مطالعات محیطی هفت حصار شماره چهل‌وششم/ سال دوازدهم/ زمستان ۱۴۰۲
صفحات ۷۰-۵۷

تأثیر عمق فضا در بهبود تهویه طبیعی با تمرکز بر عملکرد دودکش خورشیدی

حمید اسکندری*، علی‌اکبر حیدری**، ملیحه تقی‌پور**، ندا قهرمان ایزدی***، الهام منصوریان****

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۵/۲۸

چکیده

مباحث مربوط به معماری پایدار از مهمترین جریان‌های معماری معاصر به حساب می‌آیند. بخش قابل توجهی از مصرف انرژی کشور در ساختمان‌های مسکونی برای فراهم آوردن آسایش حرارتی مصرف می‌شود. از جمله مواردی که در تامین آسایش ساکنان نقش بسزایی ایفا می‌کند بحث تهویه و چگونگی جریان هوا می‌باشد. یکی از روش‌های تهویه غیرفعال، استفاده از دودکش خورشیدی است که با کمک انرژی تجدیدپذیر خورشید و با به کارگیری پدیده اثر دودکشی در یک کانال هوا، تهویه مورد نیاز فضاهای مجاور خود را فراهم می‌کند. لذا تحقیق حاضر با هدف ارائه راه‌کاری ساده و اجرایی، به صورت مداخله در وضع موجود معماری انجام گرفته است. روش انجام این تحقیق با توجه به ماهیت میان رشته‌ای آن، یک روش ترکیبی است. ابتدا از مطالعات کتابخانه‌ای برای مبانی پژوهش یاری گرفته شده است. با استفاده از یک راهبرد تجربی، متغیرهای مستقل تاثیر گذار و متغیر وابسته مشخص گردید و به دلیل عدم دسترسی به نمونه‌های مختلف اجرا شده، شبیه سازی کامپیوتری به عنوان روش جایگزین برای مطالعات میدانی انتخاب شده است. شبیه سازی در این پژوهش با روش دینامیک سیال محسباتی صورت پذیرفت. برای این امر ابتدا روایی و پایایی شبیه سازی‌ها از طریق تطبیق با شواهد تجربی و آزمایشگاهی در مقاله‌ای مشابه به اثبات رسید که نتایج این بخش با ۴٪ خطا مورد پذیرش واقع شد. این موضوع حاکی از دقت مناسب روش استفاده شده و شبکه بندی بود. سپس اقدام به تجزیه و تحلیل داده ها و متعاقبا مداخله در معماری از طریق شبیه‌سازی شد. در این پژوهش با انتخاب ۶ گونه‌ی مختلف اتاق به لحاظ ابعاد، تهویه طبیعی و تحلیل رفتار جریان هوا با در نظر گرفتن عملکرد همزمان دودکش خورشیدی و پنجره، و در دو ارتفاع مختلف(۰/۹ متر برای فرد نشسته و ۱/۵ متر برای فرد ایستاده) از طریق شبیه‌سازی و با استفاده از نرم‌افزار اتودسک سی‌اف‌دی ۲۰۱۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد که سرعت تهویه ارتباط مستقیمی با عمق اتاق دارد. بهینه ترین ابعاد اتاق در راستای تهویه اتاق ۳×۴ و ۵×۳ می باشد. همچنین در ارتفاع ایستاده حداقل سرعت تهویه در قسمت انتهایی فضاها دیده می‌شود و در ارتفاع نشسته به جز قسمت ابتدایی و انتهایی اتاق کمترین میزان سرعت در محدوده یک سوم انتهای اتاق می‌باشد.

واژگان کلیدی

تهویه، جریان هوا، عمق موثر، دینامیک سیالات محاسباتی، دودکش خورشیدی

* دکتری معماری، عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران (نویسنده مسئول) eskandari@yu.ac.ir
** دکتری معماری، عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران aliakbarheidari.iust@gmail.com
*** دکتری معماری، گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران malihe_taghipour@yahoo.com
**** پژوهشگر دکتری معماری، گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران neda_ghahraman_izadi@yahoo.com
***** کارشناس ارشد معماری، گروه معماری، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران elham.mansourian1229@gmail.com

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی
©: IAUH
ISSN: 2322-5602

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

مقدمه

در حدود یک سوم از کل مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته در بخش مسکن و ساختمان خلاصه می‌شود، این در حالیست که تأمین سرمایش، گرمایش و تهویه هوای داخل فضاهای مسکونی و اداری بخش قابل توجهی از این مقدار انرژی را به خود اختصاص داده است(مدیریت انرژی، ۱۹۹۷). تهویه طبیعی، استراتژی مهمی در طراحی پایدار ساختمان است که قرن‌ها مورد استفاده بشر بوده و به علت مزایای بالقوه‌اش بر سیستم‌های تهویه ی مکانیکی از نظر انرژی مورد نیاز و منافع اقتصادی و زیست محیطی‌اش، توجه فزاینده‌ای به خود جلب کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تهویه طبیعی، به عنوان وسیله‌ای برای صرفه جویی در مصرف انرژی و فراهم آوردن هوای با کیفیت و آسایش کافی برای ساکنان داخل ساختمان‌ها بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در میان سیستم‌های تهویه طبیعی خورشیدی می‌توان به دودکش‌های خورشیدی اشاره کرد که کارآیی آن در مناطق گرم و مرطوب برای انجام عمل تهویه هوای داخل ساختمان ها و نیز کاهش دما و رطوبت هوا در ایجاد شرایطی مطبوع بیشتر می‌باشد (Khosravi et al, 2019). اهمیت استفاده از سیستم‌های تهویه‌ی طبیعی در مباحث چهاردهم و نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران منعکس شده است. برای مثال، بند ۱۴ – ۴– ۳– ۱ مقررات ملی ساختمان بیان می‌دارد: در هر قسمت از فضاهای ساختمان که در اشغال و تصرف انسان باشد و تعویض هوای مورد نیاز با تهویه طبیعی ممکن باشد ، تعویض هوا(تهویه)ی طبیعی باید پیش‌بینی شود و تعویض هوای مکانیکی لازم نیست. سامانه‌های تهویه مطبوع در ساختمان‌ها به عنوان راه‌کار و سرآغازی برای بهبود شاخصه‌های رفاهی وکنترل گرما در فضاهای داخلی به شمار می‌رود و مفهومی گسترده را در بر می‌گیرد (فرزام شاد، ۱۳۸۸). هدف از استفاده سامانه‌های تهویه مطبوع ارائه سطح قابل قبولی از آسایش برای افراد ساکن و تابع فرآیند، جهت حفظ کیفیت مناسب هوای داخل ساختمان و به حداقل رساندن هزینه‌های سامانه و انرژی مورد نیاز است. تقریبا همه‌ی مطالعات دودکش خورشیدی با هدف یافتن راه‌کارهای طراحی بهینه برای بهبود تهویه طبیعی و با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف طراحی انجام می‌شود. در میان بسیاری از پارامترهای گزارش شده در مقالات مشخص شد که نسبت منظری دودکش (ارتفاع دودکش به عرض شکاف هوا)، ارتفاع تهویه (ارتفاع میان دهانه های ورودی و خروجی)، مساحت دهانه ها، مشخصات گرمایی ماده‌ی جذبنده و زاویه‌ی دودکش بر عملکرد تهویه بیشترین تأثیر را دارند. این پژوهش درصدد است تا بر خلاف سایر تحقیقات انجام شده با ثابت در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به دودکش خورشیدی به بررسی عمق موثر فضا و تأثیر آن بر بهبود تهویه بپردازد. این پژوهش با انگیزه‌ی توجه به ابعاد فضا، یافتن قابلیت‌های نهفته در فضای معماری در افزایش اثرات تهویه و از سوی دیگر توجه به جایگاه مهم ابعاد در شکل‌گیری بخش اعظمی از کیفیت محیطی و آسایش حرارتی در زندگی افراد شکل گرفته است. برای انجام تحقیق از یک مدل پایه به عنوان نمونه مورد مطالعه استفاده شده و با استفاده تحلیل نرم‌افزاری عمق اتاق به عنوان متغیرهای مستقل مطرح گردیده و به اندازه‌گیری داده‌های مربوط به به سرعت جریان هوا به عنوان متغیر وابسته پرداخته است. در نهایت اطلاعات گردآوری شده مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج حاصل از آن ارائه شده است. در این نوشتار چهارچوب کلی پژوهش در راستای رسیدن به اهداف زیر سازمان یافته است: هدف اصلی پژوهش بررسی رابطه‌ی بین عمق فضا و تأثیر متقابل آن بر تهویه و جریان هوا می‌باشد. بر این اساس مواردی چون توجه به عمق فضا در بناها و لزوم بررسی آن در آسایش حرارتی؛ توجه و شناخت قواعد مستتر در معماری برای افزایش جریان هوا و یافتن زمینه‌ها و شرایط افزایش دهنده آسایش محیطی با توجه به طراحی از جمله موارد قابل توجه در این پژوهش به شمار می‌روند.

پیشینه‌ی تحقیق

کاربردهای دودکش خورشیدی، محققان زیادی را به خود جلب کرده تا پارامترهایی را که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد آن دارند، کشف کنند. محققان بسیاری در مورد کاربرد دودکش‌های خورشیدی به اشکال گوناگون در بهبود تهویه طبیعی، به صورت نظری، عددی و مشاهداتی تحقیق کرده‌اند. روش‌های تحقیق شامل اندازه‌گیری آزمایشگاهی کمیت‌هایی مثل دما و الگوهای جابه‌جایی هوا با استفاده از تکنیک‌های متفاوت و شبیه‌سازی رایانه‌ای با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی و مطالعات تجربی است. اولین مطالعه بر روی دودکش‌های خورشیدی در سال ۱۹۹۳ توسط بنسال و همکارانش انجام شد. آن‌ها به کمک یک مدل ریاضی، افزایش تهویه را در صورت استفاده از دودکش خورشیدی و طراحی صحیح سیستم اثبات کردند(Bnsal et al, 1994). آفونسو و الیویرا، با مقایسه بین دودکش خورشیدی و دودکش معمولی، تأثیر انرژی خورشید را بر افزایش تهویه تایید کردند و نشان دادند که دودکش خورشیدی به طور موثری تهویه را بهبود می‌بخشد. همچنین ثابت کردند که افزایش جرم حرارتی، تهویه را در طول روز کاهش می‌دهد اما باعث افزایش تهویه در طول شب می‌شود (Afonso & Oliveira, 2000). بوچیر، عرض بهینه حفره هوا را در یک دودکش خورشیدی بررسی کرد و نشان داد که در الجزایر عرض بهینه H/10

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

است که H ارتفاع دودکش است(Buchair, 1994). چاروت و همکارانش نشان دادند که با افزودن جرم حرارتی، سرعت هوا و در نتیجه قدرت تهویه، در ساعات شب افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از دودکش خورشیدی در طول روز باعث ۲۵٪ افزایش سرعت هوا می‌شود(Emmerich et al, 2001). فونیاسومپن و همکارانش، عملکرد دودکش خورشیدی را در یک ساختمان چند طبقه در شهر بانکوک به صورت آزمایشی و عددی بررسی کردند. آن‌ها دو مدل کوچک از یک ساختمان سه طبقه را ارائه دادند و دودکش خورشیدی را در حالتی که برای هر طبقه به صورت مجزا عمل کند با حالتی که بین هر سه طبقه به صورت مشترک باشد مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در صورتی که دودکش خورشیدی به تمام طبقات متصل باشد و برای همه طبقات یک دودکش سراسری در نظر گرفته شود، عملکرد بهتری دارد(Punyasompun et al, 2009). خداری و همکارانش نیز انواع مختلف دودکش های خورشیدی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دودکش های خورشیدی به طور موثری در تولید جریان هوا موثرند. عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان های اداری با تهویه مطبوع نیز توسط آزمایش مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که مصرف روزانه الکتریسته دستگاه‌های تهویه با استفاده از دودکش خورشیدی کاهش می‌یابد(Khedari et al, 2000). سوداپورن و بوندیت به صورت آزمایشی تأثیر دودکش خورشیدی را بر افزایش تهویه هوای داخل، در حالتی که فضای اصلی به بام مرطوب متصل باشد و در حالتی که به بام متصل نباشد، بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دودکش خارجی بسته به دمای محیط و میزان تابش خورشیدی، می‌تواند دمای داخل را ۱ تا ۳/۵ درجه کاهش دهد(Sudaporn & Bundit, 2009). راکش و چنگ وانگ با بررسی عددی جریان هوا در دودکش خورشیدی نشان دادند که نرخ کلی جریان جرمی هوا در یک دودکش خورشیدی با دیوار عمودی، به شدت تحت تأثیر جریان معکوس و دمای هوا در خروجی کانال است(Rakesh & Chengwang, 2012). میازاکی و همکارانش به بررسی عملکرد یک دودکش خورشیدی در یک ساختمان اداری تحت اقلیم توکیو ژاپن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به تهویه‌ی طبیعی در حدود ۵۰٪ بود(Miyazaki et al, 2006). لانگ شی و همکاران به تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان‌ها پرداخته‌اند (Long Shi et al, 2018). حسین ال کایما و همکاران تجزیه و تحلیل تجربی و عددی از تأثیر تنظیمات ورودی بر عملکرد یک دودکش خورشیدی بالای سقف را مد نظر قرار داده‌است (Al-Kayiema et al, 2018). محمد عبدالعزیر حسین و همکاران تأثیر پارامترهای هندسی و عملیاتی و مواد پوشش جایگزین بیرونی بر عملکرد دودکش خورشیدی مورد استفاده برای تهویه طبیعی را مورد پژوهش قرار داده‌اند . تابش خورشیدی حادثه ، سرعت باد ، دمای محیط و ابعاد ارتفاع ، شکاف و عرض دودکش خورشیدی مورد توجه قرار گرفته‌است(M.A. Hosien S.M. Selim,2016). محمد جواد مهدوی نژاد و همکاران ترکیبی از بادگیر و دودکش برای ساختمان‌های معماری با هدف بهینه سازی انرژی مورد کاوش قرار داده‌است(Mahdavinejad and Khazforoosh, 2014). در پژوهش های فارسی پیله‌چی‌ها و زرین مهر به بررسی دودکش خورشیدی و عملکرد آن در تهویه ساختمان پرداخته اند(پیله‌چی‌ها،زرین مهر، ۱۳۹۵). فخاری و حیدری تأثیر به کارگیری دودکش خورشیدی بر تهویه فضاهای متصل به آن در اقلیم گرم و خشک را مورد کاووش قرار داده‌اند(فخاری، حیدری، ۱۳۹۲) و در موردی مشابه نیز عوامل موثر بر کارایی دودکش را مورد بررسی قرار داده‌اند (فخاری، حیدری، ۱۳۹۲).

جدول ۱- پیشینه تحقیق

	نام نویسنده	سال	عنوان	هدف
پژوهش های لاتین	Bnsal et al	۱۹۹۴	A study of solar chimney assisted wind towr system for natural ventilation in building, Building and Enviroment,	افزایش تهویه را در صورت استفاده از دودکش خورشیدی و طراحی صحیح سیستم
	Buchair	۱۹۹۴	Solar chimney for promoting cooling ventilation in southern Algeria	بررسی عرض بهینه حفره هوا را در یک دودکش خورشیدی
	Afonso and Oliveira	۲۰۰۰	Solar chimney: simulation and experiment, Energy and Building	مقایسه بین دودکش خورشیدی و دودکش معمولی، تأثیر انرژی خورشید را بر افزایش تهویه
	Khedari et al	۲۰۰۰	ventilation impact of a solar chimney on indoor temperature fluctuation and air change in a school building,	بررسی عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان‌های اداری با تهویه مطبوع
	Charvat et al	۲۰۰۴	Solar chimney for ventilation and passive cooling	افزایش سرعت هوا با استفاده از دودکش خورشیدی
	Miyazaki et al	۲۰۰۶	The effects of solar chimney on thermal load mitigation of office building under the Japanese climate	بررسی عملکرد یک دودکش خورشیدی در یک ساختمان اداری

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

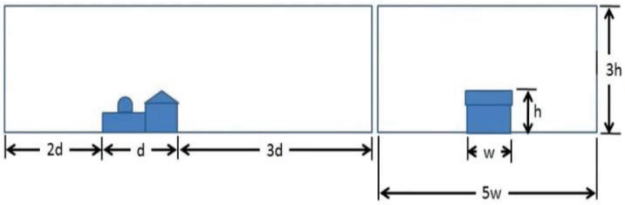
	نام نویسنده	سال	عنوان	هدف
	Punyasompun et al	۲۰۰۹	Invedtigation on the application of solar chimney for multi-story building, Renewable Energy	بررسی عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان‌های چند طبقه
	Sudaporn & Bundit	۲۰۰۹	Utilization of cool ceiling with roof Solar chimney in thhailand: The experimental and numerical analysis, Renewable Energy	تاثیر دودکش خورشیدی را بر افزایش تهویه هوای داخل
	Rakesh et al	۲۰۱۲	Flow reversal effects on buoyancy induced air flow in a solar chimney.	بررسی عددی جریان هوا در دودکش خورشیدی با دیوار عمودی
	Mahdavinejad and Khazforoosh	۲۰۱۴	Combination of Wind Catcher and Chimney for More Energy Efficient Architectural Buildings,	ترکیب بادگیر و دودکش برای ساختمان‌های معماری با هدف بهینه سازی انرژی
	Koronaki	۲۰۱۵	The impact of configuration and orientation of solar thermosyphonic system on night ventilation and fan energy saving, Energy and Building	بررسی سه دودکش خورشیدی متداول با کانال متصل به دیوار جاذب
	Shi et al	۲۰۱۸	Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in buildings	تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد دودکش خورشیدی در ساختمان‌ها
	Al-Kayiema et al	۲۰۱۸	Experimental and numerical analysis of the influence of inlet configuration on the performance of a roof top solar chimney	تجزیه و تحلیل تجربی و عددی از تأثیر تنظیمات ورودی بر عملکرد یک دودکش خورشیدی
	Shi	۲۰۱۸	Interaction effect of room opening and air inlet on solar chimney performance	اثر متقابل باز شدن اتاق و ورودی هوا بر عملکرد دودکش خورشیدی
	Khosravi	۲۰۱۹	Improved application of a solar chimney concept in a two-story building: An enhanced geometry through a numerical approach	استفاده بهتر از مفهوم دودکش خورشیدی در یک ساختمان دو طبقه: هندسه پیشرفته از طریق یک روش عددی
پژوهش های فارسی	پیله چی ها، زرین مهر	۱۳۹۵	عملکرد دودکشِ خورشیدی و تأثیر آن در تهویه مطبوع ساختمان‌های معاصر	بررسی دودکش خورشیدی و عملکرد آن در تهویه ساختمان
	فخاری و حیدری	۱۳۹۲	بهینه سازی دودکش خورشیدی و بررسی اثر آن بر تهویه ساختمان	تاثیر به کارگیری دودکش خورشیدی بر تهویه فضاهای متصل به آن در اقلیم گرم و خشک
	فخار و دیگران	۱۳۹۲	عوامل موثر بر تهویه غیرفعال دودکش خورشیدی	بررسی عوامل موثر بر کارایی دودکش
	شمسایی و همکاران	۱۳۹۰	مدل سازی عددی جریان هوا در دودکش خورشیدی	ترکیب دودکش خورشیدی و بادگیر

روش تحقیق

به منظور پاسخگویی به سؤالات تحقیق، در هر مرحله از روند پیشبرد مطالعات، روش ها و ابزارهای مختلف تحقیق، همچون مطالعات کتابخانه‌ای و شبیه‌سازی رایانه‌ای مصرف انرژی با نرم افزار Autodesk CFD به کار گرفته شد. روش تحقیق به کار رفته در این مقاله شامل دو بخش کیفی و کمّی است. در این پژوهش، با فرض بر این موضوع که عمق فضا بر میزان تهویه تأثیرگذار می‌باشد، عمق به عنوان متغیر مستقل و میزان جریان هوا به عنوان متغییر وابسته در نظر گرفته شده است. در این پژوهش در مرحله اول، جمع آوری اطلاعات از طریق مراجعه به منابع مکتوب و کتابخانه‌ای، و در مرحله دوم از آنجا که شبیه‌سازی رایانه‌ای، محیطی مجازی به منظور بررسی رفتار حرارتی اجزای ساختمان فراهم می‌آورد، تحلیل اطلاعات از طریق نرم‌افزار Autodesk CFD است. داده‌های آب و هوایی وارد شده به نرم‌افزار بر اساس داده‌های آب و هوایی برگرفته از سایت رسمی cableizer.com می‌باشد. نرم‌افزارهای دینامیک سیال محاسباتی برای پیش‌بینی جریان و حرکت هوا و پاسخ دمای برای مدل آزمایشگاهی استفاده می‌شوند، این نرم‌افزار یکی از برنامه‌های رایانه‌ای است که به علت قدرت، دقت و سادگی استفاده از آن، برای شبیه‌سازی مهندسی جریان سیال استفاده می‌شود. در این پژوهش، از نسخهٔ ۲۰۱۸ این نرم‌افزار برای شبیه‌سازی مدلی با خصوصیات زیر استفاده شده‌است. مهم‌ترین پرسشی که ممکن است درباره به کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی در طراحی

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

ساختمان به ذهن خطور نماید، اعتبارسنجی و دقت این نرم‌افزارها در محاسبات در مقایسه با میزان واقعی آن است. بدین منظور روند اعتبارسنجی مدل در نرم افزارAutodesk CFD با استفاده از داده برداری تجربی استفاده شده است. از این رو برای انجام اعتبار سنجی از مقاله‌ای کمک گرفته شده است که عملکرد دودکش خورشیدی را در قالب کار آزمایشگاهی و به صورت واقعی در شهر اسکندریه مصر مورد بررسی قرار داده و نتایج سرعت هوا را اعلام کرده‌است. و مدل استفاده شده در مقاله مذکور در نرم افزار Autodesk CFD شبیه سازی گردید و نتایج شبیه‌سازی مورد مقایسه قرار گرفته‌است. برای برداشت آزمایشگاهی در شهر اسکندریه مصر اتاقکی یک طبقه به طول۳ متر، عرض ۳متر و ارتفاع ۳متر در نظر گرفته شده‌است. روی سقف اتاقک دودکش خورشیدی ای با ارتفاع ۱.۸۵ متر، عرض ۱متر، با فاصله‌ی هوایی ۰/۲۸ متر و زاویه ی ۷۵ درجه قرار گرفته است. شدت تابش بر دودکش خورشیدی مفروض $۸۸۶W/m^2$ می‌باشد. برای اعتبار سنجی مشخصات همین اتاقک در نرم افزار شبیه‌سازی گردید و بعد از صحت اعتبار سنجی متغییرهای این پژوهش در قالب اندازه‌های مختلف در عرض اتاق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین صورت که اتاقکی یک طبقه به طول۳ متر، عرض ۳متر و ارتفاع ۳متر در نرم افزار شبیه سازی شده است که عرض اتاق به عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته شده و ۶ الگوی متفاوت عرض با طول‌هایی با ابعاد ۴،۳، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ متر نیز مورد بررسی قرار گرفته اند تا اثر آن ها بر جریان هوا به عنوان متغییر وابسته ارزیابی گردد. روی سقف هر اتاقک دودکش خورشیدی‌ای مطابق با اطلاعات مقاله مذکور با ارتفاع ۱/۸۵ متر، عرض ۱متر، با فاصله ی هوایی ۰/۲۸ متر و زاویه‌ی ۷۵ درجه قرار گرفته است. شدت تابش بر دودکش خورشیدی مفروض $۸۸۶W/m^2$ می باشد. این اتاقک درون یک تونل باد در نظر گرفته شده است که ابعاد آن در تصویر شماره ۱ قابل مشاهده می‌باشد.



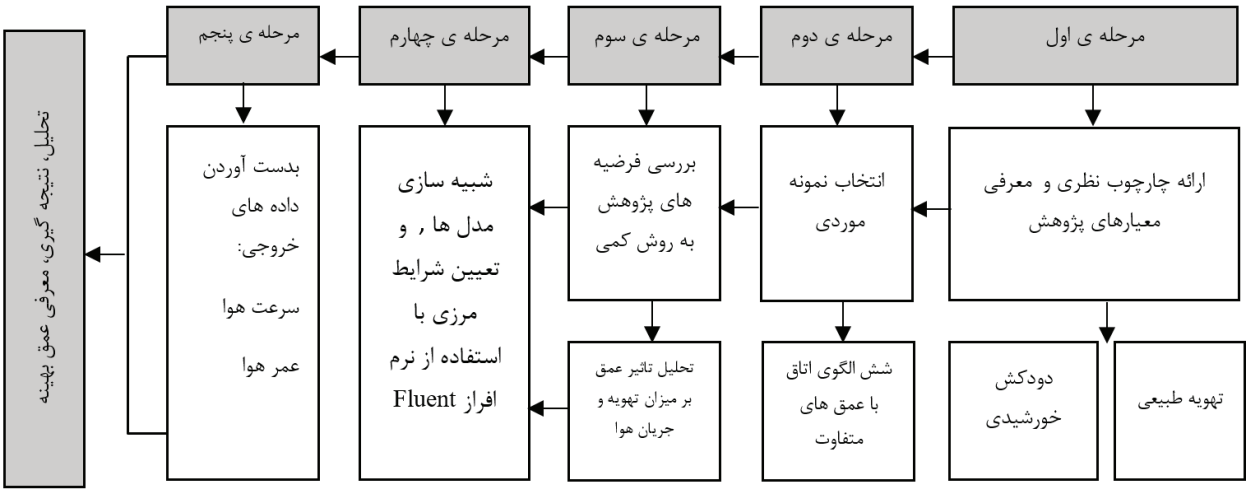
تصویر ۱- ابعاد تونل باد

راه ورودی هوا از طریق پنجره‌ای هم عرض دودکش، یعنی به ابعاد ۱ متر در ۱ متر تامین شده است. در فرآیند ورودی داده‌های اولیه و شرایط مرزی استفاده شده برای شبیه‌سازی، فرضیاتی در نظر گرفته شده است که حتی الامکان به شرایط واقعی نزدیک باشد. در این مسئله، شرایط خارجی سرعت باد و دما می‌باشند. سیال جریان با توجه به سرعت ورودی ۱ متر بر ثانیه غیرقابل تراکم است و دمای هوا ۳۷ درجه تنظیم شده است. و خروجی‌های سرعت و عمر هوا در دو ارتفاع مختلف (۰/۹۰ متر برای فرد نشسته و ۱/۵ متر برای فرد ایستاده) در نظر گرفته شده است. در نهایت نتایج هم به صورت عددی و هم گرافیکی (کانتور) قابل ارائه هستند. در جدول شماره ی ۲ مواردی که در شبیه‌سازی یکسان در نظر گرفته شده‌اند نشان داده شده است.

جدول ۲- تنظیمات مورد استفاده در شبیه سازی

مساحت و اندازه پنجره ورودی هوا	شرایط مرزی	شرایط مرزی	مصالح دودکش	اندازه و مساحت دودکش	تعداد طبقات	طول اتاق	ارتفاع اتاق
طول ۱ متر عرض ۱ متر	– سرعت ورود باد در تونل باد: ۱ متر بر ثانیه – فشار در قسمت خروجی تونل: ۰ پاسکال – دما: ۱۸ درجه	– سرعت ورود باد در تونل باد: ۱ متر بر ثانیه – فشار در قسمت خروجی تونل: ۰ پاسکال – دما: ۱۸ درجه	۴ میلی متر شیشه ۲۸۰ میلی متر فاصله هوای ۱ میلی متر سطح جاذب نیکل ۵۰ میلی متر پلی استایرن به عنوان عایق	عرض ۱متر طول ۱.۸۵ متر فاصله هوا ۰.۲۸ متر زاویه ۷۵ درجه	۱	۳ متر	۳ متر

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]



تصویر ۲- فرایند انجام پژوهش

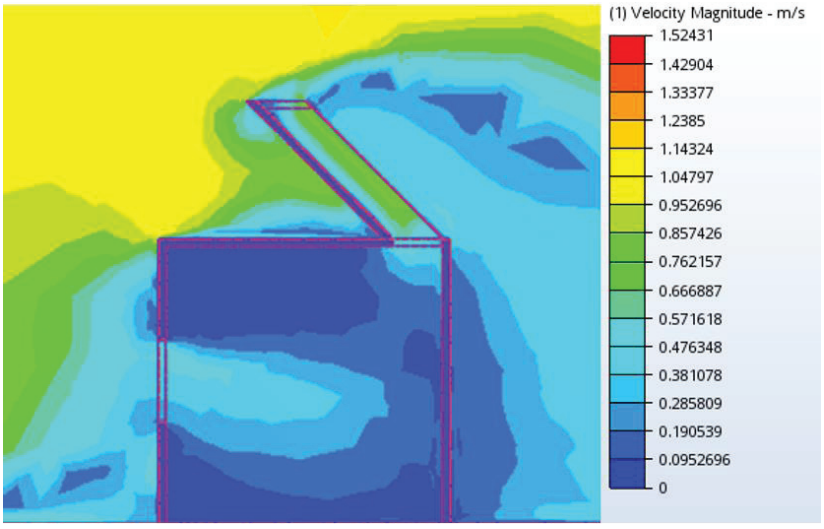
اعتبار سنجی نرم افزار

اعتبار سنجی مدل‌سازی شبکه جریان هوا نرم Autodesk CFD با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط مقاله‌ای با عنوان "بهینه سازی دودکش خورشیدی برای افزایش آسایش حرارتی در مصر" که توسط احمد عبدین و همکاران در سال ۲۰۱۹ در مجله solar energy به چاپ رسیده است، انجام گرفته است. (Abdeen et al, 2019) که نتایج با ۴٪ خطا مورد پذیرش قرار گرفت. این آزمایشات در یک اتاق چوبی مکعبی با مساحت M^2 ۹ و حجم داخلی ۲۷ متر مکعب در شهر اسکندریه مصر به ترتیب با طول و طول جغرافیایی۳۱/۲درجه N. و ۲۹/۹۱° E ساخته شده است. دودکش خورشیدی در پشت بام این اتاق نصب شده و به سمت جنوب قرار دارد. جهت جذب هوای تازه از یک پنجره ۰.۶ در ۰.۶ متر در قسمت شمالی با نسبت پنجره به دیواره ۱۶٪ طراحی شده است. این دودکش متشکل از یک جاذب دیواری به طول ۱.۴ متر به طول و ۰.۶ متر عرض و از یک ورق استیل چدنی ۱ میلی متر و رنگ مشکی مات است. ضلع جنوبی دودکش با شیشه شناور استاندارد ۴ میلی متر با فاصله کانال هوایی ۰/۲۵ میلی متر و بدون روکش نشراتی پوشانده شده است که باعث می شود شیشه مات به تابش مادون قرمز تبدیل شود. در این مطالعه با استفاده از عایق پشم شیشه به ضخامت ۰/۰۵ متر در اطراف جاذب ، از بین رفتن گرما از پشت و کناره‌ها برطرف می‌شود. دودکش خورشیدی پیشنهادی قادر به تحریک حرکت هوا تا ۰/۲۸ ، ۰/۴۷ و ۰/۵۲ متر بر ثانیه در میانگین مقادیر تابش خورشیدی به ترتیب ۲۰۰ ، ۵۰۰ ، ۷۰۰ و ۸۵۰ W/m^2 است. برای اعتبارسنجی نرم افزار و تعیین صحت دادها عینا اتاقکی با مشخصات فوق در نرم افزار Autodesk CFD شبیه‌سازی گردید تا با مقایسه داده های خروجی بتوان اطمینان از دقت نتایج شبیه‌سازی حاصل کرد. تصویر شماره ۲ به نمایش سرعت تهویه در مقاله مورد نظر می‌پردازد و تصویر شماره ۳ نتیجه شبیه سازی همان مدل با همان اطلاعات در نرم افزار Autodesk CFD در شدت تابش خورشیدی ۸۵۰ W/m^2 را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، با توجه به جدول شماره ۳ در مدل مقایسه شده بین کار آزمایشگاهی و این نرم افزار، سرعت جریان هوا و دمای هوا تقریبا مشابه بوده و تفاوت بسیار اندکی داشته است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که دقت مدل‌سازی CFD در نرم افزار Autodesk CFD بسیار بالا و قابل اعتبار است. لذا می‌توان گفت با در نظر گرفتن این که یکی از روش‌های متداول اندازه‌گیری روایی و پایایی روش تحقیق در پژوهش‌های کمی در حوزه انرژی، مقایسه بین روش و نتایج پژوهش مدنظر با پژوهش‌های چاپ شده مورد تایید مراجع علمی می‌باشد، در پژوهش حاضر از نرم افزار Autodesk CFD و روش مقایسه‌ای استفاده گردیده و خروجی‌ها با مقاله عبدین و همکاران نتایج مشابه را بروز داده است. که این امر نشان دهنده میزان روایی و پایایی مطلوب و صحت داده‌های خروجی نرم‌افزار با ضریب خطای قابل قبول می‌باشد.

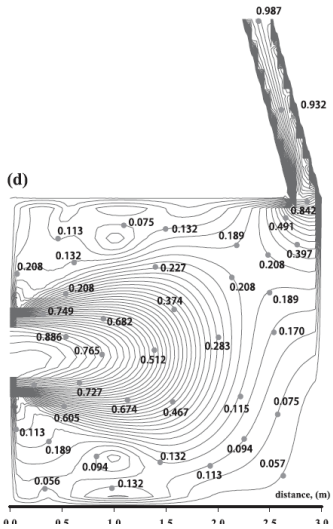
جدول ۳- متوسط سرعت هوا در مقاله منتخب و شبیه سازی مدل برای مقاله حاضر

	ورودی اتاق	وسط اتاق	انتهای اتاق
نتایج مقاله منتخب	۰/۷	۰/۵	۰/۰۵
شبیه سازی مدل در پژوهش حاضر	۰/۵	۰/۴	۰

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]



تصویر ۴- اتاقک شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار Autodesk CFD



تصویر ۳- اتاقک مورد آزمایش در مقاله (Abdeen et al, 2019)

مبانی نظری پژوهش

دودکش خورشیدی

سیستم‌های غیر فعال خورشیدی به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که انرژی خورشید را بدون استفاده از انرژی ثانویه جمع‌آوری و ذخیره کنند تا در زمان مناسب مورد استفاده قرار گیرد. دودکش خورشیدی یک سیستم غیرفعال خورشیدی برای تامین تهویه با استفاده از اثر دودکشی است. در سیستم دودکش خورشیدی جریان هوا به واسطه نیروی شناوری ایجاد می‌شود؛ یعنی هوای گرم داخل کانال به طرف بالا حرکت کرده و از آن خارج می‌شود و به جای آن هوای خنک‌تر در یک سیستم بسته جایگزین آن می‌گردد. معمولا به منظور افزایش میزان جذب گرما و نرخ تهویه، دیوار جنوبی دودکش خورشیدی را شیشه‌ای و بخش داخلی سایر دیوارها را تیره و بخش خارجی آن‌ها را عایق می‌کنند. عوامل متعددی باید در طراحی دودکش خورشیدی مورد توجه قرار گیرد. از آن جمله می‌توان به شرایط جوی، محل قرارگیری، جهت و اندازه ساختمان اشاره کرد (شمسایی و همکاران، ۱۳۹۰).

انواع دودکش خورشیدی و عملکرد آن

دودکش‌های خورشیدی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:

- دودکش‌های خورشیدی که برای تولید برق به کار می‌روند.
- دودکش‌های خورشیدی که به منظور تهویه به کار می‌روند.

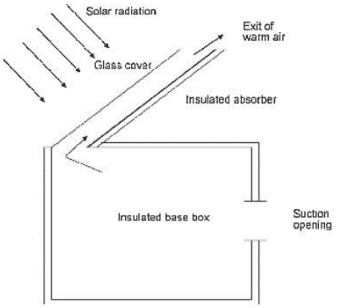
نوع اول معمولاً در مقیاس بزرگ صنعتی ساخته می‌شود. درحالی که نوع دوم در ساختمان‌ها کاربرد دارد. نوع اول، درواقع از سه عنصر اصلی جمع کننده هوا، برج یا همان دودکش و توربین بادی تشکیل شده است. هوای گرم مورد نیاز برای دودکش خورشیدی توسط پدیده گلخانه‌های در یک محوطه‌ای که با پلاستیک یا شیشه پوشانده شده و چند متری از زمین فاصله دارد، ایجاد می‌شود. با نزدیک شدن به پایه برج ارتفاع ناحیه پوشانده شده نیز افزایش می‌یابد تا تغییر مسیر حرکت جریان هوا به صورت عمودی با کمترین اصطکاک انجام گیرد. در وسط این سقف شفاف یک دودکش یا برج عمودی قرار دارد. هوای گرم چون سبک است به سمت بالای برج حرکت می کند(ایجاد مکش در پایین برج). تشعشع خورشیدی در این برج باعث ایجاد مکش به سمت بالا می‌شود که انرژی حاصل از این مکش توسط چند مرحله توربین تعبیه شده در برج به انرژی مکانیکی تبدیل شده سپس به برق تبدیل می‌شود. توان تولید برق یک دودکش خورشیدی متناسب با حجم حاصل از ارتفاع برج و سطح کلکتور است یعنی می‌توان با یک برج بلند و سطح کم و یا یک برج کوتاه با سطح وسیع به یک میزان برق تولید کرد (قیابکلو، ۱۳۸۹).

دودکش خورشیدی نوع دوم، شبیه به دودکش‌های متداول هستند با این تفاوت که دیوار جنوبی در آن‌ها شیشه‌ای است. دودکش خورشیدی در واقع یک کانال هواست که در آن مکانیسم محرک جریان هوا، شناوری حرارتی است و شامل شیشه، حفره و دیوار حجیم برای جذب انرژی

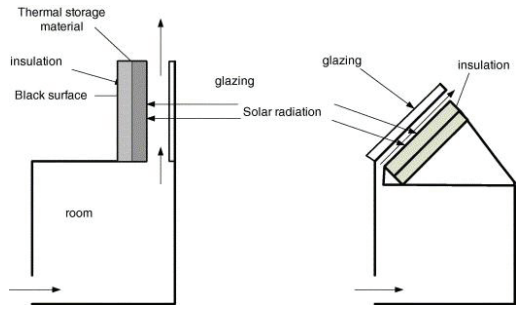
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

خورشیدی است. تصویر ۴ عملکرد دودکش خورشیدی را به صورت شماتیک ، نشان می‌دهد (Miyazaki et al, 2006). دودکش خورشیدی شمال یک جاذب انرژی خورشیدی با سروته باز است که وقتی تشعشع خورشید به آن می‌خورد ، جریان هوا ایجاد می‌گردد. تصویر ۵ دو نوع دودکش خورشیدی عمودی و مایل را نشان می‌دهد. تشعشع خورشید از شیشه عبور می‌کند و در سطح دیواره جذب می‌شود سپس هوای داخل دودکش توسط همرفت و تشعشع از جاذب گرم می‌شود . کاهش چگالی هوا باعث بالا رفتن آن می‌شود که درنتیجه هوای زیر خود را جایگزین آن می‌کند. میزان هوای مکش شده بستگی به نیروی شناوری ایجاد شده، مقاومت به جریان یافتن سیال در دودکش، مقاومت به ورودی هوا به داخل اتاق دارد.

دودکش خورشیدی معمولاً برای ایجاد تهویه برای سرمایش استفاده می‌شود و برای گرمایش می توان منفذ دودکش را بست و هوای گرم شده‌ی داخل دودکش را به وسیله‌ی فن به داخل ساختمان فرستاد. در طراحی یک دودکش عوامل مؤثر شامل ارتفاع، پهنا، عمق حفره، نوع شیشه، نوع جاذب، عایق و ماده ی ذخیره‌ی حرارتی (مثل آجر، بتن، سنگ و هر ماده با ظرفیت حرارتی بالا) (خمسه، ۱۳۸۹).



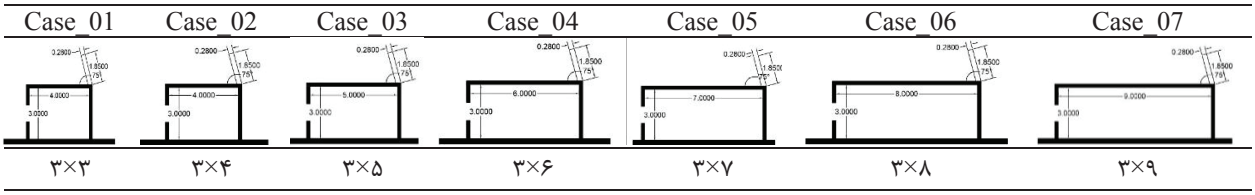
تصویر ۵- دودکش خورشیدی در تهویه فضای داخل (Gan, 2006)



تصویر ۶- عملکرد کلی دودکش خورشیدی(D.J. Harris, 2007)

نمونه‌های موردی تحقیق

در این پژوهش یک اتاق فرضی، یک طبقه مدل سازی شده است. تصویر شماره ۶ این فضا را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. مدل‌های شبیه‌سازی شده، اتاق هایی با ابعاد ۳×۳ ، ۳×۴ ، ۳×۵ ، ۳×۶ ، ۳×۷ ، ۳×۸ و ۳×۹ هستند که به یک دودکش خورشیدی به ارتفاع ۱/۸۵ متر متصل هستند. یک ورودی هوا برای هر اتاق به ابعاد ۱×۱ مترمربع در جبهه شمالی در نظر گرفته شده است.



تصویر ۷- نمونه‌های موردی تحقیق

شرایط اولیه و مرزی

شرط اولیه برای تمامی مدل ها یکسان در نظر گرفته شده است. شبیه‌سازی برای متوسط دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و سرعت باد ۱ متر بر ثانیه و شدت تابش خورشید W/m^2 ۸۸۶ است. از آن جا که عمق دودکش خورشیدی یکی از عوامل موثر بر نرخ جریان حجمی هوا و دمای هوای خروجی از دودکش است، مدل‌های فرضی برای رسیدن به نتایج، در ۷ حالت شبیه‌سازی شدند. در همه‌ی مدل‌های شبیه‌سازی شده، همه ی ابعاد به جز عمق اتاق یکسان در نظر گرفته شده است.جدول شماره ۴ شرایط مرزی حاکم بر شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- شرایط مرزی مورد استفاده در مدل‌سازی

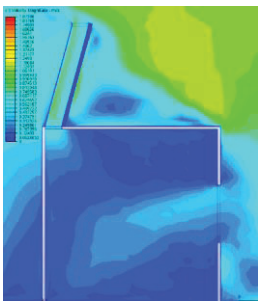
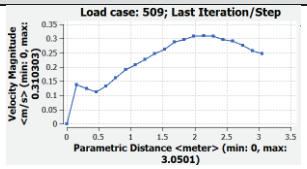
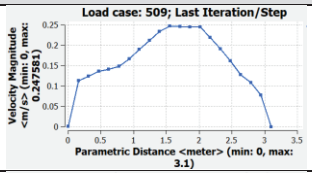
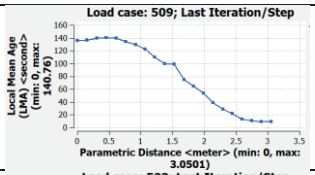
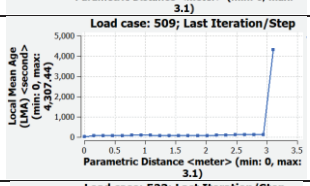
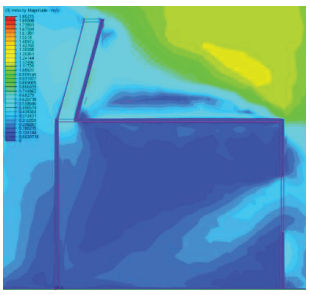
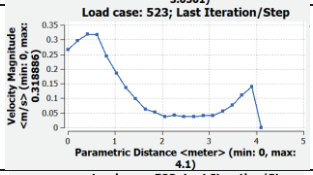
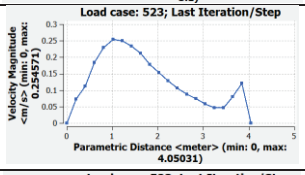
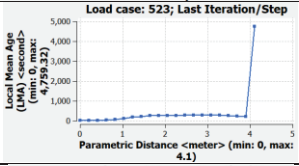
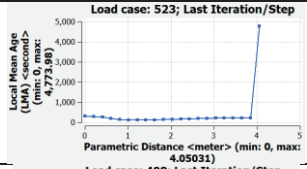
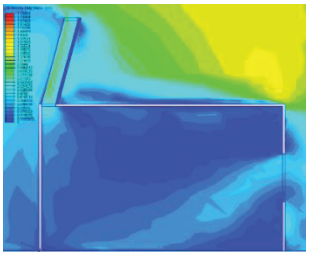
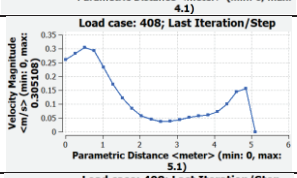
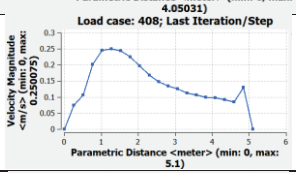
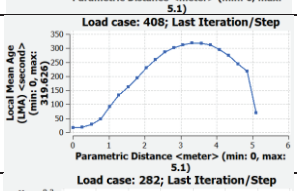
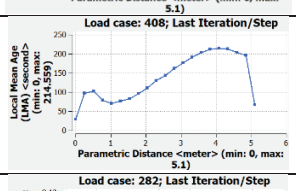
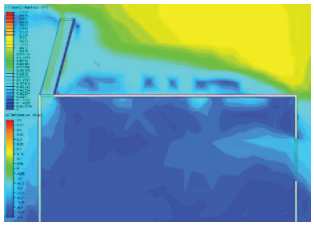
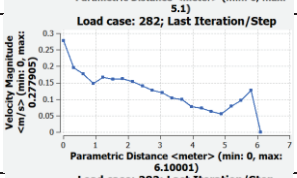
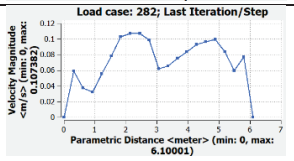
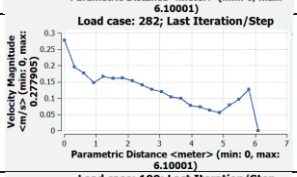
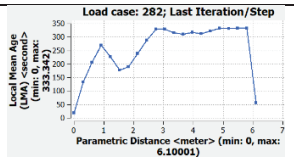
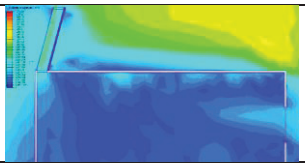
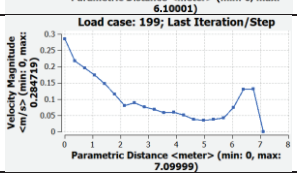
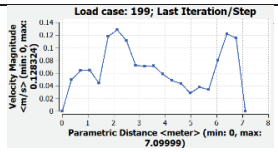
تنظیمات	مقدار
فشار ورودی و خروجی (پاسکال)	۰
دمای ورودی هوا (سانتی گراد)	۳۷
سرعت هوا (متر بر ثانیه)	۱

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

تجزیه و تحلیل داده‌ها و بحث

پس از اجرای مدل سازی، خروجی توسط نرم افزارAutodesk CFD برای مقطع زمانی مورد نظر محاسبه و سپس برای نمایش گرافیکی قابل استخراج گردیده‌اند. که خروجی حاصل از این موارد در جدول شماره ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵- آنالیز داده‌های خروجی بر حسب سرعت هوا و عمر هوا

ابعاد اتاق	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۰/۹ متری از سطح زمین	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۰/۹ متری از سطح زمین	
۳×۳				velocity
				Age of air
۳×۴				velocity
				Age of air
۳×۵				velocity
				Age of air
۳×۶				velocity
				Age of air
۳×۷				velocity

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

ابعاد اتاق	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۰/۹ متری از سطح زمین	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین	نمودار عددی سرعت هوا و سن هوا در ارتفاع ۰/۹ متری از سطح زمین	
۳×۸		Load case: 199; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 1,078.19) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 7.09999)	Load case: 199; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 958.865) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 7.09999)	Age of air
		Load case: 315; Last Iteration/Step Velocity Magnitude <m/s> (min: 0, max: 0.230223) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 8.09998)	Load case: 315; Last Iteration/Step Velocity Magnitude <m/s> (min: 0, max: 0.190259) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 8.09998)	velocity
		Load case: 315; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 687.297) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 8.09998)	Load case: 315; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 712.919) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 8.09998)	Age of air
۳×۹		Load case: 302; Last Iteration/Step Velocity Magnitude <m/s> (min: 0, max: 0.211321) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 9.10001)	Load case: 302; Last Iteration/Step Velocity Magnitude <m/s> (min: 0, max: 0.218468) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 9.10001)	velocity
		Load case: 302; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 687.297) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 9.10001)	Load case: 302; Last Iteration/Step Local Mean Age (LMA) <second> (min: 0, max: 687.297) Parametric Distance <meter> (min: 0, max: 9.10001)	Age of air

جدول ۶ مقادیر عددی سرعت هوا و سن هوا را در دو ارتفاع ۱/۵ و ۰/۹ متری از سطح زمین در نمونه‌های موردی نشان دهد.

جدول ۶- مقایسه داده‌های خروجی بر حسب سرعت هوا و عمر هوا در ارتفاع های مختلف

	ارتفاع ۱۵۰ سانتی متری از سطح زمین	ارتفاع ۹۰ سانتی متری از سطح زمین
سرعت هوا	Chart Title	Chart Title
سن هوا	Chart Title	Chart Title

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

حداکثر سرعت تهویه نسبت به عمق اتاق

با توجه به جدول شماره۷ که مستخرج از خروجی‌های فوق می‌باشد می‌توان گفت در ارتفاع ایستاده هر چقدر که عمق اتاق بیشتر شود. حداکثر سرعت تهویه کمتر می شود. در ارتفاع ۹۰ سانتی‌متری از سطح زمین، (نشسته) از عمق ۴ متر تا ۶ متر سرعت کاهش پیدا می‌کند و از عمق ۶ متر به بعد سرعت مجددا افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۷- حداکثر سرعت تهویه هوا نسبت به عمق

ابعاد اتاق	ارتفاع(m)	حداکثر سرعت تهویه(m/s)	عمق بروز سرعت حداکثر(m)
۳×۳	۱/۵	۰/۳۲	۰/۵
	۰/۹	۰/۲۵	۱
۴×۳	۱/۵	۰/۳۲	۰/۵
	۰/۹	۰/۲۶	۱/۲
۵×۳	۱/۵	۰/۳۱	۰/۵
	۰/۹	۰/۲۵	۱/۳
۶×۳	۱/۵	۰/۲۸	۰
	۰/۹	۰/۱۱	۲/۵
۷×۳	۱/۵	۰/۲۸	۰
	۰/۹	۰/۱۳	۲/۱
۸×۳	۱/۵	۰/۲۴	۱
	۰/۹	۰/۱۸	۰/۸
۹×۳	۱/۵	۰/۲۲	۰/۵
	۰/۹	۰/۲۲	۰/۵

حداقل سرعت تهویه نسبت به عمق اتاق

با توجه به جدول شماره ۸ در ارتفاع ۱.۵ (فرد ایستاده) بعد از قسمت انتهایی اتاق (به دلیل وجود دیوار) معمولا کمترین میزان سرعت هوا در مرکز اتاق صورت گرفته است. در این بین اتاق ۳×۶ استثنا می‌باشد.

در ارتفاع ۰/۹ به غیر از قسمت ابتدایی و انتهایی اتاق (به علت وجود دیوار) معمولا کمترین میزان سرعت هوا در یک سوم انتهایی اتاق صورت گرفته است. در این بین اتاق ۳.۶ استثنا می‌باشد.

جدول ۸- حداقل سرعت تهویه هوا نسبت به عمق

ابعاد اتاق	ارتفاع(m)	حداقل سرعت تهویه(m/s)	عمق بروز سرعت حداقل(m)
۳×۳	۱/۵	۰/۰۵	۲/۱
	۰/۹	۰/۰۵	۲/۵
۴×۳	۱/۵	۰/۰۵	۲
	۰/۹	۰/۰۵	۳/۲
۵×۳	۱/۵	۰/۰۵	۲/۵
	۰/۹	۰/۰۹	۴/۶
۶×۳	۱/۵	۰/۱۲	۳
	۰/۹	۰/۰۳	۱
۷×۳	۱/۵	۰/۰۷	۳/۵
	۰/۹	۰/۰۳	۵
۸×۳	۱/۵	۰/۰۵	۴
	۰/۹	۰/۰۳	۳/۲
۹×۳	۱/۵	۰/۰۶	۴/۵
	۰/۹	۰/۰۴	۶/۹

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

مقایسه حداکثر سرعت هوا و سرعت خروج هوا در اتاق

با توجه به جدول شماره ۹ در ارتفاع ۱/۵ متر (ارتفاع ایستاده) سرعت خروج هوا از اتاق و در هنگام ورود به دودکش به میزان تقریبی و نصف سرعت ورود هوا به داخل اتاق می‌باشد. در ارتفاع ۰.۹ (ارتفاع نشسته) به غیر از اتاق ۳×۷ در مابقی اتاق‌ها سرعت خروج هوا از اتاق و در هنگام ورود به دودکش به میزان تقریبی و نصف سرعت ورود هوا به داخل اتاق می‌باشد.

جدول۹- مقایسه حداکثر سرعت هوا و سرعت خروج هوا در اتاق

ابعاد اتاق	ارتفاع(m)	حداکثر سرعت تهویه(m/s)	عمق بروز سرعت حداکثر(m)
۴×۳	۱/۵	۰/۳۲	۰/۱۵
	۰/۹	۰/۲۵	۰/۱۳
۵×۳	۱/۵	۰/۳۱	۰/۱۵
	۰/۹	۰/۲۵	۰/۱۴
۶×۳	۱/۵	۰/۲۸	۰/۱۴
	۰/۹	۰/۱۱	۰/۰۷
۷×۳	۱/۵	۰/۲۸	۰/۱۴
	۰/۹	۰/۱۳	۰/۱۲
۸×۳	۱/۵	۰/۲۴	۰/۱۱
	۰/۹	۰/۱۹	۰/۱۴
۹×۳	۱/۵	۰/۲۲	۰/۰۵
	۰/۹	۰/۲۳	۰/۱۵

مقایسه حداکثر سرعت تهویه در ارتفاع ۱/۵ متر (ایستاده) با ارتفاع ۰/۹ متر (نشسته)

با توجه به جدول شماره ۱۰ میزان حداکثر سرعت باد در ارتفاع یک و نیم متر (ارتفاع ایستاده) بیشتر از ارتفاع ۹۰ سانتی متری (ارتفاع نشسته) می‌باشد.

جدول ۱۰- مقایسه حداکثر سرعت هوا در ارتفاع نشسته و ایستاده

ابعاد اتاق	حداکثر سرعت تهویه(m/s)	عمق بروز سرعت حداکثر(m)
۴×۳	۰/۳۲	۰/۲۵
۵×۳	۰/۳۱	۰/۲۵
۶×۳	۰/۲۷	۰/۱۱
۷×۳	۰/۲۸	۰/۱۳
۸×۳	۰/۲۳	۰/۱۸
۹×۳	۰/۲۲	۰/۲۲

با بررسی نمودارهای سرعت هوا و با در نظر گرفتن ۶ مدل با عمق متفاوت این نتیجه حاصل می‌شود که عمق اتاق در میزان تهویه موثر است، به طوری که در ارتفاع ایستاده (۱/۵ متر) با افزایش عمق اتاق، سرعت تهویه کاهش می‌یابد. در صورتی که در ارتفاع ۰/۹ متر در عمق ۴ تا ۶ متر سرعت کاهش پیدا می‌کند و از عمق ۶ متر مجدداً افزایش پیدا می‌کند. در ارتفاع ۱/۵ متر حداقل سرعت تهویه در مرحله اول در قسمت انتهایی فضا و در مرحله ی بعد بیشترین افت در مرکز اتاق ها می باشد. در ارتفاع ۰/۹ متر به بیشترین افت سرعت هوا در قسمت‌های ابتدایی و انتهایی اتاق و سپس در یک سوم انتهای اتاق می‌باشد.

نتیجه گیری

صنعت ساختمان یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه در مصرف انرژی می باشد. درصد قابل توجهی از مصرف انرژی در این بخش صرف سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع می‌شود. لذا بررسی سیستم‌های تهویه طبیعی به منظور بالا

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

بردن بازدهی وعملکرد آنها از اهمیت بیشتری برخوردار شده است.در کار پژوهشی حاضر، فضای اتاقی که دارای یک دودکش خورشیدی است با بهره‌گیری از دینامیک سیالات محاسباتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و ابعاد بهینه برای عمق فضا تعیین شده است. در این مقاله با هدف بررسی تأثیر دودکش خورشیدی در جریان هوای داخلی و تهویه طبیعی به مطالعه فضاهایی با عمق‌های متفاوت پرداخته شده‌است. با بررسی نمودارهای نرخ جریان هوا و با در نظر گرفتن ۶ مدل با عمق متفاوت این نتیجه حاصل می شود که اختلاف فشار ایجاد شده بین هوای گرم دودکش خورشیدی و هوای محیط، جریان تهویه طبیعی را باعث می‌شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد سرعت تهویه ارتباط مستقیمی با عمق اتاق دارد. هر چقدر که عمق اتاق بیشتر شود سرعت تهویه کمتر خواهد شد. در ارتفاع ۰/۹ متر و ۱/۵ متر بیشترین میزان سرعت تهویه هوا در عمق اتاق هایی با عمق ۴ و ۵ متر صورت گرفته که می‌توان گفت بهینه ترین ابعاد اتاق به جهت تهویه در اتاق های ۳/۴ و ۳/۵ قابل مشاهده است. با توجه به بررسی دو ارتفاع مشخص (ایستاده و نشسته) می‌توان گفت که در ارتفاع ۱.۵ متر (ایستاده) حداقل سرعت تهویه در قسمت انتهایی فضاها دیده می‌شود چرا که از گردش هوا در گوشه‌های کناری کاسته شده‌است و در مرحله بعد بیشترین کاهش میزان سرعت هوا در مرکز اتاق‌ها می‌باشد. و در مورد فضاهایی با ارتفاع ۰/۹ (نشسته) متر به غیر از قسمت‌های ابتدایی و انتهایی اتاق کمترین میزان سرعت در یک سوم انتهای اتاق می‌باشد. همچنین حداکثر سرعت تهویه در ارتفاع ۱/۵ متر همواره بیشتر از ارتفاع ۹۰ سانتیمتر می‌باشد. از این رو نتایج مطلوب از جهت سرعت چرخش هوای داخلی در فضاهایی با عمق کمتر به دست آمده است. در ادامه این مطالعه نیز می توان پیشنهادهای زیر را برای تحقیقات آتی مطرح کرد:

- ادامه مطالعات در حالت شبیه‌سازی سه بعدی، با تحلیل اثر ابعاد ورودی هوا، ابعاد دودکش.
- بررسی تأثیر جریان‌های ایجاد شده در اثر باد بر عملکرد حرارتی.
- بررسی تهویه شبانه و تفاوت‌های آن با جریان‌های حاکم در طول روز.
- تأثیر جنس سطح جاذب بر مکش و ایجاد تهویه.
- بررسی عملکرد همزمان دودکش خورشیدی و بادگیر.

منابع

- پیله‌چی‌ها، پ؛ زرین مهر، ز، (۱۳۹۵)، عملکرد دودکشِ خورشیدی و تأثیر آن در تهویه مطبوع ساختمانهای معاصر، اولین کنفرانس ملی آینده مهندسی و تکنولوژی، تهران، ۷ اسفند، دانشگاه علم و فرهنگ
- فخاری، م؛ حیدری، ش، (۱۳۹۲)، بهینه سازی دودکش خورشیدی و بررسی اثر آن بر تهویه ساختمان، معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۲، ۸۳-۸۸.
- فخاری، م؛ حیدری، ش؛ فیاض، ر، (۱۳۹۲) عوامل موثر بر تهویه غیر فعال دودکش خورشیدی،نامه معماری و شهرسازی،شماره ۱۲، ۱۳۵-۱۵۱.
- خمسه، و، (۱۳۸۹) ، دودکش خورشیدی و تهویه ساختمان، ماهنامه تهویه و تاسیسات، ش ۵.
- شمسایی، ا؛ محمودی، ب؛ سرلک، م؛ وثوقی فر، ح، (۱۳۹۰)، مدل ساز عددی جریان هوا در دودکش خورشیدی. نشریه مهندسی عمران و نقسه برداری، دوره ۴۵، شماره ۴: ۴۳۷-۴۴۲.
- – قیابکلو، ز، (۱۳۸۹)، مبانی فیزیک ساختمان ، تنظیم شرایط محیطی(۲)، تهران: جهاد دانشگاهی امیرکبیر.
- Abdeen, A., Serageldin, A. A., Ibrahim, M. G., El-Zafarany, A., Ookawara, S., & Murata, R. (2019). Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study. *Solar Energy*, *180*, 524-536.
- Al-Kayiem, H. H., Sreejaya, K. V., & Chikere, A. O. (2018). Experimental and numerical analysis of the influence of inlet configuration on the performance of a roof top solar chimney. *Energy and Buildings*, *159*, 89-98.
- Afonso, C., & Oliveira, A. (2000). Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy and buildings*, *32*(1), 71-79.
- Bansal, N. K., Mathur, R., & Bhandari, M. S. (1994). A study of solar chimney assisted wind tower system for natural ventilation in buildings. *Building and environment*, *29*(4), 495-500.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

- Bouchair, A. (1994). Solar chimney for promoting cooling ventilation in southern Algeria. *Building Services Engineering Research and Technology*, *15*(2), 81-93.
- Charvat, P., Jicah, M., & Stetina, J. (2004). Solar chimneys for ventilation and passive cooling. In *World Renewable Energy Congress, Denver, USA*.
- Emmerich, S. J., Dols, W. S., & Axley, J. W. (2001). *Natural ventilation review and plan for design and analysis tools* (pp. 1-56). Gaithersburg, MD, USA: US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.
- Gan, G. (2006). Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation. *Energy and buildings*, *38*(5), 410-420.
- Harris, D. J., & Helwig, N. (2007). Solar chimney and building ventilation. *Applied Energy*, *84*(2), 135-146.
- Hosien, M. A., & Selim, S. M. (2017). Effects of the geometrical and operational parameters and alternative outer cover materials on the performance of solar chimney used for natural ventilation. *Energy and Buildings*, *138*, 355-367.
- Khanal, R., & Lei, C. (2012). Flow reversal effects on buoyancy induced air flow in a solar chimney. *Solar Energy*, *86*(9), 2783-2794.
- Khedari, J., Boonsri, B., & Hirunlabh, J. (2000). Ventilation impact of a solar chimney on indoor temperature fluctuation and air change in a school building. *Energy and buildings*, *32*(1), 89-93.
- Khosravi, M., Fazelpour, F., & Rosen, M. A. (2019). Improved application of a solar chimney concept in a two-story building: An enhanced geometry through a numerical approach. *Renewable Energy*, *143*, 569-585.
- Koronaki, I. P. (2013). The impact of configuration and orientation of solar thermosyphonic systems on night ventilation and fan energy savings. *Energy and Buildings*, *57*, 119-131.
- Mahdavinejad, M. J., & Khazforoosh, S. (2014). Combination of wind catcher and chimney for more energy efficient architectural buildings. *Sustain Energy*, *2*(1), 35-8.
- Miyazaki, T., Akisawa, A., & Kashiwagi, T. J. R. E. (2006). The effects of solar chimneys on thermal load mitigation of office buildings under the Japanese climate. *Renewable Energy*, *31*(7), 987-1010.
- Punyasompun, S., Hirunlabh, J., Khedari, J., & Zeghmati, B. (2009). Investigation on the application of solar chimney for multi-storey buildings. *Renewable Energy*, *34*(12), 2545-2561.
- Shi, L., Zhang, G., Yang, W., Huang, D., Cheng, X., & Setunge, S. (2018). Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *88*, 223-238.
- Shi, L., Cheng, X., Zhang, L., Li, Z., Zhang, G., Huang, D., & Tu, J. (2019). Interaction effect of room opening and air inlet on solar chimney performance. *Applied Thermal Engineering*, *159*, 113877.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]

The effect of space depth on improving natural ventilation with a focus on solar chimney performance

Hamid Eskandari*, Assistant Professor of Architecture, Department of technical and engineering, Yasouj university, Yasouj, Iran
Ali Akbar Heidari, Assistant Professor of Architecture, Department of technical and engineering, Yasouj university, Yasouj, Iran
Malihe Taghipour, Assistant Professor of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad university, Iran
Neda Ghahreman Isadi, PhD in Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad university, Iran
Elham Mansourian, MS in Architecture, Yasuj Branch, Islamic Azad university, Yasuj, Iran

Received: 2022/4/12 *Accepted: 2022/8/19*

Abstract
Introduction: About a third of the total energy consumption in developed countries is summarized in the housing and building sector, while the provision of cooling, heating, and air ventilation. In this regard, air ventilation is a significant issue and a large part of the energy consumption in the building is dedicated to this issue. Various methods for natural ventilation have been exempted from sustainable architecture, one of which is solar chimneys. A solar chimney is a type of passive solar heating and cooling system that can be used to regulate the temperature of a building as well as provide ventilation. Like a Trombe wall or solar wall, solar chimneys are a way to achieve energy-efficient building design. Essentially, solar chimneys are hollow containers that connect the inside part of the building to the outside part of the building. Various research have been conducted in connection with the analysis of solar chimney performance; meanwhile, there has been no independent research regarding the effective depth of the solar chimney in creating ventilation in a closed space.
Methodology: Accordingly, in this research, the issue of the effective depth of the space in improving the ventilation performance of a room equipped with a solar chimney is investigated. The research method used in this article includes two qualitative and quantitative parts. In this research, assuming that the depth of the space affects the amount of ventilation, the depth is considered as an independent variable, and the amount of airflow is a dependent variable. For this purpose, 7 rooms with fixed width and variable lengths were selected as case studies. The length of the rooms fluctuated from 3 meters to 9 meters, and the width of the room was considered a fixed value of 3 meters in all cases. A solar chimney with a height of 1.85 m, a width of 1 m, an air gap of 0.28 m, and an angle of 75 degrees is placed on the roof of the chamber in all the case studies. After the samples were selected, they were simulated in the Autodesk CFD soft wear. To measure the accuracy of the calculations, the validation of the software was done, and the result of this part was a 4% error between the numerical results and experimental research.
Results and Discussion: The results of this research showed that the ventilation speed has a direct relationship with the depth of the room. The most optimal dimensions of the room in terms of room ventilation are 4x3 and 5x3. Also, in the standing height, the minimum ventilation speed is seen in the end part of the spaces, and in the sitting height, except for the beginning and end of the room, the lowest speed is at one-third of the end of the room.
Keywords: Ventilation, air flow, effective depth, computational fluid dynamics, solar chimney

* Corresponding Author's E-mail: Eskandari@yu.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-21]