مجله مهندسی مکانیک مدرس، اردیبهشت 1396، دوره 17، شماره 2، ص‌ص 385-392

ماهنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

ارائه رابطه تحلیلی برآورد غلظت آلاینده در پارکینگ‌های بسته و بیان پیشنهادات اصلاحی جهت بهبود مقررات ملی ساختمان

جواد امنیان[1]، مهدی معرفت[2*]

1- دانشجوی دکتری، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
2- استاد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
* تهران، صندوق پستی 14115-143، maerefat@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: 08 دی 1395
پذیرش: 15 بهمن 1395
ارائه در سایت: 04 اسفند 1395

کلید واژگان:
پخش آلودگی
رابطه تحلیلی
افزایش غلظت آلاینده
فیزیک جریان هوا
استاندارد تهویه

چکیده

غلظت میانگین منوکسیدکربن، پارامتر با اهمیتی برای طراحی تهویه در پارکینگ‌های بسته است. با استفاده از تخمین اولیه غلظت منوکسیدکربن و بررسی کارایی خروجی آلاینده، می‌توان سیستم تهویه‌ای با کمترین مصرف انرژی و کیفیت هوای مناسب طراحی نمود. در این مقاله با استناد به اصل بقای جرم و استفاده از تعریف کارایی خروجی منوکسیدکربن، رابطه‌ای تحلیلی برای تخمین میزان غلظت منوکسیدکربن بدست آمده است. این رابطه تغییرات غلظت منوکسیدکربن با زمان را با استفاده از پارامترهای عملکردی اصلی پارکینگ تخمین می‌زند. با توجه به فیزیک حاکم بر جریان هوا، افزایش کیفیت هوا در پارکینگ با کاهش تعداد ماشین‌های روشن و میزان دبی آلودگی خروجی از اگزوز ماشین و افزایش حجم پارکینگ و میزان هوای تهویه حاصل می‌شود. این رفتار با استفاده از رابطه تحلیلی بیان شده در این مقاله، همخوانی دارد. رابطه حاصل از این مقاله می‌تواند به عنوان معیاری جهت برآورد غلظت منوکسیدکربن و بهبود طراحی سیستم تهویه مورد استفاده قرار گیرد. مقایسه نتایج حاصل از این رابطه تحلیلی با نتایج اندازه‌گیری‌ها و حل‌های عددی موجود، بیانگر دقت خوب این رابطه است. همچنین با استفاده از رابطه فوق اثر تغییرات الگوی جریان بر میزان کاهش مصرف انرژی در یک پارکینگ طبقاتی بیان شده است. در ادامه رویکرد استاندارد ملی به طراحی تهویه پارکینگ‌ها بیان شده و پیشنهادات اصلاحی لازم جهت بهبود آن بیان گردیده است.

Offering an analytical relation for estimation of pollution in enclosed parking lots and expressing the corrective suggestions for improving national building regulations of Iran

Javad Amnian, Mehdi Maerefat*

Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
* P.O.B. 14115-143 Tehran, Iran, maerefat@modares.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper
Received 28 December 2016
Accepted 03 February 2017
Available Online 22 February 2017

Keywords:
Pollution dispersion
analytical relation
pollution increasing
the physic of air flow
ventilation standard

ABSTRACT

The CO concentration is an important parameter for design of ventilation systems in enclosed parking lots. By using the initial estimation of CO concentration and investigating the CO removal effectiveness, the ventilation system with low energy consumption and high indoor air quality could be designed. In this paper, by using the principle of mass conservation and the definition of CO removal effectiveness, an analytical relation for estimation of CO concentration is obtained. This relation estimates the variation of CO with time by using the main functional parameters of parking lot. In spite to the physics of flow, the increase in air quality is obtained by reducing the idle cars and the mass flow rate of CO exhausted from these cars and increasing the parking lot volume and the ventilation flow. This trend is consistent with the proposed relation of this paper and so the results of this paper could be used as the criteria for estimation of CO concentration and enhancement of ventilation system design. The comparison between results of the proposed relation and experimental and numerical results represents good accuracy of proposed relation. Furthermore, the amount of energy reduction by enhancing the flow pattern is expressed by using the proposed relation of this paper. In the last section, the approach of different standards is expressed and the modifying suggestions for enhancement of them are expressed.

1- مقدمه

امروزه استفاده از پارکینگ‌های بسته باعث ایجاد نیازها و چالش‌های جدیدی شده است. مهم‌ترین چالش موجود در پارکینگ‌های بسته مدیریت کیفیت هوا و تهویه آلودگی می‌باشد [1]. رویکرد استانداردها به مبحث آلودگی در

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

J. Amnian, M. Maerefat, Offering an analytical relation for estimation of pollution in enclosed parking lots and expressing the corrective suggestions for improving national building regulations of Iran, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 17, No. 2, pp. 385-392, 2017 (in Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

پارکینگ‌های بسته، کنترل حد آلاینده با استفاده از جریان هوای تهویه می‌باشد [2-5]. استانداردها میزان آلاینده‌های موجود در پارکینگ‌های بسته را به صورت مقدار متوسط در بازه‌های زمانی معلوم بیان می‌کنند و میزان آلاینده‌های موجود در پارکینگ در بازه‌های زمانی معلوم ملاک تصمیم‌گیری استانداردها راجع به کیفیت هوا می‌باشد [7,6,4]. با توجه به این رویکرد بدست آوردن روشی که توانایی تخمین غلظت منوکسیدکربن در بازه‌های زمانی مختلف را داشته باشد، کمک زیادی به ارزیابی کیفیت هوای پارکینگ می‌نماید. برای ارزیابی کیفیت هوای پارکینگ می‌توان از دو روش حل عددی و تحلیلی استفاده نمود. در حالت کلی حل عددی با انجام حجم زیادی از محاسبات، توانایی مشاهده جزئیات ریز جریان هوا و آلودگی را داشته و برای مقاصد طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که حل تحلیلی با استفاده از پارامترهای اصلی عملکردی قادر به تخمین سریع میزان آلاینده‌های موجود در پارکینگ می‌باشد.

علاوه بر تخمین میزان آلاینده‌ها، اثر کیفیت سیستم تهویه بر حجم آلاینده‌ها هم موضوعی مهم است. کیفیت سیستم تهویه در پارکینگ‌های بسته با استفاده از پارامتر کارایی خروجی آلاینده مورد بررسی قرار می‌گیرد. کارایی خروج منوکسیدکربن به صورت نسبت تمرکز متوسط منوکسیدکربن در محل دریچه‌های خروجی پارکینگ به تمرکز متوسط آن در فضای داخلی پارکینگ تعریف می‌شود [8]. جریان موجود در پارکینگ با توجه به مقدار کارایی خروجی آلاینده به سه دسته مطابق با جدول 1 تقسیم می‌گردد.

- جریان اتصال کوتاه به معنی ورود و خروج هوای تهویه بدون اثر گذاری بر آلاینده موجود در پارکینگ می‌باشد.
- در جریان اختلاطی، میزان غلظت آلاینده مخلوط با هوا در کل فضای پارکینگ یکسان است. در این حالت غلظت آلاینده موجود در فضای پارکینگ لزوماً کمتر از حد مجاز استاندارد نیست.
- در حالت جریان جابجایی، غلظت آلاینده در محل خروجی‌ها بیش از متوسط پارکینگ است. بنابراین غلظت آلاینده در همه فضای پارکینگ کاهش یافته است [8].

حل تحلیلی مناسب باید توانایی بررسی اثر کیفیت سیستم تهویه بر تغییرات غلظت آلاینده را داشته باشد، زیرا کیفیت سیستم تهویه و رژیم جریان پارامتری به شدت بر حجم آلاینده موجود در پارکینگ، تأثیرگذار است. در پژوهش‌ها و مقاله‌های موجود، رابطه‌ای تحلیلی با توانایی پیش‌بینی میزان غلظت آلاینده ناشی از روشن بودن ماشین در پارکینگ‌های بسته بزرگ بیان نشده است. تنها هو و همکاران رابطه‌ای تجربی بین حجم ترافیک و میزان آلاینده در پارکینگ‌های بسته پیشنهاد داده‌اند [9].

تخمین میزان غلظت آلاینده با توجه به پارامترهای عملکردی پارکینگ از جمله میزان هوای تهویه، کارایی خروجی هوای آلوده، حجم پارکینگ و تعداد ماشین‌های روشن باعث اتخاذ رویکرد مناسب در انتخاب سیستم تهویه، کاهش میزان آلاینده و کاهش مصرف انرژی خواهد شد. بدین منظور در این مقاله با استفاده از یک روش تحلیلی، رابطه‌ای که مبتنی بر پارامترهای عملکردی پارکینگ بوده بدست آمده و با نتایج تجربی حاصل از مقالات موجود مقایسه خواهد شد. از طرفی با استفاده از رابطه بدست آمده می‌توان میزان کارایی سیستم تهویه جهت خروج آلودگی را بهبود بخشید. همچنین از رابطه فوق می‌توان به عنوان پایه‌ای جهت برآورد میزان آلودگی در پارکینگ‌های بسته استفاده نمود. همچنین پس از بدست آوردن رابطه تحلیلی افزایش غلظت آلاینده با استفاده از پارامترهای عملکردی، پیشنهادات اصلاحی جهت بهبود استاندارد ملی هم بیان شده است.

2- ارائه رابطه تحلیلی افزایش غلظت آلاینده با زمان

در این مقاله منوکسیدکربن به عنوان آلاینده اصلی در محاسبات در نظر گرفته شده است، زیرا سرعت پایین ماشین‌ها در پارکینگ [3] باعث تولید منوکسیدکربن فراوانی شده و به همین دلیل استانداردها، میزان هوای تهویه را بر اساس حد مجاز منوکسیدکربن تعیین می‌کنند [7,6,4]. در صورتی که رابطه تحلیلی بین افزایش غلظت منوکسیدکربن و زمان بدست آید، می‌توان تخمین مناسبی از میزان غلظت منوکسیدکربن با استفاده از حجم هوای تهویه و میزان منوکسیدکربن تولیدی در پارکینگ داشته و در نتیجه میزان هوای تهویه را بهبود بخشید. از طرفی در صورتی که در رابطه تحلیلی افزایش غلظت منوکسیدکربن، الگوی جریان هم وجود داشته باشد (یا کارایی خروجی منوکسیدکربن)، درک بهتری از میزان منوکسیدکربن موجود در پارکینگ بدست آمده و در نتیجه می‌توان قبل از حل جریان به صورت عددی، ترکیب تجهیزات تهویه را به گونه‌ای انتخاب نمود تا بهترین کارایی و در نتیجه کمترین حد منوکسیدکربن ممکن در پارکینگ متمرکز شود.

در این مقاله رابطه افزایش غلظت منوکسیدکربن با زمان و دیگر پارامترهای عملکردی در پارکینگ‌های بسته به روش تحلیلی بدست آمده است. بدین منظور کل فضای پارکینگ به صورت یک حجم کنترل و بدون وجود منوکسیدکربن در لحظه صفر فرض شده است. با توجه به قانون بقای جرم، نرخ تغییرات منوکسیدکربن در هر زمان در حجم کنترل برابر با تفاضل نرخ منوکسیدکربن تولیدی از اگزوز ماشین‌ها و نرخ منوکسیدکربن خروجی از پارکینگ است.

$$\text{تغییرات CO} = \text{نرخ CO خروجی} - \text{نرخ تولید CO}$$

این الگو به صورت پارامتری و کمی در رابطه (1) بیان شده است:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mathrm{n}\dot{m}}{V} - \frac{ACH}{60} C_{\text{exit}} \qquad (1)$$

در پارامترهای بیان شده در رابطه (1)، غلظت منوکسیدکربن شامل C و C_{exit} بصورت ppm بیان می‌شوند که به صورت نسبت حجم منوکسیدکربن به حجم کل تعریف شده و عملاً بی‌بعد است. همچنین دو پارامتر t و n بیانگر زمان بر حسب دقیقه (min) و تعداد ماشین‌های روشن موجود در پارکینگ هستند. پارامترهای $\dot{m}$، V و ACH به ترتیب بیانگر دبی حجمی منوکسیدکربن خروجی از اگزوز ماشین‌ها (m^3/min)، حجم پارکینگ (m^3)، و تعداد تعویض هوا (1/hr) هستند. بنابراین همه جمله‌های رابطه (1) دارای بعد یکسان می‌باشند.

رابطه (1) به صورت یک معادله دیفرانسیل ساده است. در این حالت مقدار سمت چپ بیانگر تغییرات منوکسیدکربن و مقدار سمت راست بیانگر یک مقدار ثابت است. در صورتی که این معادله حل شود، مقدار غلظت منوکسیدکربن به صورت یک تابع خطی با زمان بدست می‌آید که از نظر فیزیکی به معنی افزایش غلظت منوکسیدکربن با زمان می‌باشد. این رفتار در واقعیت برقرار نیست، زیرا منوکسیدکربن تولیدی در پارکینگ در صورت وجود دریچه‌های خروجی آلاینده به سمت بیرون هدایت شده و در نتیجه افزایش آن با زمان به صورت خطی نخواهد بود. همچنین با توجه به

جدول 1 مقادیر کارایی خروجی آلاینده بر حسب نوع جریان

Table 1 The quantity of ξ according to flow regime

رژیم جریان	کارایی خروجی آلاینده (ξ)
جریان اتصال کوتاه	$0 < \xi < 1$
جریان اختلاطی	$\xi = 1$
جریان جابجایی	$\xi > 1$

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

پژوهش‌های پیشین [10]، گذر زمان باعث بالانس بین جریان هوای تهویه و منوکسیدکربن تولیدی در پارکینگ شده و در نتیجه غلظت منوکسیدکربن با گذر زمان به سمت مقدار نسبتاً ثابتی میل می‌کند. بنابراین رابطه (1) نیاز به اصلاح دارد. جهت اصلاح رابطه فوق و فیزیکی شدن رفتار جریان، از تعریف کارایی خروجی آلاینده در این مقاله استفاده شده است. جمله آخر از سمت راست رابطه (1) را می‌توان با استفاده از این تعریف اصلاح نمود. بنابراین میزان منوکسیدکربن خروجی از پارکینگ با استفاده از تعریف کارایی خروجی منوکسیدکربن به صورت رابطه (2) تعریف می‌شود.

$$C_{\text{exit}} = \xi C \tag{2}$$

به عبارتی میزان منوکسیدکربن خروجی از دریچه‌های خروجی هوای آلوده با استفاده از حاصلضرب کارایی خروجی منوکسیدکربن و غلظت متوسط منوکسیدکربن درون پارکینگ بدست می‌آید. یکی از نوآوری‌های مقاله حاضر، استفاده از مقدار کارایی خروجی منوکسیدکربن کربن در رابطه بقای جرم و معادله دیفرانسیل (1) می‌باشد. با استفاده از این نوآوری، رابطه (1) به صورت رابطه (3) بیان خواهد شد.

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mathrm{n}\dot{m}}{V} - \frac{ACH}{60}\xi C \tag{3}$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با استفاده از تعریف کارایی خروجی منوکسیدکربن، رابطه (1) اصلاح شده و از نظر فیزیکی تبدیل به یک معادله دیفرانسیل مرتبه اول شده است که میزان غلظت منوکسیدکربن در آن به پارامترهای عملکردی پارکینگ وابسته است. در صورتی که رابطه (3) مرتب شود، یک معادله دیفرانسیل مرتبه اول بصورت رابطه (4) بدست خواهد آمد.

$$\frac{dC}{dt} + \frac{ACH}{60}\xi C = \frac{n\dot{m}}{V} \tag{4}$$

این معادله دارای حل صریح با استفاده از فاکتور انتگرال‌ساز است. از نظر فیزیکی در صورتی که در ابتدا در پارکینگ هیچ‌گونه منبع منوکسیدکربن وجود نداشته باشد (همه ماشین‌ها خاموش باشند)، میزان غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ برابر با صفر خواهد بود. بدین منظور جهت حل معادله دیفرانسیل 4 فرض می‌شود که مقدار غلظت منوکسیدکربن در زمان صفر برابر با صفر می‌باشد. در این صورت با حل معادله دیفرانسیل بیان شده در رابطه (4)، رابطه (5) بدست خواهد آمد.

$$C(t) = \frac{60n\dot{m}}{\xi VACH}\left[1 - \exp(-\frac{\xi ACH}{60}t)\right] \tag{5}$$

رابطه (5) بیانگر تغییرات لحظه‌ای منوکسیدکربن با زمان و دیگر پارامترهای عملکردی پارکینگ همانند تعداد ماشین‌های روشن، دبی حجمی منوکسیدکربن خروجی از اگزوز ماشین، تعداد تعویض هوا و حجم پارکینگ است. از نظر فیزیکی مقدار تعیین کننده حداکثر غلظت منوکسیدکربن پارامترهایی همچون دبی خروجی منوکسیدکربن از کلیه ماشین‌ها و هوای تهویه می‌باشد. از طرفی در رابطه (5)، علاوه بر دو پارامتر بیان شده، کارایی خروجی منوکسیدکربن هم موجود است که از نظر فیزیکی بیانگر افزایش یا کاهش غلظت منوکسیدکربن در کل فضای پارکینگ با تغییر رژیم جریان از اتصال کوتاه به جریان جابجایی است. در محاسبات مربوط به تهویه معمولاً از رابطه میانگین‌گیری شده غلظت منوکسیدکربن استفاده می‌شود. بدین منظور با استفاده از میانگین‌گیری از رابطه (5)، رابطه غلظت میانگین منوکسیدکربن در هر محدوده زمانی مطابق با رابطه (6) بدست خواهد آمد.

$$\bar{C} = \frac{60n\dot{m}}{\xi VACH}\left[1 - \frac{60}{T\xi ACH}\left(1 - \exp(-\frac{T\xi ACH}{V})\right)\right] \tag{6}$$

در رابطه فوق پارامتر T بیانگر مدت زمان میانگین‌گیری است. مدت زمان میانگین گیری در استانداردهای مختلف متفاوت بوده و از 15 دقیقه [6] تا 8 ساعت را شامل می‌شود [4-11,6]. با توجه به رابطه (6) در صورت افزایش تعداد ماشین‌های روشن و کاهش حجم پارکینگ، میزان غلظت منوکسیدکربن میانگین در پارکینگ افزایش خواهد یافت. این پدیده با فیزیک جریان آلودگی در پارکینگ‌ها همخوانی دارد. افزایش تعداد ماشین‌های روشن بیانگر افزایش منوکسیدکربن ورودی به پارکینگ بوده و در شرایطی که بقیه پارامترها ثابت باشند، غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ افزایش خواهند یافت. همچنین کاهش حجم پارکینگ باعث می‌شود که تعداد ذرات منوکسیدکربن بیشتری در هر واحد اندازه‌گیری قرار گرفته و در نتیجه غلظت منوکسیدکربن افزایش یابد. پارامترهای بیان شده در رابطه (6)، دارای بازه‌های متفاوتی بوده و قابلیت کاهش یا افزایش تا مقادیر محدود را دارند. حد بالا و پایین این پارامترها در ادامه بیان شده است.

- حد بالا و پایین دبی منوکسیدکربن خروجی از اگزوز ($\dot{m}$) در حالت استارت سرد به ترتیب برابر با 0.00326 و 0.017 مترمکعب بر دقیقه و در حالت گرم موتور بین 0.0017 تا 0.003 مترمکعب بر دقیقه است [4].
- حد مجاز میانگین منوکسیدکربن در پارکینگ‌های بسته در بازه‌ی زمانی 1 ساعته برابر با 35 ppm است [4].

3- مقایسه رابطه ارائه شده با نتایج مقالات موجود

جهت بررسی دقت رابطه ارائه شده نیاز است که میزان غلظت بدست آمده از این رابطه‌ها با غلظت بدست آمده توسط دیگر مقالات مورد بررسی قرار گیرد.

الف- مدل کاملاً اختلاطی[1]: چو [12] با استفاده از مدل کاملاً اختلاطی میزان غلظت منوکسیدکربن را در پارکینگهایی با حجم‌های مختلف بدست آورده است. پارکینگ‌های در نظر گرفته شده توسط چو دارای حجم‌های مختلف بوده و مشخصات جریان هوا در آنها متفاوت می‌باشد. دبی حجمی منوکسیدکربن در پارکینگ‌های مورد بررسی چو برابر با 0.4 لیتر بر ثانیه می‌باشد. در ابتدا چو میزان غلظت منوکسیدکربن را برای پارکینگی با حجم 1000 مترمکعب و 6 تعویض هوا بدست آورده است. میزان غلظت منوکسیدکربن با استفاده از مدل کاملاً اختلاطی در زمان‌های 10 دقیقه و 1 ساعت به ترتیب برابر با 152 و 240 ppm بدست آمده است. رابطه‌ی (5) مقادیر منوکسیدکربن را در زمان‌های 10 دقیقه و 1 ساعت به ترتیب برابر با 43 و 238.6 ppm نتیجه می‌دهد. از طرفی مقدار متوسط منوکسیدکربن در پارکینگ در بازه یک ساعته با استفاده از مدل کاملاً اختلاطی برابر با 215ppm و با استفاده از رابطه (6) برابر با 200 ppm بدست می‌آید. نتایج بررسی چو در دیگر پارکینگ‌های مورد بررسی در جدول 2 نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که هوای تهویه در همه پارکینگ‌های جدول 2 برابر با 6 تعویض هوا و دبی حجمی منوکسیدکربن 0.4 لیتر بر ثانیه می‌باشد. همان‌گونه که نتایج موجود در جدول 2 بیان می‌کند، رابطه (6) در محاسبه غلظت منوکسیدکربن دارای دقت مناسبی است. همه پارکینگهای بیان شده در پژوهش چو دارای رژیم جریان اختلاطی هستند. در بخش بعدی بیان شده است که با استفاده از تغییر رژیم جریان به جریان جابجایی می‌توان میزان غلظت منوکسیدکربن را کاهش داد.

ب- پژوهش تجربی چان و چو [8]: چان و چو میزان غلظت منوکسیدکربن در چندین پارکینگ مختلف را با اندازه‌گیری تجربی بدست

[1] Well mixed model

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

جدول 2 مقایسه نتایج رابطه (6) و نتایج مرجع [12]

Table 2 Comparison the result of Eqn. (6) and Ref. [12]

شماره	حجم (m^3)	رابطه (6) (ppm)	مرجع [12] (ppm)
1	5000	49	48
2	7000	35	34
3	10000	24.5	24
4	15000	16.3	16
5	20000	12.3	12
6	25000	9.8	9.6
7	28000	8.8	8.6
8	30000	8.2	8
9	35000	7	6.9

آورده و با استفاده از آن کارایی خروجی منوکسیدکربن را تعریف نموده‌اند. مشخصات پارکینگ مورد بررسی و مقایسه بین نتایج حاصل از اندازه‌گیری تجربی و نتایج حاصل از رابطه (6) در جدول 3 نمایش داده شده است. چان و چو اندازه‌گیری را در چندین پارکینگ با حالت‌های مختلف تهویه همانند تهویه مکانیکی تنها با ورودی‌های هوای تمیز، تهویه مکانیکی تنها با استفاده از فن‌های اگزاست و تهویه مکانیکی با هر دو انجام داده‌اند. در پارکینگ‌هایی که در این مقاله بیان شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند، از تهویه مکانیکی با ورودی‌های هوای تمیز و فن‌های اگزاست برای خروجی هوای آلوده استفاده شده است. با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده کارایی خروجی منوکسیدکربن در هر سه پارکینگ کمتر از یک بوده و در نتیجه رژیم جریان از نوع جریان اتصال کوتاه است. میزان غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ 1 بسیار بیشتر از حد مجاز بیان شده توسط استاندارد [4] بوده و در دو پارکینگ 2 و 3، میزان غلظت منوکسیدکربن کمتر از حد مجاز استاندارد است. دلیل کمتر بودن غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ‌های 2 و 3 را می‌توان تعداد بسیار کم ماشین‌های روشن و در نتیجه دبی جرمی پایین منوکسیدکربن ورودی به پارکینگ‌های فوق دانست. مقایسه نتایج تجربی و رابطه (6) بیانگر دقت خوب رابطه فوق است.

ج- پژوهش تجربی چان و بورنت [13]: چان و بورنت با استفاده از اندازه‌گیری تجربی، غلظت منوکسیدکربن در چندین پارکینگ‌های بسته را در هنگ‌کنگ بدست آورده‌اند. در این مقاله نتایج حاصل از اندازه‌گیری تجربی منوکسیدکربن در پارکینگ‌های فوق با رابطه (6) مقایسه شده است. مشخصات پارکینگ‌های فوق به همراه نتایج حاصل از اندازه‌گیری تجربی و رابطه (6) در جدول‌های 4 و 5 نمایش داده شده است. با توجه به این دو جدول، پارکینگ‌های اندازه‌گیری شده دارای حجم‌های و دبی‌های مختلف جریان تهویه هستند. همچنین ارتفاع پارکینگ‌های فوق هم در محدوده 2 تا 2.5 متر می‌باشد. تخمین نتایج حل عددی بیانگر این است که به جز پارکینگ شماره 1، بقیه پارکینگ‌ها دارای کیفیت هوای مناسب و در محدوده استاندارد هستند. حداکثر تفاوت مقادیر حاصل از اندازه‌گیری تجربی چان و بورنت [13] و رابطه (6) برابر با 20% و در پارکینگ شماره 3 است. همان‌گونه که در جدول‌های 4 و 5 مشاهده می‌شود، در پارکینگ‌های 2 تا 6 جریان از نوع جابجایی بوده و این رژیم جریان تأثیر خود را بر روی کیفیت هوای داخلی پارکینگ گذاشته است. مقایسه نتایج حاصل از رابطه (6) با نتایج تجربی مقالات موجود بیانگر دقت مناسب این رابطه بوده و بنابراین می‌توان از آن برای تخمین میزان منوکسیدکربن در پارکینگ‌های بسته دارای تهویه مکانیکی و دارای شرایط معلوم میزان دبی جرمی منوکسیدکربن ورودی به پارکینگ استفاده نمود. لازم به ذکر است که میزان کارایی در نظر گرفته شده در رابطه (6) در جداول 3 تا 5 با توجه به مقالات مرجع

جدول 3 مقایسه رابطه (6) و نتایج اندازه‌گیری تجربی [8]

Table 3 Comparison of experimental results and Eqn. (6) [8]

پارامتر	پارکینگ 1	پارکینگ 2	پارکینگ 3
کارایی خروجی منوکسیدکربن	0.77	0.81	0.69
میانگین منوکسیدکربن (ppm) [8]	129	27	11
میانگین منوکسیدکربن (ppm) رابطه (6)	124.3	30.52	9.45
تفاوت اندازه‌گیری [8] و رابطه (6) (٪)	3.6	13	14

جدول 4 مقایسه رابطه (6) و نتایج اندازه‌گیری تجربی [13]

Table 4 Comparison of Eqn. (6) and experimental results [13]

پارامتر	پارکینگ 1	پارکینگ 2	پارکینگ 3
کارایی خروجی منوکسیدکربن	1	1.75	1.75
میانگین منوکسیدکربن (ppm) [13]	129	14	14
میانگین منوکسیدکربن (ppm) رابطه (6)	135.02	13.6	16.9
تفاوت اندازه‌گیری [13] و رابطه (6) (٪)	5	3	20

جدول 5 مقایسه رابطه (6) و نتایج اندازه‌گیری تجربی [13]

Table 5 Comparison of Eqn. (6) and experimental results [13]

پارامتر	پارکینگ 4	پارکینگ 5	پارکینگ 6
کارایی خروجی منوکسیدکربن	1.75	1.75	1.75
میانگین منوکسیدکربن (ppm) [13]	27	14	6
میانگین منوکسیدکربن (ppm) رابطه (6)	24.03	16.6	6.28
تفاوت اندازه‌گیری [13] و رابطه (6) (٪)	11	18.6	5

[13,10,8] می‌باشد.

د- پخش آلودگی در پارکینگ‌های طبقاتی [10]: از جمله پارکینگ‌هایی که نویسندگان مقاله حاضر به بررسی عددی پخش آلودگی در آنها پرداخته‌اند، پارکینگ‌های طبقاتی می‌باشد (شکل 1). این پارکینگها امروزه کاربرد بسیاری داشته و طراحی صحیح سیستم تهویه و ایجاد الگوی جریان مناسب در آنها نیاز به بررسی‌های دقیق و متنوع دارد. در مرجع [10] راهکارهای افزایش کیفیت هوا در این پارکینگ‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در مرجع یاده شده، با استفاده از بهبود موقعیت ورودی‌های هوای تمیز و خروجی‌های هوای آلوده، غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ‌های طبقاتی کاهش یافته است. ورودی‌های هوای تمیز بر روی دیواره جنوبی و خروجی‌های هوای آلوده بر روی دیواره شمالی طبقات مختلف پارکینگ‌های فوق قرار دارند. چالش مهم در تولید الگوی جریان مناسب در این پارکینگ‌ها، بدست آوردن بهترین ارتفاع نصب دریچه‌های ورودی هوای تمیز و دریچه‌های خروجی هوای آلوده می‌باشد. بدین منظور همان‌گونه که در مرجع [10] بیان شده است، ارتفاع دریچه‌های ورودی هوای تمیز و دریچه‌های خروجی هوای آلوده از محل کف تا سقف تغییر کرده و غلظت منوکسیدکربن در کل فضای هر دو پارکینگ با استفاده از حل عددی بدست آمده است. نتایج حاصل از مرجع [10] بیانگر این است که در صورت نصب دریچه‌های ورودی هوای تمیز در ارتفاع‌های بی‌بعد (نسبت ارتفاع دریچه به ارتفاع سقف) 0.55 تا 0.7 و نصب دریچه‌های خروجی آلودگی در ارتفاع بی‌بعد 0.6 تا 0.7، کمترین میزان غلظت منوکسیدکربن در هر دو پارکینگ حاصل می‌شود. همچنین صورتی که دریچه‌های ورودی هوای تمیز و خروجی هوای آلوده در موقعیت‌های بیان شده نصب شوند، الگوی جریان ایجاد شده در پارکینگ از نوع جابجایی بوده و کارایی خروجی منوکسیدکربن در هر دو پارکینگ حدوداً 1.7 می‌باشد. برای بررسی دقت رابطه‌های (5) و (6) در این گونه پارکینگ‌ها،

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از حل عددی [10] و نتایج حاصل از رابطه‌های (5) و (6) انجام شده است. مقدار کارایی خروجی منوکسیدکربن در رابطه‌های (5) و (6) با توجه به نتایج حل عددی انتخاب شده است. نتایج حاصل در جدول 6 و شکل 2 بیان شده است. مقایسه نتایج حاصل از جدول 6 و شکل 2 بیانگر دقت مناسب رابطه‌های (5) و (6) بوده و بنابراین می‌توان از دو رابطه نامبرده در تخمین غلظت آلاینده در پارکینگ‌های طبقاتی هم استفاده نمود.

4- بررسی اثر الگوی جریان بر مصرف انرژی در پارکینگ‌های طبقاتی

نکته با اهمیت در استفاده از رابطه‌ی (6)، وجود دو پارامتر میزان هوای تهویه و کارایی خروجی آلاینده است. با توجه به مراجع پیشین [14,10,8]، هر چه رژیم جریان در پارکینگ به جریان جابجایی نزدیک شود، میزان غلظت آلاینده‌ها کاهش یافته و کیفیت هوای داخلی افزایش می‌یابد. بنابراین، جهت طراحی اولیه می‌توان فرض نمود که جریان در پارکینگ از نوع جابجایی بوده و هوای تهویه را با توجه به استاندارد [4] محاسبه نمود. پس از محاسبه میزان هوای تهویه، می‌توان با استفاده از رابطه (6) میزان غلظت متوسط آلاینده را بدست آورده و با معیارهای بیان شده در استاندارد [4] مقایسه نمود. در صورتی که میزان متوسط در بازه‌های زمانی مختلف بیش از مقادیر معیار استاندارد بدست آمد، می‌توان دو پارامتر میزان هوای تهویه و کارایی خروجی آلاینده را تغییر داد تا شرایط کیفیت هوا در پارکینگ بهبود یابد. رابطه (6) بیانگر این است که افزایش میزان کارایی خروجی آلاینده از مقدار مرتبط به رژیم جریان اختلاطی (محدوده 1) به مقدار مرتبط به رژیم جریان جابجایی (مقادیر بیشتر از 1) باعث کاهش غلظت آلاینده می‌شود. از طرفی تغییر رژیم جریان در پارکینگ با استفاده از بهبود موقعیت دریچه‌های ورودی هوا و دریچه‌های خروجی آلاینده حاصل می‌شود [10]، بنابراین طراحی بهینه حاصل خواهد شد. بنابراین، در صورتی که دبی جرمی منوکسیدکربن و حجم پارکینگ به صورت مقادیری ثابت در نظر گرفته شوند، تغییر دو پارامتر تعداد تعویض هوا و کارایی خروجی آلاینده عاملی تعیین کننده در میزان غلظت متوسط آلاینده‌ها خواهد بود. جهت بررسی اثر این دو پارامتر بر تخمین میزان غلظت آلاینده در پارکینگ‌های بسته طبقاتی (مشابه شکل 1)، مجموع دبی جرمی منوکسیدکربن خروجی از اگزوز ماشین‌ها برابر با 63 مترمکعب بر دقیقه و حجم پارکینگ برابر با 15390 مترمکعب در نظر گرفته شده است. با استفاده از این داده‌ها و رابطه (6)، میزان غلظت متوسط آلاینده در بازه یک ساعت و در حالت جریان جابجایی ($\xi_1=1$) در پارکینگ طبقاتی بیان شده در بخش 4 برابر با 43 ppm بدست آمده است. میزان هوای تهویه در این حالت با استفاده از روش استاندارد [4] برابر با 3.9 تعویض هوا در نظر گرفته شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میزان دبی هوای تهویه و در نتیجه مصرف انرژی در این حالت بالا بوده و از طرفی میزان غلظت آلاینده بیش از حد مجاز استاندارد (35 ppm) در یک ساعت است [4]. بنابراین باید موقعیت دریچه‌های ورودی هوای و خروجی هوای آلوده تغییر کرده و شرایط به گونه‌ای باشد که رژیم جریان به جریان جابجایی ($\xi_1<1$) نزدیک شود. مطابق با مرجع [10]، مقدار کارایی خروجی منوکسیدکربن در بهترین حالت در پارکینگ‌های طبقاتی مورد بررسی برابر با 1.7 بدست آمده است. با در نظر گرفتن این مقدار، میزان غلظت متوسط آلاینده‌ها در یک بازه یک ساعت در پارکینگ‌های یاد شده با استفاده از رابطه (6) برابر با 28 ppm بدست خواهد آمد. بنابراین کیفیت هوا در پارکینگ‌های فوق بهبود خواهد یافت و به کمتر از حد مجاز استاندارد خواهد رسید.

با توجه به اینکه حد آلاینده‌های موجود در پارکینگ در حالت جریان متمایل به جریان جابجایی کمتر از حد مجاز استاندارد است، جهت کاهش مصرف انرژی می‌توان دبی هوای تهویه را کاهش داد. در این حالت در صورتی که حجم هوای تهویه برابر با 3.2 تعویض هوا در نظر گرفته شود، متوسط غلظت آلاینده‌ها در پارکینگ‌های طبقاتی بیان شده به 35 ppm خواهد رسید. بنابراین هم حد مجاز آلاینده در محدوده استاندارد قرار گرفته و هم میزان مصرف انرژی کاهش یافته است. در صورتی که میزان هوای تهویه ورودی به پارکینگ به عنوان معیاری از مصرف انرژی در نظر گرفته شود، میزان مصرف انرژی در حالت بهبود یافته نسبت به حالت اولیه به صورت رابطه (7) بدست خواهد آمد.

$$\frac{\text{Energy}_2}{\text{Energy}_1}=\left(\frac{q_2}{q_1}\right)^3=\left(\frac{16.7}{20.4}\right)^3=0.55 \qquad (7)$$

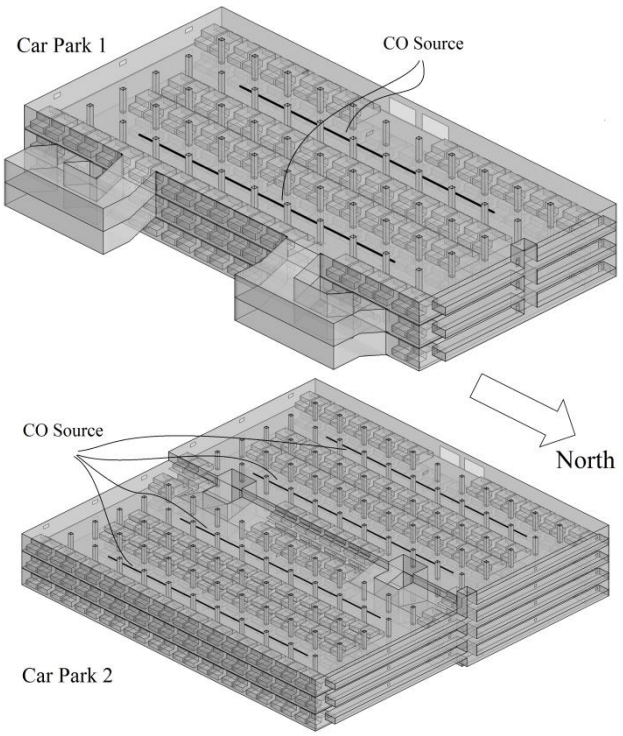

Fig. 1 Common layouts of multi-level car parks [10]

شکل 1 هندسه‌های متداول پارکینگ‌های طبقاتی [10]

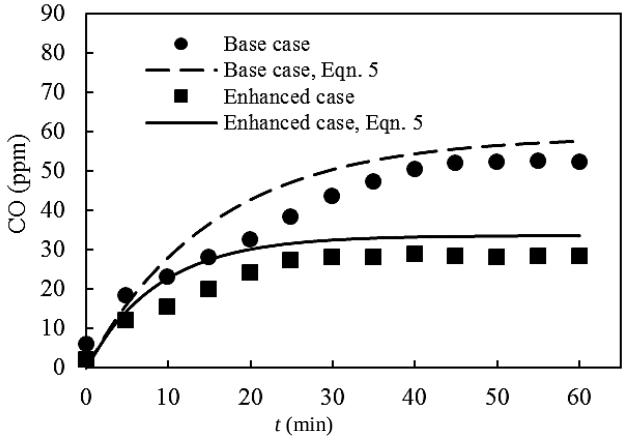

Fig. 2 Comparison of numerical results and Eqn. (5) [10]

شکل 2 مقایسه نتایج حل عددی و رابطه (5) [10]

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

جدول 6 مقایسه رابطه (6) و نتایج حل عددی در مرجع [10]

Table 6 Comparison of Eqn. (6) and numerical results of [10]

پارامتر	حالت پایه	حالت بهبود یافته
کارایی خروجی منوکسیدکربن	1	1.7
میانگین منوکسیدکربن (ppm) [10]	41	25
میانگین منوکسیدکربن (ppm) رابطه (6)	43	28
تفاوت حل عددی [10] و رابطه (6) (٪)	5	12

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مصرف انرژی به اندازه 45% کاهش یافته است. بنابراین با استفاده از رابطه (7) می‌توان میزان تغییرات در مصرف انرژی با استفاده از تغییر در پارامترهای عملکردی پارکینگ را مشاهده نمود. مهمترین پارامترهایی که بدین صورت قابل تغییرند شامل میزان هوای تهویه و کارایی خروجی منوکسیدکربن هستند. همان‌گونه که در دیگر مراجع هم بیان شده است، کارایی خروجی منوکسیدکربن در صورتی دچار تغییر می‌شود که خروج آلاینده‌ها از پارکینگ بهبود یابد. بهبود در خروجی آلاینده‌ها از پارکینگ هم تابعی از موقعیت دریچه‌های خروجی آلاینده است.

5- پیشنهادات اصلاحی جهت بهبود استاندارد ملی

رویکرد استانداردها به تهویه در پارکینگ‌های بسته معمولاً بر اساس معرفی حد مجاز منوکسیدکربن در بازه‌های زمانی مختلف و معرفی میزان جریان هوای لازم برای تأمین این حد مجاز می‌باشد. حد مجاز منوکسیدکربن و میزان هوای تهویه در استانداردهای مختلف معمولاً بر اساس آلاینده تولیدی ماشین‌ها، عمر ماشین‌ها و شرایط خاص هر کشور تعیین می‌شود. در سالهای اخیر با رشد تکنولوژی ساخت ماشین و از طرفی افزایش کیفیت و راندمان موتور ماشین‌ها در تولید آلایندگی، میزان منوکسیدکربن تولیدی توسط ماشین‌ها کاهش یافته و به دنبال آن استانداردها هم حد میزان هوای تهویه لازم را کاهش داده‌اند [15]. استانداردهای کشورهای مختلف همانند کانادا، سوئد، فنلاند، فرانسه، آلمان، ژاپن، کره‌جنوبی، هلند و برتانیا معمولاً از مقادیر ثابتی جهت معرفی میزان هوای تهویه استفاده می‌کنند. همچنین مبحث 14 مقررات ملی ساختمان هم رویکرد مشابهی به تهویه در پارکینگ‌های بسته دارد [11]. استفاده از مقادیر ثابت معمولاً باعث می‌شود پارامترهای مهمی همچون تعداد ماشین‌های روشن، حجم پارکینگ، زمان کارکرد ماشین‌ها در پارکینگ و میزان آلاینده خروجی از آنها مورد توجه قرار نگیرد. از طرفی با توجه به اینکه بهینه سازی مصرف انرژی در سالیان اخیر دارای اهمیت شده است، استفاده از رویکرد فوق به تهویه هوا در پارکینگ‌های بسته، حالت بهینه‌ای از کیفیت هوای مناسب و کاهش مصرف انرژی را نتیجه نخواهد داد. در سالهای اخیر استانداردهای بین‌المللی همانند اشری [4]، کد بین‌المللی مکانیک [5] و استاندارد استرالیا [3] راهکارهایی جهت کاهش آلاینده و مصرف انرژی و افزایش کیفیت هوای داخلی پارکینگ‌ها معرفی کرده‌اند. در این بخش رویکرد مقررات ملی ساختمان [11] به تهویه در پارکینگ‌های بسته بیان شده و نقاط ضعف آن بیان شده و با استفاده از رابطه‌های (5) و (6) پیشنهادات اصلاحی جهت بهبود آن بیان خواهد شد.

5-1- رویکرد مقررات ملی ساختمان به تهویه پارکینگ‌های بسته

مباحث 4 و 14 از مقررات ملی ساختمان به بیان نکات اندکی در زمینه طراحی تهویه در پارکینگ‌های بسته پرداخته‌اند. این نکات در ادامه بیان شده‌اند.

- پارکینگ‌های بسته به سه گروه کوچک (دارای حداکثر 3 محل توقف خودرو)، متوسط (دارای 4 تا حداکثر 25 محل توقف خودرو) و بزرگ (دارای بیش از 25 محل توقف خودرو) در انواع خصوصی و عمومی تقسیم می‌شوند [16].
- ارتفاع مجاز پارکینگ‌های بسته برای پارکینگ‌های متوسط و بزرگ حداقل 2.4 متر است.
- سیستم تخلیه مکانیکی هوا باید چنان طراحی و نصب شود که قادر باشد کل هوای آلوده‌ی فضای مورد نظر را به خارج از ساختمان انتقال دهد [11].
- تخلیه هوای پارکینگ عمومی و بزرگ باید به طور مکانیکی صورت گیرد و فقط در مواقعی باید به کار افتد که تخلیه هوا لازم باشد. در مواقع دیگر سیستم تخلیه‌ی مکانیکی هوا ممکن است کار نکند [11].
- سیستم تخلیه مکانیکی هوای پارکینگ عمومی باید بطور پیوسته کار کند، مگر آنکه به طور خودکار با فرمان از حسگری که میزان منوکسیدکربن را اندازه می‌گیرد، قطع و وصل شود و میزان غلظت منوکسیدکربن در پارکینگ را در کمتر از ppm 25 نگاه دارد [11].
- میزان هوای تازه‌ی لازم برای یک پارکینگ عمومی به اندازه 7.5 لیتر بر ثانیه بر مترمربع می‌باشد [11].
- در صورتی که فضا یا مجموعه‌ای از فضاها دارای آلاینده خاصی باشد و در حالتی که بیش از 50٪ اوقات میزان آلودگی هوا کمتر از 50٪ آلودگی متعارف باشد، دبی تهویه باید قابلیت کم‌شدن تا 50٪ دبی متعارف را داشته باشد [17,16,11].

5-1-1 - ارزیابی مقررات ملی ساختمان

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، رویکرد مباحث مختلف مقررات ملی ساختمان (و دیگر استانداردهای داخلی) به تهویه پارکینگ‌های بسته بسیار محدود بوده و با توجه به رشد روز افزون استفاده از این پارکینگ‌ها در ایران، نیاز مبرمی به تصحیحات لازم دارند. از جمله نقاط قوت مقررات ملی ساختمان، دسته بندی پارکینگ‌های بسته به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ و دو کاربری عمومی و خصوصی است. همچنین با استفاده از این معیار می‌توان استفاده از تهویه مکانیکی برای پارکینگ‌های بسته عمومی و بزرگ را قابل توجیه و لازم در نظر گرفت. همچنین در مقررات ملی ساختمان تصریح شده است که "*سیستم تهویه مکانیکی باید توانایی خروج کلیه آلاینده‌ها از فضای پارکینگ را داشته باشد*". این رویکرد را می‌توان به عنوان معیاری جهت کیفیت طراحی سیستم تهویه در نظر گرفت. به عبارتی در صورتی که الگوی جریان ایجاد شده در پارکینگ با استفاده از سیستم تهویه طراحی شده به صورت اتصال کوتاه باشد، آلاینده‌ها در پارکینگ باقی مانده و در نتیجه معیار "*خروج کلیه آلاینده‌ها از فضای پارکینگ*" ارضا نخواهد شد. از طرفی در صورتی که الگوی جریان ایجاد شده در پارکینگ، از نوع جریان جابجایی با کارایی خروجی منوکسیدکربن بزرگتر از یک باشد، جریان به سمت دریچه‌های خروجی آلاینده هدایت شده و در صورتی که ارتفاع این دریچه‌ها در موقعیت مناسب باشد (ارتفاع بی‌بعد 0.6 تا 0.7 مطابق با مراجع [14,10])، منوکسیدکربن به خوبی از فضای پارکینگ خارج خواهند شد (زیرا غلظت منوکسیدکربن در مقطع دریچه‌های خروجی آلاینده بیش از مقدار متوسط آن در کل فضای پارکینگ بوده و این به معنی هدایت و خروج موثر منوکسیدکربن از فضای پارکینگ می‌باشد). به عبارتی نصب دریچه‌های خروجی منوکسیدکربن در ارتفاع بی‌بعد 0.6 تا 0.7 باعث تولید الگوی جریان جابجایی در پارکینگ و در نتیجه کاهش غلظت آلاینده‌ها در کل فضای

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

پارکینگ خواهد شد.

از جمله نقاط ضعف اصلی مقررات ملی ساختمان می‌توان به حد مجاز آلاینده بیان شده و میزان هوای تهویه اشاره کرد. در مقررات ملی ساختمان میزان حد مجاز آلاینده‌ها برابر با 25 ppm و میزان هوای تهویه برابر با $0.0075\ m^3s^{-1}m^{-2}$ در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن یک مقدار ثابت جهت هوای تهویه باعث افزایش مصرف انرژی شده و از طرفی ممکن است که این مقدار ثابت، برای تأمین حد مجاز آلاینده‌ها کافی نباشد. برای بهبود رویکرد مقررات ملی ساختمان به تهویه در پارکینگ‌های بسته اصلاحاتی به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

- بیان حد مجاز آلاینده‌ها در بازه‌های زمانی مختلف باعث کنترل بهتر آلاینده‌ها در پارکینگ‌های بسته می‌شود. بر طبق دیگر استانداردها همانند اشری [4] و استاندارد ملی بریتانیا [6]، استفاده همیشگی از حد مجاز 25 ppm باعث افزایش مصرف انرژی خواهد شد. بدین منظور می‌توان از رویکردهای متفاوت استفاده کرد. **اولین راهکار** استفاده از مقادیر هوای تهویه بیان شده در استاندارد اشری جهت بازه‌های زمانی 1 (35 ppm) و 8 ساعته (25 ppm) است (رابطه 8). البته همان‌گونه که در بخش قبلی بیان گردید، استفاده از این مقادیر دارای محدودیت‌های بوده و باید پیشنهادات اصلاحی مقاله حاضر به استاندارد اشری هم برای استفاده از این استاندارد در نظر گرفته شوند. **راهکار دوم** استفاده از بازه‌های زمانی دیگر (مطابق با دیگر استانداردها) جهت بیان حد مجاز آلاینده‌ها می‌باشد. جهت استفاده از این راهکار، باید میزان رفت و آمد ماشین به پارکینگ در ساعات مختلف معلوم بوده و در ساعت‌های پیک کارکردی پارکینگ از معیار حد مجاز آلاینده در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر و در دیگر ساعت‌ها از معیار حد مجاز آلاینده مطابق با اشری استفاده شود. به عنوان مثال حد مجاز آلاینده بیان شده در استاندارد فرانسه برابر با 100 ppm در بازه زمانی 20 دقیقه است. قرارگیری افراد در معرض منوکسیدکربن با غلظت بیان شده در بازه زمانی 20 دقیقه سبب ایجاد اثرات نامطلوب نشده ولی در صورتی که بازه زمانی افزایش یابد، اثرات نامطلوب حاصل از این آلودگی خود را نشان خواهد داد. بنابراین استفاده از این رویکرد برای کاربران پارکینگ در حالت پیک کارکردی پارکینگ مناسب خواهد بود. بدین منظور پارکینگ بررسی شده در بخش قبلی با حجم 10000 مترمکعب، ظرفیت 200 ماشین و میزان دبی خروجی منوکسیدکربن از هر ماشین برابر با 1.5 گرم بر دقیقه را در نظر می‌گیریم. با استفاده از رابطه (6) میزان دبی هوای تهویه برای تأمین حد مجاز منوکسیدکربن 100 ppm در یک بازه زمانی 20 دقیقه‌ای برابر با 0.00757 مترمکعب بر ثانیه بر واحد سطح ($m^3s^{-1}m^{-2}$) خواهد بود. از طرفی در صورتی که دریچه‌های خروجی هوای آلوده در موقعیت مناسب خود قرار داشته و الگوی جریان جابجایی در پارکینگ برقرار باشد، میزان هوای تهویه به 0.00162 مترمکعب بر ثانیه بر واحد سطح ($m^3s^{-1}m^{-2}$) کاهش خواهد یافت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با استفاده از راهکار دوم بیان شده در این بخش، هم کیفیت هوای مناسب در شرایط پیک کارکردی پارکینگ ایجاد شده و هم مصرف انرژی با استفاده از بهبود الگوی جریان کاهش خواهد یافت.
- در صورتی که از مقدار بیان شده توسط مقررات ملی ساختمان جهت تهویه پارکینگ استفاده شود (حد مجاز 25 ppm در یک ساعت)، میزان دبی هوای تهویه برابر با 0.016 مترمکعب بر ثانیه بر واحد سطح ($m^3s^{-1}m^{-2}$) در حالت جریان اختلاطی و 0.0106 مترمکعب بر ثانیه بر واحد سطح ($m^3s^{-1}m^{-2}$) در حالت جریان جابجایی بدست خواهد آمد که میزان مصرف انرژی بسیار بالایی داشته و از طرفی به دلیل دبی بالای جریان تهویه، آسایش حرارتی در پارکینگ به دلیل کوران هوا به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین مقدار حد آلاینده بیان شده در مقررات ملی ساختمان نیاز به تعدیل داشته و با استفاده از دبی تهویه 0.0075 مترمکعب بر واحد سطح پارکینگ، حداکثر غلظت آلاینده 35 ppm در پارکینگ بدست خواهد آمد که مقداری مطابق با استاندارد اشری می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود، حد آلاینده بیان شده در مقررات ملی ساختمان برابر با 35 ppm در نظر گرفته شود.
- با توجه به اینکه تغییر الگوی جریان در پارکینگ باعث ایجاد شرایط کیفیت هوای مناسب با مصرف انرژی کمتر می‌شود، پیشنهاد می‌شود که جریان در پارکینگ با استفاده از پارامتر کارایی خروجی منوکسیدکربن دسته بندی شود. همچنین جهت ایجاد الگوی مناسب جریان در پارکینگ‌های بسته و با توجه به پژوهش‌های پیشین [14,10]، بازه ارتفاع بی‌بعد 0.6 تا 0.7 جهت نصب دریچه‌های خروجی هوای آلوده پیشنهاد گردد.

5-1-2- بیان پیشنهادات اصلاحی جهت بهبود مقررات ملی ساختمان

با توجه به موارد بیان شده، پیشنهادات اصلاحی به مقررات ملی ساختمان به صورت زیر می‌باشند:

1- استفاده از حد مجاز آلاینده 35 ppm به جای 25 ppm جهت کاهش مصرف انرژی در همه‌ی زمان‌ها

2- بیان حد مجاز آلاینده 35 ppm برای بازه زمانی 1 ساعته و 25 ppm برای بازه زمانی 8 ساعته

3- قرارگیری دریچه‌های خروجی آلاینده در بازه ارتفاع بی‌بعد 0.6 تا 0.7 جهت ایجاد الگوی جریان مناسب در پارکینگ

4- استفاده از رابطه (6) جهت محاسبه میزان هوای تهویه بر مبنای حد مجاز آلاینده

6- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این مقاله یک رابطه تحلیلی جهت محاسبه غلظت آلاینده در پارکینگ‌های بسته بیان شده است. رابطه فوق با استفاده از پارامترهایی همچون حجم پارکینگ، تعداد تعویض هوا، کارایی خروجی منوکسیدکربن، تعداد ماشین‌های روشن و دبی حجمی منوکسیدکربن خروجی از اگزوز ماشین‌ها توانایی تخمین میزان متوسط منوکسیدکربن در پارکینگ‌های بسته در بازه‌های زمانی مختلف را دارد. مقایسه نتایج حاصل از مدل فوق و نتایج حاصل از حل عددی پژوهش‌های پیشین بیانگر دقت مناسب مدل ارائه شده است. همچنین با استفاده از رابطه تحلیلی بدست آمده، استانداردهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و پیشنهادهایی جهت بهبود آنها بیان شده است.

با استفاده از رابطه تحلیلی بیان شده می‌توان با دقت مناسبی میزان آلاینده‌ها و غلظت متوسط آلاینده‌ها در پارکینگ‌های بسته طبقاتی را بدست آورد. رابطه تحلیلی بیان شده دارای همخوانی با فیزیک جریان آلودگی در پارکینگ‌های بسته است. همچنین با استفاده از رابطه تحلیلی بیان شده، میزان کاهش در غلظت آلاینده‌ها و کاهش مصرف انرژی با استفاده از نزدیک

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]

کردن رژیم جریان به جریان جابجایی قابل مشاهده است. رابطه تحلیلی ارائه شده دارای قابلیت بررسی میزان غلظت آلاینده با استفاده از کارایی خروجی آلاینده است، بنابراین می‌تواند در کنار طراحی و شبیه‌سازی سیستم تهویه به عنوان راهکاری سریع جهت اعمال رژیم جریان مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله با توجه به رابطه تحلیلی بدست آمده جهت تخمین غلظت آلاینده، پیشنهادات اصلاحی جهت مقررات ملی ساختمان بیان شده است. پیشنهادات اصلاحی فوق به صورت زیر هستند:

- بیان معیار قرارگیری دریچه‌های خروجی آلاینده در بازه ارتفاع بی‌بعد مناسب 0.6 تا 0.7 جهت ایجاد شرایط کیفیت هوای مناسب در پارکینگ؛
- استفاده از رابطه (6) جهت ارزیابی کافی یا ناکافی بودن میزان هوای تهویه بدست آمده از رابطه پیشنهادی اشری؛
- بیان دسته‌بندی الگوهای جریان ایجاد شده در پارکینگ‌های بسته و ایجاد جریان هوای جابجایی در پارکینگ با استفاده از ارتفاع بی‌بعد مناسب دریچه‌های خروجی آلاینده؛
- پیشنهاد رابطه (6) به عنوان رابطه لازم و کافی برای محاسبه میزان هوای تهویه لازم برای تأمین حد مجاز منوکسیدکربن در پارکینگ؛
- بیان حد مجاز آلاینده 35 ppm برای بازه زمانی 1 ساعته و 25 ppm برای بازه زمانی 8 ساعته در مقررات ملی ساختمان.

7- فهرست علایم

A	سطح پارکینگ (m^2)
ACH	تعداد تعویض هوا (1/hr)
C	غلظت منوکسیدکربن (ppm)
$\bar{C}$	غلظت میانگین منوکسیدکربن (ppm)
E	نرخ انتشار آلاینده از ماشین ($gmin^{-1}$)
E_0	نرخ انتشار آلاینده نرمالیزه شده از ماشین ($grhr^{-1}\ m^{-2}$)
$\dot{m}$	دبی حجمی منوکسیدکربن (m^3min^{-1})
n	تعداد ماشین‌های روشن
T, t	زمان (min)
V	حجم پارکینگ (m^3)

علایم یونانی

ξ	کارایی خروجی منوکسیدکربن

8- مراجع

[1] W. Chow, W. Fung, Survey on the indoor environment of enclosed car parks in Hong Kong, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 10, No. 2, pp. 247-255, 1995.

[2] NFPA 88A Standard for Parking Structures, 1998.

[3] Australian Standard, The use of ventilation and airconditioning in buildings, Part 2: Mechanical ventilation in buildings, 2002.

[4] ASHRAE Handbook, HVAC Applications (SI), chapter 15: enclosed vehicular facilities 2011.

[5] International Mechanical Code (IMC 2012), International code council, INC, 2012.

[6] BRITISH Standard, Components for smoke and heat control systems, Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks, BSI, 2006.

[7] Final Assessment: Integrated Science Assessment for Carbon Monoxide, United states Environmental Protection Agency (EPA), 2010.

[8] M. Y. Chan, W. K. Chow, Car park ventilation system: performance evaluation, *Building and Environment*, Vol. 39, No. 6, pp. 635-643, 2004.

[9] J. C. Ho, H. Xue, K. L. Tay, A field study on determination of carbon monoxide level and thermal environment in an underground car park, *Building and Environment*, Vol. 39, No. 1, pp. 67-75, 2004.

[10] J. Amnian, M. Maerefat, Gh. Heidarinejad, Offering a method for reducing pollution and criterion for evaluation of ventilation flow in multilevel enclosed parking lots, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 16, No. 7, pp. 285-296, 2016. (in Persian فارسی)

[11] Ministry of Housing and Urban Development of Iran, National building regulations of Iran, XIV issue, thermal installations, air exchange and air conditioning, 2009. (in Pesian فارسی)

[12] W. Chow, Simulation of carbon monoxide level in enclosed car parks using an air flow network program, *Tunnelling and underground space technology*, Vol. 11, No. 2, pp. 237-240, 1996.

[13] M. Y. Chan, J. Burnett, W. K. Chow, Energy use for ventilation systems in underground car parks, *Building and Environment*, Vol. 33, No. 5, pp. 303-314, 1998.

[14] J. Amnian, M. Maerefat, Gh. Heidarinejad, Investigation on effect of exhaust vents location on reduction of pollution in enclosed car parks, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 16, No. 5, pp. 70-80, 2016. (in Persian فارسی)

[15] M. Krarti, A. Ayari, Ventilation for enclosed parking garages, *ASHRAE Journal*, Vol. 43, No. 2, pp. 52-57, 2001.

[16] Ministry of Housing and Urban Development of Iran, National building regulations of Iran, IV issue, General building requirements, 2009. (in Pesian فارسی)

[17] Ministry of Housing and Urban Development of Iran, National building regulations of Iran, nineteenth issue, energy savings in buildings, 2009. (in Pesian فارسی)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1396.17.2.6.8]