر دارای سیستم گرمایش و سرمایش مکانیکی بوده و توجه چندانی به بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی در آن‌ها نشده بود (شکل ۲).

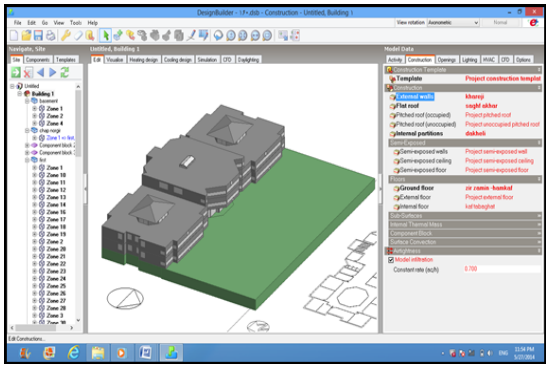
شکل ۲: ساختمان اداری انتخاب شده

سپس ساختمان مورد نظر با نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. بدین ترتیب که پس از انتقال فایل دو بعدی ساختمان از نرم‌افزار اتوکد، با وارد نمودن داده‌های لازم سه بعدی ساختمان ترسیم و فضای داخل ساختمان نیز بر حسب نوع کاربری زون‌بندی شد (شکل ۳). پس از ساخته شدن سه بعدی، تمام اطلاعات مربوط به ساختمان از جمله جزییات دیوارهای داخلی و خارجی و حتی نوع رنگ استفاده شده در آن‌ها، جنس در و پنجره‌ها، نوع شیشه آن‌ها، نوع سیستم گرمایشی و سرمایشی به‌کار رفته در ساختمان و تمام داده‌هایی که کمک می‌کند تا ساختمان با ویژگی‌های نزدیک به واقعیت ساخته شود وارد شد (شکل ۴) و در انتها فایل اقلیمی شهر مورد نظر (کرمانشاه) بارگذاری شد تا خروجی‌های مورد نیاز استخراج شود.

شکل ۳: پلان‌های ساختمان شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر



شکل ۴: ساختمان شبیه‌سازی شده در محیط نرم‌افزار



۵. نتایج حاصل از شبیه‌سازی

پس از شبیه‌سازی ساختمان، جهت شمال ۱۰ درجه به ۱۰ درجه نسبت به ساختمان چرخانده شد و هر بار مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان در گرم‌ترین و سردترین ماه سال و نیز به‌صورت سالانه محاسبه شد. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی‌ها (۱۰۸ بار عملیات شبیه‌سازی) در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: مصرف انرژی سالانه، در گرم‌ترین و سردترین ماه سال در جهات مختلف به منظور دستیابی به جهت بهینه

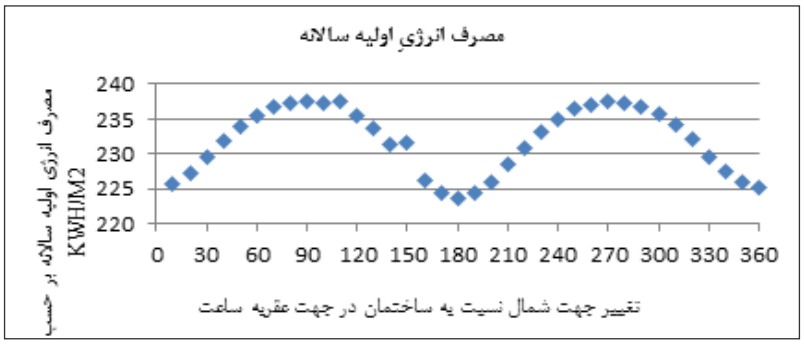
مصرف انرژی در سردترین ماه سال (KWH/M2) JAN 15 - FEB 15	مصرف انرژی در گرم‌ترین ماه سال (KWH/M2) AUG 15 - JUL 15	مصرف انرژی سالانه (KWH/M2)	تغییر جهت شمال نسبت به ساختمان در جهت عقربه‌های ساعت
۸,۶۸	۱۲,۶۳	۲۲۵,۷۸	۱۰
۸,۷۳	۱۲,۷۵	۲۲۷,۳	۲۰
۸,۸۲	۱۲,۹	۲۲۹,۵۵	۳۰
۸,۸۷	۱۳,۰۷	۲۳۱,۹۲	۴۰
۸,۸۹	۱۳,۲۱	۲۳۴,۰۲	۵۰
۸,۸۸	۱۳,۳۲	۲۳۵,۵۵	۶۰
۸,۸۴	۱۳,۴	۲۳۶,۷۹	۷۰
۸,۸	۱۳,۴۴	۲۳۷,۳۷	۸۰
۸,۷۹	۱۳,۴۶	۲۳۷,۵۱	۹۰
۸,۷۶	۱۳,۴۵	۲۳۷,۳	۱۰۰
۸,۷۶	۱۳,۴۱	۲۳۷,۶۱	۱۱۰
۸,۷۵	۱۳,۳۴	۲۳۵,۴۱	۱۲۰
۸,۷۲	۱۳,۲۳	۲۳۳,۶۵	۱۳۰
۸,۶۳	۱۳,۰۹	۲۳۱,۴	۱۴۰
۸,۵۶	۱۲,۹۲	۲۳۱,۷۱	۱۵۰
۸,۴۹	۱۲,۷۶	۲۲۶,۳۲	۱۶۰
۸,۴۶	۱۲,۶۳	۲۲۴,۵۳	۱۷۰
۸,۴۴	۱۲,۵۹	۲۲۳,۷۳	۱۸۰
۸,۴۷	۱۲,۶۳	۲۲۴,۳۸	۱۹۰
۸,۵۶	۱۲,۷۵	۲۲۶,۰۷	۲۰۰
۸,۶۴	۱۲,۹۱	۲۲۸,۴۷	۲۱۰
۸,۷	۱۳,۰۷	۲۳۰,۹۷	۲۲۰
۸,۷۶	۱۳,۲۲	۲۳۳,۲۴	۲۳۰
۸,۷۸	۱۳,۳۳	۲۳۵,۰۹	۲۴۰
۸,۸۱	۱۳,۴	۲۳۶,۴۳	۲۵۰
۸,۷۹	۱۳,۴۴	۲۳۷,۱۳	۲۶۰
۸,۸۱	۱۳,۴۵	۲۳۷,۴۴	۲۷۰
۸,۸۳	۱۳,۴۳	۲۳۷,۳۵	۲۸۰
۸,۸۵	۱۳,۴	۲۳۶,۸۱	۲۹۰

۳۰۰	۲۳۵,۷۹	۱۳,۳۱	۸,۸۶
۳۱۰	۲۳۴,۲۴	۱۳,۲۱	۸,۸۷
۳۲۰	۲۳۲,۱۸	۱۳,۰۷	۸,۸۷
۳۳۰	۲۲۹,۵۳	۱۲,۹۱	۸,۸
۳۴۰	۲۲۷,۵۵	۱۲,۷۵	۸,۷۲
۳۵۰	۲۲۵,۸۹	۱۲,۶۳	۸,۶۷
۳۶۰	۲۲۵,۲۱	۱۲,۵۹	۸,۶۴

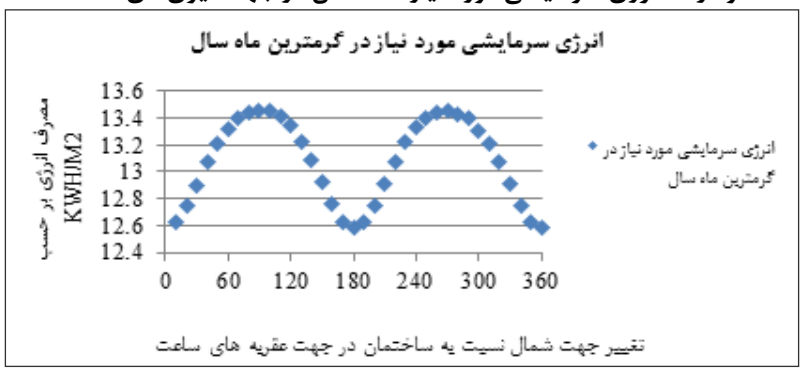
۶. تجزیه تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی

برای فهم بهتر، نتایج حاصل از این شبیه‌سازی در نمودارهای ۱تا ۳ آورده شده است. مطابق این نمودارها، جهت بهینه ساختمان زمانی است که جهت شمال ۱۸۰ درجه نسبت به ساختمان چرخانده می‌شود. یعنی زمانی‌که ساختمان کشیدگی غربی- شرقی دارد.

نمودار ۱: مصرف انرژی اولیه ساختمان در جهت‌گیری‌های مختلف



نمودار ۲: انرژی سرمایشی مورد نیاز ساختمان در جهت‌گیری‌های مختلف



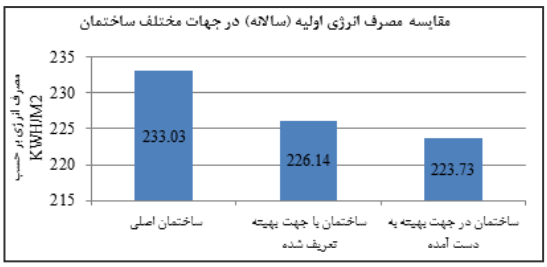
نمودار ۳: انرژی گرمایشی مورد نیاز ساختمان در جهت‌گیری‌های مختلف

در این جهت ساختمان کمترین مصرف انرژی سالانه و نیز کمترین مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی را در سردترین و گرم‌ترین ماه سال در مقایسه با سایر جهات و نیز جهت بهینه تعریف شده ساختمان دارد (شکل ۵).

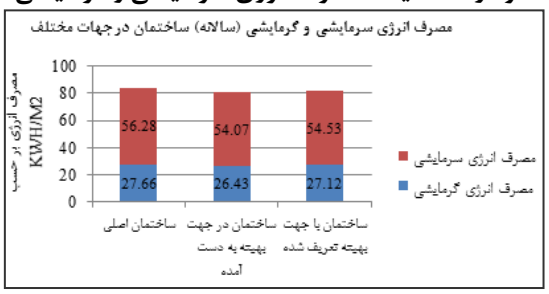
شکل ۵: جهت بهینه ساختمان (کشیدگی غربی- شرقی)

همانطور که در نمودار ۴ دیده می‌شود در حالتی‌که ساختمان در جهت بهینه به‌دست آمده قرار می‌گیرد، مصرف انرژی سالانه ساختمان ۲۲۳,۷۳ KWH/M2 است که در مقایسه با جهت بهینه تعریف شده برای این اقلیم حدود ۲,۵ KWH/M2 کمتر است. علاوه بر این در این جهت میزان مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی سالانه ساختمان نیز کمتر می باشد (نمودار ۵).

نمودار ۴: مصرف انرژی اولیه در جهات مختلف ساختمان مورد بررسی



نمودار ۵: مقایسه مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی



۷. نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت جهت‌گیری ساختمان در بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، این تحقیق با شبیه‌سازی یک ساختمان پر تکرار اداری شهر کرمانشاه در نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر و محاسبه نیاز انرژی آن در جهات مختلف، در پی تعریف جهت بهینه ساختمان برآمد. نتایج نشان داد کمترین میزان مصرف انرژی سالانه در کشیدگی غربی- شرقی ساختمان ۲۲۳,۷۳ KWH/M2 در سال است که در مقایسه با مصرف انرژی در جهت واقعی ساختمان یعنی ۲۲۳۳,۰۳ KWH/M2 کمتر می‌باشد. لازم به ذکر است که در جهت بهینه ارائه شده برای ساختمان‌های این منطقه میزان مصرف انرژی اولیه سالانه KWH/M2 ۲۲۶,۱۴ می‌باشد که به میزان KWH/M2 ۲,۸ (حدود ۱,۲ درصد) بیشتر از زمانی است که ساختمان کشیدگی غربی- شرقی دارد. لازم به ذکر است که جهت تعمیم‌دهی جهت به دست آمده، باید این تحقیق در ساختمان‌های با کاربری‌های متفاوت تکرار شود، ضمن این‌که وجود آشفتگی‌های بسیار زیاد در تیپ‌های ساختمانی هر بخش می‌تواند نتایج حاصله از این نرم‌افزار را تحت تأثیر قراردهد.

پی‌نوشت

1. Olgyay
2. Little Fair
3. Shaviv
4. Elazig
5. Energy Plus
6. Design Builder
7. American Society of Heating Refrigerating and Air -Conditioning Engineers
8. Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates

References

- Abdollahzadeh, S. (2013). *Optimum Pattern Design of Atrium in Tehran Office Buildings*. Master'S Thesis in Architecture, Payame Nour University, East Branch, Tehran.
- Aksoy, U.T., & Inalli, M. (2006). Impacts of Some Building Passive Design Parameters on Heating Demand for a Cold Region. *Building and Environment*, 41(12), 1742-1754.
- Habib, F., Barzegar, Z., & Cheshmehghasabani, M. (2014 - 2015). Prioritization of Effective Building Energy Consumption Parameters Using AHP. Naghshejahan, 4(2), 55-61.
- Heidari, F., Mahdavinejad, M., & Sotodeh, S.H. (2018). *Renewable Energy and Smart Hybrid Strategies for High Performance Architecture and Planning in Case of Tehran, Iran*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 159.
- Hemsath, T.L., & Bandhosseini, K.A. (2015). Sensitivity Analysis Evaluating Basic Building Geometry'S Effect on Energy Use. *Renewable Energy*, 76, 526-538.
- Jaber, S., & Ajib, S. (2011). Optimum, Technical and Energy Efficiency Design of Residential Building in Mediterranean Region. *Energy and Buildings*, 43(8), 1829-1834.
- Kasmai, M. (2011). *Climate and Architecture; Ahmadinejad, Mohammad*. Esfahan:(Khak Publication).
- Keirstead, J., Jennings, M., & Sivakumar, A. (2012). A Review of Urban Energy System Models: Approaches, Challenge and Opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3847-3866.
- Mahdavinejad, M. (2013). Establishment of Optimum Designing Pattern in Buildings Roof Shape Based on Energy Loss. *Naqshejahan: Basic Studies and New Technologies of Architecture and Urbanism*, 3(2), 35-42.
- Mahdavinejad, M., & Fallahtafti, R. (2015). Optimization of Building Shape and Orientation for Better Energy Efficient Architecture. *International Journal of Energy Sector Management*, 9(4), 593 - 618.
- Mahdavinejad, M., & Setayesh Nazar, N. (2017). Daylighting High-Performance Architecture: Multi-Objective Optimization of Energy Efficiency and Daylight Availability in BSk Climate. *Journal of Energy Procedia*, 115, 92-101.
- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Motavar, S. (2013). Estimation Performance of Horizontal Light Pipes in Deep-Plan Buildings; Case Study Office Building. HONAR-HA-YE-ZIBA (MEMARI-VA-SHAHRSAZI), 17(4), 41-48.
- Mahmoudi, M., & Nivi, S. (2011). Improving of Climatic Technology According to Sustainable Development. *Naqshejahan: Basic Studies and New Technologies of Architecture and Urbanism*, 1(1), 35-55.
- Mingfang, T. (2002). Solar Control for Buildings. *Building and Environment*, 37(7), 659-664.
- Modiri, M., Zahabnazouri, S., Alibakhshi, Z., Afsharmanesh, H., & Abbasi, M. (2012). Investigation of Optimum Orientation in Buildings based on Solar Radiation and Wind Direction in Gorgan City. *Journal of Geography*, 2(2), 141-156.
- Morrissey, J., Moore, T., & Horne, R.E. (2011). Affordable Passive Solar Design in a Temperate Climate: An Experiment in a Residential Building Orientation. *Renewable Energy*, 36(2), 568-577.
- Nasrollahi, F. (2009). *Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates: The Suitability of Passive Houses for Iran's Dry and Cold Climate*, Univerlagtu berlin.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). *Energy Efficient Design of Building: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy Efficient Design of Building: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Rodriguez-Soria, B., Dominguez-Hernandez, J., Perez-Bella, J.M., & del Coz-Diaz, J.J. (2014). Review of International Regulation Governing the Thermal Insulation Requirements of Residential Building and the Harmonization of Envelop Energy Loss. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 78-90.
- Sarkardehi, E. (2018). Feasibility Study on the Combination of two Passive (Heating / Cooling) Systems with the Aim of Saving Energy in Residential Buildings in Yazd. Ph.D. Thesis, Isfahan Art University, Isfahan.

ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2019.92428

Determination of the Optimal Orientation in the Cold Climate Administrative Buildings; Case Study: Kermanshah

Maryam Ansarimanesh[a*]- Nazanin Nasrollahi[b]- Mohammad Javad Mahdavinejad[c]

[a] Assistant Professor of Architecture, Faculty of Engineering, Kermanshah Branch Islamic Azad University, Kermanshah, Iran (Corresponding Author).
[b] Associate Professor of Architecture, Faculty of Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
[c] Associate Professor of Architecture, Faculty of Art and Architecture,Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received 06 December 2016; Revised 18 January 2017; Accepted 16 April 2017; Available Online 22 September 2019

ABSTRACT

The per capita energy consumption in Iran is higher than that of many of the countries. In between, the government's policies have become aligned with getting the energy cost closer to the reality and this has increasingly drawn the attentions to the efficient energy solutions in the building sector. One of the effective solutions in reducing the energy consumption is the climate-based designing of the buildings in general and the determination of the optimal orientation of the building in specific. This way, the first and the most important duty of an architect is aligning the building to a direction that receives the highest and the lowest amounts of sunlight during winter and summer, respectively. Besides influencing the reduction in the thermal need of the building, the enjoyment of the sunlight optimizes the quality of the interior environment thereby causing more healthiness and productivity of the residents and the resultant creation of abundant economic interests for the country. Considering the intensity of the sun's irradiation on the orthogonal surfaces in various geographical directions as well as the various hours and seasons, Olgyay obtained the most appropriate directions for four climatic regions in the US and it can be also applied for the other regions with the identical conditions and latitudes, including Iran. The present study aimed at the investigation of the authenticity and accuracy of the optimal orientation defined for the buildings in the cold climate of Iran (Kermanshah). Since the simulation knowledge enables the study of the complex behavior of the building according to climate and assists the designers in adopting proper climate-based method, Design Builder was the software chosen in the present study for the determination of the building's optimal orientation. To do so, a type of administrative building repeatedly constructed in this city was simulated in the aforesaid software with features close to reality and the initial energy required by the building was subsequently computed in various directions. The results obtained from the present study indicated that western-eastern stretch was the best orientation for the administrative buildings in Kermanshah considering the energy consumption rate.

Keywords: Optimal Orientation, Energy Consumption, Cold Climate, Administrative Buildings, Kermanshah.

* E_mail: m.ansarimanesh@iauksh.ac.ir

1. INTRODUCTION

Millions of oil barrels and kilowatt hours of electricity are annually consumed for supplying the needs of the population residing the cities and villages as well as heating and cooling their work and life spaces, transportation, performing daily activities and others (Keirstead, Jennings, & Sivakumar, 2012, p. 3848). In between, the building sector accounts for 40% of energy consumption and greenhouse gases' emission (Rodriguez- Soria, Dominguez- Hernandez, Perez-Bella, & Del Coz-Diaz, 2014, p. 79). The rapid growth in the consumption of the energy resources for heating and cooling the buildings, increase in their prices as well as the bioenvironmental problems all underline the importance of savings in energy consumption in the building sector (Aksoy & Inalli, 2006, p. 1742). Making efforts for reducing energy consumption has directed the mankind towards more research and study for finding its more proper substitutes amongst the renewable energies (Mahdavinejad, Bemanian, & Motarvar, 2013, p. 41). Since energy is of a particular stance in the achievement of a sustainable city (Mahdavinejad, 2013, p. 36); it has become a challenging topic in the developing countries including Iran (Mahdavinejad & Setayesh Nazar, 2017, p. 92). This way, considering the effective role of energy in the physical development of the artificial environment (Heidari, Mahdavinejad, & Sotudeh, 2018) and the increase in its consumption parallel to the growth in the human communities, it is necessary to pay attention to the energy resources' constraints and prevention of confrontation with energy crisis as well as making emphasis on energy savings through proper management of energy consumption. The goal of energy management is reducing and rationalizing the energy consumption in such a way that it is deemed economically justifiable and, in the meanwhile, not resulting in the emergence of the adverse effects in the thermal comfort and welfare levels of the residents (Habib, Barzegar, & Cheshmehghasabani, 2014, p. 56). Besides enabling the energy consumption savings, the buildings that are constructed based on the methods and scales of energy productivity cause a reduction in the costs as well as in the amount of the carbon dioxide emissions hence largely working in favor of the society (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560). One of the saving solutions to the building energy consumption is preventing the energy wastage which is per se predominantly influenced by the amount of heat transferred through the surfaces, density factor as well as the interior temperature (Rodriguez-Soria et al., 2014, p. 78). However, besides consideration of the thermal insulations, the enjoyment of the proper solutions can largely influence the amount of energy consumed in the building (Mahdavinejad, 2013, p. 35). In all of the climates, the buildings constructed based on climatic designs minimize the necessity for the mechanical heating and cooling through making use of the natural energies existent in their peripheries (Ibid, p. 37). Additionally, they cause more comfortability of the residents to a large extent (Modiri, Zahabnazouri, Alibakshi, Afsharmanesh, & Abbasi, 2012, p. 141). To do so, there are many solutions including the orientation and form of the building, the amount of the transparent surfaces and so on and the consideration of many of these solutions pertains to the designing phase (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560; Aksoy & Inalli, 2006, pp. 43-1742). The building's designing phase is the first defensive line against the climatic factors outside the building (Mahmoudi & Nivi, 2011, p. 37) and is the best time for taking the sustainable strategies into account because they are less costly in respect to the strategies that are considered after the buildings were constructed (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3560). In fact, the saved sums of money in the long run contribute and underline the implementation of the climate-based designing methods as the best type of investment for the proprietors while bringing about an improvement in the comfortability conditions inside the building (Mahmoudi & Nivi, 2011, p. 37). As an empirical rule in the solar-based designing, the building's form and orientation should be always particularly taken into consideration (Hemsath & Band Hosseini, 2015, p. 526). However, amongst the parameters taken into account in the designing phase, orientation is the most important consideration and one of the cases that have also been extensively researched (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3561). The selection of the building's placement orientation depends on factors like the land's natural posture, the extent to which the private spaces are required, control and reduction of sound as well as two factors of wind and irradiation. In fact, the use of climatic principles in architectural designing and giving the building a proper orientation considerably contributes to the mitigation of the harms and optimal use of sun's irradiation and the favorable winds (Modiri et al., 2012, p. 141). In a study that was conducted by Morrissey et al. in 2011, the building's orientation has been suggested for the enjoyment of the maximum solar benefits as a less costly option (Morrissey, Moore, & Horne, 2011, p. 568).

Placement of the building in an optimal orientation has a lot of advantages:

1. It is a less costly criterion applicable during the preliminary stages of designing.
2. It reduces energy demands.
3. It meets the need for more complicated static systems.
4. It increases the other static techniques.
5. It increases the quality of the daylight and reduces the need for the artificial light and lowers the thermal load inside the building.
6. It enhances the efficiency of the solar controllers (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562).

In cold regions, the buildings should be aligned towards an orientation that enables the highest amount

of solar energy absorption. In the meantime, the building designers should compute the irradiative flux of the sun for various hours of the day and different days of the year (where in the place and angle of the sun's irradiation change) so as to determine the building's orientation in such a way that the amount of the absorbed irradiation does not cause extreme heat in the building (Modiri et al., 2012, p.142). Considering the intensity of the sun's irradiation on the orthogonal surfaces in various geographical directions and at various hours and seasons, Victor Olgyay obtained the most appropriate directions for four climatic regions in the US and it can be also used for other regions with the similar conditions and identical geographical latitudes like Iran (Kasmaei, 2011, p. 127) (Fig. 1). It is called the diagrammatic method and it is very useful in the investigation and determination of the most appropriate orientation for the placement of the building in such a manner that the building is aligned towards a direction in which it receives the lowest irradiation of sun during the hot seasons and the highest irradiation of sun during the cold seasons of the year. It means that these two properties should be concomitantly existent (Modiri et al., 2012, p. 148).

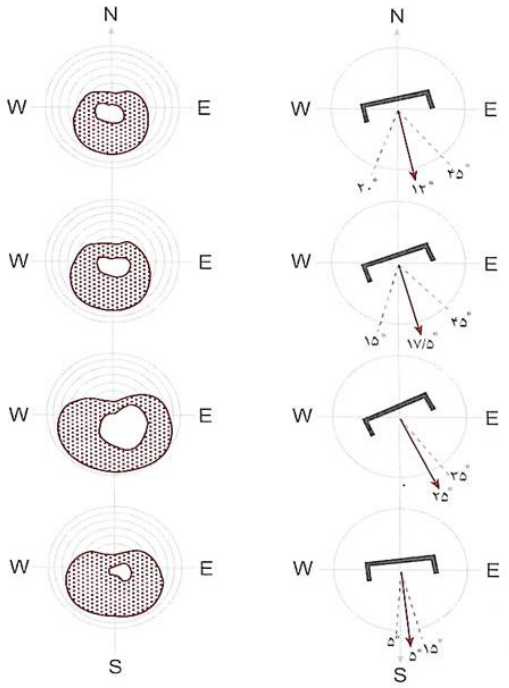


Fig. 1. Building Orientation Based on Olgyay Method Respectively for Cold, Temperate and Humid, Hot and Arid and Hot and Humid Climates
(Kasmai, 2011, p. 127)

It can be stated that all of the theories that deal with the investigation of the relationship between the building' orientation and the sun's irradiation (such as Olgyay method) agree that the southward direction is optimal for receiving heat in winter and controlling the sun rays during summer; meaning that the longest wall should be aligned southward (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562). Surely, this orientation provides the reception of the highest solar energy during winter and the lowest reception of solar energy during summer; however, besides the sun irradiation, temperature also is very effective in the improvement of the buildings' interior conditions and this has not been taken into account in the prior research. In addition, the importance of the irradiation depends on the climate type as well as the various seasons of the year. For example, the achievement of comfortability in summer needs a lower irradiation of the sun onto the building bodies. It can be asserted that the building's orientation should be determined in relation to the optimization of the other parameters like the total receivable solar rays, building's form, the ground floor's plan, the amount of the annual energy demand (Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562) and the properties of the plan, type of the constructional materials and the exterior surfaces of the walls (Kasma'ei, 2011, p. 127). In general, in order to create comfort in a building, the orientation should be selected in such a way that it is followed by the best sun irradiation during the cold seasons and the best current during the hot seasons of the year. Sunlight is always necessary for lighting of the buildings; but, since it is eventually transformed into heat, its amount should be determined according to the type of the building and the climatic conditions of the place (Modiri et al., 2012, p. 143). The present study has been carried out for investigating the accuracy and authenticity of the optimal orientation defined for cold climate of Iran in Kermanshah though employing simulation software because today's simulation knowledge simplifies the study of the energy efficiency in the buildings and enables the prediction of the complex behavior of the building according to climate. In fact, the simulation instruments are capable of aiding the designers in adopting proper climatic methods in the designing phase, including the selection of the building's optimal orientation.

2. BACKGROUND OF THE STUDY

Many studies have been conducted about the correct orientation of the buildings; some of which have been given below. According to the studies performed by Little Fair in 2001, the majority of the books, guides and other written documents have suggested a building in regard of the static solar techniques that are faced southward but some of them have stated that an orientation with a 20 to 30 degrees of inclination towards the south is the best choice.

Shaviv studied the orientation of the transparent building surfaces in 1981. The results of his investigations indicated that the transparent surfaces should be aligned southward for achieving the best saving of energy, especially in hot and humid climates, and that the southeastward is the next favorable orientation if the former is found impossible.

In another research, the energy savings was investigated in a large-scale building model that had been aligned southward in 30- to 45-degree and 60 angles. The results indicated that the highest energy saving is achieved when the largest wall of the building is rotated 30 degrees towards the south (as cited in Pacheco, Ordóñez, & Martinez, 2012, p. 3562).

In 2011, Jaber and Ajib examined the best building orientation, window size as well as thermal insulation thickness for a residential building in Mediterranean region. The results signified that about 27.59% of the annual energy consumptions can be saved through the selection of the best orientations, optimum size of the windows and shades and the proper thickness of the insulation (Jaber & Ajib, 2011, p. 1830).

Aksoy and Inalli performed a study in 2006 in Elazig in a cold climate in Turkey and determined zero and 80-degree rotation of the building towards the south as the most appropriate orientation for a building with an almost two to one ratio of length to depth (Aksoy & Inalli, 2006, p. 1742). Mingfang defined the southward direction as the best orientation for the reception of the solar energy in winter as well as its control in summer (Mingfang, 2002).

The results of the studies performed by Mahdavinejad and Fallah Tafti in 2015 demonstrated that the optimal orientation of the building in Tehran is largely dependent on the static elements receiving the solar heat, their orientations as well as their positions in the buildings. In the meanwhile, amongst all the factors investigated in this research, the surface area of the glassworks in the building was found playing the largest part in the determination of the building's orientation (Mahdavinejad & Fallah Tafti, 2015).

3. BUILDING ENERGY SIMULATOR SOFTWARE PACKAGES

The building energy simulator software packages are essentially applied for calculating and determining the building's energy consumption in a certain period of time as well as the estimation of the peak of the thermal loads of the heating-cooling systems, hence the study of the buildings' energy efficiency. This way, simulation can contribute to the lowering of energy consumption (before the construction of the buildings) through modeling the various strategies. In fact, there is no method other than this instrument available for attaining energy saving techniques during the designing stage. These architectural techniques can be employed for specifying the orientation, form, openings' ratios, shades, natural ventilation and so forth in the buildings.

During the recent years, simulation software packages have undergone rapid advances and the various versions of these applications are repeatedly offered. There are various energy simulation software with different capabilities and characteristics, amongst which Energy Plus is one of the most popular and effective energy simulation applications capable of modeling many of the mechanical, environmental, structural and architectural attributes; however, since the software offers the outputs in the form of a text file, Design Builder is applied for the graphical illustration of the results.

3.1. Design Builder Software

Design Builder is the software working with Energy Plus engine and it is a graphical software package that can model and analyze the natural ventilation, daylight, blinds and even more complex shutters along with shading effects and so forth. The software uses the real hourly climatic data according to ASHRAE 55 Standard[1] for the calculation of the thermal-cooling loads of the building and it is capable of offering the following results in annual, monthly, daily and hourly and/or even smaller than hourly forms:

A. Energy consumption

B. Functional temperature, mean radiative temperature, interior temperature as well as humidity

C. Outputs related to the thermal comfort: DISC, PMV and others based on ASHRAE 55 Standard

D. Heat transfer through walls and floors and ventilation, joints and so forth

E. Thermal and cooling loads

F. The amount of carbon dioxide production (Nasrollahi, 2009, pp. 148-150).

It is worth mentioning that Nasrollahi (2009) dealt in a PhD architectural dissertation about the "Climate and energy responsive housing in continental climates: the suitability of passive houses for Iran's dry and cold climate" that was conducted in Berlin's Industrial university with the investigation of the ways of reducing energy consumption in the residential buildings in Iran's cold climate. He also investigated the standard coordination of the passive houses with the climatic, economic and technical conditions in Iran and used Design Builder Software for doing so (Nasrollahi, 2009). In a Ph.D dissertation by Sarkardehi under the title of "feasibility study of combining the two static (cooling-heating) systems with the objective of energy savings in the residential buildings that was carried out in 2018 in Isfahan's Art University, as well, Design Builder has been utilized in the simulation part (Sarkardehi, 2018). Moreover, in an MA dissertation called "designing and analyzing the efficient and optimum atrium pattern in administrative buildings in Tehran", Abdullahzadeh has employed the software for modeling the various aspects of the building (Abdullahzadeh, 2013). Due to the particular capabilities of this software and considering the fact that the results obtained from it have been validated in a great many of the studies, the current research paper has used this simulation program for achieving the optimal orientation.

4. METHODOLOGY

Kermanshah is located in 34º 23' of the northern latitude and 47º 03' of the eastern longitude in a cold region in Iran. According to Olgyay's bioclimatic diagram, this region has cold winters and dry and hot summers. The mean of maximum and minimum temperatures in the large cities of the region have been presented in Table 1.

Table 1. The Mean of Maximum and Minimum Temperatures in the Large Cities of Cold Climate Regions in Iran

Cities	(Mean minimum temperature in winter in ºC)	(Mean maximum temperature in summer in ºC)	Properties
- Hot and arid summers - Cold winters	35 to 40	0 to -5	Tehran, Shiraz, Mashhad and Kermanshah

(Kasmai, 2011, p. 99)

The optimum orientation defined for the buildings of this city are the very orientations specified for the cold region in diagrammatic method used by Olgyay. Due to the reasons that were explained before, the veracity of this orientation has been challenged in this study; thus, in order to investigate the effect of the building orientation on energy consumption in the administrative buildings of Kermanshah and, resultantly, for attaining an optimal orientation, a two-storey administrative building was selected. Since the city does not have a dominant type of administrative buildings and the only prevalent common aspect of the administrative buildings in the city is the closed office space, these features were taken into account in selecting the intended sample. Furthermore, the majority of the administrative buildings in this city have mechanical heating and cooling systems and not much attention is paid to the enjoyment of natural energies in them (Fig. 2).

Fig. 2. Selected Administrative Building

Then, the intended building was simulated using Design Builder in such a way that, after transferring the 2D file of the building from Autocad Software, the required 3D data of the building were inserted and the building was delineaed and its interior spaces were also zoned based on the types of their uses (Fig. 3). After the 3D drawing of the building, the entire information related to the building, including the details of the internal and external walls and even the type of the color used in them, the materials of the doors and windows, the type of the windows, the type of the applied heating and cooling system and all of the data contributing to the construction of the building with close-to-reality properties were inserted (Fig. 4) and, in the end, the climatic file of the intended city (Kermanshah) was loaded so that the required outputs could be extracted.

Fig. 3. The Plan of the Building Simulated in Design Builder Software

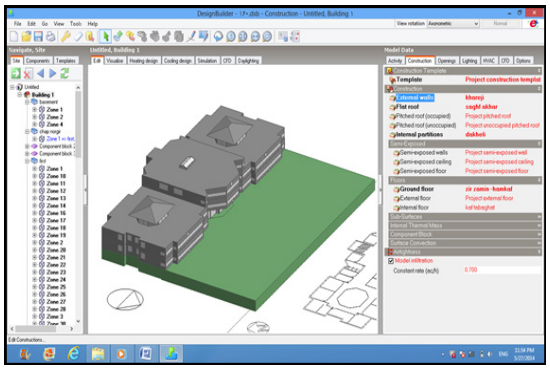


Fig. 4. The Building Simulated in the Software Environment

5. RESULTS OBTAINED FROM SIMULATION

After simulating the building, the northern direction was rotated in respect to the building ten degrees by ten degrees and the heating and cooling energy consumption of the buildings was calculated each time for the hottest and coldest month of the year and also annually. The results obtained from these simulations (108 simulation operation times) have been given in Table 2.

Table 2. The Annual Energy Consumption in the Hottest and Coldest Months of the Year in Various Directions for Achieving an Optimal Orientation

Clockwise rotation of the northern direction in respect to the building	Annual energy consumption (KWH/M^2)	Energy use in the hottest month of the year (KWH/M^2) AUG 15th - JUL 15th	Energy use in the coldest month of the year (KWH/M^2) JAN 15th - FEB 15th
10	225.78	12.63	8.68
20	227.3	12.75	8.73
30	229.55	12.9	8.82
40	231.92	13.07	8.87
50	234.02	13.21	8.89
60	235.55	13.32	8.88
70	239.79	13.4	8.84
80	237.37	13.44	8.8
90	237.51	13.46	8.79
100	237.3	13.45	8.76
110	237.61	13.41	8.76
120	235.41	13.34	8.75
130	233.65	13.23	8.72
140	231.4	13.09	8.63
150	231.71	12.92	8.56
160	226.32	12.76	8.49
170	224.53	12.63	8.46
180	223.73	12.59	8.44
190	224.38	12.63	8.47
200	226.07	12.75	8.56
210	228.47	12.91	8.64
220	230.97	13.07	8.7
230	233.24	13.22	8.76
240	235.09	13.33	8.78
250	236.43	13.4	8.81
260	237.13	13.44	8.79
270	237.44	13.45	8.81
280	237.35	13.43	8.83
290	236.81	13.4	8.85
300	235.79	13.31	8.86
310	234.24	13.21	8.87
320	232.18	13.07	8.87
330	229.53	12.91	8.8
340	227.55	12.75	8.72
350	225.89	12.63	8.67
360	225.21	12.59	8.64

6. ANALYSIS OF THE SIMULATION RESULTS

To better understand the issue, the results obtained from the simulation have been displayed in charts (1) to (3). According to these diagrams, the optimal orientation of the building was achieved when the northern direction was rotated 180 degrees in respect to the building, i.e. when the building was stretched west-eastward.

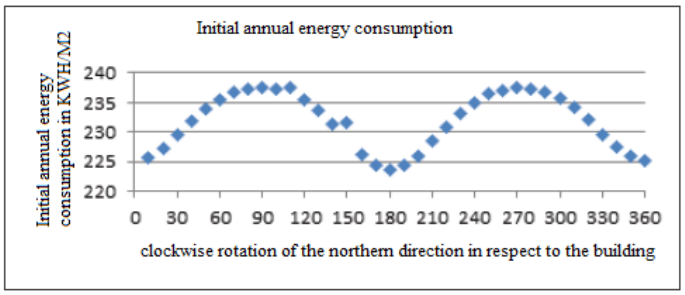


Chart 1. The Initial Energy Consumption of the Building in Various Orientations

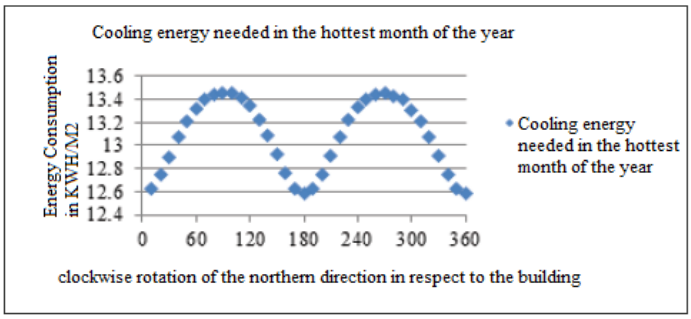


Chart 2. The Cooling Energy Required by the Building in Various Orientations

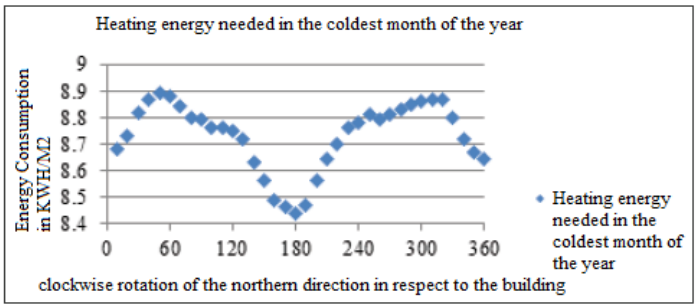


Chart 3. The Heating Energy Required by the Building in Various Orientations

In this orientation, the building had the lowest amount of annual energy consumption as well as the lowest amount of heating and cooling energy consumotions in the coldest and hottest months of the year in comparison to the other orientations as well as the defined optimized direction of the building (Fig. 5).

Fig. 5. The Optimal Orientation of the Building (West-Eastward Stretch)

As it is seen in chart 4, when the building was placed aligned with the obtained optimal direction, the annual energy consumption of the building was 223.73KWH/M2 that was about 2.5KWH/M2 lower in contrast to the optimal orientation defined for this climate. In addition, the annual heating and cooling energy consumptions were also lower in this orientation (Chart 5).

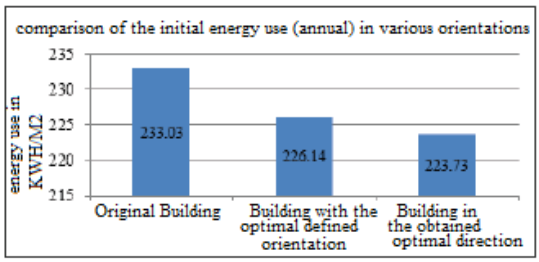


Chart 4. Initial Energy Consumption in Various Orientations of the Studied Building

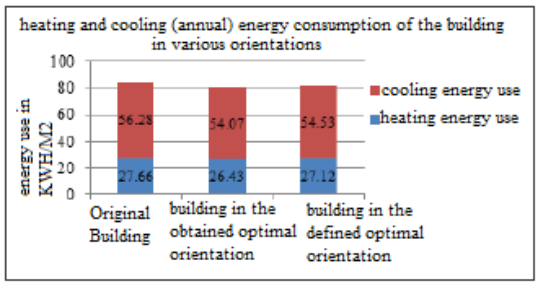


Chart 5. Comparison of the Heating and Cooling (Annual) Energy Consumptions in Various Orientations

7. CONCLUSION

According to the importance of the building's orientation in the discussions about the savings in energy consumption, the present study simulated a repetitively constructed administrative building in Kermahshah in Design Builder and calculated its required energy in various orientations to define an optimal orientation for the building. The results indicated that the lowest annual energy consumption of the building in west-eastward stretch was 223.73KWH/M2 which was lower in contrast to the energy consumption in the building's real orientation, i.e. 2233.03. It is worth mentioning that in the optimal orientation offered for the buildings of this region, the initial annual energy consumption by the buildings in this region was 226.14KWH/M2 that was about 2.8KWH/M2 (about 1.2%) higher thann the time the building was stretched west-eastward. It is noteworthy that the research has to be repeated in the buildings with different uses for the generalization of the obtained orientation. In the meantime, the existence of a lot of confusions in the building types of each section can influence the results obtained in this software.

END NOTE

1. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers

REFERENCES

- Abdollahzadeh, S. (2013). *Optimum Pattern Design of Atrium in Tehran Office Buildings*. Master'S Thesis in Architecture, Payame Nour University, East Branch, Tehran.
- Aksoy, U.T., & Inalli, M. (2006). Impacts of Some Building Passive Design Parameters on Heating Demand for a Cold Region. *Building and Environment*, 41(12), 1742-1754.
- Habib, F., Barzegar, Z., & Cheshmehghasabani, M. (2014 - 2015). Prioritization of Effective Building Energy Consumption Parameters Using AHP. Naghshejahan, 4(2), 55-61.
- Heidari, F., Mahdavinejad, M., & Sotodeh, S.H. (2018). *Renewable Energy and Smart Hybrid Strategies for High Performance Architecture and Planning in Case of Tehran, Iran*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 159.
- Hemsath, T.L., & Bandhosseini, K.A. (2015). Sensitivity Analysis Evaluating Basic Building Geometry'S Effect on Energy Use. *Renewable Energy*, 76, 526-538.
- Jaber, S., & Ajib, S. (2011). Optimum, Technical and Energy Efficiency Design of Residential Building in Mediterranean Region. *Energy and Buildings*, 43(8), 1829-1834.
- Kasmai, M. (2011). *Climate and Architecture; Ahmadinejad, Mohammad*. Khak Publication, Esfahan.
- Keirstead, J., Jennings, M., & Sivakumar, A. (2012). A Review of Urban Energy System Models: Approaches, Challenge and Opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3847-3866.
- Mahdavinejad, M. (2013). Establishment of Optimum Designing Pattern in Buildings Roof Shape Based on Energy Loss. *Naqshejahan: Basic Studies and New Technologies of Architecture and Urbanism*, 3(2), 35-42.
- Mahdavinejad, M., & Fallahtafti, R. (2015). Optimization of Building Shape and Orientation for Better Energy Efficient Architecture. *International Journal of Energy Sector Management*, 9(4), 593 - 618.
- Mahdavinejad, M., & Setayesh Nazar, N. (2017). Daylighting High-Performance Architecture: Multi-Objective Optimization of Energy Efficiency and Daylight Availability in BSk Climate. *Journal of Energy Procedia*, 115, 92-101.
- Mahdavinejad, M., Bemanian, M., & Motavar, S. (2013). Estimation Performance of Horizontal Light Pipes in Deep-Plan Buildings; Case Study Office Building. *Journal of Fine Arts-Architecture and Urbanism*, 17(4), 41-48.
- Mahmoudi, M., & Nivi, S. (2011). Improving of Climatic Technology According to Sustainable Development. *Naqshejahan: Basic Studies and New Technologies of Architecture and Urbanism*, 1(1), 35-55.
- Mingfang, T. (2002). Solar Control for Buildings. *Building and Environment*, 37(7), 659-664.
- Modiri, M., Zahabnazouri, S., Alibakhshi, Z., Afsharmanesh, H., & Abbasi, M. (2012). Investigation of Optimum Orientation in Buildings based on Solar Radiation and Wind Direction in Gorgan City. *Journal of Geography*, 2(2), 141-156.
- Morrissey, J., Moore, T., & Horne, R.E. (2011). Affordable Passive Solar Design in a Temperate Climate: An Experiment in a Residential Building Orientation. *Renewable Energy*, 36(2), 568-577.
- Nasrollahi, F. (2009). *Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates: The Suitability of Passive Houses for Iran's Dry and Cold Climate*, Univerlagtu berlin.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). *Energy Efficient Design of Building: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy Efficient Design of Building: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Rodriguez-Soria, B., Dominguez-Hernandez, J., Perez-Bella, J.M., & del Coz-Diaz, J.J. (2014). Review of International Regulation Governing the Thermal Insulation Requirements of Residential Building and the Harmonization of Envelop Energy Loss. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 78-90.
- Sarkardehi, E. (2018). Feasibility Study on the Combination of two Passive (Heating / Cooling) Systems with the Aim of Saving Energy in Residential Buildings in Yazd. Ph.D. Thesis, Isfahan Art University, Isfahan.