



مرکز پژوهش‌های شورای اسلام  
کلان‌شهر تبریز

# نگاهی بر اثر رشد شهری کلان‌شهر تبریز در تشدید جزایر حرارتی شهری

متن (PDF) از طریق سایت مرکز به نشانی [retbz.tabriz.ir](http://retbz.tabriz.ir) قابل دریافت است.

شماره: ۲۸۹-۶/م/پ | تاریخ: ۱۴۰۳/۸/۲

آدرس: خیابان پاسداران، ورودی اول فرشته جنوبی به سمت بلوار دوکمال، ساختمان شورا





یادداشت:

## نگاهی بر اثر رشد شهری کلان‌شهر تبریز در تشدید جزایر حرارتی شهری

شماره: ۲۸۹-۶/م/پ | تاریخ: ۱۴۰۳/۸/۲

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز پژوهش‌های شورای شهر تبریز است.

متن (PDF) از طریق سایت مرکز به نشانی [rctbz.tabriz.ir](http://rctbz.tabriz.ir) قابل دریافت است.

آدرس: بزرگراه پاسداران، ورودی اول فرشته جنوبی به سمت بلوار دوکمال، ساختمان شورا، طبقه اول



|                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان اصلی: نگاهی بر اثر رشد شهری کلان شهر تبریز در تشدید جزایر حرارتی شهری                        |
| پدیدآور: محمدعلی کوشش وطن                                                                          |
| ناظر: معاونت پژوهشی مرکز                                                                           |
| نوع و شماره: یادداشت (۸-۵-۱۹۹۲)                                                                    |
| شماره: ۲۸۹-۶/م/پ   تاریخ: ۱۴۰۳/۸/۲                                                                 |
| متن (PDF) از طریق سایت مرکز قابل دریافت است                                                        |
| دریافت نظر و پیشنهاد: <a href="mailto:rctc@tabriz.ir">rctc@tabriz.ir</a>   ۰۴۱-۲۱۰۴۰۹۰۰            |
| آدرس: بزرگراه پاسداران، ورودی اول فرشته جنوبی به سمت بلوار دوکمال، ساختمان شورا، ضلع شرقی طبقه اول |

## چکیده

شهرها در قالب مراکز تجمع انسانی بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، به خاطر وجود جاذبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی نیز همواره تعداد قبل توجهی از مهاجرت‌ها به نواحی شهری انجام می‌شود که خود سرعت افزایش جمعیت شهرها را در کنار رشد طبیعی آن بیشتر می‌کند. این مسئله در شهرهای کشورهای درحال توسعه نیز با شدت بالاتری درحال انجام است. پیش‌بینی‌های صورت گرفته در زمینه رشد شهری و افزایش جمعیت نیز خبر از افزایش شدید بار جمعیتی و همچنین تغییرات زیست‌محیطی در بازه ۳۰ سال آینده را می‌دهد. پدیده جزایر حرارتی یکی از مهمترین نمودهای مداخله‌های انسان در محیط طبیعی است که با شدت یافتن تغییرات اقلیم جهانی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. البته این مقوله در کشور ما جای بحث زیادی دارد؛ چرا که پژوهش‌های اندکی در مورد آن نسبت به سایر کشورها صورت گرفته است. این پدیده نشانگر اختلاف دمای ذخیره شده در نواحی شهری با نواحی طبیعی اطراف آن است. از مهم‌ترین عواملی که باعث تشدید جزایر حرارتی در نواحی شهر می‌شود، می‌توان به نوع کاربری اراضی، تغییر پوشش اراضی از سطوح طبیعی به سطوح مصنوعی (همچون آسفالت)، استفاده از مصالح دارای رنگ تیره (باعث افزایش ذخیره گرمایی شده و باعث کاهش آسایش حرارتی در تابستان می‌گردد)، ترافیک، کمبود پوشش گیاهی، بافت شهری فشرده و بلند مرتبه‌سازی (باعث کاهش جریان هوا در بین بافت می‌شود)، استفاده از کولرها و غیره اشاره نمود. این پدیده می‌تواند با تغییر الگوهای بارندگی، تشدید آلودگی هوا، افزایش خطر سیل و کاهش کیفیت آب، استاندارد زندگی شهروندان را به شکل قابل توجهی کاهش دهد. با این حال، اثر مستقیم این پدیده بر سلامت انسانی، قرارگرفتن در معرض دمای بالا به خصوص طی امواج گرمایی فصل تابستان است.

در مطالعه حاضر به بررسی جزایر حرارتی شهر تبریز پرداخته شده و برخی از کلیدی‌ترین عوامل تشدیدکننده آن مورد بحث واقع شده است. در این راستا مشخص شد که میانگین حد بالای جزایر حرارتی برابر با ۵/۲ درجه سانتی‌گراد است. همچنین، تصاویر پوشش گیاهی شهر تبریز در بازه ۳۸ ساله با یکدیگر مقایسه گردید که نشان از تخریب شدید پوشش سبز تبریز دارد. نواحی که پوشش سبز آن‌ها تخریب شده، جای خود را به پهنه‌های مترکم ساختمانی داده است که باعث حداکثر افزایش دمای ۱۱ درجه سانتی‌گرادی در برخی از آن‌ها شده است. در ادامه، نقشه بافت شهری تبریز با استفاده از تصاویر لندست با دقت ۹۰ درصدی استخراج گردید. در این راستا، بخش قابل توجهی از شهر تبریز دارای بافت فشرده است که از مهمترین عوامل تشدید جزایر حرارتی تلقی می‌گردد. در نهایت، نقش اراضی خالی، سطوح نفوذناپذیر، توسعه‌های بی‌برنامه و مصالح به صورت توصیفی با استفاده از نمودهای آن از شهر تبریز مورد بحث قرار گرفت. علاوه بر این، پیشنهادهایی هم در راستای انطباق با جزایر حرارتی ارائه گردید.

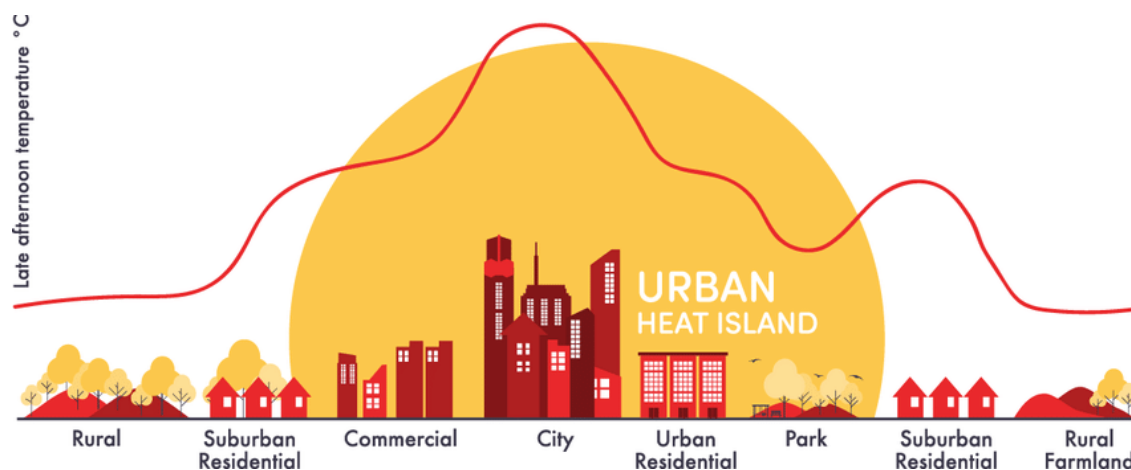
## فهرست مطالب

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| مقدمه .....                               | ۳  |
| ۱. اثرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت ..... | ۴  |
| ۲. بستر مطالعه .....                      | ۵  |
| ۳. تجزیه و تحلیل .....                    | ۵  |
| ۳-۱. جزایر حرارتی شهری شهر تبریز .....    | ۵  |
| ۳-۲. پوشش سبز شهر .....                   | ۷  |
| ۳-۳. تغییرات دمایی .....                  | ۸  |
| ۳-۴. بافت شهری .....                      | ۱۰ |
| ۳-۵. عدم توجه به محوطه‌سازی .....         | ۱۳ |
| ۳-۶. مصالح شهری .....                     | ۱۴ |
| ۴. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات .....     | ۱۵ |

## مقدمه

شهرها اصلی‌ترین محل تمرکز انسانی به لحاظ فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی هستند که بیش از نیمی از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند. علاوه بر این، رشد طبیعی جمعیت و مهاجرت به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به جهت تمرکز فرصت‌ها در شهرهای بزرگ به شدت بر تراکم جمعیت در نواحی شهری اثر می‌گذارد. با این حال، پیش‌بینی‌ها در سطح جهانی نشان می‌دهد که در سال ۲۰۳۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ جمعیت ساکن در این نواحی به ترتیب به ۸/۵، ۹/۷ و ۱۱/۲ میلیارد خواهد رسید (Mills, et al., 2010; Qiao et al., 2014; United Nations, 2015; Zupancic et al., 2015). همچنین، انتظار می‌رود که بخش قابل توجهی از این رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه رخ خواهد داد که درگیر مشکلات متعدد زیست‌محیطی نیز هستند. یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که در سطح جهانی توجه خاصی را به وجود آورده، پدیده جزایر حرارتی است که با وجود تغییرات اقلیمی، شدت یافته و به شکل مستقیم و غیرمستقیم حیات انسانی را تحت تأثیر قرار داده است. این پدیده در اصل نشانگر تفاوت مثبت دمای هوای داخل شهر با نواحی اطراف آن می‌باشد که شهری نشده و به صورت طبیعی باقی مانده است (شکل ۱). فرم پیچیده شهرها از عواملی است که تعادل انرژی آن را در سطح و فضای بالای آن به شکل قابل توجهی تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در این راستا، وجود و گسترش شهرها خصوصیات تابشی، آیرودینامیکی، حرارتی و رطوبتی شهر و اتمسفر آن را تغییر می‌دهد. بارزترین اثر قابل تشخیص، ناهنجاری‌های حرارتی مثبت مرتبط با دمای هوای شبانه شهری است که به طور ویژه در شهرهای مناطق خشک مشاهده می‌شود. این اثر جزیره گرمایی شهری<sup>۱</sup> به‌طور کلی بازتابی از کلیت تغییرات ریز اقلیمی ناشی از شهرنشینی است. عوامل متعددی در شهرها شدت این پدیده را کنترل می‌کند. از مهم‌ترین عوامل که در شهرهای ایران نیز مشهود است، تغییرات کاربری و همچنین پوشش اراضی است. تبدیل پوشش طبیعی سطح زمین به پوشش‌های مصنوعی همچون آسفالت (خیابان، پارکینگ‌ها و پیاده‌روها) و بتن به علت رنگ تیره و ظرفیت حرارتی، گرمای حاصل از فعالیت‌های انسانی و تابش خورشید را در طول روز ذخیره کرده و در طول شب آرام آرام آن را رها می‌کند که به شکل فزاینده شدت جزایر حرارتی را افزایش می‌دهد. همچنین، کمبود پوشش گیاهی، فرم شهری فشرده، ترافیک و همچنین سیستم‌های سرمایشی (کولرها) نیز از دیگر عوامل تشدیدکننده جزایر حرارتی شهری هستند که شهر تبریز نیز از همین مسئله رنج می‌برد. در مورد سیستم‌های سرمایشی نیز مسئله مهمی وجود دارد که آن هم طبیعتاً افزایش تقاضا برای انرژی مصرفی جهت سرمایش در پیک‌های گرمایی است. همان‌طور که در شهر تبریز نیز بارها تجربه شده است، در روزهای گرم تابستان به کرات برق مناطق مختلفی از شهر قطع می‌شد که ناشی از همین مقوله افزایش یکباره تقاضا برای سرمایش و مقابله با ناراحتی حاصل از حد پایین آسایش حرارتی در شهر بود.

<sup>1</sup> Urban heat Island



شکل ۱. جزایر حرارتی شهری (WHO, 2021)

### ۱. اثرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت

افزایش شهرنشینی، تغییرات آب‌وهوایی و همچنین پیری جمعیت بدین معنی است که خطرات بهداشتی برای جمعیت شهری در آینده بیشتر خواهد شد. جزایر حرارتی شهری نشانگر مکانیزمی است که سلامت جمعیت شهری را تهدید می‌کند. جزایر حرارتی شهری می‌تواند با تغییرات الگوهای بارندگی، تشدید آلودگی هوا، افزایش خطر سیل و کاهش کیفیت آب، استاندارد زندگی شهروندان را به شکل قابل توجهی کاهش دهد. با این حال، اثر مستقیم این پدیده بر سلامت انسانی، قرار گرفتن در معرض دمای بالا به خصوص طی امواج گرمایی فصل تابستان است. بسیاری از پژوهش‌ها نیز تأثیر این موضوع را تأیید کرده‌اند (Vardoulakis et al, 2014; Baccini et al, 2008). رویدادهایی مانند امواج گرمایی می‌تواند منجر به اوج مرگ‌ومیر ناشی از گرما در طی چند روز گردد؛ به عنوان مثال موج گرمای اروپا در سال ۲۰۰۳ با هزاران مرگ بیش از حد همراه بود و یا موج گرمای ژاپن در سال ۲۰۱۸ که منجر به بستری شدن بیش از ۲۰۰۰۰ بیمار در بیمارستان مرتبط با گرم‌زدگی گردید (بیشتر در افراد بالای ۶۵ سال سن). گرما اغلب یک عامل مؤثر در مرگ و میر و عوارض ناشی از علل دیگر، مانند بیماری‌های تنفسی است که در دماهای بالا نیز به شکل فزاینده‌ای تشدید می‌شود؛ بنابراین افزایش دما به دلیل اثر جزایر حرارتی شهری باعث افزایش خطر مرگ و میر ناشی از گرما در مناطق شهری شده و این احتمال وجود دارد که در آینده به دلیل تغییرات اقلیمی و جزایر حرارتی نیز شدیدتر گردد (Heaviside et al, 2017). افزایش سطح ازن به دلیل دماهای بالاتر و آلاینده‌های هوا ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی، احتمالاً با افزایش سطح کلسترول و التهاب سیستمیک، مرگ‌ومیر و عوارض قلبی - تنفسی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، افزایش بروز بیماری‌های کلیوی و روانی مرتبط با قرار گرفتن در معرض گرمای شهری از دیگر اثرات مخربی است که می‌توان بدان اشاره نمود. البته اثرات گرما و سرما بر سلامتی متفاوت به صورت یکسان نیست. سرما در بازه‌های زمانی طولانی‌تری نسبت به گرما که فوری‌تر است، بر سلامتی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، دوره‌های کوتاه گرمای شدید می‌تواند منجر به افزایش ریسک بیماری‌های مختلف گردد. با این حال، آسیب‌پذیری در برابر گرما برای همه ساکنان شهر نیز به شکل یکسان نمی‌باشد.



مقوله خطر، با درجه قرارگرفتن در معرض گرما (به‌عنوان مثال، زندگی در همسایگی جزیره گرمایی، کمبود پوشش درخت، فقدان تهویه مطبوع، زندگی در طبقات بالای ساختمان‌ها و کار در فضای باز) و میزان حساسیت شهروندان (افراد جوان و مسن و افراد کم‌ارتفاع) افزایش می‌یابد. میزان تحصیلات، عدم سلامتی و یا نداشتن مراقبت‌های بهداشتی کافی، انزوای اجتماعی و کمبود منابع مادی از دیگر مواردی هستند که باعث افزایش آسیب‌پذیری شهروندان از مقوله جزایر حرارتی می‌گردد. تولید دانش در زمینه آسیب‌پذیری به مقامات و سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد تا «نقاط داغ» را در شهرها شناسایی کرده و مداخلات را برای مکان‌ها و افرادی که بیشترین نیاز را دارند، مورد هدف برنامه‌های خود قرار دهند (Tong et al., 2021). البته باید توجه داشت که ویژگی‌های مسکن و وضعیت اجتماعی - اقتصادی جمعیت مسئله ریسک حاصل از جزایر حرارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، این ریسک می‌تواند در نواحی حاشیه‌نشین کشورهای در حال توسعه نیز به علت کیفیت پایین زندگی بسیار بالاتر از سایر نقاط باشد.

## ۲. بستر مطالعه

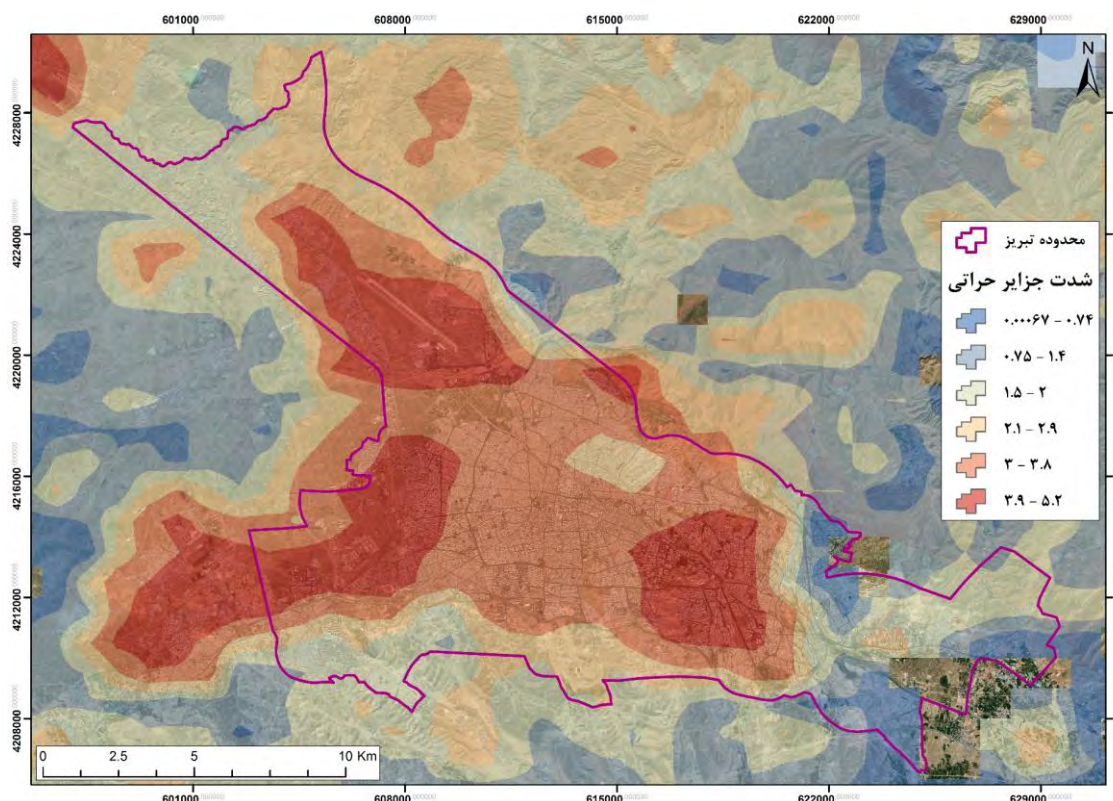
شهر تبریز یکی از شهرهای اصلی ایران است که همانند سایر شهرهای اصلی آن رشد قابل توجهی را تجربه کرده است و دارای پهنه شهری متراکم می‌باشد. در سال ۱۳۰۰، این شهر یکی از سکونتگاه‌هایی بود که تمرکزگرایی بالایی را از خود نشان داده است. همچنین، مقایسه آمارهای سال ۱۳۸۵ با ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که آذربایجان شرقی به مرکزیت شهر تبریز دارای نرخ شهرنشینی بالایی می‌باشد (Pilevar, 2021). این شهر به لحاظ اقلیمی در منطقه سرد و خشک واقع شده و بدین جهت دارای جزایر حرارتی شبانه در فصل تابستان است. البته با اینکه در ساعات روز جزیره حرارتی در شهر تبریز در نقاط خیلی خاص و در وسعت کم قابل مشاهده است، ولی در این ساعات دمای هوا از آستانه مطلوب بالا می‌رود؛ بنابراین، پرداختن به اثر جنبه‌های مختلف رشد شهری تبریز بر جزایر حرارتی آن امری مهم و ضروری است. گزارش حاضر سعی در ایجاد دید کلی بر تأثیرات رشد شهری در تشدید جزایر حرارتی شهر تبریز دارد.

## ۳. تجزیه و تحلیل

### ۳-۱. جزایر حرارتی شهری شهر تبریز

شکل (۲) نقشه پهنه‌بندی شده جزایر حرارتی شهر تبریز در شب (۱۰:۳۰) را نشان می‌دهد. جهت استخراج نقشه مذکور، تصاویر دمای سطح زمین روزانه ماهواره MODIS برای ساعت ۱۰:۳۰ شب از سامانه Google Earth Engine به شکل میانگین برای سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ در فصل تابستان تهیه شد (حدوداً ۹۰ تصویر برای فصل). در ادامه اختلاف دمای داخل شهر با خارج آن محاسبه شده و نقشه مذکور حاصل گردید. همچنین، دقت تصویر به دست آمده در حد یک کیلومتر است. در انتخاب نواحی اطراف شهر سعی گردید که نواحی انتخابی فاقد پوشش گیاهی و ساخت‌وساز باشد تا تخمین درستی از جزایر حرارتی حاصل گردد. همان‌طور که در شکل (۲) مشخص است، کل پهنه ساخته‌شده شهر تبریز دارای جزایر حرارتی بوده که به شدت‌های مختلف در سطح شهر پراکنده شده است. بخش‌های شرقی، غربی و شمال غربی شهر دارای بالاترین شدت جزایر حرارتی با شدت بین ۳/۹ الی ۵/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پهنه قابل توجهی از

شهر که بخش مرکزی نیز در آن قرار دارد، دارای جزایر حرارتی با شدت بالایی است. شدت جزایر حرارتی این محدوده‌ها بین ۳/۸ الی ۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نواحی شرقی‌تر شهر تبریز نیز دارای جزایر حرارتی ۰/۷۵ الی ۲ درجه سانتی‌گرادی است.



شکل ۲. نقشه جزایر حرارتی شهری شهر تبریز - میانگین ۵ ساله فصل تابستان (۲۰۱۸ - ۲۰۲۲)

جدول (۱) مساحت و میانگین طبقات مختلف جزایر حرارتی شهر تبریز را نشان می‌دهد. در این راستا، بیشترین مساحت جزایر حرارتی با ۴۰/۸۷ درصد در شدت ۳ الی ۴۳ درجه سانتی‌گرادی قرار دارد. دومین طبقه نیز دارای مساحت ۱۷/۰۶ درصدی با شدت جزایر حرارتی ۱ الی ۲ درجه سانتی‌گرادی است. سومین طبقه با مساحت ۱۵/۸۷ درصدی در بازه‌های شدتی ۲ الی ۳ و ۴ الی ۵ درجه سانتی‌گرادی است. چهارمین طبقه که دارای شدت ۰/۱ الی ۱ درجه سانتی‌گرادی است، ۶/۷۵ درصد از مساحت محدوده شهر را به خود اختصاص داده است. بیشترین میانگین شدت جزایر حرارتی نیز برابر با ۵/۰۵ درجه سانتی‌گراد است که ۰/۴ درصد از مساحت شهر را پوشش داده است. میانگین دمایی طبقه اول ۰/۵۳ درجه سانتی‌گراد، طبقه دوم ۱/۶۷ درجه سانتی‌گراد، طبقه سوم ۲/۴۷ درجه سانتی‌گراد، طبقه چهارم ۳/۵۴ درجه سانتی‌گراد، طبقه پنجم ۴/۳۱ درجه سانتی‌گراد و طبقه ششم ۵/۰۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد همچنین، دقت تصویر به دست آمده در حد یک کیلومتر است.

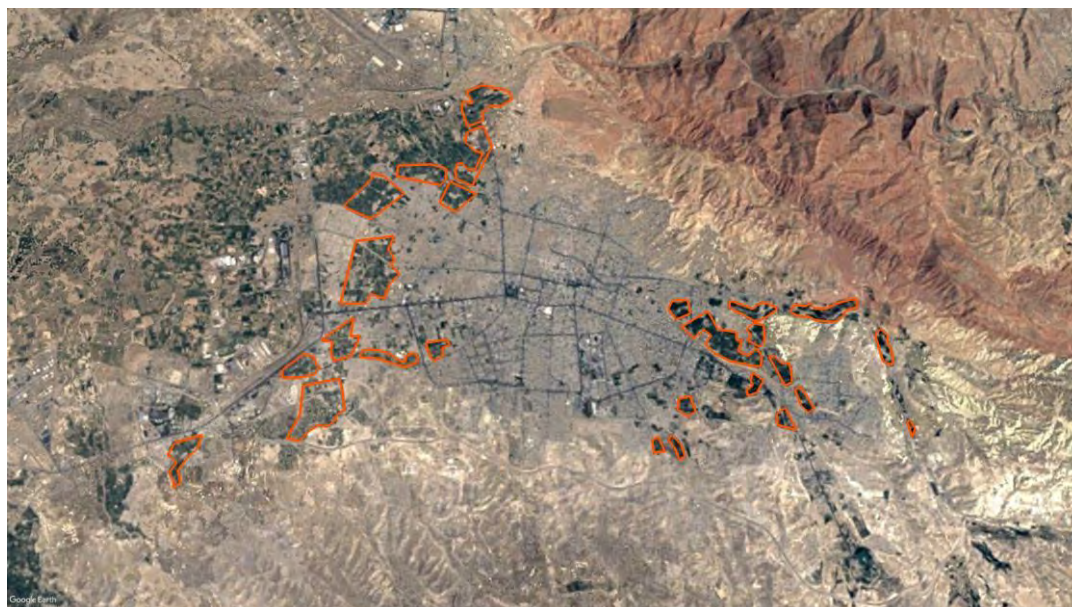
جدول ۱. مساحت طبقات جزایر حرارتی و میانگین دمای آن‌ها

| دوره        | شدت جزایر حرارتی | مساحت - درصد | میانگین دما - درجه سانتی‌گراد |
|-------------|------------------|--------------|-------------------------------|
| ۲۰۱۸ - ۲۰۲۲ | ۱ تا ۰/۱         | ۶/۷۵         | ۰/۵۳                          |
|             | ۱ تا ۲           | ۱۷/۰۶        | ۱/۶۷                          |
|             | ۲ تا ۳           | ۱۵/۸۷        | ۲/۴۷                          |
|             | ۳ تا ۴           | ۴۰/۸۷        | ۳/۵۴                          |
|             | ۴ تا ۵           | ۱۵/۸۷        | ۴/۳۱                          |
|             | ۵ تا ۶           | ۰/۴          | ۵/۰۵                          |

### ۳-۲. پوشش سبز شهر

اشکال (۳ و ۴) تصاویر تغییرات پوشش سبز پهنه شهر تبریز در بازه ۳۸ ساله را نشان می‌دهد. همان‌طور که از مقایسه تصاویر در محدوده‌های مشخص شده مشاهده می‌گردد، بخش قابل توجهی از پوشش گیاهی شهر تبریز در بازه ۳۸ ساله از بین رفته و سازه‌های متراکم جای آن را گرفته است. پوشش سبز در شهرها از عوامل کاهنده دما بوده و همچنین در شعاع قابل توجهی نیز باعث کاهش دما می‌شود. علاوه بر این، این نوع پوشش‌ها نیز محل زندگی حیوانات مختلف بوده که ضامن تنوع زیستی در شهر بوده و تخریب آن‌ها حیات جانوارن مختلف را نیز به خطر می‌اندازد. در پژوهشی که در مومبای هند انجام شده، نتایج نشان می‌دهد که رابطه منفی بین پوشش گیاهی و دما وجود دارد؛ جایی که پوشش گیاهی دارای تراکم بیشتری است دما کاهش یافته و جایی که پوشش گیاهی دارای تراکم کمتری است، دما افزایش یافته است (Grover and Babu Singh, 2015). همین نتیجه در مناطق دیگری از دنیا همچون ووهان، شانگهای و پکن چین، رایپور هند و ناحیه کوهستانی کارست چین به دست آمده است (Zhang et al., 2010; Zhang et al., 2012; Deng et al., 2018; Guha and Govil, 2020; Yue et al., 2007). دماهای پایین‌تر معمولاً در مناطقی با پوشش گیاهی بالا یافت می‌شود. چنین همبستگی منفی بین دو مولفه مذکور برای مطالعات اقلیم شهری ارزشمند است. با این حال، اندازه‌گیری‌هایی از این دست متاثر از تغییرات فصلی می‌باشد که ممکن است بر نتایج مطالعات جزیره گرمایی شهری تأثیر گذار گردد (Yuan and Bauer, 2007).





شکل ۳. تصویر پوشش سبز شهر تبریز در سال ۱۹۸۵



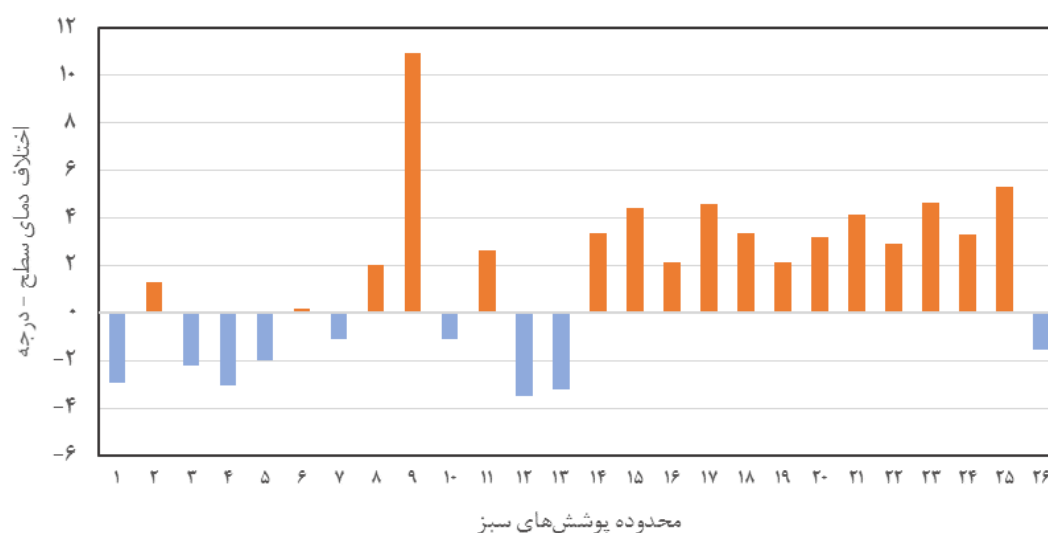
شکل ۴. تصویر نواحی پوشش سبز تغییر یافته شهر تبریز در سال ۲۰۲۳

### ۳-۳. تغییرات دمای

جهت بررسی تغییرات دمای در نواحی مشخص شده پوشش سبز در اشکال (۳ و ۴)، از تصاویر دمای سطح زمین ماهواره لندست استفاده شد. بدین جهت دو تصویر در فصل تابستان ۱۹۸۴ و ۲۰۲۳ از سازمان زمین‌شناسی آمریکا تهیه گردید. تصاویر در نرم‌افزار ArcMap مورد تحلیل واقع شد. میانگین دمای سطح زمین از دو تصویر با استفاده از ابزار Zonal statistics as table استخراج شده و تفاوت دماها محاسبه شد. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، تفاوت دمای بالایی بعد از تغییرات انجام شده در پوشش اراضی شکل گرفته است. بر اساس نتایج، بیشترین اختلاف میانگین حدود ۱۱

درجه سانتی گراد است. بقیه نواحی سبز نیز بین ۲ الی ۵ درجه سانتی گراد افزایش دما را تجربه کرده‌اند. پوشش گیاهی یکی از مهمترین مولفه‌هایی است که به شکل طبیعی باعث کاهش دماهای بالا شده و آسایش حرارتی را در سطح بالایی افزایش می‌دهد.

تحقیقات جدید منتشر شده در لنست<sup>۲</sup> نشان می‌دهد که افزایش پوشش درختان در شهرهای اروپایی به ۳۰ درصد می‌تواند مرگ‌ومیر زودرس ناشی از جزایر گرمایی شهری را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. دمای بالا در محیط‌های شهری با پیامدهای سلامتی منفی مانند نارسایی قلبی - تنفسی، بستری شدن در بیمارستان و مرگ زودرس همراه است؛ در این راستا، جزایر گرمایی شدیدتر (به جهت توسعه شهری و تغییرات اقلیمی) منجر به بار بزرگ‌تری برای خدمات بهداشتی ما در دهه آینده خواهد شد. در این راستا، استفاده از پوشش درختی می‌تواند مزایای متعددی را برای شهرها در قالب ایجاد سایه و بخار آبی منتشر شده از آنها به عمل آورد. مطالعات دیگری نیز هدف ۳۰ درصدی پوشش درخت در شهرها را تأکید کرده‌اند و این استراتژی کاهش جزایر حرارتی نیز به عنوان یک هدف سیاستی در شهرها در حال اجرا می‌باشد. پژوهش‌های متعددی نیز فواید سلامتی این بحث را هدف قرار داده و خاطرنشان کرده‌اند که این مقوله می‌تواند احتمال بروز ناراحتی‌های روانی و بیماری‌های غیرواگیر مانند دیابت، فشارخون بالا و بیماری‌های قلبی - عروقی را تا حد بالایی کاهش دهد. البته باید توجه داشت که درختان مزایای دیگری نیز از جمله کاهش آلودگی صوتی، آلودگی هوا و افزایش تنوع زیستی را به همراه دارند. همچنین، صرف وقت در فضاهای پر از درختان مزایای قابل توجهی بر سلامت روان نیز دارد.



شکل ۵. نمودار اختلاف میانگین دمای سطح زمین در محدوده پوشش‌های سبز تغییر یافته در بازه ۳۸ ساله

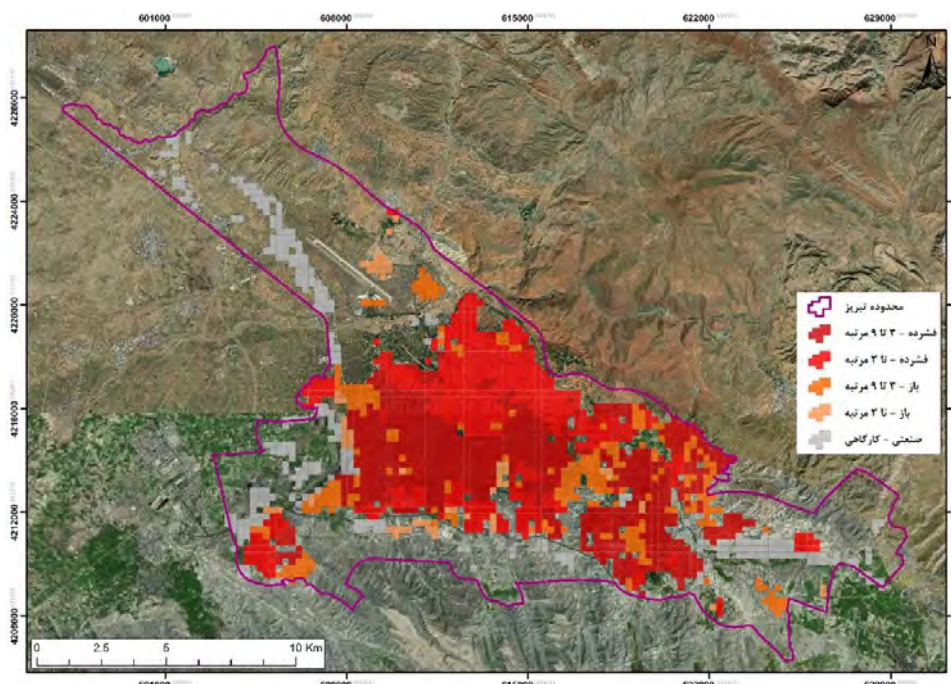
<sup>2</sup> Lancet

### ۳-۴. بافت شهری

جهت استخراج بافت‌های مختلف شهر تبریز از نقشه تعداد طبقات و همچنین تصاویر ماهواره لندست ۸ در فصول مختلف استفاده شد. داده‌های مذکور با ورود نمونه‌های متعدد از کاربری‌های مختلف در نرم‌افزار ENVI مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. دقت طبقه‌بندی نقشه حاصله حدود ۹۰ درصد برآورد گردید. براساس نتایج حاصل از طبقه‌بندی، طبقات شهری محدوده مورد پژوهش به پنج طبقه قابل تشخیص است (شکل ۶). در این بین طبقه بافت فشرده با ۳ الی ۹ طبقه ۴۶ کیلومتر مربع از مساحت شهر را به خود اختصاص داده است. در وهله بعدی فشرده تا ۳ طبقه بیشترین مساحت شهر را به خود اختصاص داده است. همچنین، بافت باز با ۳ الی ۹ طبقه، بافت صنعتی و کارگاهی و بافت باز تا ۳ مرتبه در مراتب بعدی قرار دارند. طبقه‌بندی حاضر بر اساس طبقه‌بندی میکرواقليمی است که توسط استوارت<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شده است. این نوع از طبقه‌بندی جزئیات مهمی را در مورد بافت شهری، مورفولوژی، پوشش زمین و فعالیت‌های انسانی ارائه می‌دهد که تاثیر مستقیمی را در مقیاس خرد بر جزایر حرارتی دارد. همان‌طور که در بخش جزایر حرارتی تبریز مشخص شد، بخش متراکم شهر تبریز دارای شدت بالایی از جزایر حرارتی است. در ادبیات مربوط به مطالعات دمایی به این بحث تاکید می‌شود که فشردگی بافت شهری باعث افزایش جزایر حرارتی می‌گردد. علت این مسئله کاهش جریان هوا در بافت شهری به سبب فشردگی آن و همچنین تخلیه آهسته گرمای ذخیره شده در طول روز (به جهت فشردگی بافت، امواج گرمایی دریافت شده از خورشید با برخوردهای متعدد به سطوح ساختمان‌ها با سرعت کمتری نسبت به نواحی با ساخت و ساز کم تراکم تخلیه می‌شود) است که در طی شب باعث شکل‌گیری جزایر حرارتی در مناطق سرد و خشکی مثل شهر تبریز می‌گردد.

<sup>3</sup> Stewart





شکل ۶. نقشه مورفولوژی شهر تبریز - ۱۴۰۲

بسیاری از پژوهشگران با لی و همکاران هم‌عقیده‌اند (۲۰۱۶) که شهرها با «افزایش فشردگی، تراکم پوشش گیاهی و کاهش سطوح غیرقابل نفوذ» به بهترین وجه خنک می‌شوند. با این حال، چنین تحلیل‌هایی از خنک‌سازی بالقوه ناشی از کریدورها و حیاط‌های سایه‌دار، خیابان‌های باریک و سایه‌دار، کاهش سطوح پارکینگ، بام‌های سبز و مواد با آلبو بالا در ساختمان‌ها یا سطوح زمین را نادیده می‌گیرد. البته این مسئله (فشردگی بافت) خود در زمستان باعث افزایش انرژی گرمایشی به جهت جلوگیری از دریافت نور خورشید می‌شود. ناسار و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۶، ۲۰۱۷) به این نتیجه دست یافته‌اند که افزایش ارتفاع، تراکم و سایه ساختمان همگی با کاهش دمای شهری در دبی مرتبط است؛ اگرچه کاهش دید به آسمان مرتبط با تراکم شهری نیز منجر به حفظ گرمای بیشتر و دمای بالاتر در شب می‌شود. بوریا و بوچریبا<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) در پژوهشی در الجزیره بدین نتیجه رسیدند که هرچه قدر دید به آسمان در میان بلوک‌های ساختمانی کمتر باشد، دمای هوا کمتر خواهد بود که این تفاوت تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد نیز اندازه‌گیری شده است. با این حال، جماعی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۶) به این نتیجه رسیده‌اند که فشردگی و بلندمرتبه‌گی بناها باعث افزایش گرما در شب می‌گردد که مشکل عمده شهرها در مناطق خشک است. البته فشردگی بناها خود باعث کاهش جریان هوا در شهر شده که خود عدم تخلیه گرما را در طول روزهای گرم تابستانی به همراه خواهد داشت. همچنین، این شرایط باعث حبس آلودگی در شهر شده و پایداری آن را سبب می‌گردد. حرکات محلی هوا تحت تأثیر ساختمان‌ها و پوشش گیاهی علاوه بر کاهش دما، آسایش شهروندان را نیز

<sup>4</sup> Nassar

<sup>5</sup> Bourbia and Boucheriba

<sup>6</sup> Jamei

بهبود می‌بخشد. همان‌طور که آلیویرا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۱) از طریق مطالعه‌ای در لیسبون، پرتغال بدین نتیجه دست یافتند که جریان هوا می‌تواند مزایای خنک‌کنندگی فضای سبز را گسترش دهد.

مسئله دیر در بحث فشردگی بافت، وجود فضاهای خالی بزرگ در شهر است. اگر در داخل شهر اراضی بایر وجود داشته باشد، این مسئله خود نیز باعث افزایش دما در طول روز خواهد شد که باعث کاهش آسایش حرارتی ساکنین نواحی اطراف آن می‌گردد؛ چرا که این نوع اراضی که با خاک پوشیده شده‌اند، به سرعت گرم شده و باعث انتشار گرما به نواحی پیرامونی خود می‌شوند. همین وضعیت نیز در شهر تبریز حاکم است؛ به طوری که اراضی بایر متعددی در سطح شهر در بین بافت ساخته شده آن پراکنده شده‌اند که نیاز است با اتخاذ استراتژی‌های متعدد همچون افزایش پوشش گیاهی و ایجاد ساختارهای سایه‌انداز از تولید گرمای آن‌ها در طی روز جلوگیری نمود. شکل (۷) تصور برخی از اراضی خاکی داخل محدوده شهر را نشان می‌دهد.



شکل ۷. تصویر اراضی خاکی داخل محدوده شهر تبریز - ۱۴۰۲

علاوه بر زمین‌های بایر، وجود پایانه‌ها و پارکینگ‌های بزرگ که با آسفالت و بتن پوشیده شده‌اند نیز باعث تشدید جزایر حرارتی شده و در شب نیز آسایش حرارتی ساکنین پیرامون خود را کاهش می‌دهد. شکل (۸) تصویر هوایی ترمینال تبریز

<sup>7</sup> Oliveira



را نشان می‌دهد که به عنوان یک کاربری با سطح نفوذناپذیری بالا در مقیاس میکرواقليمی تاثیر بالایی بر دمای اطراف خود می‌گذارد.



شکل ۸. تصویر وجود اراضی با سطح نفوذناپذیر (آسفالت) در سطح شهر - ترمینال شهر تبریز

### ۳-۵. عدم توجه به محوطه‌سازی

همان‌طور که اشاره گردید، شهرهایی همچون تبریز که در اقلیم خشک قرار دارند، در بازه روز به جهت وجود اراضی پوشیده از خاک و شن در نواحی خارجی خود، داخل شهر سردتر از نواحی بیرونی آن است (البته همچنان دمای داخل شهر از حد مطلوب بالا می‌باشد). بدین جهت توسعه‌های جدید شهر تبریز و نواحی که در اطراف شهر توسعه داده شده‌اند (همچون شکل ۹ و ۱۰)، در بازه روز دارای جزایر حرارتی هستند. بدین جهت نیاز است تا در این نوع توسعه‌ها توجه جدی به محوطه‌سازی با استراتژی‌های مختلف همچون افزایش سایه و پوشش گیاهی سازگار با اقلیم صورت گیرد. البته به‌طوری‌که در بخش جزایر حرارتی بدان پرداخته شد، خانه‌های سازمانی موجود در مجاورت فرودگاه هم در شب و هم در روز دارای جزایر حرارتی است که به لحاظ شدت در بالاترین حد است.



شکل ۹. توسعه جدید در منطقه خاوران تبریز



شکل ۱۰. خانه‌های سازمانی نیروی هوایی در مجاورت فرودگاه تبریز

### ۳-۶. مصالح شهری

از دیگر مسائلی که باید در بحث توسعه شهری رعایت گردد، استفاده از مصالح مناسب هر اقلیم است. استفاده از مصالحی که دارای رنگ تیره هستند باعث ذخیره بالای حرارت در خود شده و آسایش حرارتی را کاهش می‌دهد. در این راستا، افزایش آلودگی سطوح شهری از طریق مواد دارای رنگ روشن، از دیگر مجموعه اصلی از استراتژی‌های کاهش اثرات جزایر حرارتی است. البته باید در اجرای این مسئله توجه به فصول مختلف دستور کار قرار گیرد. به عبارتی، اگر از مصالح سفیدرنگ و خیلی روشن استفاده شود، در زمستان با افزایش نیاز به انرژی گرمایشی روبه‌رو خواهیم شد. باین‌حال،

پژوهش‌های مختلفی نشان می‌دهد که این مسئله اهمیت چندانی در فصل سرد سال نخواهد داشت؛ چرا که به علل مختلفی همچون زاویه مایل تابش خورشید، ابری بودن آسمان در اکثر اوقات و کم بودن ساعات آفتابی، کوتاه بودن روزها و از همه مهم‌تر وجود برف در سقف بناها می‌باشد که خود باعث برگشت انرژی تابشی و عدم جذب حرارت می‌گردد. رومن و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه مدل‌سازی از پنج نوع سقف در هفت منطقه آب و هوایی ایالات متحده دریافتند که فناوری‌های سقف خنک باعث کاهش جزایر حرارتی در همه مناطق آب و هوایی می‌شود. در یک مطالعه مدل‌سازی مشابه، سینفا<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که افزایش آلبدوی سقف می‌تواند به کاهش ۲ درجه سانتی‌گراد در دمای هوای شهری بر فراز آتن منجر شود. سقف‌های خنک (سقف‌هایی با رنگ روشن و متریال ویژه و یا بام‌های سبز و غیره) از سال ۲۰۰۵ طبق قوانین ساختمانی کالیفرنیا مورد نیاز بوده و توسط شهرهای ایالات متحده از سن آنتونیو تا نیویورک در ساخت و سازها استفاده می‌شوند. اکبری و همکاران (۲۰۱۶) نیز چنین مواد و مصالح را مقرون به صرفه ارزیابی نموده‌اند. همچنین، باید در نظر داشت که در مکان‌هایی که پرتوهای منعکس شده خورشید ممکن است فضاهای اطراف را به شدت گرم کند، باید از سطوح بسیار بازتابنده اجتناب شود (Vardoulakis, Karamanis, and Mihalakakou 2014). بحث بافت شهری و همچنین استفاده از مصالح مطلوب در سطوح و بناها در کاهش جزایر حرارتی برای شهرهای خشک اهمیت بیشتری دارد. پژوهش‌های متعدد بر این توافق دارند که قوی‌ترین تأثیرات زمانی رخ می‌دهد که هر دو مقوله مورفولوژی شهری و نوع مصالح با هم در نظر گرفته شود؛ بنابراین، تلاش‌های برنامه‌ریزی برای افزایش آسایش حرارتی شهرهای خشک باید هم شکل ساخته شده و هم استفاده از راهبردهایی همچون سنگ‌فرش نمودن معابر و سقف‌های منعکس‌کننده گرما را در نظر بگیرد (Wheeler et al., 2019).

#### ۴. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

در گزارش حاضر به بررسی وضعیت جزایر حرارتی تبریز در بازه شب و همچنین عوامل مؤثر بر آن در قالب توسعه شهری پرداخته شد. به جهتی که شهر تبریز در اقلیم سرد و خشک واقع شده و وضعیت پوشش اراضی پیرامونی آن خاک و شن است، جزایر حرارتی آن به شکل عمده در بازه شب قابل مشاهده می‌باشد. بر اساس تحلیل‌هایی که روی تصاویر ماهواره‌ای MODIS صورت گرفت، مشخص گردید که حداکثر شدت جزایر حرارتی شهر تبریز در فصل تابستان (۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲) حدوداً ۵ درجه سانتی‌گراد است. شاید این بحث مطرح گردد که شهر تبریز از شهرهایی است که در طبقه سرد قرار دارد و این حد اختلاف دمایی نمی‌تواند خطرات جانی با خود به همراه داشته باشد. ولی مرگ‌ومیرهای زودرس که می‌تواند به گرمای بیشتر شهرها نسبت داده شود نیز در شهرها بسیار متفاوت است. به عنوان مثال، در شهرهای اسکندریه و مرگ‌ومیری در این رابطه ثبت نشده؛ ولی مسئله بیماری‌های مرتبط با افزایش دما و همچنین مرگ‌ومیر زودرس امری قابل توجه بوده است.

<sup>8</sup> Synnefa



در زمینه بررسی صورت گرفته برای وضعیت پوشش گیاهی نیز دو تصویر هوایی سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۲۳ مورد مقایسه واقع شد. در این راستا، مشخص گردید که بخش قابل توجهی از پوشش سبز شهر تبریز در این بازه تخریب شده و جای خود رو به پوشش متراکمی از ساختمان‌ها سپرده است. بررسی تغییرات دمایی این محدوده‌ها نیز نشان می‌دهد که اختلاف قابل توجهی در دمای نقاطی که پوشش سبز آن‌ها تغییر یافته وجود دارد. در این راستا، بیشترین اختلاف میانگین دما حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. بقیه نواحی سبز نیز بین ۲ الی ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش دما را تجربه کرده‌اند. پوشش گیاهی از مهمترین مولفه‌های مقابله با شکل‌گیری جزایر حرارتی است و باید به این نکته نیز توجه داشت که اثر پوشش سبز و پارک‌ها در نواحی خشک بیشتر از سایر نواحی است.

مسئله دیگری که در زمینه جزایر حرارتی شهر تبریز تأثیر بسزایی دارد، مقوله بافت شهری فشرده آن است. فشردگی بافت شهری در فصل تابستان باعث حبس دما در بافت شده و تخلیه حرارتی با سرعت خیلی کمتری انجام می‌شود و نتیجه آن تشدید جزایر حرارتی شبانه است. البته این فشردگی باعث جلوگیری از وزش بادهای محلی در داخل بافت شده و تأثیر منفی بر تخلیه گرما و سکون آلودگی دارد. علاوه بر این، وجود اراضی بایر (افزایش گرما در روز) داخل شهر و کاربری‌های وسیع همچون پایانه‌های مسافری و پارکینگ‌ها (افزایش دما در شبانه‌روز) به دلیل خصوصیت حرارتی مختلف خود در طول روز به اشکال مختلف باعث تشدید گرما در شهر می‌شوند که نیاز است با اتخاذ استراتژی‌های سازگارانه از این وضعیت جلوگیری گردد.

مقوله دیگری که بدان اشاره گردید، بحث عدم توجه به محوطه‌سازی در توسعه شهری تبریز است که نمونه‌هایی از آن مورد بحث واقع شد. وجود پوشش اراضی خاکی در سطح این نواحی به علت ظرفیت حرارتی خاک باعث شکل‌گیری جزیره حرارتی در ساعات روز شده است.

در راستای موارد مطرح شده پیشنهاداتی به جهت انطباق و جلوگیری از افزایش شدت جزایر حرارتی ارائه می‌گردد:

- اولین استراتژی مطرح در این زمینه استفاده از پوشش گیاهی در انواع مختلف آن است؛ ولی باید توجه داشت که در نواحی خشک با کمبود آب مواجه هستیم؛ لذا در این نواحی استفاده از پوشش گیاهی بومی و همچنین کم‌آب‌بر باید اولویت اصلی باشد.
- در بافت موجود شهر که حالت فشرده دارد، علاوه بر افزایش پوشش گیاهی، می‌توان از استراتژی‌های موقتی سایه‌اندازی در قالب نصب سایه‌بان‌ها استفاده کرد. چرا که این نواحی ساخته شده و اندیشه تخریب و ساخت آن‌ها به شکل غیر فشرده امری غیر واقعی است و باید از استراتژی‌های ثانویه همچون سایه‌اندازی استفاده کرد. دیگر مزیت این استراتژی بدین شکل است می‌توان آن را به فصول خاص همچون تابستان محدود کرد (عدم استفاده از آن در زمستان به جهت نیاز به انرژی تابشی خورشید).

- مسئله دیگر توجه به محوطه‌سازی توسعه‌های جدید شهری است باید از استراتژی‌های ترکیبی، بام‌های خنک، استفاده از مصالح مطلوب (در بنا و پیاده‌روها) و همچنین برنامه‌ریزی مناسب پوشش گیاهی بهره گرفت. بدین شکل می‌توان محلات پایدار به لحاظ اقلیمی ایجاد کرده و آسایش حرارتی آن‌ها را تأمین نمود.
- مقوله دیگری که باید در شهر تبریز بدان توجه شود، اراضی بایر خالی داخل شهر و کاربری‌هایی است که دارای سطح قابل توجهی از مصالح غیرقابل نفوذ (آسفالت) هستند. استفاده از استراتژی سایه‌اندازی و همچنین مسقف نمودن پارکینگ‌ها با متریال مناسب می‌تواند نقش قابل توجهی را در کاهش دمای این نواحی داشته و از ذخیره‌شدن گرما در آن‌ها جلوگیری کند.
- در نهایت باید حد امکان توسعه‌های جدید را به سمت عدم فشردگی سوق داد تا آسایش حرارتی تضمین شده و همچنین مقوله مصرف انرژی نیز از این نظر تعدیل گردد. چرا که بافت فشرده در تابستان به علت حبس گرما در آن نیاز فراوان به سرمایش داشته و در زمستان نیز به جهت کاهش دریافت انرژی خورشیدی، نیاز به گرمایش در آن افزایش خواهد یافت.



- o Akbari, H., C. Cartalis, D. Kolokotsa, A. Muscio, A. L. Pisello, F. Rossi, M. Santamouris, A. Synnefa, N. H. Wong, and M. Zinzi. 2016. "Local Climate Change and Urban Heat Island Mitigation Techniques—The State of the Art." *Journal of Civil Engineering and Management* 22 (1): 1–16.
- o Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabaczko D, Schindler C, Michelozzi P. Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*. 2008 Sep;19(5):711-9. doi: 10.1097/EDE.0b013e318176bfcd. PMID: 18520615.
- o Bourbia, F., and F. Boucheriba. (2010). Impact of Street Design on Urban Microclimate for Semi-arid Climate (Constantine). *Renewable Energy* 35 (2): 343–47.
- o Deng, Y., Wang, S., Bai, X. et al. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Sci Rep* 8, 641 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19088-x>
- o Grover, Aakriti, and Ram Babu Singh. 2015. "Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai" *Environments* 2, no. 2: 125-138. <https://doi.org/10.3390/environments2020125>
- o Guha, S., Govil, H. Land surface temperature and normalized difference vegetation index relationship: a seasonal study on a tropical city. *SN Appl. Sci.* 2, 1661 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03458-8>
- o Heaviside, C., Macintyre, H. & Vardoulakis, S. The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. *Curr Envir Health Rpt* 4, 296–305 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3>.
- o Jamei, E., P. Rajagopalan, M. Seyedmahmoudian, and Y. Jamei. (2016). Review on the Impact of Urban Geometry and Pedestrian Level Greening on Outdoor Thermal Comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54: 1002 1017.
- o Li, X., W. Li, A. Middel, S. L. Harlan, A. J. Brazel, and B. L. Turner. (2016). Remote Sensing of the Surface Urban Heat Island and Land Architecture in Phoenix, Arizona: Combined Effects of Land Composition and Configuration and Cadastral–Demographic–Economic Factors. *Remote Sensing of Environment* 174:233–43.
- o Mills, Gerald & Bechtel, Benjamin & Ching, Jason & See, Linda & Feddema, Johannes & Foley, Mícheál & Alexander, Paul & O'Connor, Martin. (2015). An Introduction to the WUDAPT project, 9th International Conference on Urban Climates.
- o Nassar, A. K., G. A. Blackburn, and J. D. Whyatt. (2016). Dynamics and Controls of Urban Heat Sink and Island Phenomena in a Desert City: Development of a Local Climate Zone Scheme Using Remotely-sensed Inputs." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 51:76–90.
- o Nassar, A. K., G. A. Blackburn, and J. D. Whyatt. (2017). What Controls the Magnitude of the Daytime Heat Sink in a Desert City? *Applied Geography* 80:1–14
- o Oliveira, S., H. Andrade, and T. Vaz. (2011). The Cooling Effect of Green Spaces as a Contribution to the Mitigation of Urban Heat: A Case Study in Lisbon. *Building and Environment* 46 (11): 2186–94.
- o Pilehvar, A. asghar, 2021. Spatial-geographical analysis of urbanization in Iran. *Humanities and Social Sciences Communications* 8. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00741-w>
- o Qiao, Z., Tian, G., Zhang, L., Xu, X., 2014. Influences of urban expansion on urban heat island in Beijing during 1989-2010. *Advances in Meteorology* 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/187169>

- o Remote Sensing of Environment, Volume 106, Issue 3, 375-386, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.003>.
- o Roman, K. K., T. O'Brian, J. B. Alvey, and O. Woo. (2015). Simulating the Effects of Cool Roof and PCM (Phase Change Materials) Based Roof to Mitigate UHI (Urban Heat Island) in Prominent US Cities. *Energy* 96: 103–17.
- o Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- o Synnefa, A., A. Dandou, M. Santamouris, M. Tombrou, and N. Soualakellis. (2008). On the Use of Cool Materials as a Heat Island Mitigation Strategy. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 47 (11): 2846–56.
- o The Lancet (2023). THE LANCET: Planting more trees could decrease deaths from higher summer temperatures in cities by a third, modelling study suggests, <http://thelancet.com>.
- o Tong S, Prior J, McGregor G, Shi X, Kinney P. Urban heat: an increasing threat to global health *BMJ* 2021; 375:n2467 doi:10.1136/bmj.n2467.
- o United Nations, 2015. World Population Prospects The 2015 Revision.
- o Vardoulakis S, Dear K, Hajat S, Heaviside C, Eggen B, McMichael AJ. Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia. *Environ Health Perspect.* 2014 Dec;122(12):1285-92. doi: 10.1289/ehp.1307524. Epub 2014 Sep 15. Erratum in: *Environ Health Perspect.* 2014 Dec;122(12):A320. McMichael, Anthony J [added]. PMID: 25222967; PMCID: PMC4256046.
- o Vardoulakis, E., D. Karamanis, and G. Mihalakakou. (2014). Heat Island Phenomenon and Cool Roofs Mitigation Strategies in a Small City of Elevated Temperatures. *Advances in Building Energy Research* 8 (1): 55–62.
- o Wheeler, S. M., Abunnasr, Y., Dialesandro, J., Assaf, E., Agopian, S., & Gamberini, V. C. (2019). Mitigating Urban Heating in Dryland Cities: A Literature Review. *Journal of Planning Literature*, 34(4), 434-446.
- o WMO (2021), Urban heat island, <https://community.wmo.int/en/activity-areas/urban/urban-heat-island>. Access date: 2024/02/14
- o Yuan, F., and Bauer, M. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery,
- o Yue, W., Xu, J., Tan, W., & Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data, *International Journal of Remote Sensing*, 28:15, 3205-3226, DOI: 10.1080/01431160500306906
- o Zhang, X. X., Wu, P. F., Chen, B. (2010). Relationship between vegetation greenness and urban heat island effect in Beijing City of China, *Procedia Environmental Sciences*, Volume 2, 1438-1450.
- o Zhang, Y., Yiyun, C., Qing, D., Jiang, P. (2012). Study on Urban Heat Island Effect Based on Normalized Difference Vegetated Index: A Case Study of Wuhan City, *Procedia Environmental Sciences*, Volume 13, 574-581, <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.048>.
- o Zupancic, T., Westmacott, C., Bulthuis, M., 2015. The Impact of Green Space on Heat and Air Pollution in Urban Communities: A Meta-Narrative Systematic Review.

با توجه به هزینه‌های زیست محیطی استفاده از کاغذ، اسناد مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی فقط در قالب الکترونیک منتشر می‌شوند. متن کلیه اسناد، گزارش‌ها و طرح‌های پژوهشی تهیه شده در مرکز در وبگاه مرکز به نشانی: [rctbz.tabriz.ir](http://rctbz.tabriz.ir) قابل دسترسی است. همچنین این متن‌ها در پرتال جامع مطالعات شهری ایران به آدرس [icpus.tehran.ir](http://icpus.tehran.ir) بارگذاری شده است. لطفاً شما هم با چاپ نکردن این متن‌ها ما را در این زمینه یاری کنید.

|              |                                                                                              |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| نظر رسمی     | اظهارنظر رسمی مرکز در موارد ارجاعی از طرف شورای اسلامی شهر یا شهرداری تبریز                  |
| دیدگاه       | دیدگاه مرکز در موارد جاری شهری و نقد عملکرد و فعالیت‌های شهرداری و سایر دستگاه‌های اجرایی    |
| گزارش تخصصی  | گزارش تخصصی مستخرج از کمیته‌ها، گروه‌های کانونی یا نشست‌ها                                   |
| انتقال دانش  | ارسال مطالب گزیده شده یا چکیده مطالب و گزارش‌های سایر مراکز پژوهشی یا نشست‌های خارج از مرکز  |
| یادداشت      | اظهارنظر کارشناسی توسط افراد خبره که لزوماً مورد تأیید مرکز نیست                             |
| انعکاس       | تبیین پیشنهاد، انتظار یا مطالبه کارشناسی یا مردمی                                            |
| خلاصه مدیریت | خلاصه مدیریتی طرح‌های مطالعاتی انجام شده در مرکز                                             |
| افکارسنجی    | گزارش مستخرج از افکارسنجی عمومی یا موردی                                                     |
| تجربه مدیریت | گزارش تجربیات حوزه مدیریت شهری سایر شهرهای داخل و خارج کشور یا گزارش تجربه‌نگاری مدیریت شهری |
| پرسمان       | بیان مسئله یا طرح سؤالاتی در خصوص مسائل جاری شهر از مدیریت شهری و درخواست پاسخگویی           |
| شناخت شهر    | گزارش شناخت وضع موجود در قالب متن نقشه یا اینفوگرافی                                         |
| اسناد مرکز   | آیین‌نامه‌ها، فرم‌ها، دفترچه‌های راهنما و سایر مستندات مربوط به شیوه فعالیت مرکز             |

شهرها در قالب مراکز تجمع انسانی بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، به خاطر وجود جاذبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی نیز همواره تعداد قبل توجهی از مهاجرت‌ها به نواحی شهری انجام می‌شود که خود سرعت افزایش جمعیت شهرها را در کنار رشد طبیعی آن بیشتر می‌کند. این مسئله در شهرهای کشورهای در حال توسعه نیز با شدت بالاتری در حال انجام است. پیش‌بینی‌های صورت گرفته در زمینه رشد شهری و افزایش جمعیت نیز خبر از افزایش شدید بار جمعیتی و همچنین تغییرات زیست‌محیطی در بازه ۳۰ سال آینده را می‌دهد. پدیده جزایر حرارتی یکی از مهمترین نمودهای مداخله‌های انسان در محیط طبیعی است که با شدت یافتن تغییرات اقلیم جهانی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. البته این مقوله در کشور ما جای بحث زیادی دارد؛ چرا که پژوهش‌های اندکی در مورد آن نسبت به سایر کشورها صورت گرفته است. این پدیده نشانگر اختلاف دمای ذخیره شده در نواحی شهری با نواحی طبیعی اطراف آن است. از مهم‌ترین عواملی که باعث تشدید جزایر حرارتی در نواحی شهر می‌شود، می‌توان به نوع کاربری اراضی، تغییر پوشش اراضی از سطوح طبیعی به سطوح مصنوعی (همچون آسفالت)، استفاده از مصالح دارای رنگ تیره (باعث افزایش ذخیره گرمایی شده و باعث کاهش آسایش حرارتی در تابستان می‌گردد)، ترافیک، کمبود پوشش گیاهی، بافت شهری فشرده و بلند مرتبه‌سازی (باعث کاهش جریان هوا در بین بافت می‌شود)، استفاده از کولرها و غیره اشاره نمود. این پدیده می‌تواند با تغییر الگوهای بارندگی، تشدید آلودگی هوا، افزایش خطر سیل و کاهش کیفیت آب، استاندارد زندگی شهروندان را به شکل قابل توجهی کاهش دهد. با این حال، اثر مستقیم این پدیده بر سلامت انسانی، قرارگرفتن در معرض دمای بالا به خصوص طی امواج گرمایی فصل تابستان است.

در مطالعه حاضر به بررسی جزایر حرارتی شهر تبریز پرداخته شده و برخی از کلیدی‌ترین عوامل تشدیدکننده آن مورد بحث واقع شده است. در این راستا مشخص شد که میانگین حد بالای جزایر حرارتی برابر با ۵/۲ درجه سانتی‌گراد است. همچنین، تصاویر پوشش گیاهی شهر تبریز در بازه ۳۸ ساله با یکدیگر مقایسه گردید که نشان از تخریب شدید پوشش سبز تبریز دارد. نواحی که پوشش سبز آن‌ها تخریب شده، جای خود را به پهنه‌های متراکم ساختمانی داده است که باعث حداکثر افزایش دمای ۱۱ درجه سانتی‌گرادی در برخی از آن‌ها شده است. در ادامه، نقشه بافت شهری تبریز با استفاده از تصاویر لندست با دقت ۹۰ درصدی استخراج گردید. در این راستا، بخش قابل توجهی از شهر تبریز دارای بافت فشرده است که از مهمترین عوامل تشدید جزایر حرارتی تلقی می‌گردد. در نهایت، نقش اراضی خالی، سطوح نفوذناپذیر، توسعه‌های بی‌برنامه و مصالح به صورت توصیفی با استفاده از نمودهای آن از شهر تبریز مورد بحث قرار گرفت. علاوه بر این، پیشنهادهایی هم در راستای انطباق با جزایر حرارتی ارائه گردید.

