



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

تاثیر شهرنشینی و کاربری زمین بر جزیره گرمایی شهری

علی سلطانی^۱، مهرآرا اسمعیلی^۲، زهرا خاتمی^۳

۱- استاد بخش شهرسازی دانشگاه شیراز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری دانشگاه شیراز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری دانشگاه شیراز

ali_soltani54@yahoo.com

چکیده

با توسعه شهرنشینی، مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به خانه ها، مناطق صنعتی و دیگر زیرساخت ها می دهند. گرم تر شدن محیط زیست شهری یکی از این آثار ناآگاهانه ی توسعه ی شهری ناپایدار است که "جزیره حرارتی شهری" نامیده می شود. جزیره گرمایی شهری (UHI) به عنوان یکی از مشکلات بزرگ قرن بیست و یکم در نتیجه شهرنشینی و صنعتی شدن تمدن بشری برای بشر به شمار می رود. در این راستا این پژوهش با هدف بررسی تاثیر شهرنشینی و کاربری زمین بر جزیره گرمایی شهری، در ابتدا به بیان مبانی نظری می پردازد. از این رو شهر تهران به عنوان نمونه موردی داخلی و شهر ووهان چین به عنوان نمونه موردی خارجی انتخاب شده است. این تحقیق به لحاظ هدف کاربردی و روش بررسی آن توصیفی -تحلیلی می باشد. نتایج پژوهش نشان می دهد که در تهران برخی از مناطق به دلیل تراکم بالا مناطق مسکونی و تجاری و نبود پوشش گیاهی کافی، در خطر تبدیل شدن به هسته های جدید جزایر گرمایی در آینده هستند. و در شهر ووهان فعالیت های انسانی مرتبط با شهرنشینی و صنعتی شدن، کارخانه های صنعتی، فرودگاه ها و... در پیدایش و پیشرفت جزایر گرمایی نقش دارند. با توجه به شرایط و عواملی که تحت آن جزایر گرمایی راه اندازی و گسترش یافته اند، می توان راهکارهایی برای کاهش ابعاد آن ها و در نهایت حذف آن ها ارائه داد.

کلمات کلیدی: جزایر گرمایی شهری، شهرنشینی، کاربری زمین، شهر تهران، شهر ووهان چین

۱- مقدمه

انسان با محیط خود رابطه متقابل دارد؛ یعنی از یک سو تحت تاثیر محیط قرار می گیرد و از سوی دیگر بر آن اثر می گذارد. این تاثیر پذیری و تاثیرگذاری با توجه به سطح پیشرفت های انسانی متفاوت هستند. انسان های اولیه تحت کنترل شدید بی چون و چرای محیط و شرایط حاکم بر آن بودند، اما امروزه انسان با بهره گیری از فناوری توانسته بر بسیاری از محدودیت های محیطی فائق آید و تاثیرات جدی بر آن بگذارد. این پیشرفت در فناوری موجب افزایش شهرنشینی و صنعتی شدن گشته است که این دو پدیده هرچند موجب افزایش رفاه و آسایش زندگی شده است اما باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل گرمایش جهانی، تولید ضایعات صنعتی و آلودگی هوا شده است (Rezwan et al, 2008).

یکی از مخاطرات محیطی و بحرانهای اکولوژیکی که امروزه جهان با آن روبه رو است پدیده تغییر کاربری اراضی میباشد (Helming et al, 2008). گسترش شهری اغلب منجر به تغییر کاربری زمین می شود، حال ممکن است که این

¹ Urban Heat Island

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

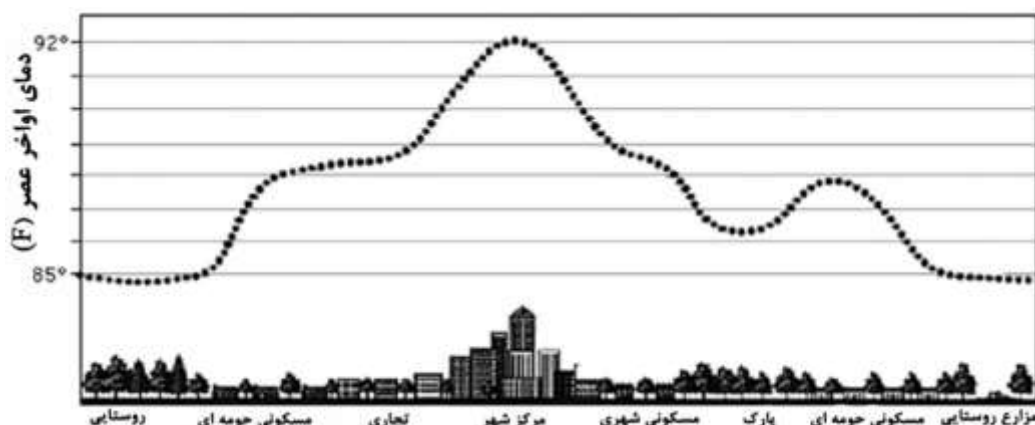
تغییر در زمین های زراعی و باغات صورت پذیرد و یا مراتع و جنگل ها و دامنه های کم و بیش شیب دار کوه ها و تپه ها را در بر بگیرد (Satterth and Tacoli, 2003). جزیره گرمایی شهری (UHI) به عنوان یکی از مشکلات بزرگ قرن بیست و یکم در نتیجه شهرنشینی و صنعتی شدن تمدن بشری برای بشر به شمار می رود. مقدار زیادی گرمای تولید شده از سازه های شهری، به دلیل مصرف و تابش مجدد تابش های خورشیدی، و از منابع گرمای انسانی، علل اصلی UHI هستند. دو منبع گرما دمای یک منطقه شهری را در مقایسه با محیط اطراف آن افزایش می دهند که به شدت جزیره گرمایی شهری (UHII) معروف است. این مشکل در شهرها یا کلان شهرهایی با جمعیت زیاد و فعالیت های اقتصادی گسترده بدتر است. تخمین زده می شود که سه میلیارد نفر در مناطق شهری جهان به طور مستقیم در معرض این مشکل هستند که در آینده نزدیک به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت. با توجه به شدت مشکل، تلاش های تحقیقاتی گسترده ای انجام شده است و طیف گسترده ای از ادبیات برای این موضوع در دسترس است (Rizwan et al, 2007).

دانش شهرسازی و برنامه ریزی شهری به عنوان دانشی که بیشترین ارتباط را با مسایل شهری دارد می تواند راهکارهای مهمی را برای کاهش اثرات این پدیده ارائه کند. با توجه به گرم شدن هوای کره زمین لازم است تدابیری اندیشیده شود تا از گرم تر شدن درجه حرارت کلی هوا در نواحی شهری جلوگیری شود تا نواحی شهری راحت تر و سالم تری برای شهروندان فراهم آید. از آنجا که یکی از علل اصلی ایجاد جزایر تغییر در پوشش سطح زمین و جذب نور خورشید توسط سطوح شهری است لذا رشد شهرها موجب افزایش استفاده از زمین و کاهش پوشش گیاهی در شهرها می شود لذا لزوم یک توسعه از پیش اندیشیده شهری برای کاهش اثرات این پدیده بیش از پیش احساس می شود. در این پژوهش ابتدا به بیان بیانی نظری می پردازیم - پردازیم و در نهایت مروری بر مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی جزایر گرمایی شهری در سطح جهان و ایران شده است.

۲- مبانی نظری

1-2- تعریف جزیره گرمایی شهری

جزیره گرمایی شهری را برای اولین بار در سال ۱۸۱۹ لاک هاوارد در شهر لندن مطرح کرد. پس از آن، این پدیده را در شهرهای کوچک و بزرگ سراسر جهان تشخیص دادند (shahgedanova and burt, 1998:36). معمولاً به عنوان تفاوت دما بین مناطق شهری و روستایی تعریف می شود، جزایر گرمایی ممکن است در واقع به روش های مختلف با رویکردهای روش شناختی مختلف برای بررسی هر نوع توصیف شود. جزایر گرمایی شهری در سطح و در ارتفاعات مختلف در هوا رخ می دهد (Oke, 1995). علاوه بر این، تصاویر متفاوتی برای هر نوع جزیره گرمایی زمانی که با روش های مختلف اندازه گیری می شود، ایجاد می شود (همان).





شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

شکل ۱: نیمرخ عرضی از وضعیت دمای موجود در محدوده شهر و اطراف آن (Bhatta, 2010)

به طور کلی جزایر گرمایی را می‌توان به سه دسته طبقه‌بندی کرد: جزایر گرمایی زیر سطحی، جزایر گرمایی سطحی و جزایر گرمایی در هوا (Hinkel et al, 2003).

2-1-1- جزایر گرمایی زیر سطحی

جزایر گرمایی زیرسطحی در ادبیات منتشر شده نسبت به همتایان جوی خود توجه کمتری را به خود جلب کرده‌اند، اگرچه می‌توانند تأثیرات قابل توجهی ایجاد کنند. این امر به ویژه در مناطقی که در زیر سطح منجمد دائمی قرار دارند صادق است زیرا ذوب شدن یخ، پایداری ساختاری جاده‌ها، ساختمان‌ها و خطوط لوله را تهدید می‌کند (Hinkel et al, 2003). در برخی موارد، گرمای شهری زیرزمینی ممکن است مفید باشد. به عنوان نمونه، آرنفیلد (۲۰۰۳) بیان می‌کند که سفره‌های کم عمق موجود در زیر بسیاری از شهرهای اروپای شمالی دمای آب زیرزمینی ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد بالاتر از مناطق روستایی اطراف دارند. آنها ادعا می‌کنند که استفاده از این منبع ایجاد شده توسط UHI می‌تواند خروجی و کارایی سیستم‌های انرژی زمین گرمایی را بهبود بخشد و در نتیجه سود اقتصادی به همراه داشته باشد (Arnfield, 2003).

2-1-2- جزایر گرمایی سطحی

UHI در سطح (یعنی دمای سطح پوست، نه دمای هوا) به بهترین وجه با استفاده از فناوری سنجش از دور اندازه‌گیری می‌شود. راث و همکاران (۱۷۱۸، ۱۹۸۹) در توضیح ویژگی جزایر گرمایی شهری سنجش از دور ادعا می‌کنند، "جزایر حرارتی سطحی مشتق شده از ماهواره در یک کلاس جداگانه قرار دارند و مشخص نیست که آنها با سایر جزایر اندازه‌گیری شده با روش‌های معمول تر در لایه تاج پوشش شهری یا لایه مرزی شهری مطابقت داشته باشند." (Roth, and Emery, 1989) (Oke

2-3-1- جزایر گرمایی در هوا

UHIها در هوای زیر سطح سقف (یعنی در لایه سایبان شهری) و بالا (یعنی در لایه مرزی شهری) یافت می‌شوند. جزایر حرارتی لایه تاج در درجه اول از خصوصیات سایت فوری ناشی می‌شوند (Oke, 1981)، در حالی که UHIهای لایه مرزی توسط ترکیب گسترده‌تری از فرآیندها ایجاد می‌شوند (Oke 1982, 1995)، جزایر حرارتی لایه مرزی نسبت به همتایان لایه تاج خود در طول دوره روزانه شدت پایداری را حفظ می‌کنند، اگرچه معمولاً در روز ضخیم‌تر (یک کیلومتر یا بیشتر) و نازک‌تر در شب (صدها متر یا کمتر) هستند (Voogt 2004).

اهمیت اولیه UHIهای لایه مرزی برای انسان، تأثیر آنها بر جریان هوا و پراکندگی آلودگی هوا است. (Kuznetsova et al, 2006; Oke 1995; Sarrat et al, 2004). مشاهدات لایه مرزی ممکن است با استفاده از مجموعه‌ای از روش‌ها، از جمله بالون‌های هواشناسی، ابزار دقیق در هواپیما، و تکنیک‌های مختلف سنجش از دور انجام شوند (Grimmond 2006; Mestayer et al. 2005).

جزایر حرارتی لایه سایبان به دلیل سهولت دسترسی و سادگی ابزار دقیق مورد نیاز، آسان‌ترین جزیره گرمایی اندازه‌گیری شده‌اند. علاوه بر این، UHIهای لایه سایبان احتمالاً بیشترین عواقب را برای انسان ایجاد می‌کنند زیرا در جایی وجود دارند که بیشتر فعالیت‌های انسانی انجام می‌شود. شدت آنها اغلب به عنوان تفاوت بین دمای هوای همزمان در یک منطقه شهری (توربان) و دمای هوا در مناطق روستایی اطراف (Trural) تعریف می‌شود (Oke 1987).



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

انسان از آغاز تمدن به طور ناخواسته آب و هوای درون جوامع را تغییر داده اند. گزارش‌های حکایتی هوای شهری به دوران باستان برمی‌گردد (Schwartz, 2005). تحقیقات منتشر شده جزایر گرمایی به بیش از ۱۷۰ سال قبل برمی‌گردد که با توصیف لاک هاوارد از آب و هوای شهری لندن (هاوارد ۱۸۳۳) شروع شد. نگرانی فزاینده در مورد تأثیر انسان بر محیط خود منجر به افزایش فوق‌العاده ادبیات در مورد این موضوع از دهه ۱۹۵۰ شده است (Landsberg, 1981). این اثر اولین بار در لندن و سایر شهرهای اروپایی در دهه ۱۸۳۰ مشاهده شد و پس از آن شهرهای بزرگ مانند نیویورک و شیکاگو در ایالات متحده آمریکا دیده شد (Nemoto & Kobayashi, 2002).

به طور کلی، جزایر گرمایی شهری ناشی از ترکیبی از عواملی است که تعادل انرژی محلی را تغییر می‌دهند، مانند خواص حرارتی و فیزیکی مصالح ساختمانی، هندسه ساختمان، زبری سطح، منابع حرارتی انسانی و عواملی که در کاهش تبخیر و تعرق نقش دارند (Oke, 1987). شرایط آب و هوایی فصلی، شرایط همدیدی روزانه، و چرخه روزانه نیز نقش کلیدی در تعیین شخصیت جزایر گرمایی شهری ایفا می‌کنند (Arnfield 2003; Oke, 1982).

جزیره گرمایی شهری پاسخ متقابل بسیاری از عوامل است که می‌تواند به طور گسترده به عنوان عوامل قابل کنترل و غیرقابل کنترل طبقه بندی شود، عوامل کنترل‌پذیر و غیرقابل کنترل را می‌توان به‌عنوان متغیرهای اثر موقت، مانند سرعت هوا و پوشش ابر، متغیرهای اثر دائمی مانند مناطق سبز، مصالح ساختمانی، و ضریب دید آسمان و متغیرهای اثر چرخه‌ای مانند تابش‌های خورشیدی و منابع حرارتی انسانی طبقه‌بندی کرد. گرمای تولید شده و موجود در یک منطقه از خورشید به شکل تشعشعات خورشیدی و از نیروگاه‌ها، خودروها، دستگاه‌های تهویه مطبوع و سایر منابع به عنوان گرمای انسانی می‌آید. تقریباً تمام گرمای انسانی به طور آبی و مستقیم وارد محیط می‌شود. از سوی دیگر، تنها بخشی از تابش‌های خورشیدی به طور مستقیم محیط را گرم می‌کند، بقیه توسط سازه‌های پیچیده شهری جذب شده و به طور غیر مستقیم محیط را گرم می‌کند. فرآیندهای اصلی انتقال حرارت و حفظ انرژی، مانند هدایت، همرفت و تابش نقش مشخص خود را در این تبادل حرارت ایفا می‌کنند. سازه‌های سطح زمین، مانند دیوارها و سطوح سقف، باغ‌های آبی، فضاها، سبزی غیر آبی، چمن‌ها و زمین‌های سنگفرش و غیره (Rizwan et al, 2007).

سطوح مختلف تابش خورشید را به درجات مختلف جذب می‌کنند و به صورت انرژی گرمایی در طول روز جذب و ذخیره می‌کنند. شب هنگام که محیط شروع به خنک شدن می‌کند، انرژی گرمایی ذخیره شده در سازه‌ها در محیط آزاد می‌شود. شیوه و مقدار گرمای آزاد شده توسط سازه‌های شهری به عوامل قابل کنترل دیگری مانند ضریب دید آسمان و مصالح ساختمانی بستگی دارد. در یک منطقه شهری، مصالح ساختمانی عظیم در فضای بسیار کوچکی قرار می‌گیرد که شدت تابش خورشیدی را جذب می‌کند (همان).

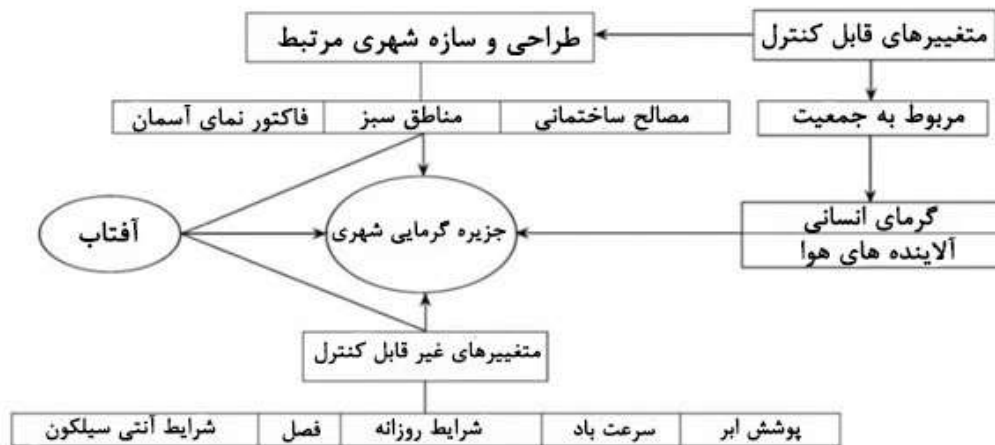
توانایی انتشار گرما توسط تشعشعات موج بلند در شهرها به دلیل کاهش دید آسمان کم است که، منجر به ذخیره حرارت بالا در سازه‌های ساختمانی می‌شود. همچنین شهرها به دلیل کمبود پوشش گیاهی، گرمای نهان تبخیر کمی را نشان می‌دهند (Kondoh and Nishiyama, 1999).

ناهمواری بالای سازه‌ها در مناطق شهری میزان حذف گرمای همرفتی و انتقال آن توسط باد را کاهش می‌دهد. خواص حرارتی معمول مصالح ساختمانی مورد استفاده در مناطق شهری، مانند پذیرش کم، از دیگر عوامل بالقوه است. همچنین آلاینده‌های موجود در هوا، به‌ویژه آئروسول‌هایی که در مناطق آلوده شهری، می‌توانند تابش امواج بلند را جذب و مجدداً تابش کنند و خنک‌کننده سطح تابشی مربوطه را مهار کنند و یک اثر شبه گلخانه‌ای ایجاد کنند که مسئول ایجاد UHI هستند (Rizwan et al, 2007).

همچنین گزارش شده است که UHI به طرق خاصی تحت تأثیر متغیرهای اثر موقت قرار می‌گیرد. بسیاری از مطالعات تأثیر سرعت باد و پوشش ابر را بر UHI گزارش کرده‌اند، نتایج نشان می‌دهد که UHI با سرعت باد و پوشش ابر همبستگی منفی دارد (Kim and Baik, 2005; Oke, 1982). از سوی دیگر، UHI با جمعیت شهر همبستگی مثبت دارد. هانگ و

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

همکاران (۲۰۰۵) UHI را در دوازده شهر بزرگ آسیایی مطالعه کردند و گزارش کردند که بزرگی و وسعت UHI با جمعیت شهر همبستگی مثبت دارد. از سوی دیگر، کیم و بایک (۲۰۰۴)، آن را مرتبط با جمعیت ندانستند (Kim and Baik, 2005). در نمودار ۱ نحوه ایجاد جزایر گرمایی نشان داده شده است:



نمودار ۱: تولید جزیره گرمایی (Rizwan et al, 2007)

این پدیده در حال حاضر به یک مشکل بزرگ در آسیا نیز تبدیل شده است. در واقع، اثر جزیره گرمایی شهری در هر کجای شهرهای بزرگ وجود دارد. در حالی که حذف این پدیده امکان پذیر نیست، مسئله کلیدی این است که چگونه می توان آن را به بهترین نحو کاهش داد. عوامل مختلفی مانند پوشش سطح، انتشار گرمای انسانی، و ویژگی های شهری از جمله ویژگی های جغرافیایی و شرایط اقلیمی برای ایجاد اثر با یکدیگر تعامل دارند. مکانیسم تولید آن پیچیده است و هنوز به طور کامل توضیح داده نشده است (Rizwan et al, 2007).

۳- پیشینه پژوهش

مطالعات عمده ای در این زمینه در سایر کشورها صورت گرفته است، که در ادامه خلاصه ای از مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر شهرنشینی و کاربری زمین بر جزایر گرمایی شهری و نوع سنجش آنها آمده است: کالوستیان و دیاب (2015) در پژوهشی با عنوان اثرات شهرنشینی بر جزیره گرمایی شهری در بیروت، با استفاده از شبیه سازی دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین و مدل تعادل انرژی شهر توصیف می کند. نتایج بیانگر نیاز به افزایش بخش باغ در برنامه ریزی شهری آینده این شهر پرجمعیت را برای کاهش اثرات گرمایش ناخوشایند شهری است. ژنگ و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی با عنوان ویژگی های زمانی و مکانی جزیره گرمایی شهری در طول شهرنشینی سریع در شانگهای، چین، بر اساس داده های هواشناسی از سال ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۷، جزایر گرمایی شهری را بررسی کردند. تجزیه و تحلیل ارتباط جزایر گرمایی شهری و شهرنشینی نشان می دهد که جزایر گرمایی شهری با گسترش جمعیت و افزایش سریع تولید ناخالص داخلی افزایش یافته است. سینگ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان تأثیر تغییر کاربری زمین و شهرنشینی در جزیره گرمایی شهری در شهر لاکنو، مرکز هند، برآورد مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از داده های حرارتی Landsat و بررسی میدانی شهر لاکنو، هند، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد همبستگی قوی بین دمای سطح زمین با شاخص گیاهی تفاوت نرمال

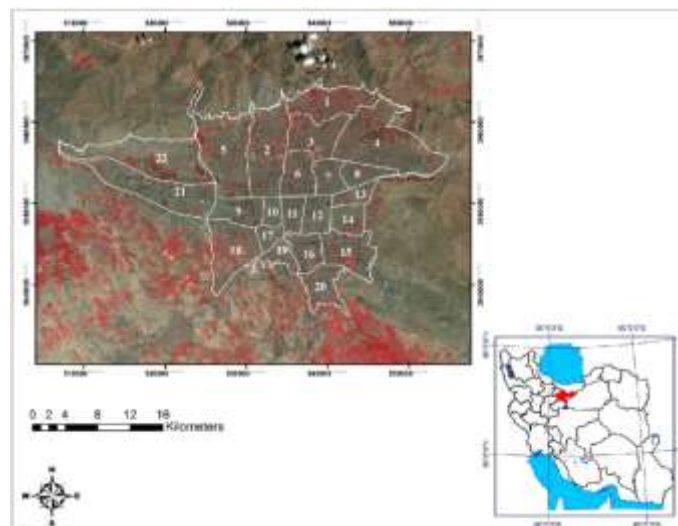
شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

شده (NDVI¹) و UTFVI² وجود دارد. و ارزیابی اکولوژیکی منطقه نیز نشان می دهد که این شهر بدترین شاخص اکولوژیکی را در ناحیه پر شهرنشینی در بخش مرکزی شهر دارد. احمدی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی با عنوان تاثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل گیری جزایر حرارتی (نمونه موردی: شهر قائن)، به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و مخاطرات ناشی از آن ها در سری های زمانی چند ساله با استفاده از تصاویر سنجنده ETM و OLI استفاده گردید. نتایج به دست آمده نشان می دهد اهمیت پوشش گیاهی و نقش آن در تعدیل دمای سطح زمین، در مناطق با پوشش گیاهی فشرده و غنی دما روند کاهشی داشته است. مزیدی و حسینی (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان تأثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره ی گرمایی در منطقه ی شهری یزد با استفاده از داده های سنجنش از دور، برای تحلیل رابطه بین تغییرات کاربری و پوشش زمین بر جزیره ی گرمایی شهر به تاثیر پوشش گیاهی در کاهش دما به علت وجود فرایند تبخیر و تعرق سطحی دست یافتند.

۴- نمونه موردی داخلی: شهر تهران

۴-۱- منطقه مورد مطالعه

تهران، پایتخت ایران و پرجمعیت ترین شهر ایران، با جمعیت ۱۳ میلیون و ۲۶۷ هزار و ۶۳۷ نفر بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن ایران در سال ۱۳۹۵، در شمال کشور، در دامنه جنوبی رشته کوه البرز با عرض جغرافیایی ۳۰° ۳۵' تا ۵۱° ۳۵' و طول جغرافیایی ۰۰' ۵۱° تا ۴۰' ۵۱° واقع شده است (شکل ۲) (Hosseini et al 2015). دارای دو نوع شرایط فیزیوگرافی است: در قسمت شمالی دارای فیزیولوژی کوهستانی و در قسمت جنوبی دارای نوع فیزیولوژی بیابانی با تغییرات ارتفاعی ۹۰۰ متر تا ۱۸۰۰ متر است. تغییرات ارتفاعی منجر به داشتن شرایط اقلیمی متمایز می شود، به طوری که شمال تهران دارای آب و هوای خشک و سرد و جنوب آب و هوای گرم و خشک دارد (Bokaie et al, 2016). در کلانشهر تهران میانگین سالانه دما بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد تغییر می کند و با توجه به اختلاف ارتفاع در شهر، تفاوت دمای نقاط مختلف به طور متوسط ۳ درجه سانتیگراد است (Rousta et al., 2018).



شکل ۲: موقعیت محدوده مورد مطالعه، شهر تهران

¹ Normalized difference vegetation index

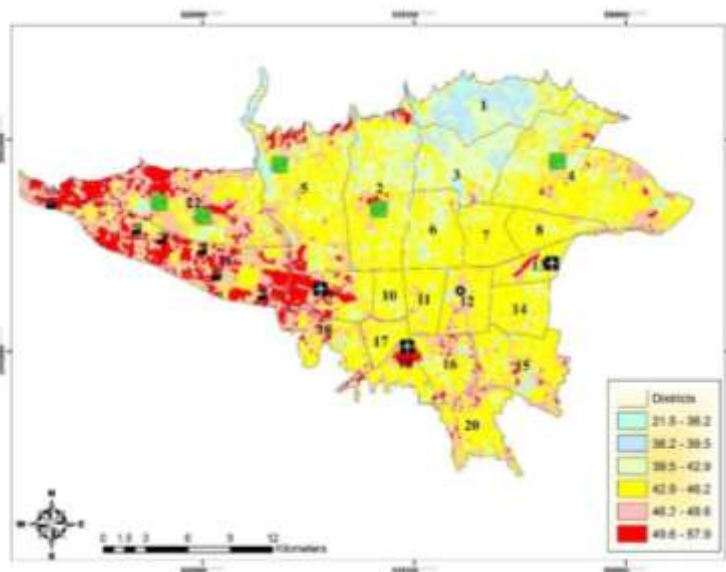
² Urban thermal field variance index

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۲-۴- بررسی جزایر گرمایی شهر تهران

اگرچه معمولاً در شهرهای تک هسته‌ای جزیره گرمایی به صورت هسته ای مشاهده می‌شود، اما الگوهای برنامه‌ریزی شهری متفاوت می‌تواند باعث شکل‌گیری اشکال مختلف جزیره گرمایی شود. (Bokaie et al., 2016). بر اساس نقشه^۱ LST تهیه شده از تصویر ماهواره Landsat TM، دمای سطح بین ۲۱،۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۷،۹ درجه سانتی‌گراد متغیر است. کمترین میانگین دما ۳۵ درجه سانتیگراد مربوط به توده‌های آبی و حداکثر میانگین دما ۴۸ درجه سانتیگراد از زمین‌های بایر منطقه مورد مطالعه ثبت شده است. (همان)

بر این اساس کمترین دما مربوط به توده‌های آبی و مناطق پوشیده از پوشش‌های طبیعی مانند فضای سبز، پارک‌های جنگلی و پارک‌های شهری و حداکثر دما در زمین‌های بایر و سطوح غیرقابل نفوذ مانند مناطق آسفالت‌شده و سایر مناطق انسان‌ساخت همچون کاربری‌های صنعتی، تجاری، مسکونی و حمل و نقلی ثبت شده است. (همان)



شکل ۳: نقشه طبقه‌بندی شده دمای سطح زمین (LST)، جولای ۲۰۱۰

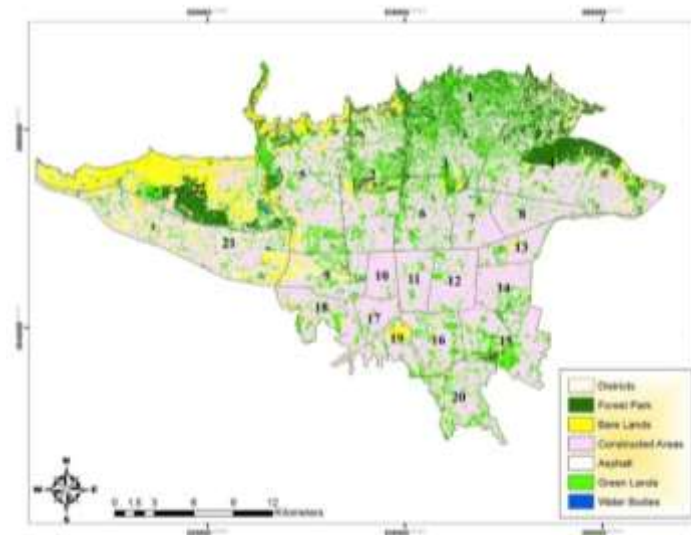
مناطق با پوشش طبیعی مانند پارک‌های جنگلی و فضاهای سبز (که در شکل ۳ با رنگ سبز مشخص شده‌اند)، بدنه‌های آبی و مناطق مسکونی با تراکم جمعیتی کم تا نسبتاً متوسط کمتر تحت تأثیر جزایر گرمایی شهری قرار دارند. این مناطق در شکل در میان مناطق با دمای پایین تا متوسط نمایش داده شده است. (همان)

نقشه‌های LST و LULC^۲ (شکل ۴) نشان‌دهنده استقرار برخی از هسته‌های جزایر گرمایی شهری در مناطق با کاربری اراضی زمین‌بایر، به‌ویژه در شمال غربی منطقه مورد مطالعه است. (همان)

¹ Land surface temperature

² Land Use / Land Cover

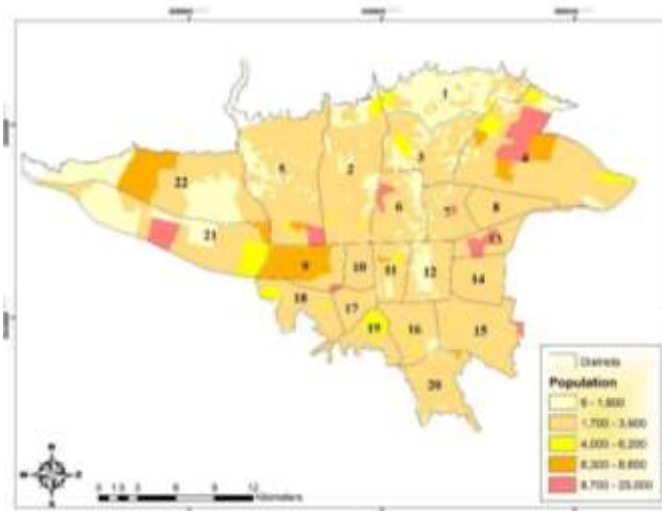
شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۴: نقشه LULC تهیه شده از تصویر ماهواره لندست TM

با گسترش سطوح غیرقابل نفوذ و مصنوع به دلیل از بین رفتن پوشش طبیعی زمین، به ویژه پوشش گیاهی، مشکلات اساسی در فرآیند خودپالایی آلاینده ها در مناطق شهری پدید آمده است (Lo et al., 2003). ظرفیت گرمایی اخیرا در مناطق شهری به دلیل سازه های ساخته شده و گسترش استفاده از مصالح غیرطبیعی مانند آسفالت، سیمان، بتن و غیره بر روی بدنه این سازه ها افزایش یافته است. این افزایش منجر به جذب بیشتر انرژی خورشیدی و در نتیجه افزایش دمای مناطق شهری شده است (Priyadarsini, 2009). تراکم بالای جمعیت در یک منطقه و به تبع آن گسترش سکونتگاه ها و ساختمان های مسکونی بلندمرتبه از یک سو می تواند به دلیل ظرفیت گرمایی بالا باعث محبوس شدن انرژی در دیوارها شده و از سوی دیگر منجر به استفاده بی رویه از سیستم های خنک کننده مصنوعی توسط ساکنان شود (Bokaie et al., 2016; Karimi et al., 2020). بر اساس جمعیت مناطق مختلف تهران در سال ۱۳۸۹، مناطق ۲۱، ۲۲، ۹ و ۱۲ کم جمعیت ترین مناطق شهری تهران هستند (شکل ۵). با توجه به وضعیت دسته بندی های مختلف LULC، تراکم کم جمعیت در این مناطق طبیعی به نظر می رسد. این در حالی است این مناطق جزو مهمترین جزایر گرمایی محسوب می شوند که عمدتاً ناشی از کاربری های صنعتی، فرودگاهی و حمل و نقل، تجاری و همچنین زمین های بایر است.

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۵: توزیع فضایی جمعیت شهر تهران، ۱۳۹۰

با مقایسه نقشه های پوشش گیاهی، تراکم جمعیت و LST می توان ادعا کرد که برخی از مناطق از جمله مناطق ۱۳، ۱۰، ۱۱، ۷ و ۸ به دلیل تراکم بالای مناطق مسکونی و تجاری و نبود پوشش گیاهی کافی، در خطر تبدیل شدن به هسته های جدید جزایر گرمایی شهری در آینده هستند. تأثیر تغییرات LULC بر تغییرات LST در منطقه ۲۱ نیز مشهود است که به زنجیره طولانی کاربری های صنعتی، کارگاهی و انباری تبدیل شده است.

با توجه به وضعیت LULC و همچنین وضعیت نامناسب پوشش گیاهی در این منطقه، وجود جزایر گرمایی شهری در این منطقه چندان عجیب به نظر نمی رسد. با این حال، عوامل موثر بر ظهور و توسعه جزایر گرمایی شهری در این منطقه صنعتی با دیگر هسته های حرارتی شهر متفاوت است. (همان)

بر خلاف مناطق ۱۹ و ۲۱ که پیدایش جزایر گرمایی شهری ناشی از وجود زمین های بایر است یا برخی نقاط مرکزی تهران که پیدایش جزایر گرمایی شهری را به تراکم بالا و سطح بالای مصرفی مصالح ساختمانی مصنوعی ناسازگار با طبیعت نسبت می دهند، جزایر گرمایی شهری در این منطقه صنعتی منشأ متفاوتی دارند. به عبارت دیگر، احداث شهرک های صنعتی، کارخانه ها و کارگاه های کوچک و نیز تخریب بخش وسیعی از پوشش گیاهی طبیعی، زمینه را برای ظهور و گسترش جزایر گرمایی شهری در این منطقه فراهم می کند. امروزه، انتشار گازهای گلخانه ای از این کاربری های صنعتی عاملی مؤثر بر تفاوت دما بین زنجیره صنعتی و محیط اطراف و همچنین دوام جزایر گرمایی شهری است. (همان)

۵- نمونه موردی خارجی: شهر ووهان در چین

۵-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهر ووهان در چین، مرکز استان هوبی، واقع در بخش محدوده مرکزی چین و محدوده شرقی استان هوبی، با مختصات جغرافیایی $113^{\circ}41' \sim 115^{\circ}05' E$ ، $29^{\circ}58' \sim 31^{\circ}22' N$ می باشد. (Xie & Zhou, 2015). توسعه ووهان در سال های اخیر سرعت گرفته تا حدی که اخیراً به سطح شهر های تراز اول جهانی ارتقا یافته است (Zhou & Chen, 2018). مساحت آن بیش از ۸۰۰۰ کیلومتر مربع بوده و بیش از ۸ میلیون نفر جمعیت دارد. منطقه شهری ووهان شامل سه بخش است: ووچانگ، هانکو و هانیانگ که سه شهر ووهان نامیده می شوند (همان). این سه بخش در مسیر رودخانه ها و روبروی یکدیگر قرار دارند و توسط پل هایی به هم متصل می شوند (همان).

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

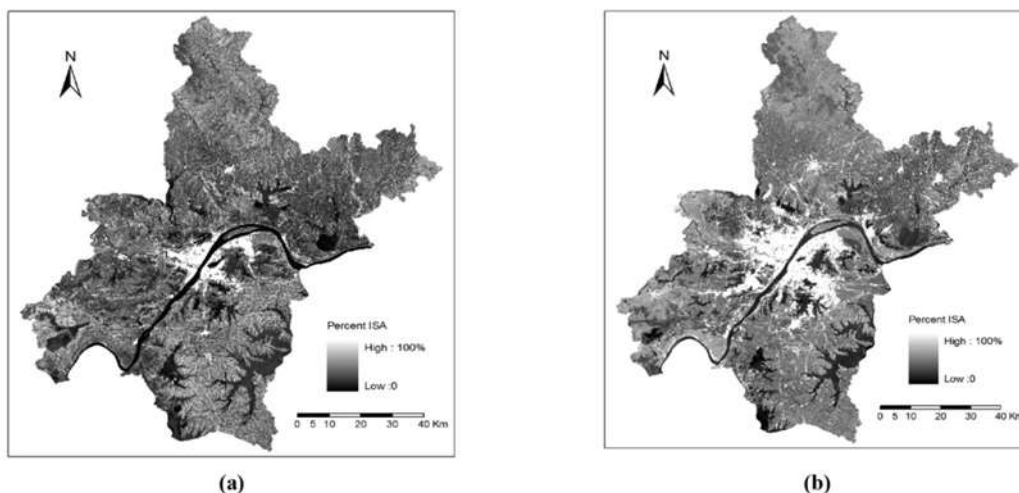
ووهان به دلیل تابستان های بسیار گرم و مرطوبش، به همراه نانجینگ و چونگ کینگ معمولاً به عنوان یکی از سه کوره گرمایی چین شناخته می شود (Xie & Zhou, 2015). دمای سالانه ۱۵٫۸ درجه سانتیگراد تا ۱۷٫۵ درجه سانتیگراد با اختلاف دمای شدید بین ۱۸٫۱- درجه سانتیگراد تا ۴۲٫۰ درجه سانتیگراد است (همان).



شکل ۶: موقعیت محدوده مورد مطالعه، شهر ووهان

۵-۲- بررسی جزایر گرمایی شهر ووهان

شکل ۷ الگوی توزیع فضایی درصد ISA را نشان می دهد که به طور پیوسته از ۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. رنگ سفید نشان دهنده درصد بالاتر مقادیر ISA می باشد که مناطق تجاری مرکز (CBD)، مناطق مسکونی شهری را به خود اختصاص می دهد. مناطق با درصد بالاتر مقادیر ISA به طور قابل توجهی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷ گسترش یافته است، این روند گسترش سطح غیرقابل نفوذ عمدتاً در اطراف هسته شهری و در امتداد جاده های اصلی رخ می دهد (همان).



شکل ۷: الگوهای توزیع فضایی درصد سطح غیرقابل نفوذ (ISA) به دست آمده از تصاویر TM در ۲۶ سپتامبر ۱۹۸۷ (a) و ۱۰ آوریل ۲۰۰۷ (b)

برای تعیین کمی تغییرات توسعه شهری، ISA به دسته های مختلف طبقه بندی شده است: کمتر از ۱۰٪ به عنوان غیر شهری (مانند جنگل، آب و پارک در شهر)، ۱۰-۴۵٪ به عنوان کم تراکم، ۴۵-۸۰٪ به عنوان مناطق شهری با تراکم متوسط و بیش از

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

۸۰ درصد به عنوان مناطق شهری با تراکم بالا. این طبقه بندی از انواع پوشش زمین شامل مناطق ساخته شده شهری، مراکز توسعه یافته روستایی و مناطق روستایی نسبتاً توسعه نیافته است. اطلاعات تفصیلی در مورد وسعت فضایی و تغییر مساحت دسته‌های مختلف درصد ISA از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷ در جدول ۱ توضیح داده شده است. از این جدول، واضح است که در این دوره تغییرات شدیدی در مناطق ساخته شده شهری رخ داده است. مناطق با تراکم متوسط (۸۰-۴۵٪ ISA) و تراکم بالا (< ۸۰٪ ISA) در سال ۱۹۸۷، ۱۱۲،۸۰ کیلومتر مربع و ۱۷۴،۶۷ کیلومتر مربع بود که به طور قابل توجهی به ترتیب به ۵۹۱،۴۵ کیلومتر مربع و ۵۶۰،۶۹ کیلومتر مربع در سال های ۲۰۰۷ و ۱۹۸۷ افزایش یافته است. سال ۲۰۰۷ نشان داد که شهر در طول دو دهه گذشته گسترش سریعی را تجربه کرده است. (همان)

جدول ۱: تغییرات محدوده از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷ در دسته های مختلف در صد ISA

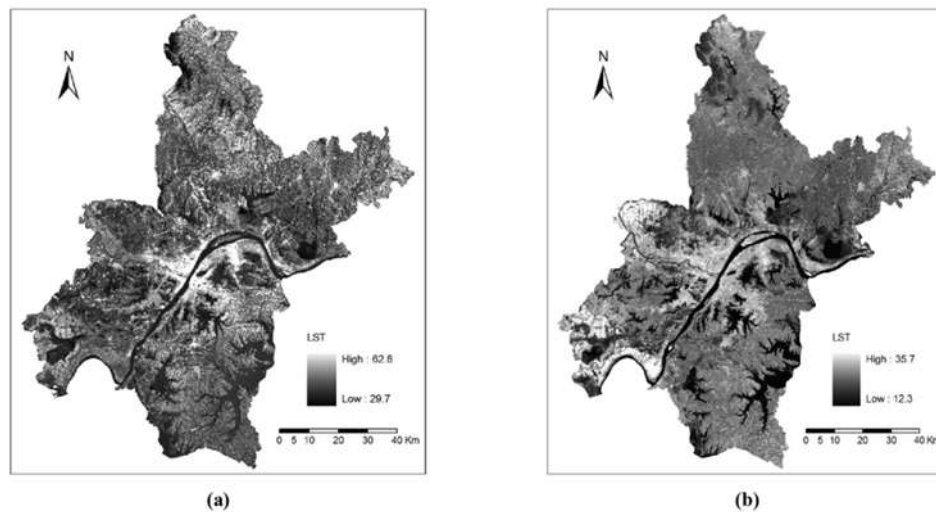
Year/Percent ISA	<10% ISA	10%-45% ISA	45%-80% ISA	>80% ISA
1987 (km ²)	5883.72	2240.81	112.80	174.67
2007 (km ²)	5927.55	1418.96	591.45	560.69
Difference (km ²)	43.83	-821.85	478.65	386.02
Percent change (%)	0.74	-36.68	424.34	221.00

در این مطالعه، علاوه بر مناطق UHI تحت تسلط ساختمان های مسکونی، مناطق تجاری و صنعتی در سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ (شکل a2 و b)، جزایر گرمایی آشکار دیگری در جنوب غربی شهر در ۲۰۰۷ (شکل ۷ ب) دیده می شود که علت آن تا حد زیادی ناشی از پوشش زمین محدوده توسط زمین های کشاورزی است که فعالیت های کشاورزی آن از نظر پوشش گیاهی فصلی متفاوت هستند.

میزان UHI در تابستان بالاتر است. این به دلیل عملکرد حرارتی فصلی مرتبط با پوشش های سطحی متنوع است (همان). تبادل گرمایی عمدتاً در مناطق با پوشش گیاهی کم یا عاری از پوشش گیاهی رخ داده و جریان های گرمایی نهان در مناطق با پوشش گیاهی مشخص می شود (Lo et al., 1997). سطح غیرقابل نفوذ در مناطق شهری نرخ گرمایش نسبتاً بالاتری را در تابستان و راندمان انتشار گرمای سطحی بالاتر در بهار یا زمستان را نسبت به سطح طبیعی بیان می کند (Yuan and Bauer, 2007; Yang et al., 2010).

شکل ۸ توزیع فضایی دمای سطح زمین را نشان می دهد که از تصویر TM در ۲۶ سپتامبر ۱۹۸۷ (a) و ۱۰ آوریل ۲۰۰۷ (b) در شهر ووهان به دست آمده است (Xie & Zhou, 2015). میانگین LST تابستان ۱۹۸۷، ۳۹،۶ درجه سانتیگراد (انحراف معیار ۴،۷ درجه سانتیگراد) بود که کمترین آن ۲۹،۷ درجه سانتیگراد در آب و بالاترین آن ۶۲،۸ درجه سانتیگراد در منطقه ساخته شده ظاهر شد (شکل ۸ a)، در حالی که میانگین LST اواخر بهار ۲۰۰۷، ۲۲،۴ درجه سانتیگراد (انحراف معیار ۳،۸ درجه سانتیگراد) بود که کمترین آن ۱۲،۳ درجه سانتیگراد در آب و بالاترین آن ۳۵،۷ درجه سانتیگراد در زمین های کشاورزی بود (شکل ۸ b) (همان).

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست



شکل ۸: الگوهای توزیع فضایی دمای سطح زمین (LST) برگرفته از تصاویر TM در ۲۶ سپتامبر ۱۹۸۷ (a) و ۱۰ آوریل ۲۰۰۷ (b)

۶- نتیجه گیری

ظهور و گسترش UHI ها تحت تأثیر عوامل مختلف رخ می دهد. بسته به شرایط و عواملی که تحت آن UHI ها راه اندازی و گسترش یافته اند، می توان راهکارهایی برای کاهش ابعاد آن ها و در نهایت حذف آن ها ارائه داد. بر اساس نتایج، عوامل مختلفی در پیدایش و پیشرفت UHI ها نقش دارند که مهمترین آن فعالیت های انسانی مرتبط با شهرنشینی و صنعتی شدن است (Xie & Zhou, 2015). مورد بعدی فعالیت کشاورزی است که موجب تغییرات فصلی پوشش زمین و دمای سطح زمین می شود (همان). کارخانه های صنعتی، فرودگاه ها، زمین های بایر و مناطق مسکونی متراکم، کاربری هایی هستند که بیشتر تحت تأثیر UHI قرار می گیرند (Bokaie et al., 2016). علاوه بر این، تراکم جمعیت نشان دهنده تأثیر فعالیت های انسانی بر مصرف انرژی و تشدید جزایر گرمایی است. نزدیکی مناطق مسکونی متراکم به مناطق تحت تأثیر UHI خطر ابتلا به بیماری های تنفسی و قلبی را در میان ساکنان افزایش می دهد و شرایط زندگی روزمره را به ویژه برای سالمندان و کودکان سخت تر می کند (همان). در این جا به ارائه راهکارهایی جهت کاهش تأثیر و پیشرفت این پدیده پرداخته می شود: بهبود پوشش سطحی، کاهش گرمای آگروز، سبز کردن پشت بام و دیوارهای ساختمان، استفاده از مصالح ساختمانی نگهدارنده آب، استفاده از رنگ روشن برای دیوارهای بیرونی، استفاده از مواد بازتابنده سقف، کنترل مرکزی حرارت خروجی آگروز ساختمان در سطح منطقه، نگهداری و بهبود پارک ها و فضاهای سبز، ساخت کمربندهای سبز در مقیاس بزرگ، و تغییر جهت تاسیسات صنعتی/تجاری در پرتو جهت باد غالب اشاره کرد (Yamamoto, 2006). "طرح کلی چارچوب سیاست برای کاهش اثرات جزیره گرمایی شهری" بر موارد ۱. کاهش انتشار گرمای انسانی در فعالیت های عملیاتی، ۲. بهبود پوشش های مصنوعی سطح شهری، ۳. بهبود ساختار شهری مانند مکان یابی و جهت گیری ساختمان ها، و ۴. بهبود سبک زندگی تمرکز دارد، بنابراین اقدامات کاهش جزیره گرمایی شهری باید در چارچوب کلی برنامه ریزی شهری طراحی شود (همان).



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

منابع

۱. احمدی، عبدالمجید، اکبری، ابراهیم، جمال آبادی، جواد، آل محمد، مریم، ۱۳۹۸. تاثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکلگیری جزایر حرارتی (نمونه موردی: شهر قائن)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۴.
۲. مزیدی، احمد، حسینی، فاطمه السادات، ۱۳۹۴. تاثیر تغییر کاربری و پوشش زمین بر جزیره گرمایی در منطقه شهری یزد با استفاده از داده های سنجش از دور، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۸، بهار.
3. Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23, pp. 1–26.
4. Bhatta, B., (2010). *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*. London: springer Heidelberg Dordrecht.
5. Bokaie, M., Zarkesh, M. K., Arasteh, P. D., & Hosseini, A. (2016). Assessment of urban heat island based on the relationship between land surface temperature and land use/land cover in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 23, 94-104.
6. Grimmond, C. S. B. (2006). Progress in measuring and observing the urban atmosphere. *Theoretical and Applied Climatology* 84, pp. 3–22.
7. Helming, K., Pérez-Soba, M., & Tabbush, P. (Eds.). (2008). *Sustainability impact assessment of land use changes*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
8. Hinkel, K. M., et al. (2003). The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *International Journal of Climatology* 23, pp. 1889–1905.
9. Hosseini, A., Pourahmad, A., & Pajooan, M. (2015). Assessment of Institutions in Sustainable Urban-Management Effects on Sustainable Development of Tehran: Learning from a Developing Country. *Journal of Urban Planning and Development*, 05015009.
10. Huang H, Ooka R, Kato S, 2005. Urban thermal environment measurements and numerical simulation for an actual complex urban area covering a large district heating and cooling system in summer. *Atmospheric Environment*, 39: 6362–6375.
11. Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H., & Norouzian Maleki, S. (2020). Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. *Energy Reports*, 6, 1670–1684. <https://doi:10.1016/j.egy.2020.06.015>
12. Kaloustian, Noushig , Diab, Youssef, (2015). “Effects of urbanization on the urban heat island in Beirut”, *Urban Climate*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/uclim
13. Kim Y, Baik J, 2005. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. *Journal of Applied Meteorology*, 44: 591–605.
14. Kondoh A, Nishiyama J, 1999. Changes in hydrological cycle due to urbanization in the suburb of Tokyo Metropolitan Area, Japan. *Advances in Space Research*, 26: 1173–1176.
15. Kuznetsova, I. N., Khaikin, M. N., and Kadygrov, E. N. (2004). Urban effect on the atmospheric boundary layer temperature from microwave measurements in Moscow and its suburbs. *Izvestiya – Atmospheric and Ocean Physics* 40, pp. 607–616.
16. Landsberg, H. E. (1981). *The urban climate*. New York: Academic Press.
17. Lo, C. P., & Lo, C. P., & Quattrochi, D. A. (2003). Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9), 1053-1063.
18. Lo C.P., Quattrochi D.A., Luvall J.C., (1997), Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect, *International Journal of Remote Sensing*, 18, 287-304.
19. Mestayer, P. G., et al. (2005). The urban boundary-layer field campaign in Marseille (UBL/ CLU-ESCOMPTE): set-up and first results. *Boundary-Layer Meteorology* 114, pp. 315–365.
20. Nemoto, M. and Kobayashi, H., (2002), Trends in the Studies of Heat Island Mitigation Technology: Analysis from the Viewpoint of Energy Use. *Science & Technology Trends Quarterly Review*. No. 17. (Japanese)
21. Oke T R, 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108: 1–24.
22. Priyadarsini, R. (2009). Urban Heat Island and its impact on building energy consumption. *Advances in building energy research*, 3(1), 261-270.



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

23. Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2007). *Journal of Environmental Sciences* 20(2008) 120–128
24. Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.
25. Roth, M., Oke, T. R., and Emery, W. J. (1989). Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing* 10, pp. 1699–1720.
26. Roustia, I., Sarif, M. O., Gupta, R. D., Olafsson, H., Ranagalage, M., Murayama, Y., Zhang, H., & Mushore, T. D. (2018). Spatiotemporal analysis of land use/land cover and its effects on surface urban heat island using Landsat data: A case study of Metropolitan City Tehran (1988–2018). *Sustainability*, 10(12), 4433.
27. Satterthwaite, D and Tacoli Cecilia (2003) "The role of small and Intermediate Urban Centers in Regional and Rural Development" International Institute for Environment and Development, Washington DC.
28. Schwartz, J. (2005). Air pollution. American Enterprise Institute for Public Policy Research. [online .] Retrieved on 29 August 2007 from http://www.aei.org/publications/pubID.23116.filter.all/pub_detail.asp
29. Shahgedanova, M. and Burt, T., 1998, Urban heat islands, *Geography Review*, No. 11, PP. 36-41.
30. Xie, Q., & Zhou, Z. (2015). IMPACT OF URBANIZATION ON URBAN HEAT ISLAND EFFECT BASED ON TM IMAGERY IN WUHAN, CHINA. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 14(3).
31. Singh, Prafull, Kikon, Noyingbeni, Verma, Pradipika, (2017). "Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate", *Sustainable Cities and Society* 32 (2017) 100–114
32. Voogt, J. A., and Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment* 86, pp. 370–384.
33. Yamamoto, Y. (2006). Environment and Energy Research Unit: QUARTERLY REVIEW No. 18 / January 2006
34. Yang S. B., Zhao X. Y., Shen S. H., Hai Y. L., Fang Y.X., (2010), Characteristics of urban heat island seasonal pattern in Beijing based on Landsat TM / ETM+ Imagery (in Chinese), *Transactions of Atmospheric Sciences*, 33, 427-435.
35. Yuan, F., & Bauer, M. E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(3), 375-386.
36. Zhang, K, Wang, R, Shen, Ch, Da, L (2009). "Temporal and spatial characteristics of the urban heat island during rapid urbanization in Shanghai, China", *Environ Monit Assess* (2010) 169:101–112
37. Zhou, X., & Chen, H. (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, 1467-1476.