

The Cooling Effects of Urban Lakes on the Surrounding buildings

(Case study: District 22 of Chitgar Lake, Tehran)

Farzaneh Amouzadeh - Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Sara Soleimani¹ - Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Received: 21 December 2023 Accepted: 19 July 2024

Highlights

- Urban designs that allow the incorporation of natural elements lead to improved environmental quality.
- Deepening urban valleys facilitates greater wind flow from lake surfaces, enhancing cooling effects.
- Reducing building surface coverage enhances airflow and improves thermal comfort.
- Increasing building height and decreasing the surface coverage factor (SC) reduces temperature levels.

Extended abstract

Introduction:

Urban areas are responsible for two-thirds of the world's primary energy consumption, which contributes significantly to urban heat islands (UHI) (Keirstead et al., 2012). UHIs are a major environmental issue, characterized by higher urban temperatures due to concentrated human activities. This study examines the cooling effects of Chitgar Lake on its surrounding urban area, aiming to mitigate future heating issues in Tehran by exploring how urban lakes can influence UHI. Specifically, it analyzes the role of urban geometric configurations in mitigating heat around lakes, which serve as urban open spaces.

Theoretical Framework:

Urban planners utilize indicators like Floor Area Ratio (FAR), Surface Coverage (SC), and Building Height (H) to regulate urban forms. FAR relates to building volume, while SC denotes the proportion of built surfaces, indicating building permeability. Figure 1 illustrates the calculation of FAR and SC.

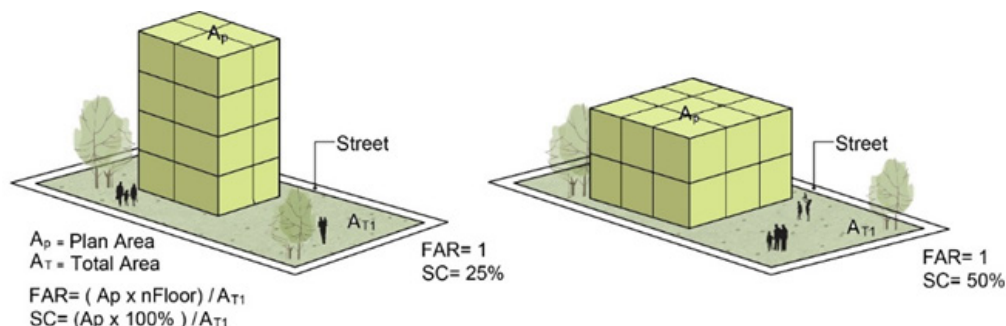


Figure 1: Illustration of Urban Planning Indicators - FAR and SC.

Among urban morphology elements, water bodies (e.g., rivers and lakes) significantly impact urban heat islands (Sarralde et al., 2015). The cooling effect of urban water bodies results from two main mechanisms: (a) evaporation, and (b) latent

¹ Corresponding author: s.soleimani@uok.ac.ir

heat absorption, both of which lower surrounding temperatures compared to areas without water.

Methodology:

This research compares two time periods—before and after the construction of Chitgar Lake—to assess the lake’s cooling effects on its surroundings. Two critical thermal conditions were selected from each period: one representing the environment after the lake’s construction and another before it. Meteorological data from these periods were analyzed, and simulations were conducted using the ENVI-met modeling software. The Physiological Equivalent Temperature (PET) was subsequently calculated with Biomet software (Wang et al., 2021).

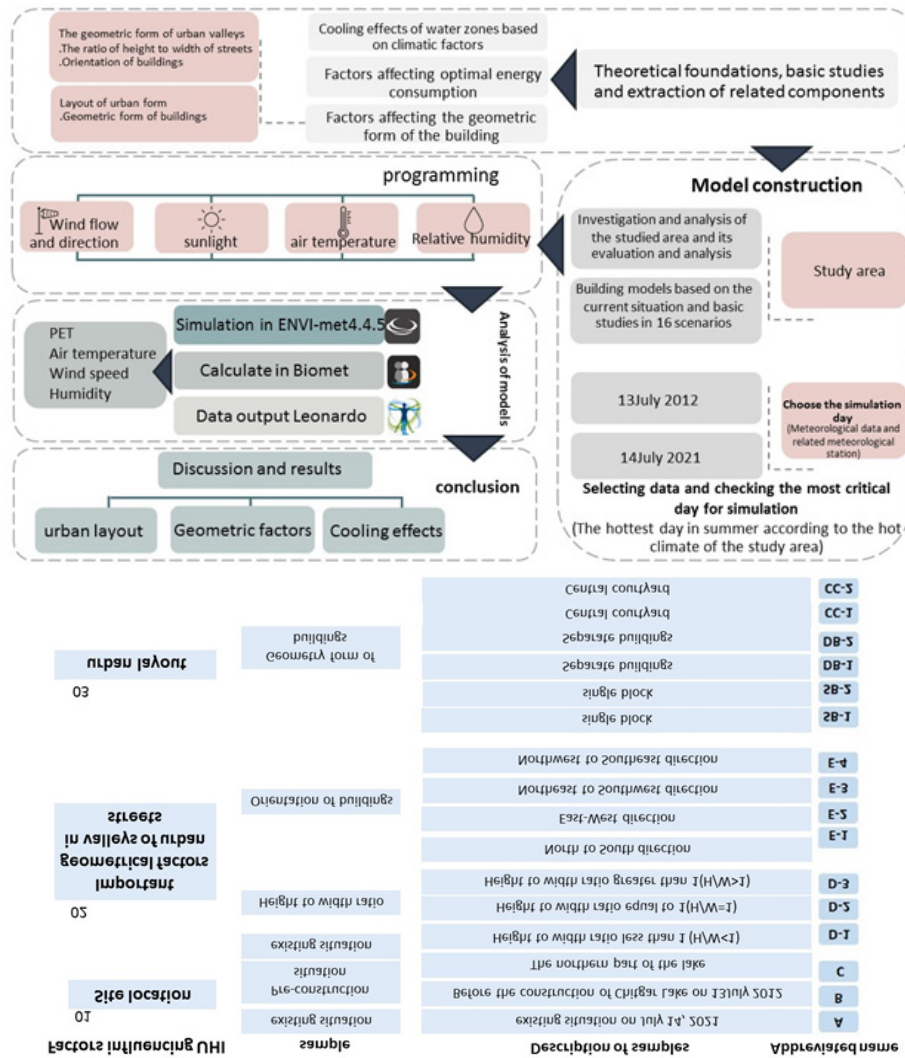


Figure 2: Research Process Diagram (a) and Sample Model Descriptions (b).

Results and Discussion:

Comparison of Conditions Pre- and Post-Lake Construction: Simulation data reveal a general temperature decrease in the area following Chitgar Lake’s construction. Model A, representing the current urban fabric, acts as a heat absorber. Although it generates a warmer atmosphere, the shadowed areas remain cooler, providing enhanced thermal comfort. In Model A, humidity intensifies during pre-dawn hours, gradually decreasing as sunlight increases.

Impact of Height-to-Width Ratio: Taller buildings deepen urban valleys ($H/W > 1$), casting longer shadows that lower temperatures and improve thermal comfort. However, these deep valleys tend to retain moisture due to limited sunlight and airflow. In contrast, shorter valleys ($H/W < 1$) permit more sunlight and airflow, leading to reduced humidity but higher temperatures, resulting in less favorable thermal comfort.

Comparison of Urban Form Layout: Analyzing the SB-1 and SB-2 models showed that increasing building height and reducing surface coverage (SC) lead to temperature reductions due to higher FAR (increased density). Larger cross-sectional areas hinder wind flow, retaining humidity in street valleys. The urban form model with the best thermal comfort index was CC-2, characterized by high humidity and optimal thermal conditions. Conversely, SB-1, with a high occupancy coefficient and high permeability, exhibited the most critical thermal state, acting as a heat absorber with elevated temperatures.

Conclusion:

This study demonstrates that urban open spaces with natural cooling elements, such as water bodies, along with wind flow and shading, significantly improve thermal comfort during hot summer days. Models show that urban spaces allowing natural factors to penetrate are of higher quality. As building height increases and urban valleys deepen, extended shadows help lower temperatures and create areas with balanced thermal comfort. Streets oriented from northeast to southwest, and to a lesser degree east-west, experience the lowest temperatures while maintaining high humidity, which improves thermal comfort through lake-enhanced wind flow.

Additionally, denser urban street valleys with low permeability hinder wind flow, contributing to inadequate thermal comfort. This study found that modifying urban form, building orientation, and the height-to-width ratio can enhance urban valley permeability, reducing thermal pollution effects and lowering cooling energy demands.

Keywords:

Water Bodies, Physiological Equivalent Temperature (PET), Urban Cooling Islands, Urban Heat Islands, Urban Morphology, ENVI-met.

Citation: Amozadeh, F., Soleimani, S. (2024). The Cooling Effects of Urban Lakes on the Surrounding buildings (Case study: District 22 of Chitgar Lake, Tehran), *Motaleate Shahri*, 13(52), 33–44. <https://doi.org/10.22034/urbs.2024.140353.4999>.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



اثرات خنک‌کنندگی دریاچه‌های شهری بر ساختمان‌های اطراف

نمونه مورد مطالعه: دریاچه چیتگر، تهران^۱

فرزانه عموزاده - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
سارا سلیمانی^۲ - استادیار، گروه مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: ۳۰ آذر ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۲۹ تیر ۱۴۰۳

چکیده

توسعه شهرنشینی چالش‌های زیست‌محیطی بزرگی از جمله انتشارات گازهای مضر را به همراه داشته است. این امر با افزایش دما و تراکم شهری به اوج خود رسیده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها جزیره گرمایی شهری (UHI) است که در مناطق شهری پرجمعیت به طور برجسته تر ظاهر می‌شود. در میان اجزای تشکیل‌دهنده مورفولوژی شهری، پهنه‌های آبی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها تأثیر قابل توجهی بر خنک‌کنندگی شهری دارند. به دلیل ویژگی‌های خنک‌کنندگی، پهنه‌های آب مانند یک فضای باز شهری بیشتر از دیگر عناصر، بر جزایر گرمایی شهری از طریق فرآیندهای تبخیر و انتقال حرارت تأثیر می‌گذارند. تهران در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت با مشکلات گرمایشی شدیدی مواجه بوده است. احداث دریاچه چیتگر در تهران فرصتی قابل توجه برای بررسی اثرات خنک‌کنندگی آب و بهینه‌سازی ساختارهای شهری فراهم کرده است. در این تحقیق با نرم افزار انوی مت ۴٫۴٫۵ بر اساس مطالعات انجام شده، ۱۶ مدل ترکیبی برای مقایسه سناریوهای شهری بر اساس فرم و هندسه شهری با عوامل اقلیمی و شاخص آسایش حرارتی (PET) (دمای معادل فیزیولوژیک) طراحی شد. از نتایج به دست آمده مشخص شد که با احداث دریاچه چیتگر دمای محیط کاهش و رطوبت افزایش یافته است. شاخص آسایش حرارتی PET نشان داد که پس از احداث دریاچه چیتگر، آسایش حرارتی از شرایط بهتری برخوردار است. نتایج به دست آمده از سناریوی فرم شهری بهینه نشان داد که هر چه نسبت ارتفاع به عرض دره‌های شهری بیشتر باشد، شاخص دما و آسایش حرارتی کاهش، اما رطوبت افزایش می‌یابد. همچنین محل قرارگیری ساختمان‌ها در جهت شمال شرقی به جنوب غربی کمترین درجه حرارت و آسایش حرارتی PET را دارد اما از رطوبت بیشتری برخوردار است.

واژگان کلیدی: پهنه‌های آبی، دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، جزایر خنک‌کننده شهری، جزایر گرمایی شهری، مورفولوژی شهری، انوی مت.

نکات برجسته

- فضاهای شهری که نفوذ عوامل طبیعی در آنها امکان پذیر باشد، کیفیت بهتری دارند.
- عمیق شدن دره‌های شهری منجر به نفوذپذیری بیشتر جریان باد از سطح دریاچه می‌شود.
- کاهش سطح مقطع پلان باعث نفوذ بهتر جریان باد و ایجاد آسایش حرارتی بهتری می‌شود.
- افزایش ارتفاع و کاهش ضریب پوشش سطحی ساختمان‌ها در نتیجه افزایش RAF باعث کاهش دما می‌شود.

۱ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معماری با عنوان "بررسی اثرات خنک‌کننده دریاچه‌های شهری بر مورفولوژی ساختمان‌های اطراف (نمونه مطالعاتی: دریاچه چیتگر، تهران)" است که به وسیله نویسنده اول و با راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه کردستان دفاع شده است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: s.soleimani@uok.ac.ir

۱. مقدمه

رشد سریع شهرنشینی سبب پیدایش مشکلات زیست محیطی شده است (Park et al., 2019). طبق مطالعات، مناطق شهری دو سوم انرژی اولیه را در جهان مصرف می‌کنند (Keirstead et al., 2012) که این امر، همراه با تغییرات آب و هوایی و رشد جمعیت در مناطق شهری، فشار عظیمی بر منابع مادی و انرژی وارد خواهد کرد (Perrone & Hornberger, 2014). از جمله مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی، جزایر گرمایی شهری است که به دلیل فعالیت‌های انسانی در مناطق شهری باعث می‌شود دمای هوا، بالاتر از مناطق حومه‌ای و روستایی اطراف باشد.

تهران به‌عنوان پایتخت و بزرگترین شهر ایران در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت با مشکلات گرمایشی زیادی مواجه شده و تراکم بالای ساخت و سازهای شهری به روند تشدید جزایر حرارتی در این شهر منجر شده است. هزینه‌های بالای خنک‌سازی و شدت حرارت بالا شرایط را برای اتخاذ تصمیمات لازم، به منظور کنترل و کاهش جزایر حرارتی امری ضروری ساخته است. بافت شهری تهران بنا بر تراکم بالا و کمبود فرصت نوسازی و همچنین هزینه‌های گزاف آن، برنامه‌ریزان را به سمت یک روش جدید برای تصمیمات آینده سوق می‌دهد. مطالعات زیادی برای کاهش اثر جزایر گرمایی شهری در مناطق شهری انجام شده تا خطرات زیست محیطی و سلامتی در جهان کنترل یا حل شوند. در این میان، زیرساخت‌های سبز و آبی شهری می‌توانند مزایای حرارتی را با تشکیل جزایر خنک‌کننده شهری^۱ فراهم کنند؛ گرچه بدنه آبی شهری پتانسیل خنک‌کنندگی زیادی دارد اما تحقیقات در این مورد کمتر از دیگر عوامل است. در میان عناصر موجود در مورفولوژی شهری، پهنه‌های آبی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها به طور خاص اثرات قابل توجهی به مانند یک فضای باز در شهرها در ایجاد جزایر خنک‌کننده شهری دارند (Zhou et al., 2018; Morini et al., 2018). این پژوهش سعی دارد با بررسی اثرات خنک‌کننده دریاچه‌ها در بافت شهری تهران به کاهش مشکلات گرمایشی در آینده بپردازد. بنابراین، این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل تأثیر فرم‌های هندسی شهری بر اثرات جزایر گرمایی شهری در محیط اطراف دریاچه به عنوان یک فضای باز شهری پرداخته است. از جمله اهداف کلی این مطالعه، بررسی اثرات پهنه‌های آبی (دریاچه‌ها) بر مورفولوژی ساختمان‌های اطراف آن در مقیاس خرد اقلیم تحت عواملی چون تابش خورشید، جریان باد و تهویه، سرعت باد، دمای هوا و رطوبت نسبی است. شناخت عوامل اقلیمی و تأثیرات آن بر ساختار ساختمان‌ها و در نهایت شکل و فرم شهری می‌تواند این امکان را به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان بدهد تا با تکیه بر این اطلاعات به ایجاد یک شهر پایدار کمک کنند.

۲. مبانی نظری

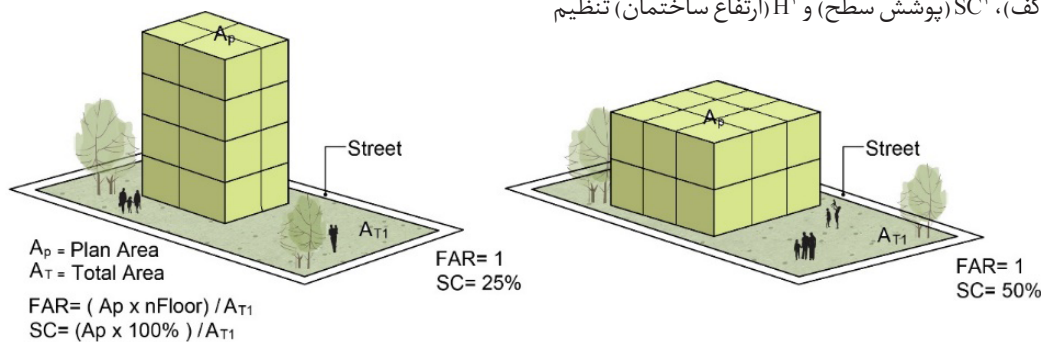
یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی ناشی از افزایش شهرنشینی، جزایر حرارتی شهری هستند که امروزه بیشتر شهرها، خصوصاً کلانشهرها را درگیر ساخته‌اند (Shareef, 2021). جزیره حرارتی شهری، یک منطقه شهری است که به طور معنی‌داری گرم‌تر از مناطق مجاورش

است (Liu et al., 2020). جزیره حرارتی شهری می‌تواند آسایش حرارتی ساکنان شهری را تا حد زیادی کاهش دهد و مصرف انرژی را برای خنک کردن در روزهای گرم تابستان افزایش دهد (Aste, 2017). شدت جزایر حرارتی شهری با مساحت و تراکم هر منطقه رابطه مستقیمی دارد؛ در نقاط مرکزی شهرها شدیدتر از دیگر مناطق است. در کلانشهرها به دلیل وجود چندین مرکز شهر پدیده جزایر حرارتی شهری با شدت‌های مختلف در زمان و مکان‌های مختلف همراه است. محققان به کمک شبیه‌سازی‌های عددی، راهکارهایی برای کاهش این پدیده پیشنهاد کرده‌اند؛ از جمله به حداقل رساندن انتشار گرمای انسانی، افزایش پوشش گیاهی و زیرساخت‌های سبز (به عنوان مثال درختان و چمن)، کارآمدتر کردن ساختمان‌ها از طریق استفاده از سقف‌های بلند، خنک‌کننده مه، راهبردهای مرتبط با آب (آبیاری و زیرساخت‌های آبی مانند دریاچه‌ها و برکه‌ها) و توجه به موارد مرتبط با مورفولوژی شهری و هندسه ساختمان (Saaroni, 2018; Wang et al., 2021; Wang et al., 2016). یکی از اصلی‌ترین دلایل پدیده جزیره حرارتی تفاوت هندسه شهری بلوک‌های شهری یا محلات است. در این پدیده، بزرگی اختلاف دمای شهری نه تنها تحت تأثیر جمعیت است، بلکه مورفولوژی شهری تأثیر قابل توجهی بر آن دارد (Javanroodi et al., 2020)؛ چراکه به طور خاص، عواملی همچون دمای هوا، الگوهای جریان باد، رطوبت نسبی و تابش خورشید تحت تأثیر مورفولوژی شهری قرار می‌گیرند (Ramyar et al., 2019; Toja-Silva et al., 2013). مورفولوژی فضایی زمین در یک منطقه شهری اشاره دارد (Spentzou, 2018) و می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر در طرح‌های نوسازی برای کنترل جزایر حرارتی و ارتقای عملکرد تهویه شهری مورد استفاده قرار گیرد. مورفولوژی شهری تأثیر بسزایی در پایداری انرژی و تاب آوری آب و هوای شهرها دارد. در روند شهرنشینی، عناصر اصلی مورفولوژی شهری، مانند شکل شهر (به عنوان مثال تراکم، شکل، ارتفاع و غیره)، عملکرد (به عنوان مثال نیازهای عملکردی ساختمان‌ها، اندازه، مکان و غیره) و الگوی شهری (به عنوان مثال خیابان‌ها، سایبان‌ها و فضاهای باز) به ساختارهای متصل به هم تبدیل شده‌اند. مورفولوژی شهری یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد تغییرات آب و هوایی در مقیاس شهری و محلی است. آب و هوای شهری را می‌توان نتیجه تعاملات بین عناصر مورفولوژی شهری و متغیرهای اقلیمی تعریف کرد. به طور خاص، دمای هوا، الگوهای جریان باد، رطوبت نسبی و تابش خورشید به طور قابل توجهی تحت تأثیر عناصر مورفولوژی قرار می‌گیرند. بر اساس ادبیات ارائه شده، فرم شهری می‌تواند با تغییر ویژگی‌های شکل و هندسه ساختمان و اقلیم منطقه بر گرمایش فضا تأثیر بگذارد. گرما اغلب در خیابان‌ها و سایر فضاهای بیرونی بدون پوشش گیاهی به دلیل ویژگی‌هایی در طراحی مانند هندسه و مصالح، به دام می‌افتد. از جمله، مورفولوژی شهری می‌تواند میزان سایه‌اندازی و تابش خورشید مطلوب یا نامطلوب را در مناطق شهری تغییر دهد. این امر می‌تواند افزایش وابستگی ساختمان‌ها به سیستم‌های تهویه مطبوع برای حفظ راحتی حرارتی و همچنین برق مورد نیاز برای تأمین روشنایی را در پی داشته باشد.

با استناد به این موارد تجزیه و تحلیل دقیق تأثیر مورفولوژی‌های مختلف، برای شناسایی پارامترها و شاخص‌هایی که می‌توانند

- 1 Urban Heat Island (UHI)
- 2 Urban Cool Island (UCI)

می‌کنند. FAR مرتبط با حجم ساختمان و SC پوشش نسبت به سطح (یعنی نفوذپذیری ساختمان) را نشان می‌دهد. در تصویر شماره ۱ فرمول محاسبه FAR و SC مشخص شده است.



تصویر شماره ۱: فرم شماتیک از شاخص‌های برنامه ریزی شهری: نسبت مساحت به کف و پوشش سطح

افزایش پدیده جزیره گرمایی شهری در سال‌های اخیر شده است. منطقه ۲۲ به لحاظ موقعیت جغرافیایی آن که راه ارتباطی استان تهران و استان البرز محسوب می‌شود و عبور آزادراه‌های مهم کشور، همچنین احداث دریاچه چیتگر در آن به عنوان یک فضای باز دارای موقعیت ویژه‌ای است (تصویر شماره ۲). این منطقه به سبب توسعه اخیر دارای زمین‌های عاری از ساخت و ساز بوده که امکان برنامه‌ریزی صحیح برای آینده آن میسر است.

۳.۲. شبیه‌سازی

نرم افزار انوی مت^۴ ۵٫۴٫۴ یک آنالیزگر سه بعدی خرد اقلیم است که برای شبیه‌سازی شرایط محیطی، تعاملات بین سطوح، گیاهان و آب و هوا استفاده می‌شود و پیش از این در مطالعات جزایر گرمایی شهری و گرمایش شهری با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. حداقل زمان شبیه‌سازی معمولاً شش ساعت است و بهترین زمان برای شروع شبیه‌سازی در شب یا طلوع آفتاب است؛ به طوری که نرم افزار می‌تواند تابش خورشید را دنبال کند. در این پژوهش ابتدا با برنامه‌ریزی مطالعات پایه آنها مطابق تصویر شماره ۳ در سه بخش کلی دسته بندی شدند. سپس با انتخاب دو وضعیت گرمایی بحرانی در دو بازه زمانی (الف) بعد از احداث دریاچه چیتگر و (ب) قبل از احداث دریاچه چیتگر، داده‌های هواشناسی انتخاب شد. آلترناتیوهای طراحی در سه بخش کلی و ۱۶ جزء مطابق تصویر شماره ۳ مدل‌سازی شده سپس برنامه زمانی و اقلیمی مرتبط با آنها نوشته شد. در مراحل بعدی پس از شبیه‌سازی با موتور آنالیزگر انوی مت محاسبات شاخص PET (دمای معادل فیزیولوژیک^۵) با استفاده از بایومت^۶ انجام شد. شاخص PET، سعی می‌کند تغییرات آب و هوای فضای باز را به عنوان شاخصی برای یک فرد معمولی محاسبه کند.

شاخص PET شاخص دقیقی برای ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر سلامتی و رفاه انسان است. همچنین می‌تواند مهمترین متغیرها را

ویژگی‌های مختلف مورفولوژی شهری را به صورت کمی توصیف کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است (Palusci et al., 2022). برنامه‌ریزان شهری، فرم‌های شهری را با اعمال شاخص‌هایی مانند FAR^۱ (نسبت مساحت به کف)، SC^۲ (پوشش سطح) و H^۳ (ارتفاع ساختمان) تنظیم

در میان عناصر موجود در مورفولوژی شهری، پهنه‌های آبی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها نیز اثرات قابل توجهی بر روی جزایر حرارتی شهری دارند (Sarralde et al., 2015). اثر خنک‌کننده آب‌های شهری از دو طریق (الف) تبخیر و (ب) جذب گرمای نهان باعث شده تا محیط اطراف آن دمای پایین‌تری نسبت به محیط‌های دیگر داشته باشد. تبخیر آب با جریان همرفت سبب کاهش دما و جذب گرمای نهان با انتقال تابش موج کوتاه به عمق آب مانند یک جاذب حرارتی عمل می‌کند (Wang et al. 2021). اثر خنک‌کننده آب ممکن است به صورت ناهمگون در محیط مداخله کند. توزیع ناهمگون اثر خنک‌کننده ممکن است توسط کاربری زمین یا پوشش زمین مناطق مجاور بدنه آب ایجاد شود. الگوی فضایی مناظر مختلف بدنه آب، مانند سطح غیرقابل نفوذ در نتیجه پوشش گیاهی متراکم، تأثیر زیادی بر اثر خنک‌کنندگی آب دارد. همچنین شرایط آب و هوایی محیط به عنوان یک سیستم مداخله‌ای برای اثر خنک‌کننده آب عمل می‌کند. عوامل متعدد آب و هوایی محیط، از جمله دما و فشار هوا، رطوبت، سرعت و جهت باد ممکن است بر توزیع اثر خنک‌کننده آب به صورت محلی تأثیر بگذارند. علاوه بر این، تغییرات فصلی یا روزانه در شرایط آب و هوایی نیز می‌تواند منجر به تغییرات اثر خنک‌کننده آب شود.

۳. روش تحقیق

۳.۱. منطقه مورد مطالعه

تهران، پایتخت ایران و مرکز استان تهران، در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، در دامنه جنوبی رشته کوه البرز واقع شده است. دارای آب و هوای گرم و خشک با تابستان‌های گرم است. این شهر بزرگترین و پرجمعیت‌ترین شهر ایران و به عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان شناخته شده است. تبدیل سریع زمین‌ها در این شهر به بافت مسکونی سبب تراکم بافت شهری و تشکیل پدیده جزیره گرمایی شهری شده است. این عوامل سبب افزایش مشکلات زیست محیطی، آمار بالای مرگ و میر و تراکم بالای ساخت و ساز در نتیجه

4 ENVI-met 4.4.5

5 Physiological Equivalent Temperature (PET)

6 Biomet

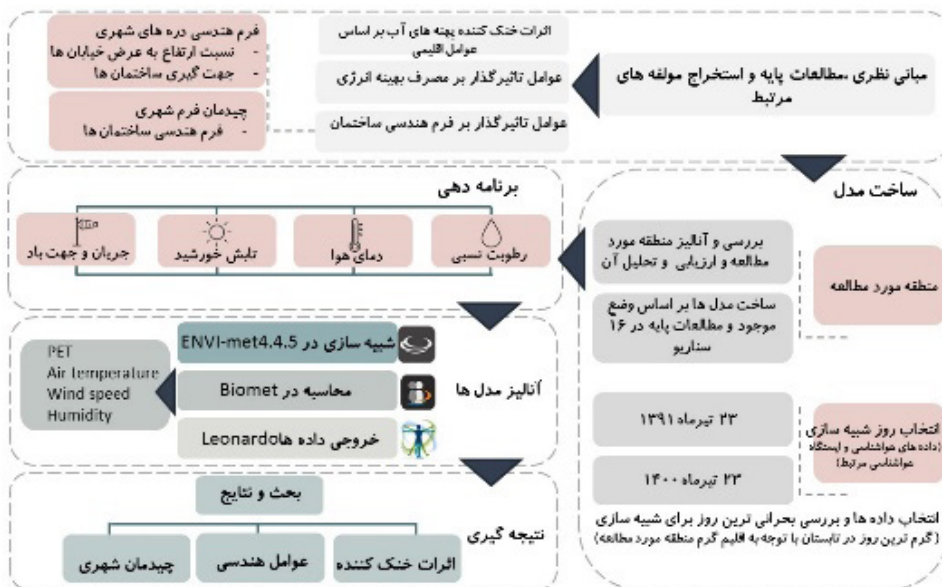
1 Floor Area Ratio (FAR)

2 Surface Coverage (SC)

3 Height (H)



تصویر شماره ۲: نقشه شهر تهران و اهمیت منطقه ۲۲ (تصویر بالا)، نمونه عکس‌هایی از منطقه مورد مطالعه (تصویر پایین) عکس از رضا اسعدی



عوامل موثر بر UHI	موقعیت	شرح نمونه‌ها	نام اختصاری
۰۱ موقعیت سایت	وضعیت موجود	وضعیت موجود ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰	A
	موقعیت پیش از احداث	قبل از احداث دریاچه چیتگر ۲۳ تیرماه ۱۳۹۱	B
	وضعیت موجود	بخش شمالی دریاچه	C
	۰۲ عوامل هندسی مهم در دره‌های خیابان‌های شهری	نسبت ارتفاع به عرض	نسبت ارتفاع به عرض کمتر از ۱ ($H/W < 1$)
نسبت ارتفاع به عرض مساوی با ۱ ($H/W = 1$)			D-2
نسبت ارتفاع به عرض بیشتر از ۱ ($H/W > 1$)			D-3
جهت گیری ساختمان‌ها		جهت شمال به جنوب	E-1
	جهت شرقی - غربی	E-2	
	جهت شمال شرق به جنوب غرب	E-3	
	جهت شمال غرب به جنوب شرق	E-4	
۰۳ چیدمان شهری	فرم هندسه ساختمان‌ها	تک بلوک	SB-1
		تک بلوک	SB-2
		ساختمان‌های مجزا	DB-1
		ساختمان‌های مجزا	DB-2
	حیات مرکزی	CC-1	
	حیات مرکزی	CC-2	

تصویر شماره ۳: روند انجام پژوهش (الف- سمت راست)، شرح نمونه‌های مدل شده و عناوین اختصاری آنها (ب- سمت چپ)

است، انتخاب شد. ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰ نیز برای دیگر مدل‌های پیشنهادی به عنوان یکی از گرم‌ترین روزهای سال‌های اخیر در نظر گرفته شد. همان‌طور که در تحقیقات شینچنگ و همکاران (2021) برای شبیه‌سازی مدل‌ها از داده‌های آب و هوایی و ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک به منطقه مورد مطالعه استفاده شده، در این پژوهش نیز با بررسی داده‌های آب و هواشناسی از سایت‌های معتبر آب و هواشناسی و مطابقت آنها با داده‌های اندازه‌گیری شده، نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی یعنی ایستگاه مهرآباد، اطلاعات لازم در یک بازه زمانی ۱۴ ساعته از ساعت ۳:۰۰ صبح استخراج شد (جدول شماره ۱). خو و همکاران (2019) نیز با استناد به داده‌های هواشناسی و اندازه‌گیری میدانی و مطابقت نتایج آنها با مدل شبیه‌سازی انوی مت داده‌های ورودی را مطابق این روش تحقیق برنامه ریزی کردند.

جدول شماره ۱: داده‌های ورودی (الف) داده‌های شبیه‌سازی در تاریخ ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰ و (ب) داده‌های شبیه‌سازی در تاریخ ۲۳ تیرماه ۱۳۹۱

مقدار	پارامترهای ورودی	نوع	مقدار	پارامترهای ورودی	نوع
تهران ۲۵,۷۲°N 33,51°E	شهر عرض جغرافیایی طول جغرافیایی	مکان	تهران ۲۵,۷۲°N 33,51°E	شهر عرض جغرافیایی طول جغرافیایی	مکان
13 July 2012	روز	شبیه‌سازی	14 July 2012	روز	شبیه‌سازی
14h from 03:00 Am to 17:00 pm	زمان	شبیه‌سازی	14h from 03:00 Am to 17:00 pm	زمان	شبیه‌سازی
03:00 Am	زمان شروع	وضعیت مترو لوزیکی	03:00 Am	زمان شروع	وضعیت مترو لوزیکی
From 296.15°K to 312.15°K	دمای اولیه	وضعیت مترو لوزیکی	From 295.15°K to 312.15°K	دمای اولیه	وضعیت مترو لوزیکی
14%	رطوبت نسبی	وضعیت مترو لوزیکی	24%	رطوبت نسبی	وضعیت مترو لوزیکی
1.94 m/s	میانگین سرعت باد	وضعیت مترو لوزیکی	3.26 m/s	میانگین سرعت باد	وضعیت مترو لوزیکی
45°	جهت باد غالب	وضعیت مترو لوزیکی	350°	جهت باد غالب	وضعیت مترو لوزیکی

سازی انوی مت به علت محدودیت گریدبندی هر گرید معادل ۲۰ متر در نظر گرفته شد. مجموعاً در مدل ساخته شده ۹۰ گرید در راستای x و ۸۶ گرید در راستای y ترسیم شد. این محدودیت در نتایج آنالیز باعث می‌شود جزئیات منطقه از وضوح کاملی برخوردار نباشند. بنابراین برای بررسی دقیق تر مدل‌ها بخش کوچکتری از سایت مورد مطالعه به عنوان پایه نمونه‌های مطالعاتی با عنوان آلترناتیو C انتخاب شد. مدل C مطابق تصویر شماره ۴ سمت چپ وضعیت موجود در قسمت شمالی دریاچه است. علت انتخاب این بخش وجود ساختمان‌های تجاری، مسکونی، اداری و ... همچنین نزدیکی به راه‌های اصلی تردد شهری است. مدل یادشده با طول ۱۷۰ متر در راستای y و عرض ۶۰ متر در راستای x با گریدهای ۲۰ متری برنامه‌ریزی شد. مساحت دریاچه در این آلترناتیو معادل ۱۳۸ هزار و ۱۵۳ متر مربع مدل سازی شده است.

برای راحتی حرارتی انسان مانند جریان هوا، دمای هوا، دمای تابشی و رطوبت در نظر گیرد. خروجی محاسبات انجام شده با لئوناردو در قالب نقشه‌های حرارتی، به صورت مقایسه‌ای بین آلترناتیوهای مرتبط بررسی می‌شود. تصویر شماره ۳ روند انجام پژوهش در شش مرحله را نشان می‌دهد.

۳.۳. تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد آسایش حرارتی روز شبیه‌سازی

آب و هوای تهران در روزهای تابستان تحت تأثیر اقلیم آن، دارای روزهای گرم و طولانی است. در این پژوهش ابتدا دو بازه زمانی قبل و بعد از احداث دریاچه برای مقایسه اثرات خنک‌کننده دریاچه‌های شهری مورد بررسی قرار گرفت. ۲۳ تیرماه ۱۳۹۱ به عنوان گرم‌ترین روز پیش از احداث دریاچه برای مدل B که وضعیت پیش از احداث دریاچه

۳.۴. طراحی آلترناتیوها

وضعیت سایت مورد مطالعه: تهران به عنوان پایتخت ایران، روزانه با رشد ساخت و ساز قابل توجهی همراه است. منطقه ۲۲ با موقعیت ویژه خود و نزدیکی به دریاچه مصنوعی چیتگر، فرصت مناسبی است تا به بررسی اثرات خنک‌کننده دریاچه و فرم‌های شهری و در نتیجه به کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری پرداخته شود. در آلترناتیوهای A تا C وضعیت موجود سایت مورد مطالعه، شبیه‌سازی و بررسی می‌شود. مدل A مطابق تصویر شماره ۴ سمت راست به وضعیت موجود محیط اطراف دریاچه و مدل سازی سطح دریاچه با در نظر گرفتن گونه‌های ساختمانی متنوع با طول ۱۸۰ متر در راستای x و عرض ۱۷۲ متر در راستای y، در مقایسه با مدل B با ابعاد آلترناتیو A که به مدل سازی وضعیت پیش از احداث دریاچه مرتبط است، می‌پردازد. در مدل

پژوهش عوامل هندسی دره‌های خیابان‌های شهری با دو مؤلفه فرم هندسه ساختمان‌ها تحت آلترناتیوهای D و جهت‌گیری ساختمان‌ها تحت آلترناتیوهای E در ۷ سناریو ساماندهی شده است.

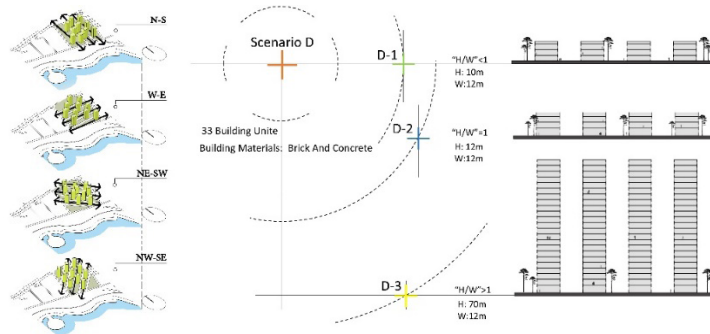
عوامل هندسی مهم در دره‌های خیابان‌های شهری: فرم شهری می‌تواند با تغییر ویژگی‌های شکل ساختمان، نحوه چیدمان آنها نسبت به هم و اقلیم منطقه بر گرمایش فضا تأثیر بگذارد. در این



تصویر شماره ۴: مدل‌های برداشت شده از سایت، مدل A (سمت راست)، مدل B (سمت چپ)

سه نمونه D-1 ($H/W < 1$) به عنوان دره کوتاه (D-2 ($H/W = 1$)) به عنوان دره معمولی و (D-3 ($H/W > 1$)) به عنوان دره عمیق تقسیم شدند. آلترناتیوهای E1 تا E4 به ترتیب در چهار جهت شمالی-جنوبی، شرقی-غربی، شمال شرق به جنوب غرب و شمال غرب به جنوب شرق در نظر گرفته شد.

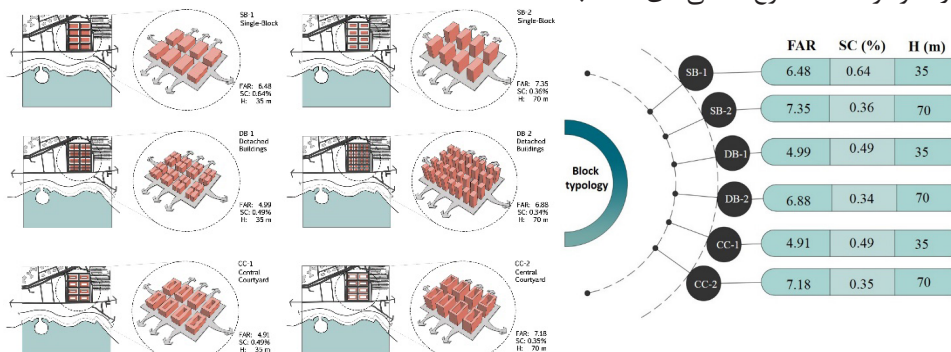
در طراحی آلترناتیوهای D که نسبت ارتفاع به عرض دره‌های خیابان‌های شهری را نشان می‌دهد، عرض خیابان به عنوان یک متغیر ثابت معادل عرض میانگین سایت مورد مطالعه یعنی ۱۲ متر در نظر گرفته شد. سپس ارتفاع ساختمان به نسبت عرض دره تغییر داده شد. نمونه‌های به دست آمده مطابق تصویر شماره ۵ سمت چپ در



تصویر شماره ۵: تصویر راست: دیاگرام مدل‌های (E-1), (E-2), (E-3), (E-4) و تصویر چپ: دیاگرام برشی مدل‌های D-1, D-2 و D-3

نفوذپذیری متفاوتی را تشکیل می‌دهند. در مدلسازی ریاضی و تنظیم عددی مطابق فرمول داده شده در تصویر شماره ۱ مقادیر بیان شده در تصویر شماره ۶ به دست آمد. برای سهولت در تحلیل از عنوان‌های اختصاری SB (تک بلوک)، DB (ساختمان مجزا)، CC (حیاط مرکزی) برای مدل‌ها در شبیه‌سازی و برنامه دهی در ENVI-met استفاده شده است.

چیدمان شهری: برنامه ریزی شهری می‌تواند با به کارگیری راهبردهایی مانند تعریف گونه شناسی بلوک‌های شهری و تعیین شاخص‌های شهری، شکل شهری را تنظیم کند. با استفاده از تکنیک‌های دینامیک سیالات محاسباتی و مطالعات انجام شده در زمینه فرم‌های شهری، سه ترکیب از شاخص‌های شهری (نسبت مساحت به کف، پوشش سطح و ارتفاع) برای سه نوع بلوک شهری (تک بلوک، ساختمان مجزا و حیاط مرکزی) در نظر گرفته شد. نوع شناسی‌های انتخاب شده،



تصویر شماره ۶: مشخصات عددی فرم‌های شهری در سه گونه تک بلوک، ساختمان‌های مجزا و حیاط مرکزی (بالا و دیاگرام مدل‌های چیدمان فرم‌های شهری (پایین))

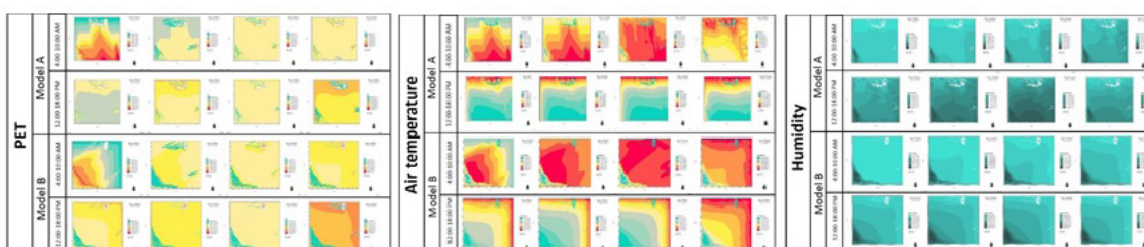
۴. بحث و یافته ها

داده‌های حاصل از شبیه‌سازی در طی ۱۴ ساعت زمان شبیه‌سازی از ۳:۰۰ صبح در قالب دو بخش پیش از ظهر و بعد از ظهر در چهار نمونه مورد بررسی قرار گرفته است.

۴.۱. مقایسه و تحلیل بین وضعیت موجود سایت مورد مطالعه (A) و وضعیت پیشین آن قبل از احداث دریاچه (B)

در ابتدا با مشاهده دو وضعیت قبل و بعد از احداث دریاچه مطابق تصویر شماره ۷ پارامترهای دمای هوا، شاخص آسایش حرارتی PET و رطوبت هوا مورد بررسی قرار گرفت. ابعاد بزرگ پروژه، مقیاس کار را با جزئیات کمتری نشان می‌دهد که سبب شده نتایج در این مدل‌ها در حالت کلی نمایش داده شوند. با بررسی نمونه‌های شبیه‌سازی و تطبیق داده‌های آب و هواشناسی مشخص شد که به طور کلی بعد از احداث دریاچه چیتگر دما کاهش یافته است. از نتایج به دست آمد که تا ۱۰ صبح وضعیت دما در مدل A که بعد از احداث دریاچه را نشان می‌دهد با مدل B که به وضعیت سایت قبل از احداث دریاچه اشاره دارد، تغییرات دما تفاوت کمتری دارد اما در ادامه روز تفاوت دما در ساعات بعد از ظهر چشمگیرتر است؛ چراکه اثر خنک‌کننده آب‌های

شهری از طریق تبخیر و جذب گرمای نهان سبب شده در ساعات پس از ظهر دمای یکنواختی در بستر سایت شبیه‌سازی شده به وجود آید. این در حالی است که پیش از احداث دریاچه میزان دما در نیمه دوم روز از شدت بالاتری برخوردار بود. آسایش حرارتی بعد از احداث دریاچه از شرایط بهینه‌تری نسبت به قبل برخوردار است. شمال دریاچه به سبب جریان باد غالب تهران که از سطح دریاچه عبور می‌کند، آسایش حرارتی مطلوبی نسبت به زمین‌های بایر اطراف دارد. حد فاصل دریاچه و منطقه مسکونی - تجاری در این نواحی شامل فضای سبز تفریحی است که به دلیل پوشش گیاهی و ترکیب آن با جریان باد از دمای پایین‌تری برخوردار است. بافت ساختمانی مطابق تصویر شماره ۷ در مدل A مانند یک جاذب حرارتی، محیط گرم‌تری نسبت به دیگر مناطق ایجاد کرده است. با این وجود سایه ایجاد شده از دمای کمتر و در نتیجه آسایش حرارتی مطلوب‌تری برخوردار است. همچنین پارک جنگلی چیتگر از شرایط آسایش حرارتی مطلوبی نسبت به دیگر مناطق شبیه‌سازی برخوردار است. رطوبت هوا در مدل A در ساعات قبل از طلوع آفتاب شدت قابل توجهی از خود نشان می‌دهد، اما در زمان تابش نور خورشید رطوبت رفته رفته کم شده است.



تصویر شماره ۷: مقایسه و تحلیل بین وضعیت موجود سایت مورد مطالعه (A) و وضعیت پیشین آن قبل از احداث دریاچه (B)

نور خورشید و جریان باد سبب حفظ رطوبت در این مدل شده است. در دره‌های کوتاه ($H/W < 1$) نفوذپذیری جریان باد و تابش خورشید رطوبت را به مقدار کمتری کاهش داده است و دمای بیشتری برای این مدل ثبت گردید. در نتیجه شاخص آسایش حرارتی در این حالت از شدت گرمای بالاتری برخوردار است. بنابراین شاخص رطوبت در این مدل‌ها تأثیر قابل توجهی دارد. به طور کل مقدار دمای پیش بینی شده در سه حالت تفاوت جزئی دارد اما عمیق شدن دره سبب حفظ رطوبت بیشتر و در نتیجه آسایش حرارتی مطلوب‌تری در دره‌ها شده است.

۴.۳. مقایسه داده‌های جهت‌گیری ساختمان‌ها

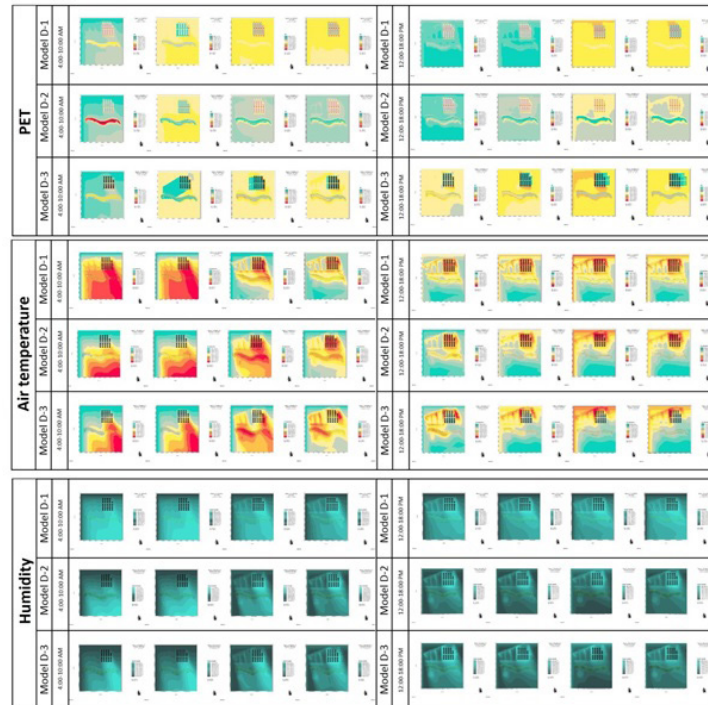
در مقایسه جهت‌گیری ساختمان‌ها مطابق تصویر شماره ۹ در طی ۱۴ ساعت زمان شبیه‌سازی، از ساعت ۳:۰۰ صبح، میانگین شاخص آسایش حرارتی PET در مدل شمال شرق به جنوب غرب کمترین مقدار را برابر 27.79°C نشان می‌دهد. در این مدل نفوذپذیری جریان باد بین دره‌های خیابان سبب افزایش جریان باد و کاهش دمای محیط شده است. این در حالی است که در مدل وضعیت کنونی سایت (C)، دمای بیشتری اندازه‌گیری شده است. سایه اندازی ساختمان‌ها در این مدل از امتداد بیشتری برخوردار هستند که نتیجه آن مقدار بیشتر رطوبت است. حفظ رطوبت و نفوذپذیری جریان باد در مدل

۴.۲. نسبت ارتفاع به عرض ساختمان‌ها

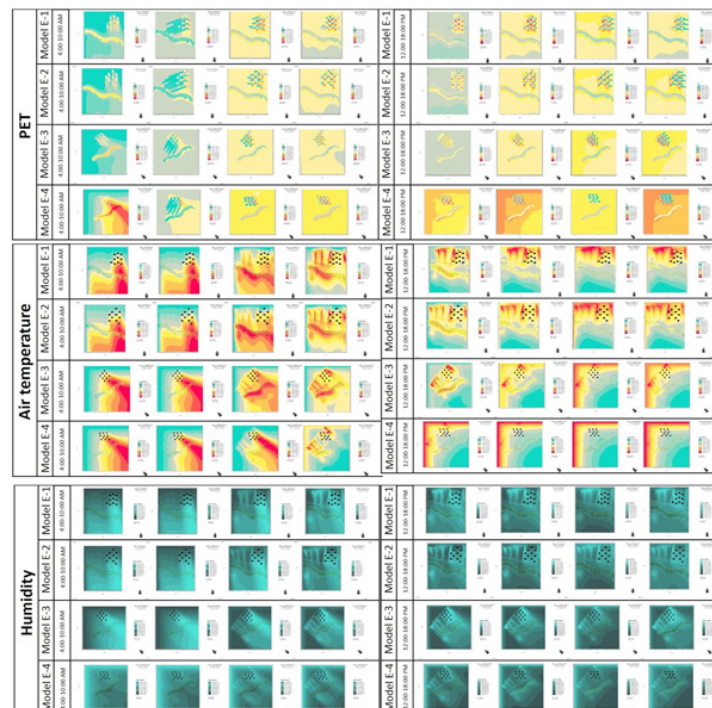
همانگونه که در تصویر شماره ۸ از نتایج خروجی پیداست، با حفظ تداوم خیابان‌ها مطابق وضعیت موجود در منطقه و متغیر قرار دادن ارتفاع ساختمان‌ها به بررسی بلوک‌های شهری پرداخته شد. ابتدا تأثیر شاخص‌های برنامه‌ریزی در هر نوع شناسی بلوک مورد بحث قرار داده شد. سپس عملکرد نوع شناسی بلوک‌های مربوط به شاخص‌های شهری مورد مقایسه قرار گرفت. این مدل‌ها با ایجاد تنوع در ارتفاع و مساحت سطح اشغال یکسان برای یک نوع شناسی، با مقادیر مختلف شاخص‌های شهری ویژگی‌های بلوک شهری را تغییر می‌دهند. این تغییرات با حفظ نوع شناسی بلوک، تنوع‌های مختلفی از فرم شهری را در هندسه دره ایجاد می‌کند. هندسه دره با نسبت ابعاد دره (H/W) و عرض دره (W) مشخص می‌شود. نسبت ابعاد دره می‌تواند برای طبقه بندی دره به عنوان خیابان و طول دره می‌تواند برای طبقه بندی دره به عنوان دره‌های عمیق، معمولی یا کوتاه در نظر گرفته شود. در اینجا با حفظ عرض دره در سه حالت D-1 تا D-3 متغیر ارتفاع تغییر داده شده که به ترتیب با افزایش ارتفاع تا ارتفاع میانگین ساختمان‌های موجود در سایت در نظر گرفته شد. افزایش ارتفاع سبب عمیق شدن دره‌ها ($H/W > 1$) و ایجاد سایه شد. این عامل به کاهش دمای محیط و در نتیجه آسایش حرارتی مطلوب‌تری منجر گردید. با این حال نفوذپذیری

غالب برای افزایش جریان هوا در دره‌های اصلی و کاهش دمای هوای بیرونی استفاده می‌کنند. این کاهش در دمای هوای بیرونی به کاهش بار خنک کننده مورد استفاده در ساختمان‌ها بین مدل‌های یادشده منجر می‌شود.

NW-SE به کاهش دما در نتیجه آسایش حرارتی بهتری منجر شده است. بعد از مدل NW-SE بهینه‌ترین مدل که با اختلاف جزئی از آن پیش بینی شده، مدل W-E است که مشابه‌ترین مدل به بافت شهری تهران است. جهت‌گیری‌های W-E و NW-SE از مزایای باد



تصویر شماره ۸: نتایج نسبت ارتفاع به عرض ساختمان‌ها



تصویر شماره ۹: نتایج مقایسه داده‌های جهت‌گیری ساختمان‌ها

FAR (افزایش تراکم ساخته شده) دما کاهش می‌یابد. کاهش دما آسایش حرارتی بهتری در پی دارد. افزایش سطح مقطع پلان سبب کاهش نفوذپذیری جریان باد و در نتیجه حفظ رطوبت موجود در

۴٫۴. مقایسه داده‌های چیدمان فرم شهری در مقایسه مدل SB-1 و SB-2 مشخص گردید با افزایش ارتفاع و کاهش ضریب پوشش سطح (SC) ساخته شده در نتیجه بیشتر شدن

دره‌های خیابان‌ها می‌شود. در مدل‌های شبیه‌سازی شده بلوک‌های مجزا با این که ارتفاع دو برابر شده اما سطح مقطع پلان‌ها به یکدیگر نزدیک است. میانگین شاخص آسایش حرارتی PET در مدل DB-1، بیشتر از مدل DB-2 است. اختلاف دما در این مدل‌ها کم است، اما با این حال در مدل DB-1 با SC (پوشش سطح) بزرگتر و FAR (افزایش تراکم ساخته شده) کوچکتر، دمای هوا بیشتر از مدل DB-2 است. تأثیر رطوبت در این مدل‌ها حدوداً به یک میزان است و نسبت به مدل‌های دیگر چیدمان فرم شهری، حداقل مقدار را دارد. در نمونه‌های حیاط مرکزی با تغییر در سطح مقطع پلان‌ها و ارتفاع در نتیجه تغییر در تراکم ساخته شده،

اختلاف بین عوامل اقلیمی کمتر از مدل‌های دیگر است. دما در مدل مرتفع‌تر کمتر و در نتیجه آسایش حرارتی مناسب‌تری دارد. در مقایسه کلی مدل‌های چیدمان فرم شهری طبق محاسبات انجام شده، شاخص آسایش حرارتی در مدل CC-2 با درصد رطوبت بالا بهینه‌ترین شرایط و مدل SB-1 که بزرگترین ضریب اشغال را داراست و به عبارتی نفوذپذیری بالایی دارد، بحرانی‌ترین حالت را دارد. تراکم بیشتر سطح مقطع پلان در مدل SB-1 مانند یک جاذب حرارتی در محیط عمل کرده و دمای بالایی تجربه می‌کند. همچنین نفوذپذیری جریان باد در این مدل به حداقل ممکن کاهش یافته که منجر به حفظ دمای محیط شده است (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: شرح مقادیر شاخص‌های اقلیمی داده‌های چیدمان فرم شهری

Block typology		Case	FAR	SC (%)	H (m)	PET	Air temperature	Humidity
Single-block	SB	SB-1	6.48	0.64	35	36.07	30.78	25.37
		SB-2	7.35	0.36	70	26.64	22.11	30.78
Detached buildings	DB	DB-1	4.99	0.49	35	35.07	30.73	25.6
		DB-2	6.88	0.34	70	35.26	30.69	25.57
Central Courtyard	CC	CC-1	4.91	0.49	35	26.74	23.33	58.81
		CC-2	7.18	0.35	70	26.63	22.02	58.78

نتایج نشان داد وجود آب در بافت‌های شهری به کمک عوامل دیگر مانند باد سبب کاهش مقدار دما و نفوذپذیری جریان هوا در دره‌های شهری می‌شود (Wang et al. 2021). جریان باد از سطح دریاچه به مناطق مسکونی که عرض جاده‌های آن بیشتر است، به کاهش دمای محیطی کمک می‌کند. طبق مطالعات صورت گرفته به وسیله لیو و همکاران (۲۰۲۰) وجود دریاچه باعث کاهش دمای محیطی سطح شهر شده و همان طور که از نتایج حاصله در مقایسه مدل‌های اولیه قبل و بعد از وجود دریاچه مشاهده می‌شود، کاهش دما سبب آسایش حرارتی در منطقه چیتگر شده است. بنابراین پهنه‌های آب، نقش یک جزیره خنک کننده شهری (WCI) را ایفا می‌کنند. در یک مطالعه در سنگاپور نشان داده شد بدنه‌های آبی مانند دیواره‌های آب و حوضچه‌ها، قادر به کاهش دمای هوا تا ۱٫۸ درجه سانتیگراد در روزهای صاف و آفتابی هستند (Wang et al. 2021).

جزیره حرارتی شهری در نزدیکی رودخانه کمتر است. مطابق نحوه چیدمان فرم شهری و جهت‌گیری ساختمان‌ها تأثیر جهت باد و نفوذ آن به بافت شهری تأثیر قابل توجهی بر کاهش شدت جزیره حرارتی شهری دارد. فرم‌های شهری با افزایش FAR و کاهش SC و برعکس به درک الگوهای جریان هوا و ویژگی‌های آشفته‌گی اطراف ساختمان‌ها در پیکربندی شهری طبق مطالعات سیلوا و همکاران شایان توجه است (2022). همان طور که از نتایج پیداست، تراکم ساخته شده و پوشش سطح اشغال با کاهش و افزایش ارتفاع ساختمان و مساحت ساخته شده سبب تغییرات در هر فرم ساختمانی شده است.

۵. نتیجه‌گیری

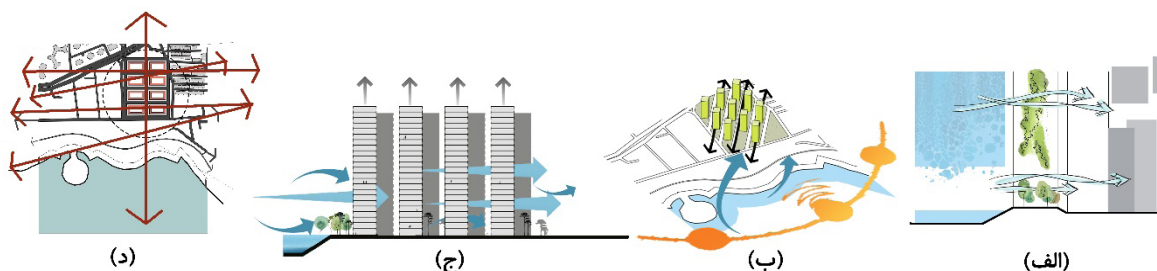
نتایج این پژوهش نشان داد، فضاهای باز در بافت شهری و عوامل خنک‌کننده از جمله بدنه‌های آبی با کمک دیگر عوامل طبیعی مثل جریان باد و ایجاد سایه در هوای گرم روزهای تابستان سبب می‌شود آسایش حرارتی محیطی مطلوب‌تر از دیگر مناطق باشد. مطابق مدل‌های بررسی شده طراحی فضاهای شهری که نفوذ عوامل طبیعی در آن امکان‌پذیر باشد، کیفیت بهتری دارند. ایجاد سایه و حفظ رطوبت به همراه جریان باد در دره‌های شهری که در مجاورت پهنه‌های آب قرار دارند می‌تواند عاملی مهم برای طراحی و برنامه‌ریزی شهری باشد. در این پژوهش مشخص گردید که شاخص آسایش حرارتی PET در مجاورت دریاچه چیتگر بعد از احداث دریاچه ۱/۶۴ درجه سانتیگراد کاهش حرارتی داشته است. در روزهای گرم تابستان وجود دریاچه قبل از طلوع خورشید، محیط اطراف را گرم‌تر و بعد از طلوع خورشید سبب کاهش حرارت و شاخص آسایش حرارتی PET شده است. جریان باد در مسیری که از سطح دریاچه عبور می‌کند تا امتداد خیابان‌هایی که در

عوامل هندسی دره‌های شهری با عمیق شدن دره و مرتفع شدن ساختمان‌ها سبب افزایش سایه زنی و کاهش دمای محیطی شده است. رامیار و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود نشان دادند که محیط شهری با دره عمیق، به عنوان مثال $(H/W > 1)$ و عرض رودخانه وسیع‌تر، عملکرد بهتری دارد. همچنین خیابان‌های باز نسبت به بسته ۱٫۲ درجه سانتیگراد خنک‌تر هستند. تغییرات در فرم و هندسه شهری در مقایسه با یکدیگر نشان از آن دارد که فرم شهری با تغییرات خود، می‌تواند عوامل اقلیمی را به طرز قابل توجهی دستخوش تغییر کند. این تأثیرات نشان می‌دهد که اثرات محیطی و فرم شهری تابع یکدیگرند. طبق مطالعات تیوبوس و همکاران (۲۰۱۳)، سرعت باد در منطقه نزدیک رودخانه بیشتر از منطقه مرکزی شهری با تراکم زیاد ساختمان است و تغییر جهت باد در این مناطق کمتر اتفاق می‌افتد. بنابراین شدت

کاهش سطح مقطع پلان سبب نفوذ بهتر جریان باد و کاهش اثرات حرارتی محیط شده و آسایش حرارتی بهتری فراهم می‌آورد. در مطالعه انجام شده مشخص شد تغییر در فرم چیدمان شهری، جهت‌گیری و نسبت ارتفاع به عرض ساختمان‌ها و در نتیجه نفوذپذیری بیشتر دره‌های شهری می‌توانند به کاهش اثرات آلودگی حرارتی در نتیجه کاهش مصرف انرژی برای خنک‌کنندگی منجر شوند.

توصیه‌های سیاستی

وجود فضاهای باز در بافت شهری و عوامل خنک‌کننده از جمله پهنه‌های آب با کمک دیگر عوامل طبیعی مثل جریان باد و ایجاد سایه در آب و هوای گرم در روزهای تابستان سبب می‌شود آسایش حرارتی محیطی مطلوب‌تر از دیگر مناطق باشد. مطابق مدل‌های بررسی شده همان‌طور که در تصویر شماره ۱۰ نشان داده شده، طراحی فضاهای شهری که نفوذ عوامل طبیعی در آن امکان‌پذیر باشد، کیفیت محیطی بهتری دارند. از جمله این موارد می‌توان به (الف) عبور جریان باد غالب از سطوح خنک‌کننده به ویژه پهنه‌های آب و فضاهای سبز به سمت دره‌های شهری، (ب) جهت‌گیری بهینه برای کاهش تأثیرات دما مطابق اقلیم منطقه و امکان نفوذپذیری بیشتر جریان باد غالب، (ج) افزایش ارتفاع ساختمان و ایجاد سایه به همراه حفظ رطوبت و عمیق شدن دره‌های شهری در نتیجه داشتن آسایش حرارتی مطلوب و (د) کاهش سطح مقطع حجم پلان و افزایش ارتفاع اشاره کرد. با تکیه بر این مطالعات می‌توان در برنامه‌ریزی‌های آینده از طریق چیدمان و طراحی شهری بهینه، همچنین بهره‌گیری از عوامل اقلیمی در حفظ منابع انرژی و کاهش آلودگی حرارتی کمک کرد.



تصویر شماره ۱۰: دیگرام‌های استنباط شده از نتایج کلی (الف) عبور جریان باد از سطوح خنک‌کننده، (ب) جهت‌گیری بهینه برای کاهش تأثیرات دما، (ج) نفوذپذیری دره‌های شهری و جریان باد غالب به بافت شهری و افزایش ارتفاع ساختمان، در نتیجه ایجاد سایه و (د) کاهش سطح مقطع حجم پلان و افزایش ارتفاع

References:

- Allen-Dumas, Melissa R., Amy N. Rose, Joshua R. New, Olufemi A. Omitaomu, Jiangye Yuan, Marcia L. Branstetter, Linda M. Sylvester, Matthew B. Seals, Thomaz M. Carvalhaes, Mark B. Adams, Mahabir S. Bhandari, Som S. Shrestha, Jibonananda Sanyal, Anne S. Berres, Carl P. Kolosna, Katherine S. Fu, and Alexandra C. Kahl. 2020. "Impacts of the Morphology of New Neighborhoods on Microclimate and Building Energy." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 133:110030. Doi: 10.1016/j.rser.2020.110030.
- Bayat, J., S. H. Hashemi, M. Zolfagharian, A. Emam, and E. Z. Nooshabadi. 2019. "Water Quality Management of an Artificial Lake, Case Study: The Lake of the Martyrs of the Persian Gulf." *Sustainable and Safe Dams Around the World 1442-49*. doi:10.1201/9780429319778-127. [in Persian]
- Cheng, Lidian, Dongjie Guan, Lilei Zhou, Zulun Zhao, and Jian Zhou. 2019. "Urban Cooling Island Effect of Main River on a Landscape Scale in Chongqing, China." *Sustainable Cities and Society* 47:101501. doi: 10.1016/J.SCS.2019.101501.

- Da Silva, Fabiana Trindade, Neyval Costa Reis, Jane Meri Santos, Elisa Valentim Goulart, and Cristina Engel de Alvarez. 2022. "Influence of Urban Form on Air Quality: The Combined Effect of Block Typology and Urban Planning Indices on City Breathability." *Science of The Total Environment* 814:152670. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.152670.
- Du, Xiangyu, and Qiong Li. 2017. "The Effect of Pearl River on Summer Urban Thermal Environment of Guangzhou." Pp. 1785–91 in *Procedia Engineering*. Vol. 205. Elsevier Ltd.
- Gharagozlou, A., J. Nouri, and M. Hejrani Diarjan. N.d. "Environmental Impact Assessment of the Largest Man-Made Lake of Iran by Using Environmental Modeling and GIS / RS." *Environmental Health* 1–8. [in Persian]
- He, Xincheng, Weijun Gao, and Rui Wang. 2021. "Impact of Urban Morphology on the Microclimate around Elementary Schools: A Case Study from Japan." *Building and Environment* 206:108383. doi: 10.1016/J.BUILDENV.2021.108383.
- Jacobs, Cor, Lisette Klok, Michael Bruse, João Cortesão, Sanda Lenzholzer, and Jeroen Kluck. 2020. "Are Urban Water Bodies Really Cooling?" *Urban Climate* 32:100607. Doi: 10.1016/j.uclim.2020.100607.
- Javanroodi, Kavan, and Vahid M. Nik. 2020. "Interactions between Extreme Climate and Urban Morphology: Investigating the Evolution of Extreme Wind Speeds from Mesoscale to Microscale." *Urban Climate* 31:100544. Doi: 10.1016/j.uclim.2019.100544. [in Persian]
- Leng, Hong, Xi Chen, Yanhong Ma, Nyuk Hien Wong, and Tingzhen Ming. 2020. "Urban Morphology and Building Heating Energy Consumption: Evidence from Harbin, a Severe Cold Region City." *Energy and Buildings* 224:110143. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2020.110143.
- J.J. Sarralde, D.J. Quinn, D. Wiesmann, K. Steemers. Solar energy and urban morphology: scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London. *Renew Energy*, 73 (2015), pp. 10-17, 10.1016/j.renene.2014.06.028.
- Keirstead J, Jennings M, Sivakumar A. A review of urban energy system models: approaches, challenges and opportunities. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16: 3847–66. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.047>.
- Kolokotroni, M., X. Ren, M. Davies, and A. Mavrogianni. 2012. "London's Urban Heat Island: Impact on Current and Future Energy Consumption in Office Buildings." *Energy and Buildings* 47:302–11. Doi: 10.1016/j.enbuild.2011.12.019.
- Kropf, Karl. *The handbook of urban morphology*. John Wiley & Sons, 2018.
- Liu, Yan, Qi Li, Liu Yang, Kaikai Mu, Moyan Zhang, and Jiaping Liu. 2020. "Urban Heat Island Effects of Various Urban Morphologies under Regional Climate Conditions." *Science of the Total Environment* 743:140589. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140589.
- Li, Xiaoma, Yuyu Zhou, Sha Yu, Gensuo Jia, Huidong Li, and Wenliang Li. 2019. "Urban Heat Island Impacts on Building Energy Consumption: A Review of Approaches and Findings." *Energy* 174:407–19. Doi: 10.1016/j.energy.2019.02.183.
- Morini, Elena, Ali Gholizade Touchaei, Federico Rossi, Franco Cotana, and Hashem Akbari. 2018. "Evaluation of Albedo Enhancement to Mitigate Impacts of Urban Heat Island in Rome (Italy) Using WRF Meteorological Model." *Urban Climate* 24:551–66. Doi: 10.1016/j.uclim.2017.08.001. [in Persian]
- N.H. Wong, S.K. Jusuf, N.I. Syafii, Y. Chen, N. Hajadi, H. Sathyanarayanan, Y.V. Manickavasagam. Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption. *Sol. Energy*, 85 (1) (2011), pp. 57-71.
- Ortiz Porangaba, Gislene Figueiredo, Danielle Cardozo Frasca Teixeira, Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim, Mauro Henrique Soares da Silva, and Vincent Dubreuil. 2021. "Modeling the Urban Heat Island at a Winter Event in Três Lagoas, Brazil." *Urban Climate* 37:100853. Doi: 10.1016/j.uclim.2021.100853.
- Oke TR. The Distinction between Canopy and Boundary Layer Urban Heat Islands. *Atmosphere* 1976;14(4):268–77.
- Park, Chae Yeon, Dong Kun Lee, Takashi Asawa, Akinobu Murakami, Ho Gul Kim, Myung Kyoong Lee, and Ho Sang Lee. 2019. "Influence of Urban Form on the Cooling Effect of a Small Urban River." *Landscape and Urban Planning* 183(November 2018):26–35. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.022.
- Palusci, Olga, Paolo Monti, Carlo Cecere, Hamid

- Montazeri, and Bert Blocken. 2022. "Impact of Morphological Parameters on Urban Ventilation in Compact Cities: The Case of the Tuscolano-Don Bosco District in Rome." *Science of The Total Environment* 807:150490. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.150490.
- Perera, A. T. D., Kavan Javanroodi, and Vahid M. Nik. 2021. "Climate Resilient Interconnected Infrastructure: Co-Optimization of Energy Systems and Urban Morphology." *Applied Energy* 285:116430. Doi: 10.1016/j.apenergy.2020.116430. [in Persian]
 - Perrone D, Hornberger GM. Water, food, and energy security: scrambling for resources or solutions? *Wiley Interdiscip Rev Water* 2014;1:49–68. <https://doi.org/10.1002/wat2.1004>.
 - Ramyar, Reza, Esmaeil Zarghami, and Margaret Bryant. 2019. "Spatio-Temporal Planning of Urban Neighborhoods in the Context of Global Climate Change: Lessons for Urban Form Design in Tehran, Iran." *Sustainable Cities and Society* 51:101554. doi: 10.1016/j.scs.2019.101554. [in Persian]
 - Ratti, Carlo, Nick Baker, and Koen Steemers. 2005. "Energy Consumption and Urban Texture." *Energy and Buildings* 37(7):762–76. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2004.10.010.
 - Ridha, S. (September 2017), "Urban Heat Island Mitigation Strategies in an Arid Climate: Outdoor Thermal Comfort Reachable", *Civil Engineering INSA de Toulouse*.
 - Sedaghat, A., & Sharif, M. (2022). Mitigation of the impacts of heat islands on energy consumption in buildings: A case study of the city of Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103435. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103435>[in Persian]
 - Shareef, Sundus. 2021. "The Impact of Urban Morphology and Building's Height Diversity on Energy Consumption at Urban Scale. The Case Study of Dubai." *Building and Environment* 194:107675. Doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107675.
 - Toja-Silva, Francisco, Antonio Colmenar-Santos, and Manuel Castro-Gil. 2013. "Urban Wind Energy Exploitation Systems: Behaviour under Multidirectional Flow Conditions – Opportunities and Challenges." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24:364–78.
 - Wang, Dongyang, Yurong Shi, Guanwen Chen, Liyue Zeng, Jian Hang, and Qun Wang. 2021. "Urban Thermal Environment and Surface Energy Balance in 3D High-Rise Compact Urban Models: Scaled Outdoor Experiments." *Building and Environment* 205:108251. doi: 10.1016/J.BUILDENV.2021.108251.
 - Wang, Yasha, and Wanlu Ouyang. 2021. "Investigating the Heterogeneity of Water Cooling Effect for Cooler Cities." *Sustainable Cities and Society* 75:103281. doi: 10.1016/J.SCS.2021.103281.
 - Zhou, Xuefan, and Hong Chen. 2018. "Impact of Urbanization-Related Land Use Land Cover Changes and Urban Morphology Changes on the Urban Heat Island Phenomenon." *Science of the Total Environment* 635:1467–76. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.091.

نحوه ارجاع به مقاله:

عموزاده، فرزانه؛ سلیمانی، سارا (۱۴۰۳)، اثرات خنک‌کنندگی دریاچه‌های شهری بر ساختمان‌های اطراف؛ نمونه مورد مطالعه: دریاچه چیتگر، تهران، مطالعات شهری، 13 (52)، 19-32. <https://doi.org/10.22034/urbs.2024.140353.4999>

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

