

## تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+

محمود احمدی\*<sup>۱</sup>، داوود عاشورلو<sup>۲</sup>، مهدی نارنگی فرد<sup>۳</sup>

۱. استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۲. دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه یزد

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۶/۲۸

### چکیده

الگوهای دمایی در کاربری‌های مختلف و میزان تأثیرگذاری آنها بر دامنه‌های دمایی در شناخت میکروکلیمای شهری بسیار اهمیت دارد. فعالیت‌های بشری و تغییر در سیمای طبیعی شهر موجب ایجاد تفاوت‌هایی از نظر دما بین مناطق مرکزی شهر و حومه آن می‌شود، که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان آنها را سنجش و اندازه‌گیری و پایش کرد. هدف از این پژوهش مطالعه تغییرات زمانی و مکانی الگوهای حرارتی شهری شیراز از طریق تصاویر ماهواره‌ای و تعیین مکان‌های دارای دمای بالا و بررسی نقطه‌ای به‌منظور ترسیم نقشه و تحلیل کاربری شهری است. روش تحقیق، استفاده از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده ETM+، با قدرت تفکیک ۶۰ متر از باند ۴- (High Gain) در نادر سنجنده ETM+ و باند ۶ سنجنده TM به‌منظور استخراج الگوی حرارتی شهر و همچنین تهیه نقشه‌های کاربری برای پایش تغییرات کاربری شهر شیراز در بازه زمانی ۲۴ ساله بوده است. نتایج در این پژوهش نشان داد سطوح بایر خاکی فاقد پوشش گیاهی حاشیه شهر بیشترین میزان دما را دارند و در کاربری‌های شهری نیز دمای بافت‌های فشرده و فرسوده شهری بیش از دیگر مناطق مسکونی است. بدین ترتیب حلقه‌های دمایی با مناطق آلوده و پرتراфик شهری انطباق دارند؛ و سردترین مناطق نیز با کاربری پوشش گیاهی منطبق‌اند. ناگفته نماند که تغییرات کاربری در دوره آماری خاکی از روندی کاهشی برای کاربری بایر به نفع کاربری شهری است.

**کلید واژه‌ها:** دمای سطح زمین، جزایر حرارتی، سنجنده TM و ETM+.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، ولنجک، میدان شهید شهریار، دانشگاه شهید بهشتی. تلفن: ۰۹۱۲۱۴۸۷۴۹۷

## ۱- مقدمه

تحلیل و پایش الگوهای دمای شهر، با توجه به نوع کاربری آن و بررسی الگوها در بازه زمانی نسبتاً بلند از اصلی‌ترین مقوله‌هایی است که می‌تواند در چارچوب یک پژوهش جغرافیایی قرار گیرد و یافته‌های آن در حل مسائل پیچیده شهری به کار آید. از شاخص‌های مهم تأثیرپذیر آب و هوایی در نواحی شهری، فرایندهای دمایی‌اند.

دما را می‌توان همان انرژی خورشیدی جذب‌شده به‌وسیلهٔ مواد که تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود، تعریف کرد (Jalalzadeh et al., 2008). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب و هواست (Miryaghoobzadeh and Ghanbarpur, 2009). یکی از شناخته‌شده‌ترین شکل‌های تغییر آب و هوا، پدیده گرمایش شهری است. تغییر آهسته پوشش زمین در مناطق شهری باعث افزایش همزمان دمای هوا و دمای سطح محلی از مناطق روستایی پیرامون آن می‌گردد (Streutker, 2002). تأثیر جزیره گرمایی شهر بارزترین مثال و بهترین گواه از جرح و تعدیل‌های ناخواسته اقلیمی است. شکل دقیق و اندازه این پدیده که حاصل ویژگی‌های هواشناسی محلی و شهری است، در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متفاوت است. (Kaviani, 2001)؛ و به همین خاطر پایش و رصد این تغییرات در بازه زمانی ضروری می‌نماید. بنابر تعریف پایش تغییر فرایند تعیین تفاوت‌ها در وضعیت یک شی یا پدیده از طریق مشاهده‌ای آن در زمان‌های متفاوت است (Arkhi et al., 2011). دما و ویژه دمای هوای مجاور سطح زمین که محل سکونت انسان را احاطه می‌کند، از مهم‌ترین ویژگی‌های آب و هوایی در نواحی شهری است که در فهم شرایط محیطی مناسب زیست انسان نیز اهمیت دارد. شناسایی مناطقی از شهرها که در تابستان‌ها گرم‌تر یا در زمستان‌ها سردتر از دیگر نواحی‌اند، می‌تواند با هشدار در زمینه مصرف بی‌رویه انرژی - که دما مهم‌ترین مؤلفه آن به‌شمار می‌رود -

همراه باشد (Fallah Shamsi et al., 2009).

توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی در شهرهای بزرگ منجر به تغییرات وسیعی در مشخصات فیزیکی سطح زمین، انرژی گرمایی آزاد شده، آلودگی هوا، تغییرات دما و سایر پارامترهای هواشناختی می‌شود و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می‌کند (Ranjbar et al., 2005). هدف از این پژوهش شناخت الگوها و آشکارسازی تفاوت‌های دمایی مناطق مختلف شهر شیراز و حاشیه آن به‌منظور تهیه نقشه دمایی شهر و امکان تشکیل جزیره حرارتی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور است.

محاسبه دمای سطح زمین مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. در اینجا به بیان یافته‌های پژوهش‌های پیشین در زمینه جزایر حرارتی در دو بخش، با استفاده از داده‌های زمینی و فناوری سنجش از دور و به کارگیری تکنیک‌ها و سنجنده‌ها متفاوت پرداخته می‌شود. از آن جمله‌اند دنگ‌شنگ و ونگ در سال ۲۰۰۶، که با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER با تحلیل چندزمانه به برآورد رابطه میان الگوی حرارتی شهری و توصیف‌گرهای بیوفیزیکی در شهر ایندیاناپولیس<sup>۱</sup> امریکا پرداختند. زینگ‌پینگ و همکاران در سال ۲۰۱۱، با به‌کارگیری ایستگاه‌های خودکار هواشناسی<sup>۲</sup> (AWS) و نیز تکنیک‌های سنجش از دور، رابطه بین پوشش نسبی زمین و جزیره حرارتی شهر گونگجو در جنوب چین را مورد مطالعه قرار دادند.

رنجبر و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی آثار جزیره گرمایی و شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان‌شهر تهران پرداختند. افشار (۲۰۰۹) در پژوهشی به بررسی و شناخت جزیره حرارتی شهر تهران براساس داده‌های سه ایستگاه دوشان تپه در خاور، اقدسیه در شمال و مهرآباد در باختر تهران و مقایسه آن با ایستگاه کرج پرداخت. علی تبریزی و قبادی (۲۰۰۹) در

1. Indianapolis

2. Automatic Weather Stations

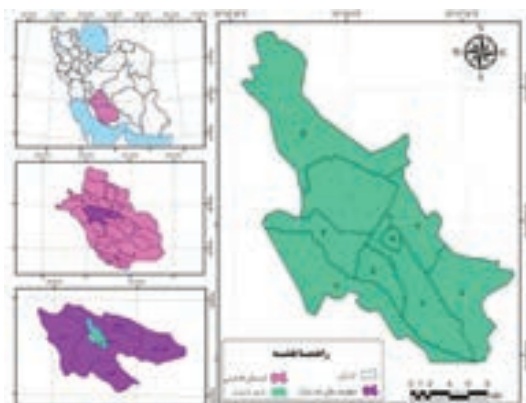
### تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز، با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+

مقاله‌ای با عنوان جزیره گرمایی و تغییرات دمایی شهر تهران تأثیرات سوء افزایش دما را بر شهر و محیط زیست شهری و همچنین عوامل تأثیرگذاری بر این تغییرات و افزایش دما شهر تهران بررسی کردند. غضنفری مقدم و همکاران (۲۰۰۸) تأثیرات جزیره حرارتی مشهد را بر روند تغییرات نزولات جوی مورد بررسی قرار دادند. جلال زاده و همکاران (۲۰۰۸) به مقایسه دمای سطحی حاصل از داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای NOAA سنجنده AVHRR<sup>۱</sup> در مازندران جنوبی پرداختند، و یافته‌های آنان حاکی از رابطه معنی‌دار بین داده‌های به‌دست‌آمده از دمای سطح از ماهواره و داده‌های میدانی بوده است. علوی‌پناه و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با نام تهیه مدل دمای سطحی بیابان با استفاده از داده‌های حرارتی ماهواره NOAA، AVHRR و داده‌های زمینی، با به‌کارگیری دوازده تصویر سنجنده AVHRR سال ۲۰۰۱ و داده‌های هواشناسی ۸ ایستگاه زمینی به عنوان نقاط کنترلی، مدل دمای سطحی منطقه حاشیه یاردانگ‌های بیابان لوت را طراحی کردند. اکبری (۲۰۰۰) با استفاده از سنجنده TM الگوی توزیع دما شهر تهران را مورد پژوهش قرار داد.

علوی‌پناه و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله‌ای به مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی و شهری ایران (پلایای دامغان، دشت کاشان و منطقه شهری تبریز) پرداختند. امیری و همکاران (۲۰۰۷) رابطه بین الگوی توزیع و تغییرات دما را با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری در حال رشد تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست مورد بررسی و پایش قرار دارند؛ و نتایج آنان حاکی از ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح بوده است. شکبیا و همکاران (۲۰۰۹) و نامداری (۲۰۰۹) نیز در پژوهشی، تأثیرات کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران را با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷

پژوهش قرار داد. علوی‌پناه و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله‌ای به مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده TM و ETM+ در محیط‌های بیابانی و شهری ایران (پلایای دامغان، دشت کاشان و منطقه شهری تبریز) پرداختند. امیری و همکاران (۲۰۰۷) رابطه بین الگوی توزیع و تغییرات دما را با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری در حال رشد تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست مورد بررسی و پایش قرار دارند؛ و نتایج آنان حاکی از ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح بوده است. شکبیا و همکاران (۲۰۰۹) و نامداری (۲۰۰۹) نیز در پژوهشی، تأثیرات کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران را با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷

1. Advanced Very High Resolution Radiometer



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این مقاله به منظور دستیابی به نتیجه مطلوب، به‌رغم تنگناهای موجود جمع‌آوری داده‌های مناسب، مراحل گوناگونی که در ادامه شرح داده می‌شوند، دنبال شدند. نخست داده‌های دمایی ایستگاه هواشناسی شیراز، از سازمان هواشناسی استان فارس گرفته شد. تصاویر ماهواره Landsat سنجنده ETM+، و تصاویر سنجنده TM جدول (۱) به منظور استخراج الگوی حرارتی شهر و همچنین تهیه نقشه‌های کاربری برای پایش تغییرات کاربری شهر شیراز در بازه زمانی ۲۴ ساله به کار رفتند. تصاویر منطقه عمومی شیراز با شماره ردیف<sup>۱</sup> و گذر<sup>۲</sup> ۱۶۳-۳۹ در سیستم جهانی WRS قرار گرفته‌اند. تعداد سطر و ستون فریم اصلی به ترتیب ۶۳۱۶ و ۶۸۳۸ است.

برای استخراج نقشه حرارتی از باند ۲-۶ (High Gain) با قدرت تفکیک ۶۰ متر در نادیر سنجنده ETM+ و باند ۶ سنجنده TM تهیه گردید. سنجنده ETM+ امکان تحصیل داده‌های تصویری را از ناحیه طیفی مرئی تا مادون قرمز حرارتی، در ۸ باند میسر می‌سازد، که باند ۶ از سنجنده ETM+ مقدار شار تابشی فروسرخ (گرمار) گسیل شده از سطوح را اندازه‌گیری می‌کند (Shakiba et al., 2009).

استفاده از روش رگرسیونی چندگانه به مدل‌سازی تغییرات جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از عوامل مذکور پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در میان پارامترهای مورد مطالعه، میزان آلایندگی مونواکسیدکربن بیشترین تأثیر را بر افزایش یا کاهش دمایی جزایر حرارتی دارد. آخوندزاده و سراج‌جهان (۲۰۰۷) در پژوهشی برای نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری از تصاویر سنجنده ASTER استفاده کردند. در این پژوهش نقشه دمایی سطح زمین و ضریب گسیل منطقه شهری تهران با الگوریتم TES تهیه گردید. یافته‌های پژوهش نشان دهنده آن است که تصاویر چندطیفی ASTER برای تجزیه و تحلیل میزان تأثیرگذاری منابع انرژی در محیط‌های شهری سودمند و کاربردی است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز مرکز استان فارس در طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۳ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این شهر با میانگین ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، براساس طول دوره آماری سال ۱۹۵۱ الی ۲۰۱۰ با میانگین سالانه بارش ۳۳۷ میلی‌متر و میانگین سالانه دمایی ۱۸ درجه سانتی‌گراد، براساس آخرین سرشماری سال (۱۳۹۰) با جمعیتی ۱۵۴۹۴۵۳ نفری در جنوب باختری ایران واقع است. شهر شیراز از سمت باختر به کوه دراک و از سمت شمال به کوه‌های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی محدود شده است. رودخانه‌ای فصلی از میانه شهر عبور می‌کند که به رودخانه خشک (نهر اعظم) معروف است و تنها در فصل زمستان و بهار آب دارد. این رود به دریاچه مهارلو واقع در جنوب خاوری شیراز می‌ریزد. شیراز به عنوان بزرگ‌ترین مرکز زیستی جنوب ایران اهمیت فراوانی دارد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

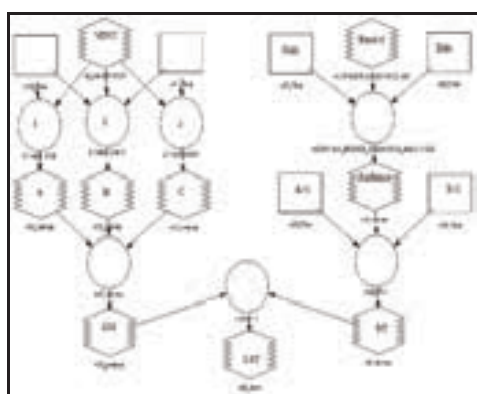
1. Row  
2. Path

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای Landsat سنجنده TM & ETM+ استفاده شده در پژوهش

ردیف	تاریخ برداشت میلادی	تاریخ برداشت خورشیدی	ردیف و گذر	نوع سنجنده
۱	۲۰۰۶/۶/۱۰	۱۳۸۵/۳/۲۰	۱۶۳-۳۹	ETM+
۲	۱۹۸۶/۱۱/۲	۱۳۶۵/۵/۱۱	۱۶۳-۳۹	TM
۳	۱۹۸۷/۶/۳۰	۱۳۶۶/۴/۱۹	۱۶۳-۳۹	TM
۴	۲۰۱۰/۷/۱۵	۱۳۸۹/۴/۲۴	۱۶۳-۳۹	TM

رابطه (۲)

$$BT = \frac{K_2}{\left\{ \text{LN} \left[ \frac{K_1}{L} + 1 \right] \right\}}$$



شکل ۲. مراحل اعمال الگوریتم تهیه تصویر حرارتی زمین از تصویر ماهواره‌ای برای شهر شیراز

که در این رابطه BT دمای روشنایی<sup>۲</sup> سنجنده برحسب کلوین  $K_1$  ثابت کالیبراسیون اول معادل  $۶۶۶/۰۹$  برحسب  $(Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1})$ ،  $K_2$  ثابت کالیبراسیون دوم معادل  $۱۲۸۲/۷۱$  برحسب کلوین و L رادیانس طیفی برحسب  $(Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1})$  است.

**پ) محاسبه گسیل‌مندی سطح<sup>۳</sup> و دمای سطح زمین** نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت، گسیل‌مندی (تابندگی) نامیده می‌شود. مقدار گسیل‌مندی برای تبدیل دمایی روشنایی به دمای جنبش سطح ضروری است، زیرا دمای

تصاویر بالا برای تحصیل و تعیین تفاوت‌های دمایی میان پدیده‌های شهری پیچیده مناسب‌اند و امکان آنالیز مؤثر اقلیم شهری را فراهم می‌سازند ( Namdari, 2009). در این پژوهش کوشش شد تصاویر مورد استفاده در شرایط مناسب اقلیمی در فصل گرم سال تهیه گردد.

#### مراحل تهیه تصویر دمایی زمین

الگوریتم اعمال شده برای تحصیل دمای سطح زمین از تصویر در شکل ۲ نمایش داده شده است.

#### الف) محاسبه رادیانس طیفی

تصویر حرارتی با بهره‌برداری از این سنجنده، با روش پیکسل به پیکسل به ترتیب به دمای سطحی تبدیل شد:

تبدیل ارزش‌های رقومی به رادیانس طیفی براساس مرجع تابش طیفی براساس رابطه (۱) است:

رابطه (۱)

$$L_{\lambda} = \frac{[L_{\max} - L_{\min}]}{(QCal_{\max} - QCal_{\min}) \times QCal} + L_{\min}$$

$$(Qcal_{\max} = 255) - (QCal_{\min} = 0)$$

$$QCal_{\min} = DN$$

$L_{\max}$  و  $L_{\min}$  تابش طیفی مرجع باند ۶ در DN

به ترتیب معادل صفر و ۲۵۵ برحسب  $(Wm^{-2}Sr^{-1}\mu m^{-1})$  است. رقومی هر پیکسل،  $Lmin+Bias$ ، مقسودار Gain و Bias از Headerfile تصاویر استخراج شده است.

#### ب) محاسبه دمای روشنایی

تبدیل واریانس طیفی به دمای جسم سیاه: از رابطه پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه (BT) استفاده شد:

1. High Gain
2. Brightness Temperature
3. Surface emissivity

روشنایی به دست آمده از معادله (۲) دمایی است که جسم سیاه برای تولید رادیانس معلوم در طول موج معلوم ( $11/5\mu\text{m}$ ) دارد. از روش‌های مؤثر برای تخمین دمای سطح مدل ترکیبی درصد پوشش زمین است، با این فرض که خاک و پوشش گیاهی مقدار گسیل‌مندی معینی دارند و با توجه به درصد پوشش خود ترکیب می‌شوند (شکیبا و همکاران، ۲۰۰۹، ۴۲). مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از NDVI محاسبه می‌شود. در این روش، آستانه گذاری NDVI مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱.  $NDVI > 0.2$ : در این مورد پیکسل مربوط به خاک خشک و مقدار گسیل‌مندی آن براساس آنالیز کتابخانه‌ای نمونه‌های خاک برای باند حرارتی لندست ۰/۹۷۸ است.

۲.  $0.2 < NDVI < 0.5$ : پیکسل‌های با ارزش NDVI بزرگ‌تر از ۰/۵ مناطق با پوشش گیاهی کامل و مقدار ارزش ثابت برای گسیل‌مندی ۰/۹۸۵ تخمین زده شده است.

۳.  $0.5 \leq NDVI \leq 0.7$ : در این مورد پیکسل ترکیبی است.

۴. برای محاسبه NDVI از دو باند قرمز و فروسرخ نزدیک استفاده گردید، تا شاخص اختلاف گیاهی بهنجار شده از معادله (۳) حساب شود. الگوریتم اعمال شده برای محاسبه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار ERDAS در شکل (۳) به نمایش درآمده است.

### ت) محاسبه NDVI

در پایان پس از تصحیح تصاویر حرارتی و محاسبه گسیل‌مندی دمای سطح زمین با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

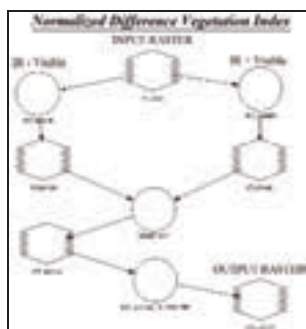
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{رابطه (۳)}$$

رابطه (۴)

$$T_s = \frac{T_b}{\left[1 + \left(\frac{\lambda br}{a}\right)Lne\right]} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$\lambda$  طول موج رادیانس ساطع شده  
 $h$ ،  $a = \frac{hc}{k}$ ،  $(11/5\mu\text{m})$  ثابت پلانک

$$CELSIUS = KELVIN - 273/15$$

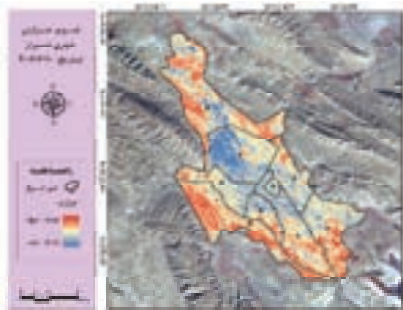


شکل ۳. مراحل اعمال الگوریتم تهیه شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی

### ۳- نتایج و بحث

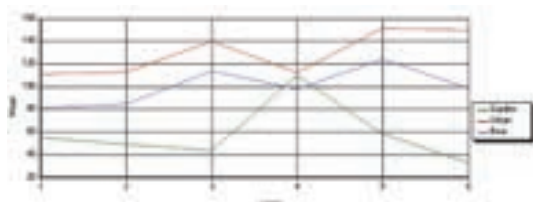
#### ۳-۱- تهیه تصویر الگوی حرارتی شهر شیراز

در این قسمت با توجه به الگوریتم‌های اعمال شده بر روی تصاویر، خصوصیات حرارتی شهر شیراز استخراج گردید (شکل ۴). سپس طبقه‌بندی تصویر حرارتی، با توجه به منحنی توزیع فراوانی و انحراف معیار، عملیات طبقه‌بندی تصویر حرارتی به پنج کلاس، نقشه حرارتی سطح زمین تهیه گردید (شکل ۵).



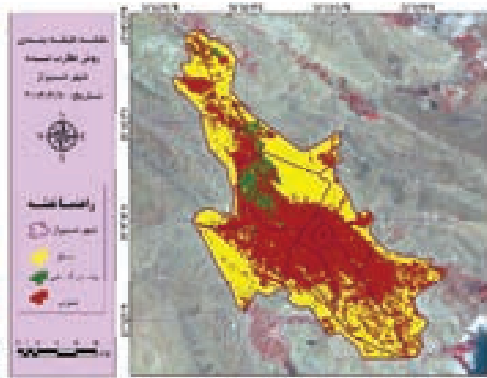
شکل ۴. تصویر حرارتی تولیدشده به وسیله تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده ETM+ شهر شیراز

## تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز، با استفاده از داده‌های سنجنده TM&ETM+



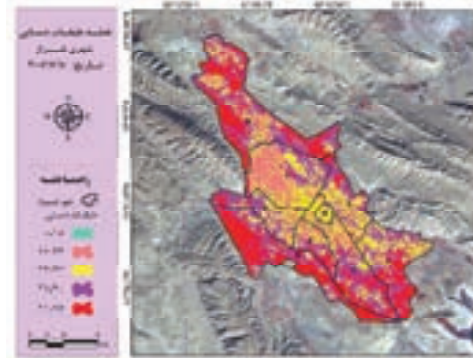
شکل ۷. نشانه‌های طیفی سه طبقه شهری، پوشش گیاهی و بایر در دامنه باندهای معین

پس از تعریف نمونه‌های تعلیمی<sup>۴</sup> به کمک اطلاعات پیکسل‌های هر گروه از طبقات مورد نظر، نشانه‌های طیفی<sup>۵</sup> آن پدیده محاسبه گردید و میزان تناسب نمونه‌ها و همگنی و یکنواختی آنها و همچنین میزان همپوشی آنها در نمونه‌های تعریف‌شده مشخص شد (شکل ۷).



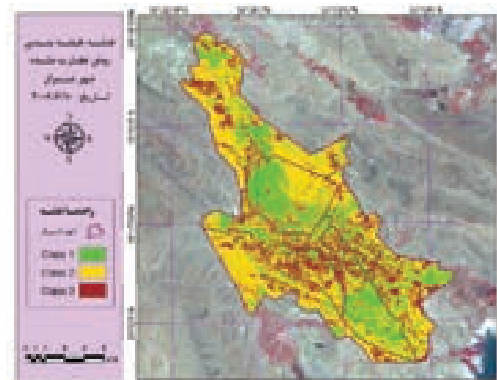
شکل ۸. نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره لندست سنجنده ETM+ شهر شیراز

پس از تهیه نشانه‌های طیفی به کمک اعمال الگوریتم بیشترین همانندی عملیات طبقه‌بندی بر روی تمامی تصویر و باندهای طیفی انجام شد که نتیجه آن نقشه موضوعی شکل ۸ است. با در نظر گرفتن اطلاعات به‌دست‌آمده از کاربری‌های سه‌گانه آشکار است که سطوح نفوذناپذیر و خاک به علت جذب و نگه‌داشت



شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی دمایی استخراج‌شده از تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده ETM+ شهر شیراز

براساس روش‌های طبقه‌بندی رایج نظارت‌شده<sup>۱</sup> و نظارت‌نشده<sup>۲</sup> به روش ISODATA، منطقه مورد مطالعه به سه کلاس تقسیم گردید. شکل ۶ طبقه‌بندی تصویر در سال ۲۰۰۶ را به روش نظارت‌نشده نشان می‌دهد. همچنین با معرفی علائم طیفی پوشش گیاهی، مسکونی و بایر از طریق روش‌های پارامتریک طبقه‌بندی نظارت‌شده با اعمال الگوریتم بیشترین شباهت<sup>۳</sup> طبقه‌بندی نظارت‌شده با تقسیم‌بندی سه کلاس شهری و بایر و پوشش گیاهی انجام پذیرفت (شکل ۸).



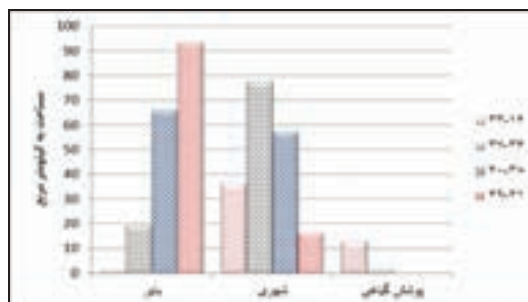
شکل ۶. نقش طبقه‌بندی نظارت‌نشده تصویر ماهواره لندست سنجنده ETM+ شهر شیراز

1. Supervised Classification
2. Unsupervised Classification
3. Maximum Likelihood
4. Training Area
5. Spectral Signature

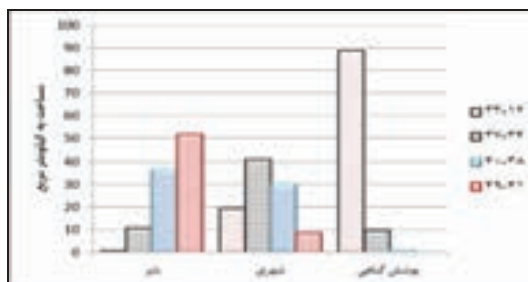
شکل ۵، الگوی حرارتی شهر با الگوی کاربری پوشش گیاهی با تمرکز باغ‌های قصرالدشت انطباق دارد، که خود حاکی از هماهنگی بین پایین‌ترین طبقه دمایی با کاربری پوشش گیاهی است؛ و این برای کاربری شهری (مناطق انسان‌ساخت) نیز روشن است. جزیره حرارتی عمده در محل ساخت‌وساز عمده شهری (مرکز شهر)، دیده می‌شود. اصلی‌ترین جزیره گرمایی شهر در بافت فرسوده و متراکم مرکز شهر در منطقه هشت قرار دارد، و در آن حلقه گرمایی (جزایر حرارتی خرد) شدیدتری در منطقه بازار و حرم شاهچراغ (ع) مشاهده می‌گردد. از دیگر حلقه‌های گرمایی این محدوده می‌توان به محدوده پایانه مسافربری کاراندیش اشاره کرد که حجم بالای ترافیک و آلودگی بیشتر از مناطق مجاور، این را توجیه می‌کند. بازتاب سطوح روکش شده آسفالت و خطوط حمل‌ونقل نیز بازتابی متفاوت از دیگر نقاط شهری دارد. خطوط گرمایی با بزرگراه رحمت و بیشتر خیابان‌های اصلی شهر به‌ویژه در مناطق جنوبی و بولوار دکتر حسینی در شمال باختر شهر هماهنگ است و این خود نشان از انطباق الگوهای مسیرها و طبقه گرمایی شهری دارد. همچنین مسیر رودخانه خشک به‌ویژه از پل هجرت به سمت خاور باعث ایجاد جزیره گرمایی شدید (در مقایسه با بافت فشرده مرکزی شهر) شده است که تا منته‌الیه شمال خاوری شهر در منطقه هفت ادامه دارد.

به علاوه در منطقه سه هم یک حلقه گرمایی منطبق بر کاربری صنعتی (شرکت روغن‌نباتی نرگس) به چشم می‌خورد و افزون بر آن گرمای بیشتری در دامنه‌های باختری محله سعدی در مقایسه با دامنه‌های خاوری آن مشاهده می‌شود؛ گویانکه در این منطقه هسته‌های کوچک سرمایی منطبق بر باغ‌های دلگشا و ملی نیز به چشم می‌خورد. این در حالی است که در منطقه هفت به دلیل قرارگیری آن در منته‌الیه خاوری شهر و همچنین افزایش نسبت زمین‌های بایر به شهری، همان‌گونه که بیان شد، جزیره گرمایی منطبق بر الگوی خطوط ارتباطی و رودخانه خشک و

انرژی خورشیدی، تأثیر گرمایشی دارد؛ در حالی که پوشش گیاهی به علت تبخیر و تعرق، دارای تأثیر خنک‌کنندگی است. بنابراین دما با افزایش سطوح بایر و خاک افزایش می‌یابد و با افزایش پوشش گیاهی رو به کاهش می‌نهد. به طور کلی مساحت مطلق و درصد مساحت نسبی مجموع سه کاربری پوشش گیاهی و شهری و بایر در شکل‌های ۹ و ۱۰ نمایش داده شده است.



شکل ۹. نمودار مساحت طبقات دمایی کاربری‌های سه‌گانه بایر و شهری و پوشش گیاهی در شهر شیراز



شکل ۱۰. نمودار مساحت نسبی طبقات دمایی کاربری‌های سه‌گانه بایر و شهری و پوشش گیاهی در شهر شیراز

### ۳-۲- تعیین جزایر حرارتی

پس از طبقه‌بندی دمایی شهر شیراز، محدوده‌های دمایی بسیار گرم بر روی نقشه حرارتی شهر مشخص شدند، که در شکل ۵ به رنگ قرمز به نمایش درآمده‌اند. جزایر حرارتی شهر شیراز منطبق است بر محدوده فرودگاه و مناطق خاکی و بایر پیرامون شهر، که اغلب مناطقی با کاربری غیرمسکونی‌اند؛ و همچنین در مناطق شهری (مسکونی) منطبق بر محدوده‌های بافت فرسوده و متراکم شهری مرکز شهر با فراوانی بیشتر در مناطق جنوبی و خاور شیراز. با توجه به



کاربری به‌ویژه با تمرکز باغ‌های قصرالدشت منطبق است. یک گروه حرارتی دیگر با دامنه دمایی ۳۴ الی ۳۷ درجه سانتی‌گراد به سمت خاور بلافاصله پس از باغات قصرالدشت حالتی انتقالی را ایجاد کرده است.

این طبقه میانه به دلیل استقرار منازل ویلایی با تراکم کمتر به‌وجود آمده است که عمدتاً دارای پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای است. طبقه مذکور از طرف باختر به سمت منطقه شش ادامه دارد. تأثیرگذاری بالای پوشش گیاهی بر دما باعث شده است که به‌رغم وجود بافت شهری تنها لکه‌های دمایی بالا متعلق به بافت شهری در منطقه وجود داشته باشد، خود حاکی از بازتاب بالاتر بافت شهری در قیاس با باغ‌های قصرالدشت است. خنکی هوا در نواحی مذکور از نظر طبقه حرارتی به حدی است که می‌توان آن را سردترین طبقه برشمرد. همچنین گذر رودخانه خشک به مانند دیگر مناطق خطوط گرمایی متمایزی را به وجود آورده که به روشنی می‌توان آن را تشخیص داد. وجود اراضی بایر در دو سمت منطقه شش باعث ایجاد جزایر گرمایی شده است. با این تفاوت که دامنه‌های شمالی دمای بالاتری دارند. همان‌طور که بیان گردید، بیشترین میزان مساحت اشغال‌شده به‌وسیله طبقه دمایی ۱۶-۳۳ به میزان ۲۲/۰۳ کیلومترمربع است که ۳۰/۵۹ درصد از مساحت کل منطقه را دربرمی‌گیرد.

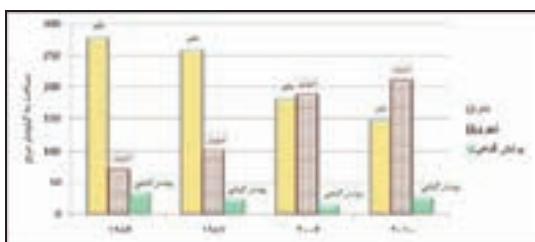
منطقه شش به عنوان باختری‌ترین منطقه شهرداری (در بین نه طبقه) به شمار می‌آید. وجود شرایط دوگانه در این منطقه نشانه هماهنگی دوکاربری شهری و بایر در به‌وجود آوردن جزایر حرارتی و سرمای است. شهرک‌های تازه‌ساز و حاشیه‌ای تفاوت دمایی محسوسی با بافت متراکم درون شهر دارد. شهرک گلستان به‌رغم بافت مسکونی دارای دمایی کمتر از دیگر مکان‌های شهری است. جزایر سرمای نیز در امتداد شمالی باغ‌های قصرالدشت و باغ‌های قصر قمشه واقع است. به‌علاوه، مناطق شمالی خیابان دکتر حسینی نیز از چنین الگویی پیروی می‌کنند، گوااینکه جزایر حرارتی انطباق کاملی با کاربری بایر دارند. البته

کارگاه‌های صنعتی مشاهده می‌شود. برخلاف منطقه سه، در منطقه هفت دامنه دمایی پیشی می‌گیرد به ۳۸-۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، و ۳۵/۱ درصد از مساحت منطقه را در بر می‌گیرد. در مجموع می‌توان گفت که مساحت دامنه‌های گرم در این منطقه از نقاط مجاور (منطقه سه) بیشتر است. در منطقه دو در مجاورت منطقه هشت نیز یک گروه حرارتی اما با تراکم کمتر از منطقه هشت به چشم می‌خورد. در جنوب این منطقه به دلیل وجود پادگان‌های نظامی و فرودگاه شهید دستغیب و افزایش زمین‌های بایر، مناطق گرم‌تر از باختر منطقه‌اند. همچنین می‌توان وجود حلقه‌های سرد منطبق بر کاربری پوشش گیاهی پارک آزادی و منطقه صاحب‌الدیوان را به دلیل متفاوت بودن در میزان بازتابش و بافت مسکونی در این منطقه مشاهده کرد.

در منطقه پنج خطوط گرمایی منطبق است بر خیابان‌ها به علت بازتابش زیاد، همچنین وجود پادگان ارتش در شمال منطقه و زمین‌های بایر در جنوب به صورت پراکنده باعث ایجاد گستره‌های گرمایی گردیده است. در منطقه چهار به سمت جنوب جزایر حرارتی گسترش می‌یابند. هسته این جزیره‌های گرمایی انطباق کامل با بافت متراکم محله گلشن (کشن) و کارخانه سیمان در باختر منطقه چهار دارند. تنها منطقه کوچک باغ جنت به خاطر تراکم بیشتر پوشش گیاهی نسبت به دیگر مناطق گرمای کمتری دارد. در منطقه نه شرایط به گونه‌ای دیگر است، زیرا این منطقه در حاشیه شهر قرار دارد و بیشترین وسعت مناطق بایر را به خود اختصاص داده است و تنها شهرک روزبهان (میانرود)، والفجر، و روستای سلطان‌آباد به عنوان کاربری غیربایر را شامل می‌گردد. جز در بافت مسکونی که از الگوی دمایی حد واسط دامنه دمایی ۳۲ الی ۴۰ درجه تبعیت می‌کند، مناطق بایر گرم‌ترین طبقه دمایی را دارند. منطقه یک دارای شرایط متفاوتی از لحاظ کاربری و بافت شهری است و وجود باغ‌های منحصر به فرد قصرالدشت در این منطقه نقش تعدیل‌کننده دما را به‌خوبی برعهده دارد. الگوی حرارتی منطقه با الگوی

### ۳-۳- پایش روند تغییرات کاربری در طول دوره مورد مطالعه

به منظور آشکارسازی میزان تغییرات مساحت کاربری‌های سه‌گانه شهری، و بایر و پوشش گیاهی در محدوده شهری شیراز طی دوره ۲۴ ساله از تصاویر سنجنده ETM+ و TM ماهواره لندست استفاده گردید. بدین منظور ۴ تصویر از سنجنده‌های بالا به تاریخ‌های ۱۳۶۵/۸/۱۱، ۱۳۶۴/۴/۹۶، ۱۳۸۵/۳/۲۰ و ۱۳۸۹/۴/۲۴ انتخاب شد.



شکل ۱۳. شکل نمودار تغییرات کاربری در شهر شیراز طی دوره زمانی ۱۳۶۴ الی ۱۳۸۹

بررسی نمودار تغییرات شکل ۱۳ مشخص می‌سازد که در طی این دوره زمانی مساحت کاربری بایر با روند نزولی همراه بوده و برخلاف آن کاربری شهری رشد فزاینده‌ای داشته است.

### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج و همچنین انطباق کار تحقیقی با کارهای دیگران، می‌توان این یافته‌ها را به عنوان نتیجه‌گیری ارائه کرد:

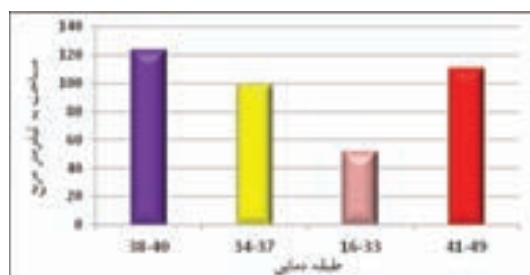
۱- جزایر حرارتی موجود در سطح شهر با الگوی کاربری پوشش گیاهی هماهنگی کامل دارد. این یافته با کار پژوهشی Xingping و همکاران در سال ۲۰۱۱ سازگار است.

۲- در سطح شهر (محدوده مناطق نه‌گانه شهرداری) چهار طبقه حرارت سطحی عمده را می‌توان شناسایی کرد که دامنه اختلاف آن برای نقاط مختلف شهر تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

۳- حلقه‌های گرمایی انطباق کامل با گره‌های ترافیکی و مناطق آلوده شهری دارند، و به عنوان عاملی

می‌توان به مجتمع مسکونی صنایع به عنوان نوعی لکه گرمایی در منطقه نیز اشاره کرد.

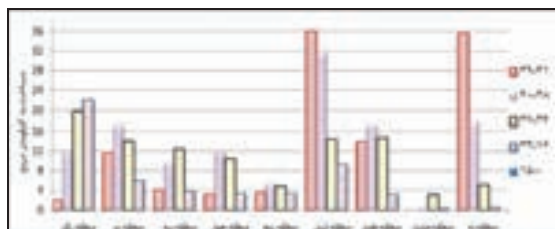
در کل شهر مساحت طبقات دمایی ۳۸-۴۰ درجه سانتی‌گراد دربرگیرنده بیشترین وسعت است (شکل ۱۱). کمترین مساحت نیز به طبقه دمایی ۱۶-۳۳ درجه تعلق دارد، که به ترتیب به میزان ۳۳/۲۲ درصد و ۱۳/۳۵ درصد جدول ۲ از مساحت کل مناطق را شامل می‌گردد. مناطق نه‌گانه به تفکیک پنج طبقه دمایی در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱۱. نمودار مساحت و طبقه دمایی مناطق نه‌گانه شهر شیراز

جدول ۲. طبقات دمایی و مساحت مناطق نه‌گانه شهر شیراز

ردیف	طبقه دمایی (سانتی‌گراد)	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت نسبی (درصد)
۱	۱۵-۰	۰	۰
۲	۳۳-۱۶	۵۱/۲۶	۱۳/۳۵
۳	۳۷-۳۴	۹۸/۸۲	۲۵/۷۴
۴	۴۰-۳۸	۱۲۳/۷۰	۳۲/۲۲
۵	۴۹-۴۱	۱۱۰/۲۰	۲۸/۷۰
	مساحت کل	۳۸۳/۹۹	۱۰۰



شکل ۱۲. نمودار مساحت طبقات دمایی در مناطق نه‌گانه شهرداری شهر شیراز

##### ۵- منابع

Afshar, M., 2009, **Heat Island study and understanding of Tehran**, J. of Sepehr, 71: 56-62.

Akbari, H., 2000, **Study of Thermal Distribution Pattern Using TM Thermal Data in Tehran City**, M.Sc. Thesis, Tarbiat Moders University.

Akhondzadeh, M. and Serajian, M.R., 2007, **Using Terra-ASTER Satellite Images Show Urban Heat Islands**, Excellence in Surveying Engineering Conference natural disaster and natural disaster, Tehran.

Alavipanah, S.K. Ehsani, A.H. Matinfar. H.R. Rafiemam, A. Amiri, R., 2006, **Comparison of TM and ETM + Sensors Content bands in Urban and Desert Environments of Iran**, Physical Geography Research, 56: 47-64.

Alavipanah, S.K. Serajian, M.R. Khodai, K., 2009, **Land Surface Temperature Modeling Using NOAA-AVHRR Thermal Data**, Physical Geography Research, 67: 1-11.

Alitabrizi, M. Ghobadi, F., 2009, **Heat Island and Temperature Change Tehran City**, the 3 rd Conference & Exhibition on Environmental Engineering, Tehran.

Amiri, R., Alimohamadi, A., and Alavipanah, S.K., 2007, **Study of Spatio Temporal Variation of Temperature in Relation to Land Use/cover Using TM and ETM+ Data in Tabriz**, J. of Environmental Studies, 43: 107-120.

مضعف در گرمایش شهری عمل می‌کنند. این یافته با کار تحقیقی (Ranjbar et al., 2005) تطابق دارد.

۴- صنایع مستقر در شهر باعث به‌وجود آمدن مناطق با گرمایش بیشتر از محیط اطراف می‌شوند. اثبات این موضوع با یافته‌های Ranjbar و همکاران (۲۰۰۵) در کلان‌شهر تهران می‌توان مقایسه و صحت آن را مورد دقت و ارزیابی قرار داد.

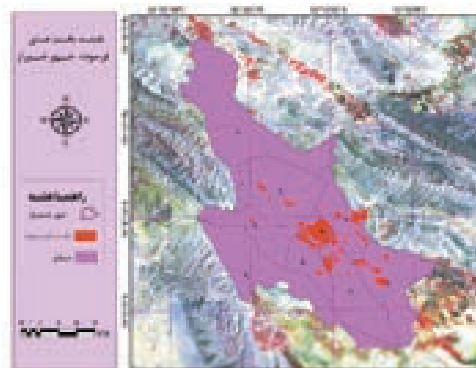
۵- باغ‌های قصرالدشت نقش بسیار تعدیل‌کننده‌ای در الگوی حرارتی شهر شیراز ایفا می‌کنند.

۶- در کل مناطق شهرداری شیراز، وسیع‌ترین طبقه دمایی بین ۳۸-۴۰ درجه سانتی‌گراد است و کوچک‌ترین مساحت مربوط به دامنه دمایی ۱۶-۳۳ درجه.

۷- گوناگونی بافت شهری با توجه به دمای سطحی باعث به‌وجود آمدن طبقه حرارتی میانه‌ای می‌شود که مربوط به شهرک‌های نوساز پیرامون شهر و یا ساخت‌وسازهای نوین شهری است که عمدتاً در منطقه شش قرار دارند.

۸- در کاربری پوشش گیاهی دامنه دمایی ۱۶-۳۳ و کاربری شهری، بایر به ترتیب به دامنه دمایی ۳۴-۳۷ و ۴۱-۴۹ بیشترین فراوانی را دارد.

۹- بافت فرسوده به عنوان عاملی مضعف در گرمایش شهری در محدوده مرکزی شهر عمل می‌کند. شکل ۱۴ محدوده بافت‌های فرسوده شهری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴. نقشه بافت فرسوده شهر شیراز

- Arkhi, S. Niazi, Y. Adibnezhad, M., 2011, **Changes in Vegetation Monitoring Using Remote Sensing Techniques in the Ilam Dam Basin**, J. of Geography and Development Iranian, 24: 121-136.
- Baharlo, I. Namdari, S. Shakiba, A.R., 2011, **Impact of Land Use and Carbon Monoxide Contaminants Generated from Data ETM+ on Surface Heat Islands**, National Conference and exhibition on Geomatics.
- Bakhtiari, M. Rangzan, K. Saberi, S. Fattahi, M., 2011, **Thermal Remote Sensing Application in the Study of Land Surface Temperature of Ahvaz**, National Conference and exhibition on Geomatics.
- Dengsheng, Lu. Qihao, Weng, 2006, **Spectral Mixture Analysis of ASTER Images for Examining the Relationship Between Urban Thermal Features and Biophysical Descriptors in Indianapolis, Indiana, USA**. Remote Sensing of Environment, 104: 157-167.
- Fallah Shamsi, S.R. Majnooni, A. Nazemalsadat, S.M., 2009, **An investigation on the Effects of Allocating Land to Green Space on Urban Heat Island (UHI) of Shiraz, Using Remote Sensing and GIS Techniques**, Research projects, Shiraz University.
- Ghazanfari Moghadam, M.S. Naseri moghadam, M. Mirzaii, E., 2008, **Mashhad Heat Island Investigate the Effects of on Precipitation Trends**, the 2 rd Conference & Exhibition on Environmental Engineering, Tehran.
- Jalalzade, Z. Torabi, M. Dalaki, A., 2008, **The Comparison of Sea Surface Temperature by Satellite and Field Data of South Caspian**, Physical Geography Research, 65: 110-121.
- Kaviani, M.R., 2001, **Microclimatology**, Samt, Tehran.
- Miryaghoobzadeh, M.H., and Ghanbarpur, M.R., 2009, **Using Remote Sensing Data to Estimate Land Surface Temperature (Case study Vardin Basin, East Azerbaijan)**, Journal of Range, 4: 723-734.
- Namdari, S., 2009, **Extraction of Heat Islands in Urban Areas Using Satellite Images (Case Study of Tehran)**, M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti University.
- Ramezani, B., Dokhtmohammad, M., 2010, **The Recognition of Urban Heat Island in Rasht city**, Research and Urban Planning, 1: 49-64.
- Rangzan, K., Firozi, M.A., Taghizadeh, A., Mahdizadeh, R., 2011, **Retrieving of LST by using Satellite Image; Case Study Ahvaz city**, National Conference and exhibition on Geomatics.
- Ranjbarsaadatabadi, A., Aliakbari Bidokhti, A.A., Sadeghi hosseni, A.R., 2005, **Heat Island and of Urbanization Effects on Local Weather and Climate Metropolis Tehran Data based on the Mehrabad and Varamin**, Journal of Environmental Studies 39: 59-68.

- Roth, M., Oke, T.R., & Emery, W.J., 1989, **Satellite Derived Urban Heat Islands from Three Coastal Cities and the Utilisation of Such Data in Urban Climatology**, International Journal of Remote Sensing, 10: 1699-1720.
- Shakiba, A.R., Zeaiean firozabadi, P., Ashorlo, D., Namdari, S., 2009, **Analysis of the Relationship between Land Use and Cover, and Heat Islands in Tehran, Using Data ETM+**, Iranian Journal of Remote Sencing & GIS, 1:39-56.
- Shamsipur, A.A., Alavipanah, S.K., Mohammadi, H., 2010, **Efficiency of Satellite NOAA-AVHRR Vegetation Indices and Thermal Analysis of Drought in Kashan**, Iranian Journal of Range and Desert Research, 3: 245-265.
- Streutker, D.R., 2002, **A Remote Sensing Study of Urban Heat Island of Houston, TX**. Int. J. Remote Sensing, 23: 2595- 2608.
- Xingping, Wen., Xiaofeng, Yang., Guangdao, Hu., 2011, **Relationship between Land Cover Ratio and Urban Heat Island from Remote Sensing and Automatic Weather Stations Data**, J. Indian Soc Remote Sens, 39 (2): 193-201.