



به کارگیری سنجش از دور حرارتی در استخراج دمای سطح زمین و بررسی انطباق آن با الگوهای کاربری اراضی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۹

جعفر جعفرزاده^{۱*}، سیدمحمد حسینی تبار^۲

۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور و GIS- دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، مربی، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و روستایی

۲- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، مربی، مازندران، دانشگاه هراز آمل

چکیده

دمای سطح زمین شامل خاک، آب، برف و پوشش گیاهی از جمله متغیرهایی است که در دامنه وسیعی از مطالعات و تحقیقات علوم زمین و محیط زیست کاربرد دارد. معمولاً دمای سطح زمین به صورت نقطه‌ای در تعداد محدودی از نقاط که عموماً ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌باشند، مورد پایش قرار می‌گیرد. در مواقعی که توزیع مکانی دمای سطح در پهنه وسیع و به طور همزمان مورد نیاز است، فن‌آوری سنجش از دور دارای قابلیت‌های بسیاری می‌باشد. با توجه به توانمندی تکنیک‌های سنجش از دوری در مطالعات خصوصیات فیزیکی سطح زمین، در این تحقیق، جهت ارزیابی ارتباط بین دمای سطح زمین و نوع کاربری اراضی، با استفاده از تصویر Landsat8-TIRS، اقدام به محاسبه دمای سطح زمین به روش Split Window و استخراج الگوی کاربری اراضی به روش طبقه‌بندی شی‌گرا در منطقه‌ای به وسعت ۲۲۱۸/۳۳ کیلومتر مربع، واقع در شمالغرب ایران شد. نتایج بدست آمده حاوی این مطلب است که دمای سطح زمین به شدت از رطوبت سطحی و تراکم پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد، به‌طوری‌که سطوحی که دارای رطوبت کم و پوشش گیاهی کم تراکم باشند، بیشترین دما را بر روی تصاویر حرارتی از خود نشان می‌دهند. در منطقه مورد مطالعه، زمین‌های بایر با دمای ۳۳/۹ درجه سانتی‌گراد و سطوح آبی مانند؛ دریاچه پشت سد مخزنی، با دمای ۲۷/۱۱ سانتی‌گراد، به ترتیب دارای بیشترین و کمترین دمای سطح، در بین کاربری‌های موجود، هستند. نتایج این تحقیق برای برنامه‌ریزی‌های محیطی و زیست محیطی قابل استفاده می‌باشد.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، دمای سطح زمین، کاربری اراضی، Landsat8-TIRS، Split Window، طبقه‌بندی شی‌گرا.

۱-مقدمه

سطح زمین یکی از متغیرهای کلیدی در علوم زمین است. این پارامتر فیزیکی، تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیلندگی سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفر بستگی دارد. عامل اصلی تعادل انرژی در فرآیندهای فیزیکی سطحی زمین، دمای سطحی است و اطلاع از بودجه انرژی سطحی و تعیین میزان دمای آن در بسیاری از مطالعات علوم زمین مانند اقلیم، بلایای طبیعی، مدیریت منابع آب و غیره ضروری است (۱). دمای سطح زمین یکی از عوامل تأثیرگذار بر قابلیت اراضی و توان اکولوژیکی مناطق جغرافیایی است. LST به معنای دمای سطح زمین در خشکی‌ها یکی از مهم‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری توسط سنجنده‌های سنجش از دوری بوده و اصولاً یکی از خروجی‌های سنجش از دور حرارتی، تهیه نقشه‌های دمایی از سطح خشکی‌ها می‌باشد. کاربردهای مستقیم و غیرمستقیم دمای سطح زمین در اندازه‌گیری مشخصه‌های محیطی دیگر، تعیین این مولفه را در این علوم اهمیت می‌بخشد. تعیین دمای سطح زمین به کمک تصاویر مادون قرمز حرارتی در سنجش از دور، یکی از مسائل اصلی در این شاخه از علوم زمین محسوب می‌شود و همواره به صورت یکی از محرک‌های اصلی، در پیشرفت تحقیقات مطرح شده است. درجه حرارت سطح زمین، می‌تواند اطلاعات مفیدی را در رابطه با خصوصیات فیزیکی سطح زمین و اقلیم که نقش بسزایی در فرآیندهای محیط زیستی بازی می‌کنند، فراهم نماید (۶ و ۲۴). دمای سطح زمین همچنین برای مدل‌های مبادلات فضای سطح زمین و نیز برای تحلیل ارتباط میان دما و کاربری اراضی به کار می‌رود (۲۳ و ۲). مزایای استفاده از فن‌آوری سنجش از دور، قدرت تفکیک مکانی بالا، داده‌های پایدار و دارای همپوشانی و همچنین توانایی اندازه‌گیری پارامترهای سطح زمین، می‌باشد (۱۷). در سنجنده‌های حرارتی سنجش از دور، اطلاعات کمی درجه حرارت سطح در ارتباط با کلاس‌های پوششی و کاربری زمین می‌تواند بدست آید. سنجش از دور نقش مهمی را در تخمین پارامترهای فیزیکی مرتبط با مطالعات حرارتی بر عهده دارد. سنجنده‌های حرارتی مختلفی وجود دارند که می‌توانند جهت مطالعات درجه حرارت سطح، مورد استفاده قرار گیرند. برخی از این سنجنده‌ها مانند؛ GEOS، NOAA AVHRR و MODIS، به دلیل قدرت تفکیک مکانی پایین در باندهای حرارتی خود، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما سنجنده‌هایی همچون ASTER و ETM+ و TM به ترتیب با قدرت‌های تفکیک مکانی، ۹۰، ۶۰ و ۱۲۰ متر، کاربردی‌تر هستند. در بین اطلاعات سنجش از دور، داده‌های سنجنده NOAA AVHRR و داده‌های باند حرارتی ماهواره لندست بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱ و ۱۹). ماهواره لندست ۸ که در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ در مدار زمین قرار گرفته است امکان دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای بروز را برای مناطق مختلف جهان فراهم آورده است. این ماهواره امکان اخذ مستمر داده و در دسترس بودن داده‌های لندست را با استفاده از دور حسگر، یکی سنسور عملیاتی تصویرساز سرزمین (OLI) و دیگری

سنسور حرارتی مادون قرمز (TIRS) فراهم آورده است. این دو سنسور به ترتیب، اطلاعات تصویر برای ۹ باند موج کوتاه و ۲ باند طول موج حرارتی را جمع‌آوری می‌کنند.

برای محاسبه دمای سطح زمین مطالعات زیادی صورت گرفته است. فیضی‌زاده و بلاشکه (۷) در مطالعه‌ای آنالیز ترکیب طیفی و شاخص‌های سنجش از دور حرارتی را برای محاسبه دمای سطح زمین توسط تصاویر Aster ادغام کرده، جزایر حرارتی شهری را به‌دست آورده و ارتباط آن را با کاربری اراضی و آلودگی هوای شهر تبریز ارزیابی نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دمای سطح زمین در ارتباط معکوسی با پوشش گیاهی و توده‌های آبی بوده حال آنکه دارای ارتباط مستقیمی با کارکردهای صنعتی می‌باشد. جمنز و همکاران (۱۵) در تحقیقی دو الگوریتم اسپلیت ویندو و تک باند را برای محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از تصویر حرارتی لندست ۸ مورد استفاده قرار دادند، نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که خطای متوسط برای هر دو الگوریتم پایین تر از ۱/۵ درجه کلوین می‌باشد و در شرایط افزایش ظرفیت بخار آب جو روش اسپلیت ویندو نتیجه بهتری را در مقایسه با تک باند ارائه داده است. راجش واری و همکاران (۱۸) در پژوهشی، از الگوریتم اسپلیت ویندو برای محاسبه دمای سطح زمین در منطقه دیندیگول (Dindigul) واقع در کشور هند با استفاده از تصاویر اپتیکال و حرارتی ماهواره‌ی لندست ۸ استفاده کردند. آنها در این روش برای محاسبه گسیلمندی از روش حد آستانه NDVI استخراج شده از باندهای ۲، ۳، ۴ و ۵ استفاده کرده و برای بدست آوردن دمای سطح زمین از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ سنجنده مورد نظر استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که دمای سطح زمین در مناطق بایر زیاد و در مناطق کوهستانی به خاطر پوشش گیاهی نسبتاً زیاد می‌باشد. بر اساس نتایج همچنین درجه حرارت سطح زمین به میزان پوشش گیاهی و رطوبت خاک حساس بوده، از این‌رو می‌تواند در شناسایی تغییرات پوشش، کاربری زمین، گسترش شهر و پدیده‌ی بیابان‌زایی، مورد استفاده، قرار گیرد. با ارزیابی تحقیقات مرتبط، هدف از تحقیق حاضر (۱) محاسبه دمای سطح زمین برای منطقه‌ای در شمالغرب ایران با روش اسپلیت ویندو با استفاده از تصویر لندست ۸ و ۲) تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی دمای سطح زمین و ارتباط آن با الگوی کاربری اراضی و پوشش گیاهی تعیین شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه و داده‌های مورد استفاده

این پژوهش در منطقه‌ای به وسعت ۲۲۱۸/۳۳ کیلومترمربع، در مابین ۴۶/۰۰ و ۴۶/۶۲ طول شرقی و ۳۷/۸۱ و ۳۸/۳۸ عرض شمالی واقع در شمالغرب ایران صورت گرفته است. این منطقه که شامل بخش‌هایی از شهرستان‌های تبریز، شبستر، اسکو و هریس در استان آذربایجان شرقی است، دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد است. منطقه مورد مطالعه

دارای انواع خاک و پوشش گیاهی می‌باشد و از این نظر برای انواع الگوی کاربری اراضی مناسب می‌باشد. در این منطقه مناطق شهری، روستایی، اراضی کشاورزی و اراضی بایر وجود دارند. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

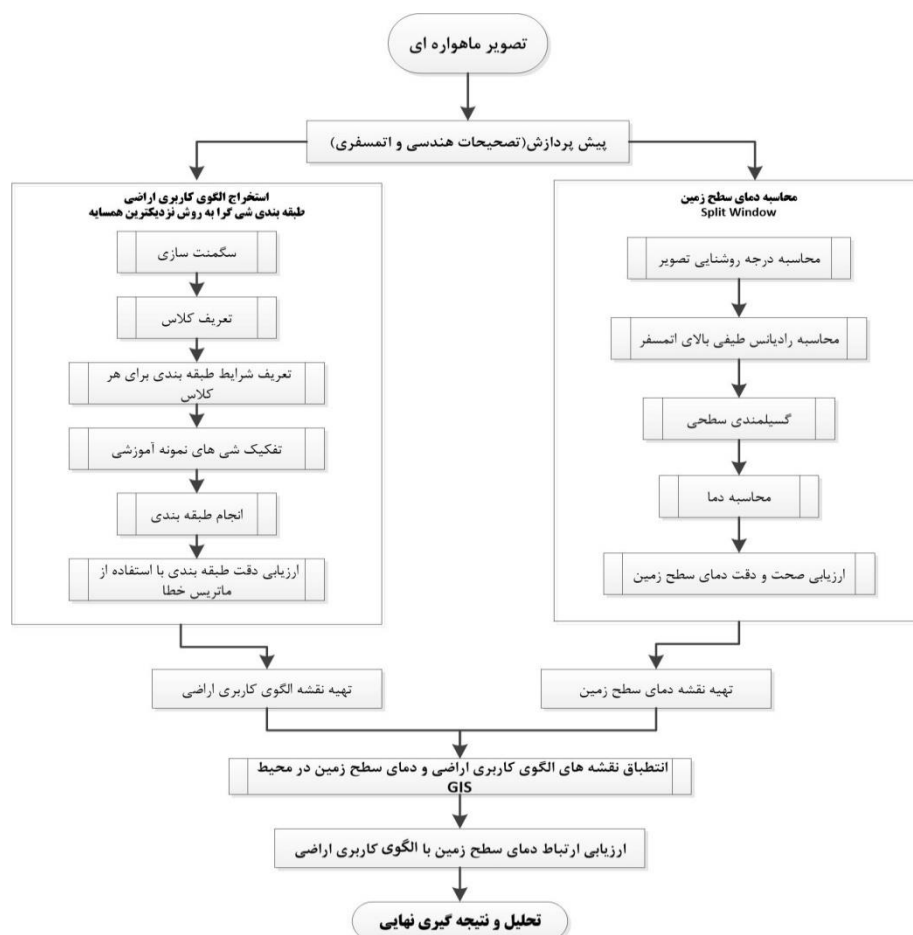
Fig (1): The study area

در این تحقیق با هدف ارزیابی ارتباط دمای سطح زمین و نوع کاربری اراضی، از یک فریم تصویر سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ اخذ شده در تاریخ ۱۴ آگوست ۲۰۱۴ و داده های هواشناسی اداره کل و مرکز تحقیقات هواشناسی استان آذربایجان شرقی استفاده شده است. جهت انجام مراحل پیش پردازش و اجرای الگوریتم اسپلیت ویندو از نرم افزارهای ENVI 5.1 و ArcGIS 10.2.2 استفاده شد. همچنین برای اجرای طبقه بندی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نرم افزار eCognition 9 مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- روش تحقیق

در راستای پردازش تصاویر ماهواره ای، در ابتدا مراحل پیش پردازش بر روی تصاویر صورت گرفته است. برای این منظور، در ابتدا تصحیحات هندسی بر روی تصویر مورد نظر اعمال شد. برای انجام این کار از نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب که از سطح منطقه جمع آوری شده و همچنین از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اخذ شده از سازمان نقشه برداری کشور استفاده شده و در نهایت تصاویر، با خطای RMS برابر با ۰/۳۴ پیکسل، زمین مرجع

شد. در مرحله بعدی، در محیط نرم افزار ENVI 5.1، مدل تصحیح اتمسفری FLAASH جهت کاهش اثرات اتمسفری بر روی تصویر مورد نظر بکار گرفته شد. شکل ۲ مراحل انجام تحقیق را به صورت فلوچارت نشان می دهد.



شکل (۲) فلوچارت ارزیابی ارتباط دمای سطح زمین و الگوی کاربری اراضی

Fig (2): The flowchart for assessing the relation between LST and Land use pattern

۳-۲- محاسبه دمای زمین با روش اسپلیت ویندو

بطور کلی برای محاسبه دمای سطح زمین، الگوریتم های مختلفی وجود دارند که شامل:

(۱) روش تک باندی (۲۰)

(۲) روش اسپلیت ویندو (۴)

(۳) روش تفکیک دما و توان تشعشعی (TES)(۱۱)

(۴) روش چندزاویه‌ای (۲۱)

روش اسپلیت ویندو برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ میلادی توسط مک میلین برای محاسبه‌ی دمای سطح آب ارائه شد. این الگوریتم اولین بار برای محاسبه دمای سطح زمین براساس تصاویر Aster طراحی شده است (۲۲). چون لندست ۸ دارای دو باند حرارتی می باشد پس برای الگوریتم اسپلیت ویندو مناسب می باشد. الگوریتم اسپلیت ویندو از دو باند حرارتی که در پنجره اتمسفری بین ۱۰ و ۱۲ میکرومتر قرار گرفته اند استفاده می کند (۲۱). اساس این الگوریتم این است که تضعیف تابندگی برای جذب اتمسفری با تفاوت تابندگی مربوط به اندازه گیری های همزمان در دو طول موج متفاوت، متناسب است که هر کدام مقادیری از جذب اتمسفری را دارند (۱۴). استفاده از دو باند مستقل حرارتی، با دامنه طول موج کمتر باعث می شود که خطای محاسبه دمای سطح زمین کاهش یابد (۵). این الگوریتم به دلیل سادگی و توانایی آن الگوریتمی است که بیشترین استفاده را در محاسبه دمای سطح زمین دارد.

۲-۴- محاسبه دمای سطح زمین (LST)

برای محاسبه دمای سطح زمین به روش اسپلیت ویندو از طریق رابطه ۱ عمل شده است:

$$LST = TB10 + C1(TB10-TB11) + C2(TB10-TB11)^2 + C0 + (C3+C4W)(1-\varepsilon) + (C5+C6W)\Delta\varepsilon \quad [1]$$

در رابطه ۱، LST بیانگر دمای سطح زمین به درجه کلین (K)، C_0 تا C_6 بیانگر ضریب های ثابت اسپلیت ویندو (جدول ۱) و TB10 و TB11 بیانگر دمای روشنایی باند ۱۰ و ۱۱ به درجه کلین، ε بیانگر گسیلمندی سطحی باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱، W بیانگر ظرفیت بخار آب اتمسفری و $\Delta\varepsilon$ اختلاف در گسیلمندی سطحی باندهای ۱۰ و ۱۱ است.

جدول (۱): ضریب های ثابت روش اسپلیت ویندو

Table (1): Constant coefficients of split windows method

مقدار	ثابت
-۰/۲۶۸	C_0
۱/۳۷۸	C_1
۰/۱۸۳	C_2
۵۴/۳	C_3
-۲/۲۳۸	C_4
-۱۲۹/۲	C_5
۱۶/۴	C_6

۲-۵- محاسبه درجه روشنایی (TB)

درجه روشنایی رادیانس تشعشعی مایکروویو است که از بالای اتمسفر زمین به سمت بالا ساطع می‌گردد. برای تبدیل کردن ارزش DN های حرارتی باندهای حرارتی به درجه روشنایی کالیبراسیون انجام می‌گیرد. برای محاسبه دمای روشنایی یک منطقه نیازمند داشتن رادیانس طیفی بالای اتمسفر ($L\lambda$) می‌باشد. در این تحقیق درجه روشنایی برای دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ از محاسبه گردید:

$$TB = \frac{k_2}{Ln\left[\left(\frac{k_1}{L\lambda}\right)+1\right]} \quad [2]$$

در رابطه ۲، k_1 و k_2 بیانگر ثابت‌های تبدیل حرارتی هستند که همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، مقادیر آنها برای باندهای ۱۰ و ۱۱ متفاوت است و $L\lambda$ بیانگر رادیانس طیفی بالای اتمسفر می‌باشد.

جدول (۲): ارزش‌های عددی، k_1 و k_2

Table (2): k_1 and k_2 values

باند ۱۰	باند ۱۱	ثابت حرارتی
۷۷۴/۸۹	۴۸۰/۸۹	k_1 ،
۱۳۲۱/۰۸	۱۲۰۱/۱۴	k_2

۲-۶- محاسبه رادیانس طیفی بالای اتمسفر ($L\lambda$)

برای محاسبه رادیانس طیفی بالای اتمسفر از رابطه ۳ استفاده شده است:

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad [3]$$

در این رابطه $L\lambda$ بیانگر رادیانس طیفی بالای اتمسفر به $watts/(m^2 * srad * \mu m)$ ، ML بیانگر فاکتور ضربی خاص باند ۱۰ و ۱۱ (Q_{cal} : Band specific multiplicative rescaling factor) بیانگر تصویر باند ۱۰ و ۱۱ و AL بیانگر فاکتور افزاینده خاص باند ۱۰ و ۱۱ (Q_{cal} : Band specific additive rescaling factor) می‌باشد. لازم به توضیح است که مقادیر ML و AL در فایل مرجع تصویر مورد استفاده قابل دسترسی است که این مقادیر برای تصویر لندست ۸ مقدار ثابتی می‌باشد و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول (۳): فاکتورهای تبدیل

Table (3): Rescaling Factor

عوامل مقیاس	باند ۱۱	باند ۱۰
ML	۰/۰۰۰۳۳۴	۰/۰۰۰۳۳۴
AL	۰/۱	۰/۱

۷-۲- محاسبه گسیلمندی سطحی (LSE)

برای محاسبه‌ی دمای سطح زمین نیاز به محاسبه‌ی گسیلمندی سطح است. گسیلمندی سطحی از طریق روش حد آستانه NDVI بدست می‌آید. بدین منظور گسیلمندی سطحی از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$LSE = \epsilon_s (1-FVC) + \epsilon_v * FVC \quad [4]$$

در رابطه فوق LSE بیانگر گسیلمندی سطحی ϵ_s و ϵ_v به ترتیب بیانگر مقدار گسیلمندی خاک و گیاه در باندهای ۱۰ و ۱۱ (جدول ۴) و FVC (Fractional Vegetation Cover) بیانگر پوشش گیاهی جز به جز (رابطه ۵) می‌باشد.

جدول (۴): ارزش‌های عددی گسیلمندی خاک و گیاه

Table (4): Emissivity of soil and vegetation

گسیلمندی	باند ۱۱	باند ۱۰
خاک	۰/۹۷۴۷	۰/۹۶۶۸
گیاه	۰/۹۸۹۶	۰/۹۸۶۳

برای محاسبه FVC نیاز به محاسبه NDVI می‌باشد و برای محاسبه FVC از رابطه (۵) استفاده شده است:

$$FVC = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad [5]$$

$$NDVI = \frac{TIR - RED}{TIR + RED} \quad [6]$$

۸-۲- طبقه‌بندی کاربری اراضی

طبقه‌بندی مهم‌ترین مرحله پردازش تصاویر ماهواره‌ای و در واقع با ارزش‌ترین روش استخراج و تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به حساب می‌آید. در این تحقیق برای استخراج نقشه کاربری اراضی از تکنیک پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای (analysis Object Based Image) استفاده شده است. پردازش شیء‌گرا به عنوان راهی برای استفاده بیشتر از تشخیص الگو توسط انسان به منظور بهبود طبقه‌بندی کاربری اراضی به وجود آمد. علاوه بر این ماهیت تصاویر سنجش از دور، به طبقه‌بندی شیء‌گرا این امکان را می‌دهد که از خواص هندسی، طیفی و وابسته به مکان‌شناسی (توپولوژی) پدیده‌ها برای طبقه‌بندی آن‌ها استفاده کند (۸).

۹-۲- سگمنت‌سازی

سگمنت‌سازی اولین و مهم‌ترین گام، در طبقه‌بندی تصویر به واحدهای تصویری مجزا می‌باشد (۱۲). سگمنت به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آنهاست (۹، ۲۵، ۲۶، ۲۷). در طی این فرآیند شیء‌های تصویری متناسب با معیار

همگنی و ناهمگنی براساس پارامترهای مقیاس، رنگ، شکل، ضریب نرمی و ضریب فشردگی شکل ایجاد می‌شوند. در فرآیند سگمنت‌سازی، مفسر می‌تواند بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های مورد نظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آنها را در فرآیند سگمنت‌سازی اعمال نماید (۱۰، ۱۴، ۱۶، ۳، ۱۳، ۲۲).

۲-۱۰- تعریف کلاس‌ها

پس از مشخص شدن تعداد کلاس‌های مورد نیاز در طبقه‌بندی، نام و رنگ کلاس‌ها بایستی تعریف شود. این اطلاعات همراه با اطلاعات مربوط به خصوصیات بصری هر یک از کلاس‌ها اطلاعات مورد نیاز برای طبقه‌بندی شیء‌گرا را فراهم می‌آورد.

۳- بحث

در راستای پردازش تصاویر ماهواره‌ای، در ابتدا مراحل پیش‌پردازش بر روی تصاویر صورت گرفته است. برای این منظور، در ابتدا جهت انجام تصحیحات هندسی، از نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه، که با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ اخذ شده از سازمان نقشه‌برداری کشور و مراجعه به منطقه تهیه شده‌اند، استفاده شده است و در نهایت تصاویر، با خطای RMS برابر با ۰/۳۴ پیکسل، زمین مرجع شد. در مرحله بعدی، در محیط نرم‌افزار ENVI 5.1، مدل تصحیح اتمسفری FLAASH جهت کاهش اثرات اتمسفری بر روی تصویر مورد نظر بکار گرفته شد. سپس جهت طبقه‌بندی، از نرم‌افزار eCognition9 استفاده شد. در محیط این نرم‌افزار، جهت تحلیل و پردازش شیء‌گرا، ابتدا نسبت به سگمنت‌سازی تصویر اقدام شد. در این پژوهش، جهت سگمنت‌سازی، برای پارامتر مقیاس، ارزش عددی ۲۰ انتخاب شد و معیار همگنی برای رنگ ۰/۷ و شکل ۰/۳، معیار نرمی شکل ۰/۷ و فشردگی ۰/۲ در نظر گرفته شده است. با توجه به هدف از تحقیق و شناختی که از منطقه حاصل شد، تعداد ۷ کلاس شامل؛ آب (Water)، مرتع (Grassland)، باغ (Garden)، زراعت آبی (Irrigated agriculture)، زمین‌های بایر (Arid land)، مسکونی (Building) و تأسیسات صنعتی (Industry) در نظر گرفته شده است. مرحله طبقه‌بندی شیء‌گرای اعمال شده در این تحقیق شامل مراحل زیر است:

- تعریف شرایط طبقه‌بندی برای هر کدام از کلاس‌ها

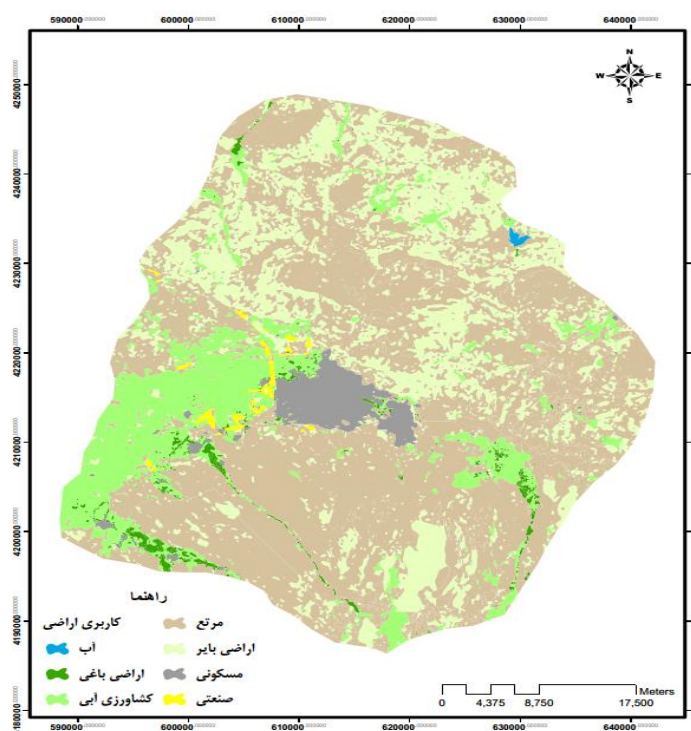
- تفکیک شیء‌های نمونه آموزشی

- انجام طبقه‌بندی تصویر

- ارزیابی صحت نتایج و بررسی پایداری طبقه‌بندی

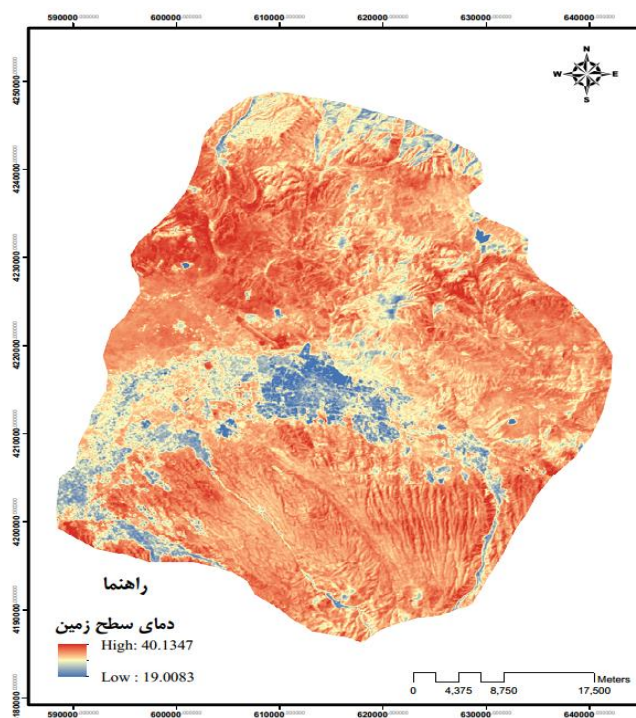
- انتخاب بهترین نتیجه طبقه‌بندی

- ارزیابی دقت طبقه‌بندی با استفاده از ماتریس خطای طبقه‌بندی
 استخراج نقشه شیء‌پایه کاربری اراضی با اجرای مراحل فوق، صورت گرفته و در نهایت طبقه‌بندی شیء‌پایه، بر اساس روش نزدیکترین همسایه انجام شد. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی انجام شده نقاطی تحت عنوان نقاط تعلیمی با استفاده از GPS از منطقه مورد مطالعه تهیه و ماتریس خطا در نرم‌افزار eCognition 9 محاسبه شد. جهت ارزیابی نتیجه طبقه‌بندی، صحت کلی وضرب کاپا به ترتیب $93/46\%$ و $0/81\%$ بدست آمده است. شکل ۳ نقشه کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد.



شکل (۳): نقشه الگوی کاربری اراضی
 Fig (3): Land use pattern map

در نهایت با استفاده از روابط نامبرده در بخش ۲-۱، در قالب الگوریتم پنجره مجزا، دمای سطح زمین برای منطقه مورد مطالعه به درجه سلسیوس محاسبه شد بطوریکه حداقل و حداکثر دمای سطح در منطقه مورد مطالعه، به ترتیب ۱۹ و ۴۰،۱۳ درجه سلسیوس، بدست آمده است. شکل ۴ نقشه دمای محاسبه شده برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۴): نقشه دمای سطح زمین
Fig (3): LST map

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

استفاده نادرست از زمین در چند دهه اخیر منجر به کاهش سرانه سطح اراضی قابل استفاده برای کاربری‌های مختلف در کشورهای پیشرفته و نیز در کشورهای در حال توسعه مانند ایران شده است. به منظور برنامه‌ریزی در راستای تخصیص کاربری اراضی برای تامین نیازهای نسل آینده، نیازمند روش‌هایی برای شناخت زمین، قابلیت‌های آن و تناسب آن زمین برای نوع خاصی از استفاده می‌باشیم. یکی از عوامل تأثیرگذار بر قابلیت اراضی برای کاربری‌های مختلف، دمای سطح خاک می‌باشد. در تحقیق حاضر ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی منطقه‌ای واقع در شمالغرب ایران مطالعه شده است. بدین منظور، از تصویر ماهواره لندست ۸ برای استخراج دمای سطح زمین و همچنین طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده شده است. به منظور محاسبه دمای سطح زمین الگوریتم اسپلیت ویندو به کار گرفته شد و نتایج آن با دمای محاسبه شده توسط ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه مقایسه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که، دمای سطح زمین به طور کامل به ماهیت انواع کاربری وابسته است. براساس نتایج، بین رطوبت سطحی خاک، تراکم پوشش گیاهی و دمای سطحی رابطه مستقیم و معکوسی وجود دارد. وجود رطوبت در سطح خاک و پوشش گیاهی، منجر به کاهش دمای سطح

زمین می‌شود. بطوری که زمین‌های خشک و یا به عبارتی کم رطوبت و همچنین زمین‌های با پوشش گیاهی کم تراکم، بر مناطقی که در تصاویر حرارتی، دمای بالایی از خود نشان می‌دهند، منطبق هستند. همانطور که در جدول شماره ۱ آمده است؛ اراضی بدون کاربری خاص (اراضی بایر) به دلیل فقر در رطوبت سطحی، بیشترین دمای سطح را از خود نشان می‌دهند. در حالی که سطوح آبی همچون دریاچه پشت سدهای مخزنی، به دلیل ماهیت فیزیکی خود، رفتار متفاوتی در مقابل امواج الکترومغناطیسی داشته و دمای پایینی را در تصاویر حرارتی از خود بروز می‌دهند. در عین حال اراضی مرتعی دارای بیشترین دامنه تغییرات دمایی می‌باشد که نشان‌دهنده تغییرات زیاد در توزیع رطوبت سطح در این مناطق می‌باشد. این امر می‌تواند بیانگر تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی و همچنین توزیع و پراکنش انواع خاک در سطح اراضی مرتعی نیز باشد.

جدول (۵): پارامترهای آماری دمای سطح زمین در کاربری‌های موردنظر

Table (5): Statistical parameters of LST in land use types

کاربری اراضی	دامنه	حداکثر	حداقل	مساحت (km ²)
اراضی بایر	۱۷/۷۲	۴۰/۱۳	۲۲/۴۰	۵۲۵
مرتع	۱۹/۶۴	۳۹/۰۹	۱۹/۴۴	۱۲۶۷
تاسیسات صنعتی	۱۲/۸۶	۳۷/۴	۲۴/۵۳	۱۱/۹۵
کشاورزی آبی	۱۴/۹	۳۸/۳	۲۳/۳۹	۳۰۲/۶
باغ	۱۵/۱۶	۳۷/۴۶	۲۲/۳۰	۳۶/۲۵
مسکونی	۱۷/۸۶	۳۶/۸۷	۱۹	۷۳/۲۶
آب	۱۴/۴۲	۳۵/۵	۲۱/۰۸	۱/۹۷

ارائه پیشنهادها و راهکارها جهت حل مشکلات

دمای سطح زمین به عنوان یک کمیت ترمودینامیک، شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و بررسی اثرات گلخانه‌ای بوده و از مهم‌ترین پارامترها در بررسی فعل و انفعالات سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی می‌باشد. به عنوان مثال محاسبه دقیق دمای سطح برف و یخ در مناطق منجمد شمالی به منظور بهبود تخمین بیلان گرمایی و ارتباط آن با تغییرات آب و هوا در مقیاس جهانی، اهمیت بسیار زیادی دارد. در کشاورزی از دمای سطح زمین به منظور ارزیابی میزان آب مورد نیاز محصولات کشاورزی، بررسی خشکسالی، تشخیص سرمازدگی در باغ‌ها و مناطق خسارت دیده از سرمازدگی استفاده می‌گردد. از کاربردهای دیگر نقشه‌های حرارتی می‌توان به تشخیص آنومالی‌های حرارتی قبل از وقوع آتشفشان و زلزله، تهیه نقشه مناطق مستعد انرژی زمین گرمایی برای تولید انرژی، تشخیص ابر و غیره اشاره نمود. براساس نتایج، تکنولوژی سنجش از دور می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد در مطالعات محیطی مورد استفاده قرار گیرد. یکی دیگر از

موضوعات تحقیقاتی که از مباحث سنجش از دور حرارتی بهره می‌گیرد، مطالعه جزایر حرارتی شهرها می‌باشد. به مدیران شهری پیشنهاد می‌گردد، جهت تعادل در توزیع گرمایی، دمای سطح شهر و در پی آن، دمای هوای سطح شهر، در جهت کاهش هزینه‌های تامین و تعادل انرژی، در طراحی و ایجاد فضای سبز شهری و آب‌نماها، بام‌های سبز (ایجاد پوشش گیاهی چمنی بر روی پشت بام منازل)، کف‌سازی سرد (ایجاد پوشش‌هایی با رنگ روشن و تاحدودی نفوذپذیر در مقابل آب در معابر شهری) و خودروهای سرد (اتخاذ استراتژی استفاده از رنگ‌های روشن برای خودروها که باعث جذب کمتر گرما گردند) اهتمام بورزند. در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا فرصت‌های بهتر و بیشتری را برای استفاده از سنجش از دور فراهم نموده است و این امر به استفاده هرچه بیشتر و کارآمدتر از تصاویر ماهواره‌ها، برای مسائل زیست محیطی، زمین‌شناسی و دیگر شاخه‌های مرتبط فراهم نموده است. نتایج این تحقیق در شاخه‌های علمی متعددی چون اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی و همچنین فرایندهای مربوط به کشاورزی قابل استفاده است. نتایج این پژوهش همچنین برای برنامه‌ریزان محیطی، منابع طبیعی و کشاورزی، برای برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای بسیار کاربردی است و می‌تواند در سازمان‌های جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، محیط زیست و شرکت آب منطقه‌ای، مورد استفاده قرار گیرد.

۵-منابع

- 1-Alavi Panah, Seyed Kazem (2007). Thermal remote sensing and its application in earth sciences, University of Tehran Press, [In Persian].
- 2-Amiri, R, Q.Weng, A. Alimohammadi, and S.K. Alavipana (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 Sens. Environ.*, 113: 2606–2617
- 3-Bahram, I., Farshid, S., Jafar, J. (2020). Evaluating metropolises grow and their impact on the around villages using Object-Oriented Images. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 13(1): 4153. <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/6525>.
- 4-Becker, F. and A.L. Li. (1990). Towards a local split window method over land surfaces, *Internatoinal Journal of Remote Sensing*. 11:369-393.
- 5-Caselles, V., Rubio, E., Coll, C., Valor, E., (1998). Thermal Band Selection for the PRISM Instrument: 3. Optimal Band Configurations. *J. Geophys. Res. Atmos*, 103: 17057–17067.
- 6-Dousset, B., Gourmelon, F. (2003). Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover, ISPRS. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58: 43– 54.
- 7-Feizizadeh, B., and Blaschke, T. (2013). Examining Urban Heat Island Relations to Land Use and Air Pollution: Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis for Thermal Remote Sensing, *IEEE Journal of selected topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3): 1749-1756.
- 8-Feizizadeh, B., Mir Rahimi, H. (2008). Detection of land use changes using object-oriented classification method (Case study: Andisheh town), Proceedings of the Tehran Geomatics Conference [In Persian].
- 9-Feizizadeh, Bakhtiar (2007). Comparison of basic and object-oriented pixel methods in land use mapping, Master Thesis, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz.
- 10-Feizizadeh, Bakhtiar; Helali, Hossein (2009). Comparison of basic, object-oriented pixel methods and effective parameters in land use / land use classification of West Azerbaijan province. *Natural Geography Research*, 71: 73-84
- 11-Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, J.S., Hook, S., Kahle, A.B., (1999). A temperature and emissivity separation algorithm for advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36: 1113-1126

- 12-Huang, L. and Ni. L. (2008). Object-oriented classification of high resolution satellite image for better accuracy, Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, P.R., 2008, 211-218, June25-27, Shanghai China.
- 13-Jafarzadeh, Jafar, Nazmfar, Hossein. (2020). Investigating the efficiency of satellite image classification methods in evaluating urban land use changes using scale optimization in object-oriented processing (Case: Ardabil city). *Journal of Urban Research and Planning*, 10(36): 117-128.
- 14-Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., (2008). Split-window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 5: 806–809.
- 15-Jiménez-Muñoz, J.C., Sobrino, J.A., Skoković, D., Mattar, C., and Cristóbal, J., (2014). Land Surface Temperature Retrieval Methods from Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(10).
- 16-Nazmfar, H., Jafarzadeh, J. Classification of Satellite Images in Assessing Urban Land Use Change Using Scale Optimization in Object-Oriented Processes (A Case Study: Ardabil City, Iran). *J Indian Soc Remote Sens*, 46, 1983–1990 (2018).
<https://doi.org/10.1007/s12524-018-0850-7>.
- 17-Owen, T.W., T.N. Carlson and R.R. Gillies. (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization, *Int. J. Remote Sensing*, 19(9): 663-1681.
- 18-Rajeshwari, A., and Mani, ND. (2014). Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District using Landsat 8 data, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, ISSN: 2321-7308.
- 19-Rothery, D.A., Francis, P.W. and Wood, C.A. (1988). Volcano monitoring using short wavelength infrared data from satellites. *Journal of Geophysical Research*, 93: 7993-8008.
- 20-Sobrino, J.A., Li, Z-L., Stoll, M. and Becker, F., (1996). Multi –channel and multiangle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 2089-2114.
- 21-Sobrino, J.A., Caselles, V., Coll, C., (1993). Theoretical split-window algorithms for determining the actual surface temperature, *Il Nuovo Cimento C*, 16: 219-236.

- 22-Sobrino, J.A., Cool, C., and Caselles, V. (1991). Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-LL AVHRR channels 4 and 5. *Remote Sensing of Environment*, 38: 19-34.
- 23-Voogt, J.A. and T.R. Oke. (2003). Thermal remote sensing of urban climate, *Remote Sens. Environ.*, 86: 370-384.
- 24-Weng, Qihao, Dengsheng Lu, Jacquelyn Schubring. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies, *Remote Sensing of Environment*. 89: 467-483.
- 25-Wu, Z.; Che, M.; Zhang, S.; Duo, L.; Lei, S.; Lu, Q.; Yan, Q. (2022). Remote Sensing Monitoring and Driving Force Analysis of Salinized Soil in Grassland Mining Area. *Sustainability*, 14: 741. <https://doi.org/10.3390/su14020741>.
- 26-Ye, J.; Qiang, Y.; Zhang, R.; Liu, X.; Deng, Y.; Zhang, J. (2022). High-Precision Digital Surface Model Extraction from Satellite Stereo Images Fused with ICESat-2 Data. *Remote Sens.*, 14: 142. <https://doi.org/10.3390/rs14010142>.
- 27-Zeng, Y., Guo, Y. & Li, J. (2022). Recognition and extraction of high-resolution satellite remote sensing image buildings based on deep learning. *Neural Comput & Applic*, 34: 2691-2706; <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06027-1>.