



## تحلیل عملکرد یک سیستم گرمایش متتمرکز به منظور تامین شرایط آسایش حرارتی در هنگام خواب

سیدعلیرضا ذوالفقاری<sup>۱</sup>، حامد بیازی<sup>۲</sup>، مهتاب امین زاده<sup>۳</sup>، علی فؤاد الدینی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی هوافضا، دانشگاه امام حسین(ع)، تهران

۳- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند، بیرجند

\* مشهد، صندوق پستی ۹۷۱۹۸-۳۴۳۴۶، m\_aminzadeh@birjand.ac.ir

### چکیده

در تحقیق حاضر، تاثیرات دبی و دمای هوای ورودی بر عملکرد یک سیستم تهویه مطبوع متتمرکز مخصوص خواب جهت گرمایش مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور یک سیستم تهویه مطبوع متتمرکز مخصوص حالت خواب، شامل یک تخت و دو دریچه ورود و خروج هوا به ترتیب در بالای سر فرد و زیر تخت در نظر گرفته شده و برای شرایط مذکور، معادلات مربوط به جریان، انرژی و آسایش حرارتی به کمک حلگر این فرم به صورت عددی حل شده است. همچنین در تحقیق حاضر، شرایط آسایش حرارتی، نارضایتی حرارتی موضوعی و ضریب بهره‌وری انرژی برای سیستم تهویه مطبوع متتمرکز در هنگام خواب مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد سیستم مذکور به طور چشمگیری به دبی و دمای هوای ورودی وابسته است. بهطوری که دبی کم برای جریان ورودی می‌تواند موجب توزیع ناهمگن دما و سرعت شده و در نتیجه وضعیت نامناسبی را به لحاظ آسایش حرارتی ایجاد می‌کند. همچنین، جهت بهره‌مندی از مزایای سیستم تهویه مطبوع متتمرکز با افزایش دبی افزایش انرژی افزایش می‌یابد که این امر نشان دهنده مزیت بالا پکارگیری سیستم‌های تهویه قرار می‌گیرد. همچنین نتایج حاکی از آن است که با افزایش دبی ضریب بهره‌وری انرژی افزایش می‌یابد که این امر نشان دهنده مزیت بالا پکارگیری سیستم‌های تهویه مطبوع متتمرکز به لحاظ مصرف انرژی در دبی‌های بالا می‌باشد.

**کلید واژگان:** سیستم تهویه مطبوع متتمرکز، آسایش حرارتی، شرایط خواب، ضریب بهره‌وری انرژی

## Performance analysis of a task/ambient heating system for providing the thermal comfort conditions during sleep

Alireza Zolfaghari\*, Hamed Bayazi, Mahtab Aminzadeh, Ali Foadaddini

Department of Mechanical Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran  
\* P.O.B. 97198-34346 Mashhad, Iran, m\_aminzadeh@birjand.ac.ir

### ABSTRACT

In this research, the effects of flow rate and temperature of supply air on the performance of a bed-based task/ambient air conditioning system (TAC) for heating have been investigated. A bed-based task/ambient air conditioning system including a bed, a supply air inlet on the top of the occupant's head and a return air outlet under the bed have been considered and for this system, the equations of flow, energy and thermal comfort have been solved by OpenFoam numerical solver. Furthermore, the thermal comfort conditions, local thermal discomfort and energy utilization coefficient have been evaluated in the present study. The results show that the performance of the mentioned system significantly depends on the supply air temperature and flow rate. So that, the low flow rates of supply air may cause non-uniform temperature and velocity distributions and this leads to unpleasant thermal comfort conditions. Also, in order to achieve the benefits of TAC systems, using of high supply air flow rates must be avoided, since high flow rates affect a wide area of the room instead of the bed zone. The results also indicate that the energy utilization coefficient increases with supply air flow rate increment that it shows the high advantage of using TAC systems for energy consumption in high supply air flow rates.

**Keywords:** Task/ambient air conditioning system, thermal comfort, sleep conditions, energy utilization coefficient

### - مقدمه

خواب توجه شده است. این در حالی است که در هنگام خواب با توجه به ثابت و محدود بودن موقعیت خوابیدن افراد، به نظر مرسد که بتوان از سیستم‌های تهویه متتمرکز برای بهبود شرایط آسایش حرارتی افراد استفاده کرد. در سال ۲۰۱۲، پان و همکاران [1] در یک تحقیق آزمایشگاهی به بررسی عملکرد یک سیستم متتمرکز برای حالت خواب پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که این سیستم می‌تواند موجب کاهش توجهی در مصرف انرژی شود. پس از آن، مائو و همکاران [2-4] در تحقیقاتی گسترده، به تحلیل آزمایشگاهی و عددی میزان تاثیر جانمایی دریچه‌های ورودی و

تأمین آسایش حرارتی افراد در هنگام خواب جهت افزایش کیفیت خواب از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. برای این منظور استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع مناسب برای محیط خواب با هدف کاهش مصرف انرژی و داشتن شرایط آسایش حرارتی توصیه می‌شود. سیستم‌های تهویه مطبوع متتمرکز به دلیل عملکرد مطلوبی که در کنترل دمای محلی و کاهش مصرف انرژی دارد می‌تواند انتخاب مناسبی برای استفاده هنگام خواب باشد.

کاربردهای سیستم‌های تهویه مطبوع متتمرکز عمدها در محیط‌هایی مانند محیط کار، خرید و ... می‌باشد و کمتر به کاربرد این سیستم‌ها برای محیط

Please cite this article using:

S.A. Zolfaghari, H.Bayazi,M.Aminzadeh,A.Foadaddini, Performance analysis of a task/ambient heating system for providing the thermal comfort conditions during sleep, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Second International Conference on Air-Conditioning, Heating and Cooling Installations*, Vol. 16, No. 13, pp. 235-239, 2016 (In Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

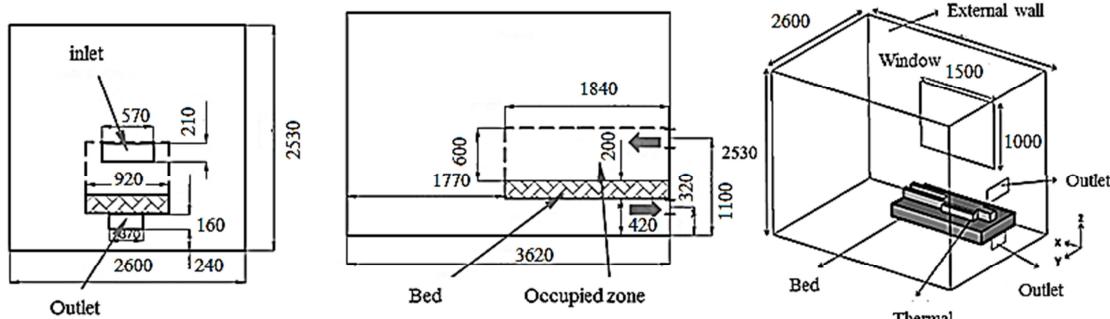


Fig. 1 Schematic of case room

شکل ۱ طرح واره فضای نمونه

$$\text{معادله پیوستگی:} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0$$

$$\text{معادله بقای تکانه خطی:}$$

$$\rho(\vec{V} \cdot \nabla \vec{V}) = -\nabla P + \mu_{eff} \nabla^2 \vec{V} + \rho \vec{g} [1 - \beta(T - T_{ref})] \quad (2)$$

$$\text{معادله انرژی:}$$

$$\vec{V} \cdot \nabla T = \alpha_{eff} \nabla^2 T + S_T \quad (3)$$

$\beta$  ضریب انبساط حجمی و  $\alpha_{eff}$  بردار شتاب گرانش زمین است. همچنین،  $\mu_{eff}$  ضریب لزجت مؤثر سیال است. لزجت اغتشاشی سیال به کمک مدل دو معادله‌ای  $\epsilon - k$  استاندارد محاسبه می‌گردد.

برای انجام محاسبات و حل معادلات حاکم در تحقیق حاضر، از حلگر عددی اپن فوم<sup>4</sup> و بسته حل بولینسک سیمپل فوم<sup>5</sup> استفاده شده است. حلگر مذکور برای حل عددی از روش حجم محدود<sup>6</sup> بهره می‌گیرد. همچنین برای حل مسأله یک شبکه‌بندی غیر سازمان یافته ایجاد شده است و در طی حل عددی، استقلال حل از شبکه محاسباتی به دقت مورد بررسی قرار گرفته و شبکه‌ای با حدود 400 هزار گره محاسباتی مناسب تشخیص داده شده است. بهمنظور بررسی عملکرد سیستم تهویه متمرکز بر شرایط آسایش حرارتی در هنگام خواب، جریان هوا با دمای شود و شرایط حرارتی حاکم بر اطراف فرد را متاثر می‌کند. نرخ جریان هوای ورودی 60 و 100 لیتر بر ثانیه و دمای آن در هر حالت برمبنای شرایط آسایش حرارتی تعیین می‌شود. همچنین، شرط مزیت برای بدن انسان شار ثابت در نظر گرفته شده است و مقدار آن براساس نرخ متابولیک افراد در هنگام خواب برابر با 45 وات بر متر مربع سطح بدن لحاظ شده است. ضمن این‌که میزان اتلاف حرارتی از دیوارهای خارجی و پنجره به ترتیب 18 و 20 وات بر متر مربع می‌باشد و سطح تخت، کف اتاق و سایر دیوارها، عایق در نظر گرفته شده است.

### 3-2- آسایش حرارتی

شخص میانگین آراء<sup>7</sup> (PMV) برای سنجش احساس حرارتی افراد و ارزیابی شرایط حرارتی محیط توسط فنگر [6] ارائه شد. لین و دنگ [7] در سال 2008 معیار فنگر و شاخص میانگین آراء افراد را برای حالت خواب بازنگری کردند و رابطه (4) را برای پیش‌بینی احساس حرارتی افراد در هنگام خواب ارائه کردند.

خروجی هوا بر عملکرد سیستم تهویه مطبوع متمرکز ساده را برای حالت خواب پرداختند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که با نزدیک کردن دریچه ورودی و خروجی هوا به محل قرارگیری انسان می‌توان بهره‌وری انرژی را افزایش داد. اما این کار موجب توزیع غیر یکنواخت سرعت و دما در محل حضور فرد خواهد شد.

ذوالقاری و همکاران [5] به تحلیل عددی میزان تأثیر دمی و دمای هوای ورودی بر عملکرد سیستم سرمایش متمرکز برای حالت خواب پرداختند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که هرچه دمی بیشتر می‌شود ضریب بهره‌وری افت کرده و میزان مصرف انرژی بالا می‌رود و دمی پایین نیز باعث توزیع ناهمگون سرعت و دما می‌شود.

براساس آنچه که گفته شد، تاکنون تحقیق جامعی بر روی عملکرد سیستم تهویه مطبوع متمرکز برای گرمایش با مدل‌سازی همزمان شرایط آسایش حرارتی افراد و عوامل ناراضایتی موضعی<sup>1</sup> در هنگام خواب صورت نگرفته است. این در حالی است که به نظر می‌رسد سیستم‌های متمرکز به دلیل وزش نسبتاً شدید بر روی بدن، ممکن است موجب رخداد ناراضایتی ناشی از کوران در افراد شوند. لذا در تحقیق حاضر، سعی شده است تا با مدل‌سازی همزمان تأثیرات سیستمهای متمرکز در شرایط مختلف، تحلیل مناسبی از ضریب بهره‌وری انرژی<sup>2</sup> این سیستم و شرایط آسایش حرارتی افراد در هنگام خواب ارائه شود.

## 2- فضای نمونه

در تحقیق حاضر، هندسه‌ای مطابق تحقیق مائو و همکاران [2] به عنوان فضای نمونه انتخاب شده است. بنابراین اتاقی با طول، عرض و ارتفاع 3.6 و 2.5 متر در نظر گرفته شده است که تخت خوابی در یک سمت اتاق قرار دارد. دریچه‌ای به ابعاد 57×21 سانتی متر مربع روی دیوار و در ارتفاع 20 سانتی متری بالای تخت خواب و یک دریچه خروجی به ابعاد 16×37 سانتی متری تخت خواب پایین تخت خواب تعیینه شده است. همچنین هندسه‌ای ساده از بدن انسان به صورت خوابیده روی تخت مدل‌سازی شده است. "شکل 1" نمای کلی و ابعاد فضای نمونه را نشان می‌دهد.

## 3- معادلات حاکم و روش حل

### 3-1- جریان و انرژی

در این تحقیق، بهمنظور تحلیل جریان و انرژی از معادلات پیوستگی، بقای تکانه خطی و معادله انرژی تحت شرایط پایا و غیرقابل تراکم<sup>3</sup> استفاده می‌شود

<sup>1</sup> Local Thermal Discomfort

<sup>2</sup> Energy Utilization Coefficient (EUC)

<sup>3</sup> Boussinesq approximation

<sup>4</sup> Open Foam

<sup>5</sup> Business Buoyant Simple Foam

<sup>6</sup> Finite Volume

<sup>7</sup> Predicted Mean Vote (PMV)

جدول 1 مشخصه‌های عملکردی سیستم تهویه متمنکز با در نظر گرفتن قید آسایش حرارتی

Table 1 Performance parameters of personalized ventilation system with considering thermal comfort

		ضریب بهره‌وری	کمینه PMV	متوجه PMV در محل	متوجه PMV در محل	متوجه PMV در ناحیه اشغال	متوجه PMV در ناحیه اشغال	متوجه PMV در دماهی اتاق	متوجه PMV در دماهی اتاق	دماهی ورودی (lit/s)
0.8181	1.049816	-0.498	-0.242	7.24	294.427	293.967	293.989	288.15	303.65	60
0.7650	1.168346	-0.513	-0.173	10.31	294.637	293.625	293.672	288.15	300.65	80
0.7252	1.366945	-0.483	0.080	17.17	295.665	294.203	294.271	288.15	299.65	100

شده که در ناحیه اشغال شده، شاخص میانگین آراء افراد در محدوده مجاز باشد (کمینه مقدار PMV در محدوده حضور فرد برابر با 0.5- شود). بر این اساس، هر چه دبی جریان ورودی افزایش پاید، باید دمای هوای ورودی کم شود تا شرایط آسایش حرارتی در همه حالتها به شکل مشابهی حفظ شود. همچنین زاویه وزش از دریچه به نحوی تنظیم شده (10 درجه رو به پایین) که توزیع مناسبی از دما، سرعت و پارامتر PMV در محل حضور فرد ایجاد شود.

همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود اختلاف بین کمینه و بیشینه PMV با دبی رابطه مستقیم دارد به نحوی که هر چه دبی بیشتر شود این اختلاف افزایش می‌پاید. این امر ناشی از این می‌باشد که در دبی کم، دما بیشتر است. در این حالت با وجود این که گرمایی در منطقه اشغال شده نفوذ می‌کند و در همان ابتدا با خاطر چگالی زیاد وارد منطقه اشغال نشده می‌شود و منطقه وسیعی را پوشش می‌دهد که باعث تاثیرپذیری در منطقه اشغال شده می‌شود و PMV را در مقدار کمی نگه می‌دارد. بیشینه درصد نارضایتی موضعی ناشی از کوران با افزایش دبی ورودی افزایش می‌پاید. علت افزایش درصد نارضایتی موضعی ناشی از کوران این است که طبق رابطه تجربی (5) مقدار این شاخص با سرعت هوا رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارد.

با توجه به جدول 1 هر چه دبی بالاتر می‌رود مصرف انرژی کمتر می‌شود. به این ترتیب به نظر می‌رسد هرچه ضریب بهره‌وری انرژی افزایش پیدا کند مصرف انرژی کم می‌شود. در "شکل 2" کانتور اندازه دما و در "شکل 3" کانتور اندازه سرعت برای صفحه گذرنده از مرکز اتاق برای سه دبی 80، 60، 40 و 100 لیتر بر ثانیه ارائه شده است.

با دقت در "شکل‌های 2 و 3" و نحوه توزیع مشخصه‌های جریانی، می‌توان نحوه ریزش جریان هوا از سیستم گرمایش متمنکز را به ازای دبی‌های مختلف با هم مقایسه نمود. هر چه دبی بیشتر باشد منطقه اشغال شده دارای دما بیشتری می‌باشد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دبی هوای ورودی، ناحیه تأثیرگذاری سیستم تهویه متمنکز به شدت بزرگ می‌شود. این امر نشان می‌دهد که در صورت افزایش دبی هوای ورودی، عملکرد سیستم مذکور به سیستم‌های فرآگیر نزدیک می‌شود. مشکل دیگری که در گرمایش وجود دارد این است که در دبی پایین نیز گرمایش به علت چگالی و سرعت کم در قسمت بسیار کمی از منطقه اشغال شده نفوذ می‌کند که موجب بزرگ شدن مخرج کسر فرمول محاسبه بهره‌وری انرژی شده و در نتیجه ضریب بهره‌وری کاهش می‌پاید.

$$\text{PMV} = 0.0998 \left\{ 40 - \frac{1}{R_t} \left[ \left( 34.6 - \frac{4.7 \bar{t}_r + h_c t_a}{4.7 + h_c} \right) + 0.3762(5.52 - p_a) \right] \right\} - 0.0998[0.056(34 - t_a) + 0.692(5.87 - p_a)] \quad (4)$$

که  $h_c$  ضریب انتقال حرارت جابجایی در سطح می‌باشد که براساس داده‌ها و روش ارائه شده در دستنامه بنیادی اشتری [8] محاسبه می‌شود.  $\bar{t}_r$  دمای p<sub>a</sub> فشار بخار هوا در دمای محیط و  $t_a$  دمای هوای محیط و  $R_t$  مقاومت حرارتی کلی برای سیستم تخت خواب است.

در تحقیق حاضر فرض شده است که فرد بر روی تخت خوابی با یک تشك معمولی و با لباسی نازک که تمام بدنش را پوشانده خوابیده، طبق نتایج لین و دنگ [7] که در یک تحقیق تجربی، مقاومت کلی برای رو انداز و تخت خواب‌های رایج را ارائه کرده‌اند، مقاومت کل میان بدن و محیط در این وضعیت،  $K = 1.53 \text{ W}^{-1} \text{ m}^2$  در نظر گرفته می‌شود.

### 3- شاخص نارضایتی حرارتی موضعی ناشی از کوران

یکی از عوامل نارضایتی حرارتی، احساس سرمای موضعی به علت جریان هوا می‌باشد. به این پدیده نامطلوب اصطلاحاً کوران<sup>1</sup> گفته می‌شود. درصد افرادی که در یک محیط از رخداد کوران ابراز نارضایتی می‌کنند از رابطه تجربی زیر به دست می‌آید [9]:

$$DR = (34 - t_a)(v - 0.05)^{0.62}(0.37vT_u + 3.14) \quad (5)$$

که درصد نارضایتی افراد ناشی از پدیده کوران،  $v$  سرعت جریان هوا،  $T_u$  دمای هوا و  $DR$  شدت اختشاشات جریان ورزشی می‌باشد. براساس استاندارد اشتری [9] مقدار شاخص DR نباید بیشتر از 20 درصد باشد.

### 4- ضریب بهره‌وری انرژی

ضریب بهره‌وری شاخصی برای سنجش میزان کارآمدی سیستم تهویه متمنکز است و بیانگر این است که تا چه حد سیستم تهویه بر روی هدف اصلی یعنی تهویه محیط اشغال شده توسط انسان‌ها متمنکز شده است. این پارامتر پیش از این توسط لین و همکاران [10] به صورت رابطه (6) تعریف شده است:

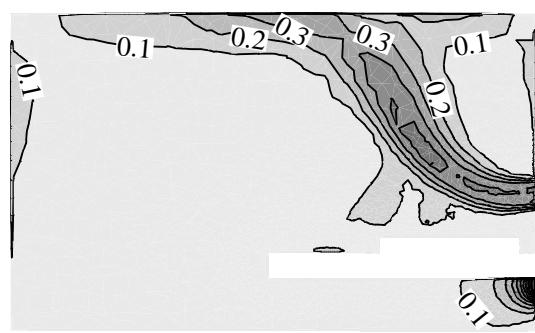
$$EUC = \frac{t_{uz} - t_s}{t_{oz} - t_s} \quad (6)$$

که  $t_{uz}$  و  $t_{oz}$  به ترتیب دمای متوسط هوا در قسمت اشغال نشده و در قسمت اشغال شده و  $t_s$  بیانگر دمای هوای ورودی در سیستم تهویه متمنکز می‌باشد.

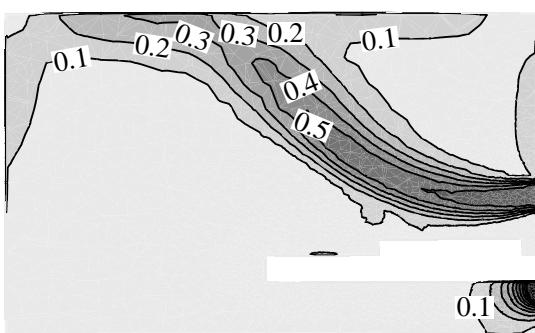
### 4- نتایج و بحث

هدف تحقیق حاضر، بررسی عملکرد گرمایش سیستم تهویه متمنکز بر شرایط آسایش حرارتی در هنگام خواب می‌باشد. دمای هوای ورودی طوری تنظیم

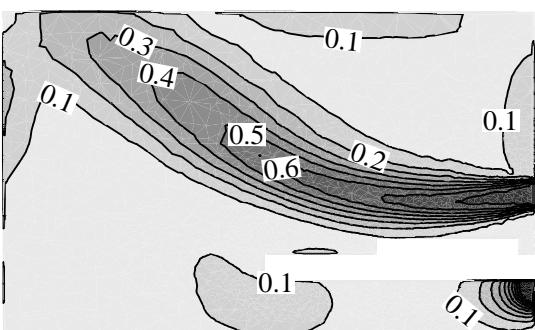
<sup>1</sup> Draught



(الف)



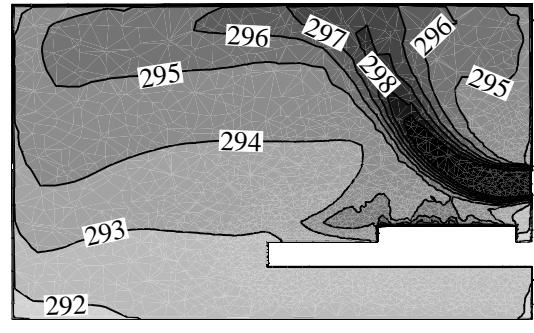
(ب)



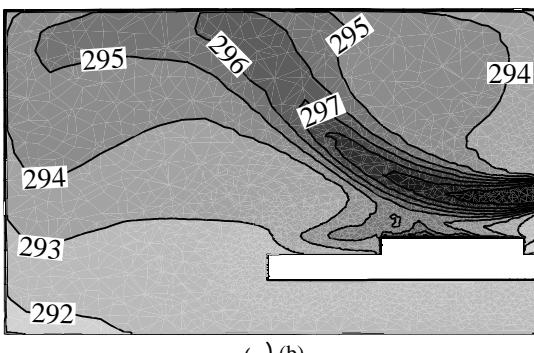
(ج)

**Fig. 3** Velocity contours in the plane through the center of the room  
(a) debi 60 (lit/s) (b) debi 80 (lit/s) (c) debi 100 (lit/s)

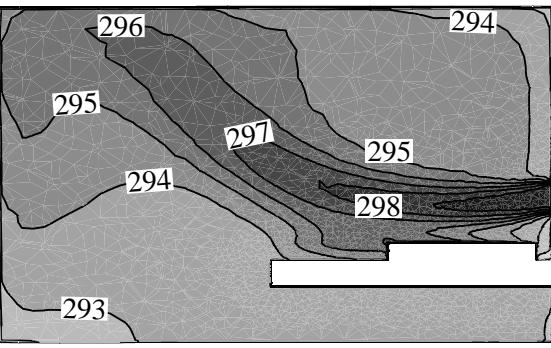
شکل ۳ کانتور اندازه سرعت در صفحه گذرنده از مرکز اتاق (الف) دبی 60 لیتر بر ثانیه (ب) دبی 80 لیتر بر ثانیه (الف) دبی 100 لیتر بر ثانیه



(الف)



(ب)



(ج)

**Fig. 2** Temperature contours in the plane through the center of the room (a) debi 60 (lit/s) (b) debi 80 (lit/s) (c) debi 100 (lit/s)

شکل ۲ کانتور دما در صفحه گذرنده از مرکز اتاق (الف) دبی 60 لیتر بر ثانیه (ب)

دبی 80 لیتر بر ثانیه (الف) دبی 100 لیتر بر ثانیه

## 5- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، به بررسی عملکرد یک سیستم تهویه متمرکز مورد استفاده برای گرمایش هنگام خواب پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که در دبی بالا، گستره عملکرد سیستم مذکور به ناحیه حضور افراد محدود نمی‌شود بلکه بخش قابل توجهی از فضای اتاق را متأثر می‌کند. همچنین در دبی کم نیز توزیع ناهمگن دما و سرعت موجب توزیع ناهمگن شاخص آسایش حرارتی در محل حضور فرد می‌گردد. بر این اساس، توصیه می‌گردد در سیستم تهویه متمرکز از وزش جریان با دبی بسیار بالا یا پایین پرهیز گردد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که بیشینه درصد نارضایتی موضعی ناشی از کوران در تمام دبی‌ها در محدوده مجاز و کمتر از 18 درصد قرار گرفته است. همچنین با افزایش دبی ضریب بهره‌وری انرژی برای سیستم تهویه متمرکز افزایش می‌پابد

## 6- فهرست علایم

$g$	شتاب گرانش ( $\text{ms}^{-2}$ )
$h_c$	ضریب انتقال حرارت جابجاگی در سطح ( $\text{Wm}^2\text{K}^{-1}$ )
$P$	فشار ( $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$ )
PMV	میانگین آراء افراد نسبت به شرایط حرارتی محیط
$R_t$	مقاومت حرارتی کلی ( $\text{Wm}^2\text{K}^{-1}$ )
(K)	دما (K)
$t_r$	دمای متوسط تابشی (K)
$t_a$	دمای هوای محیط (K)
$T_u$	شدت توربولانسی (%)

- [2] N. Mao, D.M. Pan, M. Chan, S.M. Deng. Experimental and numerical studies on the performance evaluation of a bed-based task/ambient air conditioning (TAC) system. *Applied Energy*, Vol. 136, pp. 956-967, 2014.
- [3] N. Mao, D.M. Pan, M. Chan, S.M. Deng. Performance evaluation of an air conditioning system with different heights of supply outlet applied to a sleeping environment, *Energy and Buildings*, Vol. 77, pp. 281-291, 2014.
- [4] N. Mao, D.M. Pan, M. Chan, S.M. Deng, Thermal, ventilation and energy saving performance evaluations of a ductless bed-based task/ambient air conditioning (TAC) system, *Energy and Buildings*, Vol. 66, pp. 297-305, 2013.
- [5] A. Zolfaghari, A. Foadaddini, M. Hooshmand, Performance analysis of a task/ambient air conditioning system for providing the thermal comfort conditions during sleep, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 15, pp 368-376, 2016. (in Persian)
- [6] P.O. Fanger, *Thermal comfort*, Copenhagen: Danish Technical Press, pp. 110-115, 1970.
- [7] Z.P. Lin, S.M. Deng, A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics - developing a thermal comfort model for sleeping environments, *Building and Environment*, Vol. 43, pp. 70-81, 2008.
- [8] ASHRAE. *ASHRAE handbook of fundamentals*, Atlanta, 2001.
- [9] ASHRAE, ASHRAE Standard 55-2013, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta, p. 12, 2013.
- [10] W.W. Liu, Z.W. Lian, Y. Yao, Optimization on indoor air diffusion of floor-standing type room air-conditioners, *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp. 59-70, 2000.

$t_{uz}$	دما متوسط هوا در قسمت اشغال نشده (K)
$t_{oz}$	دما متوسط هوا در قسمت اشغال شده (K)
$t_s$	دما هوای ورودی (K)
$\vec{V}$	بردار سرعت
$\alpha$	ضریب نفوذ ( $\text{kgm}^{-3}$ )
$\beta$	ضریب انبساط حجمی ( $\text{K}^{-1}$ )
زاپرس‌ها	
eff	موثر
oz	قسمت اشغال شده
r	تشعشعی
ref	مرجع
t	اغتشاشی
uz	قسمت اشغال نشده

## 7- مراجع

- [1] D.M. Pan, M. Chan, L. Xia, X. Xu, Performance evaluation of a novel bed-based task/ambient conditioning (TAC) system, *Energy and Buildings*, Vol. 44, pp. 54-62, 2012.