

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۳

واکاوی تغییرات مکانی هسته های جزایر حرارتی شهر ارومیه

از سال (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵)

محمود احمدی^۱، قاسم فرهمند^{۲*}

چکیده

بررسی وضعیت پراکندگی تابش های حرارتی و ارتباط آن ها با انواع کاربرهای موجود، در شناخت میکروکلیمای نواحی مختلف شهرها دارای اهمیت زیادی می باشد. توسعه شهرنشینی و فعالیت های صنعتی در شهرهای بزرگ منجر به تغییرات وسیعی در مشخصات فیزیکی سطح زمین، انرژی گرمایی آزاد شده، تغییرات دما و سایر پارامترهای هواشناختی شده و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می کند. علم سنجش از دور با استفاده از تشعشع مادون قرمز حرارتی و کاربرد مدل های فیزیکی ابزار مناسبی جهت محاسبه مقدار دمای سطح در نواحی وسیع محسوب می شود. در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره ای TIRS,OLI سنجنده لندست ۸ جهت شناخت محدوده تشکیل جزایر حرارتی شهر ارومیه در برهه زمانی ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۵ استفاده شده است. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره ای نشان می دهد که کمینه و بیشینه دمای شهر ارومیه طی سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ روند صعودی داشته و این افزایش دمایی در زمین های بایر شهر به مراتب چشمگیرتر می باشد و در طی ۴ سال بررسی سه منطقه اصلی شناسایی شد که تغییرات مکانی هسته جزیره حرارتی در آنها یا در حد فاصل آنها صورت می گیرد. این سه منطقه عبارتند از: شمال شهر، غرب شهر و قسمت مرکزی شهر ارومیه، همچنین منطقه ۵ شهر ارومیه با داشتن درصد بیشتری از مساحت در گرید دمایی بالا نسبت به سایر مناطق، گرم ترین منطقه شهر ارومیه شناسایی شد.

واژگان کلیدی: جزایر حرارتی شهری، تغییرات مکانی، شاخص NDVI، شهر ارومیه.

^۱. دانشیار گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

^۲. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی تهران، شماره تماس: ۰۹۱۴۹۴۵۲۴۲۹

مقدمه

این امر کاملاً شناخته شده‌ای است که پیشرفت و توسعه شهرها سبب تغییر اقلیم بخصوص ایجاد جزایر حرارتی شهری در مناطق شهری می‌شود (Fujino et al, 1998; Ca et al, 1998). طی دهه‌های اخیر، افزایش جمعیت، رشد سریع صنعتی شدن، افزایش آلودگی هوا در ترازهای پایین جو و آثار جزیره گرمایی، سبب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضع هوا و اقلیم محلی شهرهای بزرگ شده است، آزاد شدن انرژی گرمایی زیاد، افزایش گازهای گلخانه‌ای و همچنین تغییر کاربری زمین از عوامل اصلی تغییر اقلیم محلی در شهرهاست (صادقی حسینی و همکاران، ۱۳۸۴: ۶۰). به بیانی دیگر یکی از مخاطرات محیطی نوظهور، که ناشی از گسترش شهرنشینی است پدیده جزیره حرارتی^۱ می‌باشد. این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش طبیعی سطحی از بین رفته و جای خود را به ساختمان، جاده‌ها و سایر تأسیسات شهری می‌دهد (موسوی‌بایگی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۶). گرمایش شهری یکی از شناخته‌ترین اشکال دستکاری محلی اقلیم به دست بشر است، بدین نحو که تغییرات کاربری پوشش زمین در مناطق شهری می‌تواند منجر به افزایش دما در مناطق شهری نسبت به دمای هوای مناطق روستایی پیرامون شود. این پدیده به شکل جزایر حرارتی شهری کمی شده و بیش از ۱۵۰ سال که در شهرهای مختلف جهان مطالعه و ثبت شده است (Streutker, 2003: 282). اثر جزیره گرمایی شهری به افزایش دمای هر محدوده‌ی انسان‌ساخت در مقابل سطوح اطراف اشاره دارد. در نواحی شهری این پدیده، به افزایش دمای شهرها در مقابل نواحی روستایی و حومه شهری اشاره می‌کند (Yamamoto, 2006: 65). شاید بتوان گفت که آشکارترین مثال تأثیر انسان بر روی اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای، پدیده جزیره حرارتی می‌باشد. سنجنده‌های حرارتی قادر هستند جزایر حرارتی سطح زمین را به وسیله ثبت رادیانس حرارتی صادر شده از سطح مناطقی که در میدان دید سنجنده هستند بازایی کنند (Balling et al, 2006: ۱۳۹۶).

^۱. Heat island

1289). وجود جزایر گرمایی، افزون بر تغییرات دمایی، سبب تغییرات در فرآیندهای زمینی مانند: شکستن زودتر گیاهان شهری و طولانی تر شدن فصل رشد نیز می شود (کاویانی، ۱۳۸۷: ۲۳۹). علاوه بر آن، جزایر گرمایی الگوهای باد را در شهرها و اطراف دچار تغییر می کنند، نسیم حومه در شهرهایی که در سرزمین هموار قرار گرفته اند، پدیده غالب است (علوی پناه، ۱۳۸۷: ۲۸۶). این تغییرات در الگوی بادهای، سبب پیامدهای بسیار مهم و خطرناکی از جمله انتقال آلودگی هوا و ذرات پراکنده ی سمی از شهرها به حومه برهم زدن آسایش افراد درون شهر است، به همین دلیل جزایر گرمایی هم اکنون از عوامل ایجاد نگرانی در مورد سلامت افراد به شمار می روند (Frumkin, 2002: 201). اثرات جزیره گرمایی شهر در نیمه شب می تواند در طول یک موج گرمایی؛ مضر باشد و آن زمانی است که در نواحی اطراف روستایی و مناطق وسیع سرمایی قابل مشاهده باشد (Clark, 1972). از طرفی، جزیره گرمایی مستقیماً روی سلامتی حیات وحش شهری نیز تأثیر می گذارد. در ایالات متحده امریکا در حدود هزار حیوان در هر سال به علت افزایش دما می میرند و بیش از این تعداد، بر اثر ترکیبات مضر هوای شهری از بین می روند (Chang et al, 1996). مرور ادبیات تحقیق در پژوهش ها و مطالعاتی که در سایر کشورهای جهان انجام شده است نشان از وجود رابطه بین پراکنش افقی شهر با توسعه کم تراکم و تغییر اقلیم وجود دارد. به عنوان مثال، کوتر^۱ و همکارانش معتقدند تراکم های پایین تر شهری می تواند تأثیراتی بر اقلیم محلی از قبیل بالا رفتن درجه حرارت داشته باشند. بارزتر از همه این تحقیقات نتایج پژوهش هس و فرامکین می باشد که معتقدند پدیده گسترش افقی بی رویه یا اسپرال شهری به رخداد افزایش گرما کمک می کند. شهرهای با سطوح بالای رشد و گسترش فضایی، تعداد روزهایی که درجه حرارت بسیار بالایی دارند دو برابر است زمانی که با شهرهایی مقایسه می شوند که الگوی فشرده تری دارند (زنگنه شهرکی، ۱۳۹۰: ۲۱۰).

^۱. cutter

از نمونه‌های دیگر می‌توان به پژوهش ولازکو^۱ (۲۰۰۶) اشاره کرد. او با تحلیل تفاوت دمای هوای شهر ساحلی سن ژوان^۲ در پورتوریکو^۳ و اطراف آن نشان داد جزیره حرارتی این منطقه از ۴۰ سال گذشته با سرعت ۰/۰۶ درجه سلسیوس در سال و در مجموع ۴۰ سال ۲/۴ درجه سلسیوس افزایش یافته است. استروکر^۴ (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان نقش ماهواره‌ها در اندازه‌گیری رشد جزیره گرمایی در شهر هوستون، نقشه‌های حرارت سطح مربوط به دو دوره زمانی از داده‌های AVHRR را استخراج کرد و به مدل‌سازی UHI به صورت سطح قوسی دو بعدی قرار گرفته بر یک پس زمینه مسطح روستایی پرداخت. این مطالعه نشان داد که شدت UHI به صورت معکوس با دمای مناطق روستایی همبستگی نشان می‌دهد. همچنین از بین مطالعات داخلی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: شمسی‌پور (۱۳۹۱) در پژوهشی تحت عنوان واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره گرمایی شهر تهران، تغییرات موقعیت مکانی جزیره گرمایی شهر را با استفاده از منحنی‌های هم دما بررسی کرده و نشان می‌دهد که در تمامی روزها میانگین دمای محدوده شهر تهران بیشتر از دمای ثبت شده در حومه آن است. با توجه به آنچه ذکر شد شهر ارومیه نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با توجه به رشد و گسترش افقی سریع آن (افزایش محدوده‌ی شهر ارومیه از مساحتی نزدیک به ۳۰۰ هکتار تا پیش از آغاز سده‌ی ۱۳۰۰ هـ ش به مساحتی بالغ بر ۸۵۷۷ هکتار در سال ۱۳۹۰ هـ ش) در چند دهه گذشته احتمال تشکیل جزیره گرمایی در این شهر وجود دارد. در این راستا مطالعه حاضر با توجه به موضوع آن در راستای دست‌یابی به اهداف زیر انجام گرفته است:

– تهیه نقشه حرارتی شهر ارومیه

– شناسایی محدوده تشکیل جزیره گرمایی در سطح شهر ارومیه

¹. Velazquez

². San Juan

³. Puerto Rico

⁴. Streutker

– تعیین مناطق بحرانی از نظر دمایی در شهر ارومیه
– مشخص نمودن تغییرات زمانی و فضایی جزایر حرارتی با توجه به نوع کاربری و اقلیم حاکم بر این منطقه.

مواد و روش‌ها

یکی از روش‌های موثر در تحلیل جزایر حرارتی شهری استفاده از شاخص‌های گیاهی همانند NDVI و کسر گیاهی با استفاده از داده های ماهواره ای می باشد. در این مطالعه فرآیند ارزیابی دمای سطح زمین^۱ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، در نرم افزار ENVI و Arc GIS فراهم شده است. تصاویر ماهواره ای برای تهیه نقشه LST شهر ارومیه، از سنجنده لندست ۸ با مشخصاتی که در جدول (۱) ذکر شده بدست آمده است.

جدول (۱): اطلاعات سنجنده لندست ۸

تاریخ	سنسور	باند طیفی	طول موج	قدرت تفکیک
۱۳۹۲/۰۵/۱۱	OLI, TIRS	حرارتی ۱۰	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰	۱۰۰ m
۱۳۹۳/۰۵/۱۴				
۱۳۹۴/۰۵/۰۱		حرارتی ۱۱	۱۱/۵۰-۱۲/۵۰	
۱۳۹۵/۰۵/۲۰				

مأخذ: المدرسی، ۱۳۹۳.

و همچنین از دمای اندازه گیری شده توسط ایستگاه هواشناسی شهرستان ارومیه در تاریخ های ذکر شده از سایت هواشناسی کشور برای مقایسه دقت نقشه LST استفاده شده است. برای محاسبه رادیانس و گسیلمندی و همچنین تهیه تصویر NDVI

^۱. Land surface temperature (LST)

و دمای روشنایی و دمای سطح زمین از نرم افزار 5.3 env، و برای محاسبه دقیق محدوده دمایی مناطق و تهیه نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. بر همین اساس مراحل طی شده برای بدست آوردن دمای سطح زمین در مناطق مختلف شهر ارومیه به صورت زیر می‌باشد:

۱- محاسبه رادیانس: بدست آوردن رادیانس طیفی در سنجنده گام اساسی در تبدیل داده های تصویر از سنجنده ها و سکوها^۱ مختلف به یک مقیاس رادیومتریکی مشترک و از لحاظ فیزیکی معنی دار است. برای تبدیل ارزش های خام پیکسل^۲ به رادیانس در سنجنده برای تصاویر لندست از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Qcalmax - Qcalmin} \right) (Qcal - Qcalmin) + LMIN_{\lambda} \quad \text{رابطه (۱):}$$

L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ ، $Qcal$ مقدار پیکسل، $Qcalmin$ حداقل مقدار پیکسل، $Qcalmax$ حداکثر مقدار پیکسل، $LMIN_{\lambda}$ و $LMAX_{\lambda}$ حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ جزئیات دقیق در مورد مقدار $LMIN$ و $LMAX$ برای سنجنده‌ها و باندهای مختلف ماهواره لندست در مقاله چاندر^۳ و همکاران (۲۰۰۷) موجود می‌باشد.

۲- بدست آوردن ضریب انعکاس: وقتی می‌خواهیم سنجنده‌های مختلف را با هم مقایسه کنیم، استفاده از ضریب انعکاس سه مزیت دارد: (۱) حذف اثر زاویه کسینوس ارتفاع-های مختلف خورشید ناشی از زمان‌های مختلف جمع‌آوری داده، (۲) تصحیح تنوع فاصله زمین تا خورشید بین زمان‌های مختلف کسب داده، (۳) جبران مقادیر متفاوت تابش خورشیدی بالای اتمسفر حاصل از باندهای مختلف (Chander et al, 2007). ضریب انعکاس بروی زمین طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

^۱ Satellite

^۲ Pixel Value

^۳ Chander

$$\rho\lambda = (\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2) / (ESUN\lambda \cdot \cos\theta_s) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$\rho\lambda$ ضریب انعکاس، L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ و θ زاویه زنیت خورشید^۵ (درجه).
 d (μm) فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)، ESUN میانگین تابش خورشید

۳- بدست آوردن دمای درخشندگی^۱: برای محاسبه دمای تابشی ابتدا باید داده‌های مادون قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل شود در واقع پس از استفاده از عکس قانون پلانک (تبدیل رادیانس به دمای تابشی) لازم است دمای تابشی به دمای واقعی تبدیل شود. محاسبه رادیانس از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

T دمای موثر درخشندگی در سنجنده بر حسب کلوین، K2 ضریب کالیبراسیون
 ۲ بر حسب کلوین (۱۲۸۲/۷۱)، K1 ضریب کالیبراسیون ۱ معادل ۶۶۶/۰۹ بر حسب $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ و L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده است.

۴- بازیابی توان تشعشعی سطح زمین (LSE) به روش آستانه NDVI: در این روش LSE با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک سنجنده OLI (برآورد بازتاب و یا شاخص پوشش گیاهی) و با توجه به کسری پوشش گیاهی (FVC) بدست می‌آید. شاخص NDVI بر پایه ارتباط جذب انرژی در محدوده طیفی قرمز توسط کلروفیل و افزایش انعکاس در انرژی مادون قرمز نزدیک پوشش گیاهی سالم استوار است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

^۱. Brightness Temperature

$$NDVI = \frac{p_{nir} - p_{red}}{p_{nir} + p_{red}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

P_{nir} بازتاب مادون قرمز نزدیک و P_{red} بازتاب باند قرمز می‌باشد. برای بدست آوردن کسر پوشش گیاهی، تصاویر NDVI به صورت خطی بین خط خاک خشک ($NDVI_{min}$) و پوشش گیاهی متراکم ($NDVI_{max}$) با استفاده از رابطه (۵) حاصل می‌شود. این عملیات خطی می‌تواند خطای رخ داده در عملیات کالیبراسیون و تصحیح اتمسفری را کاهش دهد (Amiri et al, 2009).

$$NDVI = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$NDVI_{min}$ مربوط به کمترین مقدار NDVI (خاک خشک) و $NDVI_{max}$ مربوط به بیشترین مقدار NDVI (پوشش گیاهی متراکم) می‌باشد. با محاسبه FVC توان تشعشعی از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} \varepsilon &= a + bp_{red} \quad (FVC = 0) = 0.979 - 0.46r_{oli-b4} \\ &= 0.982 - 0.027r_{oli-b4} \\ \varepsilon &= \varepsilon_s(1 - fvc) + \varepsilon_v fvc \quad (0 < FVC < 1) = 0.0971(1 - FVC) + 0.987 FVC \quad \text{رابطه (۶)} \\ \varepsilon &= 0.99 \quad (FVC = 1) = 0.977(1 - FVC) + 0.989 FVC \end{aligned}$$

۵- الگوریتم تک کانال (SC): الگوریتم‌های SC را می‌توان به هریک از دو باند TIRS اعمال کرد. با این حال از آنجا که TIRS-1 در منطقه جذب اتمسفر پایین‌تر قرار گرفته است بهتر است از این باند استفاده شود. الگوریتم SC مورد استفاده برای ارزیابی LST بر روی TIRS-1 اعمال شده است. معادله کلی این الگوریتم به صورت رابطه (۷) می‌باشد.

$$T_s = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon} (\varphi_1 l_{sen} + \varphi_2) + \varphi_3 \right] + \delta \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در اینجا، T_s دمای سطح زمین، ε توان تشعشعی زمین، l_{sen} رادیانس در سطح سنجنده و پارامترهای γ و δ از رابطه زیر به دست می‌آیند.

$$\gamma \approx \frac{T_{sen}^2}{b_{\gamma} l_{sen}} \quad \delta \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b_{\gamma}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در اینجا T_{sen} دمای درخشندگی سطح سنجنده b_{γ} (۱۳۲۴ برای باند TIRS-1 و ۱۱۹۹ برای باند TIRS-2) و $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ، توابع اتمسفری هستند که با توجه به رابطه (۹) بدست می‌آیند.

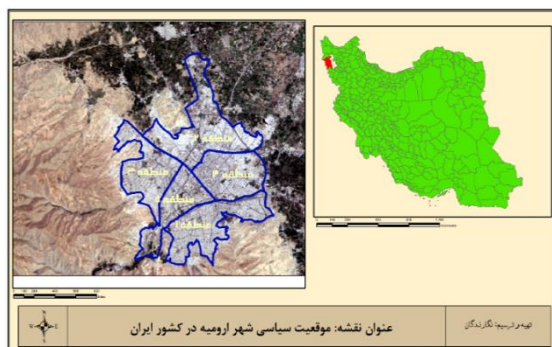
$$\varphi_1 = \frac{1}{\tau} \quad \varphi_2 = -Ld - \frac{Lu}{\tau} \quad \varphi_3 = Ld \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در اینجا τ قابلیت انتقال اتمسفری، Ld تابش رو به پایین اتمسفری، Lu تابش رو به بالای اتمسفری می‌باشد که خود حاکی از در دسترس بودن داده‌های رادیوسونگ اتمسفری نزدیک منطقه مورد مطالعه و در نزدیکی زمان کسب تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد (Yang and liu, 2005).

معرفی محدوده

شهرستان ارومیه یکی از شهرستان‌های چهارده‌گانه استان آذربایجان غربی است که در قسمت میانی استان قرار گرفته است. شهرستان ارومیه از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده و مهاباد، از شرق به دریاچه ارومیه و از غرب به مرز ایران و ترکیه محدود می‌شود. شهر ارومیه مرکز شهرستان و نیز مرکز استان

آذربایجان غربی است که در فاصله ۱۸ کیلومتری دریاچه ارومیه، در مختصات ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی از مبدأ خط استوا در داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و به عرض ۳۰ کیلومتر قرار گرفته است (طرح جامع ارومیه، ۱۳۹۲: ۳). این شهر در آخرین سرشماری ارائه شده از سوی مرکز آمار ایران دارای جمعیتی بالغ بر ۶۸۰۰۰۰ نفر می‌باشد که در مجموع در پنج منطقه از مجموعه مناطق این شهر گسترده شده‌اند.



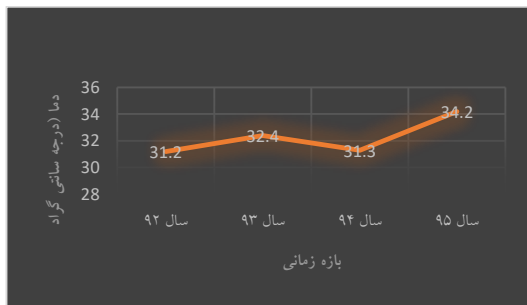
شکل (۱): موقعیت سیاسی شهر ارومیه در کشور ایران

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

یافته‌ها

در شکل (۲) نمودار تغییر دمای ساعتی هوا بین سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود به طور کلی دمای هوای شهر ارومیه روندی زیگزاگ داشته است. به بیان دقیق‌تر دما در سال ۱۳۹۲، $31/2$ درجه سانتی‌گراد بوده است که در سال ۱۳۹۳ این رقم به $32/4$ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است. ولی در سال ۱۳۹۴ میانگین دما روزانه به $31/3$ درجه سانتی‌گراد نزول کرده و بار دیگر در سال ۱۳۹۵ با افزایش $3/9$ درجه سانتی‌گراد به $34/2$ درجه سانتی‌گراد رسیده است. بنابراین بر اساس داده‌های دمایی ثبت شده توسط ایستگاه هواشناسی

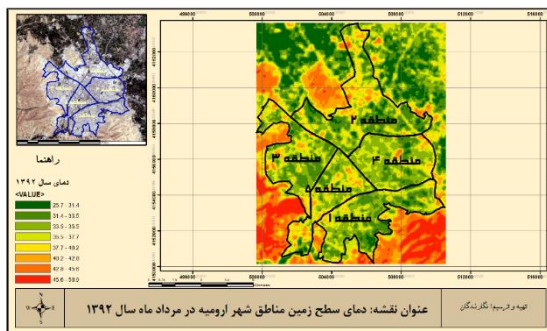
ارومیه، این شهر در سال ۱۳۹۵ در مرداد ماه شاهد گرمای هوای نسبتاً بالایی نسبت به سال‌های قبل بوده است.



شکل (۲): نمودار دمایی مردادماه شهر ارومیه

مأخذ: ایستگاه سینوپتیک هواشناسی شهرستان ارومیه

اما در ادامه برای مشخص نمودن جزایر حرارتی و تفاوت دمایی در مناطق مختلف شهری از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست ۸ استفاده شد که در بازه زمانی ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۵ به صورت زیر مشخص شد.



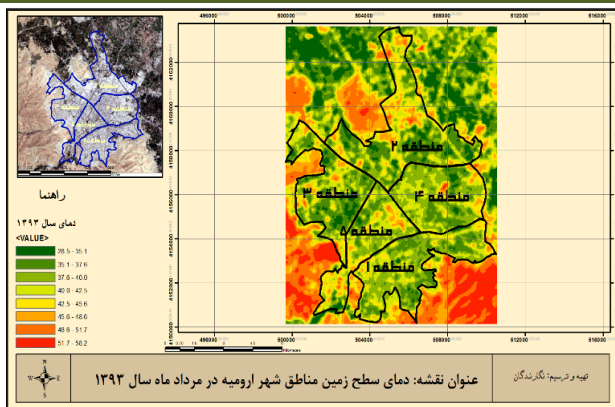
بر اساس شکل (۳) شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۲ دارای یک تفاوت ۲۵ درجه سانتی‌گرادی در سطح زمین در مناطق مختلف این شهر می‌باشد. به بیان دیگر شهر ارومیه در ۸ گرید دمایی ۲۵/۷ الی ۵۰/۹ درجه سانتی‌گرادی قرار گرفته است. مشخص نمودن محدود جزایر حرارتی در مناطق ۵ گانه شهر نیازمند محاسبه دقیق میزان مساحت هر منطقه در گرید دمایی خاص می‌باشد که خروجی آن به شکل زیر می‌باشد.



شکل (۴): درصد دمای سطح زمین در مناطق ۵ گانه شهر ارومیه در سال ۱۳۹۲

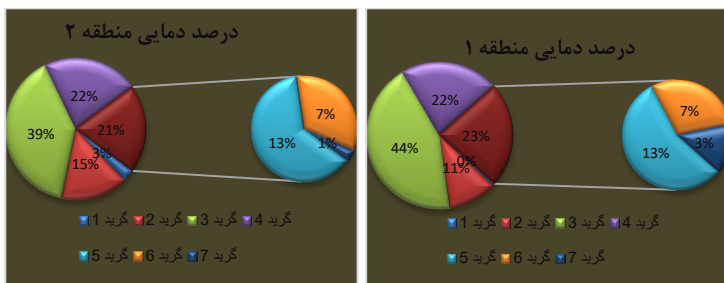
مأخذ: ترسیم نگارندگان

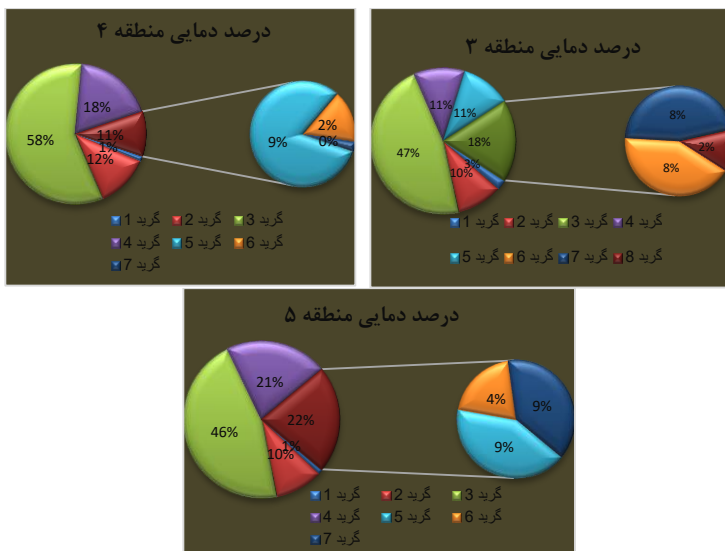
بر اساس نمودارها شکل (۴)، مناطق مختلف دارای درصدهای مختلف از گرید دمایی هستند به طوری که در منطقه ۱ شهر ارومیه حدود ۴۴ درصد از مساحت این منطقه در گرید دمایی $33/5 - 35/5$ درجه سانتی گراد قرار گرفته است. همچنین ۱۵ درصد مساحت منطقه ۱ شهر ارومیه در گرید دمایی $40/2 - 45/6$ درجه سانتی گراد قرار گرفته است. همچنین محاسبات منطقه ۲ شهر ارومیه نشان می دهد که ۳ درصد از مساحت این منطقه در گرید دمایی $25/7 - 31/4$ درجه سانتی گراد قرار گرفته و فقط ۷ درصد مساحت این منطقه در گرید دمایی $40/2 - 45/6$ قرار گرفته است. اما در منطقه ۳ شهر ارومیه وضعیت دمایی این منطقه با سایر مناطق تفاوت محسوسی دارد. در این منطقه ۹ درصد از مساحت منطقه در گرید $25/7 - 31/4$ درجه سانتی گراد قرار گرفته است که نسبت به سایر مناطق از درصد بالاتری برخوردار است. همچنین یکی دیگر از تفاوت های دمایی این منطقه با سایر مناطق قرارگیری ۸ درصد مساحت منطقه در گرید دمایی $45/6 - 50/9$ درجه سانتی گراد است که در دیگر مناطق این گرید دمایی یا وجود ندارد و یا کمتر از $0/5$ درصد از مساحت کل منطقه را به خود اختصاص داده است. در مناطق ۴ و ۵ شهر ارومیه نیز همانند مناطق ۱ و ۲، بیشتر مساحت این مناطق در گرید دمایی $33/5 - 35/5$ درجه سانتی گراد قرار گرفته است. سال بعدی مورد مطالعه از لحاظ دمای سطح زمین و مشخص نمودن جزایر حرارتی در سطح شهر، مربوط به سال ۱۳۹۳ می باشد که نقشه به صورت زیر نمایان شد.



شکل (۵): دمای سطح زمین در مناطق مختلف شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۳
 مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

بر اساس نقشه شکل (۵) شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۳ دارای تفاوت دمای ۳۰ درجه سانتی گراد در سطح زمین در مناطق مختلف این شهر می باشد به طوری که مناطق مختلف این شهر در گرید دمایی $28/5 - 58/2$ درجه سانتی گراد قرار گرفته اند. لذا با این وجود برای نشان دادن محدوده جزایر حرارتی شهر به صورت دقیق، به محاسبه میزان درصد قرارگیری هر منطقه از شهر در گرید خاص اقدام شد که خروجی آن به شکل زیر نمایان گشت.





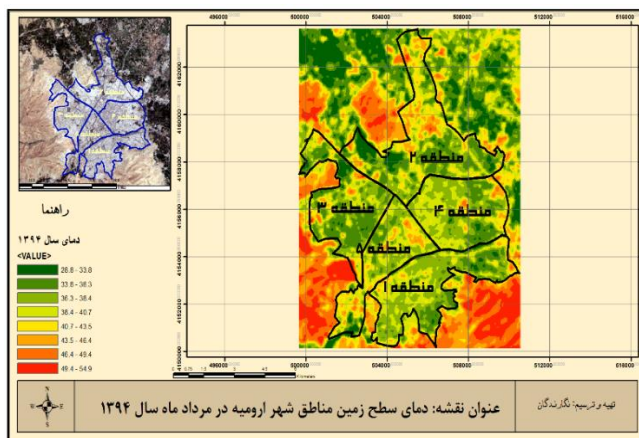
شکل (۶): درصد دمای سطح زمین در مناطق ۵ گانه شهر ارومیه در سال ۱۳۹۳

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

بر اساس نمودارهای شکل (۶): ۴۴ درصد از مساحت منطقه ۱، ۳۹ درصد از مساحت منطقه ۲، ۴۷ درصد از مساحت منطقه ۳، ۵۸ درصد از مساحت منطقه ۴ و ۴۶ درصد از مساحت منطقه ۵ شهر ارومیه در گرید دمایی $37/6 - 40$ درجه سانتی گراد قرار گرفته‌اند که خود بیانگر وجود دمای $37/6 - 40$ درجه سانتی گراد در قسمت اعظمی از مساحت شهر می‌باشد. از دیگر اختلاف‌های موجود بین مناطق شهر ارومیه از لحاظ دمایی سطح زمین، قرارگیری حدود ۳ درصد از مساحت مناطق ۲ و ۳ در گرید دمایی ۱ ($28/5 - 35/1$) درجه سانتی گراد می‌باشد که در دیگر مناطق تکرار نشده است. همچنین باز هم ۲ درصد از مساحت منطقه ۳ شهر ارومیه در گرید دمایی ۸ ($51/7 - 58/2$) قرار گرفته است که این مساحت برابر با 904643 متر مربع می‌باشد.

اما ۲۲ درصد از مساحت منطقه ۵ شهر ارومیه ۲۲ در گرید دمایی بالا ($۴۵/۶ - ۵۸/۲$) درجه سانتی گراد قرار گرفته است که نسبت به سایر مناطق از درصد بالاتری برخوردار می باشد.

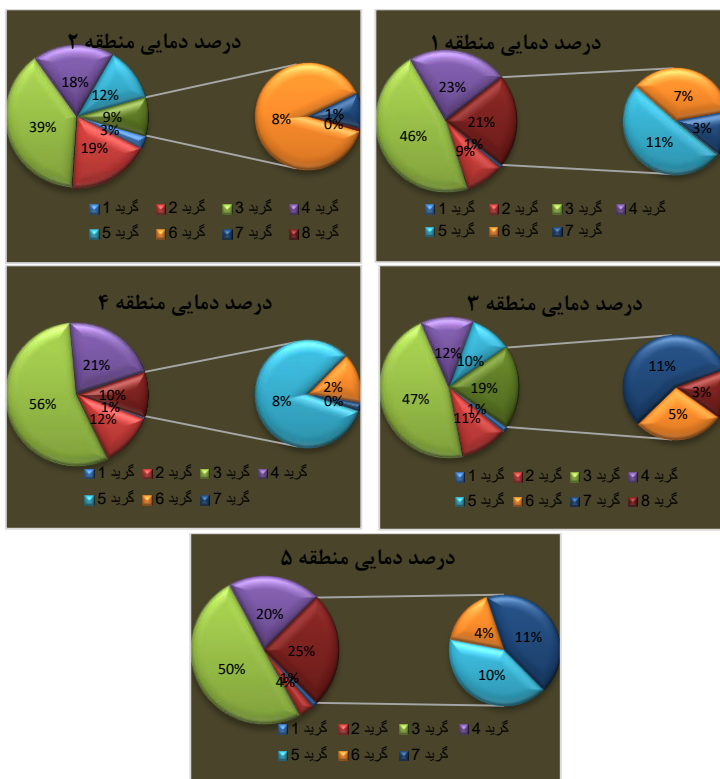
سال بعدی پژوهش مرداد ماه سال ۱۳۹۴ می باشد. طبقه بندی و اعمال محاسبات بر روی تصاویر ماهواره ای سال ۱۳۹۴، خروجی دمای سطح زمین را به صورت زیر نشان داد:



شکل (۷): دمای سطح زمین در مناطق مختلف شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۴
 مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۵)

بر اساس نقشه دمای سطح زمین در شکل (۷)، مناطق مختلف شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۴ در یک اختلاف ۲۶ درجه سانتی گراد دامنه دمایی قرار گرفته اند. به بیان واضح تر شهر ارومیه در یک زمان خاص در مرداد ماه سال ۹۴ در دامنه دمایی $۲۸/۸ - ۵۴/۹$ درجه سانتی گراد قرار داشته است. از دیگر برداشت های حاصل شده از خروجی دمای سطح زمین می توان به کاهش حداکثر دمای مناطق این شهر نسبت به سال ۱۳۹۳ اشاره کرد به طوری این کاهش حدود ۴ درجه سانتی گراد را شامل می شود.

نکته‌ای که در شکل ۲ نیز می‌توان به آن اشاره کرد و آن کاهش ۱/۱ درجه سانتی‌گراد دمای هوا سال ۱۳۹۴ نسبت مرداد ماه سال ۱۳۹۳ می‌باشد. به بیان دیگر کاهش ۱/۱ درجه سانتی‌گراد دمای هوا شهر ارومیه باعث کاهش ۴ درجه سانتی‌گراد دمای سطح زمین در این شهر شده است. در ادامه برای مشخص نمودن دقیق میزان تغییرات دمایی در مناطق مختلف شهر ارومیه از نمودارهای زیر استفاده شد.

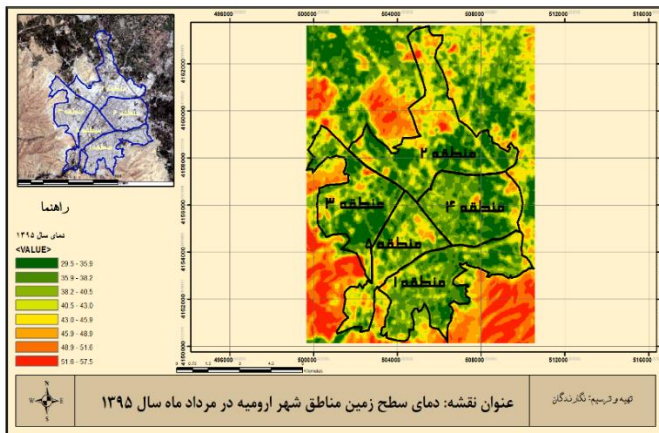


شکل (۸): درصد دمای سطح زمین در مناطق ۵ گانه شهر ارومیه در سال ۱۳۹۴

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

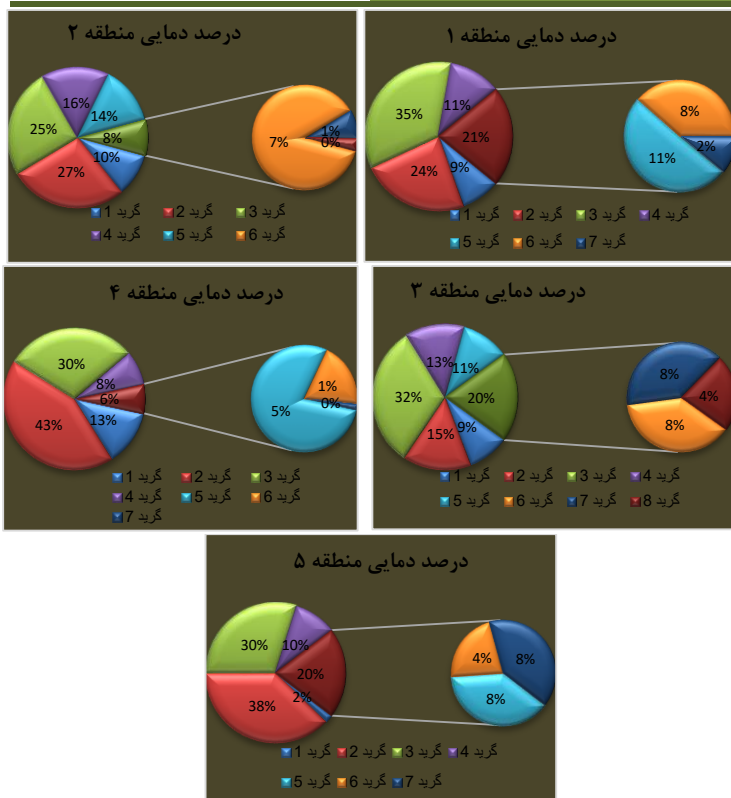
نمودارهای شکل ۸ نشان می‌دهند که قسمت زیادی از مساحت شهر ارومیه در گرید دمای ۳ قرار دارند. به بیان دقیق‌تر، ۴۶ درصد از مساحت منطقه ۱، ۳۹ درصد از مساحت منطقه ۲، ۴۷ درصد از مساحت منطقه ۳، ۵۶ درصد از مساحت منطقه ۴ و ۵۰ درصد از مساحت منطقه ۵ شهر ارومیه در گرید دمایی (۳۶/۳-۳۸/۴) درجه سانتی‌گراد قرار گرفته است. از دیگر مشخصات درصد دمایی شهر می‌توان به قرارگیری ۳ و ۱ درصد از مساحت مناطق ۲ و ۳ در گرید دمای ۱ (۲۸/۸ - ۳۳/۸) درجه سانتی‌گراد می‌باشد که دیگر مناطق فاقد درصد قابل‌توجهی از مساحت در گرید دمای ذکر شده می‌باشند. همچنین باز هم درصد مساحت قابل‌توجهی از منطقه ۳ شهر ارومیه در گرید دمای حداکثر (۴۹/۴ - ۵۴/۹) قرار دارد که این نسبت ۳ درصد از کل مساحت این منطقه را پوشش می‌دهد که این رقم برابر با ۱۱۲۳۷۵۲ مترمربع می‌باشد که نسبت به سال قبل حدود ۲۲۰ هزار مترمربع بر مساحت این محدوده افزوده شده است. همچنین بار دیگر ۲۵ درصد از مساحت منطقه ۵ شهر ارومیه با قرارگیری در دامنه دمایی بالا (۴۳/۵-۵۴/۹)، گرمترین منطقه شهری محسوب می‌شود.

اما سال آخر مورد مطالعه، مرداد ماه سال ۱۳۹۵ می‌باشد. بر اساس گزارش‌های ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک شهرستان ارومیه، این شهر در سال ۱۳۹۵ با افزایش دمای ۲/۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به سال قبل روبرو بوده است و میانگین دمای این شهر در تاریخ مورد مطالعه حدود ۳۴/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اما پردازش تصاویر ماهواره‌ای و خروجی دمای سطح زمین در این شهر به صورت زیر بوده است.



شکل (۹): دمای سطح زمین در مناطق مختلف شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۵
 مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

شکل (۹) نقشه دمایی سطح زمین در مناطق مختلف شهر ارومیه در مرداد ماه سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که این شهر در یک زمان خاص در مناطق مختلف دارای دامنه دمایی (۲۹/۵ - ۵۷/۵) درجه سانتی‌گراد می‌باشد. و این بدان معناست که دمای سطح زمینی در شهر ارومیه در یک زمان خاص دارای اختلاف ۲۸ درجه سانتی‌گرادی می‌باشد. از دیگر نکات مهم این تصویر افزایش دما سطح زمین همزمان با افزایش دمای هوا نسبت به سال ۱۳۹۴ می‌باشد به طوری که با افزایش دمای ۲/۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به سال ۱۳۹۴، دمای سطح زمین نسبت سال قبل حدود ۳/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است که این خود بیانگر رابطه مستقیم بین این دو عامل می‌باشد. اما بررسی دقیق‌تر میزان حداقل و حداکثر دما در نقاط مختلف شهر نیازمند بررسی دقیق‌تر دما بر حسب مترع در مناطق مختلف شهر بود که نتیجه بررسی به صورت زیر نمایان گشت.



شکل (۱۰): درصد دمای سطح زمین در مناطق ۵ گانه شهر ارومیه در سال ۱۳۹۴

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۵.

نمودارهای شکل (۱۰) یک تفاوت دمای در مناطق مختلف شهر نسبت به سال-های گذشته را نشان می‌دهد. به بیان دقیق‌تر تا سال ۱۳۹۵ درصد زیادی از مساحت-های مناطق ۵ گانه شهر ارومیه در گرید دمای ۳ قرار داشت ولی در سال ۱۳۹۵ این امر تغییر یافته و در گرید دمای ۲ قرار گرفته‌اند. به بیان واضح‌تر حدود ۲۴ درصد منطقه ۱، ۲۷ درصد منطقه ۲، ۱۵ درصد منطقه ۳، ۴۳ درصد منطقه ۴ و ۳۸ درصد

منطقه ۵ شهر ارومیه در گرید دمای (۳۵/۹-۳۸/۲) درجه سانتی گراد قرار گرفته است. از دیگر مشخصات دمای این سال نسبت به سال‌های گذشته قرارگیری ۹ درصد از مساحت منطقه ۱، ۱۰ درصد از مساحت منطقه ۲، ۹ درصد از مساحت منطقه ۳، ۱۳ درصد از مساحت منطقه ۴ و ۲ درصد از مساحت منطقه ۵ شهر ارومیه در گرید دمایی ۱ (۲۹/۵-۳۵/۹) درجه سانتی گراد می‌باشد. همچنین همانند سال‌های گذشته تنها منطقه‌ای که درصد زیادی از مساحت آن در گرید آخر دمایی (۵۱/۶-۵۷/۵) درجه سانتی گراد قرار دارد منطقه ۳ می‌باشد که ۴ درصد مساحت آن یعنی بیش از ۱۵۵۸۸۸۳ مترمربع در این گرید دمایی قرار گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه بررسی دقیق و جامع جزایر حرارتی شهری که با رشد شهری در ارتباط می‌باشد مورد توجه روز افزونی قرار گرفته است. که علم سنجش از دور یکی از بهترین ابزار برای مشخص نمودن این پدیده می‌باشد. با توجه به شناخت کارکردهای فضای سبز و گیاهان محیط شهری سعی شده است که در ارتباط با سنجش دما، شاخص‌های گیاهی مورد استفاده قرار گیرند. چرا که پوشش گیاهی و دما دارای ارتباط منفی قابل توجهی هستند و این موضوع بیانگر این امر است که با افزایش فراوانی پوشش گیاهی در شهر، جزایر حرارتی کمتری در شهر وجود دارد. بنابراین در مطالعه حاضر برای مشخص نمودن جزایر حرارتی شهر ارومیه از شاخص NDVI یا پوشش گیاهی استفاده شد. پردازش تصاویر ماهواره‌ای ۴ سال شهر ارومیه نشان داده که این شهر در برهه زمانی چهار ساله روند تقریباً یکسانی را داشته است به‌طوری که در کل ۴ سال دوره مطالعه حداکثر دما در قسمت‌های از منطقه ۳ رخ داده است که علت آن را هم می‌توان در بایر بودن قسمتی از زمین‌های جنوب غربی و شرق این منطقه دانست. همچنین منطقه ۲ شهر ارومیه در ۴ سال مورد مطالعه بیشترین مساحت

را از لحاظ کمینه دما به خود اختصاص داده است که شاید مهمترین علت آن وجود زمین‌های زیاد کشاورزی و باغی در این منطقه می‌باشد. از دیگر نتایج حاصله از پردازش تصاویر این بود که منطقه ۵ ارومیه در ۴ سال مورد مطالعه بالاترین مساحت را از نظر گرید دمایی بالا به خود اختصاص داده است. بنابراین می‌توان گفت که به لحاظ گستره فضایی، جزیره حرارتی سه منطقه اصلی را می‌توان در شهر ارومیه شناسایی کرد که تغییرات مکانی هسته جزیره حرارتی در آنها یا در حد فاصل آنها صورت می‌گیرد. این سه منطقه عبارتند از: شمال شهر، غرب شهر و قسمت مرکزی شهر ارومیه می‌باشد که متأثر از جنس زمین و گرمای آنتروپوژنیک (انسان ساخت) می‌باشد.

منابع

- المدرس، سیدعلی؛ رحیم آبادی، ابوالفضل؛ خضری، صادق (۱۳۹۳). «پهنه‌بندی و مقایسه دمای سطح زمین با استفاده از دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ مطالعه موردی: شهرستان بهشهر»، همایش کاربرد ملل‌های پیشرفته تحلیل فضایی در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.
- زنگنه شهرکی، سعید (۱۳۹۰)، «تحلیل اثرات اجتماعی- اقتصادی و زیست‌محیطی گسترش افقی شهر و چگونگی به کارگیری سیاست‌های رشد هوشمند شهری (مورد: شهر یزد)»، رساله دکتری در دانشگاه تهران به راهنمایی دکتر فرانک سیف الدینی.
- شمسی‌پور، علی اکبر؛ مهدیان، مجتبی؛ حسن پور، زینب (۱۳۹۱)، «واکاوی تغییرات مکانی هسته‌ی جزیره گرمایی شهر تهران»، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۳.
- صادقی حسینی، علیرضا، اکبری‌بیدختی، عباسعلی؛ رنجبرسعادت‌آبادی، عباس (۱۳۸۴). «آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوای و اقلیم محلی در کلان شهر تهران بر اساس داده‌های مهرآباد و ورامین»، فصلنامه محیط شناسی، شماره ۳۹.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۸۷). «سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۶). «میکرو کلیماتولوژی»، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- موسوی بایگی، محمد، بتول اشرفی، علیرضا فرید حسینی، آمنه میان آبادی (۱۳۹۱)، «بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال»، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره اول.
- مهندسان مشاور طرح و آمایش (۱۳۹۲). «طرح جامع شهر ارومیه».
- Amiri K. , Q. Weng, A. alimohamadi, K. alavipana. (2009) "Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area Iran". *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, pp. 2606-2617.
- Balling R. C. , S. W. Brazell. (2006), "High resolution surface temperature patterns in a complex urban terrain". *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, Vol. 54, No. 9, pp. 1289 -1293
- Ca, V. T. ; Asaede, T. & Abu. E. (1998). "Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park", *Energy and Building*, 29: 83-92.

- Chander, G. Markham, B. L. And Barsi, J. A. (2007). Revised Landsat5- Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS*, Vol. 4,
- No, 3, pp: 494-490. Chang S. A, Jr. K. E. Kunkel, B. C. Reinke, (1996), "Impact and responses to the 1995 heat wave: A call to action", *bulletin of the American Meteorological Society*, 77, pp 1497-1506.
- Clark, J. F. (1972), "Some effects of the urban structure on heat mortality", *Environment of research*, 5, pp 93-104.
- Frumkin, H. , (2002), "*Urban Sprawl and Public Health, Public Health Report, Department of Environmental and Occupational Health*", Rollins School of Public Health of Emory University, Atlanta
- Fujino, T. ; Asaeda, T. & Ca, V. T. (1998). "*Thermal Environment in a dense housing area in summer: field observation and numerical analysis*", viewed 30 February 2011, 3T [www. lib. kobeu. ac. jp/handle_ kernel/000447393T](http://www.lib.kobeu.ac.jp/handle_kernel/000447393T).
- Streutker, d. r (2002). "A remote sensing study of urban heat of Houston", *TX. Int. J. Remote sensing*, 23: 2595- 2608.
- Streutker, d. r. , (2003). "Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston", *TX. Remote sensing of environment*, 85: 282-289.
- Velazquez, V. Caselles, C. , Coll. (2006). "Comparison of Thermal Infrared Emissivity's Retrieved With the Two-Lid Box and the TES Methods With Laboratory Spectra". *Geoscience and Remote Sensing, IEEE*, Vol. 47, No. 4, pp. 1012-1021
- Yamamoto, Y. , (2006), "Measures to Mitigate Urban Heat Islands", *Quarterly Review*, Vol. 18, PP. 65-83.
- Yang, H. & Liu, Y. (2005). "*A satellite remote sensing based assessment of urban heat island in Lanzhou city, northwest China*". viewed 20 January 2011, 3T [www. isprs. org/proceedings/XXXVI/8-w27/yang-lui. pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-w27/yang-lui.pdf)3T

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۹

