محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

امکان‌سنجی شبیه سازی جریان باد در بخشی از شهر شیراز بوسیله ی دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)

فاطمه سادات علوی[۱*]، سید علی اکبر موسوی[۲]، عبدالمجید ثامنی[۲]، مهروز رضایی[۳]، احمدرضا مطفف[۴]،

[۱] دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۲] دانشیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۳] استادیار بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[۴] دانشجوی دکتری بخش هوا و فضا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز

چکیده

جمعیت شهرنشینی و میزان ساخت ساز در مناطق شهری رو به افزایش است و سبب تغییراتی در توزیع جریان هوا، کیفیت هوای شهر و ایجاد خطر برای سلامت انسان می شود. پس پیش بینی الگوی جریان هوا برای برنامه ریزی و اقدامات مقتضی ضروری است. مدل دینامیک سیالات محاسباتی پرکاربردترین ابزار برای شبیه سازی جریان هوا است. هدف این پژوهش یافتن روش مناسب برای مدل کردن جریان هوا و توزیع فشار در قسمتی از شهر شیراز(گویم تا فلکه معلم) با در نظر گرفتن توپوگرافی منطقه است. که با سری سازی چند نرم افزار و تبدیل نقشه های بلوکی دو بعدی به مدل قابل شبیه سازی سیالاتی انجام شد. دامنه مورد بررسی به صورت مکعب مستطیل با ارتفاع ۶، طول وعرض۱۵کیلومتر در مقیاس۱/۳۰ و با شرایط مرزی سرعت ورودی باد ۲m/s و شبکه بندی دامنه محاسباتی ساختاریافته و مدل توربولانسی K-ε است. برای اعتبارسنجی نتایج از بادسنج در۲۰مکان و داده های ایستگاه هواشناسی (در منطقه تحت پوشش) استفاده شد. نتایج میانگین با خطای ۱۵درصدی با خروجی های شبیه سازی هم-خوانی داشت. بنابراین این روش برای مناطقی که نیاز است رفتار جریان هوا در آن ها مدل شود بسیار مفید است.

کلمات کلیدی: دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)، الگوی جریان هوا، مقیاس بزرگ، شبیه سازی، فشار باد، سرعت باد

مقدمه

بیش از ۶۱ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ شهر نشین خواهند بود که این مسئله سبب تغییراتی در ماهیت و سطح زمین ، اوضاع اقلیمی پیرامون خود و نحوه ی توزیع جریان هوا و در نتیجه موجب پایین آمدن کیفیت هوای شهر و تاثیر بر سلامت انسان می شود (سالاتا و همکاران، ۲۰۱۷). جریان هوا نقش مهم و تاثیرگذاری بر پراکندن آلودگی جوی دارد (فن لی هنگ و ونگ،۲۰۱۷ و هنگ و لی، ۲۰۱۰). از این رو پیش بینی الگوی جریان هوا در شهر و یافتن الگویی جهت کاهش و پیشگیری هر چه بیشتر مخاطرات ذکر شده ضروری است. نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که مدل دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) پرکاربرترین ابزار برای شبیه سازی جریان هوا است (شیرزادی و همکاران، ۲۰۱۷؛ نهیجست و همکاران،۲۰۱۷؛ یو کووک و همکاران، ۲۰۱۷). از سوی دیگر، CFD می تواند مزایای قابل توجهی از جمله کاهش هزینه را برای ارزیابی و بهینه سازی راه حل های مهندسی طراحی ارائه دهد و به عنوان ابزار جایگزین بالقوه استفاده شود. زیرا این مدل بر پایه ی معادلات فیزیک و اثرات هندسی سه بعدی و شرایط محیطی است (جال، ۲۰۰۳). در دو دهه گذشته، استفاده از CFD به عنوان یک روش تجزیه و تحلیل جدید برای پراکندگی آلاینده و محیط حرارتی در اطراف ساختمان ها و مناطق شهری به طور گسترده ای رایج شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۹) که راهنمایی برای محققان برای استفاده از روش های مناسب مدل سازی عددی برای منطقه خاص فراهم می کند. ورنی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود افزایش شبیه سازی جریان هوا در اطراف ساختمان ها با استفاده از میدان اندازه گیری ها و خطاهای مدلسازی را نشان دادند. همچنین السید عبدالعال و همکاران (۲۰۱۸) بر روی شبیه سازی عددی جریان باد با سرعت کم بر توپوگرافی واقعی مطالعه کردند و به نتایج قابل قبولی دست یافتند. اما تاکنون مطالعات ناچیزی در ارتباط با شبیه‌سازی در مناطق وسیعی از شهر با در نظر گرفتن توپوگرافی منطقه با مقیاس بزرگ انجام شده است. از این رو با توجه به اهمیت موضوع

* ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.sadat68@yahoo.com

و تاثیر آن بر الگوی جریان هوا، این پژوهش با هدف یافتن روش مناسب برای شبیه سازی بزرگ مقیاس جریان باد در منطقه ای از شهر شیراز بوسیله ی مدل CFD با در نظر گرفتن توپوگرافی واقعی منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

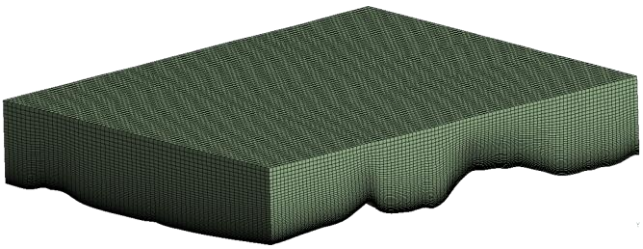
در این پژوهش بر اساس فایل dem زمین، مختصات مد نظر محدوده شهری شهرستان شیراز به همراه ارتفاع هر منطقه با دقت ۵ متر در GoogleMapper مدل شد و سپس به نرم افزار Sketchup وارد شده و پس از آن برای استانداردسازی خطوط از نرم افزار Rhinoceros استفاده شد. پس از آن، هندسه منطقه به نرم افزار SolidWorks وارد شد و برای شبکه‌بندی در نرم افزار Ansys Meshing آماده شد و پس از تولید شبکه روی هندسه به نرم افزار Ansys Fluent وارد شده و شرایط مرزی جریان و محیط تعریف شد. از جمله ورودی های مسئله تغییرات چگالی(داده های استاندارد ناسا) در ارتفاع و سرعت جریانات ورودی هوای هر منطقه است و برای اعتبار سنجی از داده های ایستگاه هواشناسی از جمله سرعت باد ، فشار موضعی و نقشه های هواشناسی و همچنین داده برداری های موضعی استفاده شد.

دامنه حل انتخاب شده، مربوط به قسمت غربی شهر شیراز حد فاصل ورودی شهر (گویم) تا میدان معلم (شکل ۱) با عرض و طول حدود ۱۵ کیلومتر و با ارتفاع ۶ کیلومتر از سطح زمین است.

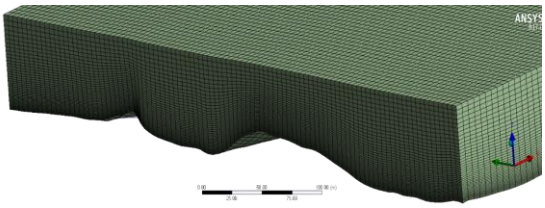
شکل ۱- نمایش توپوگرافی منطقه مورد مطالع در غرب شهر شیراز

شبکه بندی دامنه حل

با توجه به ابعاد کیلومتری مسئله و وجود محدودیت نرم افزارهای SolidWorks و Fluent (امکان وارد کردن ابعاد بیشتر از یک کیلومتر در آن ها امکان پذیر نیست) ابعاد مسئله با مقیاس ۱/۳۰ وارد نرم افزار شده و سپس با استفاده از اصول تحلیل ابعادی و با در نظر گرفتن معیار رینولدز (نسبت نیروی اینرسی به لزوجت) برای ارتباط شرایط دامنه ها سرعت ورودی ۳۰ برابر خواهد شد. برای شبکه بندی (شکل ۲ و شکل ۳) از روش ساختاریافته استفاده شد که با نزدیک شدن به سطح به تراکم سلول ها اضافه می شود. تعداد سلول ها حدود ۵۵۰۰۰۰ است. همچنین مطالعه ای روی تعداد سلول ها انجام شد و جواب ها از تعداد سلول ها مستقل شد.



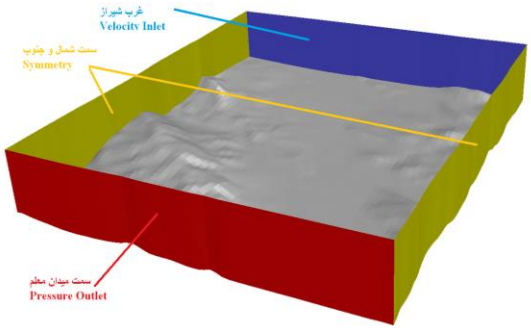
شکل ۲- نمایش شبکه بندی کلی دامنه منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز



شکل ۳ - نمایش شبکه در نزدیکی های سطح زمین در منطقه غرب شهر شیراز

شرایط مرزی حل

قسمت غربی شیراز، به عنوان جریان ورودی، شرق به عنوان جریان خروجی، بخش های شمالی, جنوبی و سمت بالا (آسمان) نیز به عنوان شرط محیط تکراری در نظر گرفته شدند (شکل ۴).

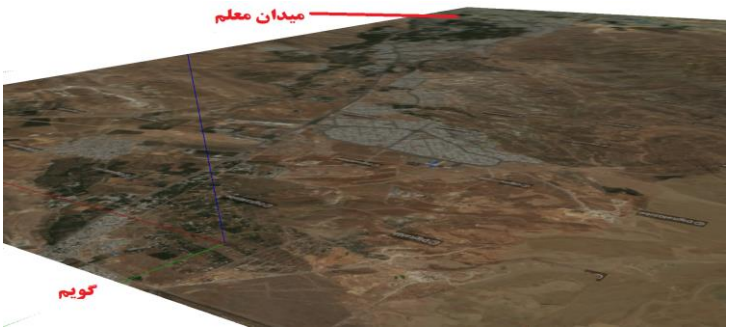


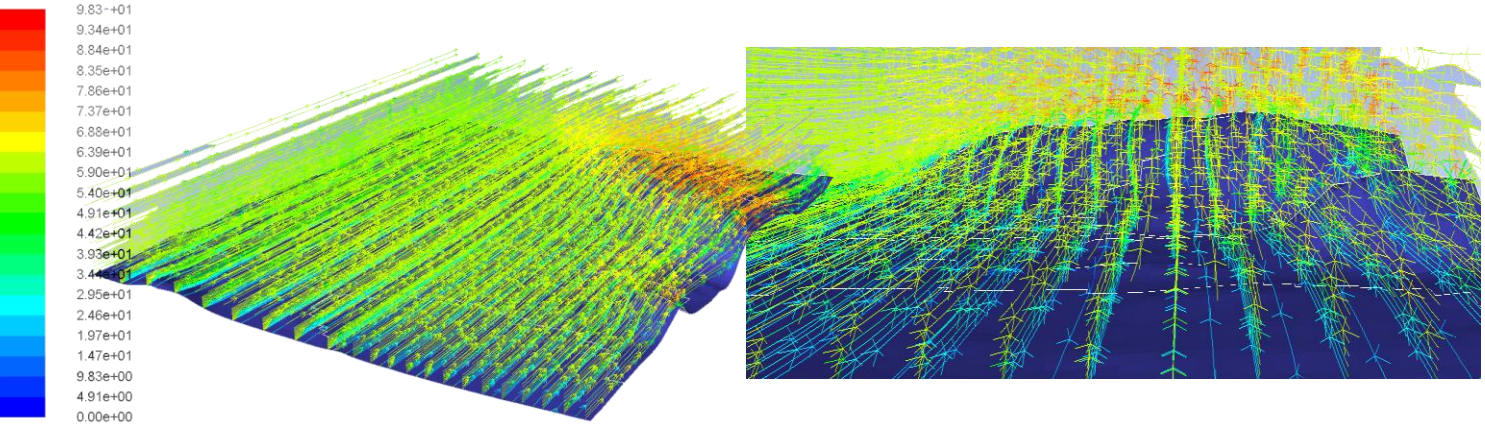
شکل ۴ - نمایش شرایط مرزی حاکم بر مسئله

برای مدل‌سازی جریان باد در منطقه مورد مطالعه، مدل توربولانسی K-ε برای حل سیستم معادلات مشتقات جزئی حاکم بر شرایط مسئله در نظر گرفته شد. دلیل انتخاب این مدل این است که این مدل نسبت به تغییرات شرایط مرزی بیشترین پایداری را از خود نشان می دهد و باعث می شود که جواب نتایج کمتر وابسته به تغییرات شرایط مرزی باشد. همچنین ورودی دامنه، سرعت باد، خروجی دامنه، فشار محیط و دیواره ها به عنوان شرایط Symmetry استفاده شدند.

نتایج و بحث

نمایش مسیر جریان



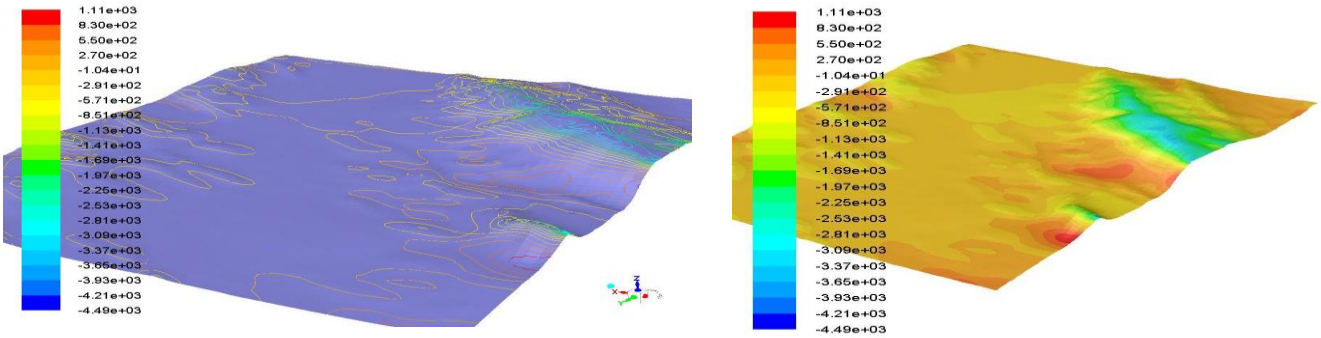


شکل ۵ - نمایش جریان باد مدل‌سازی شده در منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز

شکل ۵ الگوی جریان باد در منطقه مورد بررسی را نشان می دهد .همان‌گونه که مشاهده می‌شود تاثیر تپه های موجود در گویم و کوه دراک سبب چرخش جریان در نزدیکی کوه شده استو چرخش جریان به حدی است که اگر در ارتفاع پایین چرخبال حرکت کند، دچار مشکل خواهد شد. همچنین این چرخش جریان سبب ایجاد هوای مناسب برای زندگی در قسمتی از این مناطق شده است.

جهت باد و سرعت باد از نمودار گلباد شیراز در روز ۱۰ بهمن ماه سال ۱۳۹۷ استفاده شد و برای اعتبارسنجی سرعت و جهت باد نتایج با استفاده از بادسنج در۲۰ مکان از مناطق تحت شبیه سازی و همچنین داده های ایستگاه هواشناسی گویم و گلستان (در منطقه تحت پوشش) استفاده شد. که نتایج نشان می دهد به طور میانگین با خطای ۱۵ درصد نتایج مدل‌سازی با نتایج اندازه‌گیری ها هم‌خوانی داشت.

نمایش توزیع فشار



شکل ۶ - توزیع فشار باد بر روی سطح زمین در منطقه مورد مطالعه در غرب شهر شیراز

شکل ۶ توزیع فشار ناشی از وزن و حرکت هوا روی سطح زمین را نمایش می دهد. این توزیع فشار بیان می کند که کدام مناطق در سطح شهر مناطق پر فشار هستند. در مناطق پر فشار در صورت وجود، آلودگی ها پایدار خواهند بود و به طبع آن در این مناطق دمای هوا به طور نسبی بیشتر خواهد بود. ورنی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود بر روی جریان باد در شهر به این نتیجه رسیدند که با استفاده از شبیه‌سازی می توان ویژگی های باد در مکان هایی که هیچ حسگری وجود ندارد را پیش بینی کرد. همچنین لیو و همکاران(۲۰۱۹) در مطالعات خود بر شبیه سازی جریان باد قبل و بعد از ساختمان با استفاده از CFD و اعتبارسنجی آن با داده های هواشناسی به دقت قابل قبولی دست یافتند. آنان اذعان کردند که استفاده از این مدل می تواند جایگزین مناسبی برای اطلاعات هواشناسی باشد زیرا که امکان احداث ایستگاه در همه ی شرایط وجود ندارد. السید عبدالعال و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهش خود به نتایج قابل قبولی دست یافتند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بکار گیری مجموعه نرم افزارهای ذکر شده امکان پذیر بودن شبیه سازی جریان هوا بر روی سطوح زمین با یافتن ممکن ترین و سهل الوصول ترین روش برای مدل کردن مناطق مختلف زمین بر اساس داده های Google MAP در نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی بررسی شد. در واقع با تلفیق نرم افزارهای فوق الذکر امکان تبدیل هر قسمتی ازسطح زمین به سطوح قابل شبکه بندی و انجام شبیه سازی با روش های دینامیک سیالات محاسباتی با استفاده ز مدل توربولانسی K-ε و شبکه ساختاریافته ممکن شد. نتایج نشان داد مدل‌های مورد استفاده توانستند با خطای حدود ۱۵ درصد الگوی جریان، توزیع فشار و ... را بر روی سطح زمین و همچنین در ارتفاعات مختلف پیش‌بینی کنند.

به طور کلی می‌توان گفت با استفاده از مدل های شبیه سازی مورد استفاده می توان با دقت قابل قبولی الگوی توزیع سرعت و فشار باد و همچنین تاثیر کوه ها و تپه ها را بر کیفیت هوای شهری بررسی نمود. همچنین می توان از خروجی های این مدل‌ها برای مطالعه و بررسی مراکز تمرکز فشار که مراکز تمرکز آلایندگی هستند استفاده نمود.

منابع

Didier G. Vernay, Benny Raphael, & Ian F.C. Smith. (2014). Augmenting simulations of airflow around buildings using measurements. Advanced Engineering Informatics, 28, 412-428.

El-Sayed Abd-Elaal, Julie E. Mills, & Xing Ma. (2018). Numerical simulation of downburst wind flow over real topography. Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 172, 85-95.

Giannissi, S. G. (2015). CFD Modeling of LNG Spill: Humidity Effect on Vapor Dispersion. Journal of Physics: Conference Series 633, 12136.

J. Hang, Y. L. (2010). Wind condition in idealized building clusters: macroscopic simulation using a porous turbulence model. Boundary -Layar Meteorol, 129-159.

Li, F. W. (2014). Measurement methods and applications for beneficial and detrimental effects of ecological services. Ecol.indic, 42, 102-111.

Liu, S., Pan, W., Cao , Q., Long , Z., Jiang, Y., & Chen, Q. (2019). CFD simulations of natural cross ventilation through an apartment with modified hourly wind information from a meteorological station. Energy&Buildings, 195, 16-25.

NASA. (2019). ASDC. Retrieved from https://eosweb.larc.nasa.gov.

S. Liu, W. Pan, & H. Zhang. (2017). CFD simulations of wind distribution in an urban community with a full-scale geometrical model, Build. Environ, 117, 11-23.

Salata, F., Golasi, I., Petitti, D., Vollaro, L. E., Coppia, M., & Vollaroa, A. L. (2017). Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation strategies through a case study in an urban outdoor environment. Sustainable Cities and Society, 30, 79-96.

Shirzadi, M., Naghashzadegan, M., & Mirzaei, P. (2018). Improving the CFD modelling of cross-ventilation in highly-packed urban areas,Sustain. Cities Society, 37, 451-465.

Yang, B. a. (2017). CFD-based turbulent reactive fl ow simulations of power plant plumes. Atmospheric Environment, 150, 77-86.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Feasibility of simulating wind flow over some parts of the Shiraz city using computational fluid dynamics (CFD)

Alavi[*1], F.S., Moosavi, A.A.[2], Sameni[2], A., Rezaie, M.[3], Motaffef, A.R[4]

[1] Ph.D. Student, Department of Soil Science and Engineering, , College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[2] Associate Prof., Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[3] Assistant Prof., Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

[4] Ph.D. Student, Department of Energy-Aerospace Engineering, , School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

The urban population and the rate of construction in urban areas are increasing, and these cause changes in the distribution of air flow, urban air quality and the risk to human health. Therefore, it is essential to predict the flow pattern for air flow forecasting. Computational fluid dynamics model is the most useful tool for simulating airflow. But small studies have taken place on a large scale. In this paper, the goal is to find an appropriate method for modeling the airflow and distribution of pressure on a part of the city of Shiraz (Gouyom to Moalem Square) with considering topography of the area. It is done by a series of software and conversion of two-dimensional block maps into a fluid simulation model. The studied domain is a rectangular cube with a height of 6, a length of 15 km and scale of 1.30 and the boundary condition of the wind speed was considered as 2 m / s, the computational domain structure is structured and the turbulence model iss K-Ɛ. To validate the results, an anemometer in 20 locations and meteorological station data (in the covered area) was used. The outputs of simulation had 15% error. Therefore, this method may be very useful for areas where airflow behavior is required.

Keywords: Computational fluid dynamics (CFD), Air flow pattern, large scale, simulation

Corresponding author, Email: fatemeh.sadat68@yahoo.com