

مطالعه عددی جریان هوا بر روی دریچه های توزیع هوا از نوع پره موازی و پره مخالف

ایمان مبرزی^۱، محمد افتخاری یزدی^۲

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی تبدیل انرژی-دانشکده فنی و مهندسی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

^۲ استادیار-دانشکده فنی و مهندسی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

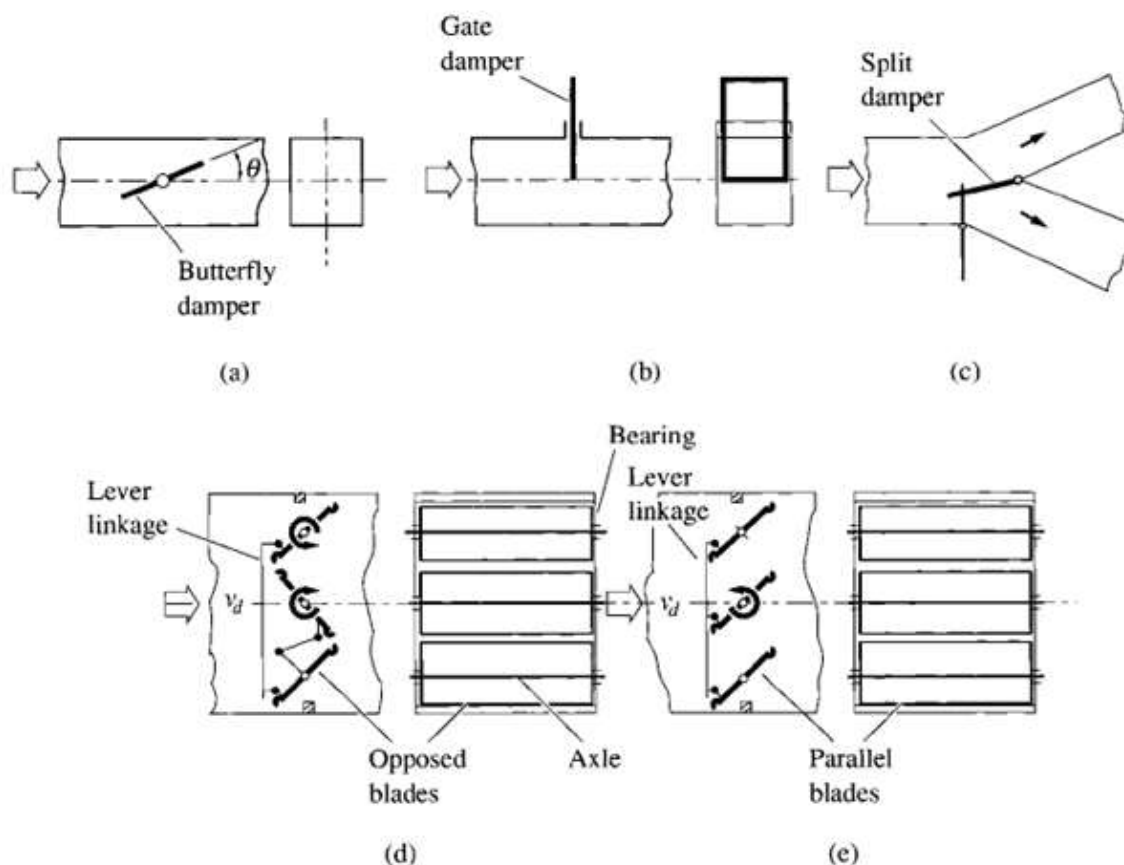
چکیده

دریچه های کانالی کاربردهای گسترده ای در صنعت دارند، به خصوص در توزیع هوا در تهویه مطبوع از این نوع دریچه برای تنظیم جریان هوا استفاده می شود. با این وجود مطالعات زیادی در زمینه بررسی عددی جریان در دریچه کانالی صورت نگرفته است و در کاربردهای صنعتی به طور معمول از داده های تجربی استفاده می شود. با گسترش استفاده از سیستمهای مدیریت هوشمند در ساختمانها، نیاز است تا دبی جریان به طور اتوماتیک کنترل شود، برای انجام این موضوع در هر دریچه کانالی که نیاز به تغییرات پیوسته دارد، موتور مکانیکی نصب می شود. امروزه روش متداول، استفاده از بازخورد مستقیم از هوای خروجی از دریچه است، مشخصات دریچه تأثیری بر سیستم کنترلی برای تنظیم دبی جریان ندارد. اگر بتوان به شکل دقیق میزان هوای عبوری از کانال به ازای زاویه گشودگی پره ها را محاسبه کنیم، طراحی و کنترل دریچه کانالی و کل سیستم تهویه مطبوع به شکل موثرتری انجام خواهد گرفت. در این تحقیق به حل عددی جریان در دو نوع دریچه کانالی موازی و متقابل در زوایای گشودگی مختلف پرداختیم و نتایج عددی را با داده های تجربی مقایسه شدند.

واژه های کلیدی: جریان هوا- دریچه های توزیع هوا - پره موازی - پره مخالف

۱. مقدمه

دریچه یا دریچه تامین هوا ابزاری است که با تغییر زاویه پره ها و در نتیجه مساحت عبور جریان آن، جریان هوا را در یک سیستم هوا یا سیستم تهویه کنترل می کند. دریچه ها از لحاظ عملکرد و ظاهر انواع مختلفی دارند که هر یک برای کاربرد خاصی بهینه است. دریچه های کنترل جریان هوا را می توان به عنوان دریچه های تک تیغه یا دریچه های چند تیغه ای با توجه به ساخت آنها طبقه بندی کرد. انواع مختلفی از دریچه در شکل ۱ نشان داده شده است. دریچه پروانه ای دریچه تک تیغ است. یک دریچه پروانه ای از یک ورق مستطیل شکل که درون یک مجرای مستطیل شکل یا یک دیسک گرد قرار داده شده در مجرای گرد ساخته شده است، همانطور که در شکل نشان داده شده است. در حدود یک محور می چرخد و قادر است با تغییر اندازه میزان باز شدن گذر برای جریان هوا، میزان جریان هوا از سیستم مجرا را تعدیل کند. دریچه گیت یک دریچه تک تیغ است. همچنین ممکن است مستطیل یا گرد باشد. به منظور خاموش کردن یا باز کردن یک گذر جریان، به شکل داخل و خارج از شکاف حرکت لغزشی می کند، همانطور که در شکل نشان داده شده است. دریچه های دروازه ای عمدتاً در سیستم های آگزوز صنعتی با فشار استاتیک بالا مورد استفاده قرار می گیرند. یک دریچه اسپلیت همچنین یک دریچه تک تیغ است. این قطعه از فلز متحرک است که معمولاً در اتصال سه راه یک سیستم مجرای مستطیل شکل نصب می شود. حرکت دریچه تقسیم شده از یک انتهای به سمت دیگر، جریان هوای جاری شده به دو پا یا شاخه را تعدیل می کند. یک دریچه تقسیم کننده معمولاً فقط در هنگام تعادل هوا پس از نصب یا در حین متعادل سازی هوای متناوب تنظیم می شود. علاوه بر شکل خود دریچه، هندسه پره ها نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. دو نوع پره با هندسه موازی و مخالف در صنعت تهویه مطبوع مورد استفاده هستند.



شکل ۱. انواع مختلف دریچه‌های توزیع هوا به ترتیب از انواع پروانه‌ای، دروازه‌ای و لغزشی و دو نوع پره موازی و مخالف [۱]

اهمیت استفاده از دریچه‌های تامین هوا در مباحث مقررات ملی ساختمان مورد اشاره قرار گرفته است. روش‌های کلی جهت تعیین اندازه دریچه بر حسب نیاز فضا در این مباحث اشاره شده است [۲ و ۳]. عمده مقالات که به تعدادی از آنها اشاره شده است، به عملکرد دریچه توزیع هوا در داخل فضا پرداخته اند از جمله کیم و همکاران [۴] تاثیر سرعت هوا و محل دریچه را بر آسایش حرارتی افراد بررسی کردند. مطالعه آنها نشان داد که نحوه قرار گیری دریچه‌های توزیع هوا نقش مهمی در توزیع دما و سرعت جریان هوا در داخل فضا دارد. چونگ و همکاران [۵] تاثیر قرار گیری دریچه‌ها بر آسایش حرارتی افراد حاضر در سالن اجتماعات را در یک اقلیم گرمسیر مورد مطالعه قرار دادند.

فتح الله زاده و همکاران در دو مطالعه مستقل به بررسی ارتفاع دریچه‌های خروجی یک مکان پرجمعیت بر مصرف انرژی، آسایش گرمایی و کیفیت هوای داخل برای دو نوع دریچه ورودی مستقیم و چرخشی پرداختند. بر اساس تحقیقات ایشان، دریچه خروجی نزدیک به کف از لحاظ آسایش گرمایی، مصرف انرژی و کیفیت هوای داخل بدترین حالت هستند [۶]. در مطالعه دیگر شرایط عملکردی سیستم توزیع هوای زیر سطحی را در یک مکان پرجمعیت با دو نوع دریچه مورد مطالعه قرار

دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که در شرایط یکسان از نظر دما و سرعت هوای ورودی، برای دریچه‌های زیر صندلی گرادیان عمودی دمای بیشتری رخ می‌دهد، اما از طرف دیگر از نظر کیفیت هوای داخل تفاوت چشمگیری وجود ندارد [۷]. نادا و همکاران [۸] به کمک یک تحلیل عددی به بررسی توزیع دما، توزیع سرعت و آسایش گرمایی بدون در نظر گرفتن عوامل نارضایتی گرمایی موضعی و همچنین کیفیت هوای داخل در یک سالن تئاتر پرداختند. در این تحقیق تاثیر عواملی مانند سرعت و دمای هوای ورودی، تعداد دریچه‌های ورودی در کف و ارتفاع ساختمان بر آسایش گرمایی مورد مطالعه قرار گرفت. افضلیان و همکاران [۹] در مطالعه مشابه تاثیر جانمایی دریچه در توزیع هوا داخل یک فضای بزرگ را شبیه سازی و مورد مطالعه قرار دادند.

مطالعات فوق بیشتر به جنبه تاثیر استفاده از دریچه در تهویه مطبوع فضا پرداخته‌اند و کمتر به جریان هوا در داخل خود دریچه توجه شده است. نحوه اختلاط و پروفیل سرعت خروجی از دریچه توزیع می‌تواند به طراح کمک نماید که فهم بهتری از نحوه توزیع هوا در اتاق داشته باشد. از طرف دیگر می‌توان با کمک شبیه سازی عددی، مشخصات کاری دریچه در خارج از محدوده ذکر شده توسط سازنده را تخمین زد. به همین علت در مطالعه حاضر تمرکز بر روی جریان سیال در دریچه متمرکز شده است که این مطالعه را از مطالعات پیشین متمایز می‌کند.

از دریچه توزیع برای سه کارکرد مهم در دستگاه انتقال هوا استفاده می‌شود: (۱) برای کنترل و تنظیم میزان اختلاط هوای بازگشتی و تازه (۲) برای دور زدن (بای پس کردن) تجهیزات انتقال حرارت و (۳) برای کنترل مقدار هوا که توسط فن وارد فضا می‌شود.

از دریچه با عملکرد تک در مکانهایی استفاده می‌شود که دریچه کاملاً باز یا کاملاً بسته باشد. در صورت نیاز به کنترل جریان هوا، از دریچه دوتایی استفاده می‌شود. این ترتیب از آنجایی که جریان هوا متناسب با موقعیت تیغه پرتاب می‌شود از برتری برخوردار است، در حالی که دریچه نوع اکشن تمایل دارد هوا را منحرف کند و تا زمانی که پره‌ها تقریباً بسته نشوند، کم و زیاد عمل نمی‌کند. دریچه‌های هوایی در فضای باز و بازگشت به گونه ای واقع شده اند که مخلوط خوب دو جریان هوا اتفاق می‌افتد. در نصب‌هایی که ۲۴ ساعت شبانه روز کار می‌کنند و قرار دارند در آب و هوای معتدل، گاهی اوقات دریچه رو به فضای باز حذف می‌شود.

باید توجه داشت که با بهره گیری از فن و درزگیری کاملاً بسته، نشتی کاملاً از بین نمی‌رود. از دریچه‌های مجرای برای تنظیم سرعت جریان هوا استفاده می‌شوند و یا در صورت لزوم مسیر مجرای هوا را به شکل کامل می‌بندد. این دریچه‌ها در مجاری گرد یا مربعی اعمال می‌شوند. دریچه‌های مجرای با چرخاندن تعدادی تیغه با مکانیسم اتصال مشترک در نوع مربع باز

و بسته یا تنظیم می شوند و با چرخش یک اهرم با دسته یا یک موتور الکتریکی کنترل صورت می گیرد. در ۱ جدول توصیف هایی را برای دریچه های مختلف با توجه به عملکرد، کاربرد، سرعت و نوع عمل مورد نیاز ارائه می کند.

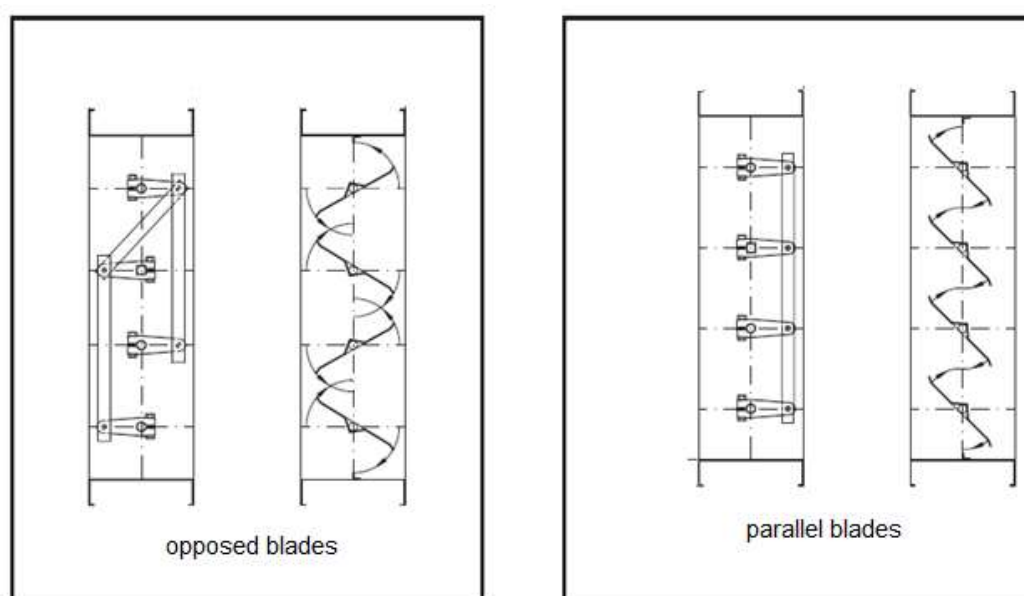
جدول ۱. عملکرد و موقعیت دریچه و محدوده مناسب سرعت در کاربردهای مختلف تهویه مطبوع [۱۰]

FUNCTION OR LOCATION	APPLICATION	VELOCITY* (fpm)	REMARKS
Minimum Outdoor Air	Ventilation	500-800	The higher limit may be used with short outdoor air duct connection and long return air duct. May be single acting damper.
Maximum Outdoor Air	Permissible system resistance and balance	500-800	Should be double acting when used for throttling.
All Outdoor Air	Permissible system resistance and balance	500-800	Single acting damper may be used.
Return Air	Permissible system resistance and balance	800-1200	May be higher velocity with short return duct and long outdoor air duct. Should be double acting damper.
Dehumidifier Face	Control space conditions	400-800	Should equal cross-sectional area of dehumidifier. Should be a double acting damper.
Dehumidifier Bypass	System balance	1500-2500	Should balance resistance of dehumidifier plus humidifier face damper. Should be double acting.
Heater Bypass	Balance	1000-1500	Should balance resistance at heater. Should be double acting.
Fan Suction or Discharge or Located in Duct	Available duct area	same as duct	Use double acting damper.

دمپر مخالف نوعی از دمپرهای چند تیغه ای است که اغلب مستطیل شکل است. معمولاً برای عبور جریان از سطح مقطع بزرگ استفاده می شود. تیغه های دمپر ممکن است از جنس استیل گالوانیزه، آلیاژ آلومینیوم یا ورق های استیل ضد زنگ باشد که معمولاً از ۱۰ اینچ بیشتر نیست (۲۵،۴ سانتی متر) از عرض. برای کنترل میزان نشت هوا، می توان درزگیرهای لاستیکی یا فنری را در موقعیت کاملاً بسته فراهم کرد که اغلب از $(30 \text{ L} / (\text{s} \cdot \text{m}^2))$ در فشار کاری 1000 Pa تجاوز نمی کند [۱۰]. بلبرینگ مورد استفاده برای حمایت از محور تیغه باید از یک ماده مقاوم در برابر خوردگی مانند آلیاژ مس یا نایلون ساخته شود. یاطاقانهای پوشیده شده با تفلون همچنین ممکن است مورد استفاده قرار گیرند تا از عملکرد صاف دمپر اطمینان حاصل شود. از پیوندهای اهرمی برای باز و بسته کردن تیغه های دمپر استفاده می شود.

حداکثر افت فشار استاتیک در دریچه های مخالف در حالت تیغه بسته شده برابر با 1500 Pa برای دریچه با طول ۱۳۶ اینچ و با افزایش ابعاد دریچه، مقدار افت فشار کاهش پیدا خواهد کرد [۱۰]. یک دمپر موازی با تیغه موازی نیز نوعی از دمپرهای چند تیغه ای است که عمدتاً برای کاربردهای با سطح مقطع بزرگ استفاده می شود. مواد تیغه و نیاز به درزگیری و بلبرینگ ها همانند دمپرهای تیغه مخالف انتخاب می شود. شکل ۲ هندسه تیغه های موازی و مخالف را نمایش می دهد.

تیغه موازی یا تیغه مخالف که در یک مسیر جریان هوای منفرد برای تعدیل جریان هوا نصب می شود، غالباً به عنوان دمپر کنترل نامیده می شود. برای دریچه های کنترل حجم، رابطه خطی بین درصد باز شدن تیغه های دریچه و درصد جریان کامل برای کنترل بهتر و کارایی مطلوب بهترین حالت ممکن است. به عبارت دیگر، جریان کامل، میزان جریان هوا در حالتی است که دریچه در شرایط طراحی به طور کامل باز شود. در عمل رابطه واقعی توسط منحنی های مشخص شده توسط سازنده که عمدتاً بر اساس اندازه گیری آزمایشگاهی است، به دست می آید. به دلیل صرفه جویی در مصرف انرژی، ترجیحاً بهتر است تا هنگام جریان هوا از طریق دریچه در شرایط کاملاً باز، افت فشار کمتری نیز داشته باشد [۱۱].



شکل ۲ هندسه تیغه های موازی و مخالف در دریچه توزیع هوا [۱۰]

به منظور بیان عملکرد دریچه توزیع هوا از نمودارهای مشابه آنچه در شکل ۳ نمایش داده شده است استفاده می شود. پارامتر بی بعد به عنوان نسبت عملکرد دریچه تعریف می شود که در رابطه ۱ نحوه محاسبه آن ارائه شده است.

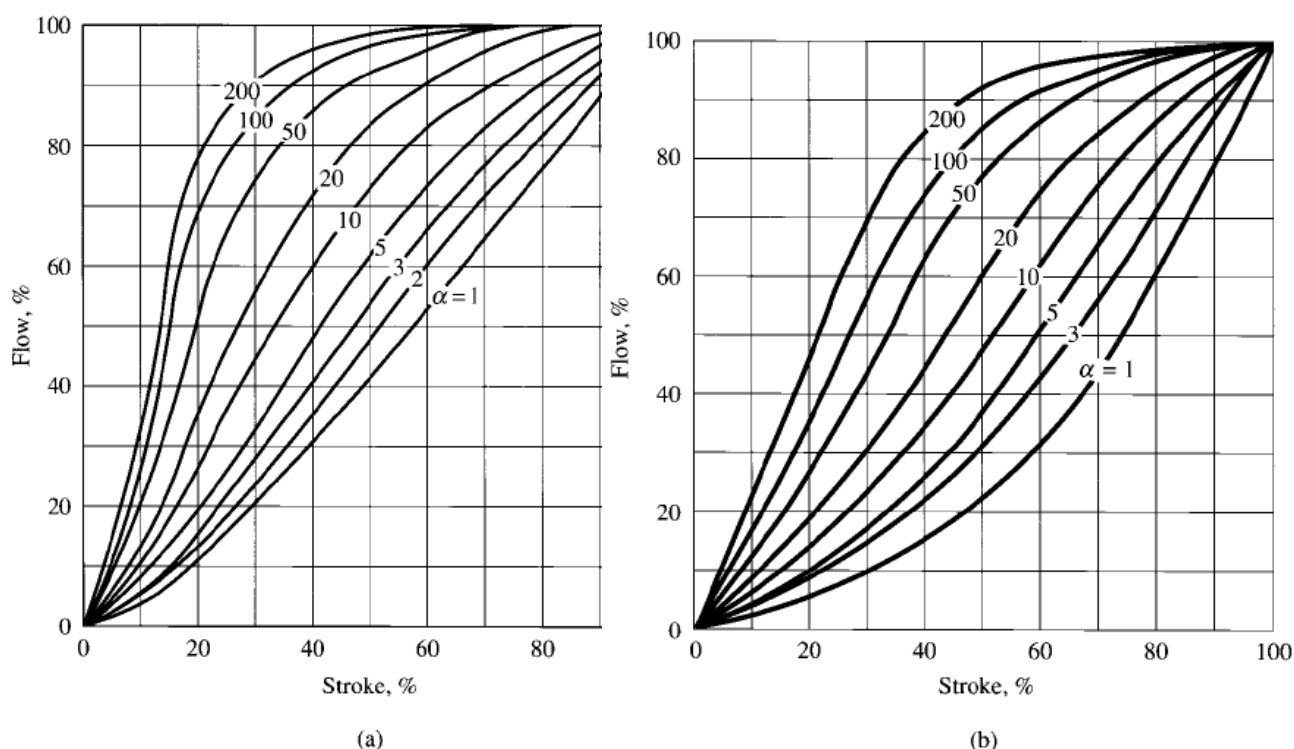
$$\alpha = \frac{\Delta p_{path} - \Delta p_{od}}{\Delta p_{od}} = \frac{\Delta p_{path}}{\Delta p_{od}} - 1 = \frac{\Delta p_{p-od}}{\Delta p_{od}} \quad 1$$

که در آن

Δp_{path} افت فشار کلی هوا در حین عبور از دریچه

Δp_{od} افت فشار کلی دریچه در حالت کاملاً باز

Δp_{p-od} افت فشار کلی هوا بدون در نظر گرفتن دریچه



شکل ۳ نمودارهای مشخصه دریچه با تیغه‌های موازی (a) و مخالف (b)

از دریچه‌های پروانه ای معمولاً در مجاری ناحیه مقطع کوچک و یا در مکان هایی مانند جعبه های VAV استفاده می شود. برای دریچه‌های کنترل در یک مسیر جریان هوای منفرد، به منظور داشتن کنترل بهتر، در صورت وجود افت فشار قابل توجه در طول مسیر به غیر از خود دریچه مانند کویل یا مبدل حرارتی، و موارد مشابه دریچه پره مخالف توصیه می‌شود. در کاربردهایی که در کانال جریان هوا، اگر دریچه توزیع منبع اصلی افت فشار در مسیر جریان هوا باشد، غالباً از دمپر موازی تیغه استفاده می شود. برای کاربردهایی که تعدادی از دریچه‌ها قرار باشد با هم به کار گرفته شوند، یک دمپر موازی با تیغه موازی توصیه می‌شود زیرا معمولاً در این کاربردها افت فشار کلی دریچه‌ها اغلب منبع اصلی افت فشار در مسیر جریان هوا است. تیغه های موازی دریچه پروانه‌ای باید طوری تنظیم شوند که جریان هوای چرخشی به سمت جریان هوای بیرون منتقل شود و در نتیجه اختلاط کامل تری انجام شود.

البته برای کنترل بهتر، دریچه پره مخالف در مقابل دریچه تخلیه هوا در فضای باز توصیه می‌شود. بسیاری از واحدهای ساخته شده در کارخانه از دریچه خروجی با تیغه موازی برای افت فشار کمتر و مصرف انرژی کمتر استفاده می‌کنند. در اغلب کاربردها دریچه با پره مخالف در مسیر جریان هوا افت فشار بیشتری ایجاد می‌نماید اما در عین حال ویژگی های کنترل خطی

بهتری در سیستم را ایجاد می‌کند. برای دریچه‌های کنترل دو حالت، که دو حالت باز و بسته وجود دارد، همیشه از دریچه با پره موازی به دلیل قیمت پایین تر استفاده می‌شود.

اندازه دریچه باید به نحوی انتخاب شود تا قابلیت کنترل بهتری داشته باشد (مانند رابطه خطی بین باز شدن دمپر و جریان هوا)، تا از سر و صدای جریان هوا در صورت قرار گرفتن دمپر در پلن سقف جلوگیری شود، و طراحی برای رسیدن به افت مطلوب فشار در جریان برای صرفه جویی در مصرف انرژی انجام گیرد.

تعیین ابعاد دریچه معمولاً زمانی صورت می‌گیرد که هوایی که از طریق دمپر جریان دارد حداکثر باشد. برای یک دریچه در فضای باز، حداکثر جریان هوا هنگام استفاده از چرخه سرمایش مجانی برای خنک کاری اتفاق می‌افتد که کل هوای عبوری هوای تازه است، از طرف دیگر برای یک دریچه جریان بازگشتی، حداکثر جریان هوا در زمانی اتفاق می‌افتد که دمنده هوا در فضای باز در حداقل وضعیت باز باشد تا تهویه هوای بیرون را تأمین کند.

سرعت جریان هوا در دریچه معمولاً بین ۵ تا ۱۵ متر در ثانیه است، با این استثنا که سرعت در یک دریچه پروانه در جعبه VAV ممکن است برای صرفه جویی در انرژی فقط به ۲٫۵ متر بر ثانیه کاهش یابد. سطح مقطع دریچه معمولاً کوچکتر از کانال است که برای جلوگیری از سر و صدای جریان هوا نسبت سطح دریچه به سطح کانال اغلب بین ۰٫۵ تا ۰٫۹ است [۱۰]. نحوه اختلاط در داخل جعبه اختلاط نیز مورد توجه تعدادی از محققان قرار گرفته است، از جمله ماراین و همکاران [۱۲] به بررسی این موضوع پرداختند و پیشنهاد کردند که نسبت اختلاط بر حسب گشودگی زاویه دریچه ورودی به جای رابطه خطی با رابطه نمایی تخمین زده شود.

۱. معادلات حاکم

برای حل عددی جریان سیال باید معادلات ناویراستوکس به شکل گسسته مورد استفاده قرار گرفته شوند. البته به دلیل پیچیده بودن این معادلات در حالت کلی، حل تحلیلی غیرممکن است، در نتیجه روش های عددی برای حل معادلات و شبیه سازی مورد استفاده می‌باشند. معادلات ناویراستوکس شامل معادله پیوستگی و معادلات یقاي اندازه حرکت است. در معادله پیوستگی اصل اساسی که از آن در مکانیک سیالات استفاده می‌شود اصل بقا جرم است. این اصل بیان می‌دارد که جرم نه تولید می‌شود و نه از بین می‌رود و توسط معادله پیوستگی بیان می‌گردد که برای سیالات تراکم پذیر به شکل رابطه ۱ بیان می‌گردد، در حالت ساده شده مربوط به سیالات تراکم ناپذیر رابطه ۲ می‌تواند استفاده شود.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

برای سیالات تراکم ناپذیر

$$(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) = 0 \quad (2)$$

اصل بقاء اندازه حرکت یا قانون دوم نیوتون در سیالات با فرض جریان غیرقابل تراکم و ثابت فرض کردن ضریب ویسکوزیته، به شکل رابطه ۳ بیان می‌شود.

$$\rho \frac{DV}{Dt} = \rho f - \nabla P + \mu \nabla^2 V \quad (3)$$

که در آن V بردار سرعت، P بیانگر فشار، f نیروهای حجمی و μ ویسکوزیته می‌باشد. $\frac{D}{Dt}$ بیانگر مشتق مادی یا مشتق کامل بوده و به صورت $\left(\frac{D\varphi}{Dt} = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{V} \cdot \nabla \varphi\right)$ تعریف می‌گردد.

به منظور شبیه سازی آشفتگی در جریان سیال از مدل‌های مختلف استفاده می‌شود، مدل‌های دو معادله‌ای جریان آشفتگی به عنوان زیربنای بسیاری از تحقیقات مربوط به مدلسازی جریانهای آشفتگی در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها در عین قابلیت‌های بالا دارای معادلات نسبتاً ساده‌ای نیز می‌باشند. در مدل‌های دو معادله‌ای حل جداگانه دو معادله انتقال باعث تعیین مستقل مقیاس‌های سرعت و طول آشفتگی می‌شوند. مهمترین اختلاف بین مدل‌های دو معادله‌ای و سایر مدل‌های صفر و تک معادله‌ای آن است که در آنها با حل دو معادله انتقال امکان انرژی تولید شده به واسطه نفوذ و جابه‌جایی فراهم می‌گردد.

درحالی که در مدل‌های صفر و تک معادله‌ای فرض می‌شود که آشفتگی در هر جا که تولید می‌شود در همانجا از بین می‌رود و منتقل نمی‌شود. نقطه آغاز تمام مدل‌های دو معادله‌ای، استفاده از تقریب بوزینسک و معادله انتقال برای انرژی جنبشی آشفتگی (k) می‌باشد. انتخاب متغیر دوم دلخواه بوده و تاکنون پیشنهادات بسیاری برای این انتخاب ارائه شده است. قدرت بالا، اقتصادی بودن و دقت قابل قبولی، این مدل‌ها را به مدل‌های رایج برای طیف وسیعی از جریانهای آشفتگی تبدیل نموده است. رایجترین مدل دو معادله‌ای مدل استاندارد می‌باشد که به دلیل سادگی، دقت بالا و هزینه محاسباتی پایین مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه حاضر نیز از همین مدل استفاده شده است.

۲. روش تحقیق

در این تحقیق دو نوع متداول از دریچه‌های کانالی با پره‌های موازی و مخالف مورد بررسی قرار گرفتند. تعداد پره‌ها ۳ عدد و مقطع پره‌ها مستطیلی و با ضخامت 10 mm در نظر گرفته شد. نتایج حل عددی جریان با داده‌های تجربی مورد مقایسه قرار گرفت.

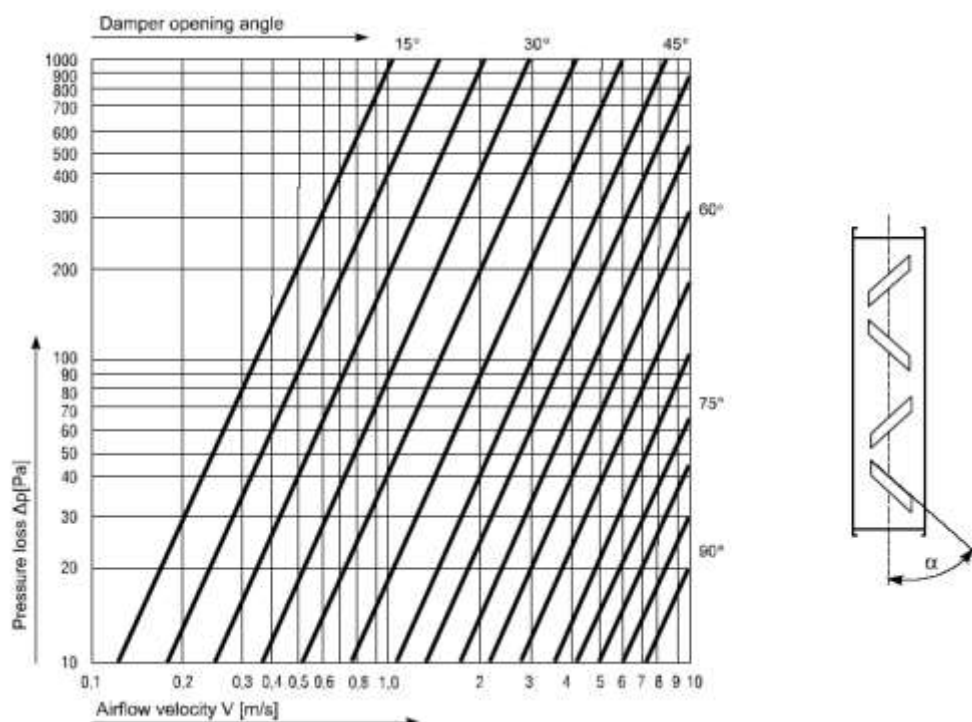
مقایسه‌ها در شرایط یکسان و اختلاف فشار 100 Pa در دو انتهای کانال انجام گرفت. در ابتدا کانال بدون دریچه در نظر گرفته شد که معادل حالت گشودگی کامل فرض شد.

At 100 Pa , 18.45 kg/s without blades

مقطع کانال برابر 1200 mm در نظر گرفته شده، که به معنای سرعت متوسط

$V_{\text{average}} = 12.55\text{ m/s}$

زوایای گشودگی 80° و 60° درجه طبق شکل ۴ مورد بررسی قرار گرفتند.



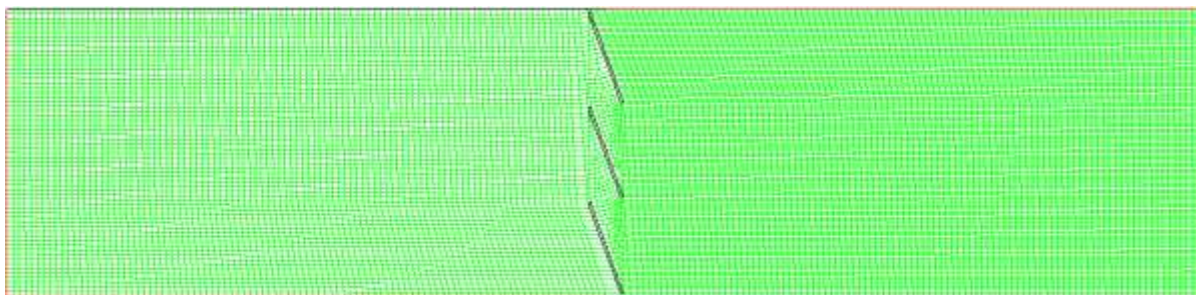
شکل ۴. تعریف زاویه گشودگی پره‌های دریچه و نمودار افت فشار و سرعت در زوایای مختلف برای یک نمونه خاص دریچه

کانالی [۱۱]

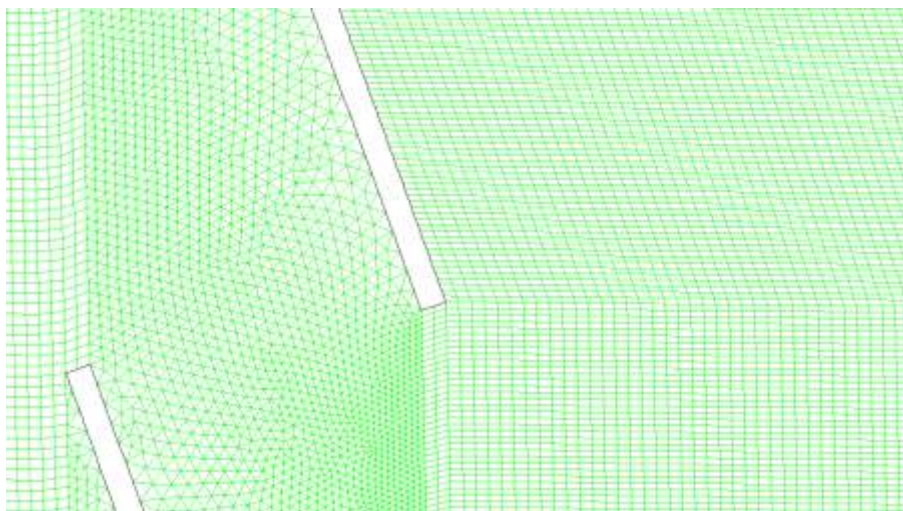
۳. نتایج

شبیه سازی عددی در چند شبکه محاسباتی مورد حل قرار گرفت. تعداد سلول های شبکه از ۱۶۰۰۰ در درشت ترین شبکه به بیش از ۶۰۰۰۰۰ هزار سلول در حالت بیشترین تعداد سلول افزایش پیدا کرد. دو نوع دریچه با پره موازی و پره مخالف مورد بررسی قرار گرفت. سرعت متوسط هوای عبوری تیز به ترتیب 2.5 m/s و 5 m/s در نظر گرفته شد.

قبل از ارائه نتایج بحث استقلال از شبکه انجام گرفت. شکل ۵ شبکه محاسباتی مورد استفاده را نمایش می دهد.



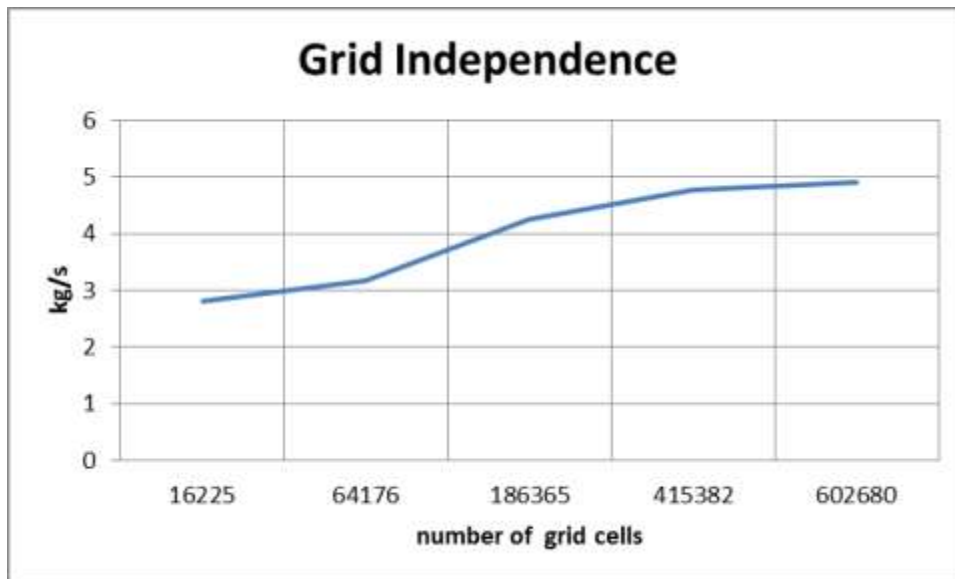
(الف)



(ب)

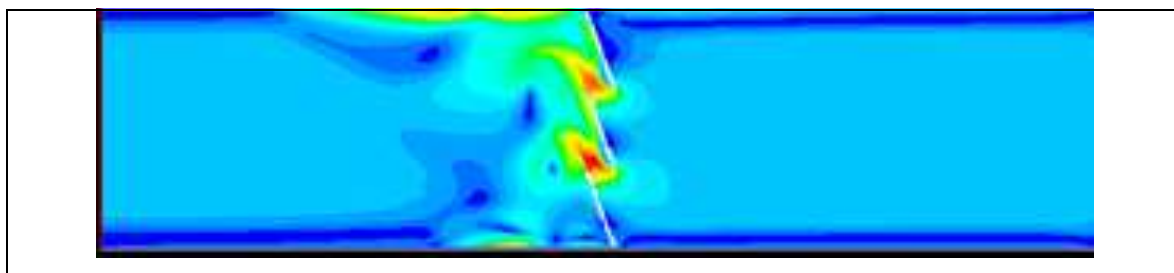
شکل ۵. شبکه محاسباتی مربوط به دریچه با پره موازی الف: هندسه کلی ب: بزرگنمایی شبکه در اطراف پره

به منظور بررسی بحث استقلال از شبکه با اعمال یک افت فشار مشخص 100 Pa به ابتدا و انتهای کانال مقدار دبی هوای عبوری اندازه گیری شد و در شبکه های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل ۶ نمایش داده شده است، پس از شبکه سوم با حدود ۲۰۰۰۰۰ سلول، نتایج تغییر معناداری ندارند.

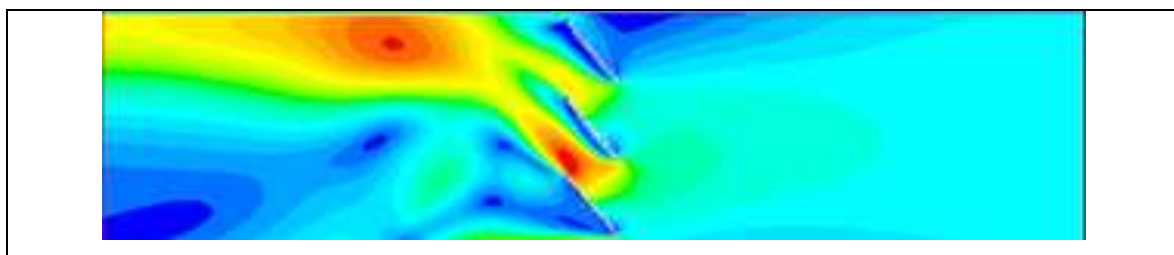


شکل ۶. بحث استقلال نتایج شبیه سازی عددی از شبکه محاسباتی

شکل ۷ کانتور سرعت در حول دریچه با پره‌های موازی با زاویه گشودگی 50° درجه را نمایش می‌دهد. در دو سرعت متوسط 2.5 m/s و 5 m/s کانتورها ترسیم شده‌اند. همانطور که مشخص است در سرعت بالاتر گردابه تشکیل خواهد شد و به دلیل اثرات آشفتگی انتظار افت فشار بالاتر وجود دارد که با نتایج مطالعات قبلی [۱۰ و ۱۱] مطابق است. شکل ۸ دریچه با ابعاد مشابه و پره‌های مخالف را نمایش می‌دهد. سرعت متوسط برابر با 2.5 m/s است.



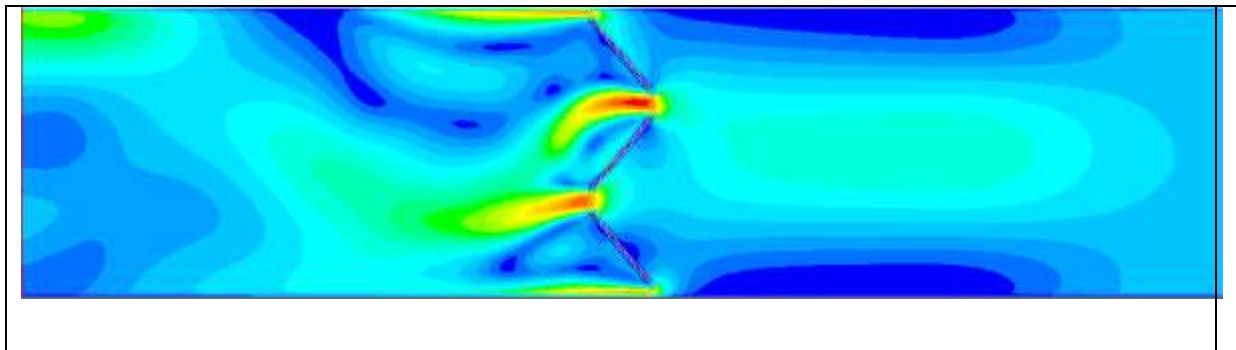
(الف)



(ب)

شکل ۷. کانتورهای سرعت در میدان جریان اطراف دریچه با پره موازی در زاویه گشودگی 50° ، الف: سرعت متوسط 2.5 m/s

ب: سرعت متوسط 5 m/s

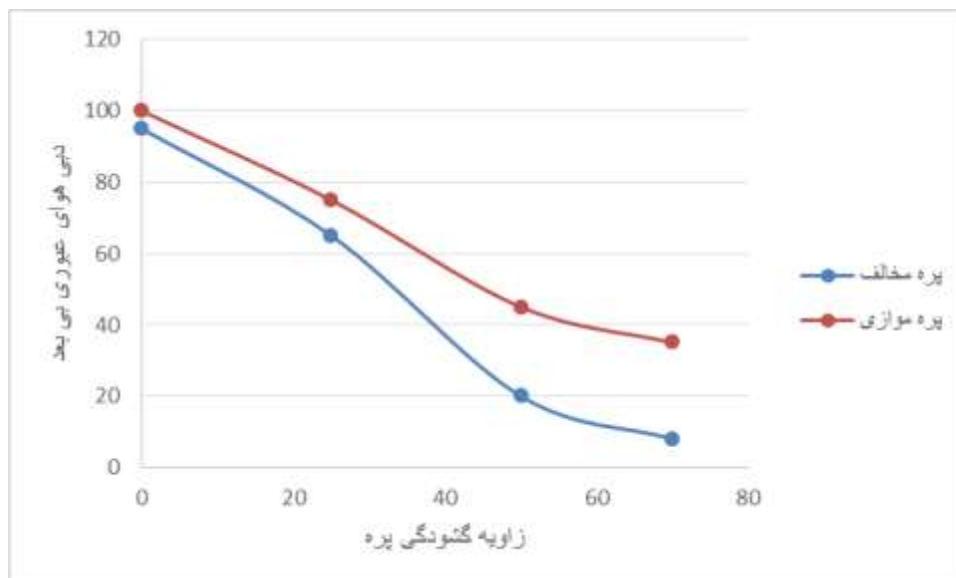


شکل ۸. کانتورهای سرعت در میدان جریان اطراف دریچه با پره مخالف در زاویه گشودگی 50° ، سرعت متوسط 2.5 m/s

۴. نتیجه گیری

دبی هوای عبوری بر حسب زاویه گشودگی پره برای دو نوع پره موازی و مخالف مورد بررسی قرار گرفت. به دو سر ورودی و خروجی کانال افت فشار مشخصی برابر با 100 Pa اعمال شد و دبی هوای عبوری در هر حالت مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج در شکل ۹ ارائه شده است. محور عمودی نمودار با تقسیم دبی هوای عبوری از دریچه بر حداکثر دبی هوای عبوری بی بعد شده است تا مقایسه با سهولت بیشتری انجام پذیرد.

خط قرمز تیغه مخالف را نشان می دهد، در همان شرایط با 50% پره موازی، دو برابر دریچه تامین هوا با تیغه از نوع پره مخالف دبی هوا تحویل می دهد. البته مطالعه میدان سرعت نشان می دهد که دریچه با تیغه موازی در زمینه ترکیب و اختلاط جریان هوای خروجی عملکرد خوبی ندارد و باید در چنین کاربردهایی استفاده از آن را محدود کرد. نتایج عددی با داده های تجربی که کاربرد بالقوه آنالیز دینامیک سیالات محاسباتی در کنترل دریچه های بلند را نشان می دهد قابل مقایسه بود. هزینه محاسباتی برای ارائه نتیجه دقیق، به ویژه در زوایای نزدیک به بسته شدن کانال، زیاد است. اما از آنجا که تعداد زیادی از دریچه های مشابه در ساختمان استفاده می شوند می توان از هزینه های اقتصادی و زمانی مربوط به آن چشم پوشی نمود.



شکل ۹. دبی هوای عبوری از دریچه با پره موازی و مخالف در زوایای گشودگی مختلف

همانطور که از شکل ۹ مشخص است دریچه در زوایای گشودگی از حالت باز کامل تا حدود ۶۰ درجه رفتار تقریباً خطی دارد، اما در زوایای گشودگی بالاتر، این رابطه از حالت خطی تا حدی خارج می‌شود که باید در محاسبات مهندسی مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

۱. Wang, handbook of refrigeration and air conditioning
۲. مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، ۱۳۸۰
۳. مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان، لوله کشی گاز طبیعی، ۱۳۸۹
۴. Kim G., Schaefer L., Lim J. T., Kim T. S., Thermal comfort prediction of an underfloor air distribution system in a large indoor environment, Energy and Buildings, Vol. ۶۴, pp. ۳۲۳-۳۳۱, ۲۰۱۳.
۵. Cheong K. W. D., Djunaedy E., Chua Y. L., Tham K. W., Sekhar S. C., Wong N. H., Ullah M. B., Thermal comfort study of an air-conditioned lecture theatre in the tropics, Building and Environment, Vol. ۳۸, No. ۱, pp. ۶۳-۷۳, ۲۰۰۳.

۶. Fathollahzadeh M. H., Heidarinejad G., Pasdarsahr H.i, Prediction of thermalcomfort, IAQ, and energy consumption in a dense occupancy environment with the under floor air distribution system, Building and Environment, Vol. ۹۰, pp. ۹۶-۱۰۴, ۲۰۱۵
۷. Fathollahzadeh M. H., Heidarinejad G., H. Pasdarsahri, Producing a better performance for the under floor air distribution system in a dense occupancy space, Energy and Buildings, Vol. ۱۲۶, pp. ۲۳۰-۲۳۸, ۲۰۱۶.
۸. Nada S. A., El-Batsh H. M., Elattar H. F., Ali N. M., CFD investigation of air flow pattern, temperature distribution and thermal comfort of UFAD system for theater buildings applications, Journal of Building Engineering, Vol. ۶, pp. ۲۷۴-۳۰۰, ۲۰۱۶ .
۹. م. افضلیان، ع. ذوالفقاری، تأثیر جانمایی دریچه‌های ورود هوا بر عملکرد سیستم تهویه جابجایی بر اساس شرایط آسایش گرمایی، کیفیت هوای داخل و مصرف انرژی در یک مکان پرجمعیت، مجله مهندسی مکانیک تبریز، ۱۳۹۸.
۱۰. Carrier System Design
۱۱. ASHRAE Handbook : fundamentals, Atlanta, GA, ASHRAE, ۲۰۰۹.
۱۲. D.P.Martin, J.V. Ringwood, J.J.Grant, A Single-bladed Ventilation Damper: Mixing Ratio Models and Measurement, Biosystems Engineering, Volume ۸۲, Issue ۲, June ۲۰۰۲, Pages ۱۸۷-۱۹۸.