

بر آورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد

بختیار فیضی زاده^۱ خلیل دیده بان^۲

خلیل غلام نیا^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۲/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۹/۱۳

چکیده

دمای سطح زمین یکی از معیارهای مهم در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای می‌باشد. دمای سطح زمین در بسیاری از برنامه‌های کاربردی محیط زیست، کشاورزی، هواشناسی و سایر پروژه‌ها می‌تواند مورد استفاده واقع شود. با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، سنجش از دور می‌تواند به عنوان پایه و اساس بسیاری از داده‌های هواشناسی مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مهمترین جنبه‌های کاربردی سنجش از دور در مطالعات اقلیم‌شناسی برآورد دمای سطح زمین می‌باشد. در این راستا، الگوریتم پنجره مجزا به عنوان یک روش مؤثر در استخراج دمای سطح زمین محسوب می‌شود؛ که براساس منابع علمی بیشترین دقت را ارائه می‌دهد. در این پژوهش از تصاویر چند طیفی و حرارتی ماهواره لندست ۸ برای برآورد دمای زمین در حوضه آبریز مهاباد استفاده شده است. برای نیل به هدف، بعد از انجام تصحیحات رادیومتریک نسبت به مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل تصاویر اقدام شد. بطوری که شاخص پوشش گیاهی، کسری پوشش گیاهی، دمای روشنایی ماهواره، قابلیت انتشار سطح زمین، ستون بخار آب که از معیارهای مؤثر در برآورد دمای سطح زمین با روش الگوریتم پنجره مجزا می‌باشند، با انجام محاسبه روابط ریاضی مقادیر لازم برای محاسبه دمای سطح زمین بدست آمدند. در نهایت دمای سطح زمین با دقت معادل ۱/۴ درجه سانتیگراد برآورد شد. مناطق با پوشش گیاهی زیاد و پوشیده از آب (سد) دمای کم و مناطق با پوشش گیاهی کم و خاک لخت دمای بالایی را نشان می‌دهند که همه در تغییرات دمایی منطقه مورد مطالعه مؤثر می‌باشند. نتایج تحقیق بیانگر این مهم است که روش الگوریتم پنجره مجزا نتایج قابل اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می‌دهد که می‌تواند در مطالعات زیست محیطی و علوم زمین مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح زمین، الگوریتم پنجره مجزا، مهاباد، تصاویر ماهواره ای لندست

۱. استادیار گروه GIS و RS دانشگاه تبریز feizizadeh@tabrizu.ac.ir

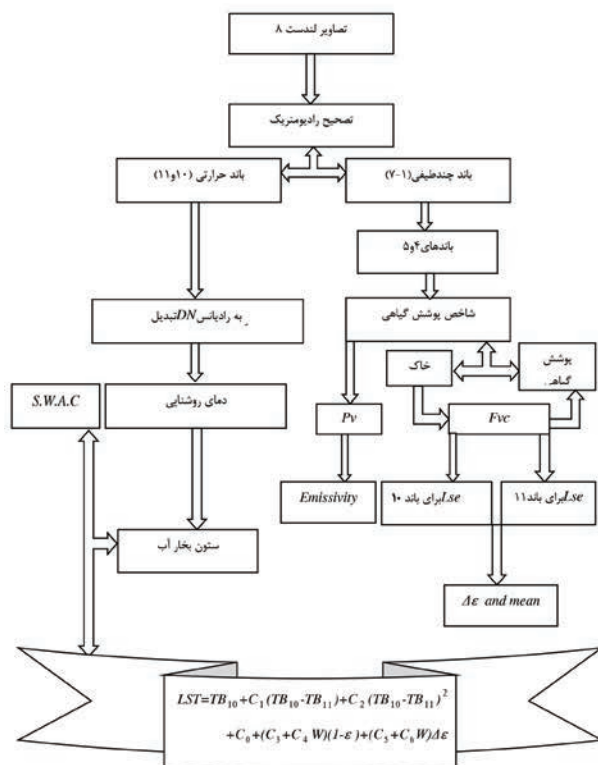
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد GIS و RS دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول) khalilididban@yahoo.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد GIS و RS دانشگاه تبریز khalilgholamnia@yahoo.com

۱- مقدمه

استفاده از ارایه الگوریتم پنجره مجزا نسبت به روش تک کانال است. دوم، فیلترهای طیفی دو باند TIRS باریک‌تر از باند حرارتی پردازنده TM و ETM هستند. دو کانال مادون قرمز حرارتی پهنای باند باریک در TIRS، که می‌تواند بهتر اطلاعات سطح زمین را دریافت کند. در نتیجه سنسورهای حرارتی لندست ۸ درک بهتری از دمای سطح زمین ارائه می‌دهند و در مطالعات آینده یک مرجع مناسب برای اندازه‌گیری دمای سطح زمین است.

الگوریتم پنجره مجزا براساس تحلیل‌های ریاضی است. با استفاده از اطلاعات زمینی، اطلاعات دمای روشنایی سنسور حرارتی (TIRS)، قابلیت انتشار سطح زمین^۲ (LSE) و عامل پوشش گیاهی جزء به جزء^۳ (FVC) بدست آمده از باند چند طیفی OLI محاسبه دمای سطح زمین را فراهم می‌کند (ShahidLatif, 2014: 3848).



نگاره ۱: چارت روشکار (مأخذ: نگارندگان)

دمای سطح زمین یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مطالعات جهانی به حساب می‌آید؛ که فاکتوری مهم در کنترل فرآیندهای بیولوژیکی، شیمی و فیزیکی زمین می‌باشد (Alavipannah, et al, 2009:288). دمای سطح زمین 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. می‌توان این دما را با استفاده از تابش مادون قرمز که از سطح زمین ساطع می‌گردد به وسیله معادله معکوس پلانک برآورد نمود. در سنجش از دور، دمای سطح زمین را که در فضای بالای اتمسفر بوسیله سنجنده‌ها بدست می‌آید دمای روشنایی می‌نامند؛ که تحت تأثیر جذب و پخش اتمسفری کمتر از دمای سطح زمین می‌باشد (Reutter, et al, 1994:101).

بسیاری از روش‌های بازیابی دمای سطح زمین از اطلاعات سنجش از دوری ارائه شده توسط چند کانال مادون قرمز (TIR) داده‌های حرارتی استفاده می‌کنند و این روش را می‌توان تقریباً به سه گروه تقسیم کرد: الگوریتم تک کانال، الگوریتم چندکانال (به عنوان مثال، الگوریتم پنجره مجزا) و روش چندزمانه. در میان این روش‌ها، رایج‌ترین روش، الگوریتم پنجره مجزا است که با استفاده از این الگوریتم برای حذف اثر جو و بدست آوردن دمای سطح زمین با ترکیب خطی یا غیرخطی از درجه روشنایی حرارت دوکانال مجاور ۱۱ و ۱۲ میکرومتر استفاده شده است (Becker, et al, 1995:227).

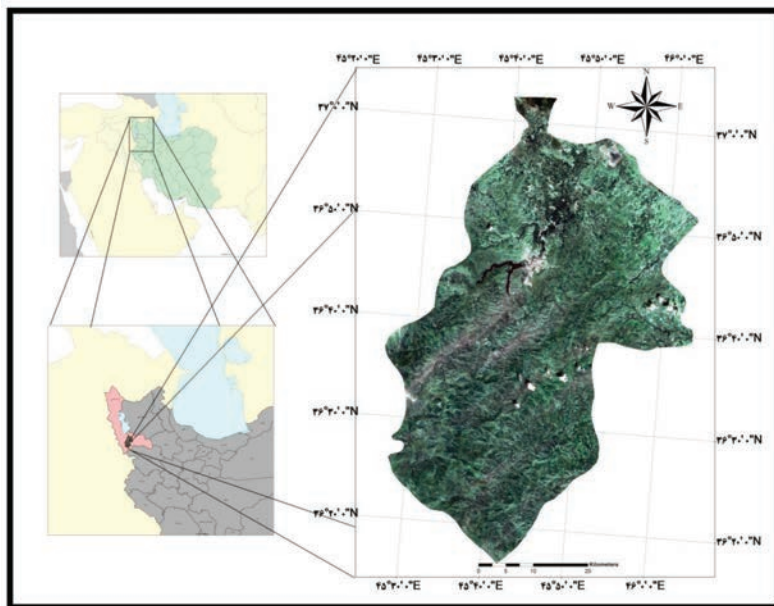
باندهای حرارتی لندست ۸ در محدوده طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر فعال هستند. این خود باعث می‌شود که در الگوریتم پنجره مجزا بتوان از داده‌های این ماهواره استفاده کرد. در مقایسه TIRS با سنجنده (TM) و (ETM+) که تنها یک کانال مادون قرمز حرارتی دارند ابزار TIRS دارای دو مزیت است. اول TIRS دو کانال مادون قرمز حرارتی در پنجره جوی دارد که یک فرصت بازیابی^۱ LST جدید با

2 - Land Surface Emissivity

3 - Fraction Of Vegetation Cover

1- Land Surface Temperature

نگاره ۲: معرفی منطقه مورد مطالعه (مأخذ:
نگارندگان)



حاکمی از آن است که روش بکار رفته در این تحقیق، جهت تخمین مقادیر بازتابش و درجه حرارت سطح، بر روی مناطق شهری غیریکنواخت، بادقت قابل قبولی عملی بوده و می تواند به منظور برآورد میزان توسعه شهری در یک دوره زمانی، مورد استفاده قرار گیرد.

امینی و دیگران (۱۳۹۳) در پژوهشی به کمک سنجش از دور، تراکم و پراکنش مکانی پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند. ابتدا با پیش پردازش اطلاعات ۱۲ تصویر ماهواره ای (۱۳۷۷-۱۳۸۸، ETM+، landsat۷) ضریب بازتاب پوشش سطح زمین و ضریب تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف به دست آمد و شاخص گیاهی NDVI تعیین شده، تراکم، پراکنش پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال برآورد گردید. نتایج نشان داد که دمای سطح زمین برآورد شده از اطلاعات سنجش از دور، مطابقت قابل قبولی با آمار ثبت شده در ایستگاه های هواشناسی دارد که بین مقادیر دمای پوشش سطح برآورد شده و اندازه گیری شده، اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. نتایج کلی نشان داد که الگوریتم سبال با ضریب همبستگی ۰/۷۵، ریشه میانگین مربعات خطای ۴/۵ درجه سانتی گراد و میانگین خطای مطلق

در این راستا آگاهی از تغییرات مکانی دمای هوا در مقیاس های وسیع جهت انجام مطالعات و بررسی های اقلیمی، هواشناسی، هیدرولوژیکی لازم به نظر می رسد. از آنجایی که ایستگاه های هواشناسی فقط اطلاعات دما را برای نقاطی خاص اندازه گیری می کنند، مقادیر بدست آمده فقط می تواند مربوط به همان نقطه باشد، با توجه به پوشش زمین و دیگر شرایط دمایی، دما در نقاط مختلف یک مکان می تواند چندین درجه سانتیگراد پایین تر یا بالاتر باشد یا به عبارتی دیگر شرایط فیزیکی، پوشش زمین و تغییرات ایجاد شده، باعث تغییر دمای سطح زمین خواهند شد. این امر ایجاب می کند از روش های علمی (الگوریتم مجز) که امکان محاسبه دمای هر نقطه از سطح زمین را فراهم می کند استفاده کنیم، تا بتوان تحقیقات و پروژه های علوم زمین را در رابطه با دمای سطح زمین انجام داد. روش های سنجش از دوری یکی از بهترین روش های نو برای محاسبه دمای سطح زمین با توجه به شرایط مکانی می باشد. در این زمینه تحقیقاتی انجام شده که از جمله آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

ملک پور و همکاران (۱۳۸۹) تحقیقی در رابطه با تخمین درجه حرارت سطح زمین با استفاده از داده های سنجنده ای ETM+ و الگوریتم سبال در شهر تهران انجام دادند. نتایج

ثانیه و میانگین دمای سالیانه ۱۲ درجه سانتی گراد دارای آب و هوای کوهستانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل می‌باشد. همچنین منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای با تغییرات کاربری بالا می‌باشد که در تغییرات دمای منطقه تأثیر گذار است (نگاره شماره ۲).

۳- روش تحقیق

برای انجام این تحقیق از تصاویر لندست ۸ استفاده شده است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در گذر ۱۶۸ و ردیف‌های ۳۴ و ۳۵ قرار گرفته از نرم‌افزار Envi5.1 برای Layer stacking باندهای مورد نظر و موزاییک کردن دو تصویر استفاده شد. برای انجام تصحیح رادیومتریک تصاویر نیز از همین نرم‌افزار با استفاده از روش FLAASH^۲ اقدام شده است. فلش اولین ابزار تصحیح آتmosphری می‌باشد که طول موج قابل رؤیت و طول موج‌های مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک تا ۳ میکرومتر را تصحیح می‌کند (EnviHelp). htmcshid=FLAASH_PARAMS/Exelis_Visual_Meta (Information Solution, 2015). در روش فلش از فایل Data برای تصحیح باندهای مورد نظر که شامل باندهای چند طیفی و باندهای حرارتی است، استفاده شده که برای باندهای چند طیفی عملیات رادیانس و ریفلکت انجام گرفته ولی برای باندهای حرارتی فقط عملیات رادیانس انجام شد. از مزایای مهم این برنامه جانبی طبقه بندی کردن باندهای تصاویر ماهواره ای مورد استفاده می‌باشد. مثلاً تصویر ماهواره لندست هشت در این روش بصورت جدول شماره ۱ طبقه بندی خواهد شد.

جدول ۱: طبقه‌بندی باندها تصاویر لندست ۸ در روش فلش

ردیف	باند	شماره باند
۱	Multi Spectral	۷-۱
۲	Panchromatic	۸
۳	Cirrus	۹
۴	Thermal	۱۱-۱۰

(مأخذ: نگارندگان)

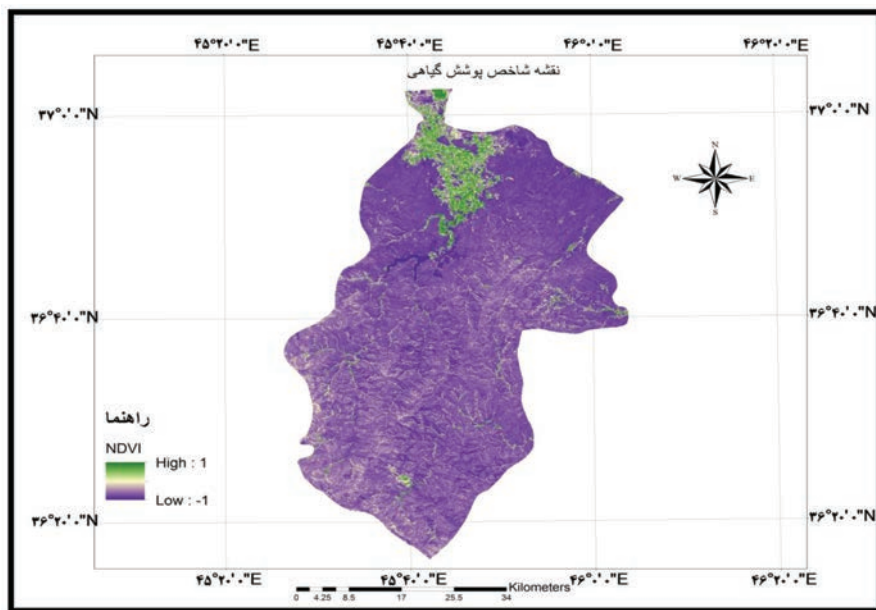
۲/۴ درجه سانتی گراد، از دقت قابل قبولی برخوردار است. (Feizizadeh, et al, 2012) در پژوهشی که در شهرستان مراغه با استفاده از داده‌های ETM+ و الگوریتم سبال^۱ انجام دادند، ارزش LST در شهرها، روستاها و همچنین مناطق مختلف خاک لخت را برآورد کرده‌اند.

براساس نتایج این تحقیق حداکثر ارزش LST با مناطق رخنمون سنگ همراه بوده و مقدار LST، یک رابطه معکوس با مقدار رطوبت و پوشش گیاهی دارد. (Rajeshwari & Mani, 2014) به برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ پرداختند و صحت این روش را مورد ارزیابی قرار دادند و مقدار RMSE را برای کار K0.9 محاسبه نمودند. (Offer, et al., 2014) در پژوهشی با استفاده از روش الگوریتم پنجره مجزا دمای سطحی منطقه مورد مطالعه را با استفاده از تصاویر لندست ۸ برآورد کردند که ریشه مربعات خطای Lst را ۰/۹۳ درجه سانتی گراد برآورد نموده‌اند.

در تمام تحقیقات انجام شده برای برآورد دمای سطح زمین از روش‌های مختلفی استفاده شده است که می‌توان گفت روش Split Window نسبت به روش‌های دیگر جهت برآورد دمای سطح زمین برتری دارد.

۲- محدوده مورد مطالعه

شهرستان مهاباد در شمال غرب ایران و جنوب استان آذربایجان غربی در دامنه کوه لند شیخان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در موقعیت طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی قرار گرفته و با دو بخش، مرکزی و خلیفان دارای ۲۲۴ روستا می‌باشد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۵۹۱ کیلومتر مربع است و ۲۱۵،۵۲۹ نفر جمعیت دارد (بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰). از لحاظ اقلیمی این شهرستان با میانگین بارش سالیانه ۳۳۰ میلی متر، متوسط سرعت وزش باد ۸ متر در



نگاره ۳: نقشه شاخص پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه (مآخذ: نگارندگان)

گیاهی شناخته شده است (Casa, 1990). فرایند محاسباتی ساده دارد و در مقایسه با دیگر شاخص‌ها دارای بهترین توان دینامیکی می‌باشد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوئی و زمینی خاک (به جز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد)، حساسیت کمتری دارد. برای برآورد شاخص پوشش گیاهی از باندهای قرمز (۴) و مادون قرمز نزدیک (۵) تصاویر لندست ۸ استفاده شده است. فرمول محاسبه شاخص پوشش گیاهی به شرح زیر است:

این روش تنها برای باندهای چند طیفی مود استفاده قرار می‌گیرد و سپس برای نرمالیزه کردن باندهای مورد نظر بین ۱-۰ از فرمول زیر استفاده شد.

$$(b^1 \text{ Le } 0) * 0 (b^1 \text{ Ge } 10000) * 1 (b^1 \text{ Gt } 0 \text{ and } b^1 \text{ Lt } 10000) * \text{Float}(b^1) / 10000$$

بعد از اینکه تصاویر از لحاظ انجام عملیات پیش پردازش آماده شدند، برای دست یافتن به هدف مورد نظر که برآورد دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعاتی می‌باشد مراحل مربوطه در بخش بحث انجام گرفت.

$$\text{NDVI} = (\text{Band}^5 - \text{Band}^4) / (\text{Band}^5 + \text{Band}^4)$$

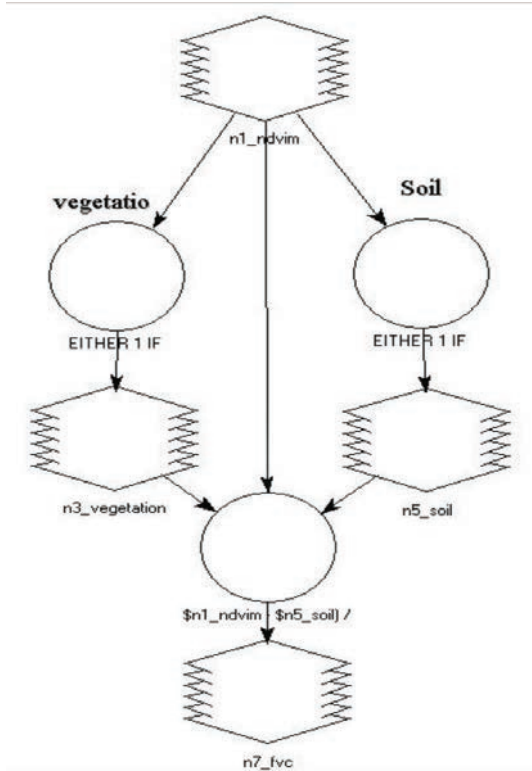
که نتیجه حاصل از این فرمول تصویری با دامنه بین $-1 < 0 < 1$ می‌باشد. (نگاره شماره (۳))

این شاخص با استفاده از فرمول NDVI که در بالا ذکر شده محاسبه و مقدار آن بین اعداد +۱ تا -۱ تغییر می‌کند (نگاره شماره (۴)). مقادیر منفی در این شاخص حاکی از عدم حضور پوشش گیاهی و مقادیر مثبت مناطقی با پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. مقدار این شاخص تحت تأثیر عواملی قرار می‌گیرد و در دمای منطقه تأثیر گذار می‌باشد. بطوریکه مناطق دارای پوشش گیاهی و آب بدلیل داشتن

۴- بحث
۱-۴ برآورد شاخص پوشش گیاهی (NDVI)
با توجه به اینکه شاخص پوشش گیاهی نقش عمده ای در نقل و انتقال انرژی بین زمین و اتمسفر دارد و آثار متفاوتی بر روی عناصر اقلیمی از جمله دمای پیرامون خود می‌گذارد؛ در نتیجه می‌توان آن را بعنوان یکی از فاکتورهای تأثیر گذار در محاسبه دمای سطح زمین (LST) به حساب آورد.

این شاخص از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی است که در زمینه ی مطالعات پوشش

رطوبت نسبی از دمای کمتری نسبت به مناطق عاری از پوشش گیاهی و آب برخوردار هستند. شار تابشی گفته می‌شود. الکترو مغناطیسی از خود ساطع می‌کنند و به این تشعشعات،



نگاره ۴: مدلسازی کردن FVC (مآخذ: نگارندگان)

۴-۲- برآورد کسری پوشش گیاهی (FVC)

پوشش گیاهی سبز جزء به جزء (FVC) یکی از پارامترهایی است که در بسیاری از برنامه‌های کاربردی محیط زیست و تغییرات آب و هوایی کاربرد دارد. یک رویکرد مشترک برای برآورد FVC شامل ترکیبی غیرخطی از دو عنصر طیفی در یک تصویر سنجش از راه دور شامل؛ خاک لخت و پوشش گیاهی سبز است. خواص طیفی از این دو عنصر معمولاً به صورت‌های مختلف برآورد می‌شود که شامل اندازه‌گیری‌های میدانی، برآورد از منابع داده‌های اضافی (به عنوان مثال، پایگاه داده خاک و یا نقشه‌های پوشش اراضی)، و یا به طور مستقیم از تصاویر استخراج شده است (Janson, et al, 2007). الگوریتم وابسته به یک تجزیه و تحلیل روش بهینه‌سازی مخلوط طیفی (SMA) بر اساس قضیه پوشش گیاهی، همراه با استفاده از استاندارد SMA، برای بهبود درک از تأثیرپذیری دو عنصر در اشتقاق از بخش پوشش گیاهی زیرپیکسل‌ها در مقیاس جهانی است (Garcia, et al., 2005: 26).

برای محاسبه Fvc از رابطه زیر استفاده می‌شود:

(۳)

$$Fvc = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s)$$

در این رابطه

NDVI = شاخص پوشش گیاهی

NDVI_s = مناطق بدون پوشش گیاهی شاخص

NDVI_v = مناطق پوشیده از گیاه شاخص

برای بدست آوردن مناطق با پوشش و بدون پوشش

گیاهی از مدلسازی کردن در محیط Model Maker در نرم

افزار Erdas استفاده شد. (نگاره (۴) و (۵))

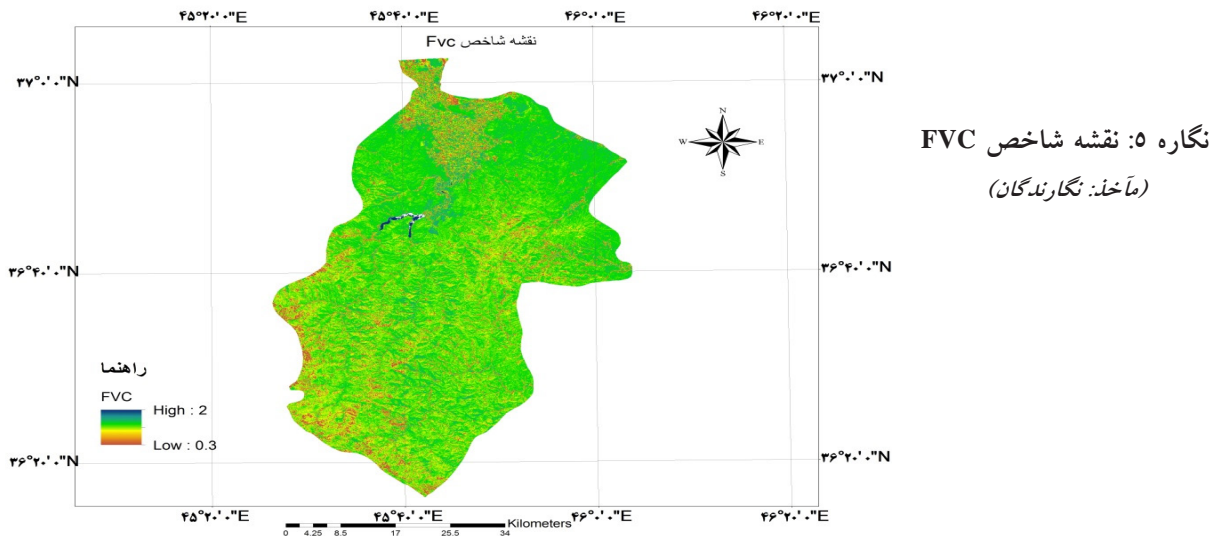
۴-۳- برآورد قابلیت انتشار (Emissivity)

اجسام با درجه حرارت بالاتر از صفر مطلق، تشعشعات

در یک جسم تیره تمام حرارت جذب شده منتشر شده و قدرت انتشار انرژی یک ماده واقعی نسبت به یک جسم سیاه را گسیلندگی می‌گویند.

شار تابشی توسط فاکتورهایی همچون مقدار آب، ترکیب شیمیایی و ناهموارهای سطحی کنترل می‌شود. همچنین شار تابشی برای پوشش گیاهی به نوع گیاه و چگالی منطقه بستگی دارد و مقدار کمیت آن بین صفر تا یک متغیر است و موادی که € بالایی دارند مقدار زیادی انرژی جذب و همان مقدار انرژی منتشر می‌نمایند.

قابلیت انتشار اجسام وابسته طول موج است. یعنی هنگامی که قابلیت انتشار انرژی از اجسام واقعی در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود، مقادیر متفاوتی حاصل خواهد شد.



LSE = قابلیت انتشار سطح زمین

$E^{s-v} =$ انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق جدول شماره ۱

FVC = نسبت پوشش گیاهی

جدول ۲: Emissivity برای خاک و گیاه

قابلیت انتشار	باند ۱۰	باند ۱۱
خاک	۰/۹۷۱	۰/۹۷۷
گیاه	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹

بعد از محاسبه کردن LSE برای هر یک از باندهای

حرارتی، اختلاف و میانگین این دو باند نیز محاسبه شد:

$$E = (E^{10} - E^{11}) / 2 \quad (6)$$

$$\Delta E = (E^{10} - E^{11}) \quad (7)$$

اختلاف LSE برای باندهای ۱۰ و ۱۱ $E =$ میانگین $E = LSE \Delta$ اما کاربرد باندهای حرارتی بیشتر در این مراحل نمود پیدا می کند که ابتدا نیاز به انجام رادیانس باندهای حرارتی تصویر لندست ۸ می باشد که برای این امر می توان از فرمول زیر استفاده کرد.

$$L_{\lambda} = M^l * Q^{cal} + A^1 \quad (8)$$

$$M^l = \text{radiance_mult_band_10/11}$$

$$Q^{cal} = 11 \text{ و } 10 \text{ باند}$$

$$A^1 = \text{radiance_add_band_10/11}$$

قابلیت انتشار برخی از مواد طبیعی در محدوده طول موج

۸-۱۲ میکرومتر که در سنجش از دور کاربرد زیادی دارند دیده می شود (Buettner, K. j. k. and ken, 1965:1333). وند گریند و اوو در سال ۱۹۹۳ رابطه بین شار تابشی و شاخص پوشش گیاهی را بدست آوردند، که با رابطه زیر قابل محاسبه می باشد.

(۴)

$$Pv = ((NDVI - NDVI^{Min}) / (NDVI^{Max} - NDVI^{Min}))^2$$

$$E = 0.004 Pv + 0.986$$

$Pv =$ نسبت پوشش گیاهی (Propotion Vegetation)

حداقل و حداکثر ارزش پیکسل های $NDVI^{Max-Min} = NDVI$

$E =$ قابلیت انتشار از اجسام

۴-۴- برآورد قابلیت انتشار سطح زمین (LSE^1)

یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین لازم و ضروری می باشد برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. که این معیار بصورت جدا گانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست ۸ برای گیاه و خاک محاسبه شد. (جدول شماره ۲)

رابطه محاسبه LSE بصورت زیر می باشد:

(۵)

$$LSE = E^s(1-FVC) + E^v * FVC$$

1- Land Surface Emissivity

۵-۴- برآورد دمای روشنایی ماهواره

(Brightness Temperature)

داده‌های باند حرارتی را می‌توان با استفاده از ثابت حرارتی موجود در فایل متا دیتا از طیف درخشندگی به دمای روشنایی تبدیل کرد. که این امر با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$T = K^2 / \ln(K^1 / L^{\lambda} + 1) - 272.15 \quad (9)$$

دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلوین $T =$

ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در $K^2 - K^1 =$ متا دیتا

درخشندگی جو بالا $L^{\lambda} =$

۶-۴- برآورد ستون بخار آب (CWV)

ستون بخار آب در بهبود دقت و بازیابی دمای سطح

زمین نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ که با فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد. $C^0 \dots C^2$ ضرایب ثابت بدست آمده از داده‌های شبیه‌سازی شده هستند.

$$CWV = C^0 + C^1 * (T^j / T^i) + C^2 * (T^j / T^i)^2 \quad (10)$$

$T^j / T^i =$ میانگین دمای روشنایی

$$C^0 = -9.674$$

$$C^1 = 0.653$$

$$C^2 = 9.087$$

۷-۴- الگوریتم Split-Window

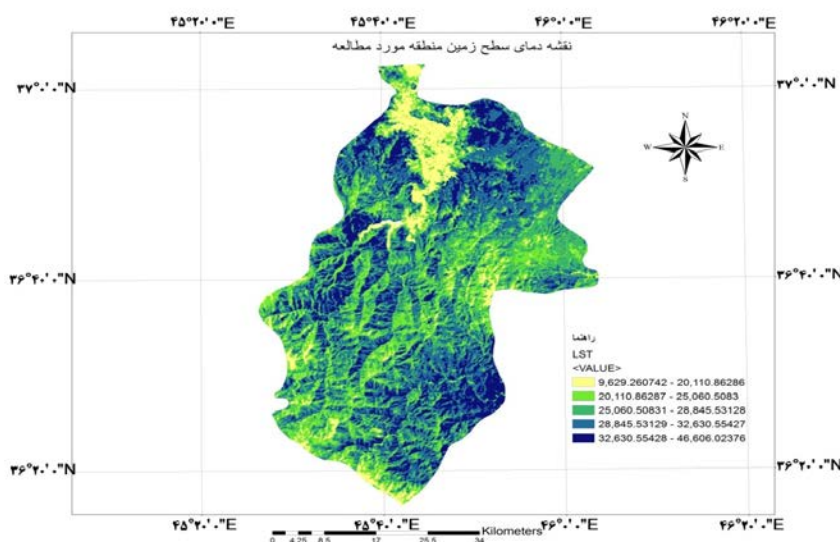
این الگوریتم از جمله روش‌های مهم در برآورد دمای سطح زمین به حساب می‌آید که نسبت به سایر روش‌ها از دقت بهتری برای محاسبه دمای سطح زمین برخوردار می‌باشد. ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی می‌باشد. با توجه به این که این الگوریتم اطلاعات دقیق در مورد پروفیل جوی در طول کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، چنین الگوریتم به طور گسترده در بازیابی LST از دوسنسور چند طیفی Multi Spectral و سنسور حرارتی Tirs استفاده می‌کند. با توجه به در دسترس نبودن یک پایگاه داده برای اندازه‌گیری‌های LST بالندست λ ، ضرایب C از طریق شبیه‌سازی با اعداد مختلف از شرایط اتمسفر و سطح بدست آمد. (جدول ۳)

جدول ۳: ضرایب الگوریتم Split-Window

(مأخذ: Garcia Haro, 2005)

ارزش‌ها	ضرایب ثابت
-0.268	C_0
1.378	C_1
0.183	C_2
54.300	C_3
-2.238	C_4
-129.200	C_5
16.400	C_6

با به دست آوردن ضرایب بالا تمام مجهولات موجود در فرمول محاسبه دمای سطح زمین بدست آمد و با جایگزین



نگاره ۶: نقشه دمای سطح زمین منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)



نگاره ۷: موقعیت ایستگاه هواشناسی
بر روی نقشه دمای سطح زمین
(مأخذ: نگارندگان)

کار با روش الگوریتم (SW) ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل ارث ایستگاه هواشناسی مهاباد را به بصورت لایه برداری تهیه کردیم که با توجه به محل قرارگیری، محدوده پیکسل‌های با رنگ سبز و آبی نسبت دمای ۲۸/۲۰ برای آن نقطه محاسبه شد (نگاره شماره ۷)). علاوه بر این با میانگین‌گیری از حداقل و حداکثر دمای بدست آمده از دمای سطح زمین عدد ۲۸/۲۰ درجه نیز برای موقعیت ایستگاه محاسبه شد که این عدد با دمای ثبت شده برای آن ایستگاه در لحظه گذر ماهواره از آن منطقه (۲۹ جولای ۲۰۱۴) معادل ۲۹/۶ درجه ثبت شده بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که میزان اختلاف بین دمای ثبت شده در ایستگاه و دمای حاصل از نقشه دمای سطح زمین کمتر از ۲ درجه می‌باشد که این اختلاف زیادی به حساب نمی‌آید.

۶- نتیجه‌گیری

دمای سطح زمین از جمله مهمترین پارامترهای اثرگذار در اجزای بیلان آبی در سطح حوزه آبریز می‌باشد. تولید نقشه‌های دمای سطح زمین نیاز به باندهای حرارتی دارد که توان تفکیک زمینی پایین داشته و در فواصل زمانی طولانی در اختیار محققان قرار می‌گیرد (کاوایی و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۲۲). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که دمای سطح زمین تحت تأثیر کاربری اراضی مختلف سطح زمین تغییر پیدا می‌کند.

کردن مقادیر، دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه فراهم آمد. (نگاره شماره ۶))

(۱۱)

$$LST = TB^{10} + C^1(TB^{10} - TB^{11}) + C^2(TB^{10} - TB^{11})^2 + C^0 + (C^3 + C^4W)(1-\Delta) + (C^5 + C^6W)\Delta$$

دمای روشنایی = $TB^{10} - TB^{11}$

ضرایب الگوریتم = $C^0 \dots C^6$

ستون بخار آب = W

اختلاف = $\Delta = LSE$

۵- تجزیه و تحلیل

همانطور که در بخش‌های قبلی اشاره شد، روش الگوریتم (SW) یکی از روش‌های مناسب برای تعیین دمای سطح زمین می‌باشد که برای دست یافتن به این امر از معیارهای مختلفی استفاده شده است. هر یک از این معیارها با انجام روابط ریاضی محاسبه شدند. با جایگذاری کردن در فرمول محاسبه دمای سطح زمین، دمای منطقه مورد مطالعاتی بدست آمد. مقادیر دما بین ۹/۶۲۹ تا ۶۶/۶۰۶ درجه در نوسان بوده است. مناطق با پوشش گیاهی، باغ و پوشیده با آب (سد) دارای کمترین مقادیر دما که بین ۹/۶۲۹ و ۱۷/۰۲۴ در نوسان بوده است. بیشترین مقادیر دما نیز مربوط به نواحی عاری از پوشش گیاهی است که بین ۳۹/۲۱۰ و ۶۶/۶۰۶ درجه در نوسان می‌باشد. اما برای اثبات میزان دقت

منابع و مآخذ

- همچنین نتایج حاصل نشان داد که با ایجاد رابطه بین شاخص پوشش گیاهی از جمله NDVI و FVC می‌توانیم درجه حرارت سطح زمین را پیش‌بینی کنیم. همچنین جهت دست پیدا کردن به نتایج بهتر در رابطه با برآورد دمای سطح زمین می‌توان از تصاویر سنجنده‌های با قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی بالاتر استفاده کرد.
- روش الگوریتم پنجره مجزا با برآورد دمای سطح زمین نزدیک به دمای برآورد شده بوسیله ایستگاه هواشناسی مهاباد حدود (۲ درجه سانتی گراد اختلاف) دقت و توانایی این الگوریتم را نشان می‌دهد که مدیران و برنامه‌ریزان شهری بایستی در برنامه‌ریزی‌های آتی به نقش و اهمیت ایجاد فضاهای سبز شهری و گسترش آن در تعدیل درجه حرارت سطح زمین شهر مهاباد توجه ویژه نمایند به طوری که در حین مطالعه مشخص شد دمای سطحی در مناطق با پوشش گیاهی کمتر بیشتر است. بطوریکه در بسیاری از تحقیقات مشابه همین نتایج میسر شدند. مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای حداکثر LST و مناطق با پوشش زیاد دارای حداقل LST می‌باشد (Feizizadeh, et al, 2012: 1).
- اما از مزایای این تحقیق کاربردهای این مطالعه در زمینه‌های مختلف مهندسی از جمله کشاورزی، عمران، زمین‌شناسی، هواشناسی، آبخیزداری و سایر رشته‌های دیگر مرتبط با علوم زمین می‌باشد. از آنجایی که ایستگاه هواشناسی فقط دمای مربوط به مکان‌های خاص ارائه می‌کند، روش سنجنش از دوری می‌تواند دمای مناطق مختلف سطح زمین را در اختیار کاربران قرار دهد. بخصوص مناطق صعب العبور و غیره که به دلیل مشکلاتی امکان احداث ایستگاه‌های هواشناسی در آن مقدور نمی‌باشد، این روش می‌تواند جایگزین مناسبی باشد.
- نتایج این تحقیق برای برنامه ریزان و کارشناسان در سطح منطقه برای کسب اطلاعات از وضعیت دمای سطح زمین و ارتباط آنها با کاربری‌های اراضی می‌تواند راهگشای تصمیمات مدیریتی برای حفاظت از منابع طبیعی و کشاورزی باشد.
- ۱- امینی بازیابی، زارع ایبانه و اکبری؛ سمیرا، حمید و مهدی، (۱۳۹۳)، برآورد دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: استان همدان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۱۳۹۳، شماره ۳، ص ۳۴۸-۳۳۳
- ۲- باعقیده، علیجانی و ضیائیان؛ محمد، بهلول و پرویز، (۱۳۹۰)، بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاه NDVI در تحلیل خشکسالی‌های استان اصفهان، مطالعات جغرافیایی مناطق خشکسال اول، شماره چهارم، صص ۱-۱۶.
- ۳- نوری، ثنایی‌نژاد و هاشمی؛ سمیرا، حسین و مجید؛ (۱۳۸۹)، برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر مودیس در زیر حوضه آبریز مشهد، اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، ۱۳۸۹.
- ۴- کاویانی، سهرابی و دانش کارآراسته؛ عباس، تیمور و پیمان (۱۳۹۲)، تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده (NDVI) در تصاویر سنجنده‌های Landsat +ETM و MODIS، مجله هواشناسی کشاورزی جلد ۱، شماره ۱، صص ۱۴-۲۵
- ۵- ملکپور، طالعی، رضایی و خوشگفتار؛ پیمان، محمد، یوسف و مهدی، (۱۳۸۹)، بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌های سنجنده +ETM مطالعه موردی شهر تهران، همایش ژئوماتیک.
- 6- Alavipanah, S.K., et al., (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), 9, 287-303.
- 7- Becker, F., Li, Z.-L. Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems, Remote Sens. Rev, 1995, 12, 225-253.
- 8- Brian Johnson, Ryutaro Tateishi and Toshiyuki Kobayashi, Remote Sensing of Fractional Green

RemoteSensing,37-41

19- Offer,R, Qin,Zh ,Derimian,Y, and Karnieli,A,(2014), Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm,sensor, 14(4): 5768-5780.

20-RajeshwariA , Mani N D,2014, Estimationof Land Surface Temperature ofDindigul District Using Landsat 8 Data, Ijret: International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume: 03 Issue: 05, May-2014, Available @ <http://www.ijret.org>

21-Shahid,L, 2014, Land Surface Temperature Retrival of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District , IJEDR , Volume 2, Issue 4.

Vegetation Cover Using Spatially-Interpolated Endmembers, Remote Sens. 2012, 4, 2619-2634

9- Buettner, K. j. k. and ken; C, D. Determination of infrared Emissivities of terrestrial Surface: J. Geophysical Research; Vol. 70, 1965, p. 1329-1337.

10- Feizizadeh.B, Blaschke.T, Nazmfar,H ,Akbari,E and Kohbanani,H,R,(2012), Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cove from satellite imagery in MaraqehCounty, Iran, Journal of Environmental Planning and Management 2012, 1-26.

11-Gao, C.; Li, Z.-L.; Qiu, S.; Tang, B.; Wu, H.; Jiang, X. An improved algorithm for retrieving land surface emissivity and temperature from MSG-2/SEVIRI data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2014, 52, 3175-3191

12-García-Haro, F.J., F. Camacho-de Coca, J. Meliá, B. Martínez, Operational derivation of vegetation products in the framework of the LSA SAF project, (2005), EUMETSAT Meteorological Satellite Conference. Dubrovnik (Croatia). 19-23 Septiembre, in press.

13-García-Haro, F.J, S. Sommer, T. Kemper (2005), Variable multiple endmember spectral mixture analysis (VMESMA), International Journal of Remote Sensing, 26:2135-2162.

14-Hu Yang, Zhongdong Yang, A modified land surface temperature split window retrieval algorithm and its applications over China, Global and Planetary Change, Volume 52, Issues 1-4, July 2006, Pages 207-215, ISSN 0921-8181, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.015>

15-Johnson,B, Tateishi,R andKobayashi,T Remote Sensing of Fractional Green Vegetation Cover Using Spatially-Interpolated Endmembers, Remote Sens. 2012, 4, 2619-2634

16-Kassa, A.(1990). Drought risk monitoring for Sudan using NDVI, 1982-1993. A

17- Li, Z.-L.; Tang, B.-H.; Wu, H.; Ren, H.; Yan, G.; Wan, Z.; Trigo, I.F.; Sobrino, J.A.Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. Remote Sens. Environ. 2013, 131, 14-37.

18- Mao And other,(2008), A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data, International Journal of

