

**The Effect of Urban Geometry on the Formation of Urban Heat Islands of Tehran
(Case study: Districts 2 and 6 of Region 3)**

Fariba Sayadi¹, Zahra Hejazizadeh*², Mohammad Saligheh³

1- PhD Student in Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2- Professor of Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor of Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Received: 30 March 2021

Accepted: 12 February 2022

Extended Abstract

Introduction

With the increase of urban constructions and land use change, especially in big cities, the temperature of urban centers has increased compared to the suburbs, which has led to the formation of the phenomenon of heat islands in these areas. In fact, the heat islands of cities are closed isthmus lines that are known as the heat centers of the city, especially in areas built by humans and artificial structures. Since the purpose of climate studies in urban plans is to identify the environmental characteristics affected by the prevailing climatic conditions, so it can be of great help in optimizing the spatial structures. Climatic factors and elements in their quantitative and qualitative changes affect the environmental situation. Although these changes may be gradual and gradual, they can have lasting consequences. Therefore, the study of heat islands due to urban settlements has been considered by most researchers and its consequences for urban planning and global warming over the past decade have been considered with the expansion of urbanization and the occurrence of urban-related phenomena. The study of urban heat islands has begun in most of the most populous regions of the world.

Methodology

In order to develop the present study, the OK numerical equation has been used. Due to the fact that numerical models can be programmed in the field of climate by certain conditions, so they use micro-climate scales in applications. Therefore, in recent decades, under the developed conditions of cities, numerical models have been widely used, among these models is the Oke numerical model, which compares the results of the observed data according to the numerical algorithm to analyze the formation of urban heat islands with Using a series of mathematical functions and fractions, they finally designed a numerical model to study the heat island in urban and densely populated areas.

Results and Discussion

First, the average height of buildings in the area was calculated based on Equation (3). Examination of the height of the blocks showed that the highest height is related to the urban block with 24 meters and the lowest height is related to the urban block with 5 meters.

* . Corresponding Author (Email: hejazizadeh@khu.ac.ir)

Copyright © 2022 Journal of Geography. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages provided the original work is properly cited.

Therefore, by examining the height of urban blocks, it was estimated that the number of blocks with an average height of 10 to 12 meters is more, the number of these blocks is 99. Therefore, in areas two and six, most urban blocks have an average height of 12 meters, in other words, each urban block has an average of 4 floors. According to the classification of the average width of passages, out of 227 urban passages in the region, 123 passages have an average of 21 meters. Therefore, the maximum width of the passages in the area is 21 meters. Also, in the northeastern parts of the region (District 6) and the southwest of the region (District 2), the width of the passages has reached 26 meters, which is due to the location of these areas near the highways leading to these areas. In total, in areas two and six, most of the passages have an average width of 21 meters.

Then the output of the Oke equation showed that the larger the ratio (H / W), the higher the heat island of the city (Table 1 Appendix). It can also be said that in most areas there was homogeneity between the height and width of the passages. The intensity of the heat island in the areas showed that the range is between 4-7 degrees Celsius, there is not much difference in terms of the intensity of the heat island in the whole region. The reason for this can be considered as proper planning and proper management in the field of how the buildings are located in relation to the width of the passages and observing the principles of urban planning. The results of H / W with UHI showed that if there is heterogeneity between urban blocks, the intensity of UHI will be higher at lower H / W coefficients than at higher H / W coefficients. That is, the greater the heterogeneity between the height and width of the passages, the greater the intensity of the UHI. Also, according to the following diagram, it can be inferred that in the studied areas, the low coefficient of H / W ratio has caused that most of the blocks have a homogeneous distribution and therefore the intensity of the heat island in the study area is not significant.

Conclusion

In this paper, we have tried to investigate the effect of urban geometry on the maximum intensity of the heat island, using GIS tools and the parameters of urban blocks and the width of passages. The Oke numerical equation was used to investigate the intensity of the heat island. The results showed that urban geometry (height of urban block and width of passages) as two input parameters (H / W) affect the maximum intensity of the heat island of the city. In the second and sixth districts of Tehran, most of the urban blocks have an average of 4 floors (ie 12 meters). Also, the width of the passages in most areas of the region is considered in proportion to the height of the urban blocks. Oke equation simulation study showed that with increasing H / W ratio, UHI_{max} growth is more significant, this result is somewhat consistent with the study of Gonzalez et al. (2011) and Osaki et al. (2011, 2018). Finally, the intensity of the heat island in areas two and six of Tehran's third district has not been felt, which indicates the proper configuration of the geometry of the buildings using the indicators used in the principles of architecture and urban planning in this area. Therefore, it can be said that this proposed model (Oke) can help to understand urban problems. Therefore, with proper planning and observance of urban planning guidelines by organizations and competent individuals in order to create better conditions, more targeted strategies can be adopted that can prevent the spread of the heat island phenomenon in large cities, including the metropolis of Tehran.

Keywords: Heat island intensity simulation, Numerical equation Oke, Urban blocks, GIS, Tehran.

بررسی تأثیر هندسه شهری بر چگونگی شکل‌گیری جزیره حرارتی شهر تهران (مطالعه موردی: ناحیه دو و شش منطقه ۳)*

فریبا صیادی - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
زهرا حجازی زاده - استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
محمد سلیقه - دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

چکیده

در این مقاله به منظور محاسبه حداکثر شدت جزایر حرارتی منطقه ۳ (ناحیه دو و شش) شهر تهران بر اساس داده‌های هندسه شهری، یک مدل شبیه‌سازی ارائه شده است که در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS گنجانده شده است. روش این تحقیق بر مبنای معادله نظری - عددی اوک، مطالعه و انتخاب ابزارهای موجود در GIS و طراحی مدل محاسبه و الگوریتم حاصله در سیستم عامل GIS است. داده‌های مورد نیاز برای تحقیق حاضر، شامل ارتفاع طبقات ساختمان‌ها و عرض معابر اصلی ۲۲۷ بلوک شهری در منطقه ۳ شهر تهران است. نتایج بررسی ارتفاع بلوک‌های شهری نشان داد که شمار بلوک‌های دارای ارتفاع متوسط بین ۱۰ تا ۱۲ متر ۹۹ بلوک شهری می‌باشد، همچنین، در نواحی دو و شش، غالب معابر دارای عرض متوسط ۲۱ متر می‌باشند. نهایتاً نتیجه شبیه‌سازی معادله اوک بیانگر این است که ضریب پایین نسبت H/W باعث شد که بیشتر بلوک‌ها دارای توزیع همگنی باشند. به عبارتی دیگر شدت جزیره حرارتی در بلوک‌های شهری نواحی دو و شش منطقه سه تهران بین ۴-۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که چشمگیر نبوده است و دلیل این امر را می‌توان در پیکربندی مناسب هندسه ساختمان‌ها با استفاده از شاخص‌های بکارگرفته شده در اصول معماری و شهرسازی این منطقه دانست. بنابراین، این ابزار توسعه یافته به محققان در شبیه‌سازی UHI در سناریوهای مختلف شهری کمک خواهد کرد و بحث‌های در مورد تأثیر تنظیمات مختلف هندسه شهری در شکل‌گیری جزایر حرارتی را پیشنهاد می‌کند.

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی شدت جزیره حرارتی، معادله عددی اوک، بلوک‌های شهری، GIS، تهران

*. این مقاله مستخرج از رساله دکتری خانم صیادی به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه خوارزمی می‌باشد.

مقدمه

امروزه مناطق شهری به عنوان غالب‌ترین سکونتگاه‌های انسانی، تاثیر قابل توجهی بر روی اکوسیستم‌های ملی و منطقه‌ای داشته‌اند (ماسک و همکاران، ۲۰۰۰: ۳۴۸۰). با افزایش ساخت و سازهای شهری و تغییر کاربری اراضی به خصوص در شهرهای بزرگ دمای مراکز شهری نسبت به مناطق حومه روند افزایشی داشته‌اند که منجر به شکل‌گیری پدیده جزایر حرارتی در این مناطق شده است. در واقع جزایر حرارتی شهرها خطوط همدمای بسته‌ی هستند که به عنوان مراکز حرارتی شهر شناخته شده‌اند، به‌ویژه در مناطقی که توسط انسان‌ها ساخت‌وسازهای مصنوعی صورت گرفته است. از آنجا که هدف از مطالعات آب و هوایی در طرح‌های شهری، شناخت ویژگی‌های محیطی متاثر از شرایط آب و هوایی حاکم بر محیط است، لذا می‌تواند به بهینه‌گزینی ساخت‌های فضایی کمک‌های فراوانی داشته باشد. عوامل و عناصر آب و هوایی در تغییرات کمی و کیفی خود اوضاع محیطی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این تغییرات هرچند ممکن است بطئی و تدریجی باشند، لیکن می‌توانند پیامدهای پایداری به دنبال داشته باشند (رهنمایی، ۱۳۶۹: ۱۱۷).

مطالعه جزیره حرارتی ناشی از سکونتگاه‌های شهری توسط اغلب محققین مورد توجه قرار گرفته است و تبعات آن برای برنامه‌ریزی شهری و گرم شدن کره زمین در طول دهه گذشته در نظر گرفته شده است. با گسترش شهرنشینی و رخداد پدیده‌های مربوط به شهر، مطالعه در زمینه جزیره حرارتی شهری در اکثر مناطق پرجمعیت جهان آغاز شده است که به نمونه‌هایی ذیل اشاره شد.

اوک^۲ (۱۹۸۱) جزو اولین کسانی بود که با در نظر گرفتن مورفومتری شهر به بررسی یک مدل تجربی ساده در مورد جزیره حرارتی مبادرت نموده و به توسعه آن پرداخت. این مدل قادر به پیش‌بینی حداکثر شدت جزیره حرارتی در یک مکان است. هندسه شهری (مورفومتری) به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در شکل‌گیری جزیره حرارتی می‌باشد. در بسیاری از مطالعات مورفومتری شهر با (نسبت H/W) ارتفاع ساختمان‌ها/عرض خیابان‌ها در نظر گرفته‌اند (لوورمونگ و چپوگ، ۲۰۱۳^۳، اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۹^۴، اوک، ۱۹۸۱، مارکیوتو^۵ و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به مطالعات اوک (۱۹۸۱) و سونسون^۶ و همکاران (۲۰۰۳) سه نوع مدل عددی، فیزیکی و مدل‌های تجربی را می‌توان برای تحقیقات مربوط آب و هوا در محیط‌های شهری اعمال کرد. برای بررسی بیلان انرژی و پیش‌بینی جزایر حرارتی، بسیاری از محققان شبیه‌سازی عددی و شبیه‌سازی تجربی (فامی^۷ و همکاران، ۲۰۱۲؛ زینزی^۸ و همکاران، ۲۰۰۲، آتکینسون^۹، ۲۰۰۳؛ سانتو هان^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۲؛ چن^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۸؛ بالزس^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۹؛ جوزوف و هین^{۱۳}، ۲۰۰۹؛ کارولینا^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۶) بکار گرفته‌اند. ناکاتا^{۱۵} همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ی با استفاده از یک مدل

۱- هواشناسی انجمن هواشناسی ایالات متحده (۲۰۱۵)

- 2- Oke
- 3- Levermore&Cheug
- 4- Oliveira et al
- 5- Marciotto et al
- 6- Svensson
- 7- Fahmy
- 8- Zinzi
- 9- Atkinson
- 10- Santo
- 11- Chen
- 12- Balazs
- 13- Jusuf & Hien
- 14- Carolina.
- 15- Nakata

شبیه‌سازی، که در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS گنجانده شده بود، به منظور محاسبه حداکثر شدت جزایر حرارت شهری بر اساس داده‌های هندسه شهری اقدام کردند. پس از مطالعه و انتخاب ابزار GIS، به شبیه‌سازی جزیره حرارتی شهر در حالات مختلف شهری پرداختند.

داوونین و بوزنت (۲۰۱۵) در تحقیقی در فرانسه در مورد راهکارهای کاهش مقدار جزیره حرارتی شهر دریافتند که چندین روش جهت این کار می‌توان استفاده نمود. از جمله این راهکارها می‌توان به استفاده از ماسه‌های رنگی در پشت بام ساختمان‌ها، ایجاد فضای سبز بر بام ساختمان‌ها و استفاده از پوشش‌های خاص در نما و سقف بناها اشاره کرد. وجود سطوح فیزیکی مصنوعی (آسفالت، موزائیک و...) به جای سطوح نفوذ ناپذیر (خاک) و پوشش گیاهی سبب کاهش تبخیر و تعرق و افزایش گرمای محسوس در شهرها می‌شود که به نوبه خود باعث بالا رفتن جزیره گرمایی می‌شود (دیکمن ماهنگ^۲ و همکاران (۲۰۱۹)). معمولاً قسمت‌های عمده جزیره حرارتی شهر مبتنی بر نواحی مرکزی شهر است و شدت جزیره حرارتی در مرکز شهر نانجو از ۳/۲ در سال ۱۹۹۵ تا ۴/۱ در سال ۲۰۰۶ افزایش داشته است (لیودو^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش شدت جزیره گرمایی در شهر منچستر انگلستان با توجه به روابط عناصر آب و هوایی و مورفولوژی شهر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد در قرن حاضر با توجه به هندسه شهری منچستر دمای شهر به میزان ۲/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند.

(لورمور^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). لئوسوزکی^۵ و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه دست یافتند که اختلاف دمای در سطح شهر وانسیا در تابستان بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

تاکنون پژوهش‌های داخلی متعددی در رابطه با جزیره حرارتی در کشور انجام گرفته است؛ تحقیقات شکبیا و همکاران (۱۳۸۸) ملک پور و طالعی (۱۳۹۰) صادقی و علیجانی (۱۳۹۱) در این زمینه با ابزارها و روش‌های گوناگونی صورت گرفته است. اما مطالعات علیجانی و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان بررسی نقش هندسه شهری در شدت جزیره حرارتی، نشان داد که هندسه شهر به عنوان یکی از عوامل مهم در شکل‌گیری جزایر حرارتی، نقش مهمی ایفا می‌کند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیق خود به اختلاف دمای یک درجه سانتی‌گراد در شهر بابل دست پیدا کردند. در بررسی دیگر، دمای هوای تخمین زده شده برای شهر اصفهان نشان داد که اختلاف دمای جزیره حرارت هوای شهری و دمای پیرامونی شهر در زمان رخداد حداکثر آلودگی بیشتر است. نقشه‌های جزیره حرارتی و نقشه‌های توزیع آلودگی بر یکدیگر انطباق داشته و نواحی آلوده‌تر دارای دماهای بالاتری بوده‌اند. همچنین روابط همبستگی بین نقشه توزیع آلودگی و نقشه جزیره حرارتی شهر اصفهان در سطح معناداری تأیید شد و در روزهای با آلودگی بیشتر، ضرایب همبستگی قوی‌تر بوده است (آروین، ۱۳۹۷:۱۲۰).

برای بررسی اقلیم یک شهر علاوه بر تابش آفتاب کمیت و کیفیت باد نیز عاملی بسیار مهم در شهرسازی و معماری ایران می‌باشد. توجه به جهت و سرعت باد در نواحی که این عنصر اقلیمی نسبت به بقیه‌ی عناصر اقلیمی اثرات آسایشی مثبت و منفی عمیق تری دارد با اهمیت تر می‌باشد (سلیقه، ۱۳۸۲: ۱۲۰).

از آنجا که شهر تهران مانند چاله‌ی از اطراف مخصوصاً شمال، شمال‌غرب، شرق، شمال‌شرق و تا حدودی جنوب‌شرق توسط ارتفاعاتی احاطه شده است که این ارتفاعات به مثابه دیواری بر روی جریان‌اتمسفری و اقلیم محلی این شهر

- 1- Dhalluin and Bozonnet
- 2- Dikman Maheng
- 3- Lio Du
- 4- Levermore
- 5- Lehoczky

تأثیر گذاشته و عامل مهمی در آلودگی هوای آن محسوب می‌شوند. بنابراین هندسه و مورفومتری شهر بویژه آرایش فضایی خیابان‌ها و فضاهای باز شهری و ابعاد ساختمان‌ها و خیابان‌ها در میزان جذب و دفع انرژی و به تبع آن میزان مصرف انرژی فسیلی نقش اساسی دارد. گسترش جزیره حرارتی رابطه مستقیمی با رشد شهر داشته است. لذا این پژوهش بر آن است تا با بررسی هندسه شهری به چگونگی تأثیر آن بر شکل‌گیری جزیره حرارتی در منطقه ۳ تهران بپردازد.

روش پژوهش

در این پژوهش نواحی دو و شش منطقه ۳ شهر تهران با ۲۲۷ بلوک شهری مورد بررسی قرار گرفت. به منظور توسعه تحقیق حاضر از معادله عددی اوک استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز برای تحقیق، شامل ارتفاع طبقات ساختمان‌های موجود و عرض معابر اصلی ۲۲۷ بلوک شهری در منطقه ۳ شهر تهران است که از شهرداری منطقه سه اخذ گردید. لذا با گردآوری لایه‌های پلیگونی و سپس تبدیل آنها با استفاده از نرم افزار GIS به صورت عددی محاسبات انجام گرفت. پارامترهای مورد استفاده شامل طبقات ساختمان و لایه‌های پلیگونی و رستری مربوط به عرض معابر می‌باشد که بر اساس طرح تفصیلی سال ۱۳۹۵ توسط شهرداری تهران تهیه و آماده گردیده است. با توجه به اینکه مدل‌های عددی توسط شرایط خاصی می‌توانند به برنامه‌ریزی در زمینه آب و هوا بپردازند، لذا از مقیاس‌های خرد اقلیم در برنامه‌های کاربردی استفاده می‌کنند. بنابراین در دهه‌های اخیر تحت شرایط توسعه یافته شهرها مدل‌های عددی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته اند، از جمله این مدل‌ها، مدل عددی Oke می‌باشد که با مقایسه نتایج داده‌های مشاهده شده با توجه به الگوریتم عددی به تجزیه و تحلیل شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری با استفاده از یک‌سری از توابع و کسرهای ریاضی پرداخته است که نهایتاً یک مدل عددی برای بررسی جزیره حرارتی در نواحی شهری و پرجمعیت طراحی کردند. الگوریتم عددی اوک از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

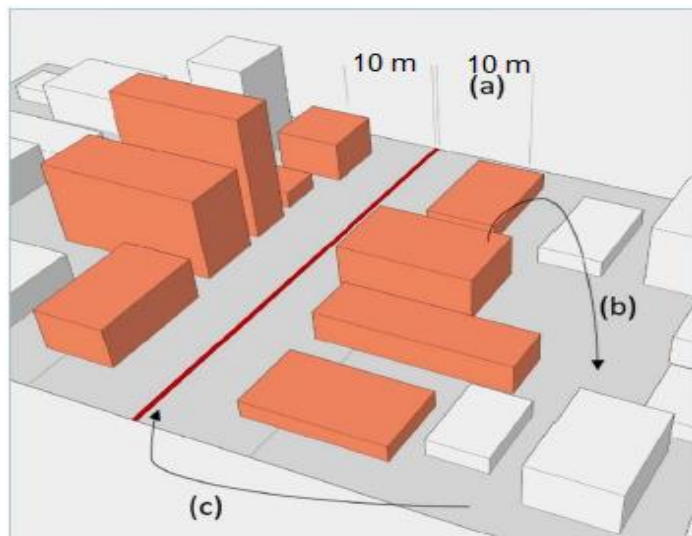
$$\Delta T_{u-r(max)} = 7.45 + 3.97 \ln(H/W)$$

$\Delta T_{u-r(max)}$ حداکثر شدت جزیره حرارتی

H میانگین ارتفاع طبقات بلوک‌های (ساختمان‌های) شهری است.

W میانگین عرض خیابان (معابر) شهری است.

از آنجا که پدیده جزیره حرارتی شهر به عنوان رخداد مهم در این معادله مورد بحث است، لذا مطالعات گسترده در نواحی ژاپن، آمریکای شمالی و ... صورت گرفته است که نتایج مشابه آنها حاکی از برآورد مناسب این مدل در بحث جزیره حرارتی است. با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه، جهت اندازه‌گیری پارامترهای موجود از برنامه ArcGIS 10.3 و برنامه‌نویسی در محیط پایتون با علائم اختصاری و کدهای مربوطه استفاده شد. در مراحل ابتدایی، متوسط ارتفاع بلوک‌های شهری محاسبه و سپس میانگین عرض خیابان‌ها استخراج و سپس در معادله عددی اوک ارزیابی شد. برای محاسبه عرض خیابان‌ها نسبت به بلوک‌های شهری، عرض متوسط ۱۰ متری از سمت چپ و راست هر بلوک شهری در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه در منطقه سه تهران عرض معابر زیاد بود، متوسط عرض معابر یعنی شعاع ۱۰ متری در نظر گرفته شد (شکل ۱).



شکل شماره ۱. انتخاب شعاع مناسب در سمت چپ و راست بلوک‌ها و خیابان‌های شعری
منبع: (دالوین و بوژنت، ۲۰۱۵)

در مرحله بعد با اندازه‌گیری طبقات هر بلوک شهری (میانگین هر طبقه شهری ۳ متر است) میانگین بلوک‌ها از طریق رابطه (۲) زیر محاسبه گردید.

$$H = \frac{h_1+h_2+h_3+\dots+h_x}{x} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در مرحله بعدی، برای میانگین عرض خیابان‌های شهری با در نظر گرفتن شعاع ۱۰ متری نسبت به هر بلوک شهری، از رابطه (۳) استفاده شد:

$$W = \frac{Dr_1+Dr_2+Dr_3+\dots+Dr_y}{y} + \frac{DI_1+DI_2+DI_3+\dots+DI_z}{z} \quad \text{رابطه (۳)}$$

H: ارتفاع متوسط هر ساختمان

h: ارتفاع هر ساختمان

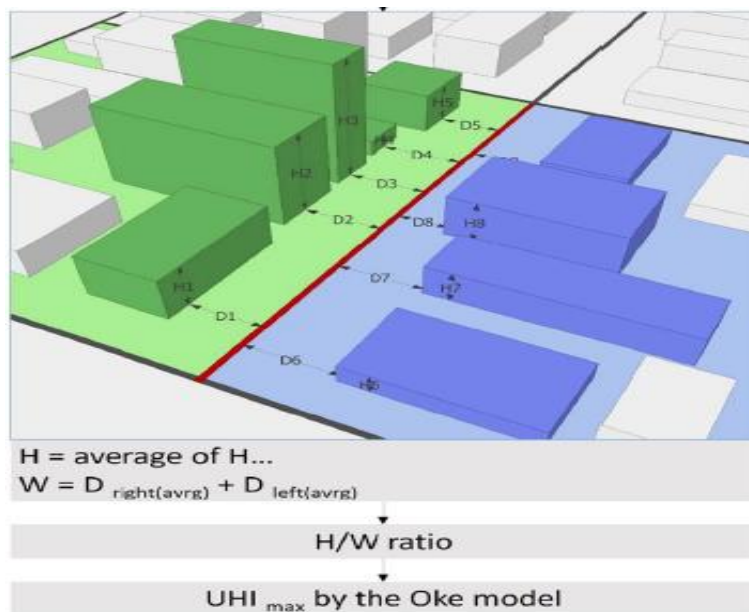
W: عرض متوسط خیابان با توجه به جهت قرارگیری محور هر خیابان نسبت به بلوک‌های شهری مجاور

Dr: فاصله هر ساختمان تا شعاع ۱۰ متری در بلوک‌های سمت راست

DI: فاصله هر ساختمان تا شعاع ۱۰ متری در بلوک‌های سمت چپ

با توجه به تعداد معابر، بلوک‌های منطقه مورد مطالعه به ۲۲۷ بلوک شهری تقسیم گردید. شعاع انتخاب بلوک ساختمانی در هر محور از معابر ۱۰ متر تعیین شد. نهایتاً با استفاده از نسبت H/W، شدت جزیره حرارتی در هر بلوک محاسبه و سپس نقشه‌های مربوطه ترسیم گردید.

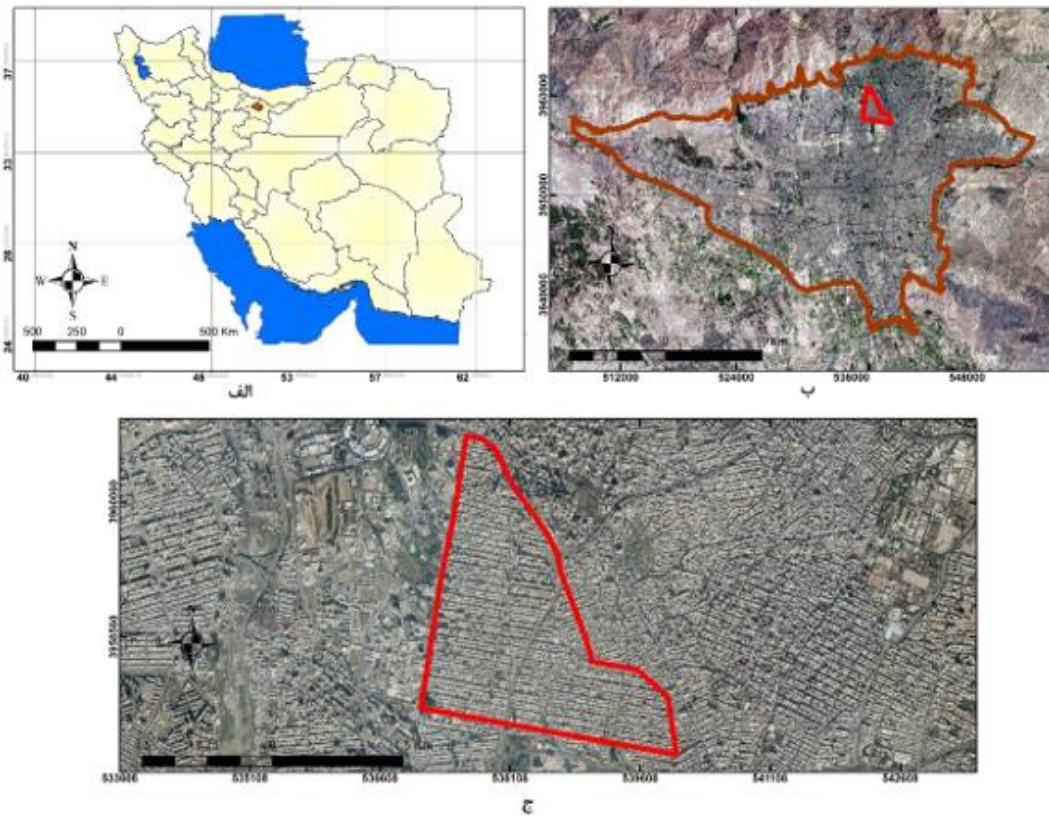
(شکل ۲) مراحل استخراج پارامترهای مورد نیاز برای برآورد معادله اوک نشان می‌دهد:



شکل شماره ۲. عملیات برنامه ریزی شده برای محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی با استفاده از مدل اوک

محدوده مورد مطالعه

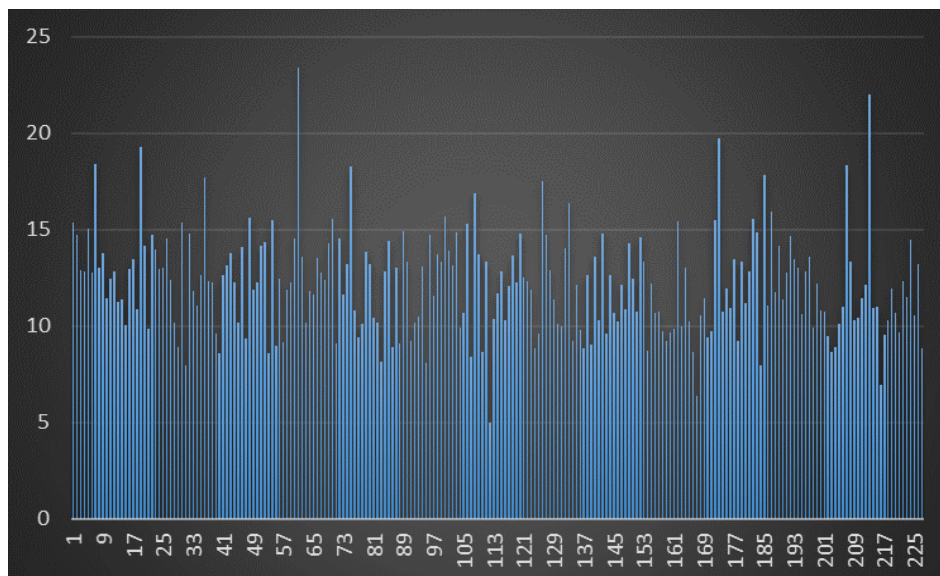
شهر تهران در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش نواحی دو و شش در منطقه ۳ تهران است. این منطقه با توجه به اینکه از نظر موقعیت جغرافیایی در ارتفاع بالاتری نسبت به مناطق مرکزی تهران قرار گرفته است، لذا اهمیت بسزایی در انتخاب منطقه مورد مطالعه داشته است. این منطقه از شمال به بزرگراه شهید چمران، بزرگراه شهید مدرس و بزرگراه آیت الله صدر و از شرق به خیابان پاسداران و بخشی از خیابان شریعتی و از جنوب به بزرگراه رسالت و بزرگراه همت و از غرب به بزرگراه شهید چمران محدود می‌شود. منطقه ۳ شهرداری دارای ۶ ناحیه و ۱۱ محله است (شکل ۳) موقعیت جغرافیایی منطقه ۳ را در تهران و ایران نشان می‌دهد.



شکل شماره ۳. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (نواحی ۲ و ۶ منطقه سه تهران)
منبع: (ترسیم نگارندگان)

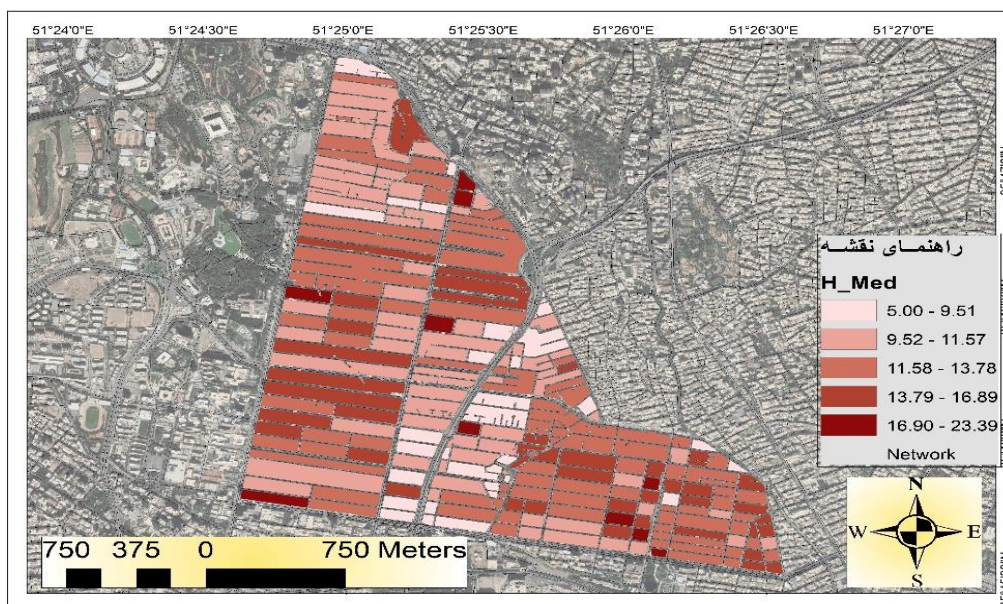
بحث و یافته‌ها

محاسبه مدل عددی اوک طبق برنامه‌نویسی در محیط GIS صورت گرفت. در بررسی حاضر، منطقه مورد مطالعه شامل نواحی دو و شش منطقه ۳ شهر تهران با ۲۲۷ بلوک شهری است. ابتدا بر اساس رابطه (۳) میانگین ارتفاع ساختمان‌های نواحی محاسبه گردید. بررسی ارتفاع بلوک‌ها نشان داد که بالاترین ارتفاع مربوط به بلوک شهری با ۲۴ متر و کمترین ارتفاع مربوط به بلوک شهری با ۵ متر می‌باشد. (شکل ۴).



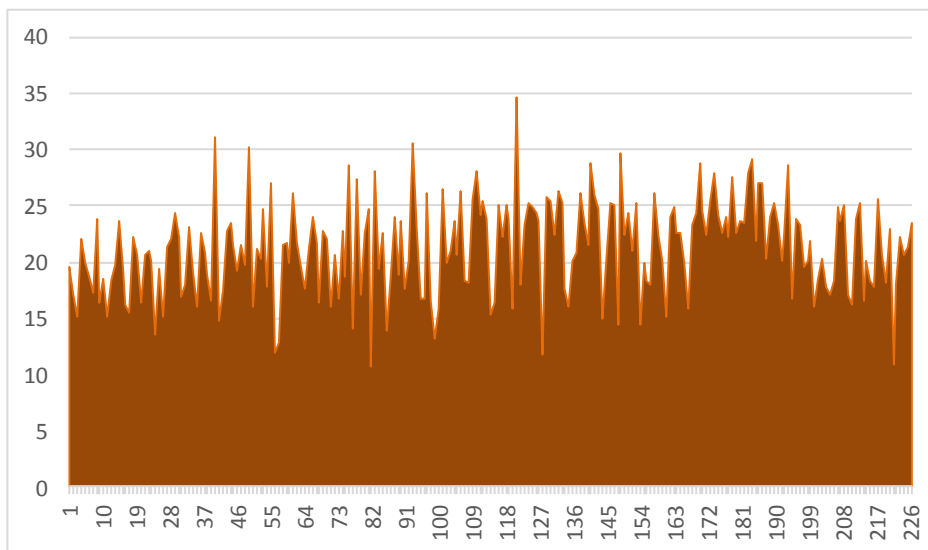
شکل شماره ۴. نمودار ارتفاع متوسط بلوک‌های شهری در نواحی دو و شش منطقه سه تهران
منبع: (ترسیم نگارندگان)

لذا با بررسی ارتفاع بلوک‌های شهری برآورد گردید که شمار بلوک‌های دارای ارتفاع متوسط بین ۱۰ تا ۱۲ متر بیشتر است که تعداد این بلوک‌ها ۹۹ مورد است. بنابراین در نواحی دو و شش، بیشتر بلوک‌های شهری دارای ارتفاع متوسط ۱۲ متر هستند، به عبارتی دیگر هر بلوک شهری به طور متوسط دارای ۴ طبقه است (شکل ۵).



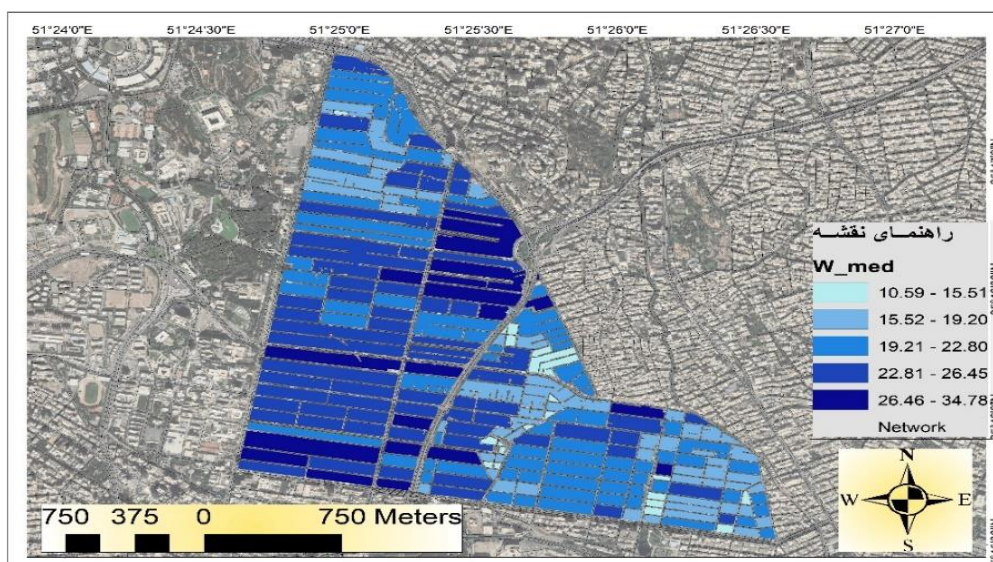
شکل شماره ۵. نقشه طبقه‌بندی شده بلوک‌های شهری بر اساس ارتفاع هر بلوک
منبع: (ترسیم نگارندگان)

در مرحله بعد طبق (رابطه ۴)، بررسی عرض معابر در منطقه نشان داد که میانگین عرض معابر به طور متوسط ۲۱ متر می‌باشد (شکل ۶).



شکل شماره ۶. میانگین عرض معابر شهری در نواحی دو و شش منطقه ۳ تهران
منبع: (ترسیم نگارندگان)

بر اساس طبقه‌بندی میانگین عرض معابر، از ۲۲۷ معبر شهری که در منطقه وجود دارد، تعداد ۱۲۳ معبر دارای میانگین ۲۱ متر می‌باشند. بنابراین بیشترین عرض معابر در منطقه ۲۱ متر است (شکل ۷). همچنین در قسمت‌های شمال شرقی منطقه (ناحیه ۶) و جنوب غربی منطقه (ناحیه ۲)، عرض معابر به ۲۶ متر نیز رسیده است که دلیل آن مربوط به قرارگیری این نواحی در نزدیکی بزرگراه‌های منتهی به این نواحی می‌باشد. در مجموع در نواحی دو و شش، غالب معابر دارای عرض متوسط ۲۱ متر می‌باشند.

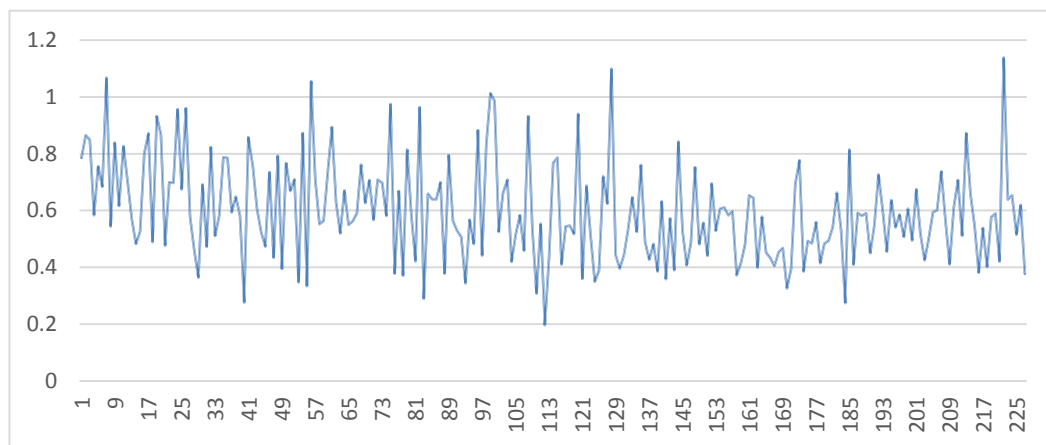


شکل شماره ۷. طبقه‌بندی عرض معابر بر اساس نحوه قرارگیری بلوک‌های شهری

تحلیل شدت جزیره حرارتی

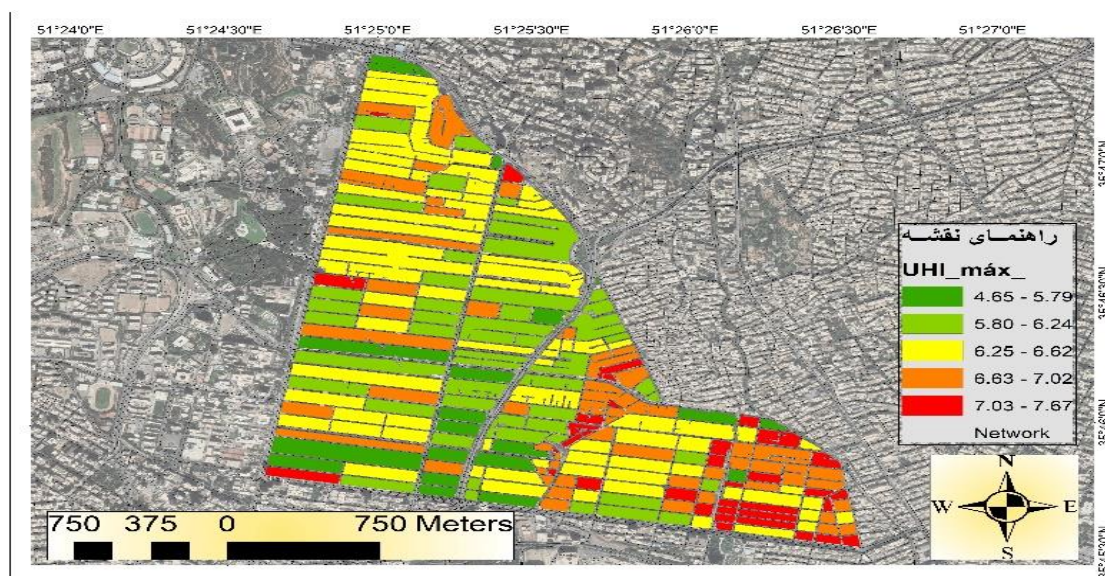
به منظور بررسی شدت جزیره حرارتی ابتدا به بررسی ارتباط بین ارتفاع بلوک‌های شهری با عرض معابر پرداخته شد. با توجه به (شکل ۸) می‌توان گفت هر چه عدد بدست آمده از نسبت H/W بزرگتر باشد نشان دهنده عدم همگنی بین

عرض معابر و ارتفاع بلوک‌ها است. بررسی‌ها نشان داد که در اکثر بلوک‌ها، میانگین بین ارتفاع و عرض معابر بین ۰٫۵ تا ۰٫۸ متر است یعنی بین توزیع و نحوه قرارگیری بلوک‌ها با عرض معابر همگنی خاصی وجود دارد (شکل ۸). به عبارتی دیگر مشخص شد که بیش‌ترین اختلاف نسبت H/W با ضریب ۱/۱ متر است که در تعداد کمی از بلوک‌های منطقه مشاهده شد.



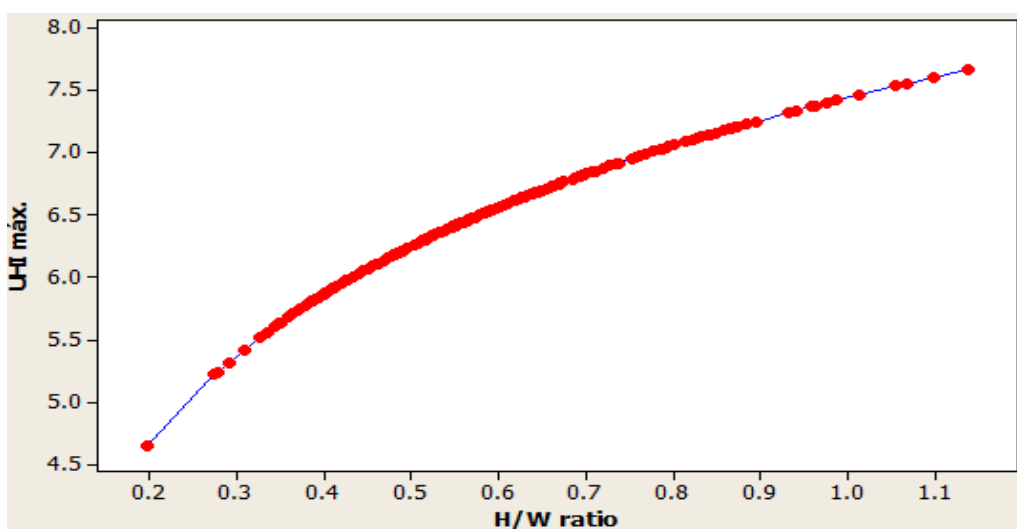
شکل شماره ۸. نسبت میانگین ارتفاع بلوک‌های شهری به میانگین عرض معابر (H/W)
منبع: (ترسیم نگارندگان)

سپس خروجی حاصل از معادله اوک نشان داد هرچه میزان این نسبت (H/W) بزرگ‌تر شود، جزیره حرارتی شهر نیز با روند افزایشی روبه‌رو است (جدول ۱). همچنین می‌توان گفت در بیشتر نواحی بین ارتفاع و عرض معابر همگنی وجود داشته است. شدت جزیره حرارتی در نواحی نشان داد که بازه آن بین ۴-۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد یعنی در کل منطقه از نظر شدت جزیره حرارتی تفاوت چندانی احساس نمی‌شود (شکل ۹). دلیل این امر را می‌توان به برنامه‌ریزی درست و مدیریت صحیح در زمینه نحوه قرارگیری ساختمان‌ها نسبت به عرض معابر و رعایت اصول شهرسازی دانست.



شکل شماره ۹. طبقه‌بندی شدت جزیره حرارتی حاصل از معادله اوک
منبع: (ترسیم نگارندگان)

به عبارتی دیگر هرچه میزان ارتفاع ساختمان نسبت به عرض خیابان زیاد شود شدت جزیره حرارتی بیشتر است، زیرا برون‌رفت انرژی به واسطه کم عرض بودن خیابان کم شده و باعث عدم پستاد انرژی به بیرون از محیط شهری می‌شود و هرچه ناهمواری شکل شهری بیشتر، شدت جزیره حرارتی روند افزایشی خواهد داشت (شکل ۹). نتایج بررسی H/W با UHI نشان داد در صورت وجود ناهمگنی بین بلوک‌های شهری، شدت UHI در ضرایب پایین‌تر H/W نسبت به ضرایب بالاتر H/W ، بیش‌تر خواهد بود. یعنی هر قدر ناهمگنی بین ارتفاع و عرض معابر زیاد باشد، شدت UHI نیز بیش‌تر خواهد شد (شکل ۱۰). همچنین طبق نمودار زیر می‌توان استنباط کرد که در نواحی مورد مطالعه، ضریب پایین نسبت H/W باعث شده است که بیشتر بلوک‌ها دارای توزیع همگنی باشند و در نتیجه شدت جزیره حرارتی در منطقه مورد مطالعه چشمگیر نباشد.



شکل شماره ۱۰. بررسی ارتباط بین ضریب H/W با حداکثر شدت جزیره حرارتی
منبع: (ترسیم نگارندگان)

جدول شماره ۱. محاسبات مربوط شدت جزیره حرارتی منطقه سه با استفاده از معادله عددی اوک

Join	H Med	W Med	H/W Ratio	UHI Máx.
1	15.4	19.601817	0.785641	7.034041
2	14.7625	17.074942	0.864571	7.199099
3	12.9	15.202847	0.848525	7.166799
4	12.823226	21.978214	0.583452	6.521039
5	15.076923	19.942456	0.756021	6.96778
6	12.8	18.714909	0.683947	6.795038
7	18.4	17.246211	1.066901	7.561653
8	13.028571	23.926689	0.54452	6.401976
9	13.780714	16.420577	0.839234	7.147817
10	11.428571	18.531623	0.616706	6.616612
11	12.433333	15.039225	0.826727	7.121928
12	12.822222	18.306407	0.700423	6.83608
13	11.266667	19.750661	0.570445	6.482169
14	11.4	23.625626	0.482527	6.19358
15	10.066667	19.143447	0.525854	6.341836
16	12.981395	16.216023	0.800529	7.066407
17	13.507692	15.50992	0.870907	7.211687
18	10.894054	22.28204	0.488916	6.216261

19	19.307692	20.723317	0.931689	7.328006
20	14.156098	16.32447	0.86717	7.204275
21	9.8375	20.628005	0.4769	6.173357
22	14.73	21.046322	0.699885	6.834755
23	14	20.066593	0.697677	6.829308
24	12.964706	13.542913	0.957306	7.374771
25	13.028571	19.309532	0.674722	6.771626
26	14.533333	15.135231	0.960232	7.380033
27	12.373333	21.399595	0.578204	6.505462
28	10.190244	22.122192	0.460634	6.113525
29	8.903226	24.460665	0.363981	5.707484
30	15.381818	22.252527	0.691239	6.813324
31	8	16.920789	0.472791	6.158437
32	14.830769	18.030243	0.82255	7.113193
33	11.831818	23.193323	0.510139	6.289523
34	11.057143	19.007447	0.581727	6.515935
35	12.64	16.06218	0.786942	7.036892
36	17.730435	22.59257	0.784791	7.032172
37	12.34	20.797621	0.593337	6.550007
38	12.2625	18.883585	0.649374	6.705603
39	9.6	16.511886	0.581399	6.514964
40	8.628571	31.132174	0.277159	5.237636
41	12.622222	14.714907	0.857785	7.185512
42	13.145	17.388074	0.755978	6.967681
43	13.765128	22.69015	0.606657	6.588283
44	12.259574	23.397328	0.523973	6.335657
45	10.215385	21.564376	0.473716	6.161806
46	14.130435	19.200443	0.735943	6.921372
47	9.333333	21.487289	0.434365	6.012285
48	15.6	19.689803	0.792288	7.048566
49	11.92	30.231141	0.394295	5.845412
50	12.25	15.975613	0.766794	6.992174
51	14.176	21.192636	0.668912	6.756714
52	14.342857	20.203506	0.709919	6.859299
53	8.6	24.72763	0.347789	5.629024
54	15.48	17.750229	0.872101	7.214051
55	9.014286	26.998301	0.333883	5.558672
56	12.48	11.828427	1.055085	7.542452
57	9.15	12.890822	0.709807	6.859028
58	11.921951	21.595638	0.552054	6.425666
59	12.25	21.731354	0.563702	6.461666
60	14.581333	19.852306	0.734491	6.917965
61	23.3856	26.156341	0.89407	7.256945
62	13.618461	21.646702	0.629124	6.650983
63	10.2	19.641594	0.519306	6.320231
64	11.831765	17.662881	0.669866	6.759172
65	11.632	21.135638	0.55035	6.420337
66	13.562727	24.102368	0.562713	6.458641
67	12.78	21.6354	0.590699	6.542323
68	12.428571	16.315442	0.761767	6.980835
69	14.284615	22.803964	0.626409	6.643527
70	15.56	21.984176	0.707782	6.854101
71	9.109091	16.074123	0.566693	6.470791
72	14.581818	20.592475	0.708114	6.854909

73	11.644444	16.695956	0.697441	6.828725
74	13.22381	22.754493	0.581152	6.514229
75	18.266667	18.738143	0.974839	7.406063
76	10.816667	28.629202	0.377819	5.771818
77	9.4	14.045085	0.669273	6.757646
78	10.13	27.314075	0.370871	5.739815
79	13.851852	17.022275	0.813749	7.094646
80	13.192	22.566861	0.584574	6.524353
81	10.425	24.704639	0.421986	5.962431
82	10.2	10.59017	0.963157	7.385278
83	8.18	28.182356	0.290253	5.317221
84	12.815686	19.459032	0.658598	6.729924
85	14.4	22.507974	0.639773	6.679924
86	8.927273	13.946926	0.640089	6.680774
87	13.02	18.605934	0.699777	6.834489
88	9.10303	24.068166	0.378219	5.77364
89	14.925	18.772221	0.795058	7.054583
90	13.380952	23.734646	0.563773	6.461884
91	9.254545	17.52739	0.528005	6.348872
92	10.2	20.123775	0.506863	6.278416
93	10.516456	30.54861	0.344253	5.611405
94	13.066667	23.003179	0.568037	6.474877
95	8.066667	16.738084	0.481935	6.191464
96	14.733333	16.684631	0.883048	7.235558
97	11.575	26.157878	0.442505	6.044296
98	13.756522	16.546725	0.831374	7.131592
99	13.333333	13.15487	1.013566	7.473233
100	15.683333	15.912652	0.985589	7.424972
101	13.902857	26.446197	0.525703	6.341341
102	13.165049	19.94303	0.660133	6.733936
103	14.9	21.041948	0.708109	6.854898
104	9.906667	23.619736	0.419423	5.951931
105	10.675	20.723109	0.515125	6.306295
106	15.33931	26.272724	0.583849	6.522214
107	8.4	18.293017	0.459192	6.108116
108	16.892308	18.11946	0.932274	7.329089
109	13.705556	25.65955	0.534131	6.368761
110	8.68	28.18764	0.307936	5.41919
111	13.367805	24.13662	0.553839	6.431233
112	5	25.405694	0.196806	4.647335
113	10.366667	23.913774	0.433502	6.008854
114	11.7	15.234501	0.767994	6.99487
115	12.87	16.367249	0.786326	7.035543
116	10.31579	25.132237	0.41046	5.914687
117	12.085	22.189004	0.544639	6.402352
118	13.666667	25.001009	0.546645	6.408689
119	12.3	23.773091	0.517392	6.313863
120	14.823529	15.764751	0.940296	7.34386
121	12.502564	34.778082	0.359496	5.686103
122	12.311111	17.929375	0.686645	6.801826
123	11.915151	23.38532	0.509514	6.28741
124	8.848781	25.298662	0.349773	5.63883
125	9.641667	24.847962	0.388026	5.81778
126	17.541177	24.372558	0.71971	6.882916

127	14.730322	23.587432	0.624499	6.63826
128	12.933333	11.774158	1.098451	7.611899
129	11.411111	25.767913	0.442842	6.045607
130	10.106977	25.511433	0.396174	5.853609
131	10	22.503604	0.444373	6.051559
132	14.06	26.295218	0.534698	6.370591
133	16.38383	25.3284	0.646856	6.698906
134	9.212121	17.537314	0.525287	6.339974
135	12.146316	15.970388	0.760552	6.978083
136	9.8	20.038134	0.489067	6.216794
137	8.865714	20.742798	0.427412	5.98446
138	12.63125	26.198003	0.482146	6.192217
139	9.07	23.503103	0.385906	5.808334
140	13.609524	21.5347	0.631981	6.658795
141	10.325	28.74434	0.359201	5.684691
142	14.830204	25.918712	0.572181	6.487409
143	9.633333	24.707108	0.389901	5.82609
144	12.652632	15.025186	0.842095	7.153683
145	10.666667	20.205176	0.527918	6.348587
146	10.266667	25.226325	0.406982	5.900015
147	12.127368	24.995999	0.485172	6.203007
148	10.881633	14.475485	0.751728	6.957962
149	14.277468	29.677849	0.481082	6.188409
150	12.433333	22.357023	0.556127	6.438339
151	10.767273	24.445163	0.440466	6.036334
152	14.625	21.032797	0.695343	6.823529
153	13.371429	25.309901	0.528308	6.349863
154	8.755556	14.444444	0.606154	6.586854
155	12.217778	19.992875	0.611107	6.600884
156	10.688889	18.328175	0.583194	6.520279
157	10.766667	18.040742	0.596797	6.560033
158	9.728471	26.105945	0.372653	5.748082
159	9.25	22.364369	0.413604	5.927843
160	9.654545	20.168556	0.478693	6.179826
161	9.866667	15.090154	0.653848	6.717443
162	15.430495	23.941663	0.644504	6.692625
163	9.9824	24.97334	0.399722	5.868981
164	13.04375	22.551072	0.578409	6.506074
165	10.249263	22.671963	0.452068	6.081158
166	8.643902	19.963728	0.43298	6.006779
167	6.4	15.811388	0.404772	5.890624
168	10.573333	23.333958	0.453131	6.085207
169	11.42	24.420837	0.467633	6.139525
170	9.4	28.778033	0.326638	5.520845
171	9.715789	24.580016	0.395272	5.849677
172	15.48	22.351575	0.692569	6.816637
173	19.726	25.385374	0.777062	7.015108
174	10.770667	27.929977	0.385631	5.807103
175	11.949231	24.237643	0.493003	6.230613
176	10.946154	22.574644	0.484887	6.201993
177	13.474286	24.093441	0.559251	6.448
178	9.236364	22.274539	0.41466	5.932238
179	13.327647	27.553081	0.483708	6.197796
180	11.2	22.663649	0.494183	6.234736

181	12.848485	23.737981	0.541263	6.39163
182	15.568	23.523823	0.661797	6.738278
183	14.885714	28.011525	0.531414	6.359969
184	8	29.15476	0.274398	5.220371
185	17.858333	21.928885	0.814375	7.095973
186	11.04	26.954068	0.409586	5.911009
187	15.9465	26.975562	0.591146	6.543629
188	11.789474	20.260415	0.581897	6.516439
189	14.185714	24.042572	0.590025	6.540355
190	11.385714	25.306581	0.449911	6.072913
191	12.795897	23.380992	0.547278	6.410685
192	14.648	20.155599	0.726746	6.899689
193	13.460632	22.384348	0.601341	6.57311
194	13.06037	28.691162	0.455205	6.093083
195	10.617143	16.68564	0.636304	6.670549
196	12.863448	23.771063	0.541139	6.391236
197	13.633407	23.283183	0.585547	6.527221
198	9.911111	19.529757	0.507488	6.280539
199	12.2	20.12534	0.606201	6.586988
200	10.8	21.84017	0.494502	6.235846
201	10.75	15.930916	0.674789	6.771796
202	9.505882	18.415962	0.516176	6.309808
203	8.6648	20.358381	0.425613	5.977191
204	8.92	17.724672	0.503253	6.266093
205	10.142857	17.084295	0.593695	6.551046
206	11.016327	18.309998	0.601656	6.574014
207	18.35	24.894345	0.737115	6.924115
208	13.38	23.668163	0.565316	6.466598
209	10.315294	25.102896	0.41092	5.916618
210	10.433333	17.076788	0.610966	6.600487
211	11.430986	16.160821	0.707327	6.852992
212	12.169697	23.773651	0.511899	6.29546
213	22	25.206906	0.872777	7.215385
214	10.917647	16.574209	0.658713	6.730224
215	11.035745	20.174667	0.54701	6.409841
216	6.971429	18.30088	0.380934	5.785974
217	9.5776	17.796045	0.538187	6.381805
218	10.311111	25.686204	0.401426	5.876314
219	11.941732	20.705129	0.576752	6.501128
220	10.678298	18.134181	0.588849	6.536916
221	9.666046	22.989547	0.420454	5.956162
222	12.32	10.828427	1.137746	7.6725
223	11.485283	17.995359	0.638236	6.675775
224	14.481333	22.158679	0.653529	6.716601
225	10.593814	20.558446	0.515302	6.306886
226	13.241379	21.37487	0.619483	6.624358
227	8.869565	23.474548	0.377838	5.771901

نتیجه گیری

هندسه شهری در تشکیل جزایر حرارتی شهر از طرق مختلف می‌تواند تأثیرگذار باشد: از جمله ارتفاع بلوک‌های شهری، عرض معابر، نوع مواد بکار رفته در بلوک‌های شهری، نحوه قرارگیری بلوک‌های شهری در جهات باد غالب و غیره. در این مقاله سعی شده است تا تأثیر هندسه شهری را بر حداکثر شدت جزیره حرارتی، با استفاده از ابزار GIS و پارامترهای بلوک‌های شهری و عرض معابر بررسی شود. برای بررسی شدت جزیره حرارتی از معادله عددی اوک استفاده گردید. نتایج بررسی نشان داد که هندسه شهری (ارتفاع بلوک شهری و عرض معابر) به عنوان دو پارامتر ورودی (H/W) بر شدت حداکثر جزیره حرارتی شهر تأثیرگذار است. در نواحی دو و شش منطقه ۳ تهران بیشتر بلوک‌های شهری به طور متوسط دارای ۴ طبقه (یعنی ۱۲ متر) می‌باشد. هم چنین پهنای معابر در بیشتر نواحی منطقه متناسب با ارتفاع بلوک‌های شهری در نظر گرفته شده است. بررسی شبیه‌سازی معادله اوک نشان داد که با افزایش نسبت H/W رشد UHI_{max} چشمگیرتر است، این نتیجه به نوعی با مطالعه گونسالس و همکاران (۲۰۱۱) و اوساکی و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱۸) مطابقت دارد. نهایتاً شدت جزیره حرارتی در نواحی دو و شش منطقه سه تهران محسوس نبوده است که نشان‌دهنده پیکربندی مناسب هندسه ساختمانها با استفاده از شاخص‌های به کارگرفته در اصول معماری و شهرسازی این منطقه است. بنابراین می‌توان گفت این مدل پیشنهادی (اوک) به درک مشکلات شهری می‌تواند کمک کند. بنابراین با برنامه‌ریزی مناسب و رعایت دستورالعمل‌های اصول شهرسازی توسط سازمان‌ها و افراد ذیصلاح به منظور ایجاد شرایط بهتر، استراتژی‌های هدفمندتری را می‌توان اتخاذ نمود که می‌تواند از گسترش پدیده جزیره حرارتی در شهرهای بزرگ از جمله کلانشهر تهران جلوگیری کند.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله که برگرفته از رساله دکتری می‌باشد، حامی مالی نداشته است.

منابع

- ۱) آروین، عباسعلی (۱۳۹۷) بررسی جزیره حرارتی در ارتباط با آلودگی هوا در شهر اصفهان، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۲۵، صص. ۱۲۹-۱۱۵.
- ۲) رهنمایی، محمد تقی (۱۳۶۹) مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی، چاپ سوم، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران، چاپ گستر.
- ۳) سلیقه، محمد (۱۳۸۲) توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل، مجله جغرافیا و توسعه. دوره ۴، شماره ۱۴، صص. ۱۰۹-۱۲۲.
- ۴) شکیا، علیرضا (۱۳۸۸) تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزیره حرارتی شهر تهران، سنجش از دور و جی ای اس ایران، دوره ۱، شماره ۱، صص. ۱.
- ۵) صادقی نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول و ضیائیان، پرویز (۱۳۹۱) تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی کلانشهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۴، صص. ۱۷-۱.
- ۶) علیجانی، بهلول؛ طولابی‌نژاد، میثم و صیادی، فریبا (۱۳۹۶) محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری مورد مطالعه: محله کوچه باغ شهر تبریز، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص. ۹۹-۱۱۲.
- ۷) ملک‌پور، پیمان و طالعی، محمد (۱۳۹۰) مدل‌سازی ارتباط کاربری- پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER، دوره ۵۸، صص. ۳۷-۴۲.

- ۸) یوسفی، یدالله (۱۳۹۷) شکل گیری جزیره حرارتی و اثر آن بر تغییرپذیری دما در شهر بابل، محیط شناسی، شماره ۲، صص. ۳۵۴-۳۴۵.
- 9) Atkinson, B.W. (2003) Numerical modelling of urban heat-island intensity. *Boundary Layer Meteorology*, Vol.109, No.3, pp.285-310. DOI: 10.1023/A:102582032 6672.
 - 10) Alijani, B., Toulabi-Nejad, M., Sayadi, F. (2017) Calculation of thermal island intensity based on the studied urban geometry: Bagh alley neighborhood of Tabriz, spatial analysis of environmental hazards, 3, pp. 112-99. [Persian].
 - 11) Arvin, Abbas Ali (2018). Investigation of thermal island in relation to air pollution in Isfahan, *Geography and environmental hazards*, No. 25, pp. 129-115. [Persian].
 - 12) Balázs, Bernadett; Unger, Janos; Gál, Tamas; Sümeghy, Zoltan; Geiger, Janos; & Szegedi, Sandor. B. (2009) Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: Empirical modelling, verification and extension. *Meteorological Applications*, Vol.16, No. 3, pp. 275-287. DOI: 10.1002/met.116.
 - 13) Carolina, S., Gussona, D & Duarte, H.S. (2016) Effects of Built Density and Urban Morphology on Urban Microclimate - Calibration of the Model ENVI-met V4 for the Subtropical Sao Paulo, Brazil, *Procedia Engineering*, Vol. 169, PP. 2 – 10.
 - 14) Chen, H., Ooka, R. & Kato, S. (2008) Study on optimum design method for pleasant outdoor thermal environment using genetic algorithms (GA) and coupled simulation of convection, radiation and conduction. *Building and Environment*, Vol.43, No.1, pp. 18-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.039>.
 - 15) Dhalluin, A. & Bozonnet, E. (2015) Urban heat islands and sensitive building design – A study in some French cities’ context, *Sustainable Cities and Society*, Vol.19, pp. 292–299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.009>.
 - 16) Dikman, M., Ishara, D., Dirk, L., Chris, Z. & Assela, P. (2019) The Sensitivity of Urban Heat Island to Urban Green Space a Model-Based Study of City of Colombo, Sri Lanka, *atmosphere*, doi:10.3390/atmos1003.
 - 17) Fahmy, M., Mokhtar, H. & Gira, A. (2012) Adaptive urban form design on a climate change basis, A case study in Nuba, Egypt. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
 - 18) Gonçalves, J.C.S., Mulfarth, R.K., Monteiro, L.M., Moura, N.C., Prata, A.R., Mianna, A.C. & Cavalcante, R. (2011) Adensamento urbano e desempenho ambiental no centro da cidade de São Paulo. *Proceedings... XI Encontro Nacional e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Búzios-RJ, 2011.*
 - 19) Jusuf, SK., Hien, WN. (2009) Development of empirical models for an estate level air temperature prediction in Singapore. *Proceedings. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands*. pp:19-23.
 - 20) Lehoczky, A., Sobrino, J., Skoković, D. & Aguilar, E. (2017) The Urban Heat Island Effect in the City of Valencia: A Case Study for Hot Summer Days. *Urban Science*, Vol.1, No.1, <https://doi.org/10.3390/urbansci1010009>.
 - 21) Levermore, GJ. & Cheug, H.K.W. (2012) A low-order canyon model to estimate the influence of canyon shape on the maximum urban heat island effect. *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol.33, No.4, pp. 371-385, <http://journals.sagepub.com/toc/bsea/33/4>.
 - 22) Levermore, G; Parkinson, J., Lee, K., Laycock, P. & Lindley, S. (2017) The increasing trend of the urban heat island intensity, *Urban Climate*, PP.1-9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>.
 - 23) Lio Du, T., Zhou, MSLI. & Gong, D.Y (2014) Urban heat island effects derived from dense Landsat thermal observations in Nanjing, China, 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE35).
 - 24) Marciotto, ER; Oliveira, AP; Hanna, S.R. (2010) Modeling study of the aspect ratio influence on urban canopy energy fluxes with a modified wall canyon energy budget scheme, *Building and Environment*, Vol.45, No.11, pp.2497-2505, DOI: 10.1016/j.buildenv. 2010.05.012.

- 25) Masek, J., Lindsay, F. & Goward, S.N. (2000) Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973-1996, from Landsat observations, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, No.18, pp.3473-3486.
- 26) Malekpour, P. & Talei, M. (2011) Modeling land use-land cover and surface temperature modeling, using ASTER sensor data, Vol.37, No.58, pp. 42-37. [Persian].
- 27) Oke, T.R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, Vol.1, No.3, pp.237-254, DOI: 10.1002/joc.3370010304.
- 28) Oliveira Pano, M., Gonçalves, H. & Ferrão, P. (2009) Numerical analysis of the street canyon thermal conductance to improve urban design and climate, *Building and Environment*, Vol.44, No.1, pp.177-187, DOI: 10.1016/j.buildenv. 2008.02.004.
- 29) Santo, MA., Maggiotto, G., Stocker, J., Carruthers, D. & Sabatino, SD. (2012) Comparison of ADMS Temperature and Humidity model and ENVIMET and measured temperature values. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, UCD, Dublin Ireland.
- 30) Svensson, MK; Thorsson, S; Lindqvist, S.A (2003) A geographical information system model for creating bioclimatic maps – examples from a high, mid-latitude city. *Int J Biometeorol*, Vol.47, pp. 102-112.
- 31) Rahnamaei, M.T (1990) Collection of topics and methods of urban planning, third edition, Tehran, Center for Architectural and Urban Studies and Research of Iran, Gostar. [Persian].
- 32) Sadeghinia, A., Alijani, B. & Ziaeiian, P. (2012) Spatio-temporal analysis of the thermal island of Tehran metropolis using remote sensing and GIS, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, Vol.4, pp. 17-1. [Persian].
- 33) Saligheh, M. (2003) Paying attention to the wind in building the physical body of Zabol city. *Journal of Geography and Development*. No.14. pp. 109-122. [Persian].
- 34) Shakiba, A. (2009) Analysis of land use and land cover and thermal island of Tehran, remote sensing and GIS Iran, No. 1, pp.1.[Persian].
- 35) Svensson, MK. Thorsson, S. & Lindqvist, S.A. (2003) A geographical information system model for creating bioclimatic maps – examples from a high, mid-latitude city. *Int J Biometeorol*, Vol. 47, pp.102-112.
- 36) Yousefi, Y. (2018) Formation of a thermal island and its effect on temperature variability in the city of Babol, *Environmental Science*, Vol.2, pp. 354-345. [Persian].
- 37) Zinzi, M., Carnielo, E. & Marinelli, E. (2012) Thermal and solar characterization of cool asphalts to mitigate urban temperatures. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, UCD, Dublin Ireland.