

بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست (مطالعه موردی: شهر گرگان)

سامان نادى زاده شورابه- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
سعید حمزه* - استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
مجید کیورز- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
سید کریم افشاری‌پور- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تأیید مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۰۲

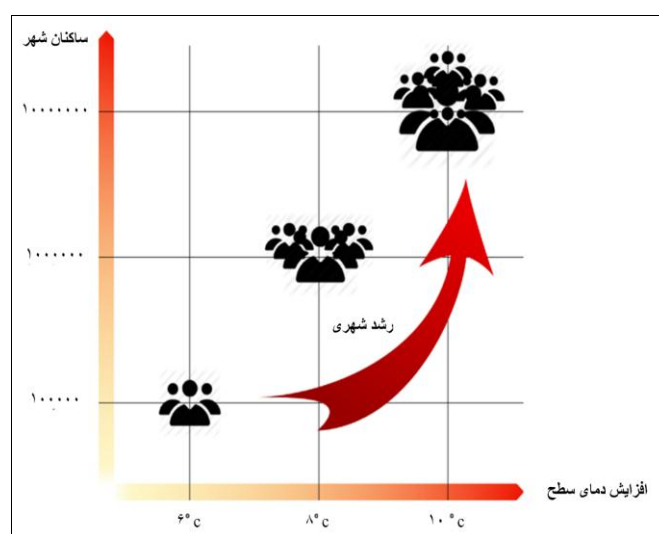
چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین است. براین اساس برای مدیریت بهینه آثار منفی ناشی از افزایش دمای سطح زمین، تعیین نوع تغییرات کاربری که بیشترین تغییرات دمای سطح زمین را در بازه زمانی ایجاد می‌کنند مفید است. بدین منظور از داده‌های ماهواره‌ای لندست که به دوره زمانی ۲۳ ساله مربوط است استفاده شد تا نقشه‌های کاربری اراضی و تغییرات آن، همچنین دمای سطح زمین استخراج شود. پس از انتخاب باندهای بهینه، به کمک روش فاکتور شاخص مطلوبیت، تصاویر ماهواره‌ای با روش ماتسین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شدند. همچنین برای بازیابی دمای سطح زمین نیز از الگوریتم Mono-Window استفاده شد. طبقه‌بندی تصاویر و استخراج اطلاعات آماری هر کلاس نشان‌دهنده ارتباط قوی میان نوع کاربری و دمای سطح زمین است؛ به طوری که بررسی رابطه NDVI و حرارت سطح با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیونی، نقش مؤثر پوشش گیاهی در تعدیل دمای سطح را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که کاربری آیش دمای بیشتری از مناطق ساخته شده دارد؛ زیرا این مناطق ترکیبی غیریکنواخت از ساختمان، چمن و گیاه هستند. نتایج بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی و تحولات دمای سطح زمین نشان می‌دهد با تبدیل کاربری فضای سبز به زمین آیش، بیشترین تغییرات دمای سطح زمین رخ می‌دهد. از دیگر نتایج این پژوهش کاهش طبقات دمایی خیلی سرد و سرد و افزایش طبقات دمایی نرمال و گرم است که مهم‌ترین دلیل آن افزایش مساحت کاربری‌های ساخته شده و آیش است.

واژه‌های کلیدی: آیش مکانی-زمانی، دمای سطح، کاربری اراضی، گرگان، گسترش شهری.

مقدمه

بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به ۶۹/۶ درصد برسد (United Nations, 2010). طی دهه‌های گذشته، توسعه فیزیکی شهرها تهدید اصلی منابع طبیعی و اکولوژیکی در سطح جهان و عامل تغییرات فراوانی از جمله تغییرات کاربری اراضی، افزایش انواع آلودگی‌ها و تغییرات آب‌وهوای مناطق شهری و غیرشهری بوده است. این دگرگونی‌های گسترده انسانی، پیامدهای ناخواسته و ناخوشایندی از قبیل افت کیفی محیط زیستی را در مقیاس‌های گوناگون محلی، منطقه‌ای و جهانی به همراه دارد که در نتیجه به کاهش کیفیت زندگی منجر می‌شود (Gago et al., 2013: 750). گرم‌تر شدن محیط شهری یکی از نتایج ناآگاهانه توسعه شهری ناپایدار است که «جزیره حرارتی» نامیده می‌شود. جزایر حرارتی شهری از معمول‌ترین پدیده‌های شهری هستند که در آن‌ها برخی مناطق شهری، به‌ویژه مراکز شهرها، چند درجه از مناطق اطراف گرم‌تر می‌شوند (Rose and Devadas, 2009). از علل اصلی ایجاد این جزیره‌ها، جایگزین شدن عوارض شهری مانند سنگفرش، ساختمان و سایر ساخت‌وسازهای شهری به جای پوشش طبیعی زمین است که پیامدهای خنک‌کنندگی سطح را از بین می‌برند. همچنین ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک، جریان هوا را کاهش می‌دهند و هوای پیرامون را گرم‌تر می‌کنند. این عوامل به شکل‌گیری پدیده جزیره حرارتی شهری می‌شوند. علاوه بر آن، حرارت و آلودگی ناشی از وسایل نقلیه، صنایع و کارخانه‌های بزرگ، وسایل تهویه‌کننده هوا و دیگر منابع مربوط به فعالیت‌های انسانی، گرمای هوا را افزایش می‌دهند و آثار جزیره حرارتی را تشدید می‌کنند (Gago et al., 2013: 750). توسعه پراکنده شهری به گسترش بی‌رویه و بی‌برنامه شهرها اطلاق می‌شود که نه تنها موجب توسعه نامتوازن و بی‌قواره شهرها می‌شود، بلکه فضای مربوط به منابع طبیعی پیرامون خود را نیز تخریب می‌کند. این پدیده آثار متعددی در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی دارد؛ مانند تشدید پدیده جزیره حرارتی شهری. باید توجه داشت که افزایش جمعیت مناطق شهری و در نتیجه رشد شهری سبب افزایش دمای سطح زمین خواهد شد (شکل ۱).



شکل ۱. تصویر شماتیک تأثیر رشد جمعیتی و فیزیکی شهر بر دمای سطح

فناوری سنجش از دور می‌تواند نقشی کلیدی در ارائه اطلاعات در مورد شهرها و شهرنشینی داشته باشد؛ از این رو میان علم و برنامه‌ریزی در دستیابی به هدف اصلی بهبود کیفیت زندگی در فضای شهری رابطه‌ای برقرار می‌شود. استفاده از این فناوری، به دلیل پوشش وسیع و پیوسته، به‌هنگام‌بودن و توانایی کسب اطلاعات در ابعاد مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی، منبع اطلاعاتی مناسبی برای تهیه اطلاعات جامع درباره شرایط مورد نیاز تحقق رشد شهری پایدار به‌شمار می‌آید و کاربردهای بسیاری در این حوزه دارد (Chudnovsky et al., 2004: 1063). از تصاویر لندست به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه دمای سطح زمین استفاده می‌شود (Kato and Yamaguchi, 2005; Li and Zhao, 2003; Lu and Weng, 2005; Srivastava et al., 2009; Sobrino et al., 2004; Latif, 2014).

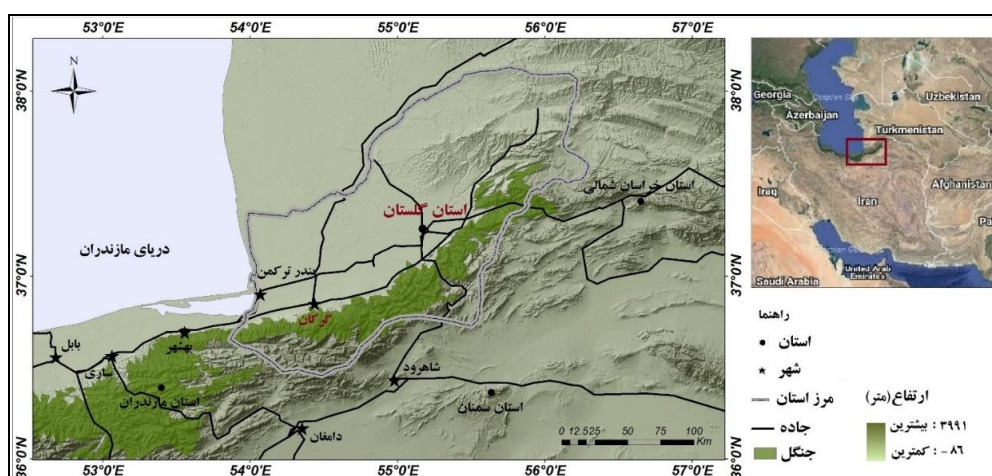
جیانگ و تیان (۲۰۱۰) از تصاویر TM و ETM+ ماهواره لندست در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ برای تحلیل تأثیر تغییر کاربری اراضی/پوشش زمین در ایجاد دمای سطح زمین استفاده کردند و نتیجه گرفتند تغییرات کاربری زمین از عوامل مهم افزایش دمای سطح زمین است. چن و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی رابطه جزایر گرمایی شهر و تغییرات کاربری اراضی در ایالتی در چین دریافتند جزایر حرارتی در مناطق شهری آشکارتر شده‌اند. همچنین در این مطالعه، ارتباط میان دما و چند شاخص جدید بررسی شد و یافته‌ها نشان داد میان شاخص‌های NDVI، اختلاف اراضی بایر نرمال شده و اختلاف پهنه‌های آبی نرمال شده با دما، همچنین میان شاخص اختلاف نواحی ساختمانی نرمال شده و دما هم‌بستگی منفی وجود دارد. اکسیان و کرین (۲۰۰۶) با بررسی پوشش زمین و ویژگی‌های حرارتی آن به کمک داده‌های لندست در منطقه شهری تمپابای و لاس‌وگاس نشان دادند که می‌توان ویژگی‌های حرارتی سطح زمین و الگوهای آن را از طریق کیفیت کاربری اراضی شناسایی کرد. ونگ و همکاران (۲۰۰۷) روش مناسبی را برای تعیین رابطه دمای سطح زمین و الگوی کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و روش‌های اکولوژیکی Landscape پیشنهاد کردند و نتیجه گرفتند که تصاویر کسری استخراج شده به‌طور جدی بیانگر نوعی مورفولوژی از شهر هستند که رابطه منطقی را با خصوصیات بیوفیزیکی شهر نشان می‌دهند؛ به طوری که میزان دما رابطه‌ای مثبت با سطوح نفوذناپذیر و رابطه‌ای منفی با پوشش گیاهی سبز دارد. بوکایی و همکاران (۲۰۱۶) با ارزیابی جزیره حرارتی شهری براساس رابطه دمای سطح زمین و کاربری اراضی/پوشش در تهران نتیجه گرفتند عوامل ایجادکننده جزیره حرارتی شهری در تهران، به موارد گوناگونی بستگی دارد که این امر در درجه اول به دلیل کاربری اراضی/پوشش متفاوت در این منطقه است. پال و ژول (۲۰۱۷) با بررسی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در مرکز شهر مالدا دریافتند تفاوت معناداری میان دمای سطح زمین و کاربری اراضی/پوشش وجود دارد و اراضی ساخته شده حداکثر دما را در میان کاربری‌ها دارند. علوی‌پناه و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر TM و ETM+ و OLI/TIRS به بررسی تحلیل مکانی-زمانی جزیره حرارتی شهر مشهد با توجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری/پوشش زمین پرداختند و نتیجه گرفتند که حدود ۲۵۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی و فضای سبز به کاربری ساخته شده تبدیل شده است که تقریباً با افزایش مساحت طبقه گرمایی بسیار گرم برابری دارد. متکان و همکاران (۱۳۹۳) نقش کاربری اراضی را در شکل‌گیری جزیره حرارتی با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده ASTER در شهر بندرعباس بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مناطق صنعتی و زمین‌های بایر حرارت زیادی دارند. مناطق ساحلی نیز به دلیل مجاورت با آب، و مناطق دارای پوشش گیاهی و فضای سبز به دلیل تبخیر و تعرق از سطح برگ درختان و ایجاد سابه دمای کمتری از سایر کاربری‌ها دارند. نادى‌زاده شورابه و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی تغییرات مکانی-زمانی جزیره حرارتی شهر تهران نتیجه

گرفتند که تبدیل کاربری اراضی فضای سبز به بایر، بیشترین تغییرات دمایی را دارد و خوشه‌های داغی که در مناطق ۲۱، ۱۸ و ۹ قرار دارد از گذشته گرم‌تر شده‌اند.

با توجه به آنچه بیان شد، بررسی دقیق و کامل ارتباط رشد و توسعه شهری، پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی همچنان به مطالعات بیشتر و گسترده‌ای در مناطق مختلف جهان با اقلیم‌های گوناگون نیازمند است. براین اساس نواحی شمالی ایران با توجه به موقعیت خاصی که دارند (از یک سو به کوهستان و از سوی دیگر به دریا منتهی می‌شوند و اقلیم و پوشش گیاهی بسیار متنوعی دارند) گزینه‌ای مناسب برای این پژوهش‌ها هستند. یکی از این شهرها گرگان است که در دهه‌های اخیر به دلیل گسترش فیزیکی شهری، تغییرات کاربری اراضی محسوسی در آن صورت گرفته (تبدیل کاربری کشاورزی و فضای سبز به کاربری ساخته‌شده و آیش) که شرایط اقلیمی خاصی از نظر دمای هوا، رطوبت و بارش در آن ایجاد شده است (داز و همکاران، ۱۳۹۵؛ میرسنجری و عابدیان، ۱۳۹۶). از آنجا که هر ساله در این شهر، تقاضا برای مسکن و زیرساخت‌های شهری رو به افزایش است؛ فضاهای سبز به بلوک‌های ساختمانی با سطح سخت و صنعتی تبدیل می‌شوند (ملاشاهی و همکاران، ۱۳۹۴). در نتیجه هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین است. براین اساس، تغییر کاربری‌هایی که بیشترین تغییرات دمای سطح زمین را ایجاد می‌کنند، برای مدیریت بهتر پیامدهای منفی ناشی از افزایش دمای سطح زمین شناسایی می‌شوند.

محدوده مورد مطالعه

شهر گرگان در شمال ایران، در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ}01'01''$ تا $53^{\circ}41'03''$ طول شرقی و $36^{\circ}26'56''$ تا $37^{\circ}14'14''$ عرض شمالی و در بخش جنوبی استان گلستان واقع شده است. این شهر از غرب به خلیج گرگان و دریای خزر، از جنوب به کوه‌های البرز و جلگه گرگان و از شمال به نواحی نیمه خشک محدود می‌شود (شکل ۲). جمعیت گرگان بیش از ۳۲۹ هزار نفر و نرخ رشد سالانه آن ۲/۸ درصد است (سازمان آمار ایران، ۱۳۹۰). ویژگی‌های طبیعی و گردشگری این شهر موجب افزایش جمعیت و توسعه فیزیکی این شهر شده است. همچنین آب‌وهوای معتدل و نمناکی در زمستان و آب‌وهوای نسبتاً گرم و شرجی در تابستان دارد.



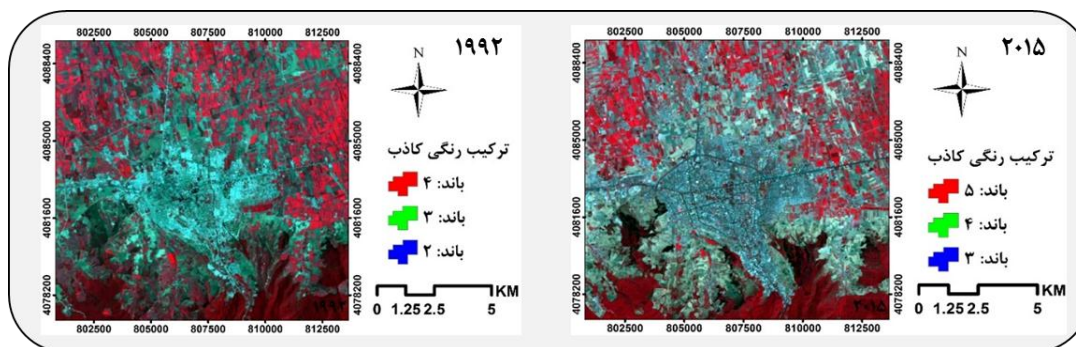
شکل ۲. موقعیت محدوده مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM5-ETM+-OLI/TIRS برای محدوده مورد مطالعه استفاده شد (شکل ۳). این تصاویر زمین مرجع شده‌اند و در سیستم تصویر UTM در ناحیه ۴۰N قرار دارند. تصاویر مذکور در سایت زمین‌شناسی آمریکا به صورت رایگان در دسترس هستند. به منظور تکمیل پارامترهای ورودی برای تهیه نقشه دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، از محصول بخار آب مودیس، و برای تهیه نقاط نمونه کنترل از بازدید میدانی، تصاویر گوگل ارث و نقشه توپوگرافی تهیه شده در سازمان نقشه‌برداری استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در پژوهش در جدول ۱ آمده است. از آنجا که باندهای مادون قرمز حرارتی لندست، قدرت تفکیک مکانی بالایی دارند، تصاویر لندست برای مطالعه تغییرات کاربری اراضی/ کاربری پوشش و دمای سطح زمین مناسب هستند.

جدول ۱. مشخصات داده‌های مورد استفاده

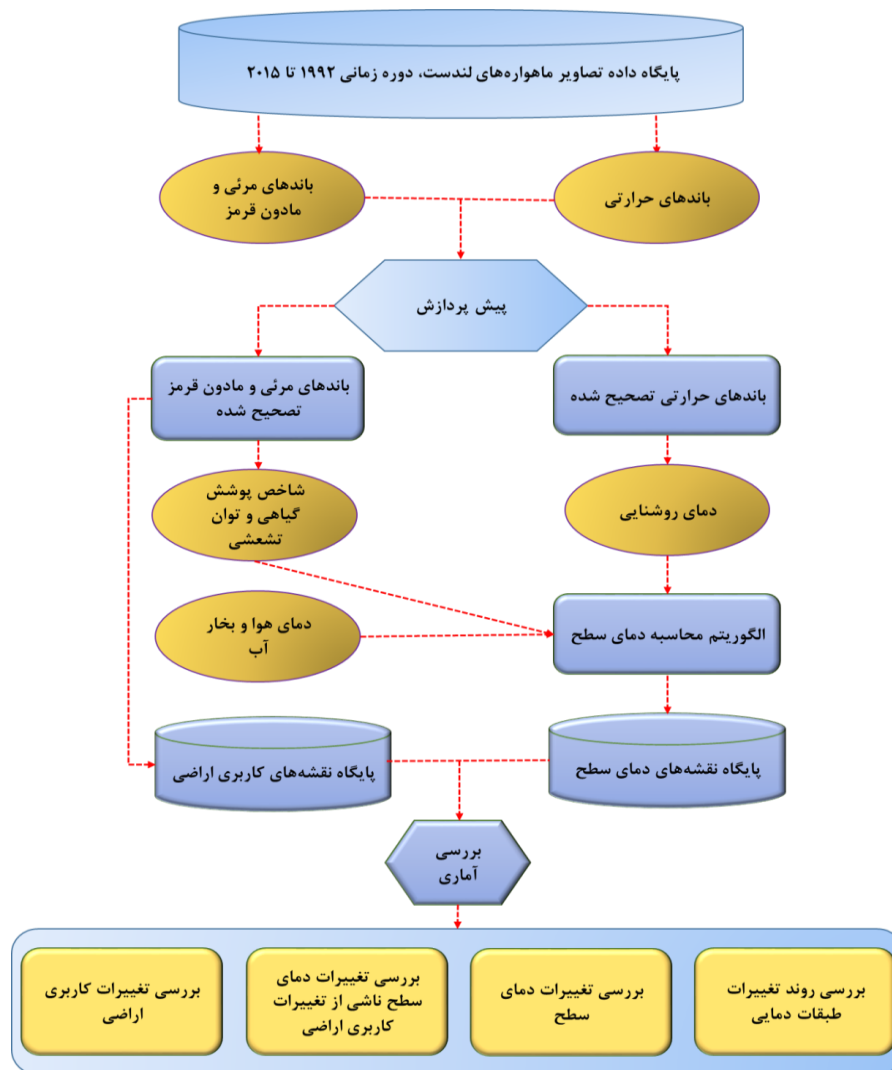
نوع داده	تاریخ دریافت تصویر	نوع سنجنده	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی
تصویر ماهواره‌ای	۱۹۹۲/۸/۱۴	TM	۷	۳۰ متر
تصویر ماهواره‌ای	۲۰۰۱/۷/۳۰	ETM+	۸	۳۰ متر
تصویر ماهواره‌ای	۲۰۰۹/۷/۲۸	TM	۷	۳۰ متر
تصویر ماهواره‌ای	۲۰۱۵/۸/۱۴	OLI/TIRS	۱۱	۳۰ متر
نقشه توپوگرافی	۲۰۱۵-۱۹۹۲	---	---	۱:۲۵۰۰۰
بخار آب	---	مودیس	---	۵۰۰۰ متر
داده هواشناسی	---	---	---	---



شکل ۳. نمونه‌هایی از تصاویر مورد استفاده

روش پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی/ پوشش شهری و ارتباط آن با دمای سطح زمین از سری زمانی تصاویر لندست استفاده شد. در ابتدا مراحل پیش‌پردازش برای آماده کردن تصاویر شامل تصحیح اتمسفری روی تصاویر صورت گرفت. سپس تصاویر با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی، و به ۴ کاربری ساخته شده، آیش، کشاورزی و فضای سبز طبقه‌بندی شد. با استفاده از کنترل دقت طبقه‌بندی هر کدام از تصاویر به دست آمد. در مرحله بعد نیز با اجرای الگوریتم Mono-Window دمای سطح زمین برای هر یک از تصاویر مشخص شد. سپس بررسی تغییرات کاربری ایجاد شده میان تصاویر مختلف و ارتباط آن با تغییرات دمای سطح زمین صورت گرفت. شکل ۴ نشان‌دهنده گردش کار است. جزئیات کارها نیز در ادامه آمده است.



شکل ۴. فلوجارت مراحل اصلی پژوهش

پیش پردازش

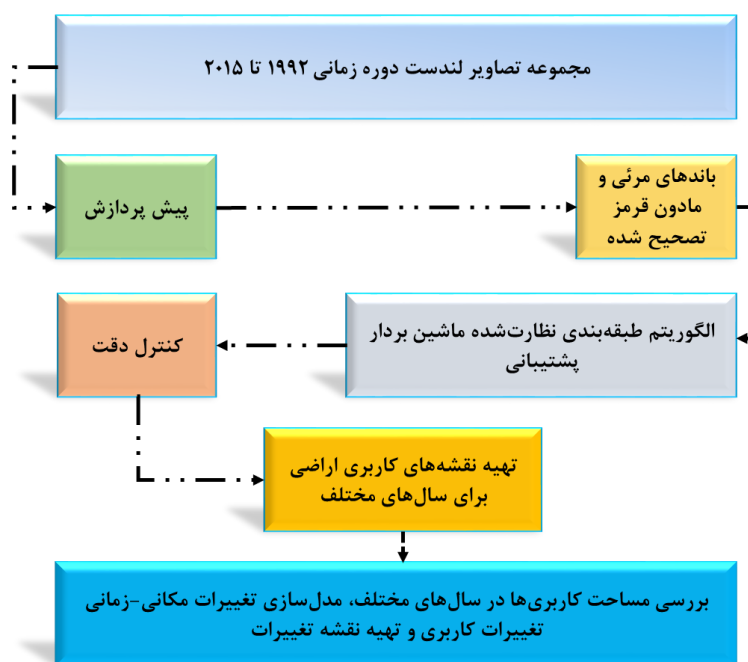
پیش از محاسبه و استخراج پارامترهای فیزیکی سطح نظیر دما، گسیل‌مندی، رادیانس انعکاسی-حرارتی سطح، آلبیدو سطح و نظایر آن، باید به تصحیحات تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شود. ضروری است اثر اتمسفر، هندسه دید سنجنده، روشنایی خورشید و اثر توپوگرافی برای باندهای اپتیک در نظر گرفته شود. برای این منظور از نرم‌افزار تصحیح اتمسفری ATCOR3 استفاده شد که از پایگاه داده مدل‌های انتقال تابش MODTRAN5 استفاده می‌کند. با توجه به زمین مرجع بودن تصاویر مورد استفاده، در پژوهش حاضر از تصحیح هندسی این تصاویر صرف‌نظر شد و پس از تکمیل فرایند پیش‌پردازش این تصاویر، پردازش‌های لازم به منظور استخراج اطلاعات روی آن‌ها صورت گرفت.

طبقه‌بندی تصاویر

برای بررسی تغییرات کاربری/ پوشش زمین، ابتدا تصاویر بازتابش به‌دست‌آمده به کمک الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شدند. این روش در حل مشکلات طبقه‌بندی تصاویر ماهواره کاربرد بسیاری دارد (Huang et al.,)

2002; Kavzoglu and Colkesen. 2009; Nemmour and Chibani, 2006; Otukey and Blaschke. 2010; Rumpf et al., 2010; Mountrakis et al., 2011). طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های طبقه‌بندی غیرپارامتریک نظارت‌شده بر مبنای نظریه یادگیری آماری است (Zheng et al., 2015: 105; Gu and Sheng, 2016: 1243) و براساس این فرض عمل می‌کند که هیچ‌گونه اطلاعاتی از چگونگی توزیع مجموعه داده‌ها وجود ندارد. در این روش طبقه‌بندی، برای تفکیک کلاس‌ها در داده‌های آموزشی ابررویه‌ای روی آن‌ها برآزش داده می‌شود. نخستین مرحله برای تعیین ابررویه، یافتن نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی دو کلاس است که بردار پشتیبان نام دارند. با توجه به شکل ۵، برای جدا کردن کلاس‌ها، ابررویه‌های گوناگونی وجود دارد، اما تنها ابررویه‌ای که بیشینه حاشیه را بین دو کلاس ایجاد می‌کند بهینه است (Rumpf et al., 2010: 94). ویژگی اصلی این روش توانایی بالا در استفاده از نمونه‌های تعلیمی کمتر و رسیدن به دقت بالاتر از سایر روش‌های طبقه‌بندی است (Mantero et al., 2005: 562; Mountrakis et al., 2011: 249). در شکل ۵، مدل‌سازی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی آمده است.

به منظور دستیابی به بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی، از ضریب شاخص مطلوبیت استفاده شد. این شاخص، شاخصی آماری است که اساس آن انحراف معیار و ضریب هم‌بستگی میان باندهاست. ترکیب باندی که ضریب شاخص مطلوبیت بالاتری داشته باشد، اطلاعات بالاتری نیز دارد (علوی‌پناه، ۱۳۸۷: ۲۴۱). با در نظر گرفتن تفکیک‌پذیری باندها و ضریب شاخص مطلوبیت، باندهای مناسب برای طبقه‌بندی تصاویر انتخاب شدند. علاوه بر این از شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین استفاده شد. برای بررسی دقت و صحت نقشه کاربری اراضی طبقه‌بندی مربوط به هر سال، از نقاط کنترل به دست آمده از نقشه‌های کاربری اراضی و تصاویر گوگل ارث منطقه استفاده شد. با مقایسه نقاط کنترل و تصویر طبقه‌بندی شده ماتریس خطای مربوط به هر نقشه طبقه‌بندی به دست آمد.



شکل ۵. مدل‌سازی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی

مراحل بازیابی دمای سطح زمین

بازیابی دمای تابشی از تصاویر لندست

برای دستیابی به دمای تابشی ضروری است ابتدا مقدار رقومی هر پیکسل به کمک مقادیر کالیبراسیون داده‌شده، به رادیانس تبدیل شود. برای محاسبه دمای تابشی از اطلاعات استخراج‌شده از هدر فایل داده‌ها، و برای تبدیل مقدار رقومی هر پیکسل به تابش طیفی در سنجنده رادیانس از رابطه ۱ استفاده شد (Boori et al., 2015: 63; <http://landsat.usgs.gov/Landsat8 Using Product.php>):

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

در این رابطه، L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 sr \mu m)]$ است. M_L فاکتور تبدیل ضربی است که مقدار آن از هدر فایل تصاویر استخراج می‌شود. ارزش پیکسل (DN) ۱۰، A_L ضریب تبدیل تجمیع‌کننده است که مقدار آن از هدر فایل تصاویر به دست می‌آید.

به منظور محاسبه دمای تابشی ثبت‌شده در سنجنده، از رابطه ۲ استفاده شد (Chander et al., 2009: 1623; Ding and Shi., 2013: 5508; Jiang and Tian., 2010: 572; Wukelic et al., 1989: 340):

$$BT = \frac{K_2}{L_n \left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1 \right)} \quad (2)$$

در این رابطه، BT دمای تابشی در سطح سنسور برحسب کلونین (K)، L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده برحسب K_1 Watts/m² * sr * μm ثابت کالیبراسیون اول برحسب $(W/(m^2 sr \mu m))$ $(K_1_Constant_Band_n)$ و K_2 ضریب ثابت کالیبراسیون دوم برحسب کلونین (from the metadata $(K_2_Constant_Band_n)$ است. ضرایب K_1 و K_2 برای سنجنده‌های مختلف لندست بر اساس جدول ۲ است.

جدول ۲. ضرایب کالیبراسیون باندهای حرارتی سنجنده لندست

	لندست ۵ (باند ۶)	لندست ۷ (باند ۶)	لندست ۸ (باند ۱۰)
K_1 (W/ (m ² sr μm))	۶۰۷/۷۶	۶۶۶/۰۹	۷۷۴/۸۸۵۳
K_2 (Kelvin)	۱۲۶۰/۵۶	۱۲۸۲/۷۱	۱۳۲۱/۰۷۸۹

منبع: متادیتا لندست ۵، ۷ و ۸

محاسبه دمای سطح زمین

توان تشعشی یکی از ویژگی‌های مهم پدیده و مواد به‌شمار می‌آید و توان جسم واقعی به جسم سیاه در دمای یکسان است (Sobrino et al., 2008). برای محاسبه توان تشعشی سطح زمین، از روش جیمز و سوبرینو استفاده شد که در آن توان تشعشی سطح مورد نظر با استفاده از برآورد بازتاب و شاخص پوشش گیاهی NDVI در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و کسر پوشش گیاهی به دست آمد (Jiménez Muñoz and Sobrino, 2003). این شاخص از رابطه ۳ به دست می‌آید (Effat and Hassan., 2014: 175; Li et al., 2016: 236).

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (3)$$

ρ_{red} و ρ_{nir} به ترتیب بازتابندگی در باندهای مادون قرمز نزدیک (برای TM و ETM+ باند ۴ و برای OLI باند ۵) و قرمز (برای TM و ETM+ باند ۳ و برای OLI باند ۴) است. مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱، و محدوده تغییرات معمول برای پوشش گیاهی ۰/۲ تا ۸ است. برای به دست آوردن کسر پوشش گیاهی (FVC) نیز از رابطه ۴ استفاده شد (Zareie et al., 2016: 1553; Hu and Jia, 2010: 1385):

$$FVC = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (4)$$

در این رابطه، $NDVI_v$ مربوط به پوشش گیاهی متراکم (بیشترین میزان NDVI) و $NDVI_s$ مربوط به خاک خشک (کمترین میزان NDVI) است. با به دست آوردن FVC توان تشعشی محاسبه می شود. برای سنجنده های TM5 و ETM+ نیز از رابطه ۵ استفاده شد (Vlassova et al., 2014: 4355; Valor and Caselles, 1996: 173):

$$FVC = 0 \quad LSE = a + b\rho_{red}$$

$$0 < FVC \leq 1 \quad LSE = \varepsilon_s(1 - FVC) + \varepsilon_s \quad (5)$$

$$NDVI < 0 \quad LSE = \text{Emissivity Water}$$

در این رابطه، ρ_{red} بازتاب در باند قرمز، a و b ضریب همبستگی خطی بازتاب باند قرمز با توان تشعشی، ε_s توان تشعشی خاک و ε_v توان تشعشی پوشش گیاهی هستند. با به دست آوردن مقادیر توان تشعشی برای بازیابی دمای سطح زمین از الگوریتم Mono-Window (رابطه ۶) استفاده شد (Latif, 2014: 3843; Wang et al., 2015: 3724; Qin et al., 2001: 4272):

$$T_s = \left\{ \frac{a_6(1 - C_6 - D_6) + [b_6(1 - C_6 - D_6) + C_6 + D_6]}{\times T_{sensor} - D_6 T_a} \right\} / C_6 \quad (6)$$

در این رابطه، T_s دمای سطح زمین برحسب کلونین، T_a میانگین دمای مؤثر جو (جدول ۳)، T_6 دمای تابشی و a_6 و b_6 ضرایبی هستند که برای باند ۶ TM/ETM+ به ترتیب ۶۷/۳۵۵۳۵۱ و ۰/۴۵۸۶۰۶ و برای باند ۱۰ لندست ۸ ۰/۴۵۸۱ و -۷۰/۱۷۷۵ هستند.

جدول ۳. روابط خطی محاسبه میانگین دمای مؤثر جو

شرایط اتمسفری	معادله روابط خطی
مناطق گرمسیری	$T_a = 17/9769 + 0/91715 T_0$
تابستان عرض جغرافیایی میانه	$T_a = 16/0110 + 0/92621 T_0$
زمستان عرض جغرافیایی میانه	$T_a = 19/2704 + 0/91118 T_0$

منبع: Qin et al., 2001: 3731

C و D پارامترهای داخلی برای الگوریتم هستند که از رابطه ۷ و ۸ محاسبه می‌شوند:

$$C_6 = \varepsilon_6 \tau_6 \quad \text{رابطه ۷}$$

$$D_6 = (1 - \tau_6) (1 + (1 - \varepsilon_6)) \tau_6 \quad \text{رابطه ۸}$$

در این رابطه، τ قابلیت عبوردهندگی جو و ε توان تشعشعی است.

بحث و یافته‌ها

نتایج ارزیابی دقت و طبقه‌بندی تصاویر

دقت نتایج طبقه‌بندی بر دقت بررسی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین تأثیرگذار است؛ زیرا تجزیه و تحلیل‌های مطمئن‌تری از نقشه‌ها حاصل می‌کند. در این پژوهش، ماتریس خطا و ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی با استفاده از نقاط کنترل برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده (با استفاده از نقشه LST و NDVI و بدون نقشه LST و NDVI) به دست آمد (جدول ۴). به دلیل شباهت طیفی پیکسل‌های کاربری‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه، دقت طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان با استفاده از باندهای طیفی تصاویر نتایج مطلوبی را نشان نمی‌داد. به همین دلیل از پارامترهای شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برای طبقه‌بندی استفاده شد. براین اساس دقت کلی نقشه‌های طبقه‌بندی شده با استفاده از نقشه LST و NDVI برای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۸۷/۰۹، ۸۹/۲۱، ۹۶/۴۸ و ۹۷/۷۱ و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۸۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۶ است. درحالی‌که دقت کلی بدون استفاده از نقشه LST و NDVI برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۸۰/۱۱، ۸۲/۸۷، ۸۶/۹۷ و ۸۹/۶۴ و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۷۹، ۰/۸۸ و ۰/۸۹ محسوب می‌شود.

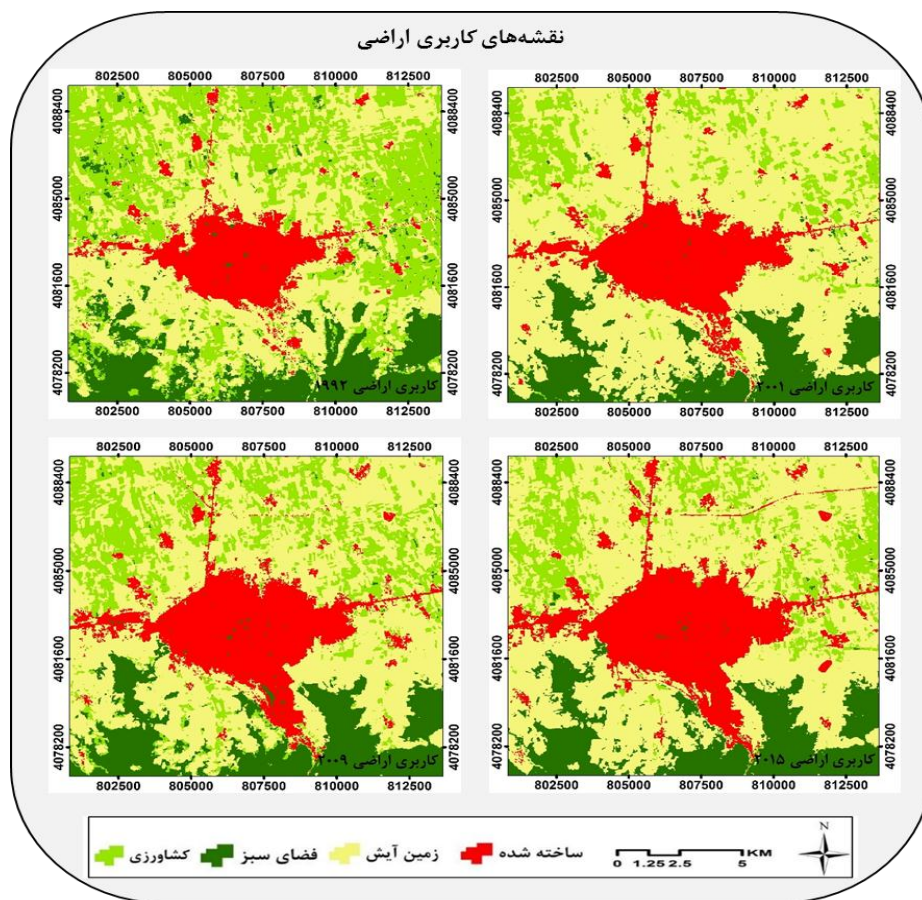
با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، منطقه مورد مطالعه به چهار کاربری عمده ساخته شده، آیش، فضای سبز و کشاورزی دسته‌بندی شدند (شکل ۶). اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه از نوع دیم هستند؛ به همین دلیل این اراضی و اراضی فضای سبز در تاریخ‌های مورد استفاده در مطالعه، از نظر طیفی قابل تفکیک هستند. با توجه به آنچه بیان شد، با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده، اطلاعات آماری مربوط به هر کلاس استخراج شد.

جدول ۵ مساحت هریک از کاربری‌ها را نشان می‌دهد. نتایج بررسی تغییرات کاربری در منطقه گرگان نشان می‌دهد در طی دوره زمانی اول (۱۹۹۲-۲۰۰۱) وسعت کاربری‌های آیش و ساخته شده به ترتیب ۴۸/۵۵ و ۳۱/۹۵ درصد افزایش، و کاربری‌های کشاورزی و فضای سبز به ترتیب ۶۸/۶۴ و ۵/۰۹ درصد کاهش یافته است. مهم‌ترین علت کاهش زمین کشاورزی، افزایش کاربری اراضی آیش است. در بازه زمانی دوم (۲۰۰۱-۲۰۰۹) وسعت کاربری‌های فضای سبز، کشاورزی و ساخته شده به ترتیب ۱/۱۷، ۸۶/۵۹ و ۱۴/۵۱ درصد افزایش داشته و کاربری آیش به دلیل زیرکشت رفتن ۱۸/۶۸ کاهش یافته است. همچنین در بازه زمانی سوم (۲۰۰۹-۲۰۱۵) وسعت کاربری‌های ساخته شده و آیش به ترتیب ۱۲/۲۴ و ۷/۸۴ درصد افزایش و وسعت کاربری فضای سبز و کشاورزی به ترتیب ۰/۷۲ و ۲۹/۴۰ درصد کاهش یافته است. کاربری فضای سبز به دلیل قرارگیری در موقعیت خاص جغرافیایی از جمله شرایط توپوگرافی ویژه در طول بازه زمانی مورد مطالعه تغییرات چندانی نداشته است. میزان اندک تغییرات کاربری فضای سبز نیز مربوط به مناطق پارک و

فضای سبز شهری است. با توجه به نتایج، رشد شهری در طول بازه زمانی مورد مطالعه صعودی، و بیشترین تغییرات میان کاربری کشاورزی و آیش است.

جدول ۴. ماتریس تغییرات و ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از NDVI و LST و بدون NDVI و LST

سال	کاربری اراضی	PA (%)	UA (%)	Commission	Omission	OA (%)	KC
۱۹۹۲ با NDVI و LST	ساخته شده	۹۱/۲۵	۹۹/۱۷	۰/۸۳	۸/۷۵	۸۷/۰۹	۰/۸۴
	فضای سبز	۱۰۰	۷۲/۳۴	۲۷/۶۶	۰		
	زمین آیش	۹۹/۱۲	۹۲/۱۸	۷/۸۲	۰/۸۸		
	کشاورزی	۳۰/۰۹	۸۷/۱۸	۱۲/۸۲	۶۹/۹۱		
۱۹۹۲ بدون NDVI و LST	ساخته شده	۹۳/۵۴	۱۰۰	۰	۶/۴۶	۸۰/۱۱	۰/۷۷
	فضای سبز	۱۰۰	۶۷/۱۱	۳۲/۸۹	۰		
	زمین آیش	۱۰۰	۹۲/۲۴	۷/۷۶	۰		
	کشاورزی	۸/۸۵	۹۰/۹۱	۹/۰۹	۹/۱۵		
۲۰۰۱ با NDVI و LST	ساخته شده	۹۴/۲۷	۹۳/۲۶	۶/۷۴	۵/۷۳	۸۹/۲۱	۰/۸۶
	فضای سبز	۹۹/۶۱	۷۷/۵۸	۲۲/۴۲	۰/۳۹		
	زمین آیش	۹۲/۱۲	۹۰/۹۸	۹/۰۲	۷/۸۸		
	کشاورزی	۶۱/۳۵	۹۹/۲۲	۰/۷۸	۳۸/۶۵		
۲۰۰۱ بدون NDVI و LST	ساخته شده	۹۴/۹۸	۹۲/۶۶	۷/۳۴	۵/۰۲	۸۲/۸۷	۰/۷۹
	فضای سبز	۷۱/۷۹	۱۰۰	۲۸/۲۱	۰		
	زمین آیش	۹۱/۲۹	۹۲/۸۳	۷/۱۷	۸/۷۱		
	کشاورزی	۴۹/۷۶	۱۰۰	۰	۵۰/۲۴		
۲۰۰۹ با NDVI و LST	ساخته شده	۹۸/۸۴	۹۶/۳۴	۳/۶۶	۱/۱۶	۹۶/۴۸	۰/۹۳
	فضای سبز	۹۹/۷۳	۱۰۰	۰	۰/۲۷		
	زمین آیش	۹۶/۱۷	۹۰/۰۶	۹/۹۴	۳/۸۳		
	کشاورزی	۹۰/۸۰	۱۰۰	۰	۹/۲		
۲۰۰۹ بدون NDVI و LST	ساخته شده	۹۲/۴۲	۹۱/۲۵	۸/۷۵	۰/۵۸	۸۶/۹۷	۰/۸۸
	فضای سبز	۱۰۰	۹۹/۷۳	۰/۲۷	۰		
	زمین آیش	۹۰/۸۶	۸۹/۵۳	۱۰/۴۷	۹/۱۴		
	کشاورزی	۸۹/۰۲	۱۰۰	۰	۱۰/۹۸		
۲۰۱۵ با NDVI و LST	ساخته شده	۹۶/۷۷	۹۷/۳۰	۲/۷۰	۳/۳۲	۹۷/۷۱	۰/۹۶
	فضای سبز	۱۰۰	۹۵/۸۰	۴/۲۰	۰		
	زمین آیش	۹۹/۶۲	۹۵/۶۲	۴/۳۸	۰/۳۸		
	کشاورزی	۸۹/۱۱	۹۸/۳۶	۱/۶۴	۱۰/۸۹		
۲۰۱۵ بدون NDVI و LST	ساخته شده	۹۵/۹۷	۹۸/۶۲	۱/۳۸	۴/۰۳	۸۹/۶۴	۰/۸۹
	فضای سبز	۱۰۰	۷۸/۰۸	۲۱/۹۲	۰		
	زمین آیش	۱۰۰	۹۲/۹۳	۷/۰۷	۰		
	کشاورزی	۶۳/۳۷	۱۰۰	۰	۳۶/۶۳		



شکل ۶. طبقه‌بندی کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

جدول ۵. مساحت هریک از کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه

	۲۰۱۵	۲۰۰۹	۲۰۰۱	۱۹۹۲				
کاربری اراضی	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار
ساخته شده	۱۸/۹۲	۳۰۲۴/۷۲	۱۷/۰۳	۲۷۲۲/۸۶	۱۴/۸۸	۲۳۷۷/۷۱	۱۱/۲۷	۱۸۰۱/۸۹
زمین آیش	۵۲/۳۵	۸۳۶۹/۱۹	۴۸/۵۵	۷۷۶۰/۱۶	۵۹/۷	۹۵۴۳/۵۱	۴۰/۱۹	۶۴۲۴/۲۹
کشاورزی	۱۳/۴۲	۲۱۴۴/۲۵	۱۹	۳۰۳۷/۳۲	۱۰/۱۸	۱۶۲۷/۷۴	۳۲/۴۸	۵۱۹۲/۰۱
فضای سبز	۱۵/۳۱	۲۴۴۷/۶۴	۱۵/۴۱	۲۴۶۵/۴۶	۱۵/۲۴	۲۴۳۶/۸۴	۱۶/۰۶	۲۵۶۷/۶۱

تحلیل تغییرات کاربری اراضی

برای بررسی میزان تغییرات کاربری‌ها از مدل کراس تب استفاده شد. نتیجه این بررسی به صورت جدول ماتریسی است که ستون‌های آن نشان‌دهنده تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۱۹۹۲ و ردیف آن بیان‌کننده تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۲۰۱۵ است (جدول ۶). نتایج نشان می‌دهد بیشترین افزایش مساحت در این دوره زمانی به کاربری آیش مربوط است که از مساحت ۶۴۲۴/۲۹ هکتار در سال ۱۹۹۲ به ۸۳۶۹/۱۹ هکتار در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. بیشترین کاهش مساحت نیز مربوط به کاربری کشاورزی است که از مساحت ۵۱۹۲/۰۱ هکتار در سال ۱۹۹۲ به ۲۱۴۴/۲۵ هکتار در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است.

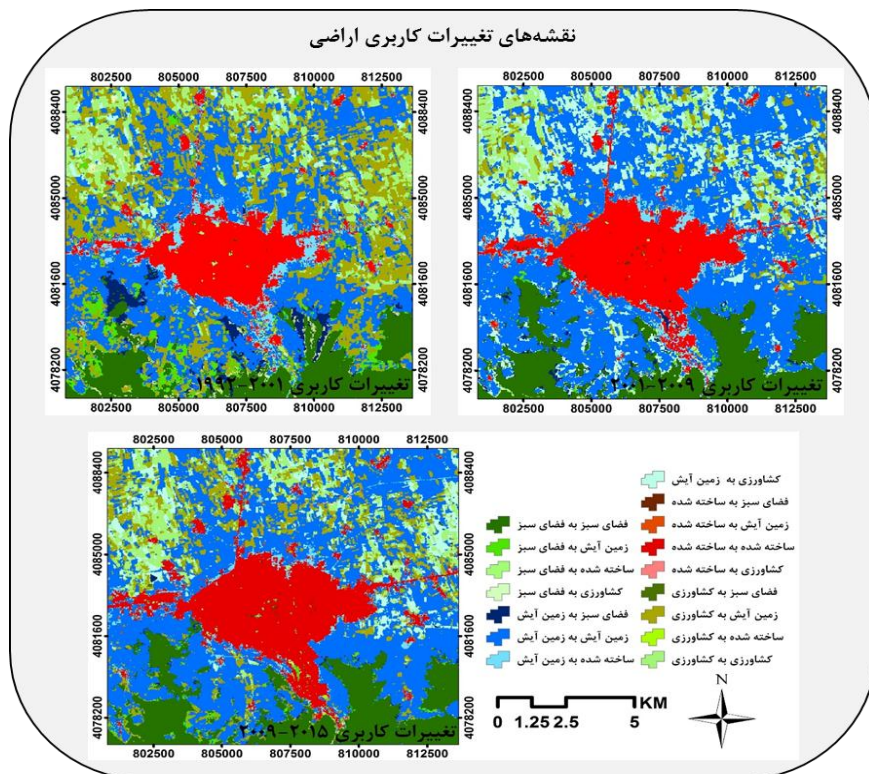
روند تغییرات کاربری‌های آیش و کشاورزی از فرمی خاص تبعیت نمی‌کند. به عبارت دیگر در بعضی تصاویر مورد مطالعه، درصد کاربری کشاورزی بیشتر از کاربری آیش است. در برخی تصاویر نیز عکس این حالت برقرار است که دلیل اصلی آن به رهاکردن زمین‌های کشاورزی بعد از چند سال متوالی کشت برای بازگشت توان اولیه زمین مربوط است (ملاشاهی و همکاران، ۱۳۹۴). کاربری ساخته‌شده در طول این بازه زمانی روند افزایشی داشته است؛ به طوری که از ۱۸۰۱/۸۹ هکتار در سال ۱۹۹۲ به ۳۰۲۴/۷۲ هکتار در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. بیشترین تغییرات کاربری‌ها به کاربری ساخته‌شده نیز به کاربری آیش مربوط است. شکل ۷ تغییرات کاربری اراضی را از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد.

رابطه دمای سطح زمین و کاربری اراضی / پوشش

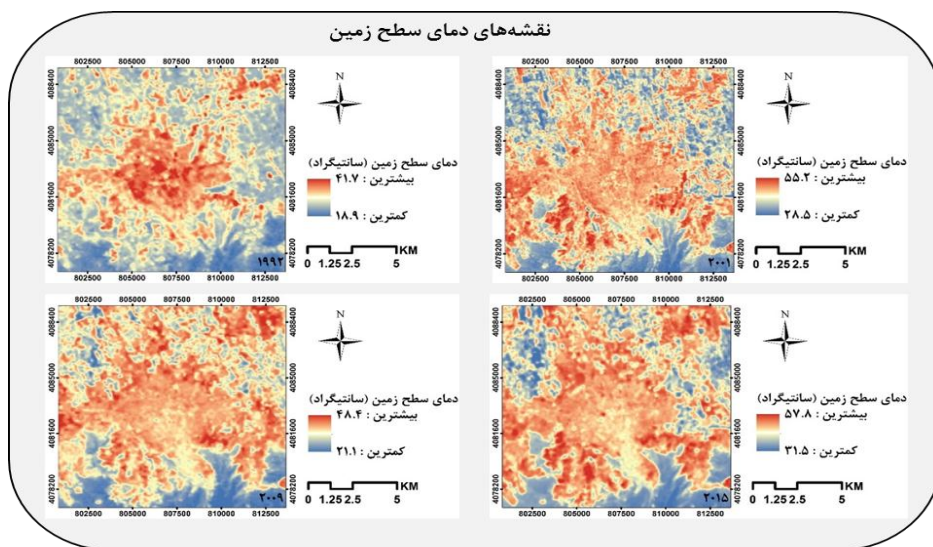
شکل ۸ توزیع مکانی درجه حرارت سطح زمین را برای تصاویر سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۶. جدول ماتریسی تغییرات کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ (برحسب هکتار)

کاربری اراضی	فضای سبز	زمین آیش	ساخته شده	کشاورزی	سال ۲۰۱۵
فضای سبز	۱۹۳۹/۴۱	۱۹۳۹/۴۱	۸/۳۷	۱۲۳/۷۷	۲۴۴۷/۶۴
زمین آیش	۵۱۷/۸۶	۴۳۷۰/۱۳	۵۶/۴۳	۳۴۲۴/۷۷	۸۳۶۹/۱۹
ساخته شده	۲۳/۳۱	۱۰۸۸/۱۹	۱۷۳۵/۳۸	۱۷۷/۸۴	۳۰۲۴/۷۲
کشاورزی	۸۷/۰۳	۵۸۹/۸۶	۱/۷۱	۱۴۶۵/۶۵	۲۱۴۴/۲۵
سال ۱۹۹۲	۲۵۶۷/۶۱	۶۴۲۴/۲۹	۱۸۰۱/۸۹	۵۱۹۲/۰۱	۱۵۹۸۵/۸



شکل ۷. تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵

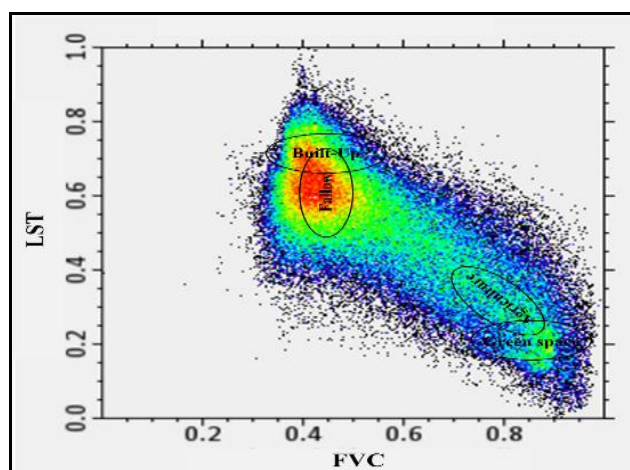


شکل ۸. تغییرات دمای سطح زمین برای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵

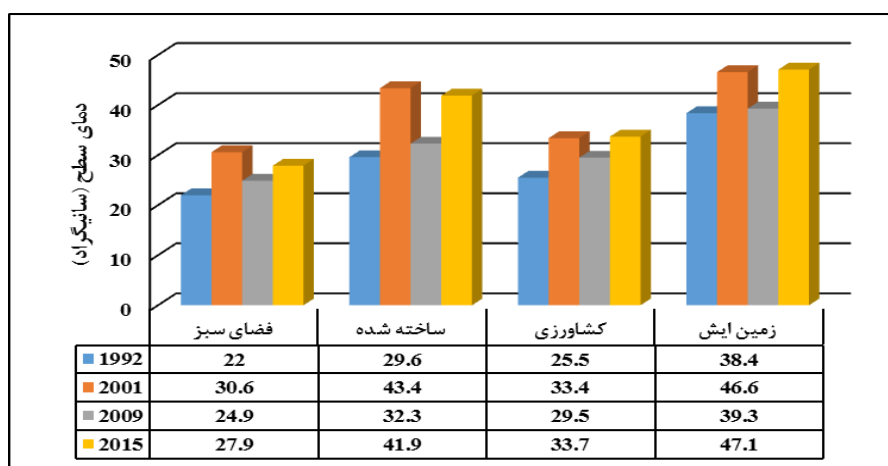
با توجه به جدول ۷ و شکل ۹، بیشترین دما به کاربری آیش و ساخته‌شده مربوط است. در این میان، علت افزایش دما برای زمین آیش، ظرفیت حرارتی و قابلیت انتقال حرارتی پایین خاک خشک است و اراضی ساخته‌شده به دو دلیل دمای بالایی دارند. نخست اینکه ساختار و مورفولوژی شهر، ظرفیت جذب و ذخیره قابل توجهی از تابش خالص خورشیدی را به‌ویژه در شرایط جوی آرام و صاف در تابستان دارد. این امر منجر به ایجاد گرمای شبانه بر مرکز شهر (ناحیه تجاری) و تشکیل جزیره گرما در تابستان می‌شود. دوم به دلیل آزاد شدن گرما از طریق فعالیت‌های انسانی (مصرف سوخت فسیلی، استفاده از انرژی الکتریسیته، تردد خودروها و...) مناطق ساخته‌شده دمای بالایی دارند. همچنین کمترین دما به کاربری فضای سبز و زمین کشاورزی مربوط است. علت کاهش دما برای کاربری فضای سبز تبخیر و تعرقی است که موجب می‌شود دمای سطح آن همیشه پایین باشد. زمین‌های کشاورزی به سه دلیل دمای پایینی دارند و دائماً آبیاری می‌شوند؛ بنابراین میزان رطوبت در این مناطق بسیار بالاتر است. علاوه بر این، به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی، پوشش گیاهی این اراضی دمای پایینی دارند و رفتار طیفی این پوشش از خاک بایر کاملاً متفاوت است.

جدول ۷. مقادیر دمای سطح برای انواع کاربری اراضی / پوشش برای سال‌های مختلف

		دمای سطح (درجه سانتی‌گراد)															
		سال ۱۹۹۲				سال ۲۰۰۱				سال ۲۰۰۹				سال ۲۰۱۵			
کاربری اراضی	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	
فضای سبز	۱۸/۹	۳۰/۲	۲۲	۱/۶	۲۸/۵	۳۸/۹	۲۹/۶	۲/۷	۲۱/۱	۳۴/۵	۲۵/۵	۲/۲	۳۲/۷	۵۱/۱	۳۸/۴	۲/۹	
ساخته‌شده	۲۴/۳	۴۱/۷	۳۰/۶	۱/۷	۳۵/۱	۵۵/۲	۴۳/۴	۱/۵	۲۵/۸	۳۸/۳	۳۳/۴	۱/۳	۳۷/۱	۵۴/۷	۴۶/۶	۱/۷	
کشاورزی	۲۰/۵	۳۵/۷	۲۴/۳	۱/۳	۲۹/۶	۴۱/۴	۳۲/۳	۱/۵	۲۱/۱	۳۷/۳	۲۹/۵	۲	۳۱/۵	۵۰/۸	۳۹/۳	۲/۸	
زمین آیش	۲۱/۵	۴۰/۳	۲۷/۹	۲	۳۱/۸	۵۲/۷	۴۱/۹	۳/۴	۲۵/۸	۴۸/۴	۳۳/۷	۲/۲	۳۵/۲	۵۷/۸	۴۷/۱	۳/۲	



شکل ۹. پراکندگی دمای سطح و کسر پوشش گیاهی نرمال شده به همراه طبقات پوشش زمین

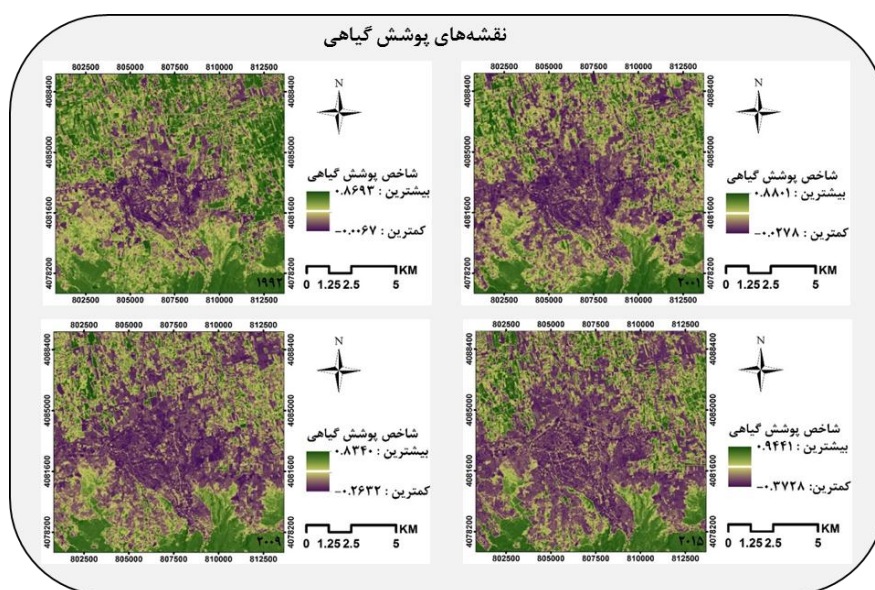


شکل ۱۰. میانگین دمای سطح برای هر کاربری (درجه سانتی گراد)

شکل ۱۰ میانگین دمای سطح را برای هر کاربری نشان می‌دهد. براین اساس میانگین دمای سطح برای تمام کاربری‌ها در دوره زمانی مورد مطالعه روند افزایشی داشته است. این روند برای اراضی آیش و ساخته شده سرعت بیشتری دارد. البته در سال ۲۰۰۹ تمام کاربری‌های اراضی به دلیل کاهش دمای هوا در آن سال با کاهش دمای سطح روبه‌رو بودند.

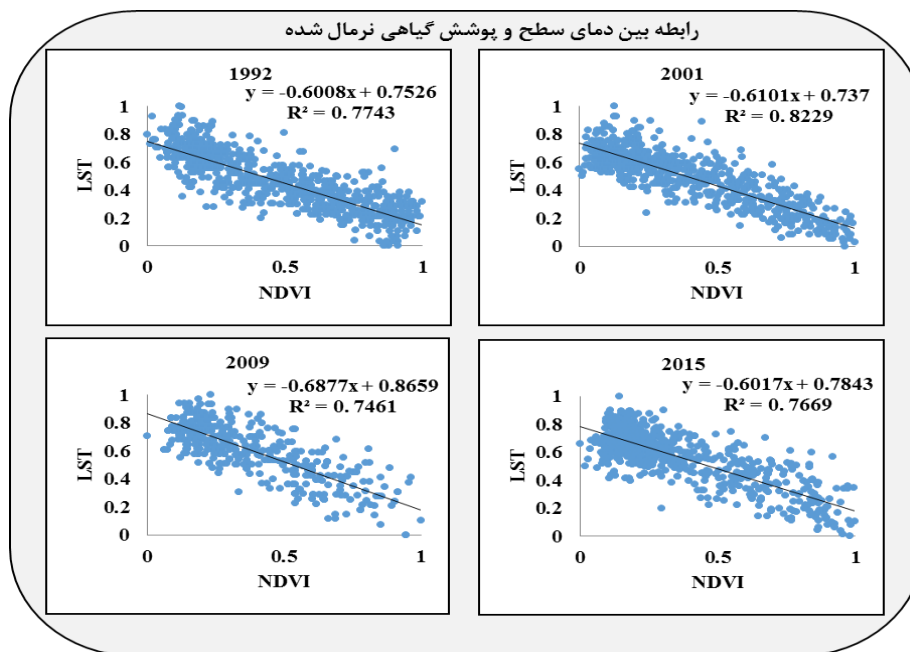
رابطه دمای سطح و پوشش گیاهی

توسعه فیزیکی مشکلات زیست‌محیطی متعددی را به وجود آورده است. از جمله جایگزین شدن سطوح طبیعی با سطوح نفوذناپذیر مانند آسفالت و سیمان که موجب از بین رفتن سیستم خنک‌کنندگی سطوح و افزایش دمای سطح زمین شده است. پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مؤثر در تغییرات درجه حرارت سطح زمین است که می‌تواند در تحلیل‌های مربوط به رشد و گسترش شهری تأثیرگذار باشد؛ از این رو در این قسمت به بررسی ارتباط درجه حرارت سطح با میزان تراکم پوشش گیاهی پرداخته می‌شود. برای این منظور از تصاویر لندست سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ استفاده شده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نقشه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) برای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵

وجود وابستگی شدید میان درجه حرارت سطح زمین و NDVI در کلاس‌های کشاورزی و فضای سبز، بستر روابط رگرسیونی را فراهم می‌کند. شکل ۱۲ رابطه میان دمای سطح نرمال شده و NDVI را که از ۶۷۶ پیکسل با فاصله ۴۰۰ متر از هم فاصله داشته‌اند نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۱، از تراکم نمونه‌هایی با NDVI بالا و دمای پایین در سال ۱۹۹۲ کاسته شده است. این نمونه‌ها در سال ۲۰۱۵ پراکنده‌تر شده‌اند و به‌سوی NDVI پایین و دمای بالا حرکت کرده‌اند. بیشتر این تغییرات در مرزهای شهر مشاهده می‌شود؛ جایی که مساحت شهر در حال افزایش است.

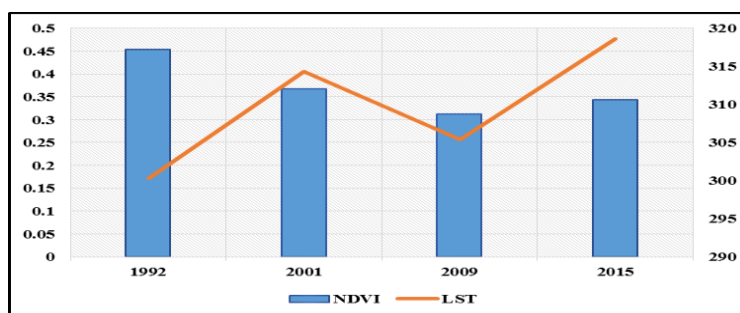


شکل ۱۲. رابطه دمای سطح نرمال شده با NDVI نرمال شده برای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵

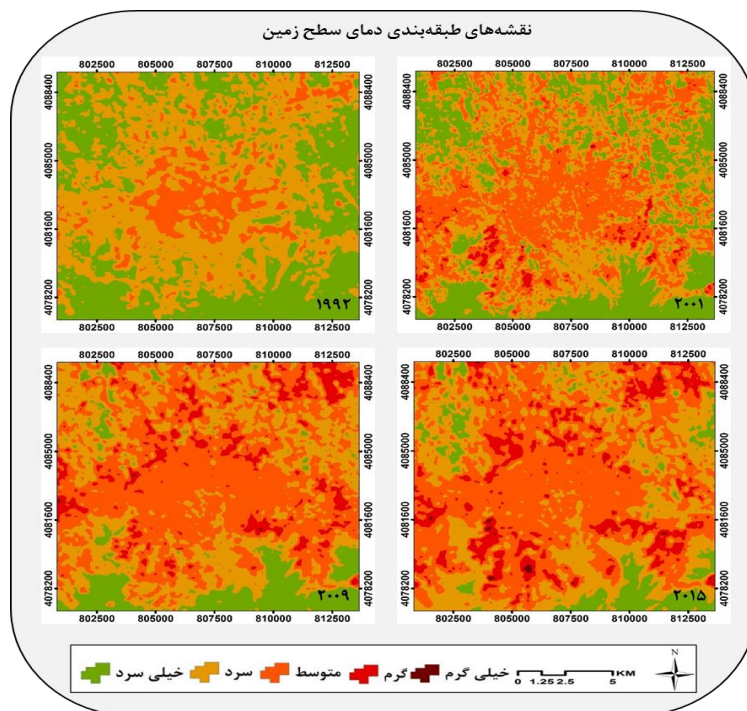
سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مناسب‌ترین داده‌ها را برای تحلیل روند تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی مهیا می‌کند (Seto et al., 2002; Yuan et al., 2005). بررسی آماری روند تغییرات دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در منطقه نشان می‌دهد در بازه ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ روند تغییرات میانگین شاخص پوشش گیاهی سیر نزولی و میانگین دمای سطح سیر صعودی داشته است (شکل ۱۳).

رابطه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح زمین

با استفاده از تصاویر حرارتی منطقه طی سال‌های مختلف و تحلیل‌های آماری، نقشه طبقه‌بندی دمای سطح منطقه به دست آمده است. برای این منظور دمای سطح منطقه براساس مقادیر میانگین و انحراف معیار به پنج طبقه دمایی خیلی سرد، سرد، نرمال، گرم و خیلی گرم تقسیم شده‌اند (Firozjaei et al., 2018) با توجه به شکل ۱۴، طی سال‌های گذشته آنومالی‌های حرارتی در منطقه به‌سوی بیرون شهر در حال افزایش و گسترش است.



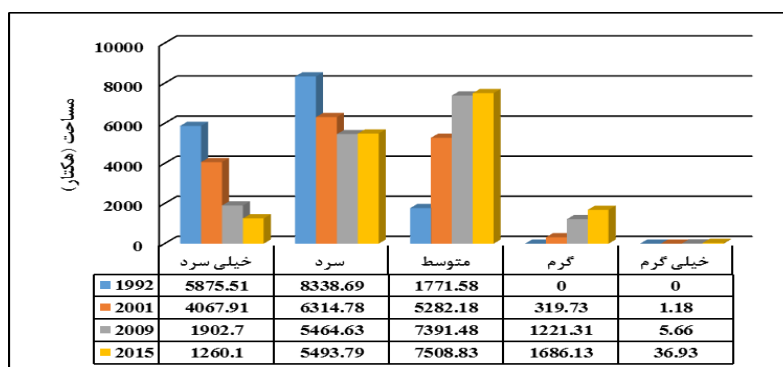
شکل ۱۳. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی با دمای سطح منطقه



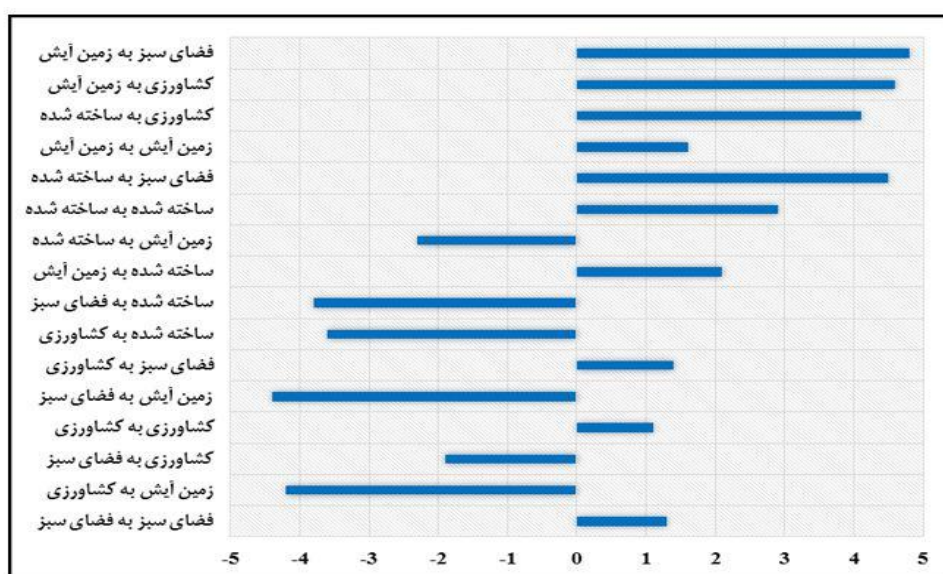
شکل ۱۴. نقشه طبقه‌بندی شده دمای سطح زمین

مساحت مربوط به هر طبقه دمایی با توجه به شکل ۱۴ استخراج شده و در شکل ۱۵ نشان داده شده است. براساس شکل ۱۵، روند تغییرات طبقات دمایی متفاوت است. طبقه دمایی بسیار سرد و سرد طی ۲۵ سال گذشته روندی روبه کاهش داشته است. طبقه دمایی بسیار سرد سرعت بیشتری در کاهش مساحت داشته که از ۵۸۷۵/۵۱ هکتار در سال ۱۹۹۲ به ۱۲۶۰/۱ هکتار در سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است. همچنین طبقه دمایی نرمال و گرم طی این سال‌ها روند روبه‌رشدی داشته است؛ به طوری که مساحت طبقه دمایی گرم در سال ۱۹۹۲ صفر بوده و در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۳۱۹/۷۳، ۱۲۲۶/۹۱ و ۱۶۸۶/۱۳ هکتار افزایش یافته است. از دلایل اصلی کاهش مساحت طبقه دمایی سرد و افزایش مساحت طبقه دمایی گرم می‌توان به افزایش مساحت کاربری ساخته‌شده و آیش طی سال‌های گذشته اشاره کرد.

شکل ۱۶ تغییرات دمای سطح نرمال‌شده را با توجه به روند تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. براین اساس تبدیل کاربری‌های فضای سبز و کشاورزی به کاربری آیش و ساخته‌شده، سبب افزایش دمای سطح می‌شود. به دلیل تغییرات شرایط اقلیمی مانند دمای هوا در تاریخ‌های مختلف، دمای سطح مناطقی که کاربری اراضی آن‌ها تغییر نکرده نیز دگرگون شده است.



شکل ۱۵. تغییرات مساحت طبقات دمایی برای سال‌های مختلف (برحسب هکتار)



شکل ۱۶. تغییرات دمای سطح نرمال‌شده با توجه به روند تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵

نتیجه گیری

رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی یکی از عوامل مؤثر بر افزایش دمای هوا در نواحی شهری است که موجب ایجاد جزیره حرارتی روی این مناطق می‌شود. دمای هوا یکی از پارامترهای کلیدی برای کنترل و ارزیابی فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیوفیزیکی سطح زمین و عاملی مهم برای مطالعه آب‌وهوا در مناطق شهری به‌شمار می‌آید؛ بنابراین هدف این پژوهش، بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، توسعه شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین است. براین اساس تغییر کاربری‌هایی که بیشترین تغییرات دمای سطح زمین را ایجاد می‌کنند برای مدیریت بهتر آثار منفی ناشی از افزایش دمای سطح شناسایی می‌شوند.

برای دستیابی به هدف پژوهش ابتدا مراحل پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت. سپس تصاویر با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شد. دمای سطح نیز با استفاده از مدل محاسبه Mono-Window به‌دست آمد. همچنین میانگین دمای کاربری‌های گوناگون بررسی و ارتباط دمای سطح و کاربری اراضی و پوشش تحلیل شد. در نهایت تجزیه و تحلیل رابطه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح زمین صورت گرفت. نتایج طبقه‌بندی تصاویر نشان‌دهنده تأثیر مثبت شاخص NDVI و نقشه LST برای افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر است. تغییرات کاربری اراضی نشان می‌دهد بیشترین تغییرات میان کاربری آیش و کشاورزی صورت گرفته و کاربری ساخته‌شده با افزایش ۶۲/۹۰ درصدی همراه بوده است. اگر این روند افزایشی همچنان ادامه داشته باشد، سایر کاربری‌ها دچار تحولات اساسی خواهند شد. باید توجه داشت که روند تغییرات دمای سطح زمین روندی افزایشی است و بیشترین دما مربوط به کاربری آیش و ساخته‌شده است. همچنین بیشترین افزایش دما به تغییر کاربری فضای سبز به زمین آیش مربوط است. بررسی رابطه مشخصه‌های تراکم پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین مؤید این مطلب است که برای کلاس‌های مختلف پوشش-کاربری زمین، وجود پوشش گیاهی سبب کاهش درجه حرارت سطح زمین می‌شود؛ به طوری که دمای سطحی در بخش‌های پرتراکم شهری بیشتر از دیگر مناطق است؛ از این رو می‌توان عنوان کرد که نقش پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح شهر اهمیت زیادی دارد. با بررسی طبقات دمایی منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود که طبقات دمایی سرد روند کاهشی و طبقات دمایی گرم روند افزایشی دارند که دلیل آن تغییرات کاربری است. به‌منظور بررسی بیشتر موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. مطالعات بیشتری در این زمینه در فصول و شرایط مختلف سال انجام شود؛
۲. برای دستیابی به نتایج بهتر، به‌ویژه تخمین دقیق‌تر درجه حرارت سطح زمین، از تصاویر سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی بالاتر استفاده شود؛
۳. با دانستن اینکه درجه حرارت سطح زمین وابستگی منفی با میزان تراکم پوشش گیاهی دارد، توصیه می‌شود نواحی و بخش‌هایی از شهر که برای گسترش فضای سبز شهری مناسب هستند، به‌ویژه مناطق شهری با تراکم بالای ساخت‌وساز و مناطق بایر در اولویت برنامه‌ریزان شهری قرار بگیرند.

منابع

- داز، بی‌بی سارا، غفاری گیلانده، عطا و حسن خاوریان، ۱۳۹۵، بررسی تغییرات پوشش اراضی شهر گرگان با استفاده از تصاویر ماهواره‌اندست، اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط‌زیست و توسعه پایدار، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- علوی‌پناه، سید کاظم، ۱۳۸۵، کاربرد سنجنش‌ازدور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- علوی‌پناه، سید کاظم، هاشمی دره بادامی، سیروس و علی کاظم‌زاده، ۱۳۹۴، «تحلیل مکانی-زمانی جزیره حرارتی شهر مشهد با توجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری-پوشش زمین»، پژوهش‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، سال سوم، شماره ۱، صص ۱-۱۷.
- متکان، علی‌اکبر و همکاران، ۱۳۹۳، «تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجنده Aster (مطالعه موردی: شهر بندرعباس)»، کاربرد سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال پنجم، شماره ۴، صص ۱-۱۴.
- ملاشاهی، سمانه و همکاران، ۱۳۹۴، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)، اولین همایش ملی مباحث نوین در مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندر گز.
- میرسنجری، میرمهرداد و سحر عابدیان، ۱۳۹۶، «بررسی تغییرات جمعیتی و اثرگذاری آن بر تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر گرگان)»، پژوهش‌های محیط‌زیست، سال هشتم، شماره ۱۶، صص ۳-۱۴.
- نادی‌زاده شورابه، سامان، حمزه، سعید و سید کریم افشاری، ۱۳۹۶، پایش مکانی-زمانی تغییرات جزیره حرارتی شهری و ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی و پوشش با ادغام داده‌های اپتیک و حرارتی سنجنش‌ازدور، همایش ملی ژئوماتیک، شماره ۲۴، صص ۱-۱۲.
- Amiri, R. et al., 2009, *Spatial-Temporal dynamics of Land Surface Temperature in Relation to Fractional Vegetation Cover and Land Use/Cover in the Tabriz Urban Area, Iran*, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, No. 113: PP. 2606-2617.
- Bokaie, M. et al., 2016, *Assessment of Urban Heat Island Based on the Relationship Between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover in Tehran*, Sustainable Cities and Society, Vol. 23, No. 23: PP. 94-104.
- Boori, M. S. et al., 2015, *A Comparison of Land Surface Temperature, Derived from AMSR-2, Landsat and ASTER Satellite Data*, Journal of Geography and Geology, Vol. 7, No. 3, PP. 61-69.
- Chander, G., and Groeneveld, D. P., 2009, *Intra Annual NDVI Validation of the Landsat 5 TM Radiometric Calibration*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 30, No. 6, PP. 1621-1628.
- Chander, G., Markham, B. L., and Helder, D. L. 2009, *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, No. 5, PP. 893-903.
- Chen, Q. et al., 2006, *Reversible Blockade of Electron Transport During Ischemia Protects Mitochondria and Decreases Myocardial Injury Following Reperfusion*, Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, Vol. 319, No. 3, PP. 1405-1412.
- Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., and Saaroni, H., 2004, *Diurnal Thermal Behavior of Selected Urban Objects Using Remote Sensing Measurements*, Energy and Buildings, Vol. 36, No. 11, PP. 1063-1074.

- Ding, H., and Shi, W., 2013, *Land-Use/Land-Cover Change and Its Influence on Surface Temperature: A Case Study in Beijing City*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 34, No. 15, PP. 5503-5517.
- Effat, H. A., and Hassan, O. A. K., 2014, *Change Detection of Urban Heat Islands and Some Related Parameters Using Multi-Temporal Landsat Images; A Case Study for Cairo City, Egypt*, Urban Climate, Vol. 10, No. 1, PP. 171-188.
- Firozjaei, M. et al., S. 2018, *Monitoring and Forecasting Heat Island Intensity Through Multi-Temporal Image Analysis and Cellular Automata Markov Chain Modelling: A Case of Babol City, Iran*, Ecological Indicators, Vol. 55, No. 91, 155-170. (In Persian)
- Gago, E. J. et al., 2013, *The City and Urban Heat Islands: A Review of Strategies to Mitigate Adverse Effects*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 25, No. 25: PP. 749-758.
- Giannini, M. B. et al., 2015, *Land Surface Temperature from Landsat 5 TM Images: Comparison of Different Methods Using Airborne Thermal Data*, Journal of Engineering Science and Technology Review, Vol. 8, No. 3, PP 83-90.
- Gu, B., and Sheng, V. S., 2017, *A Robust Regularization Path Algorithm for ℓ_1/ℓ_2 -Support Vector Classification*, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol. 28, No. 5, PP. 1241-1248.
- Hu, Y., and Jia, G., 2010, *Influence of Land Use Change on Urban Heat Island Derived from Multi Sensor Data*, International Journal of Climatology, Vol. 30, No. 9, PP. 1382-1395.
- Huang, C., Davis, L. S., and Townshend, J. R. G., 2002, *An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 4, PP. 725-749.
- Jiang, J., and Tian, G., 2010, *Analysis of the Impact of Land Use/Land Cover Change on Land Surface Temperature with Remote Sensing*, Procedia Environmental Sciences, Vol. 3, No. 2. PP. 571-575.
- Kato, S., and Yamaguchi, Y., 2005, *Analysis of Urban Heat-Island Effect Using ASTER and ETM+ Data: Separation of Anthropogenic Heat Discharge and Natural Heat Radiation from Sensible Heat Flux*, Remote Sensing of Environment, Vol. 99, No. 1, PP. 44-54.
- Kavzoglu, T., and Colkesen, I., 2009, *A Kernel Functions Analysis for Support Vector Machines for Land Cover Classification*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 11, No. 5, PP. 352-359.
- Landsat Project Science Office, 2002, *Landsat 7 Science Data User's Handbook*. Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC, Cited From: [Http://Ltpwww.Gsfc.Nasa.Gov /IAS/Handbook/Handbook_Toc.html](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/Handbook/Handbook_Toc.html).
- Latif, M. S., 2014, *Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District*, Int J Eng Dev Res (IJEDR), Vol. 4, No. 2, PP. 3840-3849.
- Li, J., and Zhao, H. M., 2003, *Detecting Urban Land-Use And Land-Cover Changes In Mississauga Using Landsat TM Images*, Journal of Environmental Informatics, Vol. 2, No. 1, PP. 38-47.
- Li, X. et al., 2016, *Remote Sensing of the Surface Urban Heat Island and Land Architecture in Phoenix, Arizona: Combined Effects of Land Composition and Configuration and Cadastral-Demographic-Economic Factors*, Remote Sensing of Environment, Vol. ???, No. 174, PP. 233-243.
- Lu, D., and Weng, Q., 2005, *Urban Classification Using Full Spectral Information of Landsat ETM+ Imagery in Marion County, Indiana*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 71, No. 11, PP. 1275-1284.

- Mantero, P., Moser, G., and Serpico, S. B., 2005, *Partially Supervised Classification Of Remote Sensing Images Through SVM-Based Probability Density Estimation*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 3, PP. 559-570.
- Mountrakis, G., Im, J., and Ogole, C., 2011, *Support Vector Machines in Remote Sensing: A Review*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 66, No. 3, PP. 247-259.
- Nemmour, H., and Chibani, Y., 2006, *Multiple Support Vector Machines for Land Cover Change Detection: An Application for Mapping Urban Extensions*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 61, No. 2, PP. 125-133.
- Otukei, J. R., and Blaschke, T., 2010, *Land Cover Change Assessment Using Decision Trees, Support Vector Machines and Maximum Likelihood Classification Algorithms*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. ???, No. 12, PP. S27-S31.
- Pal, S., and Ziaul, S., 2017, *Detection of Land Use and Land Cover Change and Land Surface Temperature in English Bazar Urban Centre*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 20, No. 1, PP. 125-145.
- Qin, Z., Karnieli, A., and Berliner, P., 2001, *A Mono-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 22, No. 18, PP. 3719-3746.
- Rehman, Z. U. et al., 2015, *Analysis of Land Surface Temperature and NDVI Using Geo-Spatial Technique: A Case Study of Keti Bunder, Sindh, Pakistan*, Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 23, No. 11, PP. 514-527.
- Rose, A. L., and Devadas., M. D., 2009, *Analysis of Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover Types Using Remote Sensing Imagary a Case Inchennal City, India*, The Seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan.
- Rumpf, T. et al., 2010, *Early Detection and Classification of Plant Diseases With Support Vector Machines Based on Hyperspectral Reflectance*, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 74, No. 1, PP. 91-99.
- Seto, K. C. et al., 2002, *Monitoring Land-Use Change in the Pearl River Delta Using Landsat TM*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 10, PP.1985-2004.
- Sobrino, J. A., Jiménez Muñoz, J. C., and Paolini, L., 2004, *Land Surface Temperature Retrieval From LANDSAT TM 5*, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, No. 4, PP. 434-440.
- Srivastava, P. K., Majumdar, T. J., and Bhattacharya, A. K., 2009, *Surface Temperature Estimation in Singhbhum Shear Zone of India Using Landsat-7 ETM+ Thermal Infrared Data*, Advances in Space Research, Vol. 43, No. 10, PP. 1563-1574.
- United Nations, 2010, *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision Population Database*, [Http://Esa.Un.Org/Unpd/Wup/Index.Htm](http://Esa.Un.Org/Unpd/Wup/Index.Htm).
- Valor, E., and Caselles, V., 1996, *Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American Areas*, Remote Sensing of Environment, Vol. 57, No. 3, PP. 167-184.
- Vlassova, L. et al., 2014, *Assessment of Methods for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat-5 TM Images Applicable to Multiscale Tree-Grass Ecosystem Modeling*, Remote Sensing, Vol. 6, No. 5, PP. 4345-4368.
- Wang, F. et al., 2015, *An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data*, Remote Sensing, Vol. 7, No. 4, PP. 4268-4289.

- Weng, Q., Liu, H., and Lu, D., 2007, *Assessing the Effects of Land Use and Land Cover Patterns on Thermal Conditions Using Landscape Metrics in City of Indianapolis, United States*, Urban Ecosystems, Vol. 10, No. 2, PP. 203-219.
- Wukelic, G. E. et al., 1989, *Radiometric Calibration of Landsat Thematic Mapper Thermal Band*, Remote Sensing of Environment, Vol. 33, No. 28, PP. 339-347.
- Xian, G., and Crane, M., 2006, *An Analysis of Urban Thermal Characteristics and Associated Land Cover in Tampa Bay and Las Vegas Using Landsat Satellite Data*, Remote Sensing of Environment, Vol. 104, No. 2, PP. 147-156.
- Yuan, F. et al., 2005, *Land Cover Classification and Change Analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat Remote Sensing*, Remote Sensing of Environment, Vol. 98, No. 2 and 3, PP. 317-328.
- Zareie, S., Khosravi, H., and Nasiri, A., 2016, *Derivation of Land Surface Temperature From Landsat Thematic Mapper (TM) Sensor Data and Analyzing Relation Between Land Use Changes and Surface Temperature*, Manuscript Under Review for Journal Solid Earth, Vol. 7, No. 6, PP. 1-8. (In Persian)
- Zheng, B. et al., 2015, *A Support Vector Machine to Identify Irrigated Crop Types Using Time-Series Landsat NDVI Data*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 34, No. 34, PP. 103-112.
- Alavipanah, S. K., 2008, *Thermal Remote Sensing and Its Application in the Earth Sciences*, Tehran University Press, Tehran. (In Persian)
- Alavipanah, S. K., Hashemi Darrehbadami, S., and Kazemzadeh, A., 2015, *Spatial Temporal Analysis of Urban Heat Island of Mashhad City Due to Land Use/ Cover Change and Expansion*, Geographical Urban Planning Research (GUPR), Vol. 3, No. 1, PP. 1-17. (In Persian)
- Amiri, R. et al., 2009, *Spatial Temporal dynamics of Land Surface Temperature in Relation to Fractional Vegetation Cover and Land Use/ Cover in the Tabriz Urban Area, Iran*, Remote Sensing of Environment, Vol. 113, No. 113, PP. 2606-2617. (In Persian)
- Daz, B. S., Guilan, A. GH., and Khavarian, H., 2016, *Land Cover Changes in Gorgan City Using Landsat Satellite Images*, First International Conference on Water, Environment and Sustainable Development, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil.
- Gu, B., and Sheng, V. S., 2017, *A Robust Regularization Path Algorithm for ℓ_1 -Support Vector Classification*, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol. 28, No. 5, PP. 1241-1248.
- Jiménez Muñoz, J. C., and Sobrino, J. A., 2003, *A Generalized Single Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data*, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 108. No. 22(D22), PP. 1-9.
- Landsat Project Science Office, 2002, *Landsat 7 Science Data User's Handbook*. Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC, Cited from: [Http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/Handbook/Handbook_Toc.html](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/Handbook/Handbook_Toc.html).
- Li, J., and Zhao, H. M., 2003, *Detecting Urban Land-Use and Land Cover Changes in Mississauga Using Landsat TM Images*, Journal of Environmental Informatics, Vol. 2, No. 1, PP. 38-47.
- Li, X., et al., 2016, *Remote Sensing of the Surface Urban Heat Island and Land Architecture in Phoenix, Arizona: Combined Effects of Land Composition and Configuration and Cadastral-Demographic-Economic Factors*, Remote Sensing of Environment, Vol. 202, No. 174, PP. 233-243.

- Lu, D., and Weng, Q., 2005, *Urban Classification Using Full Spectral Information of Landsat ETM+ Imagery in Marion County, Indiana*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 71, No. 11, PP. 1275-1284.
- Matkan, A. et al., 2014, *Assessment Relations of Land Use in Heat Islands Using Time Series ASTER Sensor Data (Case Study: Bandar Abbas City)*, Journal of RS and GIS for Natural Resources, Vol. 5, No. 4, PP. 1-14.
- Mirsanjari, M., and Abedian, S., 2018, *Investigation of Demographic Change and Its Impact on Land Use Changes (Case Study: Gorgan City)*, Environmental Researches, Vol. 8, No. 16, PP. 3-14.
- Molashahi, S. et al., 2015, *Detection of Land Use Change and Land Cover (Case Study: Gorgan)*, The First National Conference on Modern Topics in Civil Engineering, Islamic Azad University of Bandar Gaz, Bandar Gaz. (In Persian)
- Nadizadeh Shorabeh, S., Hamzeh, S., and Afshari, S. Y., 2017, *Spatial Temporal Monitoring of Urban Heat Island Changes and Its Relation to Land Use and Land Cover Changes by Integrating Optical and Thermal Data from Remote Sensing*, Geomatics National Conference. (In Persian)
- Sobrino, J. A. et al., 2008, *Land Surface Emissivity Retrieval from Different VNIR and TIR Sensors*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46. No. 2, PP. 316-327.