

جغرافیا و توسعه شماره ۵۴ بهار ۱۳۹۸

وصول مقاله : ۹۶/۰۸/۰۲

تأیید نهایی : ۹۷/۰۴/۲۱

صفحات : ۱۶۲-۱۴۳

بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: شهرستان مریوان

شادمان درویشی^۱، مصطفی رشیدپور^{۲*}، دکتر کریم سلیمانی^۳

چکیده

بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود، در شناخت میکروکلیمای نواحی شهری دارای اهمیت زیادی است. هدف از این مطالعه پایش تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هندست طی یک دوره ۳۳ ساله است. در این مطالعه پس از اعمال پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای، لایه‌های کاربری اراضی با روش حداکثر احتمال همانندی تهیه شد و سپس با استفاده از معادلات حرارتی و الگوریتم SEBAL دمای سطحی زمین برای دوره‌های مطالعاتی محاسبه شد. نتایج، روند کاهش پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. به طوری که روند این تغییرات بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ حدود ۷/۲۱۵ کیلومتر مربع و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ حدود ۶۴/۱۵۳ کیلومتر مربع بوده است. همچنین زمین‌های بایر و کشاورزی به ترتیب روند افزایشی و کاهش را داشته است و با توجه به نقشه‌های دمای، دمای شهرستان مریوان روند افزایشی را در دوره‌های زمانی مورد مطالعه داشته که میزان این تغییرات از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ به میزان ۵ درجه سلسیوس بوده که به دمای شهرستان افزوده شده است. همچنین در این مطالعه به منظور تعیین رابطه بین دمای سطح و تغییرات کاربری‌ها، حداکثر دمای هر کاربری محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین با کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دوره‌های مورد مطالعه، دما روند افزایشی داشته است.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح زمین، کاربری اراضی، مریوان، SEBAL، تصاویر ماهواره‌ای، هندست.

SH_darvishi@yahoo.com

m.rashidpour@stu.sanru.ac.ir

solaimani.k@sanru.ac.ir

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مؤسسه آموزش عالی هراز، مازندران، ایران

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری مازندران، ایران*

۳- استاد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

مقدمه

در طول نیم قرن گذشته، سطح زمین دستخوش تغییرات فراوانی ناشی از فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل‌زدایی و توسعه شهرها شده است (Owen et al, 1998:1671). تغییرات سریع کاربری پوشش زمین در مناطق شهری تبدیل به نگرانی عمده زیست‌محیطی و علت مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله کاهش فضای سبز و توسعه جزیره حرارتی شده است (Amiri et al, 2009:2610). توسعه مناطق شهری موجب تغییر در چشم‌انداز شده که ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر زیرساخت‌ها، جایگزین زمین‌های باز و پوشش گیاهی شده است. دمای سطح زمین (LST) عاملی مهم در مطالعات گرمایش جهانی و به‌عنوان یک نماینده برای تغییرات آب و هوا به‌شمار می‌رود. همچنین دمای سطح زمین، یکی از پارامترهای مهم در مطالعه محیط حرارتی و جزیره گرمایی شهر است. استفاده از داده‌های سنجش از دور برای برآورد دمای سطح زمین روش نسبتاً جدیدی است که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. تصاویر سنجش از دور به‌دلیل پوشش وسیع و به‌هنگام بودن و همچنین دقت بالا، ابزار مناسبی برای تهیه نقشه‌های حرارتی سطح هستند (رمضانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳).

روس^۱ و همکاران (۱۹۸۹) دمای سطحی انواع کاربری زمین را با استفاده از داده‌های AVHRR به‌دست آوردند و شدت جزیره حرارتی شهری را ارزیابی کردند. وینگ^۲ و لو^۳ (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER با تحلیل چندزمانه به برآورد رابطه میان الگوی حرارتی شهری و توصیف گرمای بیوفیزیکی در شهر ایندیانا پولیس آمریکا پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که با استفاده از این

تصاویر می‌توان نقشه درجه حرارت سطح زمین را با ماسک کردن آب و پوشش گیاهی با دقت بهتری تهیه کرد.

ژایو^۴ و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تصاویر Landsat TM دمای سطح (LST) را ارزیابی کرده و ارتباط آن را با درصد نفوذناپذیری زمین را به‌دست آمده از ترکیب ماهواره‌های Landsat TM و Quick Bird را در توان تفکیک‌های مکانی متفاوت (۳۰ تا ۹۶۰ متر) در شش پهله براساس رشد تاریخی شهر پکن (چین) به‌صورت جداگانه تحلیل کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که همبستگی دما و نفوذناپذیری زمین با افزایش توان تفکیک مکانی قوی‌تر می‌شود. نانومورا^۵ و همکاران (۲۰۰۹) اثر جزایر حرارتی منطقه تاکاماتسو را در ارتباط با پوشش گیاهی و افزایش جمعیت انسانی بررسی کردند. نتیجه این مطالعه نشان داد، در مناطقی که پوشش گیاهی کاهش یا جمعیت انسانی افزایش داشته، روند گرما و ایجاد جزایر حرارتی افزایش یافته است.

ایفات^۶ و همکاران (۲۰۱۴) شناسایی تغییر جزیره حرارتی شهری و بعضی پارامترهای مرتبط با آن را با استفاده از تصاویر چندطیفی لندست سنجنده TM در شهر کایروی مصر مورد بررسی قرار دادند. برای استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی از روش نظارت‌شده استفاده شد که نتایج این بخش نشان داد در طی بازه زمانی موردنظر، شهر رشد گسترده‌ای را تجربه کرده است. همچنین برای به‌دست‌آوردن دمای سطح زمین، از باند حرارتی سنجنده TM استفاده شد که نتایج نشان داد، جزیره حرارتی شهری در نواحی غربی که ساختمان‌های متراکم‌تری دارند، نسبت به نواحی شرقی بایر افزایش یافته است.

4-Xiao
5-Nonomura
6-Addel Effat

1-Roth
2-Weng
3-LU

از پوشش‌های زمینی به محیط‌های پیرامون به وجود نیامده است؛ ولی در مناطق شهری پوشش گیاهی به میزان ۳۶/۲ درصد کاهش و دمای این مناطق به علت تخریب پوشش گیاهی افزوده شده است.

آخوندزاده و سراجیان (۱۳۸۶) در تحقیقی، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای Terra ASTER در نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق نقشه دمایی سطح زمین و ضریب گسیل‌مندی شهری تهران با الگوریتم TES^۲ تهیه شد. نتایج تحقیق نشان داد که تصاویر چندطیفی ASTER می‌توانند به‌عنوان ابزار مفیدی در جهت تجزیه و تحلیل منابع و اثرات انرژی در محیط‌های شهری در ایران به کار روند. رضانی و همکاران (۲۰۱۱) جزیره حرارتی شهر رشت را با استفاده از آمار روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در شهر و حومه شهر مطالعه کردند که نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که در شرایط کمینه دمای بین و مرکز جزیره حرارتی و نواحی اطراف، اختلاف دمایی معادل ۲ تا ۵/۵ درجه سانتی‌گراد دارند. در شرایط بیشینه دما این اختلاف بین ۳ تا ۵/۶ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

هدف از این مطالعه، بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست طی یک دوره ۳۳ ساله است. با توجه به اهمیت بالای زیست‌محیطی این منطقه و اتکای مردم شهرستان مریوان به بهره‌برداری از منابع طبیعی، کشاورزی و دامپروری، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه و لزوم توجه به پیامدهای حاصل از تغییر کاربری اراضی، اهمیت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و داده‌های سنجش از دور در برنامه‌ریزی محیطی حائز اهمیت باشد.

رونالد^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در شهرهای بزرگ مناطق بانکوک (تایلند)، جاکارتا (اندونزی) مانیل (فیلیپین) به دنبال بررسی رابطه درجه حرارت سطحی LST و فراوانی و الگوی فضایی سطح غیرقابل نفوذ و فضای سبز، مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج، ارتباط معنادار قوی‌ای بین میانگین LST و تراکم سطح غیرقابل نفوذ (مثبت) و فضای سبز (منفی) در امتداد شیب شهر- روستایی از سه شهر مشخصات UHI معمول را نشان می‌دهد. همچنین ارتباط چگالی سطح غیرقابل نفوذ با میانگین LST، روند افزایش در شبکه‌های بزرگ‌تر در حالی که رابطه چگالی فضای سبز با میانگین LST، تمایل به افزایش در شبکه‌های کوچک‌تر نشان‌دهنده تأثیر قدرتمند از سطح غیرقابل نفوذ و فضای سبز بر روی تنوعی از LST به ترتیب در مناطق بزرگ‌تر و کوچک‌تر است.

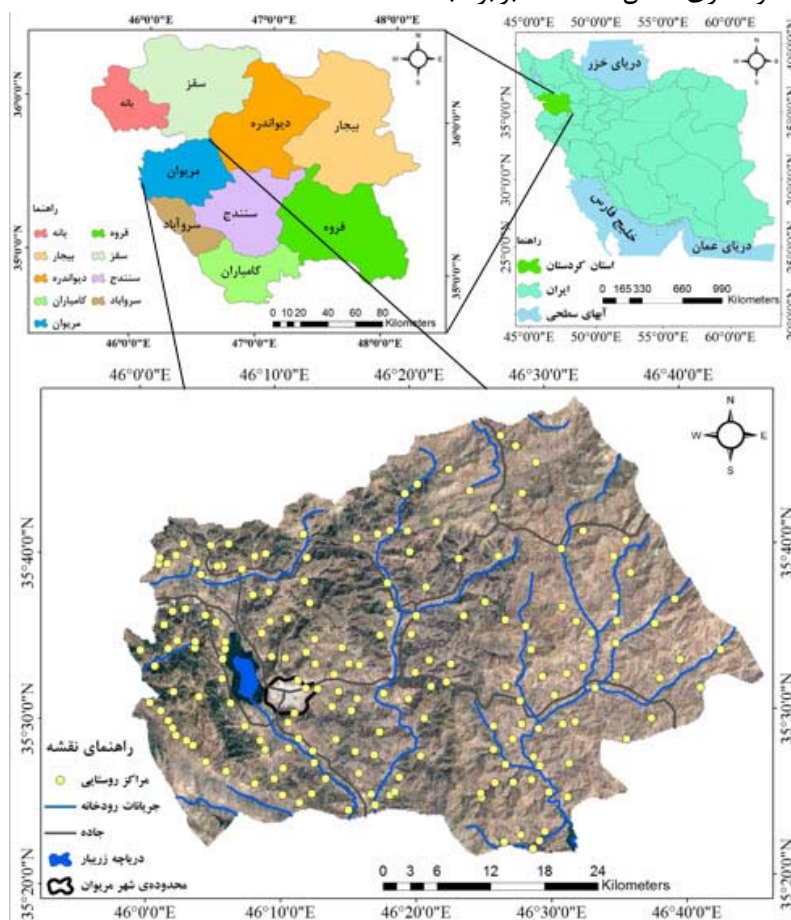
در ایران نیز نگرانی در رابطه با اثرات احتمالی ناشی از تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم و افزایش مخاطرات زیست‌محیطی در سال‌های اخیر، موجب شده تا مطالعات زیادی در رابطه با ارتباط دمای سطح زمین و تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گیرد. امیری و همکاران (۱۳۸۶) به مطالعه رابطه بین الگوی پراکنش و تغییرات دما با کاربری زمین در منطقه شهری تبریز با به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات کاربری ناشی از شهرنشینی به صورت حرکت از شرایط مطلوب (دمای پایین، پوشش گیاهی بالا) به شرایط نامطلوب (دمای بالا، پوشش گیاهی پایین) است. عبدالهی و همکاران (۱۳۸۷) در یک بازه زمانی ۱۲ ساله، چگونگی تغییر کاربری اراضی را در دو منطقه شهری و غیرشهری اردکان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در مناطق غیرشهری تغییرات چندانی در پوشش گیاهی و دمای ساطع شده

داده‌ها و روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

شهرستان مریوان از نظر جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۸). جمعیت این شهرستان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ برابر با

۱۹۵۲۶۳ نفر است که سومین شهرستان استان کردستان از این لحاظ به‌شمار می‌رود (مرکز آمار، ۱۳۹۵: ۷۶). منطقه مریوان دارای ویژگی‌های اقلیمی معتدله میانی است. مریوان با بارندگی به‌طور متوسط ۴۵۰ میلی‌متر و میزان رطوبت نسبی به‌طور متوسط ۷۰ درصد است و مساحت این شهرستان ۲۳۲۶٫۵ کیلومتر مربع است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان مریوان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

داده‌های ورودی

۱- برای محاسبه دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۰۰ از باند حرارتی ۶ ماهواره‌های لندست ۵ و ۷ و همین‌طور برای تصویر سال ۲۰۱۷ از باند حرارتی ۱۰ لندست ۸ استفاده شده است.

۲- برای بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه، از تمام باندهای تصاویر به استثنای باندهای حرارتی پانکروماتیک (لندست ۵، ۷ و ۸) استفاده شده است. در جدول (۱) مشخصات تصاویر منطقه مورد مطالعه ذکر شده است.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده در این پژوهش

ماهواره	سنجنده	ردیف/ گذر	تاریخ	وضوح (m)	طول موج (میکرومتر)	
لندست	TM	۳۵/۱۶۸	۱۹۸۴/۰۵/۲۴	۳۰	باند ۱ (۴۵/۰ - ۵۱۵/۰)	
					باند ۲ (۵۲۵/۰ - ۶۰۵/۰)	
					باند ۳ (۰/۶۳ - ۰/۶۹)	
					باند ۴ (۰/۷۵ - ۰/۹۰)	
					باند ۵ (۱/۵۵ - ۱/۷۵)	
					باند ۷ (۳۵/۲ - ۰۹/۲)	
				۱۲۰	باند ۶ (۱۰/۴ - ۱۲/۵)	
لندست	ETM+	۳۵/۱۶۸	۲۰۰۰/۰۵/۱۱	۳۰	باند ۱ (۴۵/۰ - ۵۱۵/۰)	
					باند ۲ (۵۲۵/۰ - ۶۰۵/۰)	
					باند ۳ (۰/۶۳ - ۰/۶۹)	
					باند ۴ (۰/۷۵ - ۰/۹۰)	
					باند ۵ (۱/۵۵ - ۱/۷۵)	
					باند ۷ (۳۵/۲ - ۰۹/۲)	
				۶۰	باند ۶ (۱۰/۴ - ۱۲/۵)	
لندست	OLI	۱۶۸/۳۵	۱۸/۰۵/۲۰۱۷	۳۰	باند ۱ (۴۳/۰ - /۴۵)	
					باند ۲ (۴۵/۰ - ۵۱/۰)	
					باند ۳ (۵۳/۰ - ۵۹/۰)	
					باند ۴ (۶۴/۰ - ۶۷/۰)	
					باند ۵ (۸۵/۰ - ۸۸/۰)	
					باند ۶ (۵۷/۱ - ۶۵/۱)	
					باند ۷ (۱۱/۲ - ۲۹/۲)	
					باند ۹ (۳۶/۱ - ۳۸/۱)	
						۱۰۰
						باند ۱۱ (۱۱/۵۱ - ۱۲/۵۰)

مأخذ: پیرنظر و زندکریمی، ۱۳۹۴: ۲۰

روش کار

استخراج تغییرات کاربری اراضی

به منظور شناسایی و آشکارسازی تغییرات کاربری‌ها، معمولاً میزان و روند تغییراتی که تابع شرایط محیطی و طبیعی منطقه است، تعیین می‌شود؛ البته اگر تغییرات چشم‌انداز در یک تصویر با مقیاس مناسب تهیه شده باشد (Weng et al, 2004: 478).

آشکارسازی تغییرات به‌طور نسبی آسان خواهد بود، مگر در صورتی که تغییر مکانی به‌صورت خیلی ریز در سطح تصویر توزیع شده و در سطح پیکسل مرئی و قابل شناسایی نباشد. از جنبه کاربردی استخراج تغییرات شامل به‌کارگیری مجموعه داده‌های چندزمانه به‌منظور تعیین مناطقی است که در تاریخ‌های مختلف تصویربرداری تغییراتی داشته باشند (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۳).

می‌پذیرد (Wubet, 2003: 90). تصحیحات هندسی به منظور برقرار کردن توازن بین این اعوجاجات و تبدیل هندسه تصاویر به شکل واقعی زمین صورت می‌گیرند (Mather, 2001: 67).

- طبقه‌بندی حداکثر احتمال^۵

این روش، دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش نظارت شده است. فرایند طبقه‌بندی، حداکثر احتمال فرض را بر این می‌گذارد که داده‌های آماری آموزشی برای هر کلاس در هر باند، به صورت نرمال توزیع شده‌اند؛ بنابراین برای داده‌های آموزشی با هیستوگرام‌های n مدی در یک باند منفرد، مناسب نیستند (آرخی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۱). در چنین شرایطی هر یک از مدها احتمالاً نماینده کلاس‌های جداگانه هستند و لازم است نرم‌افزار طبقه‌بندی کننده برای آن‌ها مجدداً آموزش داده شوند. به این ترتیب، هیستوگرام‌های تک‌مدی با توزیع گوسن که شرط توزیع نرمال را برآورد می‌کند، به وجود می‌آید (Mather, 2001: 45).

ضریب کاپا: ضریب کاپا تکنیک چندمتغیره گسسته‌ای که اگر یک ماتریس خطا، تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lillesand, 1987: 70). نتیجه تحلیل کاپا شاخص KAPPA یا K است که شاخصی برای اندازه‌گیری صحت طبقه‌بندی براساس تفاوت بین صحت واقعی در ماتریس خطا و متغیرهای صحت است که به وسیله مجموع سطر و ستون نشان داده شده است (Chavez, 1996: 1032).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} + X_{+i})} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن R تعداد ستون‌ها (و سطرها) در ماتریس ابهام، X_{ij} درایه (i, j) ماتریس ابهام، X_{i+} و X_{+i}

- تصحیحات اتمسفری^۱

اصولاً تصاویری که توسط ماهواره‌ها دریافت می‌شوند، از تعداد زیادی سلول یا پیکسل تشکیل شده است. هر پیکسل نشان‌دهنده بازتاب^۲ نوری است که از عارضه‌ای از زمین ساطع شده و توسط ماهواره دریافت می‌شود. این بازتاب دارای مقادیر رقومی است که آن را DN^3 می‌نامند (ولیزاده کامران، ۱۳۹۰: ۲۱)؛ بنابراین با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.1 اصلاحات زیر جهت مرتفع کردن این انحرافات صورت پذیرفته است:

- بابررسی هیستوگرام باندها مقدار کمترین DN اتفاق افتاده در هر یک از آن‌ها مشخص شد.

- در میان اجسام مختلف، کمترین مقدار DN مربوط به آب است که در حدود صفر می‌باشد؛ بنابراین با توجه به این مطلب که این عوارض در منطقه وجود داشت، اختلاف حد پایین کمترین DN‌ها با صفر مشخص شد و در قسمت محاسبات نقشه‌ای این اختلاف از تمام اعداد رقومی باندها کسر شد (علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۹۸).

- تصحیحات هندسی^۴

تصاویر سنجش از دور به‌طور ذاتی با اعوجاجات هندسی مواجه هستند که این اعوجاجات به عوامل زیادی بستگی دارند. در واقع علاوه بر مقادیر عددی پیکسل‌ها، موقعیت مکانی آن‌ها نیز در تصاویر خام سنجش از دور دستخوش تغییراتی می‌شود (Richard et al, 2006: 37). این تغییرات تابع هندسه و خصوصیات ذاتی سیستم تصویربرداری مثل مدار ماهواره، موقعیت، ارتفاع و زاویه جاروب کردن تصویر می‌باشند (آرخی و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۴). تصحیح این گونه خطاها معمولاً با استفاده از چند جمله‌ای‌ها یا با استفاده از پارامترهای مداری ماهواره‌ها صورت

1-Atmospheric distortion
2-Reflectance
3-Digital Number
4-Geometric Correction

5-Maximum Likelihood
6- Kappa Coefficient

به ترتیب مجموع کل سطر I و ستون J و N تعداد کل مشاهدات است. با اینکه معیارهای گفته شده بالا به طور متداول در سنجش از دور مورد استفاده قرار می گیرند، ولی هیچ یک از آنها دقت طبقه بندی حاصل از داده سنجش از دور را از نظر توزیع هندسی خطا، ارزیابی نمی کنند (Mather, 2001: 87).

بازیابی دمای سطح زمین (LST)^۱

موضوع تعیین دمای سطحی زمین و روش های تعیین دمای سطحی مورد توجه بسیاری از محققان علوم محیطی است. هرچند که تاکنون روش های مختلف به ویژه برای داده های حرارتی مربوط به سنجنده های مختلف ارائه شده است، ولی همچنان موضوع دقت نتایج، مورد ارزیابی و بحث است (علوی پناه و همکاران، ۱۳۷۸: ۶۰). در این مطالعه به منظور استخراج و بازیابی دمای سطح زمین، از الگوریتم سبال^۲ استفاده شد. برای استخراج دمای سطح و تبدیل آن به درجه سلسیوس، هفت مرحله انجام شد (هاشمی همکاران، ۱۳۹۱: ۸۴).

تبدیل عدد رقومی (DN)^۳ به تابش طیفی^۴

تبدیل عدد رقومی به تابش طیفی براساس مقادیر مرجع تابش طیفی ارائه شده در کتابچه راهنمای سنجنده (Landsat project Science Office, 2002:90) براساس رابطه (۲) صورت گرفت:

رابطه ۲:

$$L\lambda = \frac{(LMAX-LMIN)}{(QCALMAX-QCALMIN)} * (DN-QCALMIN) + LMIN$$

که در این رابطه، DN عدد رقومی هر پیکسل، LMAX و LMIN پیوستگی کالیبراسیون (Calibration Constants) یا به عبارتی مقادیر حداقل و حداکثر رایانس باند حرارتی سنجنده است،

- تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه داده های باند حرارتی TM، ETM+ و OLI با استفاده از رابطه پلانک از تابش طیفی به دمای جسم سیاه (T_B)، با فرض توان تشعشعی یک (حداکثر توان تشعشعی) در آن، تبدیل می شوند (علی زاده ربیعی، ۱۳۹۱: ۷۸).

$$T_B = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۳}$$

که T_B = دمای مؤثر در ماهواره برحسب کلین (K)، K₁ = ثابت کالیبراسیون اول، K₂ = ثابت کالیبراسیون دوم، Lλ = رایانس طیفی پیکسل مورد نظر (W m⁻² μm⁻¹ ster⁻¹). مقادیر K₁ و K₂ برای سنجنده های TM، ETM+ و OLI در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین این مقادیر برای باند ۶ سنجنده های TM و ETM+ از فایل (SEBAL, 2002: 22) و برای باند ۱۰ سنجنده OLI از هدر فایل تصویر استخراج شده است

جدول ۲: مقادیر K₁ و K₂ سنجنده های TM، ETM+

سنجنده	K ₁	K ₂
TM	۶۰۷/۱۷۶	۱۲۶۰/۱۵۶
ETM+	۰۹/۶۶۶	۷۱/۱۲۸۲
OLI	۸۸۵۳/۷۷۴	۰۷۸۹/۱۳۲۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

1-land surface temperature
2-Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL)
3-Digital Number
4-Spectral Radiance

- محاسبه NDVI

شاخص گیاهی تفریقی نرمال شده^۱ از پرکاربردترین شاخص‌های فراوانی پوشش گیاهی است که از طریق نسبت‌گیری باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید (علوی‌پناه، ۱۳۸۵: ۵۶).

$$\text{رابطه ۴: } NDVI = \frac{NIR - RED}{NER + RED}$$

که در آن NIR = باند مادون قرمز نزدیک است که برای سنجنده‌های TM، ETM+ معادل (۹۰/۰ - ۷۵/۰) و برای سنجنده OLI معادل (۸۸/۰ - ۸۵/۰) است. R = باند قرمز است که برای سنجنده‌های TM و ETM+ معادل (۶۹/۰ - ۶۳/۰) و برای سنجنده OLI معادل (۶۷/۰ - ۶۴/۰) است (پیرنظر و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۹).

- نسبت پوشش گیاهی

برای محاسبه نسبت پوشش گیاهی از رابطه (۴) استفاده شده است (رسولی، ۱۳۸۷: ۶۷).

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

در این رابطه، p_v نسبت پوشش گیاهی، $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار NDVI منطقه مورد مطالعه است. در جدول (۳) مقادیر حداکثر و حداقل NDVI شهرستان مریوان در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ نشان داده شده است.

جدول ۳: مقادیر حداکثر و حداقل NDVI شهرستان مریوان در

سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

۲۰۱۷	۲۰۰۰	۱۹۸۴	
۲۵۴۱۹۶/۰	۷۳۵۶۳۲/۰	۷۰۴۹۱۸/۰	$NDVI_{max}$
-۱۰۶۵۸۸/۰	-۲۹۴۱۱۷/۰	-۲۸۲۰۵۱/۰	$NDVI_{min}$

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

- تصحیح توان تشعشعی

ضریب نشر ماهیت انتقال حرارت تشعشعی جذب و نشر تابش‌های الکترومغناطیسی است. یکی از پارامترهایی که در انتقال حرارت به وسیله تشعشع تأثیر فراوانی دارد، ضریب نشر (ε) جسم تابش‌کننده به جسم گیرنده است. به طوری که ضریب نشر بین صفر تا یک تغییر می‌کند. برای جسمی که هیچ تابشی ندارد، این ضریب صفر بوده و برای جسمی که ماکزیمم تابش را دارد و توان تشعشعی یک جسم سیاه (ایده‌آل) را دارد، یک است (علوی‌پناه، ۱۳۸۵: ۴۰). یکی از گزینه‌های عملیاتی و کاربردی برای به دست آوردن توان تشعشعی، (روش آستانه شاخص پوشش گیاهی)^۲ است، که براساس مقادیر NDVI تقسیم‌بندی شد (Sobrinho, et al, 2004: 435).

$NDVI < ۲/۰$ ، که حاکی از خاک لخت است و توان تشعشعی خاک لخت لحاظ می‌شود ($\epsilon_{soil} = ۹۷/۰$)
 $NDVI > ۵/۰$ ، که نشان‌دهنده پوشش گیاهی زیاد است و توان تشعشعی پوشش گیاهی برای آن فرض می‌شود ($\epsilon_{veg} = ۹۹/۰$) ($۲/۰ \geq NDVI \leq ۵/۰$)، که در این مورد پیکسل‌ها مخلوطی از خاک و پوشش گیاهی است و توان تشعشعی (ε Mix) بر این اساس محاسبه می‌شود (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۷).

$$\text{رابطه ۶: } \epsilon = \epsilon_{veg} p_v + \epsilon_{soil} (1 - p_v)$$

- برآورد دمای سطح زمین (LST)

بعد از به دست آوردن مقادیر توان تشعشعی، دمای سطح زمین (LST) از فرمول زیر محاسبه می‌شود (Artis et al, 1982: 323)

$$\text{رابطه ۷: } LST = \frac{T_B}{1 + (\lambda * T_B / p) \ln \epsilon}$$

$\lambda =$ طول موج رادیانس ساطع شده؛ $P = ۰.۱۴۳۸۰$ ،
 $=$ توان تشعشعی است (SEBAL, 2002: 57)

تغییرات هر کاربری مشخص شد و در ادامه ارتباط بین دما سطح زمین با هر کاربری از طریق استخراج حداکثر دمای هر کاربری در هر دوره تعیین شد.

جدول ۵: کلاس‌های کاربری‌های استخراج‌شده از تصاویر

آب‌های سطحی	شامل دریاچه زریبار و جریان‌های سطحی
نواحی مسکونی	شامل کلیه نواحی ساخته شده
زمین‌های بایر	شامل فضاهای باز و بدون پوشش
زمین‌های کشاورزی	شامل زمین‌های زراعی و باغات
پوشش گیاهی	شامل پوشش‌های جنگلی و مرتعی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

با توجه به مساحت کاربری‌های استخراج‌شده در سال ۱۹۸۴ (جدول ۶)، می‌توان اظهار داشت که بیشترین مساحت به پوشش گیاهی به میزان ۰/۸۸۳ درصد، بالاترین و کاربری زمین‌های بایر به میزان ۰/۰۳ درصد پایین‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین کاربری‌های زمین‌کشاورزی با ۸۱/۱۱ درصد، نواحی مسکونی با ۵۲/۴ درصد و آب سطحی با ۳۵/۰ درصد در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. همچنین در رابطه با نقشه تغییرات دمایی نتایج نشان داد، به دلیل پوشش گیاهی مناسب، کمبود زمین‌های بایر در منطقه و وضعیت خوب زمین‌های کشاورزی دمای شهرستان پایین‌تر از دوره بعد بوده، به طوری که بیشینه دما در این دوره به کاربری‌های مسکونی و زمین‌های بایر تعلق داشته که به ترتیب ۳۳/۲۵ و ۹۲/۳۱ درجه سلسیوس بوده، همچنین مقدار بیشینه دما در کاربری‌های پوشش گیاهی و کشاورزی در این دوره به ترتیب به ۲۹/۳۰ و ۷۰/۳۰ درجه سلسیوس رسیده است.

تبدیل درجه کلون به درجه سلسیوس

سرانجام نقشه حرارتی براساس رابطه (۷) از درجه کلون به درجه سلسیوس تبدیل شد.

$$T_c = LST - 273.15$$

رابطه ۸:

نتایج و بحث

استخراج پارامترهای ارزیابی صحت طبقه‌بندی

پس از اعمال الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال، اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی شد. پیرو مطالعات پیشین (Tilahun, et al., 2015: 197; Sophia, et al., 2017: 617; Megahed, et al., 2015: 1756 کیانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹) در این مطالعه به منظور صحت طبقه‌بندی و محاسبه ضریب کاپا ۳۰۰ نقطه برای هر تصویر به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از تصاویر گوگل ارث صحت کلی و ضریب کاپا برای هر تصویر طبقه‌بندی‌شده محاسبه و استخراج شد. جدول (۴).

جدول ۴: ضریب کاپا و دقت طبقه‌بندی تصاویر

به روش حداکثر احتمال

سال	ضریب کاپا	دقت طبقه‌بندی
۱۹۸۴	۰/۸۲	۰/۸۶
۲۰۰۰	۰/۸۶	۰/۹۰
۲۰۱۷	۰/۸۰	۰/۹۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

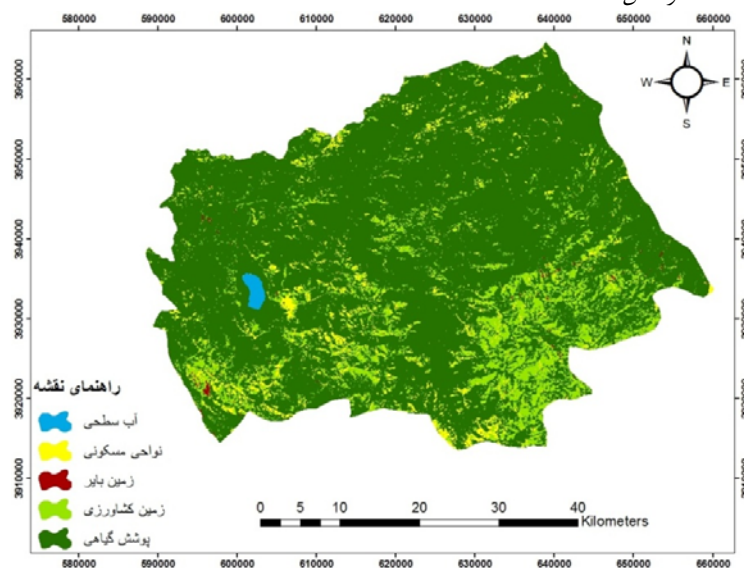
استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و نقشه تغییرات دمایی

در این مطالعه ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث و با رعایت همپوشانی نقاط تعلیمی در سرتاسر منطقه، نقشه کاربری اراضی در چهار کلاس به شرح جدول (۵) از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد، سپس میزان

جدول ۶: نام کلاس، مساحت و درصد کاربری‌های استخراج‌شده از تصویر سال ۱۹۸۴

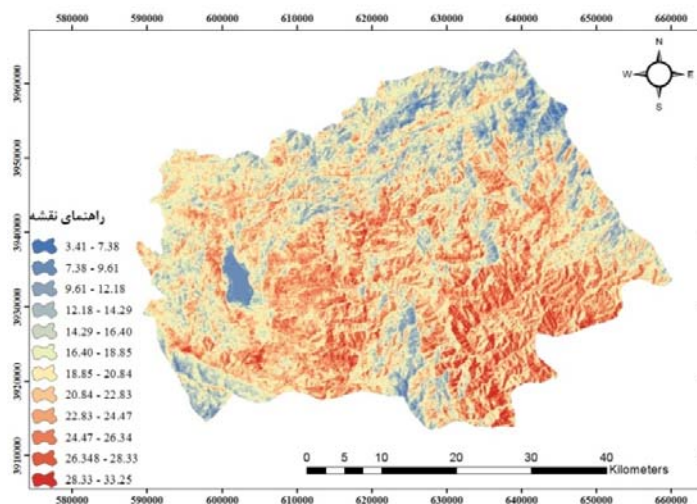
سال	نام کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱۹۸۴	پوشش گیاهی	۵/۱۹۱۷	۰/۸۸۳
	زمین کشاورزی	۶۲/۲۷۲	۸۱/۱۱
	زمین بایر	۱۵/۵	۰/۰۳
	نواحی مسکونی	۵۴/۱۰۴	۵۲/۴
	آب سطحی	۱۱/۸	۳۵/۰
	مجموع	۹۳/۲۳۰۷	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۲: نقشه کاربری‌های استخراج‌شده مربوط به سال ۱۹۸۴

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۳: نقشه تغییرات دمایی باند ۶ لندست ۷ مربوط به سال ۱۹۸۴ برحسب درجه سلسیوس

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

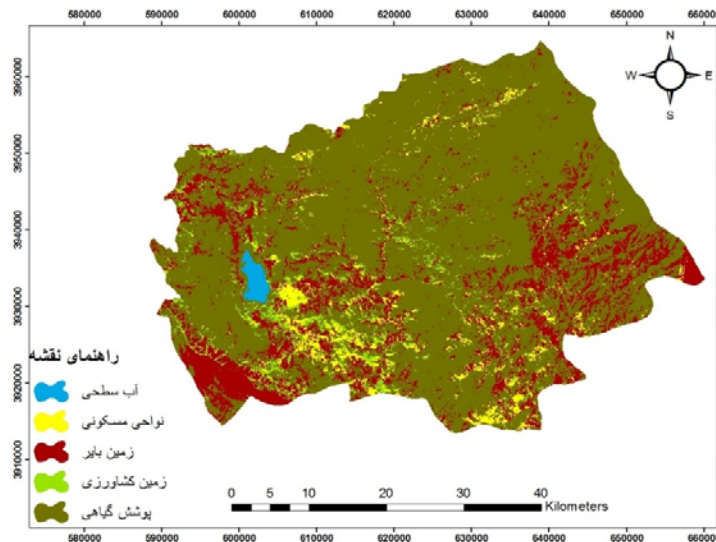
دوره ۶۹/۳۵ درجه سلسیوس بوده که نسبت به سال ۱۹۸۴ به میزان ۲/۴۴ درجه سلسیوس افزایش را نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت که یکی از دلایل افزایش دمای این دوره نسبت به دوره قبل، همین مسأله است. افزایش درجه حرارت دمای سطح زمین موجب شده که منابع برفی ارتفاعات ذوب شود و همین مسأله افزایش سطح دریاچه زریبار را در پی داشته است؛ به طوری که از ۱۱/۸ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به میزان ۷۲/۱۴ کیلومتر مربع رسیده و به عبارتی معادل ۶۶/۶ کیلومتر مربع به مساحت آب‌های سطحی شهرستان افزوده شده است. در این دوره مساحت زمین‌های بایر نسبت به دوره قبل افزایش داشته و علت اصلی افزایش دمای این دوره همین مسأله است، چرا که بیشینه دمای این دوره متعلق به زمین‌های بایر به میزان ۶۹/۳۵ درجه سلسیوس است (شکل ۹) کاربری‌های زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی به دلیل کاهش مساحت نسبت به دوره قبل به ترتیب با کاهش دما به میزان ۳/۰ درجه و افزایش دما به میزان ۰۲/۵ درجه سلسیوس مواجه شدند که این مسأله تأثیر تغییرات کاربری بر افزایش دمای ناحیه را نشان می‌دهد (شکل ۱۰).

در سال ۲۰۰۰ (جدول ۷) کاربری پوشش گیاهی همانند دوره قبل با ۷۳/۷۳ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده، اما میزان آن نسبت به دوره قبل، ۳۵/۹ درصد کاهش داشته است؛ به عبارت دیگر، حدود ۷/۲۰۵ کیلومتر مربع از پوشش گیاهی منطقه کم شده است. همچنین از مساحت زمین‌های کشاورزی این دوره نسبت به دوره قبل به میزان ۲۲/۱۸۵ کیلومتر مربع کم شده است که بیشترین این مساحت تبدیل به زمین‌های بایر شده؛ به طوری که مساحت این زمین‌ها در این دوره به ۸۰/۱۷ درصد رسیده که نسبت به دوره قبل به میزان ۸۷/۴۰۵ کیلومتر مربع افزایش داشته است. پوشش‌های گیاهی به خصوص درختان، با جذب انرژی خورشید و تعرق آب از طریق برگ‌های خود به داخل جو و همچنین با ایجاد سایه، یک سیستم تهویه مطبوع طبیعی هستند و حذف گیاهان با بالا رفتن گرما همراه است (Weng, 2004:477). با توجه به اشکال (۸) و (۹)، در این دوره به دلیل کاهش پوشش گیاهی، کاهش زمین‌های کشاورزی و به خصوص افزایش به نسبت زیاد زمین‌های بایر در منطقه موجب افزایش دمای شهرستان مریوان شده، به طوری که بیشینه دمای این

جدول ۷: نام کلاس، مساحت و درصد کاربری‌های استخراج شده از تصویر سال ۲۰۰۰

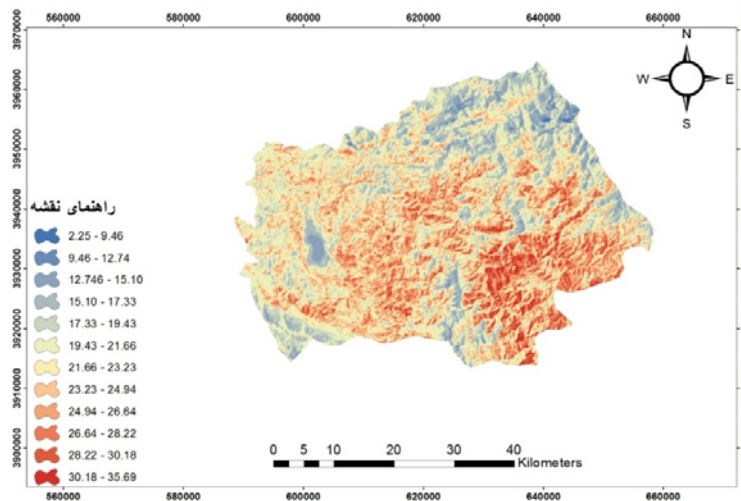
سال	نام کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۲۰۰۰	پوشش گیاهی	۸/۱۷۰۱	۷۳/۷۳
	زمین کشاورزی	۴۰/۸۷	۲۸/۳
	زمین بایر	۰۲/۴۱۱	۸۰/۱۷
	نواحی مسکونی	۹۸/۹۲	۰۲/۴
	آب سطحی	۷۲/۱۴	۰/۶۳
	مجموع	۹۴/۲۳۰۷	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۴: نقشه کاربری‌های استخراج شده مربوط به سال ۲۰۰۰

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۵: نقشه تغییرات دمایی باند ۶ لندست ۷ مربوط به سال ۲۰۰۰ برحسب درجه سلسیوس

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

به ترتیب ۹/۸۶ و ۱۲/۲۷۲ کیلومتر مربع بوده است که یکی از دلایل آن می‌تواند افزایش ساخت‌وساز و تبدیل این زمین‌ها به زمین‌های بایر باشد. به طوری که بیشترین افزایش تغییرات کاربری‌ها در این دوره به نواحی مسکونی تعلق داشته که میزان این تغییرات برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ نسبت به سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۵۷/۴۶۰ و ۰/۴۴۹ کیلومتر مربع بوده است.

در این دوره همانند دو دوره قبل بیشترین مساحت به پوشش گیاهی، به میزان ۱۶/۱۵۴۸ کیلومتر مربع تعلق دارد که میزان آن نسبت به سال‌های ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ به ترتیب معادل ۶۴/۱۵۳ و ۳۴/۳۶۹ کیلومتر مربع کاهش داشته است. نواحی کشاورزی در این دوره کاهش قابل توجهی نسبت به سال‌های ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ داشته که میزان این کاهش

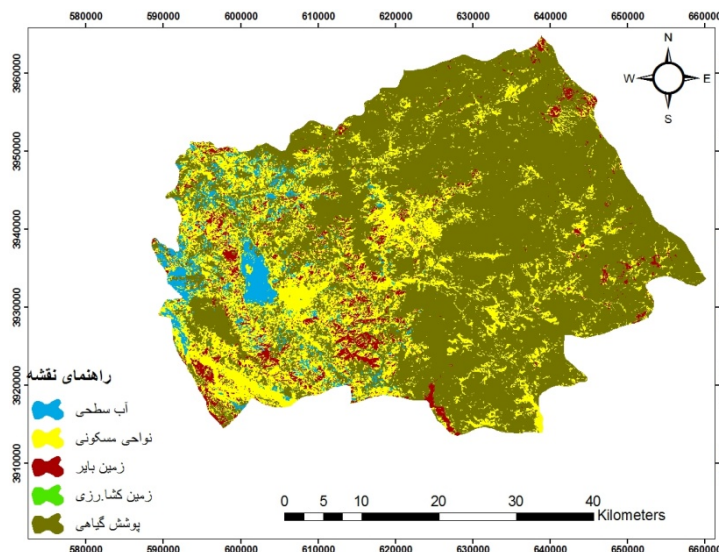
آماري روند كسر پوشش گياهي و زمين‌هاي كشاورزي گوياي اين امر مي‌باشند. در اين دوره پوشش گياهي و زمين‌هاي كشاورزي در منطقه، روند كاهشي خود را ادامه داده است و نواحي مسكوني افزايش داشته كه همين مسأله يكي از دلايل افزايش دماي شهرستان مريوان بوده است و با توجه به نقشه‌ي تغييرات دمائي، اين افزايش دما نسبت به سال‌هاي ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ حدود ۲/۵۶ و ۵ درجه سلسيوس بوده است. در اين دوره مقدار بيشينه دما به دليل رشد نواحي مسكوني به اين بخش تعلق داشته كه به ميزان ۳۸/۲۵ درجه سلسيوس بوده است كه اين مسأله به دليل افزايش مساحت نواحي مسكوني در اين دوره نسبت به دو دوره قبل است. افزايش دما نسبت به سال‌هاي ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ در اين بخش به ترتيب ۳/۴۷ و ۵ درجه سلسيوس و مقدار بيشينه دما در بخش‌هاي پوشش گياهي، زمين‌هاي باير و زمين‌هاي كشاورزي به ترتيب ۳۷/۳۴، ۴۳/۳۶ و ۳۱/۳۵ درجه سلسيوس بوده است.

بالا رفتن ساخت‌وساز و رشد فيزيكي شهر از دلايلي است كه دماي يك شهر را بالا مي‌برد. از سوي ديگر، كاهش پوشش گياهي و زمين‌هاي كشاورزي مي‌تواند منجر به افزايش زمين‌هاي باير نيز شود؛ به طوري كه زمين‌هاي باير در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ و ۱۹۸۴ به ترتيب به ميزان ۴۳/۳۰۰ كيلومتر مربع افزايش و ۴۴/۱۰۵ كيلومتر مربع كاهش را نشان مي‌دهد. همان‌طور كه در نقشه دما مشاهده مي‌شود، از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ دماي شهرستان مريوان به ميزان ۵ درجه سلسيوس افزايش داشته كه متأثر از تغييرات پوشش گياهي، از بين رفتن جنگل‌ها، كاهش زمين‌هاي كشاورزي و تبديل آن‌ها به زمين‌هاي باير و افزايش ساخت‌وساز بوده است. توسعه كالبدي شهر و افزايش سطوح نفوذناپذير علاوه بر تخريب باغات و زمين‌هاي كشاورزي اطراف شهر، بر پوشش‌هاي گياهي دورتر از محدوده شهري نيز تاثير داشته است. با توسعه شهر و افزايش جمعيت، تقسيم اراضي و تغيير کاربري كشاورزي به وجود آمده است كه نتايج

جدول ۸: نام كلاس، مساحت و درصد کاربري‌هاي استخراج شده از تصوير سال ۲۰۱۷

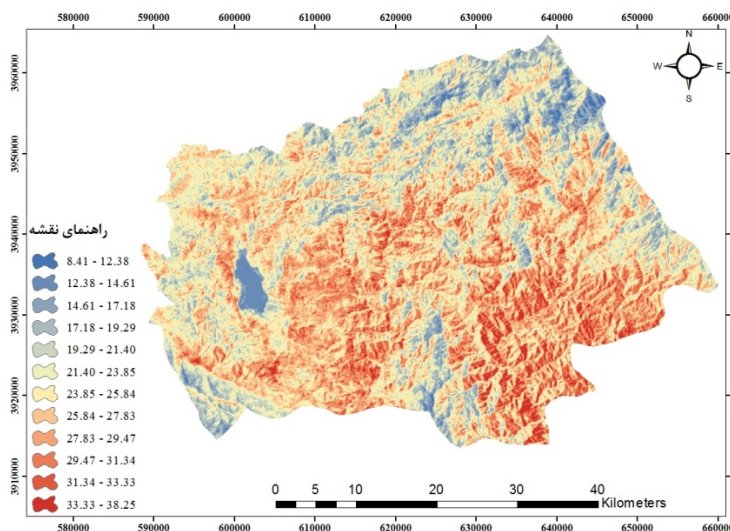
سال	نام کاربري	مساحت (كيلومتر مربع)	درصد مساحت
۲۰۱۷	پوشش گياهي	۱۶/۱۵۴۸	۰۷/۶۷
	زمين كشاورزي	۵۰/۰	۰۲/۰
	زمين باير	۵۹/۱۱۰	۲۹/۴
	نواحي مسكوني	۵۵/۵۵۳	۹۸/۲۳
	آب سطحي	۱۲/۹۵	۱۲/۴
	مجموع	۹۳/۲۳۰۷	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۶: نقشه کاربری‌های استخراج‌شده مربوط به سال ۲۰۱۷

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۷: نقشه تغییرات دمایی باندست ۱۰دست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۷ برحسب درجه سلسیوس

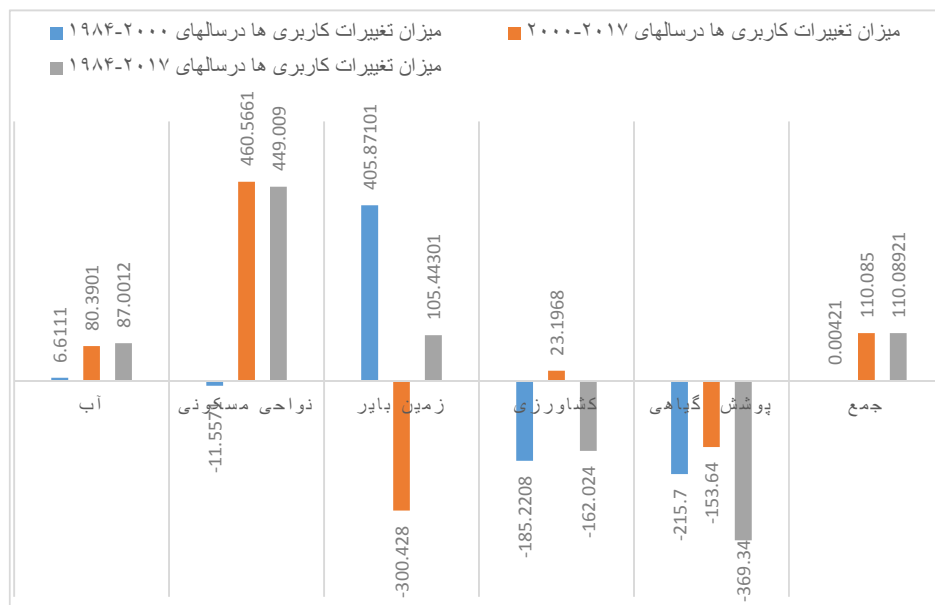
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

اشتراک این مطالعات با پژوهش صورت‌گرفته، وجود یک ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و تغییرات کاربری اراضی است؛ به عبارت دیگر نتایج، روند رشد شهری را در جهت تخریب پوشش گیاهی نشان می‌دهد. افزایش نواحی مسکونی و کاهش پوشش

مقایسه نتایج این مطالعه با سایر پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهد که یافته‌های این مطالعه با نتایج امیری و همکاران (۱۳۸۶)، عبدالمی و همکاران (۱۳۸۷)، نانومورا و همکاران (۲۰۰۹)، ایفات و همکاران (۲۰۱۴) و رونالد و همکاران (۲۰۱۷) همسو بوده است. وجه

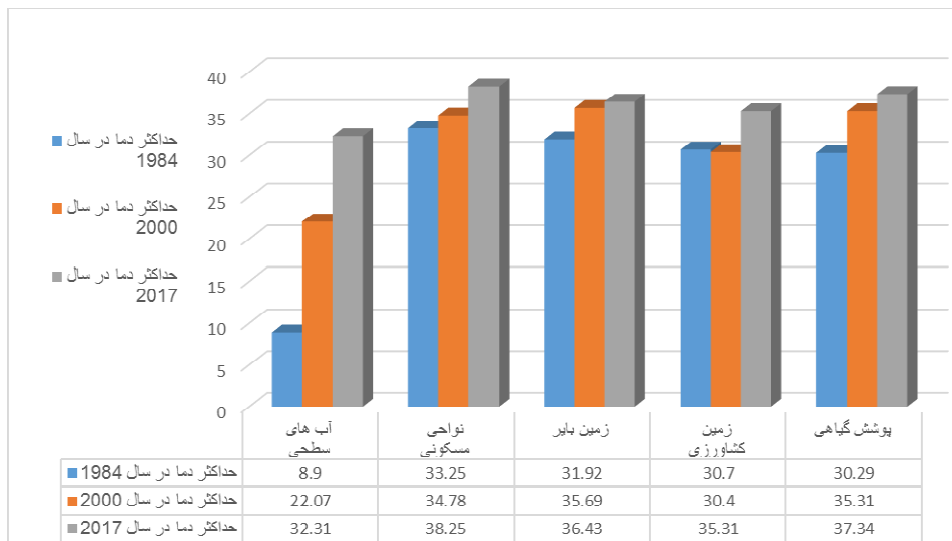
نواحی مسکونی و زمین‌های بایر در طی دوره مورد مطالعه، یکی دیگر از دلایل اهمیت پوشش گیاهی در تعدیل دماست که در این مطالعات به‌وضوح دیده می‌شود.

گیاهی، دمای سطح زمین را در طی دوره‌های مورد مطالعه افزایش داده است. همچنین کاهش زمین‌های کشاورزی و تبدیل آن‌ها به نواحی بایر، از دیگر دلایل افزایش دما در منطقه بوده است. وجود دمای بالا در



شکل ۸: مساحت تغییرات کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه برحسب کیلومتر مربع

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

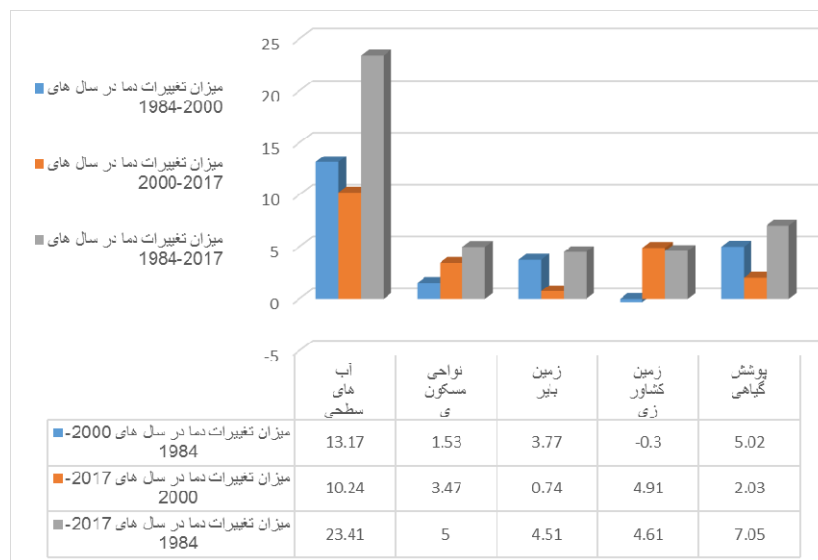


شکل ۹: مقدار بیشینه دمای هر کدام از طبقات کاربری‌ها برحسب درجه سلسیوس

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

گیاهی بوده است. از سوی دیگر، از دلایل افزایش زمین‌های بایر و کم‌شدن زمین‌های کشاورزی طی دوره مورد مطالعه می‌توان به پایین بودن سود اقتصادی برای کشاورزان، موقعیت کوهستانی و صعب‌العبور بودن، قطعه‌قطعه بودن زمین‌های کشاورزی و کمبود خاک حاصلخیز به‌خصوص در ارتفاعات اشاره کرد که این دلایل موجب شده است بسیاری از زمین‌های کشاورزی این ناحیه به زمین بایر تبدیل شود که این امر یکی از دلایل افزایش دما در کاربری‌های کشاورزی و بایر است.

با توجه به بررسی آمار ایستگاه سینوپتیک شهرستان مریوان، بیشینه دمایی در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ به ترتیب ۲۸، ۳۱/۸ و ۳۲/۵ است که در مقایسه با مقادیر به‌دست‌آمده از LST، نتایج روند افزایش دما را نشان می‌دهد (<http://www.irimo.ir>). همچنین نتایج در این مطالعه نشان می‌دهد، با بالا رفتن جمعیت، مساحت نواحی مسکونی طی دوره‌های مورد مطالعه افزایش داشته و افزایش ساخت‌وساز تأثیر منفی بر پوشش گیاهی اطراف شهر داشته و همین امر یکی از دلایل افزایش دما در کاربری پوشش



شکل ۱۰: مقدار تغییرات دمایی در هر کدام از طبقات کاربری‌ها برحسب درجه سانتی‌گراد

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

روند افزایشی را در دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین به‌منظور استخراج دمای سطح زمین، از الگوریتم SEBAL استفاده شد که نتایج نشان می‌دهد مقادیر دما در کاربری‌های پوشش گیاهی، زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر و نواحی مسکونی روند افزایشی داشته است. به‌عبارت دیگر، افزایش نواحی مسکونی در نتیجه رشد شهر مریوان باعث از بین رفتن پوشش گیاهی اطراف شهر شده و همین امر موجب

نتیجه

پژوهش حاضر با هدف تعیین ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین انجام گرفت. نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه ارتباط بین تغییرات کاربری‌ها را در افزایش دما سطح زمین نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، طی بررسی انجام‌شده مشخص شد که کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی روند کاهشی و کاربری‌های نواحی مسکونی و زمین‌های بایر

با توجه به مباحث گفته شده در رابطه با تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین، نتایج این مطالعه می‌تواند کاربردهای مختلفی در زمینه کشاورزی، محیط زیست، اقلیم‌شناسی، برنامه‌ریزی شهری و روستایی زمین‌شناسی و... داشته باشد.

منابع

- آخوندزاده، مهدیریا؛ محمدرضا سراجیان (۱۳۸۶). کاربرد تصاویر ماهواره‌های Terra-ASTER در نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری، مجموعه مقالات دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، قطب علمی مهندسی نقشه‌برداری و مقابله با سوانح طبیعی. دانشکده فنی دانشگاه تهران. صفحه ۱۵.
- آرخی، صالح؛ یعقوب نیازی (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مختلف سنجش‌ازدور برای پایش تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه دره شهر- استان ایلام) فصل‌نامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۷ (۱): صفحات ۹۳-۷۴.
- آرخی، صالح؛ حیدر ابراهیمی؛ افشین شعبانی (۱۳۹۱). ارزیابی الگوی مکانی روند تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از روش‌های دسته تبدیل (مطالعه موردی: حوضه دره شهر- استان ایلام) ۱۲(۳۸): ۱۸۲-۱۶۲.
- امیری، رضا؛ عباس علی‌محمدی؛ سیدکاظم علوی‌پناه (۱۳۸۶). مطالعه تغییرپذیری مکانی- زمانی حرارت در ارتباط با کاربری پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی سنجنده‌های TM و ETM+ لندست، مجله محیط‌شناسی ۴۳. صفحات ۱۲۰-۱۰۷.
- پیرنظر، مجتبی؛ آرش زندکرمی (۱۳۹۴). راهنمای کاربری نرم‌افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتشارات ناقوس. چاپ اول. تهران.

- افزایش دما در این نواحی شده است؛ چرا که از بین رفتن رستنی‌ها و گیاهان و جایگزینی آن‌ها با مواد و مصالح تیره‌رنگ ساختمانی باعث بالارفتن دما در طول روز و کاهش آن در طول شب می‌شود. همچنین وجود پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در اطراف شهرها موجب کاهش و تعدیل دمای سطح زمین می‌شود که این مسأله بر زندگی ساکنان شهر تأثیر مستقیم می‌گذارد؛ بنابراین برنامه‌ریزی ساخت‌وساز شهرها باید به گونه‌ای باشد که کمترین تأثیر را بر پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی این نواحی داشته باشد. از سوی دیگر، بی‌توجهی به کشاورزی از سوی روستاییان، دلیل افزایش زمین‌های بایر در منطقه بوده است؛ چراکه کشاورزی در این منطقه به علت وسعت کم زمین‌های کشاورزی، صرفه اقتصادی برای روستاییان ندارد و کشاورزی بیشتر در جهت خودکفایی خانوارها صورت می‌گیرد و جنبه صادرات به بازارهای داخلی و خارجی را ندارد؛ از سوی دیگر، به دلیل نبود سرمایه‌گذاری در جهت ساخت مکانی که این فراورده‌ها را به مواد غذایی تبدیل کند، از دیگر دلایل بی‌توجهی روستاییان به کشاورزی است. به منظور جلوگیری از افزایش دمای سطح زمین پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:
- گسترش فضاهای سبز شهری و ایجاد پارک‌های سبز در داخل شهر.
- برنامه‌ریزی برای روند رشد و گسترش شهر، شهر باید به گونه‌ای رشد کند که کمترین تأثیر را بر پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی اطراف داشته باشد.
- سرمایه‌گذاری و توجه به کشاورزی منطقه از سوی سازمان‌ها و نهادهای مربوط.
- احداث باغات و پارک‌های جنگلی در اطراف شهر.
- ترویج روستاییان به کشاورزی از طریق یکپارچه کردن زمین‌ها و صادرات محصولات کشاورزی به بازارهای داخلی و خارجی.

فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال هفدهم، شماره ۵۴، بهار ۱۳۹۸

- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، منتشرشده در ۲۳ اسفند ۱۳۹۵. مرکز آمار ایران.

- هاشمی، محمد؛ سیدکاظم علوی پناه؛ مرتضی دیناروندی (۱۳۹۱). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی، مجله محیط شناسی، ۳۹ (۱). صفحات ۹۱-۸۱.

- ولی زاده کامران، خلیل (۱۳۹۰). جزوه پردازش تصاویر ماهواره ای در محیط ENVI، دانشگاه تبریز.

- یوسفی، صالح؛ حمیدرضا مرادی؛ سیدحمزه حسینی؛ سمیه میرزایی (۱۳۹۰). پایش تغییرات کاربری اراضی میروان با استفاده از سنجنده های TM و ETM+ ماهواره Landsat، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در منابع طبیعی. ۳۲ (۳). صفحات ۱۰۵-۹۷.

- Adel Effat, H, Abdel Kader, O (2014). Change detection of urban heat islands and somere lated parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, journal of Urban Climate, 10, 171-188.

- Artis, D A, Carnahan, W (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. Remote Sensing of Environment 12(4), 313-329

- Amiri, R, Weng, Q, Alimohammadi, A, Alavipanah, S K (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, 113(12), 2606-2617.

- Chavez, P.S (1996). Image- based atmospheric correction- revisited & improved. Photogrammetric Engineering & remote sensing, 62(9), 1025- 1036.

- Landsat Project Science Office (2002). Landsat 7 Science Data User's Handbook. Available online from following website:

- http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html, Goddard Spa. Flight Center, NASA, Washington, 1-186.

- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربری (با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره ای)، انتشارات دانشگاه تبریز. چاپ اول. تهران.

- رضانی، بهمن؛ سیدمریم دخت محمد (۱۳۸۹). شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری. ۱۱ (۱). صفحات ۶۴-۴۹.

- سایت سازمان هواشناسی کشور، داده های اقلیمی و تاریخچه ای <http://www.irimo.ir>

- عبدالهی، جلال؛ علی محمد چراغی؛ محمدحسن رحیمیان (۱۳۸۷). مقایسه آثار زیست محیطی تغییر کاربری اراضی بر تغییر پوشش گیاهی و دمای سطحی در مناطق شهری و غیرشهری با به کارگیری سنجش از دور، مجله محیط شناسی. ۳۴ (۴۵). صفحات ۹۶-۸۵.

- عزیززاده ربیعی، حسن (۱۳۹۱). سنجش از دور (اصول و کاربرد)، انتشارات سمت. چاپ دوازدهم. تهران.

- علوی پناه، سیدکاظم (۱۳۸۵). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. تهران.

- علوی پناه، سیدکاظم؛ حمیدرضا متین فر؛ عمار رفیعی امام (۱۳۸۷). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول. تهران.

- فیضی زاده، بختیار؛ سید محمود حاجی میررحیمی؛ (۱۳۸۷). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرک اندیشه تبریز با استفاده از روش طبقه بندی شیء گرا، همایش ژئوماتیک صفحه ۱۰.

- کیانی، واحد؛ افشین عزیززاده شعبانی؛ علی اکبر نظری سامانی (۱۳۹۳). ارزیابی صحت طبقه بندی تصویر ماهواره با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Eart به منظور تهیه نقشه پوشش/کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)، فصل نامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). ۲۳ (۹). صفحات ۶۰-۵۱.

- Richards. J. A., Xiuping. J (2006). Remote sensing Digital Image Analysis, An Introduction, chapter 9, 4th Edition, Springer.
- Sobrino, J A, Jiménez- Munoz, J C, Paolinib, L (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM ,Remote Sensing of Environment, 90, 434-440.
- Sophia, S, Rwanga, Ndambuki, J, M (2017). Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS, International Journal of Geosciences, 2017, 8, 611-622.
- Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL), 2002, Advanced Training and User's Manual Version 1.0, August.
- Tilahun, A, Teferie, B (2015). Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth, American Journal of Environmental Protection, 2015; 4(4): 193-198.
- Weng, Q, Lu, D J, Schubring, J (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance Relationship for urban heat island studies. Remote sensing of environment. 89, 467-483.
- Wubet, M, T (2003). Estimation of Absolute Surface Temperature by Satellite Remote sensing, Unpublished M.Sc. Thesis Netherlands, International Institute for Geo Information Science and Earth Observation. Enscheda, the Netherlands.
- Xiao, RB, Ouyang, ZY, Zheng, H, Li, W F, Schienke, EW, Wang, XK (2007). Spatial Pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China. Journal of National Library of Medicine, National Institute of Health, U.S, 19: 250- 256.
- Lillesand, T, Kiefer, R W (1987). Remote sensing and Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition, John Willy and sons, New York.
- Lu, D, Weng, Q (2006). Spectral mixture analysis of ASTER images for examining the relationship between urban thermal features and biophysical descriptors in Indianapolis, Indiana, USA. Remote Sensing of Environment, 104(2): 157-167.
- Mather, P (2001). Classification methods for remotely sensed Data, Taylor& Francis publisher, First Edition, London,
- Megahed, Y, Cabral,P, Silva, J, Caetano, M (2015). Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region-Egypt, International Journal of Geo-Information, 2015, 4, 1750-1769.
- Nonomura, A, Kitahara, M, Masuda T (2009). Impact of land use and land cover changes on the ambient temperature in a middle scale city, Takamatsu, in Southwest Japan. Journal of environmental management, 90(11): 3297-3304.
- Owen, T W, Carlson, T N, Gillies, R (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. International Journal of Remote Sensing, 19(9):1663-1681
- Ramezani, B, Mohammadi, M (2011). The Recognition of Urban Heat Island in Rasht City, journal of physical geography, 3(10): 111-125.
- Ronald, C, Estoque, M, Yuji, M, S W (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia, National Library of Medicine, U.S,15(577),349-359.
- Roth, M, Oke, T R, Emery, W (1989). Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. International Journal of Remote Sensing, 10(11): 1699-1720.

