

## ارزیابی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)

الهه اکبری\*، مربی سنجش از دور و GIS، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مجید ابراهیمی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

حمید نژادسلیمانی، کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، مشهد، ایران

بختیار فیضی‌زاده، دانشجوی دکتری ژئوانفورماتیک، بورسیه مرکز سنجش از دور و GIS گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

وصول: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۶، صص ۱۷۰-۱۵۱

### چکیده

دمای سطح زمین همواره به دلیل عوامل انسانی و طبیعی در حال تغییر است که می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در میزان محصولات کشاورزی و فرایندهای خاکسازي در سطح زمین شود. در این راستا استفاده از سنجش از دور به عنوان یک تکنولوژی کارآمد در مطالعات تغییرات کاربری اراضی و نیز بررسی دمای سطح زمین همواره مورد نظر کارشناسان بوده است. در این مطالعه از روش سبال (SEBAL) (الگوریتم تعدیل یافته انرژی سطح برای زمین) در حوضه آبخیز طالقان به منظور مدل نمودن دمای سطح زمین (LST) و تعیین ارتباط آن با کاربری/پوشش اراضی (LULC) استفاده شده است. برای این منظور از تصاویر TM (۱۹۸۷) و ETM<sup>+</sup> (۲۰۱۰) استفاده شده و پس از انجام مراحل مختلف پردازش تصاویر نسبت به استخراج نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) در دوره زمانی ۲۳ ساله اقدام گردید. دقت طبقه‌بندی به روش SVM با بررسی از طریق داده‌های حقایق زمینی، در تصویر TM و ETM<sup>+</sup> برحسب ضریب آماری کاپا به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۹ و براساس دقت کلی ۸۸/۳۷ و ۹۲/۸۶ درصد بدست آمده است. بیشترین تغییرات کاربری اراضی در اراضی مرتعی به چشم می‌خورد که به اراضی مرتعی با اهمیت پایین تر یا اراضی بایر تبدیل شده‌اند. علاوه بر این، افزایش بیابان‌زایی و کاهش پوشش گیاهی، روند افزایش دمای سطح زمین (LST) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیشترین LST در مناطق مسکونی و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشهود است که با گذشت سالیان متمادی نیز روند افزایش دما قابل تأمل است. نتایج این پژوهش در مطالعات حفاظت منابع طبیعی بسیار کاربردی بوده و می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی‌های حفاظت منابع طبیعی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، تغییرات کاربری اراضی، دمای سطح زمین، روش سبال، حوضه آبخیز طالقان.

## مقدمه

صورت عدم وجود شبکه متراکم ایستگاه هواشناسی مستقر بر روی زمین، توزیع مکانی - زمانی LST از طریق تصاویر سنجش از دور، می‌تواند به عنوان پارامتر کلیدی در مدیریت پایدار، نظیر مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی چشم‌انداز و همچنین در مطالعات کشاورزی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Feizizadeh et al, 2012:2). یکی از مهمترین کاربردهای بالقوه LST تولید شده با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، اعتبارسنجی و بهبود مدل‌های پیش‌بینی هواشناسی جهانی پس از اجماع و پارامتردهی مناسب است (Price 1982: 1111; Diak and Whipple 1993:190). علاوه بر این، بازیابی LST، برای تشخیص پوشش گیاهی سالخورده نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (French et al 2000). دمای سطح زمین (LST) به دست آمده از تصاویر سنجش از دور در تجزیه و تحلیل کاربری/پوشش اراضی (LULC<sup>۲</sup>) نیز می‌تواند به کار رود (Ehrlich and Lambin, 1996). دمای سطح زمین (LST) را می‌توان همچنین در نظارت بر خشکسالی و برآورد سطح رطوبت خاک (Feldhake et al 1996; McVicar et al 1998)، بررسی احتیاجات آبی گندم (Jackson et al, 1977) و تعیین یخبندان در باغ‌های پرتقال (Caselles and Sobrino, 2002; Wan et al, 1989) مورد استفاده قرار داد. این در حالی است که اندازه‌گیری زمینی LST برای طیف وسیعی از مقیاس‌های فضایی و زمانی، با توجه به زمان‌بر و هزینه‌بر بودن آن، بسیار دشوار است (Hong et al, 2005: 147). در مناطق صعب‌العبور،

سطح زمین بر اثر پدیده‌های طبیعی و بخصوص عوامل انسانی همواره در حال تغییر است (شیخ حسنی، ۱۳۸۰: ۲). در مقیاس جهانی بسیار اذعان شده که تغییرات کاربری/پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل‌زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود (Feizizadeh et al, 2012:1). دمای سطح زمین<sup>۱</sup> (LST) عاملی مهم در مطالعات جهانی و تغییر و تعادل گرمات و به عنوان نماینده‌ای برای تغییر آب و هوا به شمار می‌رود (Srivastava et al, 2009:1563). به طوری که عامل مهمی در کنترل فیزیکی - شیمیایی و فرآیندهای زیستی زمین محسوب می‌شود (Alavipanah et al, 2007: 287). آگاهی از میزان LST کمک شایان توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط خواهد نمود (Mallick et al, 2008:131). انواع کاربری اراضی، میزان LST را تحت تأثیر قرار داده و می‌تواند به عنوان شاخصی برای بررسی روند آن قلمداد شود (Weng et al, 2007; Dontree 2010). دمای سطح زمین توسط تعادل انرژی سطح زمین و اتمسفر و همچنین خواص حرارتی سطحی و زیر سطحی کنترل می‌شود و پارامتر مهمی در بسیاری از مدل‌های زیست محیطی به شمار می‌رود (Srivastava et al, 2009:1563). پژوهش در LST نشان می‌دهد که آن، تابعی از پاسخ انرژی سطح در پدیده‌های متنوع آب، خاک، پوشش گیاهی و غیره است (Owen et al, 1998:1664). در

پشتیبان<sup>۱</sup> (SVM)، یکی از مهمترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده بر اساس نمونه‌های آموزشی<sup>۲</sup> است (Karimi et al, 2006:100) که امکان طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با دقت مطلوب را فراهم می‌آورد. این روش اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط واپنیک<sup>۳</sup> و همکاران ابداع شد (انتظاری و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲). عدم نیاز به دانش قبلی از توزیع آماری داده‌های مورد نظر، مزیت مهم این روش است. علاوه بر این، روش SVM امکان کاهش خطای طبقه‌بندی با افزایش سطح تفکیک‌پذیری در کلاس‌های مورد طبقه‌بندی را فراهم می‌آورد (Petropoulos et al, 2010:306). این مزیت، SVM را قادر می‌سازد تا در پردازش داده‌هایی با ابعاد زیاد و یا کلاس‌هایی با فضای توزیع چند بعدی عوارض، بهتر عمل کند و اغلب در مقایسه با روش‌های پارامتریک یا غیر پارامتریک دیگر نتایج بهتری را تولید نماید (Waske and Benediktsson, 2007:3859; Koetz et al, 2008:264; Sanchez-Hernandez et al, 2007: 84). در بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین، ندولتی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) با استفاده از ۴ دوره تصویر ماهواره‌ای لندست به این نتیجه رسیده‌اند که همبستگی منفی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برقرار است. فیضی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، در منطقه مراغه به بررسی دمای سطح زمین به روش سبال با استفاده از تصویر ETM<sup>+</sup> پرداختند. از طرف دیگر ارتباط کاربری اراضی/پوشش زمین را با دمای سطح زمین مقایسه نمودند و دریافتند که مناطق شهری و

ایستگاه‌های هواشناسی و بررسی‌های میدانی معمولاً کم یا نامنظم توزیع شده است. استفاده از روش‌های سستی درون‌یابی نیز در این موقعیت‌ها با بروز مشکلات و کمبود دقت مواجه خواهد بود (Steinacker et al, 2006:2758; Neteler, 2010:333). اما داده‌های سنجش از دور به‌طور گسترده و در سطح وسیع در دسترس است و بنابراین می‌توان توزیع فضایی از مؤلفه‌های تعادل انرژی مانند دمای سطح و آلبدو را تجزیه و تحلیل کرد (Taschner and Ranzi, 2002; Ranzi et al, 2004:1144; Mihalcea et al, 2008:342). پردازش تصاویر ماهواره‌ای سنجش از دور حرارتی به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین (LST) و خصوصیات بیوفیزیکی سطح می‌تواند منجر شود (Feizizadeh and Blaschke, 2012-b). دمای سطح زمین، به‌طور گسترده با توسعه فن‌آوری‌های سنجنده‌های سنجش از دور حرارتی مورد مطالعه قرار گرفته است (Lv and Zhuo 2011: 1288). طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهمترین مراحل در استخراج اطلاعات از تصاویر رقومی ماهواره‌ای است که دستیابی به دقت‌های متفاوت را امکان‌پذیر می‌نماید (فیضی‌زاده وهلالی، ۱۳۸۹:۷۳). با توجه به اهمیت این موضوع، محققین برای دستیابی به تغییرات کاربری اراضی از روش‌های مختلف طبقه‌بندی آماری و غیرآماري استفاده نموده‌اند و پژوهش‌های گسترده‌ای در مورد نحوه عملکرد و اصول تئوری روش‌های طبقه‌بندی صورت گرفته است. در بین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، روش طبقه‌بندی ماشین بردار

1 Support Vector Machine(SVM)

2 Regional interest

3 Vapnik

4 Nduati et al

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز طالقان است. این حوضه با مساحت ۱۳۵۲۰۰ هکتار در مختصات جغرافیایی ۳۲° ۵' تا ۳۶° ۲۳' ۱۰" عرض شمالی و ۴۴° ۲۰' تا ۴۴° ۱۰' ۵۱" طول شرقی قرار گرفته است. این منطقه با شرایط کوهستانی مرتفع در ارتفاع ۲۶۵۶ متر از سطح دریا واقع شده است. در طول دو دهه گذشته این منطقه تغییرات کاربری اراضی متفاوتی را تجربه نموده است و عوامل مختلف و بخصوص احداث سد طالقان در تغییر کاربری اراضی این منطقه تأثیر بسزایی داشته است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

اراضی با رخنمون سنگی، بیشترین میزان دمای سطح را دارا هستند. زدهانگ و بان<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) به بررسی اثر توسعه شهری بر دمای سطح زمین با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند و دریافتند که LST از الگوی متحدالمرکز برخوردار نیست اما در اطراف جاده پر تردد این شهر، بیشترین دما به چشم خورده است. کارنلی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ارتباط LST و شاخص پوشش گیاهی در سنجش از دور برای ارزیابی خشکسالی پرداخته و به ارتباط معکوس بین آنها دست یافته‌اند. با توجه به شرایط کوهستانی منطقه و وسعت نسبتاً زیاد حوضه طالقان، هدف از این پژوهش، ارزیابی و محاسبه LST و بررسی تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۳ ساله و نیز تجزیه و تحلیل ارتباط زمانی \_ مکانی نتایج حاصل از طریق سنجش از دور است. برای دستیابی به این هدف، از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM<sup>+</sup> بر اساس مادون قرمز حرارتی<sup>۳</sup> در ترکیب با مادون قرمز نزدیک<sup>۴</sup> و طیف مرئی<sup>۵</sup> استفاده شده است. بعلاوه، از الگوریتم توازن انرژی برای سطح زمین (سبال)، که یکی از چندین الگوریتم سنجش از دور مورد استفاده برای استخراج LST است و نیز از روش SVM برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بهره گرفته شده است.

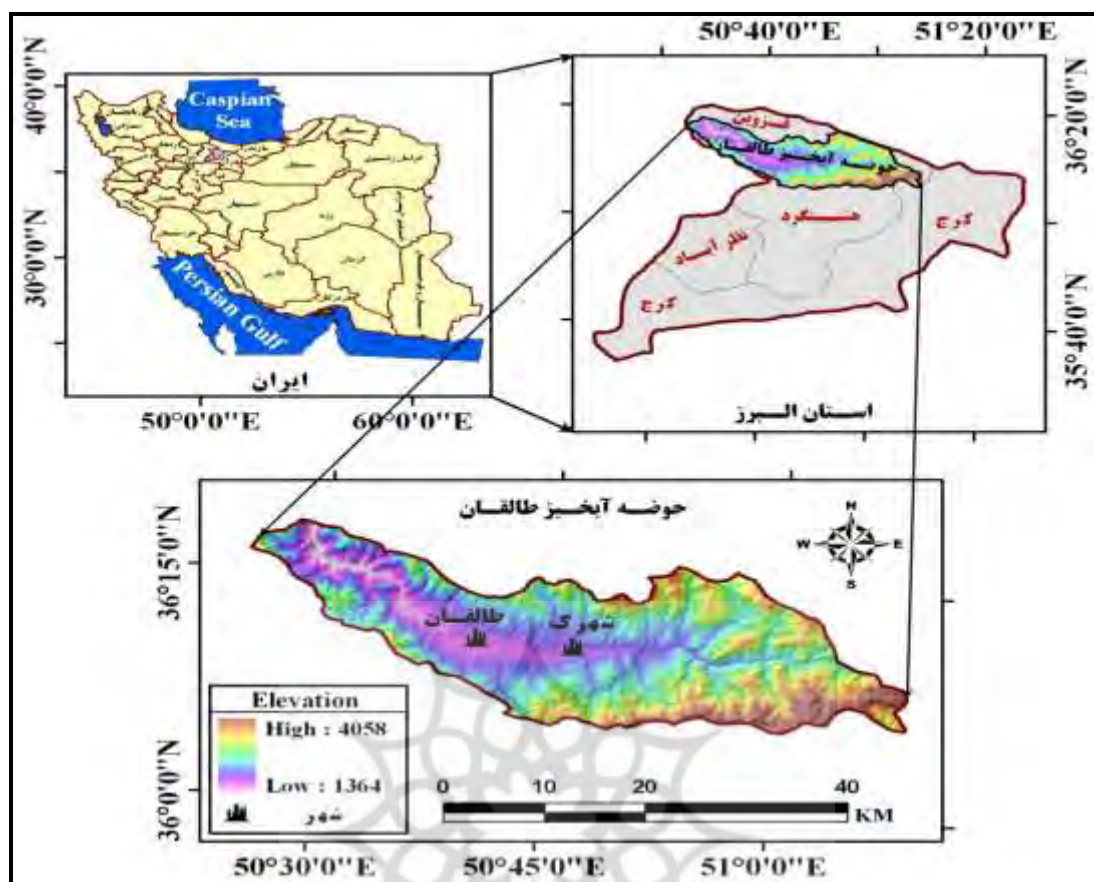
1 Zhang and Ban

2 Karnieli

3 Infrared Thermal

4 Near Infrared

5 Visible Spectrum



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

آموزشی برای طبقه‌بندی استفاده گردید. فرآیند پردازش داده‌ها در سه مرحله پیش<sup>۱</sup> پردازش<sup>۲</sup> و پس<sup>۳</sup> پردازش انجام شده است. با توجه به ضرورت انجام تصحیحات هندسی در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین، برای انطباق دقیق موقعیت پدیده‌ها و کلاسهای کاربری اراضی با مختصات جغرافیایی آنها در سطح طبیعت، بر پایه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقاط کنترل برداشت شده با GPS، تصاویر محدوده مورد

در این پژوهش به منظور بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM و ETM<sup>+</sup> ماهواره Landsat استفاده شده است. این تصاویر به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ هستند. علاوه بر این، از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به منظور انجام تصحیح هندسی و برداشت نمونه‌های آموزشی در مراحل قبل (به منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده) و بعد از طبقه‌بندی (به عنوان نقاط کنترل در ارزیابی دقت طبقه‌بندی) استفاده شده است. همچنین از داده‌های برداشت شده با GPS در طی عملیات میدانی نیز به منظور جمع‌آوری نمونه‌های

1 Pre-processing  
2 Processing  
3 Post-processing

در این پژوهش برای تعیین کلاس‌های کاربری اراضی تلفیقی از سطوح دو و سه سیستم طبقه‌بندی میشیگان<sup>۷</sup> در نظر گرفته شده است (Anderson et al, 1976,80). این کلاس‌ها عبارتند از: باغ، زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع درجه یک، مرتع درجه دو، مرتع درجه سه، اراضی بایر و مناطق مسکونی.

### طبقه‌بندی

طبقه‌بندی یکی از مهمترین روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر رقومی ماهواره‌ای است. در روش‌های معمول پیکسل پایه، طبقه‌بندی براساس ارزش عددی هر یک از پیکسل‌ها انجام می‌شود که نتیجه بازتاب عارضه‌های متناظر آن در سطح زمین است (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۶). در این فرایند با تحلیل ارزش عددی پیکسل‌ها می‌توان پدیده‌های متناظر آنها را شناسایی و مورد ارزیابی قرار داد. با تجزیه و تحلیل ارزش‌های عددی تصاویر رقومی سنجش از دور امکان شناسایی پدیده‌های زمینی بر روی تصویر فراهم شده و می‌توان نسبت به طبقه‌بندی آنها اقدام نمود. این طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها است که در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه قرار می‌گیرند، این طبقه‌بندی که مبتنی بر ارزش عددی پیکسل‌ها است، طبقه‌بندی پیکسل پایه نامیده می‌شود (فیضی زاده، ۱۳۸۶: ۶۸). طبقه‌بندی پیکسل پایه تصاویر سنجش از دور با استفاده از روش‌های مختلفی قابل انجام است. در پژوهش حاضر برای طبقه‌بندی پیکسل پایه تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه از الگوریتم ماشین

مطالعه زمین مرجع گردید. با استفاده از تابع زمین مرجع سازی<sup>۱</sup> در محیط نرم افزار PCI-Geomatica در روی هر تصویر، نقاط کنترل پیاده شد. برای نمونه‌گیری ارزش مجدد پیکسل‌ها از روش نزدیکترین همسایگی<sup>۲</sup> استفاده و تصاویر با خطای RMS<sup>۳</sup> به میزان ۰/۳۹ و ۰/۴۲ پیکسل زمین مرجع گردیدند. برای ارزیابی نسبت خطای اتمسفری در سطح تصاویر ماهواره‌ای، ارزش عددی پیکسل‌های تصویر در مناطق مربوط به توده‌های آبی محاسبه شد و با توجه به وجود خطای اتمسفری و ضرورت حذف آن از روش باقیمانده‌های لگاریتمی<sup>۴</sup> برای کاهش عددی پیکسل‌های تیره استفاده شد. این روش هنگامی قابل اجرائست که تصحیح جزئی به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات جانبی برای تصحیح اتمسفری امکان‌پذیر نباشد. نرمال‌سازی<sup>۵</sup>، داده‌ها را به نحوی که مستقل از اثرات طیفی خورشید و توپوگرافی گردند، اصلاح می‌نماید. این نرمال‌سازی را می‌توان با استفاده از باقی‌مانده‌های لگاریتمی، براساس رابطه بین درخشندگی<sup>۶</sup> (داده‌های خام) و انعکاس اجرا نمود. در این تکنیک، میانگین هندسی مقادیر پیکسل‌های هر باند محاسبه شده و مقادیر هر پیکسل بر میانگین هندسی همان باند تقسیم می‌گردد. با استفاده از این روش اثرات اتمسفر بر روی تصویر نرمال می‌شود (Richards and Xiuping, 2006: 367). در مرحله بعد کلاس‌های کاربری اراضی بر اساس مقیاس تصاویر و تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای باید استخراج شود.

- 1 Geo-Coding
- 2 Nearest Neighbor
- 3 Root Mean Square Error
- 4 Log residuals
- 5 Normalisation
- 6 Radiance

7 Michigan Classification

تغییرات کاربری اراضی بر مبنای ماتریس، در قالب کلاس به کلاس بدست می‌آید. از طریق الگوریتم‌های جبر خطی<sup>۴</sup> و آمار پایه<sup>۵</sup> از قبیل تفاضل و درصد، اختلاف دو به دو کلاس‌ها را براساس پیکسل بیان می‌نماید (ENVI User s Guide, 2008).

#### طبقه‌بندی با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)، یک روش طبقه‌بندی باینری است که با تعیین یک صفحه تفکیک کننده بهینه در فضای داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر تفکیک‌پذیری، طبقه‌بندی می‌نماید. فرا صفحه‌ای<sup>۶</sup> که بیشترین تفکیک را بین دو کلاس فراهم می‌نماید (شکل ۲)، فرا صفحه بهینه و داده‌های نزدیکتر به فرا صفحه، بردارهای پشتیبان<sup>۷</sup> نامیده می‌شوند (Petropoulos et al, 2010: 308; Kavzoglu and Colkesen, 2009: 354).

بردار پشتیبان (SVM) استفاده شده است. برای انجام طبقه‌بندی پیکسل پایه، پس از تعیین کلاس‌های پوشش/کاربری اراضی در ابتدا نمونه‌های آموزشی برای هر کدام از کلاس‌ها به تعداد مورد نیاز جمع‌آوری گردید. پس از پیاده‌سازی نمونه‌های آموزشی بر سطح تصویر و استخراج پارامترهای آماری مورد نیاز، بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی انتخاب شد و در مرحله بعد با استفاده از الگوریتم یاد شده، تصویر طبقه‌بندی گردید. هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگیرد کامل نیست (Lillesand and Kiefer, 2001: 105). در این پژوهش برای ارزیابی صحت هر کدام از طبقه‌بندی‌ها با استفاده از دستگاه GPS به صورت تصادفی اقدام به جمع‌آوری نقاط حقایق زمینی شده و با پیاده‌سازی نقاط کنترل برداشت شده، پارامترهای آماری ارزیابی دقت ماتریس خطا شامل ضریب کاپا<sup>۱</sup> و دقت کلی<sup>۲</sup> نقشه استخراج شد. ضریب کاپا که دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی مورد ارزیابی قرار می‌دهد، بین صفر و یک قرار دارد که صفر نشانگر طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و یک نشانگر طبقه‌بندی کاملاً صحیح است (Lillesand and Kiefer, 2001: 105). پس از کسب اطمینان از صحت طبقه‌بندی در مرحله بعد نسبت به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی اقدام شد و برای این منظور با استفاده از محاسبات آماری تغییرات کاربری<sup>۳</sup> در محیط نرم‌افزاری ENVI(4.8)، مقادیر درصد نواحی کاربری اراضی تغییر یافته، محاسبه گردید. در این روش،

4 Linear algebra

5 Basic statistic

6 Hyper-plane

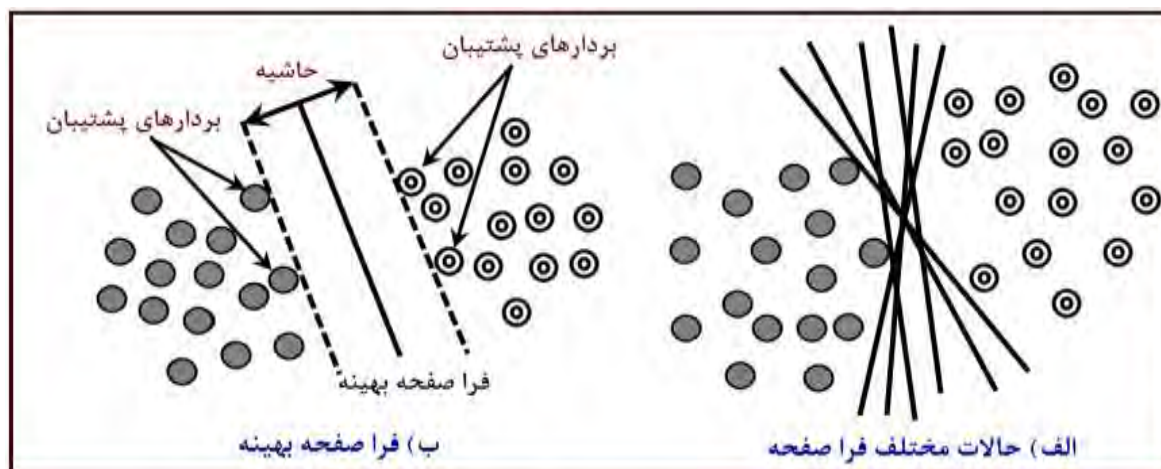
7 Support Vector

1 Kappa Coefficient

2 Overall accuracy

3 Change detection





شکل (۲) تفکیک کلاس‌ها بر اساس فرا صفحه بهینه در روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)

مأخذ: Kavzoglu and Colkesen, 2009:354

متداول شامل سیگموئید<sup>۱</sup> و تابع واحد شعاعی هستند. در این پژوهش، با توجه به استفاده وسیع از کرنل RBF در طبقه‌بندی اراضی و مطالعات تغییر کاربری اراضی با داده‌های ماهواره‌های مختلف و همچنین عملکرد بهتر آن نسبت به کرنل‌های دیگر، مورد استفاده قرار گرفت (Keuchel et al, 2003; Knorn et al, 2009; Petropoulos et al, 2011). افزون بر آن، کرنل RBF در مقایسه با سایر کرنل‌ها به یک پارامتر از پیش تعریف شده نیاز دارد، که پیاده‌سازی آن را آسانتر می‌سازد (Huang et al, 2002:734). این کرنل بر اساس تابع زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۱)

$$k(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \gamma > 0$$

که در آن؛  $x_i$  و  $x_j$ : مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی؛  $\gamma$ : یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض کرنل هستند؛  $\gamma$ : معکوس تعداد باندهای طیفی

به طور کلی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) یک طبقه‌بندی کننده باینری و خطی است که با توسعه آن و استفاده از توابع کرنل، به عنوان یک طبقه‌بندی کننده چند کلاسی و غیر خطی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Keuchel et al, 2003:534) در پیاده‌سازی این روش در مقایسه با سایر روش‌ها به پارامترهای آماری کمتری نیاز است و بنابراین به جهت سهولت استفاده از آن روش کاربر پسندی محسوب می‌شود (Karimi et al, 2006:100). علاوه بر این، روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در مقایسه با سایر روش‌ها به نمونه‌های آموزشی کمتری نیاز داشته و نتایج مطلوبی را ارائه می‌نماید (Petropoulos et al, 2011:73). در پژوهش حاضر، طبقه‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در محیط نرم افزار (ENVI 4.8) انجام شد. انتخاب کرنل مهم‌ترین مسئله در اجرا و عملکرد طبقه‌بندی کننده SVM است (Keuchel et al, 2003:534). کرنل‌های

1 Sigmoid



هستند که واحد  $k_2$  درجه کلونین و واحد  $k_1$  ( $W$ )  $m^2/\mu m$  است.

### یافته‌های پژوهش

هدف از این پژوهش بررسی دمای سطح زمین و مقایسه با تغییرات کاربری اراضی بوده است، در نتیجه به کلاس‌های کلی اهمیت بیشتری داده شد و سطح طبقه‌بندی مورد استفاده تلفیقی از سطح ۱ و ۲ سیستم طبقه‌بندی میشیگان است. شکل (۳ و ۵) نقشه‌های کاربری اراضی و دمای سطح زمین حوضه آبخیز طالقان در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ را با استفاده از روش‌های SVM (شکل ۳) و سبال (شکل ۵) نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر برای نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای TM، ضریب کاپا برابر ۰/۸۳ و برای نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup>، برابر ۰/۸۹ برآورد شده است. دقت کلی طبقه‌بندی که بیانگر میزان اعتبار طبقه‌بندی انجام شده است، در نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای بایستی بیش از ۸۵٪ باشد (Anderson et al 1976: 85). در این پژوهش، دقت کلی برای نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر TM معادل ۸۸/۳۷ درصد و برای نقشه کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ETM<sup>+</sup> برابر ۹۲/۸۶ درصد محاسبه شده است. از طرفی براساس روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)، تغییرات کاربری اراضی در فاصله زمانی موردنظر مورد ارزیابی قرار گرفته است. با استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی و با محاسبه

سنجده است. همچنین، پارامتر جریمه<sup>۱</sup> برای بهبود خطای طبقه‌بندی‌های نادرست می‌تواند معرفی شود. این پارامتر در مقدار حداکثر آن قرار داده می‌شود تا مدل دقیقتری را ارایه نماید. تصاویر در وضوح کامل (پارامتر پایرامید<sup>۲</sup> صفر قرار داده شد) پردازش گردید (Petropoulos et al, 2010: 309).

### دمای سطح زمین به روش سبال<sup>۳</sup>

پس از اعمال تصحیح اتمسفری باند حرارتی، عوامل اولیه ورودی به روش سبال؛ که شامل ۵ پارامتر است، محاسبه می‌شود. این عوامل، رادیانس طیفی، بازتابندگی سطح، آلبیدوی سطحی، گسیلمندی سطحی و رادیانس حرارتی تصحیح شده، هستند. مراحل محاسباتی این عوامل بسیار طولانی است که از حوصله این مقاله و حجم آن خارج است، اما برای آشنایی با آنها می‌توان به منبع (Feizizadeh et al, 2012) مراجعه نمود. پس از محاسبه این عوامل و تولید رسترهای مربوطه، برای محاسبه دمای سطحی<sup>۴</sup> ( $T_s$ ) از رابطه ۲ استفاده گردید.

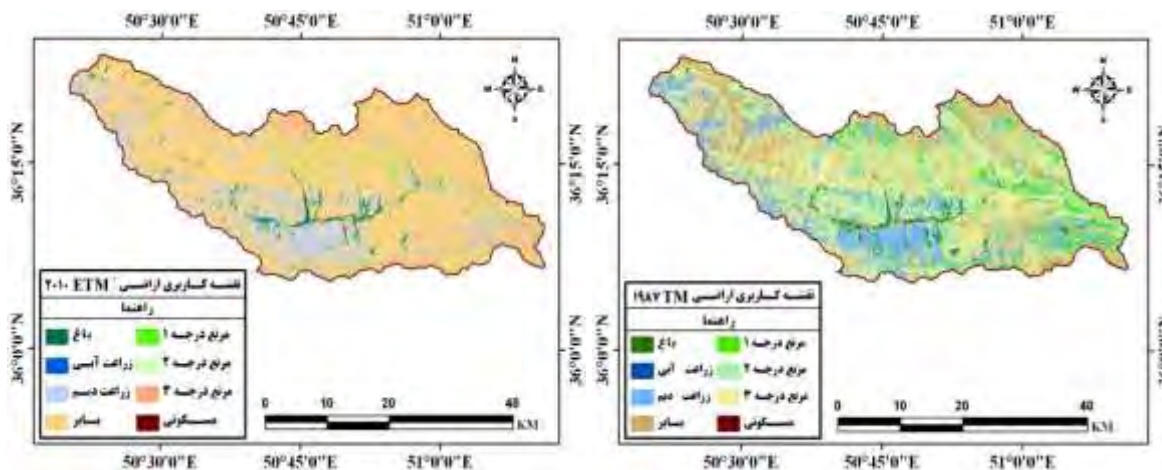
رابطه (۲)

$$T_s = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} \times k_1}{R_c} + 1\right)}$$

که در آن؛  $\epsilon_{NB}$ : گسیلمندی سطحی باند حرارتی،  $R_c$ : رادیانس باند حرارتی تصحیح شده ( $W/m^2/\mu m$ ) و مقادیر  $k_1$  و  $k_2$  به ترتیب برابر ۶۶۶/۰۹ و ۱۲۸۲/۷۱

- 1 Penalty Parameter
- 2 pyramid
- 3 Method SEBAL
- 4 Thermal Surface

درصد تغییرات هر یک از کلاس‌های کاربری، نتایج به شرح جدول (۱) استخراج گردید.



شکل (۳) نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در حوضه آبخیز طالقان

جدول (۱) درصد تغییرات کاربری بر اساس طبقه‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان کننده (SVM)، سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۱۰

۲۰۱۰

تصویر TM (۱۹۸۷)								تصویر ETM (۲۰۱۰)
مرتفع درجه ۳	مرتفع درجه ۲	مرتفع درجه ۱	بایر	باغ	زراعت آبی	زراعت دیم		
۱/۷۲۵	۱۰/۷۹۹	۱۰/۳۹۶	۱/۶۵۸	۱۴/۸۳۳	۱۵/۰۵	۴۷/۹۷۹	زراعت دیم	
۰/۰۱۶	۰/۱۷۹	۲/۷۳۸	۰/۰۲۴	۱۸/۱۴۹	۳۶/۸۲۷	۰/۳۶۹	زراعت آبی	
۰/۱۳۶	۱/۲۴۸	۵/۵۶۶	۰/۲۱۲	۴۹/۷۰۴	۳۵/۳۴۱	۰/۳۴۹	باغ	
۹۵/۳۹۳	۶۵/۹۳۶	۳۱/۷۹۷	۹۴/۸۲۵	۳/۷۲۲	۳/۸۴۲	۴۱/۳۱۷	بایر	
۰/۰۴۲	۰/۳۶	۱/۶۴۸	۰/۰۵۳	۲/۹۹	۲/۳۷۹	۰/۱۸	مرتفع درجه ۱	
۰/۲۷۱	۲/۲۰۷	۹/۱۰۳	۰/۴۱۱	۷/۰۳۸	۴/۵۲۱	۰/۶۳	مرتفع درجه ۲	
۲/۴۱۷	۱۹/۲۷۱	۳۸/۷۵۲	۲/۸۱۵	۳/۵۶۴	۲/۰۳۹	۹/۱۷۶	مرتفع درجه ۳	
۹۷/۵۸۳	۹۷/۷۹۳	۹۸/۳۵۲	۵/۱۷۵	۵۰/۲۹۶	۶۳/۱۷۳	۵۲/۰۲۱	تغییرات کلاس	

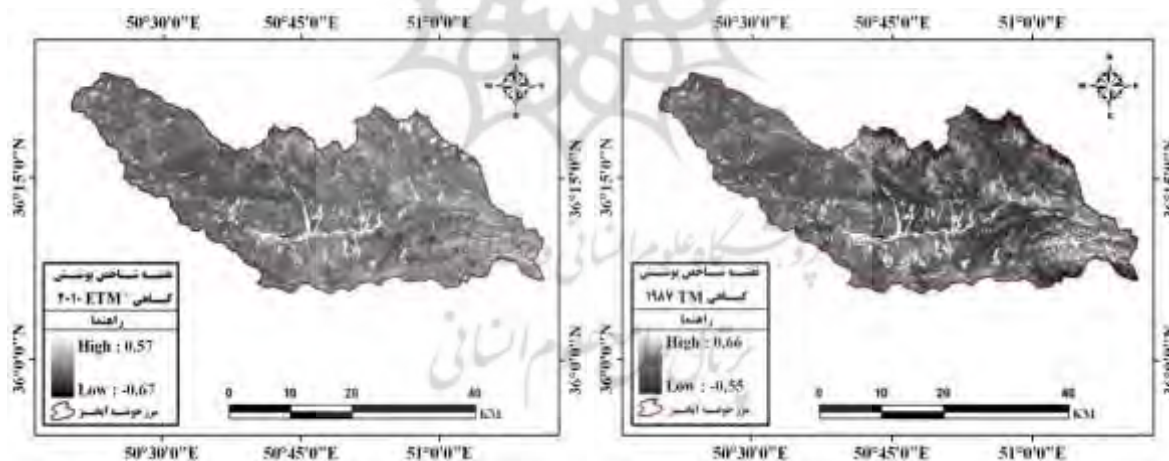
پایین‌تر تغییر کاربری داده است. این در حالی است که ۳۱/۷۹۷ درصد مرتفع درجه یک، ۶۵/۹۳۶ درصد مرتفع درجه دو و ۹۳/۳۹۳ درصد مرتفع درجه سه به اراضی بایر تغییر یافته‌اند. از بین تغییرات کاربری در این دوره

با توجه به نتایج فوق، بیشترین تغییرات کاربری مربوط به کلاس مرتفع است. حدود ۹۸ درصد کل مراتع در این دوره ۲۳ ساله، تخریب شده و بخش عمده آن به زمین‌های بایر و اراضی مرتعی با کیفیت

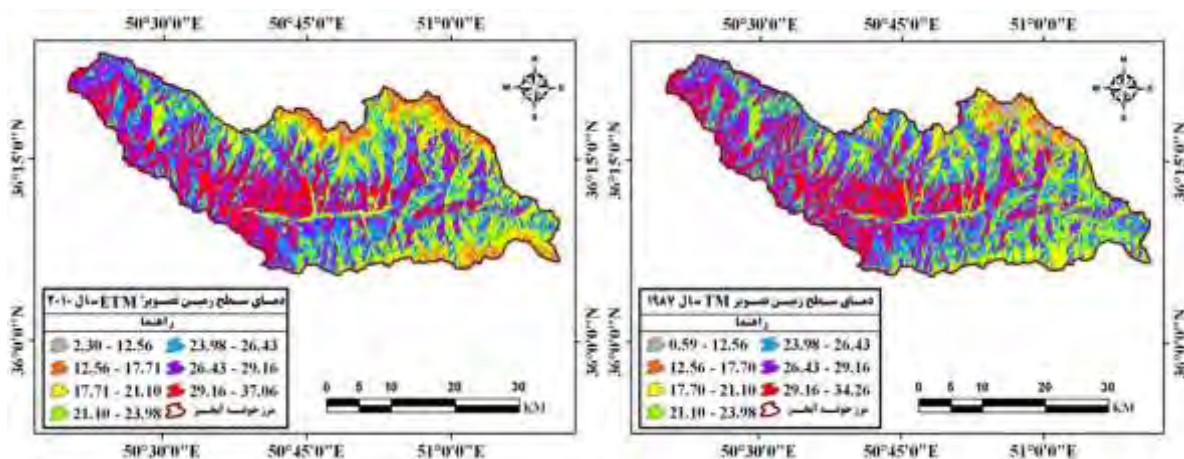
نموده‌اند. برای ارزیابی دقت نقشه‌های دمای سطح زمین برآورد شده به روش سبال، از مقدار LST اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک منطقه استفاده شده است. در زمان و تاریخ برداشت تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> (۱۰:۰۹ صبح ۳۱ آگوست ۲۰۱۰)، LST اندازه‌گیری شده در این ایستگاه ۲۵/۹۲ درجه سانتیگراد بوده، در حالی که LST برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای به روش سبال ۲۷/۶۵ است، در این بین با تخمین بیشتری به اندازه ۱/۷۳ مواجه است. بنابراین با در نظر گرفتن تنها ایستگاه سینوپتیک منطقه و نیز عدم دسترسی به دیگر داده‌های LST زمینی، مقدار خطای برآورد شده قابل قبول ارزیابی گردید. شکل (۴)، میزان تراکم پوشش گیاهی را در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ نشان می‌دهد.

درصد تغییرات مراتع درجه یک و دو به مراتع درجه سه نیز به ترتیب معادل ۳۸/۷۵ و ۱۹/۲۷ درصد بوده است که بیانگر تغییرات قابل توجهی است. علاوه بر این کمترین نسبت تغییرات کاربری اراضی در این منطقه مربوط به تغییر مرتع درجه سه و بایر به اراضی با کلاس کاربری زراعت آبی (به ترتیب با مقادیر ۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۴ درصد) است. این در حالی است که تغییر کاربری زراعت دیم به میزان ۴۱/۳۱ درصد به بایر و زراعت آبی به باغ به میزان ۳۵/۳۴ درصد نیز قابل توجه و تأمل است.

نقشه‌های دمای سطح زمین در این بازه زمانی (شکل ۵)، مقدار دقیق دمای سطحی را بین ۰/۵۹ و ۳۴/۲۶ درجه سانتیگراد و ۲/۳ و ۳۷/۰۶ درجه سانتیگراد در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ به ترتیب برآورد



شکل (۴) شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، در حوضه آبخیز طالقان



شکل (۵) نقشه‌های دمای سطح زمین به دست آمده به روش سبال (SEBAL) در حوضه آبخیز طالقان (برحسب درجه سانتیگراد)

درجه سانتیگراد در این سال‌ها مشاهده می‌شود. مناطقی با پوشش گیاهی متراکم‌تر همچون اراضی زراعی و باغات دارای دمای سطحی کمتری در طول روز هستند. گرمترین پیکسل‌ها در کاربری‌های مسکونی و اراضی بایر به ترتیب با رنج دمایی  $34/26^{\circ}$  و  $20/96^{\circ}$  و  $33/82^{\circ}$  و  $37/06^{\circ}$  در سال ۱۹۸۷ و  $15/99^{\circ}$  وجود دارند. کاربری زراعت آبی با حداکثر دمای پایین‌تر و مراتع با حداقل دمای پایین‌تر نسبت به سایر کاربری‌ها هستند. در فاصله زمانی مورد بررسی، حداقل دمای کاربری‌های مراتع درجه یک، مراتع درجه دو، زراعت دیم و زراعت آبی به میزان  $3/45^{\circ}$ ،  $6/36^{\circ}$  و  $5/95^{\circ}$  و  $3/01^{\circ}$  درجه سانتیگراد افزایش یافته‌اند، در حالی که حداکثر دمای آنها به ترتیب به میزان  $1/34^{\circ}$ ،  $1/15^{\circ}$  و  $0/1^{\circ}$  و  $0/8^{\circ}$  درجه سانتیگراد کاهش یافته است. در میانگین دمای سطح زمین در کاربری‌های تحت بررسی می‌توان تغییرات افزایشنده به میزان  $0/4^{\circ}$ ،  $4/39^{\circ}$ ،  $0/41^{\circ}$ ،  $0/14^{\circ}$ ،  $1/44^{\circ}$  و  $1/64^{\circ}$  به ترتیب در کاربری‌های زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع درجه یک، باغ، اراضی بایر و

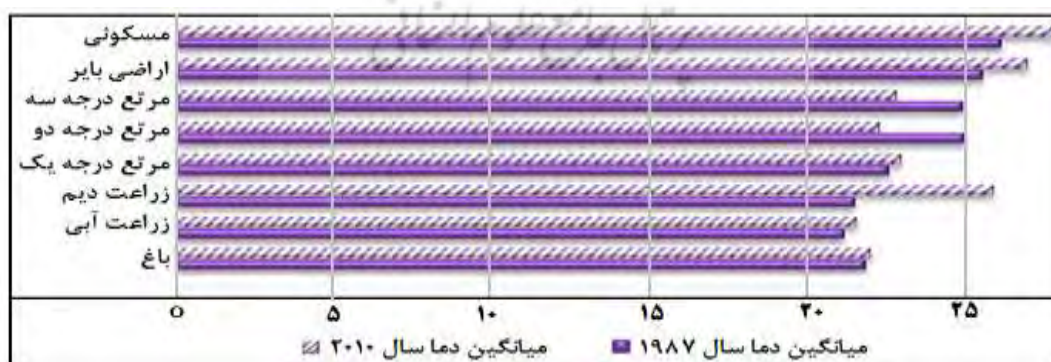
تبدیل میزان تابش حرارتی در تصویر به دمای سطح زمین با خطاهایی همراه است که می‌توان به؛ الف) خصوصیات سنجنده (کالیبراسیون، خطای ناشی از عدم تطابق قدرت تفکیک مکانی باندهای حرارتی و انعکاسی)، ب) خطای ناشی از تصحیحات اتمسفری، ج) خطای مربوط به کالیبره نبودن پارامترهای سبال در منطقه مورد مطالعه، اشاره نمود. این خطاها در نتیجه LST برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای تا حدی تأثیر می‌گذارند. در بخش دوم مطالعه، برای مقایسه و ارزیابی دمای سطح زمین در هر کاربری اراضی، طبقات متفاوت کاربری/پوشش اراضی انتخاب و میانگین دمای سطحی پیکسل‌های متناظر با هر طبقه محاسبه شد. جدول (۲) اختلاف دمای سطحی در هر طبقه کاربری اراضی را ارائه می‌دهد. مطابق این جدول، کمترین میانگین دمایی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ در کاربری زراعت آبی به ترتیب به میزان  $21/16^{\circ}$  و  $21/56^{\circ}$  درجه سانتیگراد به چشم می‌خورد. در حالی که بیشترین میانگین دمای سطحی در کاربری مسکونی به میزان  $26/15^{\circ}$  و  $27/79^{\circ}$

کاربری داده‌اند که شاید بتوان دلیل افزایش دمای این نوع کاربری را کاهش حجم پوشش گیاهی و خشکسالی برشمرد. بنابراین ارتباط آشکاری بین کاربری اراضی و دمای سطح زمین (LST) مشهود است. شکل (۶)، نمودار نسبت تغییرات دمای سطح زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۰ را نشان می‌دهد.

اراضی مسکونی مشاهده کرد. این در حالی است که میانگین دمای سطح زمین در کاربری‌های مراتع درجه دو و درجه سه به میزان ۲/۶۹ و ۲/۰۷ به ترتیب کاهش یافته است. شاید دلیل این امر را بتوان کاهش تعداد پیکسل‌های مراتع درجه دو و سه و افزایش تعداد پیکسل‌های اراضی بایر در ازای آن دانست. البته شایان ذکر است که در اراضی زراعت آبی، بخش قابل توجهی به باغ و زراعت دیم (۵۰/۳۹ درصد) تغییر

جدول (۲) مقادیر دمای سطح زمین برای کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰

دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۰				دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷				کلاس کاربری اراضی
انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	
۲/۵۲	۲۱/۹۸	۳۱/۹۲	۱۲/۰۳	۲/۳۸	۲۱/۸۴	۳۱/۶۶	۱۱/۴۱	باغ
۲/۵	۲۱/۵۶	۲۹/۸	۱۶/۵۸	۲/۲۸	۲۱/۱۶	۳۰/۶	۱۳/۵۷	زراعت آبی
۲/۵۷	۲۵/۹۱	۳۳/۴۹	۱۳/۸۸	۳/۳۷	۲۱/۵۲	۳۳/۵۹	۷/۹۳	زراعت دیم
۲/۶۵	۲۲/۹۷	۳۱/۶۶	۱۲/۳۴	۳/۳۱	۲۲/۵۶	۳۳	۸/۸۹	مرتع درجه یک
۲/۳۸	۲۲/۲۸	۳۱/۹۲	۱۲/۳۴	۳/۹۳	۲۴/۹۷	۳۳/۰۷	۵/۹۸	مرتع درجه دو
۳/۹۴	۲۲/۸۵	۳۱/۹۲	۶/۵۹	۴/۱۹	۲۴/۹۲	۳۳/۰۷	۵/۹۸	مرتع درجه سه
۴/۵۵	۲۶/۹۸	۳۵/۲۶	۱۶/۵۹	۳/۰۱	۲۵/۵۴	۳۳/۸۲	۱۵/۹۹	اراضی بایر
۲/۸	۲۷/۷۹	۳۷/۰۶	۲۱/۵۴	۱/۶۴	۲۶/۱۵	۳۴/۲۶	۲۰/۹۶	مسکونی

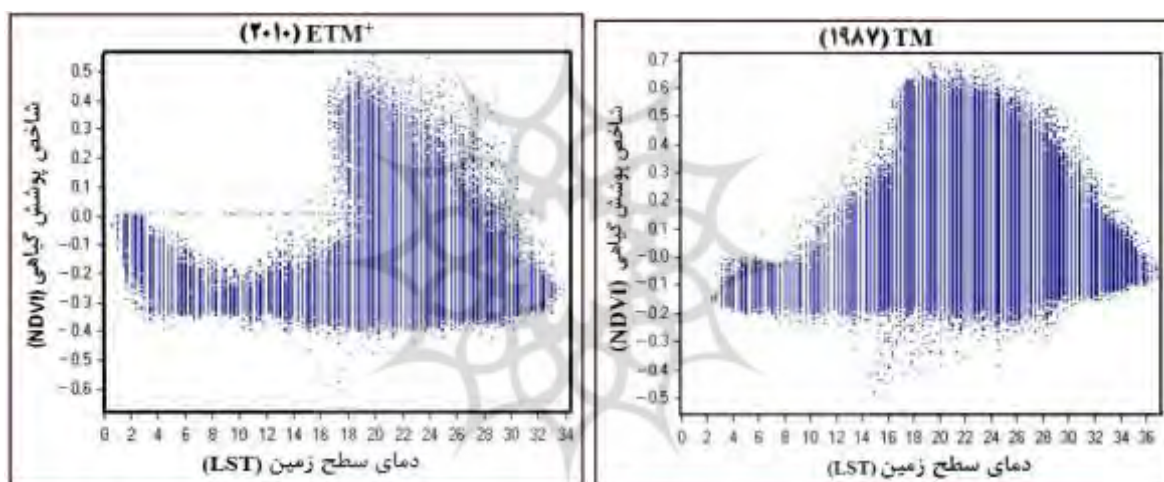


شکل (۶) نمودار نسبت تغییرات دمای سطح زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۰



این در حالی است که در سال ۱۹۸۷، ارتباط چندانی بین این دو پارامتر (با همبستگی در حدود  $-0.080462$ ) مشاهده نشده است. اما شایان ذکر است که در سال ۲۰۱۰، ارتباط معنی‌دار و غیرمستقیم بین شاخص پوشش گیاهی و LST ( $R = -0.872950$ ) و معادله خطی  $NDVI = -0.01 LST + 0.01$  به چشم می‌خورد. این بدان معناست که با افزایش پوشش گیاهی، روند گرم شدن سطح زمین رو به کاهش خواهد رفت.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که جذب و از دست دادن حرارت در LST بسیار به LULC وابسته است. هر جزو سطح در چشم‌انداز (به عنوان مثال اراضی کشاورزی، زمین بایر، مناطق شهری، آب و غیره) خاصیت تابش منحصر به فردی دارد. شکل (۷)، نمودار همبستگی بین رسترهای LST و شاخص پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. این نمودارها با در نظر گرفتن ۴۶۱۵۷۲ پیکسل نمونه در نرم‌افزار Pci-Geomatica تولید شده،



شکل (۷) نمودار همبستگی بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

وابستگی منفی ارزیابی شده‌اند. همچنان که، بیشترین ضریب همبستگی به ترتیب به میزان  $-0.96$ ،  $-0.79$  و  $-0.55$  در اراضی زراعت دیم، زراعت آبی و باغ‌های به‌دست آمده است. حداقل وابستگی منفی نیز مربوط به اراضی بایر است که این امر موید این مطلب است که در این مناطق میزان پوشش گیاهی نسبت به سایر طبقات LULC کمتر است. با مقایسه مقادیر LST سال ۲۰۱۰ (جدول ۲) و مقادیر همبستگی آن با NDVI (جدول ۳) می‌توان بیان کرد که در کلاس‌های

برای تجزیه و تحلیل بهتر ارتباط بین LST و LULC، ضرایب همبستگی بین LST و NDVI، بر اساس نوع LULC، در سال ۲۰۱۰ به دلیل وجود ارتباط معنی‌دار بین پارامترهای مذکور محاسبه شده است (جدول ۳). NDVI به عنوان شاخص فراوانی پوشش گیاهی به منظور برآورد LST در مطالعات استفاده می‌شود (Xiao and Weng 2007: 249). NDVI و LST در طبقات LULC مختلف به ویژه در اراضی پوشیده از گیاهان بسیار به هم مرتبط و با

پوشش گیاهی در این طبقات است. بنابراین، تأثیر LULC در LST با تجزیه و تحلیل تغییرات در NDVI قابل ارزیابی است.

LULC که در آنها میانگین درجه حرارت بالاتر است، وابستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی کمتر می‌باشد و این امر بیانگر تراکم پایین

جدول (۳) ضرایب همبستگی بین LST و NDVI بر اساس نوع LULC

ضرایب همبستگی در سال ۲۰۱۰	تعداد پیکسل‌های نمونه‌برداری شده	کاربری اراضی / پوشش زمین
- ۰/۵۴۶۱۲۱	۷۳۹۵	باغ
- ۰/۷۹۷۳۱۸	۳۱۸۱	زراعت آبی
- ۰/۹۶۰۶۵۱	۶۹۹۳۱	زراعت دیم
- ۰/۴۰۵۹۳۹	۳۳۶۳۹	مرتع درجه یک
- ۰/۳۴۲۳۱۲	۳۴۵۲۱	مرتع درجه دو
- ۰/۲۰۷۳۸۷	۴۷۵۴۲	مرتع درجه سه
- ۰/۰۶۹۱۸۷	۲۶۵۲۳۰	اراضی بایر
- ۰/۱۵۰۴۹۲	۱۳۳	مسکونی

### نتیجه‌گیری

ایستگاه هواشناسی مجازی برای بررسی داده‌های درجه حرارت، اشاره نمود. علاوه بر این، کاملاً آشکار است که دسترسی به داده‌های زمینی دمای سطح زمین در تمام نقاط زمین و به‌ویژه در مناطق صعب‌العبور میسر نیست. نتایج به دست آمده به طور بالقوه برای کاربردهای مختلف، از جمله اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی، اکولوژی، زمین‌شناسی، طراحی و بهبود شبکه حمل و نقل و به ویژه، کشاورزی بسیار مفید است. با استفاده از این اطلاعات می‌توان چگونگی تغییرات در کاربری/ پوشش اراضی (LULC) را در برآورد الگوی نحوه تغییر درجه حرارت منطقه‌ای بررسی نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که LST حساسیت زیادی به پوشش گیاهی و رطوبت خاک دارد، بطوری که، کاربری‌های اراضی با تراکم پوشش

در این پژوهش، پویایی فضایی و زمانی دمای سطح زمین (LST) در ارتباط با کاربری/ پوشش اراضی (LULC)، در حوضه طالقان از استان البرز، از طریق پایش داده‌های ماهواره لندست بررسی شده است. درجه حرارت به دست آمده از LST بسیار مشابه داده‌های به دست آمده از هواشناسی است. روش SEBAL برای استخراج LST از داده  $ETM^+$ ، نشان داده است که تفاوت بین درجه حرارت واقعی در ایستگاه هواشناسی طالقان و دمای سطح برآورد شده کمتر از دو درجه است. از مزایای استفاده از داده‌های LST به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به پوشش کامل آن از منطقه مورد مطالعه، و نیز در نظر گرفتن هر پیکسل نقشه سری زمانی LST به عنوان



است. در گذشته، مناطق کشاورزی و یا باغ را به عنوان یک منطقه حائل بین مناطق شهری و روستایی برای جذب حرارت اضافی تولید شده توسط جمعیت و امکانات شهری قرار می‌دادند، در حالی که، امروزه انسانها با کاهش نواحی کشاورزی سعی در ایجاد مناطقی برای ساخت و ساز می‌نمایند و در نتیجه سطوح غیر قابل نفوذ، جزایر گرمایی و تغییرات آب و هوایی را به دنبال خواهد داشت. این تفاوت حرارتی، در رابطه با گرمای آزاد شده از خانه‌های شهری، حمل و نقل و صنعت در مناطق شهری ناشی می‌شود. نتایج این پژوهش برای تصمیم‌گیرندگان، به ویژه، ادارات دولتی از جمله وزارت کشاورزی، سازمان آب، مدیریت منابع طبیعی و غیره می‌تواند مفید باشد، این در حالی است که برای پیشگیری از تغییرات بیشتر و بیابان‌زایی منطقه و نیز جلوگیری از افزایش دمای سطح زمین، نیاز مبرم به همکاری مدیران و اقلشار جامعه است.

#### منابع

انتظاری، ایمان؛ رضا، شاه‌حسینی؛ سعید، همایونی؛ مهدی، معتق؛ منصوری؛ بابک، (۱۳۸۸)، طبقه‌بندی تصاویر قطبیده‌ی راداری با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان مطالعه موردی شهر تهران، نشریه تخصصی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دوره اول، اسفند ۱۳۸۸، شماره ۱، صفحه ۱۱-۲۱.

شیخ حسنی، حسین، (۱۳۸۰)، مدل‌سازی برنامه‌ریزی محیطی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور (مطالعه موردی منطقه طالقان)،

گیاهی بیشتر، LST پایین‌تری را به همراه دارند، از این رو، این امر می‌تواند برای تشخیص تغییرات در LULC در طول زمان مورد استفاده قرار گیرد. البته LST به فعالیت‌های بشری نیز مرتبط است. با توجه به اثرات تغییرات کاربری اراضی، به ویژه شهرنشینی، جنگل زدایی و فرسایش خاک در این منطقه، می‌تواند پیش‌بینی نمود که LST در شهرستان طالقان در آینده افزایش خواهد یافت، از آنجایی که کاربری‌های اراضی با دمای پایین کاهش یافته است، در حالی که کاربری‌های اراضی با حرارت بالا افزایش یافته‌اند. با توجه به افزایش جمعیت در شهرستان طالقان در بیش از دو دهه گذشته، مقدار زمین در اطراف شهرستان توسط دولت و یا بخش خصوصی به منظور ساخت و ساز جدید مسکونی و تجهیزات صنعتی افزایش یافته است. افزایش تعداد جمعیت (به خصوص در کشورهای در حال توسعه)، تشدید فشار بر منابع طبیعی و کشاورزی را دو چندان نموده است. بنابراین، می‌توان پیش‌بینی نمود که برای افزایش نواحی مسکونی بایستی از انواع دیگر LULC استفاده گردد. کاملاً مشهود است که تغییرات در LULC منجر به تغییرات در LST خواهد شد. علاوه بر این، تغییرات در LULC بر تغییرات در تنوع زیستی، میزان بهره‌وری واقعی و بالقوه، کیفیت خاک، رواناب و میزان رسوب تأثیرگذار است. بنابراین، تغییرات LULC با پیامدهای زیست محیطی در سطوح محلی و منطقه‌ای و احتمالاً با روند تغییرات جهانی محیط زیست در ارتباط است. تبدیل اراضی کشاورزی به نواحی شهری و بیابان‌زایی، منجر به کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش LST در حوضه آبخیز طالقان شده

- reports and satellite-measured skin temperature data. *Agricultural and forest meteorology*, V.63 (3° 4), pp.189° 218.
- Dontree, S, (2010), Relation of land surface temperature (LST) and land use/land cover (LULC) from remotely sensed data in Chiang Mai-Lamphun Basin. Paper presented at conference SEAGA conference 2010, 23° 26 November, Hanoi, Vietnam.
- Ehrlich, D. and Lambin, E.F, (1996). The surface temperature ° vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. *International journal of remote sensing*, V.17 (3), pp.463° 487.
- ENVI User s Guide, (2008), ENVI On-line Software User s Manual, ITT Visual Information Solutions.
- Feizizadeh, B. and Blaschke, (2012a), Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of environmental planning and management*. [Online] Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09640568.2011.646964> [Accessed 5 January 2014].
- Feizizadeh, B. and Blaschke, T, (2012b), Thermal remote sensing for examining the relationship between urban land surface temperature and land use land cover in Tabriz city, Iran. Paper presented at the IEEE international geoscience and remote sensing symposium, Igarss, 22° 27 July, Munich, Germany.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E. and Kohbanani H.R, (2012), Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran, *Journal of Environmental Planning and Management*, 1- 26, DOI:10.1080/09640568.2012. 717888.
- Feldhake, C.M., Glenn, D.M., and Peterson, D.L, (1996), Pasture soil surface temperature response to drought. *Agronomy journal*, V.88 (4), pp.652° 656.
- Foody, G. M. and Mathur, A, (2004), A relative evaluation of multiclass image classification of Support Vector Machines, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol.42, No.6, pp.1335° 1343.
- Foody, G. M. and Mathur, A, (2006), The use رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، استاد راهنما دکتر فرج‌زاده، صفحه ۲.
- فیضی‌زاده، بختیار، (۱۳۸۶)، مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شی‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز مرکز سنجش از دور و GIS، استاد راهنما دکتر علی اکبر رسولی، صفحه ۶۸.
- فیضی‌زاده، بختیار؛ حسین، هلالی، (۱۳۸۹)، مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شی‌گرا و پارامترهای تأثیر گذار در طبقه‌بندی پوشش/کاربری اراضی استان آذربایجان غربی، نشریه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱، صفحه ۸۴-۷۳.
- Alavipanah, S.K., Saradjian, M., Savaghebi, G.h. R., Komaki, Ch. B., Moghimi, E., and M. Karimpour Reyhan, (2007), Land surface temperature in the Yardang Region of Lut Desert (Iran) based on field measurements and Landsat thermal data. *Journal of agricultural science and technology (JAST)*, V.9, pp.287° 303.
- Anderson, J., Hady, R., Roach, E. and Wetter, R.E, (1976), A Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. United States Government Printing Office, Washington, pp.80.
- Blaschke, T, (2009), Object based image analysis for remote sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, journal homepage, pp.10-21.
- Brown, M., Gunn, S. R., and Lewis, H. G, (1999), Support vector machines for optimal classification and spectral unmixing, *Ecol. Model.*, V.120, pp.167° 179.
- Caselles, V. and Sobrino, J.A, (1989), Determination of frosts in orange groves from NOAA° 9 AVHRR data. *Remote sensing of environment*, V.29 (2), pp.135° 146.
- Diak, G.R. and Whipple, M.S, (1993), Improvements to models and methods for evaluating the land-surface energy balance and effective roughness using radiosonde

- Landsat satellite images, *Remote Sens. Environ.*, V.113, pp.957° 964.
- Koetz, B., Morsdoff, F., Linden, S., Curt, T., and Allogower, B, (2008), Multi-source land cover classification for forest fire management based on imaging spectrometry and LiDAR data, *Forest Ecol. Manag.*, V.256(3), pp.263° 271.
- Lambin, E.F. and Ehrlich, D, (1997), Land-cover changes in sub-Saharan Africa (1982° 1991): application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. *Remote sensing of environment*, V.61(2), pp.181° 200.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W, (2001), *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th ed, John Wiley and Sons, inc. USA, 2001, ISBN: 0471255157, 205p.
- Lv, Z.Q. and Zhou, Q.G, (2011), Utility of Landsat image in the study of land cover and land surface temperature change. *Procedia environmental sciences*, V.10, pp.1287° 1292.
- Mallick, J., Kant, Y., and Bharath, B.D, (2008), Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat° 7 ETM<sup>+</sup>. *Journal of the Indian geography union*, V.12 (3), pp.131° 140.
- McVicar, T.R. and Jupp, D.L.B, (1998). The current and potential operational uses of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review. *Agricultural systems*, V.57 (3), pp.399° 468.
- Mihalcea, C., Brock, B.W., Diolaiuti, G., D'Agata, C., Citterio, M., Kirkbride, M.P., Cutler, M.E.J. and Smiraglia, C, (2008). Using ASTER satellite and ground-based surface temperature measurements to derive supraglacial debris cover and thickness patterns on Miage Glacier (Mont Blanc Massif, Italy). *Journal cold regions science and technology*, V.52, pp.341° 354.
- Nduati, E. W., Mundia, C. N., Ngigi, M. M, (2013), Effects of Vegetation Change and Land Use/ Land Cover Change on Land Surface Temperature in the Mara Ecosystem, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, India Online, Volume 2 Issue 8, pp.22- 28.
- of small training sets containing mixed pixels for accurate hard image classification: Training on mixed spectral responses for classification by a SVM, *Remote Sens. Environ.*, Vol.103, No.2, pp.179° 189.
- French, A.N., Schmugge, T.J., and Kustas, W.P, (2000), Estimating surface fluxes over the SGP site with remotely sensed data. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and atmosphere*, V.25(2), pp.167° 172.
- Hong, S.H., Hendrickx, J.M.H., and Borchers, B, (2005), Effect of scaling transfer between evapotranspiration maps derived from Landsat 7 and MODIS images. *Proceedings of International Society for Optical Engineering, SPIE*, 5811, pp.147° 158.
- Huang, C., Davis, L. S., and Townshend, J. R. G, (2002), an assessment of Support Vector Machines for land cover classification, *Int. J. Remote Sens.*, V.23, pp.725° 749.
- Jackson, R.D., Reginato, R.J., and Idso, S.B, (1977), Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. *Water resources research*, V.13, pp.651° 656.
- Karimi, Y., Orasher, S. O., Patel, R. M., and Kim, S. H, (2006), Application of Support Vector Machine technology for weed and nitrogen stress detection in corn, *Comput. Electron. Agr*, V.51, pp.99° 109.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., Panov, N. and Goldberg, A, (2010), Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations, *Journal of Climate*, V.23, pp.618° 633.
- Kavzoglu, T. and Colkesen I, (2009), A kernel functions analysis for Support Vector Machines for land cover classification, *Int. J. Appl. Earth Obs.*, V.11, pp.352° 359.
- Keuchel, J., Naumann, S., Heiler, M., and Siegmund, A, (2003), Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.*, V.86, pp.53° 541.
- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., and Horstert, P, (2009), Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring

- coastal saltmarsh habitats, *Ecological Informatics* 2, pp.83° 88.
- Srivastava, P.K., Majumdar, T.J., and Bhattacharya, A.K, (2009), Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM<sup>+</sup> thermal infrared data. *Advances in space research*, V.4, pp.1563° 1574.
- Steffen, W.L., et al, (1992), Global change and terrestrial ecosystems: the operational plan. IGBP report no. 21, International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm.
- 48-Steinacker, R., Ratheiser, M., Bica, B., Chimani, B., Dorninger, M., Gepp, W., Lotteraner, C., Schneider, S., and Tschannett, S, (2006), A mesoscale data analysis and downscaling method over complex terrain. *Monthly Weather Review*, V.134, pp.2758° 2771.
- Taschner, S. and Ranzi, R, (2002), Comparing the opportunities of LANSAT-TM and ASTER data for monitoring a debris covered glacier in the Italian Alps within GLIMS Project. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, V.2, pp.1044° 1046.
- Tseng, M.H., Chen, S.J., Hwang, G.H., and Shen, M.Y, (2008), A genetic algorithm rule-based approach for land cover classification, *ISPRS J. Photogramm*, V.63, pp.202° 21.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. and Li, Z.L, (2002), Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Remote sensing of environment*, V.83, pp.163° 180.
- Waske, B. and Benediktsson, J.A, (2007), Fusion of support vector machines for classification of multisensor data, *IEEE T. Geosci. Remote Se*, V.45 (12), pp.3858° 3866.
- Weng, Q., Liu, H., and Lu, D, (2007), Assessing the effect of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban ecosystems*, V.10, pp.203° 219.
- Xiao, H. and Weng, Q, (2007), The impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a Karst area of China 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, Issue 2, pp.125-133.
- Neteler, M, (2010), Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST data. *Remote sensing*, V.2, pp.333° 351.
- Owen, T.W., Carlson, T.N., and Gillies, R.R, (1998). An assessment of satellite remotely sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International journal of remote sensing*, V.19, pp.1663° 1681.
- Petropoulos, G. P., Knorr, W., Scholze, M., Boschetti, L., and Karantounias, G, (2010), Combining ASTER multispectral imagery analysis and Support Vector Machines for rapid and cost-effective post-fire assessment: a case study from the Greek wildland fires of 2007, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, V.10, pp.305° 317.
- Petropoulos, G. P., Kontoes, C. and Keramitsoglou, I, (2011), Burnt area delineation from a uni-temporal perspective based on Landsat TM imagery classification using Support Vector Machines, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, V.13, pp.70° 80.
- Price, J.C, (1982). On the use of satellite data to infer surface fluxes at meteorological scales. *Journal of applied meteorology*, V.21, pp.1111° 1122.
- Ranzi, R., GROSSI, G., IACOVELLI, L. and S., TASCHNER 2004. Use of multispectral ASTER images for mapping debris-covered glaciers within the GLIMS project. *IEEE international geoscience and remote sensing symposium*, Anchorage, Alaska, V.2, pp.1144° 1147.
- Richards, J. A. and Xiuping, J, (2006), *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, 4th ed, Springer.
- Sanchez-Hernandez, C., Boyd, D.S., and Foody, G.M, (2007), mapping specific habitats from remotely sensed imagery: Support Vector Machine and support vector data description based classification of

- Oriented Image for Coal Fire Research, Master thesis in ITC Netherland, <http://www.ITC.com>. pp. 3-99.
- Zhang, Q. and Ban, Y, (2011), Evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in Beijing, China, Joint Urban Remote Sensing Event Munich, Germany, April 11- 13, pp.357-360.
- .Journal of environmental management, V.85, pp.245° 257.
- Xie, C, (2006), Support Vector Machines for Land Use Change Modeling, Thesis for the degree of Master of Science. Department of Geomatics Engineering. The Faculty of Graduate studies in partial fulfillment of the requirements, Calgary, Alberta.
- Yan, G, (2003), Pixel Based and Object

