



## استخراج جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از تصاویر ASTER

سید علی الحسینی المدرسی<sup>۱</sup>، مهدی ساعتی<sup>۲</sup>، سید عقیل ابراهیمی<sup>۳\*</sup>

۱- دکتری ژئومورفولوژی، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

۲- عضو هیات علمی و مدیر گروه نقشه برداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان

۳- دانشجو کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد یزد

### چکیده:

امروزه یکی از مخاطرات محیطی نو ظهور که ناشی از گسترش شهر نشینی است پدیده جزیره حرارتی شهری می باشد. جزایر حرارتی شهری مناطقی از سطح زمین را گویند که نسبت به دیگر مناطق دمای بالاتری دارند. این پدیده زمانی شکل می گیرد که درصد زیادی از پوشش طبیعی سطحی که پوشش گیاهی و سطوح آبی هستند که نقش مهمی در کم کردن دمای هوا دارند کاهش یا از بین می رود و جای خود را به ساختمان ها- جاده ها و سایر تاسیسات شهری می دهند. در این مطالعه جزایر حرارتی شهری شهر تهران که به عنوان مهمترین مرکز جمعیتی و مهمترین مراکز صنعتی ایران است با استفاده از سنجنده ASTER انجام گرفته است. هدف اصلی این تحقیق استخراج پدیده جزایر حرارتی شهری در شهر تهران بوده و یکی دیگر از اهداف اصلی این تحقیق رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین بوده است. پس از استخراج دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم های مشخص و طبقه بندی آن نقشه جزایر حرارتی شهر تهران در ۵ دسته تقسیم شد و مشخص گردید که مکان هایی که پوشش گیاهی زیاد داشته باشند دمای سطح زمین در آن مکان ها کم می باشد مانند پارک لاله که دمای ۳۱/۸۹ و منطقه دربند با دمای ۲۹/۳۳ برای ما نشان داده است و مکان هایی که پوشش گیاهی کم باشد و مراکز صنعتی در آن منطقه زیاد باشد دمای سطح زمین در آن منطقه هم زیاد است مانند منطقه بازار خیابان ۱۵ خرداد که دمای ۵۰/۶۶ را نمایش داده است.

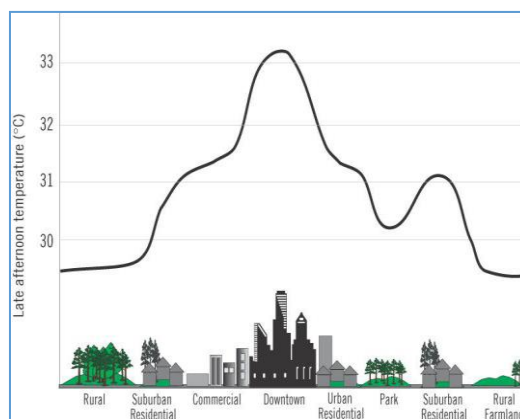
واژه های کلیدی: سنجش از دور حرارتی- دمای سطح زمین- جزایر حرارتی- پوشش گیاهی زمین



## ۱- مقدمه

جزایر حرارتی شهری یکی از معمول ترین پدیده های اقلیم شهری است که در آن بعضی از مناطق شهری به خصوص مراکز شهرها چند درجه از مناطق اطراف خود گرم تر می شوند. مطالعه این پدیده و بررسی مکانیزم آن برای برنامه ریزی شهری اهمیت بسیار زیادی دارد. در گذشته اکثر داده های دمایی یا در ایستگاه های هواشناسی و یا توسط اتومبیل جمع آوری می شد. از آنجا که جمع آوری اطلاعات زمینی شامل محدودیت های بسیار زیادی می شود، نقشه های حرارتی تهیه شده توسط آنها علاوه بر آنکه قدرت تفکیک مکانی بسیار کمی داشتند و جزئیات توزیع مکانی دمای تهیه شده توسط آنها از دقت پایینی برخوردار بود، توصیف پاسخ آنها نسبت به فعالیت های فیزیکی مختلف و طریقه اعمال اثر آنها روی سطح مناطق شهری محدود بود. اما امروزه تکنولوژی سنجش از دور شرایط بهتری را برای استخراج دمای سطح زمین به صورت سراسری حاصل کرده است. ماهواره های سنجش از دور با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مناسب می توانند جزایر حرارتی شهری را در مقیاس های مختلف قاره ای و منطقه ای به تصویر بکشند و داده های فیزیکی کمی از خصوصیات سطح زمین با توزیع ناهمگن تولید کنند و موجب درک بیشتر ما از محیط های شهری و غیر شهری و رابطه ما با شهری شدن می شوند. به ویژه در طول دو دهه اخیر نیاز فراوان به اطلاعات دمای سطح زمین برای مطالعات محیطی و فعالیت های مدیریتی منابع زمینی سنجش از دور دمای سطح زمین را به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل کرده است. [1]

دمای هوا و سطوح موجود در شهر گرمتر از حاشیه ی شهر است که این بدلیل جایگزینی پوشش گیاهی طبیعی با مواد بدون تبخیر و غیرمتخلخل مواد شهری است که قابلیت بالایی در نگهداری گرما و انعکاس کم تابش خورشیدی دارند. تنها بخشی از اشعه خورشید به طور مستقیم باعث گرمای محیط می شود بقیه جذب ساختارهای پیچیده شهری می شود و غیر مستقیم باعث گرم شدن محیط می شود. مشخص شده که شهرهایی با جمعیت ۱ میلیون یا بیشتر،  $3^{\circ}\text{C}$  - ۱ اتمسفر گرمتری نسبت به مناطق روستایی اطراف دارند. اگر چه این اختلاف دما در بیشتر مواقع ۱۱ تا  $12^{\circ}\text{C}$  اندازه گیری شده است [2] در شهر های با جمعیت ۵۰۰۰۰۰ هزار تا یک میلیون نفر درجه حرارت ۱.۱ تا ۱.۲ درجه حرارت بیشتر از پیرامون خود هستند. این اختلاف درجه حرارت در شهر های با جمعیت میلیونی می تواند حتی بیشتر نیز بشود شکل (۱)

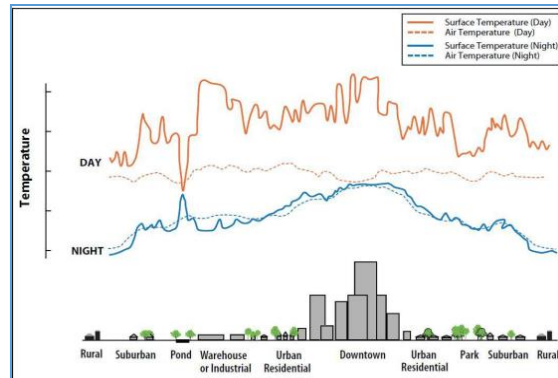


شکل ۱- جزیره حرارتی شهری

مناطق شهری تنها ۲٪ از سطح کره زمین را به خود اختصاص می دهند ولی با وجود این شهری شدن و شهرنشینی تاثیرات زیادی روی اکوسیستم های محلی و جهانی دارد. تخمین زده می شود که تا سال ۲۰۵۰ نزدیک ۷۰٪ از جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند. با توسعه شهرنشینی، مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به خانه ها، مناطق صنعتی و دیگر زیرساخت ها داده اند. محدوده های شهری دارای بیلان انرژی و آبی متفاوتی



در قیاس با نواحی غیرشهری اند. این تفاوت و تغییر در این دو مفهوم باعث از بین رفتن توازن انرژی و رواناب در محیط های شهری می گردد که خود مشکلات زیست محیطی جدی را (مانند سیل و آلودگی های حرارتی) برای ساکنان شهر به دنبال می آورد. علاوه بر این، در برخی از نواحی شهری تغییرات کاربری ها و افزایش جمعیت و در پی آن افزایش تردد خودروها و همچنین وجود صنایع، موجب افزایش دمای برخی مناطق شهری نسبت به دیگر مناطق می شوند. بنابراین در مناطق شهری، بسته به پوشش زمین، مناطقی با درجه حرارت بیشتر از سایر نواحی به وجود می آید، که این پدیده را جزیره حرارتی شهرها می نامند (شکل ۲) [3].



شکل ۲ اختلاف درجه حرارت طی روز و شب (منبع : فارینا، ۲۰۱۳)

## ۲- پیشینه تحقیقاتی

آکه (۱۹۸۲) مطالعات خود به این نتیجه رسید که اثر جزیره حرارتی بر روی دما بیش از سایر کمیت های هواشناسی است. وی همچنین بیان کرد که در یک آسمان صاف، وزش باد ضعیف و وجود یک واچرخند، می تواند شرایط مناسبی را برای ایجاد یک جزیره حرارتی نسبتاً شدید ایجاد کند. [4]

بارلی و چورلی (۱۹۸۷)، مطالعه ای که در لندن طی سال های ۱۹۳۱ تا ۱۹۶۰ انجام شد، تغییرات سالانه دمای هوا مورد بررسی قرار گرفت و میانگین سالانه دمای هوای این شهر ۱۱، دمای حومه شهر ۱۰/۳ در نواحی روستایی اطراف ۶/۹ درجه سلسیوس گزارش شد که این تفاوت دما وقوع جزیره حرارتی را در این شهر اثبات نمود. [5]

آخوندزاده و سراجیان (۱۳۸۶)، برای نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری از تصاویر سنجنده ASTER استفاده کردند. در این مطالعه تصاویر سنجنده ماهواره ای ASTER در محدوده های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی طیف الکترومغناطیس به منظور تهیه نقشه های حرارتی، ضریب گسیل، توزیع پوشش گیاهی و سایر لایه های اطلاعاتی مورد پردازش قرار گرفتند. در این تحقیق نقشه LST و ضریب گسیل منطقه شهری تهران با الگوریتم TES تهیه گردید. نتایج تحقیق نشان دهنده آن است که تصاویر چند طیفی ASTER می تواند به عنوان ابزار مفیدی جهت نمایش تجزیه و تحلیل منابع و اثرات انرژی در محیط های شهری در ایران به کار روند. [6]

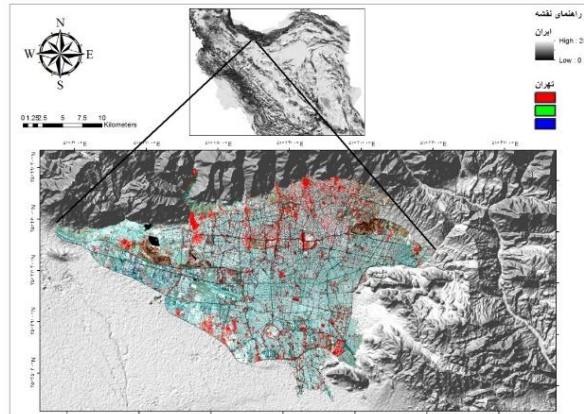
## ۳- داده های مورد استفاده و روش تحقیق

### ۳-۱- منطقه مورد مطالعه و مواد تحقیق

شهر تهران در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح آب های آزاد بین ۱۸۰۰ متر در شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران بین کوه های البرز و حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران در دشتی نسبتاً هموار واقع شده است. پهنه استقرار آن از جنوب و جنوب غربی به دشت های شهریار و ورامین منتهی می شود و در سمت



شمال و شرق با حد طبیعی فضای جغرافیایی شهر تهران در کوه و دشت به وسیله دو رود کرچ در غرب و جاجرود در شرق مشخص می شود که در نزدیکی کویر نمک در جنوب شرقی تهران به یکدیگر می پیوندند.



شکل ۳- منطقه مورد مطالعه

### ۳-۲- تهیه نقشه حرارتی از تصاویر ASTER

برای تهیه نقشه حرارتی از باند ۱۰-۱۴ سنجنده استر استفاده کرده ایم که دارای قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر را دارد که برای تحویل و تعیین تفاوت های دمایی میان پدیده های شهری پیچیده مناسب است و امکان آنالیز موثر اقلیم شهری را فراهم می نماید. تصویر مورد استفاده شده در این تحقیق در شرایط مناسب اتمسفری است به دلیل اینکه در فصل گرم سال تهیه شده است. واضح است که محتوی بخار آب به علت تغییرات فصلی و درون فصلی شرایط اتمسفر در طول زمان در حال تغییر است. از همین رو است که مقایسه تصاویر ماهواره ای در چند زمان مختلف مناسب به نظر نمی رسد اما با توجه به هدف این تحقیق دو تصویر از یک منطقه در یک زمان استفاده شده است. [7]

الگوریتم مورد استفاده جهت تعیین جزایر حرارتی تصاویر ASTER به علت نبود اطلاعات دقیق اتمسفر، مبتنی بر استفاده از شاخص پوشش گیاهی است بنابراین الگوریتم ما در اینجا بر اساس همبستگی دما و پوشش گیاهی به عنوان یک روش مرسوم است. در ذیل روش انجام کار به تفصیل آمده است

با استفاده از باندهای ۱، ۲ و ۳ لایه پوشش گیاهی و همچنین از باندهای ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ سنجنده ASTER جهت استخراج دمای سطح زمین استفاده میشود، علاوه بر این جهت برآورد دقت محاسبات از داده های ایستگاه هواشناسی بهره گرفته میشود. در ابتدا لازم است پیکسل هایی که ثبت بیش از حد آشکارسازی سنجنده را داشته اند (پیکسل های اشباع) شناسایی و جدا نمود زیرا باعث ایجاد مشکلاتی در مراحل بعدی کار می شوند، برای این کار باید تصویر را بررسی نموده و پیکسل های دارای ارزش ۲۵۵ را جدا نمود. همچنین برای مناطقی که از ابر پوشیده شدند، ارزش عددی آن ها NULL در نظر گرفته می شود. در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۱) برای هر کدام از باندها یک فایل جدید تحت عنوان انرژی تشعشعی سنجنده ایجاد خواهد شد:

$$L_{sat} = (DN - 1) * UCC \quad (1)$$

که در این معادله  $L_{sat}$ : انرژی تشعشعی سنجنده

DN: عدد رقومی (ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر اصلی ASTER)



UCC: ضریب تبدیل واحد که این ضریب برای هر باند ASTER متفاوت است و به شدت Gain سنجنده وابستگی دارد برای تعیین میزان گین سنجنده از فایل متادیتا تصویر استفاده می شود.

شایان به ذکر است که به کالیبراسیون مجدد با هدف اصلاح کاهش زمانی از آشکارسازهای responsivity تغییرات متوالی در ضریب کالیبراسیون رادیومتری (RCC) شده است. نیاز به دوباره کالیبره شدن دارد که برای این موضوع با استفاده از تابع خطی زیر انجام می دهیم. [8]

$$L_{rad,j}(c) = A_j \times L_{rad} + B_j \quad (2)$$

$L_{rad}$ : درخشندگی طیفی دوباره کالیبره شده

$A, B$ : ضرایب دوباره کالیبره شده

در ادامه برای محاسبه انرژی انعکاسی باندهای VNIR با استفاده از معادله (3) انجام می دهیم.

$$\rho = \frac{\pi \times (L_{sat} - L_{haze}) \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times [(\cos \theta_s)^2]} \quad (3)$$

که در این معادله  $\rho$ : انعکاس سطحی

$L_{sat}$ : انرژی تشعشعی سنجنده

$d$ : فاصله زمین تا خورشید که برای به دست آوردن آن از فرمول 4 محاسبه نمود.

$$d = (1 - 0.01672 * \cos(0.9856 * (\text{julianDay} - 4))) \quad (4)$$

بعد از محاسبه انرژی تشعشعی با استفاده از معادلاتی که در بالا ذکر شد در ادامه دمای سطح زمین برای باند ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ به روش زیر محاسبه می گردد.

با استفاده از تابع درخشندگی پلانک که به صورت معادله 5 به نمایش در آمده است.

$$B_{\lambda}(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)} \quad (5)$$

که در این معادله

$$C_1 = 1/19104356 \times 10^{-16} \text{ W m}^2$$

$$C_2 = 1/43876869 \times 10^{-2} \text{ m K}$$

برای ساده کردن فرمول های ارائه شده می تواند به شکلی عمل کرد که در آن  $K1 = C1/\lambda^5$  و  $K2 = C2/\lambda$

باشد و به شکل معادله 6 تبدیل شود.



$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (۶)$$

$L_\lambda$ : طول موج باند مورد نظر

$K_1, K_2$ : ضرایب باند ها

که در جدول (۱) تمام اطلاعات و ضرایب باندهای حرارتی آمده است.

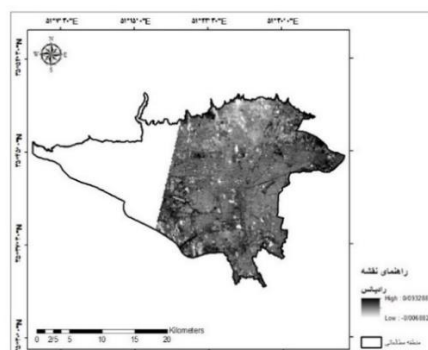
جدول ۱ اطلاعات ضرایب برای محاسبه دمای سطح زمین

Bands	Bandpass ( $\mu\text{m}$ )	Effective Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	UCC	K1	K2
10	8/125-8/475	8/291	0/006882	3040/136402	1735/337945
11	8/475-8/825	8/634	0/006780	2482/375199	1666/398761
12	8/925-9/275	9/075	0/006590	1935/060183	1585/420044
13	10/25-10/95	10/675	0/005693	866/468575	1350/069147
14	10/95-11/65	11/318	0/005225	641/326517	1271/221673

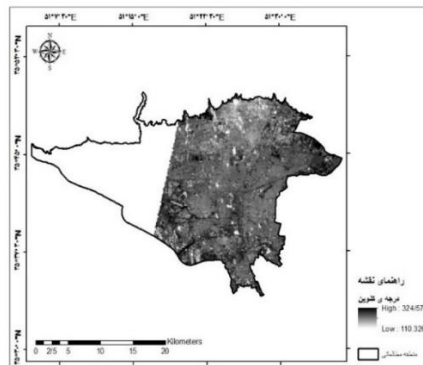
### ۳-۳ تصاویر حرارتی شهر تهران با استفاده از تصاویر ASTER

با انجام محاسبات لازم بر روی سه باند اول تصویر و استخراج انرژی انعکاسی این باندها، اقدام به استخراج NDVI در نهایت LST تهیه گردید و سپس به دلیل اینکه دو فریم چپ و راست داریم با استفاده از موزایک کردن تصاویر رابطه بندی می کنیم و جزایر حرارتی را مشخص می کنیم.

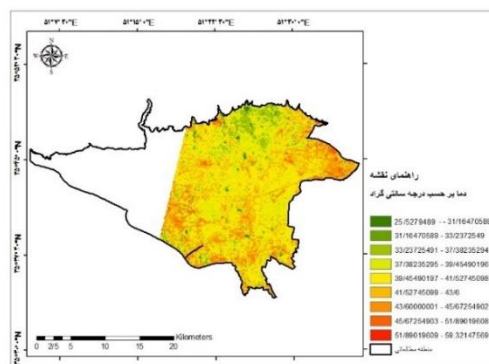
در شکل های ۴ و ۵ نقشه های رادیانس، دمای سطح زمین بر حسب درجه کلون، دمای سطح زمین بر حسب درجه سانتی گراد در باند ۱۰ سنجنده ASTER در دو فریم چپ و راست به نمایش در آمده است.



شکل ۴- رادیانس باند ۱۰ فریم راست



شکل ۵- دمای سطح زمین بر حسب کلوین باند ۱۰ فریم راست



شکل ۶- دمای سطح زمین بر حسب سانتی گراد باند ۱۰ فریم راست

برای باند های ۱۱ الی ۱۴ سنجنده ASTER نیز این نقشه ها به دست آمده است.

### ۳-۴ تهیه نقشه طبقه بندی حرارتی و تعیین جزایر حرارتی

برای طبقه بندی تصویر حرارتی حاصل از روشی که اسمیت (۱۹۸۶) ارائه داده استفاده شد. در این روش با توجه به منحنی توزیع فراوانی تصویر حرارتی و بر اساس انحراف معیار پس از انجام عملیات طبقه بندی و تقسیم بندی تصویر حرارتی به ۵ کلاس، نقشه حرارتی سطح زمین تهیه شده است. جدول ۲ طبقات دمایی شهر تهران را بر اساس محدوده حرارتی آنها نشان می دهد. در این تقسیم بندی بر روی نقشه های حرارتی جزایر حرارتی، محدوده های دمای بسیار گرم را شامل می شود.

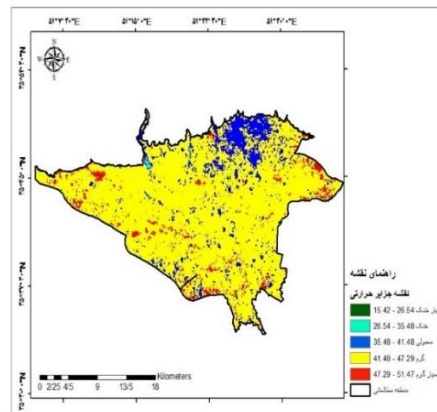
جدول ۲- طبقات دمایی شهر تهران بر اساس محدوده حرارتی آنها

محدوده های دمایی	دما (درجه سانتی گراد)
بسیار خنک	۱۵/۴۲-۲۶/۵۴
خنک	۲۶/۵۴-۳۵/۴۸
معمولی	۳۵/۴۸-۴۱/۴۸
گرم	۴۱/۴۸-۴۷/۲۹
بسیار گرم	۴۷/۲۹-۵۱/۴۷



### ۳-۴-۱- نقشه های جزایر حرارتی سنجنده ASTER

نقشه های جزایر حرارتی برای باند ۱۴ سنجنده ASTER به صورت زیر است لازم به ذکر است که با توجه به اینکه تصاویر ASTER ما دارای دو فریم چپ و راست است لذا آن ۲ تصویر را موزاییک کرده ایم که در شکل ۷ به نمایش در آورده ایم.



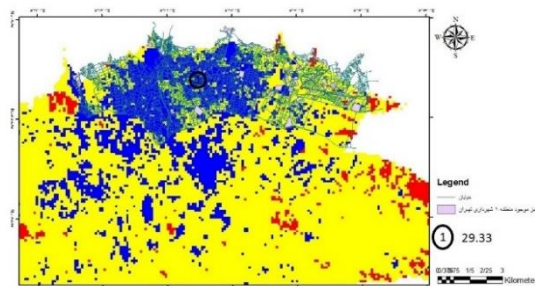
شکل ۷- نقشه جزایر حرارتی باند ۱۴

### ۴-نتایج

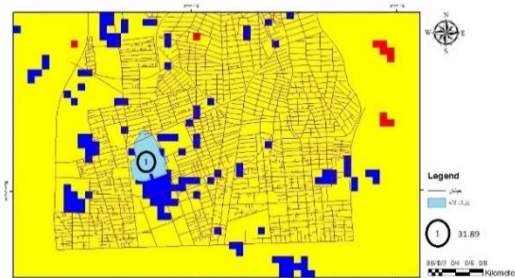
منطقه ای که در این تحقیق هدف مطالعه قرار گرفت ، شهر تهران بود، چرا که شهر تهران با قدمت ده ها سال شهر نشینی از تراک جمعیتی بالا و وسعت زیاد نسبت به شهر ها برخوردار است و همچنین تمرکز کارگاه ها و کارخانه ها در محدوده شهر و حاشیه شهر شرایط را برای تولید گرمای آنتروپوژیک و آلوده سازی هوای شهر به وجود آورده است. همچنین در نتیجه مسدود شدن سطح شهر توسط آسفالت و گسترش ساختمان سازی ، ساختار هیدرولوژیک شهر کاملاً دگرگون شده است و خاک به عنوان یک عامل اکولوژیک، توسط بنا ها و شبکه راها پوشیده شده و بدین ترتیب روابط خود را با اتمسفر و هیدروسفر از دست داده است. نکته دیگر اینکه فضای سبز موجود در شهر تهران با آنچه که شرایط اکولوژیک منطقه اقتضا می کند کاملاً فاصله گرفته است و به نحوی قربانی توسعه راه ها و ساختمان سازی شده است. سنجنده های حرارتی قادر هستند جزایر حرارتی سطح زمین را به وسیله ثبت رادیانس حرارتی صادر شده از سطح مناطقی که در میان دید سنجنده هستند ، بازیابی کنند. به طور کلی LST پارامتر کلیدی در فیزیک رفتار های سطح زمین است ، چرا که بیانگر توازن انرژی و عوامل موثر بر آن مانند تبخیر - تعرق، آلودگی و کوپرزایی می باشد [9].

در نتیجه با توجه به اهمیت مطالعه جزایر حرارتی در شهر تهران ، در این تحقیق با هدف جمع آوری اطلاعات درباره مناطق گرم این شهر، وسعت آنها و عوامل موثر بر تشکیل جزایر حرارتی آن با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER به مطالعه جزایر حرارتی شهر تهران پرداخته شد. نتایج حاصل از تکنیک های سنجنش از دوری و آماری مختلف. با توجه به نتایج استخراج دمای سطح زمین میانگین دمای شهر تهران در تاریخ ۲۰۰۶/۶/۳۰ مطابق ۱۳۸۵/۴/۹ ۴۵/۷۸ درجه سانتی گراد بوده است که خنک ترین مناطق بر روی تصاویر ۲۹/۳۳ درجه سانتی گراد در دره های دربند واقع در منطقه ۱ شهرداری تهران که در شکل ۸ نمایش داده شده است و منطقه دیگر پارک لاله واقع در بلوار کشاورز که جزء منطقه ۶ شهرداری تهران است می باشد که دارای دمای ۳۱/۸۹ است که در شکل ۹ نمایش داده شده است و بیشترین دما مربوط به محدوده بازار تهران و خیابان های خیام و ۱۵ خرداد می باشد که دارای دمای ۵۰/۶۶ می باشد که در نقشه ۱۰ نمایش داده شده است.

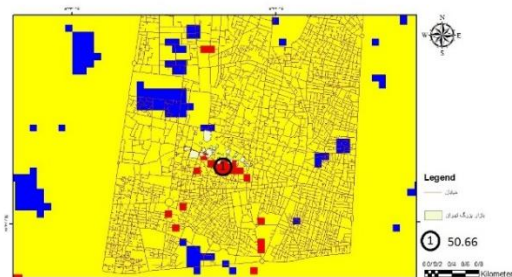




شکل ۸- منطقه دربند



شکل ۹- پارک لاله



شکل ۱۰- منطقه بازار

## منابع

[1] Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.

[2] Andrew Farina (2012), 'Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain', LUMA-GIS Thesis nr 15.

[3] ابراهیمی هروی، بهروز، ۱۳۹۳، تحلیل روابط بین جزایر حرارتی شهری و تغییرات کاربری/ پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای در کلانشهر کرج، دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه سنجش از دور.

[4] Oke, T.R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, 108, 240.

[5] Barry R., R. J. Chorley. 1987. *Atmosphere, Weather and climate*, London: Methuen and co. Ltd.



[6] آخوند زاده، مهدی و سراجیان، محمد رضا. ۱۳۸۶، کاربرد تصاویر ماهواره ای Terra-ASTER در نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری - شهر تهران، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی. قطب علمی مهندسی نقشه برداری و مقابله با سوانح طبیعی. دانشکده فنی دانشگاه تهران.

[7] Coll, C., Caselles, V., Sobrino, J. A., & Valor, E. (1994). On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature. *Remote Sensing*, 15(1), 105-122.

[8] Sobrino, j.A. and c.coll, theoretical split-window algorithms for determining the actual surface temperature, *nuovocimento*, 16(3):219-236, (1991).

[9] Peres, L. F., & DaCamara, C. C. (2004). Land surface temperature and emissivity estimation based on the two-temperature method: sensitivity analysis using simulated MSG/SEVIRI data. *Remote Sensing of Environment*, 91(3), 377-389.