

بررسی گسترش شهری و تأثیر آن بر دمای مناطق شهری با استفاده از آنالیز چندزمانه تصاویر ماهواره‌ای نوری مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد

رامین مختاری دهکردی^۱

رضا شاه‌حسینی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۸/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۸/۱۸

چکیده

امروزه بررسی رشد شهرها و اثرات آن در کشورهای در حال توسعه از مسائل حائز اهمیت است. هدف از این پژوهش پایش رشد مناطق شهری در طول ۳۱ سال گذشته، اثر آن بر درجه حرارت سطح زمین و بررسی تغییرات جزایر حرارتی شهر است. به منظور بررسی دقیق‌تر توسعه مکانی مناطق شهری در طول سال‌های گذشته تاکنون، از تلفیق در سطح تصمیم نتایج بدست آمده از الگوریتم طبقه‌بندی با نظارت مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی و نتایج حاصل از شاخص مناطق مسکونی استفاده شده است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه، از الگوریتم بهبود یافته پنجره مجزا برای تصاویر سنجنده مادیس و ماهواره لندست ۸ استفاده شده است. در مرحله ارزیابی دقت الگوریتم پیشنهادی، از مجموعه تصاویر چندزمانه ماهواره لندست ۵ و لندست ۸ مربوط به شهرستان شهرکرد، اخذ شده در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۶۸، ۱۳۷۲، ۱۳۷۷، ۱۳۸۰، ۱۳۸۷، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴، ۱۳۹۶ و تصاویر متناظر زمانی سنجنده مادیس (تصاویر شب) در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۷، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که مناطق مسکونی در این شهرستان در طول بازه ۳۱ ساله رشدی در حدود دوبرابر داشته است و مساحت مناطق شهری از ۱۰۰۴ هکتار به ۲۱۱۲ هکتار رسیده است. علاوه بر این، بررسی نقشه‌های حرارتی تولید شده، نشان می‌دهد که دمای روزانه سطح شهر و مناطق ساختمانی نسبت به سایر مناطق پایین‌تر می‌باشد، ولیکن این امر در طول شب متفاوت است، به طوری که در طول شب مناطق مسکونی و پوشش ساختمانی دارای دمای بالاتری نسبت به سایر مناطق می‌باشند و این نشان دهنده جزایر گرمایی در شهر است. همچنین نتایج حاصل از آنالیز همبستگی بین مقادیر دمای سطح شهر و شاخص مناطق ساختمانی نشان می‌دهد که با افزایش رشد مناطق شهری، جزایر حرارتی نیز با روند افزایشی روبه‌رو هستند.

واژه‌های کلیدی: رشد شهری، شبکه عصبی، الگوریتم پنجره مجزا، جزایر گرمایی

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی عمران - سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
ramin.mokhtari@ut.ac.ir

۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) rshahosseini@ut.ac.ir

۱- مقدمه

شده است که بیشتر شهرها با پدیده گسترش شهری روبه رو شوند. با این وجود، در اغلب کشورهای دنیا سیاست‌های برنامه‌ریزی توسعه یافته‌ای برای مدیریت بهینه این پدیده در نظر می‌گیرند. امروزه نسبت به گذشته، انسان‌ها اثرات جبران‌ناپذیری روی محیط زیست ایجاد کرده‌اند. فرآیند رشد سریع شهرنشینی تغییرات وسیع و سریع بر محیط زیست را نشان می‌دهد (Dixon et al, 2003; Rizwan et al, 2008). در دهه‌های اخیر افزایش سریع جمعیت مشخصه اصلی اغلب شهرهای بزرگ به ویژه کلان شهرها می‌باشد (Qiao et al, 2013). از مهم‌ترین دلایل رشد سریع این گونه شهرها، تمرکز خدمات و تسهیلات و صنایع در آنها بوده که منجر به مهاجرت‌پذیری شدید این شهرها شده است. افزایش جمعیت به نوبه خود باعث توسعه فیزیکی بدون برنامه این شهرها می‌شود (Li et al, 2018).

یکی از مسائل عمده در تمام شهرها، رشد شهرنشینی و به تبع آن گسترش شاخک‌های خزننده شهری بر اراضی پیرامون شهری است که پیامدهایی چون حاشیه‌نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، افزایش جمعیت شهرها، عدم امکان پاسخ‌گویی برخی از خدمات و کاربری‌ها در شهر، گسستگی بافت‌های فیزیکی، مشکلات زیست محیطی، خصوصاً آلودگی هوا و محیط زیست و نابسامانی سیمای شهری داشته است (Quanliang et al, 2009).

امروزه، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان بررسی و ارزیابی روند رشد و گسترش یک شهر را در طول زمان فراهم می‌کنند. تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای به صورتی که برای برنامه‌ریزان و مدیران قابل استفاده باشد، کارآمدترین راه‌حل جهت تولید اطلاعات مکانی بروز و دقیق است (Anniballe et al, 2014; Singh, 1989). استفاده از اطلاعات مکانی و به دست آوردن نقشه‌های موضوعی که از زمان‌های مختلف به دست می‌آیند، می‌تواند منجر به یافتن مقدار، جهت و سرعت ساخت‌وسازهای مصنوعی، همچنین سرعت و جهت از بین رفتن منابع طبیعی شود. تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند برای کشف این تغییرات و

توسعه فیزیکی شهری یا به عبارت دیگر گستردگی شهری فرآیندی است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضاها کالبدی آن در ابعاد افقی و عمودی و در طول زمان از نظر کمی و کیفی افزایش می‌یابد. این پدیده، کاربری اراضی را به نفع توسعه مناطق مسکونی و تجاری تغییر داده و معمولاً با دسترسی ضعیف به خدمات مرتبط از قبیل مسکن، حمل و نقل و خدمات عمومی همراه است (Dai et al, 2017). به طور معمول پوشش‌های طبیعی زمین تحت تأثیر رشد شهری قرار می‌گیرند. رشد و توسعه‌ی مناطق شهرنشین باعث شده تا بسیاری از پوشش‌های زمین تحت تأثیر این موضوع قرار گیرند. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه این موضوع اثرات مختلفی را بر محیط زیست گذاشته است که از جمله آن می‌توان به از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، آلودگی هوا، تجاوز به خطوط ساحلی، تجاوز به حریم جنگل‌ها اشاره کرد (Zaki et al, 2011).

شهرها تحت تأثیر عوامل گوناگونی شکل گرفته‌اند و با افزایش جمعیت ساختار شهرها نیز دستخوش تغییرات قرار می‌گیرند. بافت و ساختار شهرهای امروزی حاصل فرآیندی است که از سال‌های بسیار دور آغاز شده و تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل زمان، شرایط اقتصادی، سیاسی و نیروی اجتماعی شکل گرفته است. این ساختار و بافت جوابگوی دوره‌های گوناگون تاریخی بوده و در واقع شهر، محل تجلی نیازهای ساکنان آن می‌باشد. مرور تاریخی رشد شهر طی دوره‌های گوناگون می‌تواند منجر به دریافت اطلاعات جامعی از شرایط اجتماعی، اقتصادی و سیاسی هر دوره باشد. این امر، حاصل رابطه متقابل تغییر و تجدید ساختارهای شهری است که توانسته است با اعمال این تغییرات و به روز رسانی بافت و ساختار تغییرات اجتماعی، عقب‌نمانده و شرایط زندگی را به نحو مطلوبی برقرار سازد.

در چند دهه اخیر کشور ایران نیز مثل سایر کشورهای در حال توسعه شاهد رشد جمعیت بوده است. همین امر سبب

مبتنی بر طبقه‌بندی توانایی تمرکز بر یک کلاس خاص را دارند و از طرفی دیگر روش‌های با نظارت مبتنی بر طبقه‌بندی در زمینه پایش گسترش شهری غالباً در مطالعات گذشته دقت بالاتری داشته‌اند، در پژوهش حاضر از این روش به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری استفاده شده است (Shah-Hosseini et al, 2018; Shah-Hosseini et al, 2015).

یکی از اثرات جانبی توسعه شهری افزایش درجه حرارت مناطق شهری در مقایسه با محدوده روستایی اطرافشان و یا حومه شهر بوده و این پدیده که از آن به عنوان جزیره گرمایی شهری یاد می‌شود، موجب بروز مشکلات فراوانی شده است (Cheval et al, 2015). رشد شهر موجب به وجود آمدن پدیده‌هایی از قبیل جزایر گرمایی می‌شود که می‌تواند بر اقلیم منطقه اثر بگذارد. جزیره گرمایی، سطحی از شهر است که به میزان قابل توجهی از مناطق اطراف گرمتر می‌باشد. اختلاف دما در شب به طور معمول بیشتر از روز است و در مواقعی که وزش باد ضعیف است، آشکارتر می‌شود. جزایر گرمایی به صورت فصلی هم در تابستان و هم در زمستان وجود دارند (Dixon et al, 2003).

علاوه بر افزایش دما در سطح شهر، جزایر گرمایی می‌توانند اثرات فرعی بر پارامترهای هواشناسی شامل تغییر الگوی بادهای محلی، رطوبت و در نهایت میزان بارش بگذارند. بنابراین در پژوهش حاضر علاوه بر پایش تغییرات مناطق مسکونی در یک بازه ۳۱ ساله، به دنبال اثرات افزایش توسعه مناطق مسکونی بر دمای سطح منطقه و همچنین رشد جزیره حرارتی شهرستان شهرکرد خواهیم بود. در سال‌های گذشته روش‌های مختلفی برای ارزیابی توسعه مکانی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی به کار گرفته شده است که در این میان می‌توان به استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری و سیستم اطلاعات مکانی به عنوان یکی از روش‌های کارا اشاره داشت (Sidiqui et al, 2016).

رفعت زکی و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی تغییرات کاربری زمین در منطقه شهری شمال شرقی شهر

مدلسازی نحوه توسعه شهری مورد استفاده قرار گیرند. روش‌های مختلفی به منظور آشکارسازی تغییرات مناطق شهری با استفاده از تصاویر سنجش از دوری ارائه شده است. به طور کلی می‌توان روش‌های کشف این تغییرات را به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد، (۱) روش‌های با نظارت مبتنی بر طبقه‌بندی و (۲) روش‌های بدون نظارت مبتنی بر تشخیص تغییرات طیفی و خوشه‌بندی تصاویر چندزمانه (Mao et al, 2005; Tewkesbury et al, 2015). در روش‌های تشخیص تغییرات بدون نظارت مبتنی بر تشخیص تغییرات طیفی و خوشه‌بندی تصاویر چند زمانه، به غیر از روش تفاضل و تقسیم تصاویر خام اولیه، سایر روش‌ها با استفاده از یک سری توابع تبدیل به دنبال نرمال کردن و یا کاهش اثر اختلاف رادیومتریکی بین دو تصویر هستند.

این روش‌ها با استفاده از تصاویر چند زمانه از یک منطقه و تولید یک تصویر تک بانندی و یا تصویر چندبانندی جدید، تغییرات طیفی را نمایش می‌دهند (Shah-Hosseini et al, 2018; Shah-Hosseini et al, 2015) از خصوصیات اصلی این روش‌ها این است که تصاویر باید با دقت بالایی نسبت به یکدیگر ثبت هندسی شوند. بنابراین در این روش‌ها دقت نتایج به دست آمده وابستگی زیادی به دقت ثبت هندسی تصاویر چندزمانه نسبت به یکدیگر دارند. از آنجایی که در این روش‌ها برای آشکارسازی تغییرات از مقادیر انعکاس طیفی پیکسل‌ها استفاده می‌شود، بنابراین انجام تصحیحات رادیومتریکی در این روش یک مرحله مهم و ضروری به شمار می‌رود که در فرآیند زمانبر بودن روش و دقت نقشه تغییرات تأثیر بسزایی دارد. خروجی حاصل از این روش‌ها نقشه‌هایی هستند که در آن مکان‌هایی که دارای تغییر هستند نشان داده شده و به آن برچسب تغییر کاربری اختصاص می‌یابد. روش‌های آشکارسازی تغییرات با نظارت مبتنی بر طبقه‌بندی بر اساس مقایسه بین دو نقشه طبقه‌بندی شده مربوط به تاریخ‌های مختلف عمل می‌کنند.

از آنجایی که هدف در این تحقیق صرفاً پایش تغییرات از نوع گسترش شهری است و با توجه به اینکه روش‌های

لذا در این پژوهش به منظور استخراج دقیق مناطق مسکونی با وجود چالش‌های پیچیدگی طیفی در مناطق شهری، از تلفیق در سطح تصمیم نتایج بدست آمده از الگوریتم طبقه‌بندی با نظارت مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی و نتایج حاصل از شاخص مناطق مسکونی استفاده شده است. در مرحله بعد، به بررسی اثر رشد مناطق مسکونی بر دمای منطقه شهری و اطراف آن و ایجاد جزایر حرارتی در شهرستان شهرکرد پرداخته شده است. همچنین با هدف افزایش دقت تولید نقشه‌های حرارتی، از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مادیس بطور همزمان استفاده شده است. با توجه به اینکه زمان اخذ تصاویر ماهواره لندست و مادیس در یک بازه زمانی کمتر از چند ساعت می‌باشند و همچنین نزدیک بودن محدوده طیفی باندهای حرارتی این دو سنجنده، از ضرائب گسیل باندهای حرارتی ماهواره لندست با قدرت تفکیک مکانی بالاتر (۳۰ متر) به منظور محاسبه دمای سطح زمین مبتنی بر تصاویر سنجنده مادیس استفاده شده است.

شهرستان شهرکرد یکی از شهرهای مرکزی ایران و مرکز استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. براساس آمار سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان شهرکرد برابر با ۱۹۰،۴۴۱ نفر است. شهرستان شهرکرد نخستین شهر رسمی استان چهارمحال و بختیاری از ۱۵،۴۷۶ نفر سال ۱۳۳۵ با رشد ۱۲ برابری به ۱۹۰،۴۴۱ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. با توجه به نرخ رشد بالای جمعیت که بیشتر در اثر مهاجرت به این شهر می‌باشد و به دنبال آن گسترش فیزیکی سریع شهر، انتظار می‌رود که در سال‌های آتی با پیامدهای منفی و نامطلوبی از قبیل تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی و از بین رفتن اراضی کشاورزی مرغوب این منطقه رو به رو شود.

۲- روش‌شناسی و داده‌ها

۲-۱- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

۲-۱-۱- شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان یکی از روش‌های

قاهره، پایتخت کشور مصر پرداختند. در این پژوهش از طبقه‌بندی مبتنی بر روش بیشترین شباهت جهت طبقه‌بندی با نظارت تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ در دو زمان ۱۹۹۰ و سال ۲۰۰۳ استفاده شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که منطقه شهر نشینی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ از ۸۹ کیلومتر مربع به ۱۵۰ کیلومتر مربع افزایش یافته است (Zaki et al, 2011).

فلاویا دی پالما و همکاران در سال ۲۰۱۶ افزایش رشد شهری را برای سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۹۳-۲۰۰۲ و ۲۰۱۰ در منطقه‌ای از جنوب ایتالیا مورد بررسی قرار داده‌اند. با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشترین ترتیب عقب‌گرد (SMAP^۱) و تصاویر چندزمانه ماهواره لندست به این نتیجه رسیدند که وسعت مناطق شهری از ۲۰ کیلومتر مربع به ۳۷ کیلومتر مربع رسیده است (Di Palma et al, 2016).

هیو دای و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی افزایش رشد شهری در شهرهای استان جیانگسو در کشور چین پرداختند. بدین منظور از روش طبقه‌بندی مبتنی بر بیشترین شباهت جهت طبقه‌بندی با نظارت تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۴-۲۰۰۵-۲۰۱۴ استفاده کرده و سپس با مقایسه این نقشه‌ها، دو نقشه تغییرات را برای این سه سال به دست آورده‌اند. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش وسعت منطقه شهری از ۱۳۵ کیلومتر مربع به ۳۲۳ کیلومتر مربع و در نهایت به ۴۵۶ کیلومتر مربع بوده است (Dai et al, 2017).

همانطور که اشاره شد، در تحقیقات گذشته، بر بررسی میزان رشد مناطق شهری و اثرات آن بر تغییرات کاربری اراضی در محدوده شهرها تأکید شده است. مشکلی که در این روش‌ها وجود دارد، عدم استخراج دقیق مناطق ساختمانی به علت پیچیدگی طیفی کلاس‌های مختلف در مناطق شهری است. همچنین تحقیقات محدودی در زمینه ارائه یک روش کارا و دقیق جهت بررسی اثر رشد شهری بر جزایر حرارتی شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است.

۲-۱-۲- شاخص مناطق ساختمانی (NDBI)
به منظور کشف و استخراج ساختمان‌ها و مناطق مسکونی با دقت بالاتر و به علت این که ساختمان‌ها در روش‌های با نظارت به خوبی استخراج نمی‌شوند و ممکن است پیکسل‌هایی که جزئی از این مناطق مسکونی نباشند هم لحاظ شوند، شرط شاخص مناطق ساختمانی (NDBI) در واقع از باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه استفاده می‌کند که در تصاویر ماهواره لندست ۵، باندهای چهار و پنج، و در تصاویر ماهواره لندست ۸ باندهای پنج و شش جزء باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه می‌باشند. شاخص مناطق مسکونی برای تصاویر ماهواره لندست ۸ به صورت معادله

$$(1) \text{ تعریف می‌شود (Zha et al, 2003).}$$
$$NDBI = \frac{\text{band6} - \text{band5}}{\text{band6} + \text{band5}} \quad (1)$$

۲-۲- محاسبه نقشه حرارتی
بسیاری از روش‌های بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از اطلاعات سنجش از دوری که تاکنون ارائه شده است، از باندهای مادون قرمز حرارتی (TIR^۲) استفاده می‌کنند (Tomlinson, et al, 2012).
به طور کلی روش‌های موجود را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد. دسته اول الگوریتم‌های تک کاناله (Single Channel) است که اساس این نوع الگوریتم‌ها استفاده از یک باند مادون قرمز حرارتی می‌باشد.

دسته دوم این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های چند کاناله است (Multi Channel) و در نهایت دسته سوم به الگوریتم‌های چند زمانه می‌توان اشاره داشت (Liu et al, 2016). در میان الگوریتم‌های رایج می‌توان به الگوریتم پنجره مجزا اشاره کرد که این الگوریتم برای حذف اثر اتمسفری و نیز برای به دست آوردن دمای سطح زمین با ترکیب خطی و غیرخطی از دمای درخشندگی دو کانال مجاور هم استفاده می‌نماید. باندهای

محاسباتی برای استفاده در کارهای طبقه‌بندی داده‌ها به کار برده می‌شود. تا به امروز شبکه‌های عصبی در بسیاری از زمینه‌های مطالعاتی مختلفی به کار برده شده است. از اواخر دهه ۱۹۸۰ شبکه‌های عصبی مصنوعی برای آنالیز داده‌های سنجش از دور در کاربردهای گوناگون از قبیل طبقه‌بندی پوشش اراضی، آشکارسازی اهداف، عوارض و... مورد استفاده قرار گرفته است (Grekousis et al, 2013). به طور کلی می‌توان گفت روش طبقه‌بندی مبتنی بر شبکه‌های عصبی دارای سه مرحله است.

مرحله اول، مرحله آموزشی می‌باشد که این کار با استفاده از داده‌های آموزشی صورت می‌پذیرد. مرحله دوم اعتبارسنجی است که در این مرحله مشخص می‌شود که آیا فاز آموزشی به درستی صورت پذیرفته است یا خیر و در نهایت مرحله سوم که نقشه طبقه‌بندی شده پوشش یا کاربری اراضی را ایجاد می‌کند. از مزایای طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی می‌توان به ماهیت غیرپارامتریک بودن این شبکه، سازگاری آسان با انواع گوناگون داده‌ها و ساختارهای ورودی، توانایی برای شناسایی الگوهای ظریف و با پیچیدگی طیفی غیر خطی در داده‌های آموزشی و در نهایت پردازش داده‌های دارای نویز اشاره کرد (Pijanowski et al, 2014). در حال حاضر تعداد بسیار زیادی از انواع مختلف شبکه‌های عصبی وجود دارند. می‌توان شبکه‌های عصبی را بر اساس شیوه پردازش مطالعات در آن‌ها به دو گروه شبکه‌های پیش‌رونده (FeedForward) و شبکه‌های بازگشتی (Recurrent) تقسیم بندی کرد.

در شبکه‌های پیش‌رونده که در این پژوهش استفاده شده است، برای آموزش شبکه، یک سری نمونه‌های آموزشی وارد شبکه شده و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها وارد لایه میانی می‌شوند، سپس یک تابع بر روی ورودی‌ها اعمال می‌شود و در نهایت مقادیر محاسبه شده به لایه‌های خروجی فرستاده می‌شود. سپس خروجی شبکه با مقدار مورد انتظار مقایسه شده و مقدار خطای موجود را با استفاده از تغییر وزن‌های ارتباط دهنده نرون‌ها در شبکه تعدیل می‌نماید (Chini et al, 2008; Watts, 2001).

1- Normalized Difference Built-up Index

2- Thermal Infrared

۲-۲-۱- شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

از آنجایی که شاخص پوشش گیاهی نقش عمده‌ای در فرایند انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر دارد و همچنین آثار متفاوتی از جمله دمای اطراف خود می‌گذارد، در نتیجه می‌توان آن را به عنوان یکی از فاکتورهای تأثیرگذار در محاسبه دمای سطح زمین به حساب آورد. این شاخص یکی از مهم‌ترین و معروفترین شاخص‌هایی است که در زمینه مطالعاتی پوشش گیاهی شناخته می‌شود و برآورد شاخص پوشش گیاهی از باندهای قرمز (باند ۴ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸) و باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸) می‌باشد. فرمول محاسبه این شاخص به صورت معادله (۲) است (Rozenstein et al, 2014).

$$NDVI = \frac{band5 - band4}{band5 + band4} \quad (2)$$

مقدار این شاخص بین +۱ و -۱ متغیر است. در واقع مقدار این شاخص هر چقدر به عدد +۱ نزدیک شود نشان از پوشش گیاهی کامل می‌باشد و هر چه از مقدار +۱ به صفر نزدیک شود از مقدار پوشش گیاهی کاسته شده تا به عدم حضور پوشش گیاهی برسد. مقدار این شاخص تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد و در دما و همچنین ضریب گسیل تأثیرگذار است.

۲-۲-۲- برآورد کسری پوشش گیاهی (FVC)

کسری پوشش گیاهی (FVC) پارامتری است که در بسیاری از کاربردهای محیط زیست و تغییرات آب و هوایی کاربرد دارد در واقع این پارامتر یک ترکیب خطی از دو نوع عنصر طبیعی شامل خاک لخت و پوشش گیاهی سبز است. برای محاسبه FVC از رابطه (۳) استفاده می‌شود (Johnson et al, 2012).

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI(soil)}{NDVI(vegetation) - NDVI(soil)} \quad (3)$$

NDVI شاخص پوشش گیاهی است. NDVI (Soil) در واقع میزان این شاخص در خاک است که در این رابطه برابر

حرارتی لندست ۸ در محدوده طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر فعال می‌باشند. همین امر باعث می‌شود که بتوان الگوریتم پنجره مجزا را روی این داده‌ها پیاده سازی کرد (Becker et al, 1995). در صورتی که در تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ به دلیل وجود یک باند حرارتی نمی‌توان از این الگوریتم استفاده کرد. سنجنده TIRS در ماهواره لندست ۸ دو مزیت عمده ایجاد کرده است. نخست این که این سنجنده دو کانال مادون قرمز حرارتی در پنجره جوی دارد و همین امر سبب می‌شود تا بتوان دمای سطح زمین را با الگوریتم پنجره مجزا به دست آورد. دلیل دوم این است که فیلترهای طیفی دو باند TIRS در لندست ۸ باریک تر از باند حرارتی ماهواره لندست ۵ می‌باشد (Weng et al, 2014). همین امر سبب می‌شود که پهنای باند باریک و استفاده از دو باند حرارتی در این سنجنده می‌تواند رزولوشن طیفی در محدوده حرارتی طیف الکترومغناطیس را بالا ببرد و در نتیجه می‌تواند اطلاعات بهتری از سطح زمین دریافت کند در نتیجه با استفاده از سنسورهای حرارتی لندست ۸ می‌توان دمای سطح زمین را با دقت بالاتری استخراج کرد (Skokovic et al, 2014).

در روش‌های تک کاناله به یک مدل اتمسفری دقیق از منطقه نیاز است و در کل این روش به پارامترهای دقیق اتمسفری نیاز دارد (Li et al, 2012). با فرض این که ضریب عبور اتمسفر برای هر یک از باندها متفاوت است می‌توان به یک نوع تخمین در مشارکت اتمسفر رسید، همین امر اساس و پایه الگوریتم پنجره مجزا است. در همه الگوریتم‌های پنجره مجزا با فرض این که ضریب گسیل (LSE) از قبل معلوم است، می‌توان این الگوریتم را پیاده سازی کرد (Stathopoulou et al, 2007).

الگوریتم پنجره مجزا براساس تحلیل‌های ریاضی و استفاده از اطلاعات زمینی، اطلاعات دمای درختندگی باندهای حرارتی، ضریب گسیل باند اشیای زمینی در سطح پیکسل و همچنین عامل کسر پوشش گیاهی (FVC) می‌تواند دمای سطح زمین (LST) را به دست آورد (Mao et al, 2005; Li et al, 2013).

1- Land Surface Emissivity

2- Fraction of Vegetation Cover

3- Land Surface Temperature

4- Normalized Difference Vegetation Index

نور، k ثابت استیفسان بولتزمن می‌باشد (Mao et al, 2005).

۲-۲-۵- برآورد ستون بخار آب (CWV)

یکی از پارامترهایی که در الگوریتم پنجره مجزا استفاده می‌شود پارامتر ستون بخار آب می‌باشد که در بهبود دقت دمای سطح زمین نقش بسزایی دارد. این پارامتر با استفاده از اطلاعات اتمسفری به دست می‌آید ولی به علت در دسترس نبودن این پارامتر می‌توان از رابطه (۷) تخمین زده شود (Li et al, 2013).

$$CWV = C0 + C1 * (Tj / Ti) + C2 * (Tj / Ti)^2 \quad (۷)$$

Tj/Ti: میانگین دمای روشنایی در باندهای حرارتی

جدول ۲: ضرائب ستون بخار آب

ضرائب	مقدار
c0	-۹/۶۷۴
c1	۰/۶۵۳
c2	۹/۰۸۷

۲-۲-۶- الگوریتم پنجره مجزا

الگوریتم پنجره مجزا یکی از روش‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین است و نسبت به سایر روش‌ها دارای دقت بالاتری می‌باشد. یکی از ویژگی‌های مهم که می‌توان برای این الگوریتم نام برد کاهش اثرات اتمسفری است. در نهایت رابطه‌ای که در این روش استفاده می‌شود به صورت معادله (۸) است (Rozenstein et al, 2014).

$$LST = TB10 + C1 (TB10 - TB11) + \quad (۸)$$

$$C2 (TB10 - TB11)^2 + C0 +$$

$$(C3 + C4W) * (1 - \epsilon) + (C5 + C6W) * \Delta \epsilon$$

TB10: دمای درخشندگی در باند ۱۰ سنجنده OLI

TB11: دمای درخشندگی در باند ۱۱ سنجنده OLI

$\Delta \epsilon$: اختلاف ضریب گسیل در دو باند ۱۰ و ۱۱

W: مقدار ستون بخار آب

با ۰/۱۵ و NDVI (Vegetation) میزان این شاخص در مناطق کاملاً پوشیده از پوشش گیاهی است که در این رابطه برابر با ۰/۴۸ در نظر گرفته شده است (Johnson et al, 2012).

۲-۲-۳- برآورد ضریب گسیل

معیار دیگری که برای دمای سطح زمین لازم است ضریب گسیل می‌باشد. این معیار باید به صورت جداگانه برای هر دو باند حرارتی سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ حساب شود. این معیار را می‌توان از پارامتر FVC محاسبه نمود (Rozenstein et al, 2014).

$$LSE = Es * (1 - FVC) + Ev * FVC \quad (۴)$$

مقدار Es , Ev از جدول شماره (۱) به دست می‌آیند.

جدول ۱: ضرائب گسیل

ضریب گسیل	باند ۱۰	باند ۱۱
خاک	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
گیاه	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

۲-۲-۴- برآورد دمای درخشندگی باندهای حرارتی

داده‌های موجود در باند حرارتی در تصاویر لندست ۸ را می‌توان با استفاده از رابطه (۵)، تبدیل به دمای درخشندگی کرد (Rozenstein et al, 2014).

$$T = K2 / \ln(K1 / L \lambda + 1) \quad (۵)$$

در رابطه (۵) دو ضریب $K1$ و $K2$ در فایل فراداده ماهواره قابل به دست آوردن است.

برای به دست آوردن دمای درخشندگی باندهای حرارتی سنجنده مادیس (باندهای ۳۱ و ۳۲) می‌توان از معکوس قانون پلانک استفاده کرد.

$$T = \frac{\left(\frac{hc}{k}\right)}{\lambda * \ln\left(\frac{2hc^2}{L\lambda^5} + 1\right)} \quad (۶)$$

در رابطه (۶) h برابر با ثابت پلانک، c برابر با سرعت

طبقه‌بندی با نظارت مبتنی بر روش شبکه عصبی استفاده شده است. از آن جایی که این روش یکی از روش‌های طبقه‌بندی به صورت با نظارت می‌باشد، بنابراین نیاز به داده‌ها و نواحی آموزشی دارد. به همین جهت نواحی آموزشی در تصاویر در شش کلاس مسکونی، پوشش گیاهی، اراضی سنگلاخ، مرتع، اراضی بایر و مناطق آبی مشخص شده است. این کار با استفاده از دانش تجربی و همچنین با استفاده از سامانه Google Earth انجام شده و نقشه‌های طبقه‌بندی شده و همچنین دقت روش طبقه‌بندی برای ۹ سال به دست آمده است.



نگاره ۱: دیاگرام تهیه نقشه مناطق مسکونی و مناطق جزایر حرارتی

جدول ۳: ضرائب روش پنجره مجزا

ضرائب	مقدار
c0	-۰/۶۲۸
c1	۱/۳۷۸
c2	۰/۱۸۳
c3	۵۴/۳۰۰
c4	-۲/۲۳۸
c5	-۱۲۹/۲۰
c6	۱۶/۴۰۰

۲-۲-۷- محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست ۵

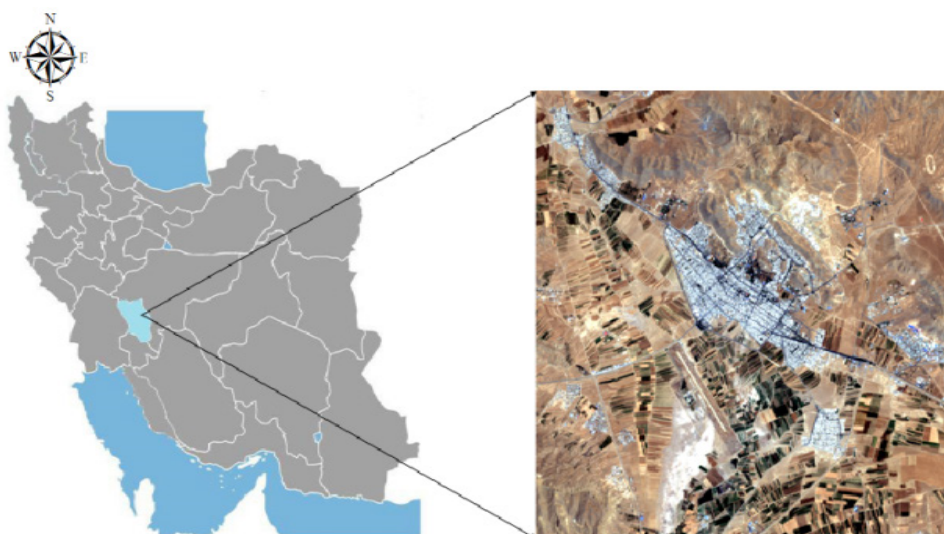
در این پژوهش به علت استفاده از تصاویر لندست ۵ و به منظور محاسبه دمای سطح زمین، از آن جایی که تصاویر لندست ۵ دارای یک باند حرارتی می‌باشند، نمی‌توان دمای سطح زمین را با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا به دست آورد. لذا، دمای سطح زمین با استفاده از رابطه (۹) به دست آمده است (Vlassova et al, 2014).

$$LST = \frac{T}{1 + \left(\lambda \cdot \frac{T}{\rho}\right) * \ln \varepsilon} \quad (9)$$

در رابطه (۹)، LST دمای سطح بر حسب کلونین λ ، طول موج باند حرارتی، ρ برابر با ۰/۰۱۴۳۸ و ε ضریب گسیل می‌باشد.

۳- پیاده‌سازی

بعد از اخذ تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و لندست ۸ ابتدا در مرحله پیش پردازش تصاویر چند زمانه، تصحیحات رادیومتری و اتمسفری روی این تصاویر اعمال شده است. بعد از این مرحله منطقه مورد مطالعه جداسازی شده و در مرحله بعد که مربوط به طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد از روش



نگاره ۲: نمایی از منطقه مورد مطالعه

تا ۲۳۱۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین شهر ایران است و به همین دلیل بام ایران نامیده می‌شود. این شهر در یک منطقه کوهستانی قرار دارد.

در چند سال اخیر رشد جمعیت و افزایش مهاجرت به این شهر، باعث گسترش شهر و همچنین از بین رفتن زمین‌های کشاورزی شده است. در جدول شماره ۴ تغییرات جمعیت این شهر برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۶ مشخص شده است.

جدول ۴: تغییر جمعیت شهرستان شهرکرد در سال‌های مختلف

سال	جمعیت
۱۳۶۵	۷۵۰۸۰
۱۳۶۸	۸۲۶۹۷
۱۳۷۲	۹۲۸۵۳
۱۳۷۷	۱۱۰۰۷۳
۱۳۸۰	۱۲۴۴۶۷
۱۳۸۷	۱۵۲۹۸۸
۱۳۹۲	۱۷۲۰۴۱
۱۳۹۴	۱۸۴۱۲۲
۱۳۹۶	۱۹۶۱۴۴

بعد از انجام این روند، مقدار شاخص مناطق مسکونی برای نواحی آموزشی مناطق مسکونی و کل تصاویر به دست آمده و پیکسل‌هایی که در روش طبقه‌بندی با نظارت جز مناطق مسکونی در نظر گرفته شده‌اند، از نظر مقدار شاخص مناطق مسکونی با استفاده از یک حد آستانه نیز مورد ارزیابی قرار گرفته و سرانجام پیکسل‌های مربوط به مناطق ساختمانی، جداسازی شده‌اند. در مرحله بعد نقشه حرارتی برای تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و تصاویر ماهواره‌ای مادیس با استفاده از روش پنجره مجزا به دست آمده و به دنبال آن اثر رشد مناطق مسکونی بر روند تغییر جزایر حرارتی شهر و دمای منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده ۴-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرکرد مرکز استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. شهرستان شهرکرد بین ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول و ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه عرض جغرافیایی می‌باشد و در ۹۷ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان قرار گرفته است. به لحاظ توپوگرافی در شمال رشته کوه زاگرس قرار دارد. این شهر با ارتفاع ۲۰۵۰

۴-۲- تصاویر سنجنش از دوری مورد استفاده

در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM مربوط به سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۶۸-۱۳۸۷-۱۳۸۰-۱۳۷۷-۱۳۷۲ و تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI برای سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۴-۱۳۹۶ استفاده شده است. همچنین سعی شده است که تا حد امکان تصاویر در یک ماه از فصل تابستان مورد استفاده قرار بگیرند.

اسمی ۲۵۰ متر، در ۴ باند طیفی تصاویری با قدرت تفکیک اسمی ۵۰۰ متر و در ۲۹ باند دیگر نیز تصاویری با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ متر برداشت می‌کند. همچنین این سنجنده دارای چندین باند حرارتی است که از باندهای حرارتی برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده می‌شود باندهای ۳۱ و ۳۲ این سنجنده می‌باشد که این باندها دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر می‌باشند.

جدول ۵: اطلاعات باندهای ماهواره لندست ۵

شماره باند و نام باند	طول موج بر حسب میکرومتر	قدرت تفکیک مکانی بر حسب متر
باند ۱ آبی	۰/۵۲-۰/۴۵	۳۰
باند ۲ سبز	۰/۶۰-۰/۵۲	۳۰
باند ۳ قرمز	۰/۶۹-۰/۶۳	۳۰
باند ۴ مادون قرمز نزدیک	۰/۹۰-۰/۷۶	۳۰
باند ۵ مادون قرمز با طول موج کوتاه	۱/۷۵-۱/۵۵	۳۰
باند ۶ مادون قرمز حرارتی	۱۲/۳-۱۰/۴	۱۲۰
باند ۷ مادون قرمز با طول موج کوتاه	۲/۳۵-۲/۰۸	۳۰

جدول ۶: اطلاعات باندهای ماهواره لندست ۸

شماره باند و نام باند	طول موج بر حسب میکرومتر	قدرت تفکیک مکانی بر حسب متر
باند ۱ آبی	۰/۴۳-۰/۴۵	۳۰
باند ۲ آبی	۰/۵۱-۰/۴۵	۳۰
باند ۳ سبز	۰/۵۹-۰/۵۳	۳۰
باند ۴ قرمز	۰/۶۷-۰/۶۴	۳۰
باند ۵ مادون قرمز نزدیک	۰/۸۸-۰/۸۵	۳۰
باند ۶ مادون قرمز با طول موج کوتاه	۱/۶۷-۱/۵۷	۳۰
باند ۷ مادون قرمز با طول موج کوتاه	۲/۲۹-۲/۱۱	۳۰
باند ۸ پانکروماتیک	۰/۶۸-۰/۵	۱۵
باند ۹ سیرس	۱/۳۸-۱/۳۶	۱۵
باند ۱۰ مادون قرمز حرارتی	۱۱/۱۹-۱۰/۶	۱۰۰
باند ۱۱ مادون قرمز حرارتی	۱۲/۵۱-۱۱/۵۰	۱۰۰

دیگر تصاویر مورد استفاده در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای MODIS Aqua در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۷، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ می‌باشد. این سنجنده دارای قدرت تفکیک زمانی نصف روز می‌باشد و بنابراین داده‌های حرارتی در شب را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این سنجنده دارای حساسیت رادیومتریکی بالا (۱۲ بیت) و قدرت تفکیک طیفی خوبی (۳۶ باند طیفی) می‌باشد.

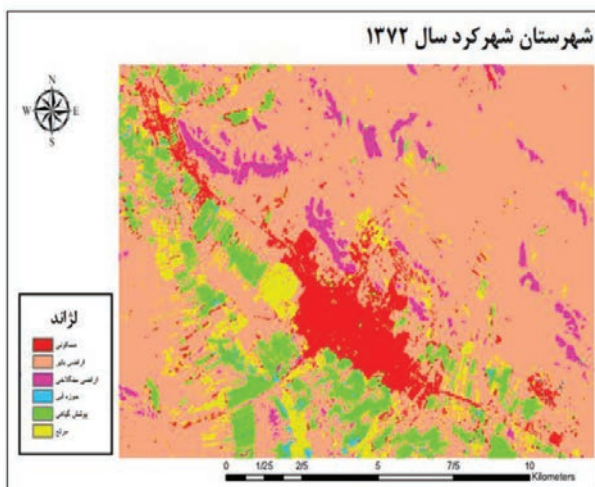
۵- نتایج تجربی و بحث بر روی نتایج

۵-۱- تولید نقشه کاربری اراضی

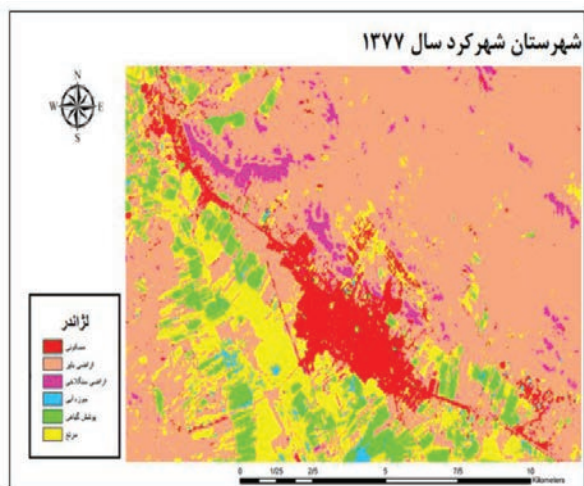
در این پژوهش، بعد از تصحیحات رادیومتریکی و تصحیحات اتمسفری به روش پیکسل تاریک اثرات اتمسفری کاهش داده شده است. این روش بر مبنای این فرض است که برخی از پیکسل‌ها در تصویر باید دارای

دامنه طیفی آن از طول موج‌های ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر است که این امر می‌تواند نیازهای کاربران مختلف را برطرف سازد. این سنجنده در ۲ باند طیفی تصاویر با قدرت تفکیک

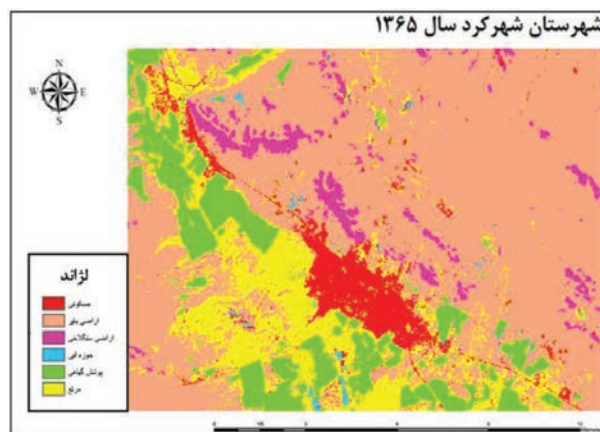
بازتابندگی صفر باشند و میزان ثبت شده برای این پیکسل‌ها ناشی از اثرات اتمسفری است و به جز باندهای حرارتی، بقیه باندهای تصاویر برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Chavez, 1988). روش طبقه‌بندی مورد استفاده، روش شبکه عصبی مصنوعی پیش رونده می‌باشد. در این الگوریتم تعداد ورودی برای تصاویر لندست ۵، شش باند و برای تصاویر لندست ۸، نه باند می‌باشد. نواحی آموزشی که شامل کلاس‌هایی از جمله مناطق مسکونی (به رنگ قرمز در نقشه طبقه‌بندی) اراضی سنگلاخی، مرتع، اراضی بایر، پوشش گیاهی و در نهایت حوزه‌های آبی به طور همگن در کل سطح تصویر انتخاب شده است و تعداد خروجی ارزیابی دقت نقشه طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفته است.



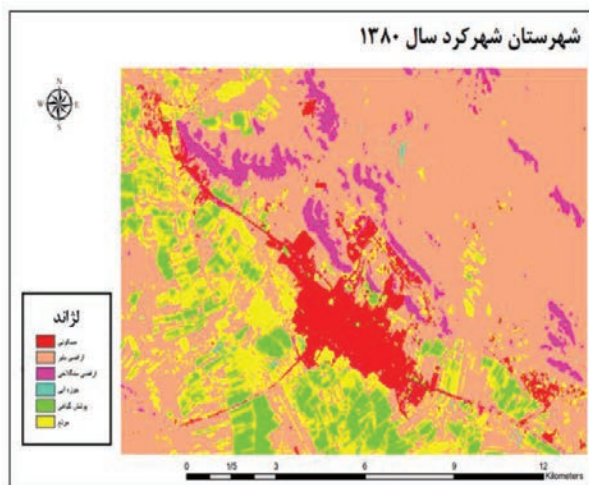
نگاره ۵: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۲



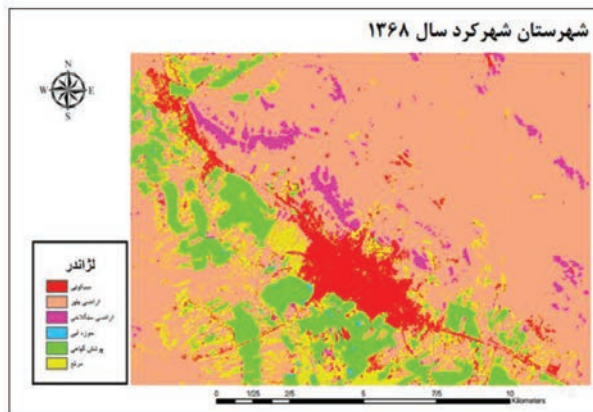
نگاره ۶: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۷



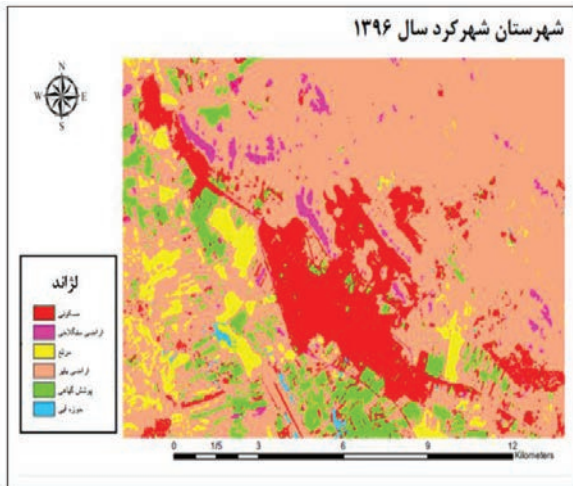
نگاره ۳: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۵



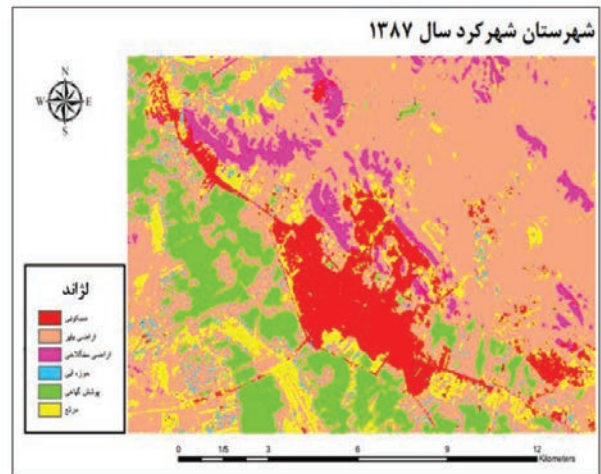
نگاره ۷: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۰



نگاره ۴: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۸



نگاره ۱۱: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۶

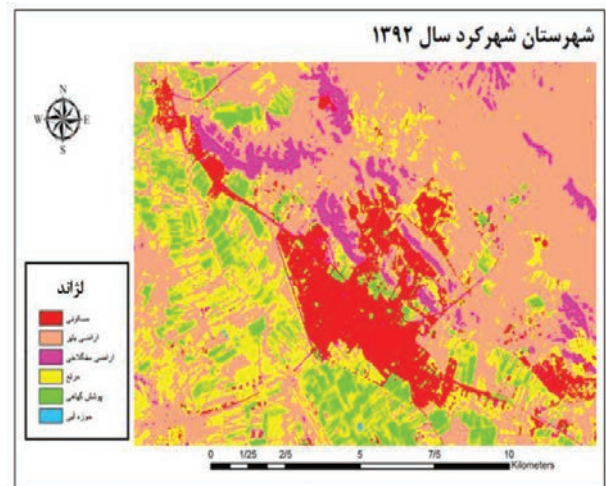


نگاره ۸: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۷

دقت نقشه‌های طبقه‌بندی برای مناطق مسکونی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷: دقت روش طبقه‌بندی

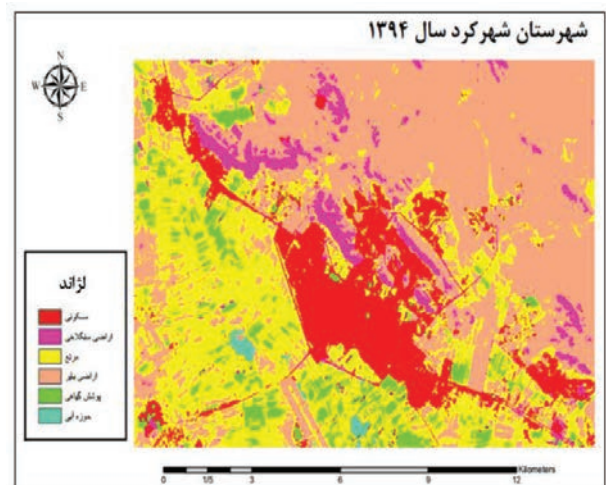
Kappa Coefficient	Overall Accuracy	سال
۰/۹۲۴۷	٪۹۴/۰۵۴۴	۱۳۶۵
۰/۹۳۵۶	٪۹۵/۱۲۲۴	۱۳۶۸
۰/۹۳۴۸	٪۹۵/۹۶۲۸	۱۳۷۲
۰/۹۱۹۸	٪۹۳/۲۵۶۹	۱۳۷۷
۰/۹۳۴۱	٪۹۶/۰۸۵۶	۱۳۸۰
۰/۹۳۶۹	٪۹۴/۱۴۹۴	۱۳۸۷
۰/۹۴۲۳	٪۹۶/۶۹۸۴	۱۳۹۲
۰/۹۳۲۵	٪۹۴/۲۵۴۲	۱۳۹۴
۰/۹۳۱۲	٪۹۵/۹۶۵۸	۱۳۹۶



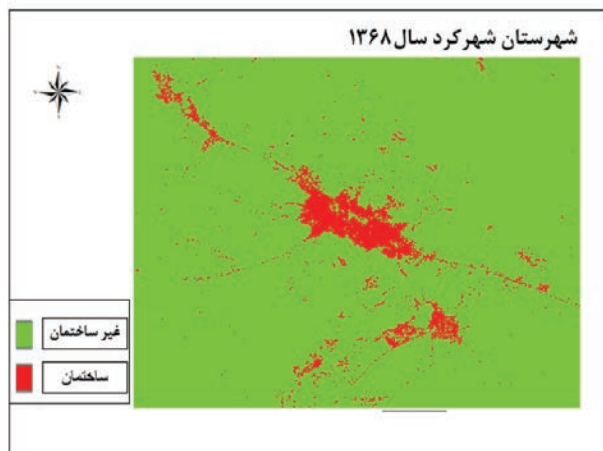
نگاره ۹: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۲

به منظور ارزیابی دقت روش طبقه‌بندی، از آنجایی که از تصاویر ماهواره لندست برای سال‌های گذشته استفاده شده و مناطق مسکونی دستخوش تغییرات شدیدی شده‌اند، از روش‌های نمونه‌برداری مربوط به مناطق مسکونی با استفاده از دانش تجربی از مناطق مسکونی و بافت قدیمی شهرستان شهرکرد و همچنین نمونه‌برداری از تصاویر زمان‌های گذشته گوگل ارث در صورت موجود بودن، استفاده شده است.

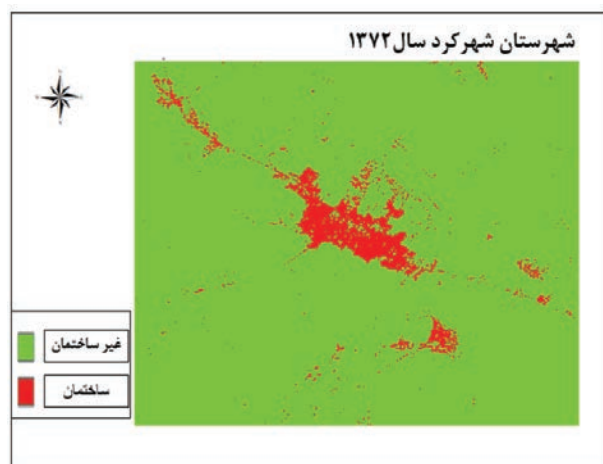
در جدول شماره ۸ مساحت مناطق ساختمانی که به روش طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی به دست آمده، ارائه شده است.



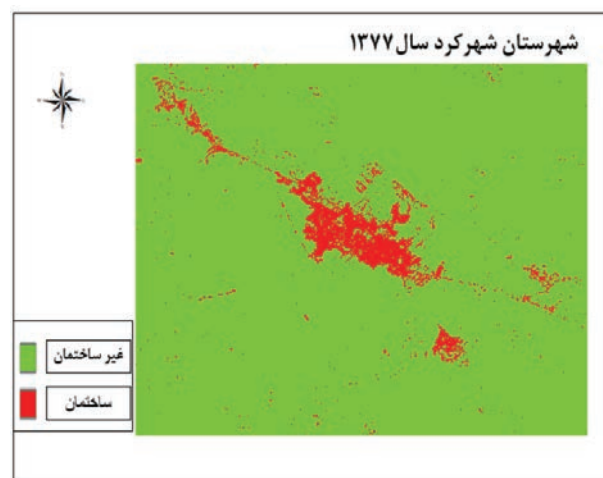
نگاره ۱۰: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۴



نگاره ۱۳: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۶۸



نگاره ۱۴: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۷۲

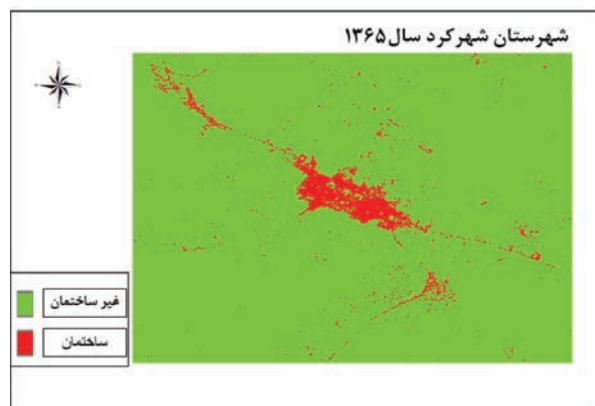


نگاره ۱۵: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۷۷

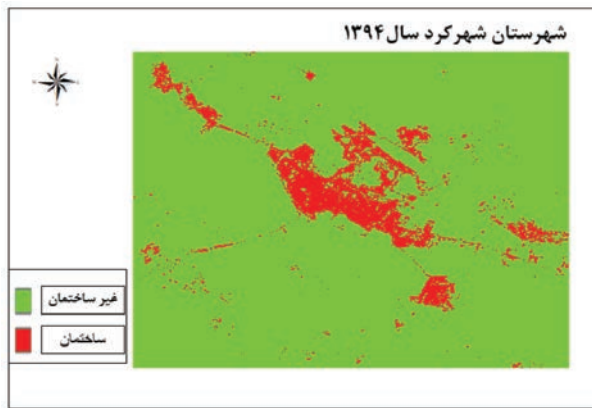
جدول ۸: مساحت مناطق ساختمانی با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر به روش شبکه عصبی

سال	مساحت مناطق شهری بر حسب هکتار
۱۳۶۵	۱۰۲۳/۳۶۷۸
۱۳۶۸	۱۲۱۹/۲۳۴۲
۱۳۷۲	۱۴۲۷/۳۸۶۵
۱۳۷۷	۱۵۹۱/۵۴۵۶
۱۳۸۰	۱۶۱۷/۵۴۸۶
۱۳۸۷	۱۹۳۹/۴۲۳۶
۱۳۹۲	۲۲۰۸/۴۰۲۵
۱۳۹۴	۲۳۳۴/۲۰۰۸
۱۳۹۶	۲۵۵۱/۱۴۷۸

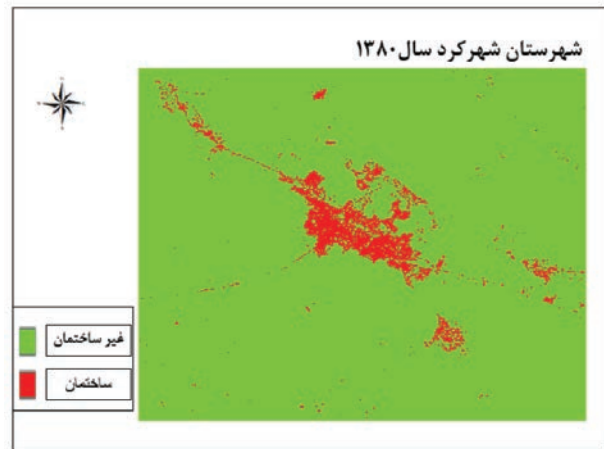
بعد از تولید نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش سطح زمین، از آن جایی که هدف شناسایی مناطق مسکونی و ساختمان‌ها بوده است، بدین جهت از شاخص مناطق ساختمانی NDBI بهره برده شده و پیکسلی جز مناطق مسکونی و ساختمان‌ها در نظر گرفته شده است که، پیکسل مورد نظر هم از نظر طبقه‌بندی تصاویر به روش شبکه‌های عصبی و هم از نظر شاخص NDBI جزء مناطق ساختمانی در نظر گرفته شده باشد. تصاویر طبقه‌بندی شده برای سال‌های مورد نظر در دو کلاس مناطق ساختمانی و مناطق غیر ساختمانی در نگاره‌های ۱۲ الی ۲۰ ارائه شده است.



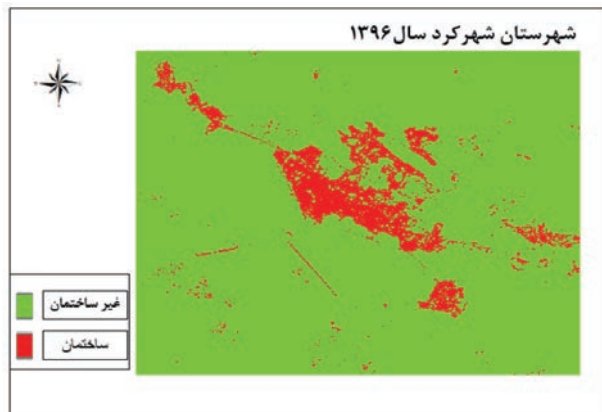
نگاره ۱۲: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۶۵



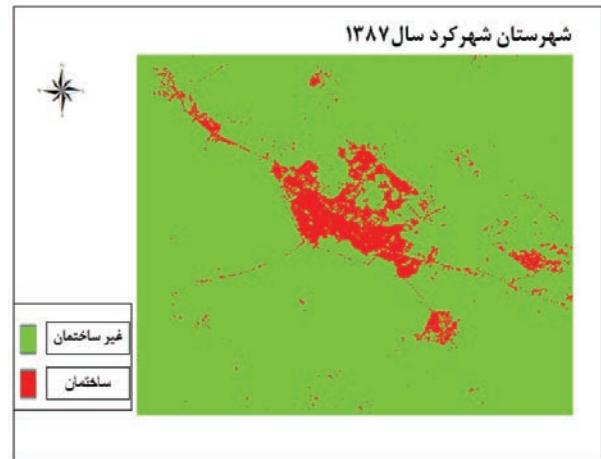
نگاره ۱۹: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۹۴



نگاره ۱۶: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۸۰



نگاره ۲۰: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۹۶

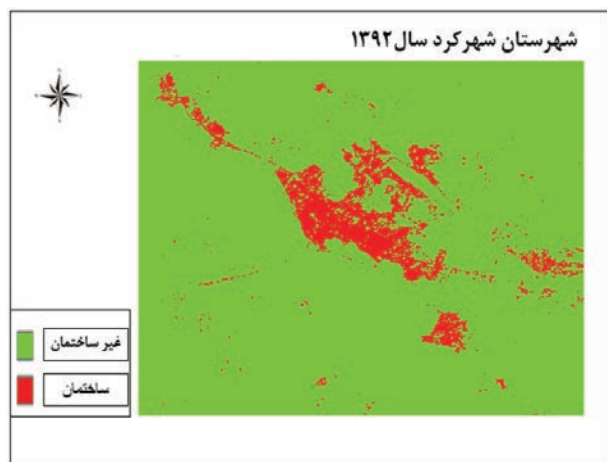


نگاره ۱۷: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۸۷

مساحت مناطق ساختمانی که از روش بهبود یافته به دست آمده، در جدول شماره ۹ ارائه شده است. همان طور که در جدول مشخص شده، مناطق مسکونی و ساختمانی از ۱۰۰۴ هکتار به ۲۱۱۲ هکتار، در بازه ۳۱ ساله افزایش یافته است.

۵-۲- تولید نقشه دمای سطح زمین

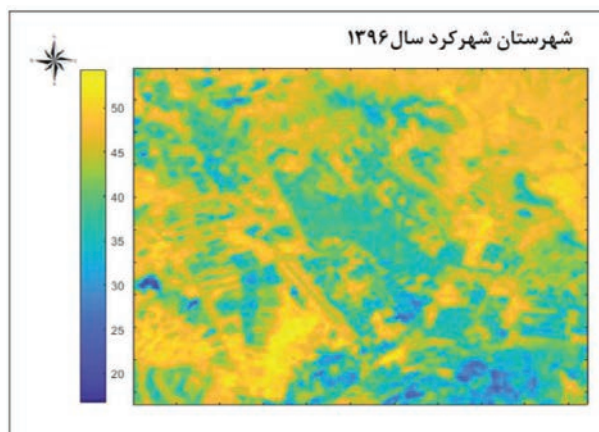
در مرحله بعد دمای سطح زمین LST با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا محاسبه شده است که دارای مراحل مختلفی می باشد. ابتدا باید شاخص پوشش گیاهی (NDVI) را با استفاده از باندهای قرمز (باند ۴ سنجنده OLI) و باند



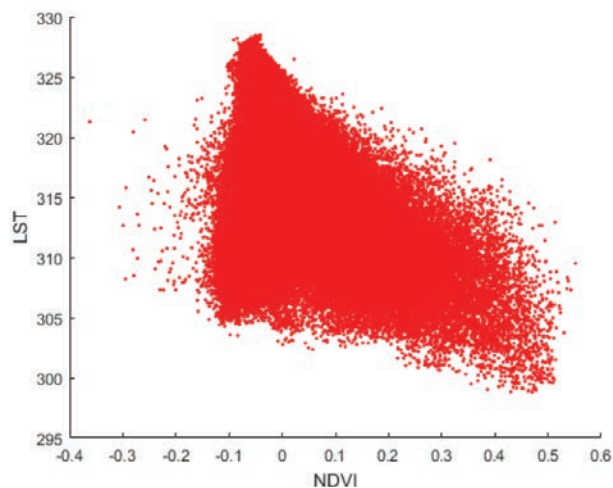
نگاره ۱۸: نقشه مناطق مسکونی سال ۱۳۹۲

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
 بررسی گسترش شهری و تأثیر آن بر دمای مناطق شهری ... / ۶۹

که در فایل فراداده موجود بوده، به مقادیر رادیانس و سپس به دمای درخشندگی تبدیل شده است و در نهایت با استفاده از رابطه (۹) این مقادیر به دمای سطح زمین بر حسب کلوین محاسبه شده است. بنابراین نقشه حرارت سطح زمین مربوط به سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۲، ۱۳۷۷، ۱۳۸۰ و در نهایت ۱۳۸۷ با استفاده از تصاویر لندست ۵ به دست آمده است.



نگاره ۲۱: نقشه حرارتی دمای سطح منطقه در سال ۱۳۹۶



نگاره ۲۲: تقابل شاخص پوشش گیاهی و دمای پیکسل

همان طور که در تصویر حرارتی مشاهده می‌شود دمای سطح منطقه نشان می‌دهد که مناطقی که دارای پوشش گیاهی می‌باشند و همچنین مناطق شهری، دمای کمتری نسبت به خاک لخت و زمین‌های بایر دارند.

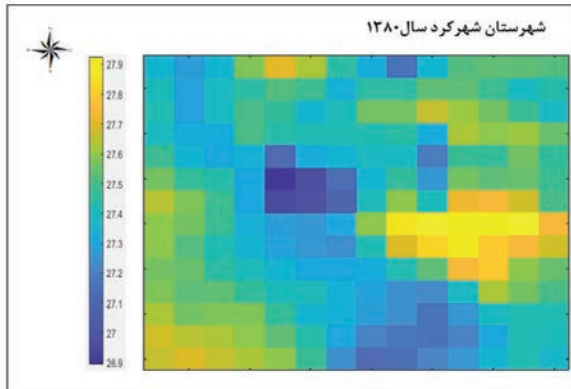
مادون قرمز نزدیک (باند ۵ سنجنده OLI) به دست آورد و به همین منظور مقادیر درجه خاکستری این باندها باید تبدیل به ضریب انعکاس شوند که این کار با استفاده از ضرائبی که در فایل فرا داده وجود دارد انجام شده است. بعد از تبدیل درجات خاکستری به مقادیر رفلکتانس، ارزیابی و برآورد شاخص پوشش گیاهی صورت گرفته است.

جدول ۹: مساحت مناطق ساختمانی

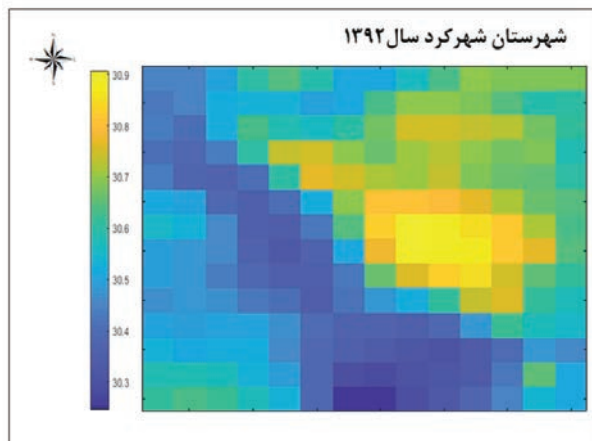
سال	مساحت مناطق شهری بر حسب هکتار
۱۳۶۵	۱۰۰۴/۷۶
۱۳۶۸	۱۱۹۴/۲۱
۱۳۷۲	۱۲۳۷/۷۷
۱۳۷۷	۱۳۰۲/۸۴
۱۳۸۰	۱۳۷۷/۴۵
۱۳۸۷	۱۸۳۲/۰۴
۱۳۹۲	۱۹۳۷/۷۷
۱۳۹۴	۲۰۸۱/۳۴
۱۳۹۶	۲۱۱۲/۳۹

بعد از این مرحله برآورد کسری پوشش گیاهی (FVC) محاسبه شده و در مرحله بعد درجات خاکستری باندهای حرارتی سنجنده باید تبدیل به رادیانس شود که این کار با استفاده از ضرائب موجود در فایل فرا داده تصاویر، حاصل شده است و در نهایت مقادیر رادیانس تبدیل به دمای درخشندگی شده است.

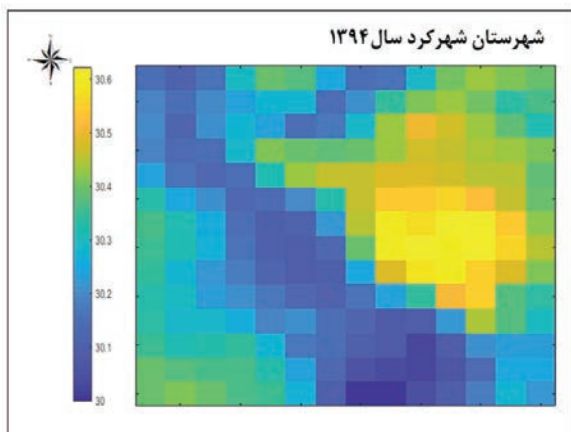
در مرحله بعد مقادیر ضریب گسیل برای هر باند حرارتی و هریکسکل به دست آمده است. در مرحله آخر از الگوریتم پنجره مجزا برای به دست آوردن دمای سطح زمین با کمک باندهای حرارتی سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸، نقشه حرارت سطح زمین مربوط به سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۴، ۱۳۹۶ به دست آمده است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست ۵ ابتدا مقادیر درجات خاکستری باند ۶ این تصاویر با استفاده از ضرائبی



نگاره ۲۳: نقشه حرارتی دمای سطح منطقه در سال ۱۳۸۰ با استفاده از سنجنده مادیس



نگاره ۲۴: نقشه حرارتی دمای سطح منطقه در سال ۱۳۹۲ با استفاده از سنجنده مادیس



نگاره ۲۵: نقشه حرارتی دمای سطح منطقه در سال ۱۳۹۴ با استفاده از سنجنده مادیس

به منظور بررسی اثر پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین، آنالیز همبستگی بین این دو پارامتر انجام شد. در نگاره شماره ۲۲، مقادیر NDVI در محور افق و مقادیر دمای سطح زمین در محور عمود می‌باشد. همان طور که نمودار نشان می‌دهد با افزایش شاخص پوشش گیاهی، مقدار دمای سطح زمین تا حدودی کاهش پیدا می‌کند.

همان طور که تصاویر حرارتی ماهواره لندست ۸ و لندست ۵ نشان می‌دهند دمای سطح شهر در روز نسبت به مناطق بایر و کوهستانی کمتر است. از آن جایی که جزایر حرارتی بیشتر در شب رخ می‌دهند و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و لندست ۵ برای روز موجود می‌باشند، به همین جهت از تصاویر ماهواره آکوآ سنجنده مادیس برای ارزیابی دما در شب استفاده شده است.

زمان اخذ تصاویر سنجنده مادیس مورد استفاده، تا حد امکان نزدیک به زمان اخذ تصاویر سنجنده لندست می‌باشد و بعد از تصحیحات اولیه (تصحیحات رادیومتریکی - هندسی) منطقه مورد نظر را جداسازی کرده و از باندهای ۳۱ و ۳۲ این سنجنده برای به دست آوردن دمای سطح زمین استفاده شده است.

مدل مورد استفاده برای به دست آوردن دما روش الگوریتم مجزا می‌باشد و در این روش به علت این که تصاویر ماهواره لندست ۸ و تصاویر ماهواره مادیس دارای فاصله زمانی خیلی کوتاه و نیز باندهای حرارتی هر دو سنجنده از نظر طیفی تقریباً مشابه هم می‌باشند، ضریب گسیل باندهای حرارتی (باندهای ۳۱ و ۳۲) از میانگین ضریب گسیل باندهای حرارتی سنجنده لندست ۸ در پیکسل‌های متناظر به دست آمده و در نهایت با استفاده از رابطه‌ی ۷ دمای سطح زمین تخمین زده شده است.

نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که باندهای حرارتی سنجنده مادیس دارای قدرت تفکیک مکانی پایینی می‌باشند (یک کیلومتر) و به همین علت تصاویر حرارتی به دست آمده دارای دقت مکانی خوبی نمی‌باشند.

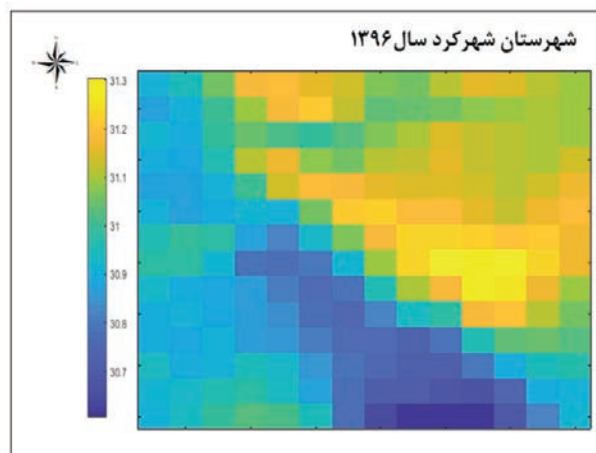
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۷۱)
بررسی گسترش شهری و تأثیر آن بر دمای مناطق شهری ... / ۷۱

مسکونی را داشته باشد. نتایج نشان داد که با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، مقدار مساحت مناطق مسکونی در حالت تلفیقی نسبت به روش طبقه‌بندی بانظارت، به طرز چشمگیری کاهش یافته است.

در مرحله محاسبه نقشه حرارتی زمین، برای محاسبه ضرائب گسیل در باندهای حرارتی سنجنده مادیس به دلیل فاصله زمانی کمی که تصاویر سنجنده مادیس نسبت به تصاویر ماهواره لندست و همچنین نزدیکی طیفی دو باند حرارتی سنجنده مادیس (باند ۳۱ و باند ۳۲) و باند حرارتی ماهواره لندست ۸، از ضرائب گسیل باندهای حرارتی استخراج شده از ماهواره لندست ۸ که دقت مکانی بالاتری (۳۰ متر) نسبت به تصاویر حرارتی ماهواره مادیس (۱۰۰۰ متر) دارند، با روش میانگین‌گیری انجام شده است.

نتایج نشان داده که مناطق مسکونی از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۶ به مدت ۳۱ سال در این شهرستان از ۱۰۰۴ هکتار به ۲۱۱۲ هکتار افزایش یافته است. هر چند که این شهرستان نسبت به سایر کلان‌شهرهای کشور ایران دارای رشد شهری کمتری می‌باشد، ولی با این وجود رشد مناطق ساختمانی می‌تواند اثرات منفی در محیط و اقلیم منطقه ایجاد کند.

بعد از بررسی رشد مناطق شهری، به بررسی اثر این پدیده بر روی دمای سطح منطقه و همچنین جزیره حرارتی شهر پرداخته شده است. نقشه‌های حرارتی به دست آمده گواهی این موضوع است که با رشد مناطق شهری، دمای سطح شهر در شب بیشتر از سایر مناطق می‌باشد که این امر می‌تواند اثرات منفی و مخربی در رطوبت هوا، کاهش بارش برف در سطح شهر، تغییر جهت بادهای محلی و در کل تغییر اقلیم این منطقه ایجاد کند. علاوه بر این با گسترش شهر، جزیره حرارتی در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴، ۱۳۹۶ به مرور افزایش داشته است که این امر نشان‌دهنده این موضوع است که به مرور با افزایش رشد شهر، جزایر حرارتی نیز گسترش می‌یابد.



نگاره ۲۶: نقشه حرارتی دمای سطح منطقه در سال ۱۳۹۶ با استفاده از سنجنده مادیس

همان‌طور که تصاویر حرارتی نشان می‌دهند، جزیره گرمایی در شهرستان شهرکرد قابل مشاهده است و مناطق مسکونی در شب نسبت به سایر مناطق دارای دمای بیشتری می‌باشد. در صورتی که سطح شهر در مناطق مسکونی در روز تقریباً دارای دمای پایین‌تری نسبت به سایر پوشش‌های سطح زمین می‌باشد. همچنین نقشه حرارتی در چهار سال ۱۳۸۰، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ در نگاره‌های ۲۳ تا ۲۶ نشان می‌دهند که با گذشت زمان علاوه بر افزایش رشد مناطق ساختمانی، وسعت جزیره حرارتی نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است که این موضوع از نقشه‌های حرارتی به دست آمده کاملاً مشهود می‌باشد.

۶- یافته‌های تحقیق و نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا به بررسی رشد مناطق ساختمانی و اثر آن بر جزایر حرارتی شهرستان شهرکرد پرداخته شده است. برای استخراج دقیق مناطق مسکونی، علاوه بر استفاده از روش طبقه‌بندی بانظارت، از آنالیز شاخص مناطق ساختمانی نیز استفاده شده است تا پیکسل در صورتی به کلاس مناطق مسکونی نسبت داده شود که هر دو شرط وجود داشتن در کلاس ساختمانی در نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی بانظارت و دارا بودن مقدار بالای شاخص مناطق

4(9), 2619-2634.

11. Li, H., Zhou, Y., Li, X., Meng, L., Wang, X., Wu, S., & Sodoudi, S. (2018). A new method to quantify surface urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 624, 262-272.

12. Li, Y.-y., Zhang, H., & Kainz, W. (2012). Monitoring patterns of urban heat islands of the fast-growing Shanghai metropolis, China: Using time-series of Landsat TM/ETM+ data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 127-138.

13. Li, Z.-L., Tang, B.-H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., . . . Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14-37.

14. Liu, K., Su, H., Li, X., Wang, W., Yang, L., & Liang, H. (2016). Quantifying spatial-temporal pattern of urban heat island in Beijing: an improved assessment using land surface temperature (LST) time series observations from LANDSAT, MODIS, and Chinese new satellite GaoFen-1. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(5), 2028-2042.

15. Ma, G., Sui, H., Li, P., & Qin, Q. (2006). A kernel change detection algorithm in remote sense imagery. Paper presented at the 2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing.

16. Mao, K., Qin, Z., Shi, J., & Gong, P. (2005). A practical split-window algorithm for retrieving land surface temperature from MODIS data. *International journal of remote sensing*, 26(15), 3181-3204.

17. Pijanowski, B. C., Tayyebi, A., Doucette, J., Pekin, B. K., Braun, D., & Plourde, J. (2014). A big data urban growth simulation at a national scale: configuring the GIS and neural network based land transformation model to run in a high performance computing (HPC) environment. *Environmental Modelling & Software*, 51, 250-268.

18. Qiao, Z., Tian, G., & Xiao, L. (2013). Diurnal and seasonal impacts of urbanization on the urban thermal environment: A case study of Beijing using MODIS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 85, 93-101.

19. Quanliang, C., Changjian, N., Zhan, L., & Jingxuan,

منابع و مأخذ

1. Anniballe, R., Bonafoni, S., & Pichierri, M. (2014). Spatial and temporal trends of the surface and air heat island over Milan using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 150, 163-171.
2. Becker, F., & Li, Z. L. (1995). Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems. *Remote Sensing Reviews*, 12(3-4), 225-253.
3. Chavez Jr, P. S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote sensing of environment*, 24(3), 459-479.
4. Cheval, S., & Dumitrescu, A. (2015). The summer surface urban heat island of Bucharest (Romania) retrieved from MODIS images. *Theoretical and applied climatology*, 121(3-4), 631-640.
5. Chini, M., Pacifici, F., Emery, W. J., Pierdicca, N., & Del Frate, F. (2008). Comparing statistical and neural network methods applied to very high resolution satellite images showing changes in man-made structures at rocky flats. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(6), 1812-1821.
6. Dai, H., Zhang, X., & Hu, Z. (2017). Urbanization-induced land use and cover changes in Xuzhou, Jiangsu Province since the Mid-1990s. *Geosci Res*, 2(3), 172-179.
7. Di Palma, F., Amato, F., Nolè, G., Martellozzo, F., & Murgante, B. (2016). A SMAP supervised classification of landsat images for urban sprawl evaluation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(7), 109.
8. Dixon, P. G., & Mote, T. L. (2003). Patterns and causes of Atlanta's urban heat island-initiated precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, 42(9), 1273-1284.
9. Grekousis, G., Manetos, P., & Photis, Y. N. (2013). Modeling urban evolution using neural networks, fuzzy logic and GIS: The case of the Athens metropolitan area. *Cities*, 30, 193-203.
10. Johnson, B., Tateishi, R., & Kobayashi, T. (2012). Remote sensing of fractional green vegetation cover using spatially-interpolated endmembers. *Remote Sensing*,

cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81(3), 358-368.

29. Tewkesbury, A. P., Comber, A. J., Tate, N. J., Lamb, A., & Fisher, P. F. (2015). A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. *Remote Sensing of Environment*, 160, 1-14.

30. Tomlinson, C., Chapman, L., Thornes, J., & Baker, C. (2012). Derivation of Birmingham's summer surface urban heat island from MODIS satellite images. *International Journal of Climatology*, 32(2), 214-224.

31. Vlassova, L., Perez-Cabello, F., Nieto, H., Martín, P., Riaño, D., & De La Riva, J. (2014). Assessment of methods for land surface temperature retrieval from Landsat-5 TM images applicable to multiscale tree-grass ecosystem modeling. *Remote Sensing*, 6(5), 4345-4368.

32. Watts, D. C. (2001). Land cover mapping by combinations of multiple artificial neural networks: University of Calgary.

33. Weng, Q., Fu, P., & Gao, F. (2014). Generating daily land surface temperature at Landsat resolution by fusing Landsat and MODIS data. *Remote sensing of environment*, 145, 55-67.

34. Yang, P., Ren, G., & Liu, W. (2013). Spatial and temporal characteristics of Beijing urban heat island intensity. *Journal of applied meteorology and climatology*, 52(8), 1803-1816.

35. Zaki, R., Zaki, A., & Ahmed, S. (2011). Land use and land cover changes in arid region: The case new urbanized zone, northeast cairo, egypt. *Journal of Geographic Information System*, 3(03), 173.

36. Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*, 24(3), 583-594.

R. (2009). Urban heat island effect research in Chengdu city based on MODIS data. Paper presented at the 2009 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering.

20. Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.

21. Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.

22. Shah-Hosseini, R., Safari, A., & Homayouni, S. (2018). Monitoring and Estimating Flood Damages by Object-Oriented Change Detection of Optical and Radar Earth Observations. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 31-32.

23. Shahhosseini, R., Homayouni, S., & Safari, A. (2015). Environmental monitoring based on automatic change detection from remotely sensed data: kernel-based approach. *Journal of Applied Remote Sensing*, 9(1), 095992.

24. Shah-Hosseini, R., Homayouni, S., & Safari, A. (2015). A hybrid kernel-based change detection method for remotely sensed data in a similarity space. *Remote Sensing*, 7(10), 12829-12858.

25. Skoković, D., Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., Soria, G., Jušien, Y., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Calibration and validation of land surface temperature for landsat8-tirs sensor. LPVE (Land Product Validation and Evolution).

26. Sidiqi, P., Huete, A., & Devadas, R. (2016). Spatio-temporal mapping and monitoring of Urban Heat Island patterns over Sydney, Australia using MODIS and Landsat-8. Paper presented at the 2016 4th International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA).

27. Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*, 10(6), 989-1003.

28. Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land

