

## ارزیابی همبستگی پوشش گیاهی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: استان اردبیل)

مهدی اسدی<sup>۱</sup>، محمد باعقیده\*<sup>۲</sup>، خلیل ولیزاده کامران<sup>۳</sup>، حامد ادب<sup>۴</sup>

۱ دکتری آب و هواشناسی کشاورزی دانشگاه حکیم سبزواری، ایران

۲ دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه حکیم سبزواری، ایران

۳ دانشیار سنجش از دور دانشگاه تبریز، ایران

۴ استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه حکیم سبزواری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸)

### چکیده

دمای سطح زمین از شاخص‌های اصلی تعادل انرژی کره‌ی زمین و تاثیرگذار در حیات انسان‌هاست. زیرا، تمامی فعالیت‌های بشری، مستقیم و غیرمستقیم، به دمای هوا که متاثر از دمای سطح زمین است ارتباط دارد. بنابراین، بدین منظور در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست مربوط به تاریخ ۱۳۹۴/۰۵/۱۹ به ارزیابی ارتباط پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در نیمه شمالی استان اردبیل پرداخته شد. برای این کار از شاخص‌های پوشش گیاهی (LAI و SAVI، NDVI) و شاخص LST با روش Mono Window در نرم‌افزار ENVI4.8 استفاده شد. نتایج نشان داد که بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین ارتباط مستقیم وجود دارد و در مناطق شهری و بایر بیشترین LST مشهود است که با گسترش شهرنشینی و افزایش بیابان‌زایی در طول سال‌های متمادی بر میزان آن نیز افزوده خواهد شد. بنابراین مناطق شمالی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه (شامل دشت مغان و جنگل‌های فندق لو) که از نظر پوشش گیاهی غنی می‌باشند دارای LST کمتر (مقدار LST در این بخش حدود ۲۹۰ تا ۳۰۰ درجه کلون است) و مناطق مرکزی منطقه مورد مطالعه که از نظر پوشش گیاهی فقیر بوده و شامل اراضی بایر است دارای LST بیشتری (مقدار LST در این بخش بین ۳۱۲ تا ۳۲۴ درجه کلون است) است. نتایج این پژوهش در مطالعات حفاظت محیط‌زیست و منابع طبیعی بسیار کاربردی بوده و می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی‌های حفاظت محیط‌زیستی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: سنجش از دور، پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، لندست، استان اردبیل

## سرآغاز

مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. هانگ و همکاران به بررسی ارتباط میان مقدار آب پوشش گیاهی نرمال شده و NDVI پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بین NDVI و دمای سطح زمین همبستگی معکوس وجود دارد (Hong et al., 2007). جیانگ و تیان با استفاده از سنجنده‌های TM و ETM+، ارتباط تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین و دما را مورد ارزیابی قرار دادند و با محاسبه شاخص پوشش گیاهی به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین است و همچنین مناطق با پوشش گیاهی متراکم دارای دمای پایین و مناطق با پوشش گیاهی پراکنده دارای دمای بالایی هستند (Jiang & Tian, 2010). اندوتی و همکاران به بررسی اثرات تغییرات پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین پرداختند. ایشان در این پژوهش با بررسی ۴ دوره از تصاویر ماهواره لندست به این نتیجه رسیدند که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین همبستگی منفی وجود دارد (Nduati et al., 2013). مولنار با استفاده از تصاویر لندست ۷ به بررسی ارتباط بین دمای سطح زمین و NDVI در بوداپست پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بین دمای سطح زمین و NDVI همبستگی معکوسی وجود دارد (Molnár, 2016). در ایران نیز تحقیقاتی به شرح زیر انجام پذیرفته است: فیضی‌زاده و همکاران به ارزیابی دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر آن بود که روش الگوریتم پنجره مجزا نتایج قابل‌اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می‌دهد که می‌تواند در مطالعه‌های محیط‌زیستی و علوم زمین مورد استفاده قرار گیرد (Feizizadeh et al., 2016). اکبری و همکاران به بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر لندست پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش بیابان‌زایی و کاهش پوشش گیاهی، روند افزایش دمای سطح زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Akbari et al., 2016). ابراهیمی هروی و همکاران با استفاده از تصاویر لندست ۸ به تعیین مناسب‌ترین روش تخمین دمای سطح زمین پرداختند. بررسی نتایج در تاریخ‌های مختلف نشان داد که تصاویر نیمه دوم سال در مقایسه با نیمه اول سال، تخمین دقیق‌تر و نتایج نزدیک‌تری به واقعیت تولید می‌کنند (Ebrahimi Heravi et al., 2016). بنابراین، با توجه به سوابق پژوهش در این تحقیق سعی شده است که رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در نیمه‌ی شمالی استان

دمای سطح زمین، که مستخرج از داده‌های مادون قرمز حرارتی بوده و پارامتر کلیدی در تحلیل و مدل‌سازی تعادل انرژی سطحی (Anderson et al., 2011; Trenberth, 1992)، رطوبت سطح و تبخیر-تعرق (Carlson, 2007; Gillies et al., 1997; Moran, 2004) و تغییرات آب‌وهوا در مقیاس‌های مختلف فضایی (Jin et al., 2005; Weng, 2009) است، یکی از معیارهای مهم در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و منطقه‌ای است. زیرا، عامل مهمی در کنترل فرایندهای محیط‌زیستی و غیره است. پوشش زمین یا کاربری اراضی یک منطقه پارامتر مهمی در مقدار دمای سطح زمین است. فعالیت‌های طبیعی و انسان‌ساز شرایط فیزیکی و زیستی یک منطقه را تغییر می‌دهد. این فعالیت‌ها همچنین بر مقدار دمای سطح زمین منطقه تاثیر می‌گذارد (Rajeshwari & Mani, 2014). چنانچه مقدار دمای سطح تغییر یابد، اشباع غیر متوازن محیطی مثل ذوب یخچال‌ها، از بین رفتن پوشش گیاهی و بارندگی‌های غیرقابل پیش‌بینی ایجاد شده که منجر به تغییر اقلیم محلی یک منطقه خواهد شد (Ghorbannia et al., 2017). علاوه بر این LST در بررسی مسایل مربوط به استرس‌های گرمایی (Harlan et al., 2006; Laforteza et al., 2009) و گسترش بیماری‌های واگیردار (Liu & Weng, 2009; Reisen, 2004; Ruiz et al., 2010) بسیار مفید است. بنابراین، نه تنها برآورد LST برای ارزیابی فرایندهای محیط‌زیستی مفید است بلکه ارزیابی آن با سلامت انسان‌ها نیز مرتبط است. در حالت معمول منبع اصلی و رایج داده‌های مربوط به دمای هوا، ایستگاه‌های هواشناسی هستند. در حالی که این ایستگاه‌ها فقط آمار نقاط خاصی را ارائه می‌کنند. در بعضی مواقع دمای هوا در یک منطقه یا شهر مقدار معینی گزارش می‌شود در صورتی که این مقدار مربوط به همان شرایط است، چه بسا با توجه به پوشش سطح زمین و دیگر شرایط دما در نقاط مختلف همان شهر می‌تواند پایین‌تر یا بالاتر باشد (Dashtakian & Dehghani, 2006). بنابراین، روش‌های سنتی برآورد تغییرات دما از قبیل رگرسیون و غیره نمی‌توانند برآورد دقیقی از دمای سطحی را به دست بیاورند. اما با استفاده از اطلاعات سنجش‌ازدوری می‌توان میزان دمای سطحی را برای هر نوع کاربری به تفکیک برآورد نمود (Sun et al., 2005). از این‌رو تاکنون پژوهش‌های زیادی در ارتباط با دمای سطح زمین در ایران و جهان انجام شده است که در ادامه به چند

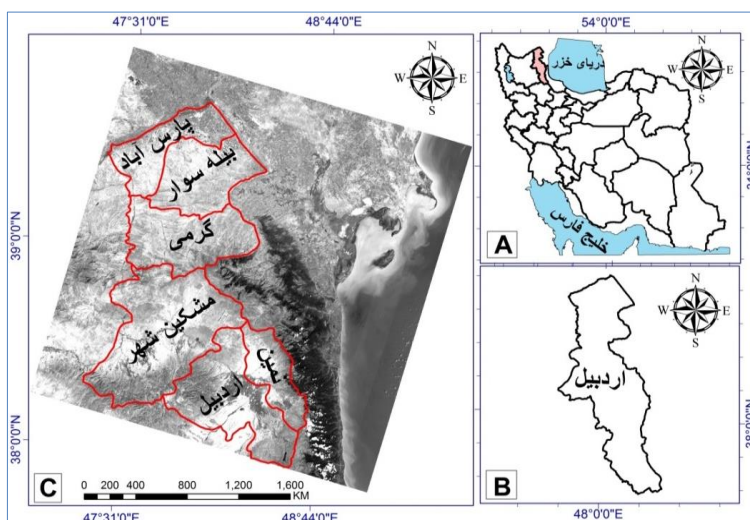
شامل شهرستان‌های اردبیل، بیله‌سوار، گرمی، مشکین‌شهر، نمین و پارس‌آباد است. استان اردبیل با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع در شمال غرب ایران قرار گرفته است که حدود ۱/۰۹ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. منطقه مورد مطالعه با ارتفاع متوسط ۲۰۴۱ متر از سطح دریا از لحاظ جغرافیایی مابین عرض شمالی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه و طول شرقی ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). اقلیم استان اردبیل به‌طور عمده تحت تاثیر چهار عامل ارتفاع، عرض جغرافیایی، منابع آبی و توده‌های هوای مهاجر قرار دارد و عوامل دیگری نیز نظیر پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و معدنی در مقیاس کوچک بر اقلیم آن تاثیر داشته و یا تاثیر می‌پذیرند (Tavosi & Delara, 2010).

اردبیل با استفاده از تصاویر لندست ۸ مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین در پژوهش حاضر سعی شد از چندین شاخص پوشش گیاهی مانند شاخص NDVI، SAVI و LAI و ارتباط آن‌ها با دمای سطح زمین استفاده شود که نسبت به پژوهش‌های قبلی انجام شده که در آن‌ها در اکثر موارد تنها از شاخص NDVI استفاده شده است، حالت مقایسه‌ای بیشتری داراست. همچنین بررسی ارتباط شاخص‌های مذکور با دمای سطح زمین در سطح منطقه مورد مطالعه برای اولین بار بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم سبال انجام شده است که می‌توان به‌عنوان نوآوری پژوهش مدنظر داشت.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در این پژوهش نیمه شمالی استان اردبیل



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مرحله، بر روی تصاویر رقومی انواع تصحیح‌ها، از جمله تصحیح‌های هندسی، رادیومتریک و اتمسفری انجام می‌شود، همچنین در مورد این که چه نوع تصحیح‌هایی باید بر روی تصاویر انجام گیرد، با توجه به نوع داده‌ها و اطلاعات موجود و اهداف تحقیق باید تصمیم‌گیری شود (Rasooli, 2008). در این مطالعه پس از برش منطقه مورد مطالعه، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر لندست به شرح زیر انجام شد.

### تصحیحات رادیومتریک

به‌منظور انجام تصحیحات رادیومتریک، طی دو مرحله، ابتدا باند

### داده‌های پژوهش

در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره لندست ۸ در تاریخ ۱۳۹۴/۰۵/۱۹ شامل سنجنده‌های OLI<sup>(۱)</sup> و TIRS<sup>(۲)</sup> ردیف<sup>(۳)</sup> ۳۳ و قطعه<sup>(۴)</sup> ۱۶۷، استفاده شد.

### پیش‌پردازش تصاویر

پیش‌پردازش تصاویر شامل آن دسته از عملیاتی است که متخصصان در آن، داده‌ها را برای تحلیل‌های بعدی آماده کرده و سعی در تصحیح یا حذف خطاهای سیستماتیک دارند. اگر چه انجام همه‌ی تصحیح‌ها در تمامی موارد الزامی نیست اما در این

استفاده شد. همچنین به علت GeoTiff بودن تصاویر ماهواره‌ای، سازمان‌های تولیدکننده این تصاویر، قبلاً تصحیحات هندسی را انجام داده بودند بنابراین، از انجام دوباره آن صرف‌نظر شد.

### شاخص NDVI

شاخص NDVI برای اولین بار توسط (Tucker, 1979) به‌عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی مطرح شد.

$$NDVI = (P_{NIR} - P_R) / (P_{NIR} + P_R) \quad (۴)$$

که در آن  $P_{NIR}$ ، باند مادون‌قرمز نزدیک و  $P_R$ ، باند قرمز است (Allen et al., 2002). شاخص NDVI پتانسیل گیاهی (Teillet et al., 1997)، درصد پوشش سبز گیاهی، شاخص درصد نواحی برگ‌دار و انبوه‌های گیاهی (Thenkabail et al., 2002) را انعکاس می‌دهد. در این شاخص مقدار عددی هر پیکسل بین +۱ تا -۱ بوده و برای مناطق دارای پوشش گیاهی از ۰/۱ (پوشش گیاهی تنک) تا ۰/۸ (پوشش گیاهی متراکم) متغیر است (Rasooli, 2008).

### شاخص SAVI

همچنین شاخص طیفی پوشش گیاهی اصلاحی-خاک (SAVI)<sup>(۵)</sup>، اولین بار توسط (Huete, 1988) ارائه شد. از اهداف این شاخص به حداقل رساندن اثرات خاک در پس‌زمینه بر روی سیگنال‌های گیاهی به‌وسیله ترکیب کردن فاکتور تنظیم‌کننده خاک (L) با مخرج معادله NDVI است. معادله زیر نشان‌دهنده‌ی شاخص SAVI است.

$$\text{رابطه (۵)}$$

$$SAVI = (1 + L)(P_{nir} - P_{red}) / (P_{nir} + P_{red} + L)$$

که در آن  $L$ ، فاکتور تعدیل‌کننده اثر خاک است.

### شاخص LAI

شاخصی از بیوماس و مقاومت تاج پوشش گیاهی است و به‌صورت نسبت گلبرگ‌های گیاه، به سطح زمین پوشانده شده توسط آن گیاه تعریف می‌شود (Allen et al., 2002).

$$LAI = - \frac{\ln\left(\frac{0.6 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91} \quad (۶)$$

### دمای سطح زمین (LST)

تغییرات مکانی LST در فواصل خیلی کم روی می‌دهد اما قدرت تفکیک مکانی تصاویر اغلب ماهواره‌ها در مقایسه با تغییرات

مادون‌قرمز حرارتی که به‌صورت DN بود بر اساس ضرایب کالیبره به رادیانس و در مرحله بعد داده‌های باند تصاویر مرئی و مادون‌قرمز که نیز به‌صورت رادیانس بودند بر اساس ضرایب کالیبره به بازتابندگی تبدیل شدند.

### - تبدیل عدد رقومی به تابش طیفی (رادیانس)

رادیانس طیفی، انرژی تابش طیفی در هر باند است که توسط ماهواره از بالای اتمسفر در واحد فضایی مشاهده می‌شود و واحد آن  $w/m^2/sr/\mu m$  است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Jahanbakhsh et al., 2012).

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (۱)$$

که در آن  $L_\lambda$  = تابش طیفی ( $w/m^2 / sr / \mu m$ ),

$M_L$  = ضریب چندگانه‌ی مخصوص هر باند،

$Q_{cal}$  = عدد رقومی در محل پیکسل مورد نظر

$A_L$  = ضریب تجمعی مخصوص هر باند است.

### - انعکاس طیفی یا بازتابندگی در بالای اتمسفر ( $\rho_\lambda$ )

بازتابندگی سطح به‌صورت نسبت شار طیفی بازتاب یافته به شار طیفی فرودی تعریف می‌شود. میزان بازتابندگی با استفاده از رابطه زیر در هر باند محاسبه می‌شود (Hatefi Ardekani & Rezaei Moghaddam, 2016).

$$\text{رابطه (۲)} \quad \rho_\lambda = \frac{\pi * L_\lambda}{ESUN_\lambda * COS\theta * Dr}$$

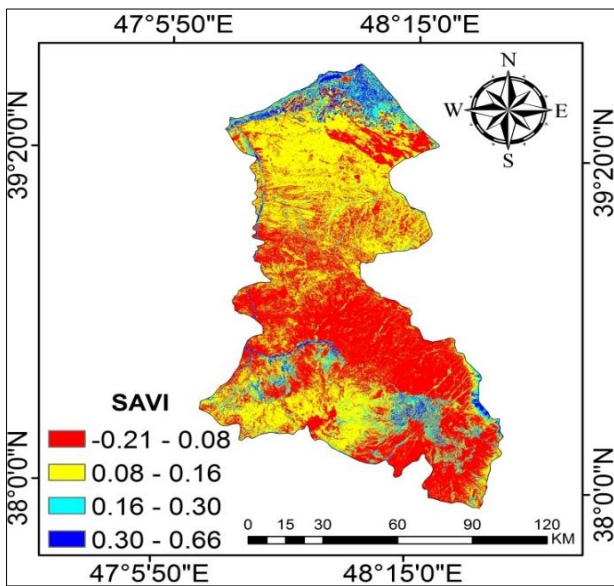
که در آن  $\rho_\lambda$  = بازتابندگی بالای اتمسفر،  $\pi$  = مقدار ثابت  $3.14$ ،  $L_\lambda$  = تابش طیفی ( $w/m^2 / sr / \mu m$ )،  $ESUN_\lambda$  میانگین تابش فرودی خورشیدی در بالای اتمسفر برای هر باند،  $COS\theta$ : زاویه ارتفاع خورشیدی و  $d_r$ : معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید است که از طریق رابطه زیر به دست می‌آید (Bastiaanssen et al, 1998).

$$\text{رابطه (۳)} \quad d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{DOY * 2\pi}{365}\right)$$

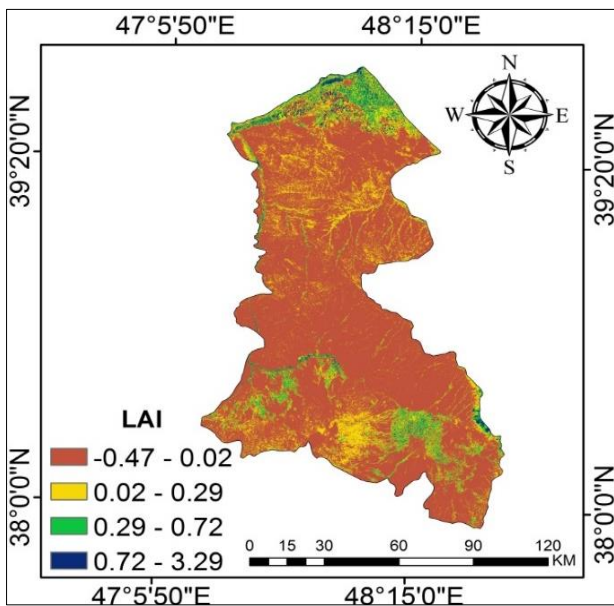
که در آن  $DOY$  شماره روز جولای از ابتدای سال میلادی است. مقادیر برای  $d_r$  بین ۰/۹۷ تا ۱/۰۳ قرار دارد.

### - تصحیحات اتمسفری

تصحیحات اتمسفری با استفاده از دستور Dark subtract برای باندهای انعکاسی و جهت تصحیح باند حرارتی از دستور Thermal Atm correction در محیط نرم‌افزار ENVI4.8



شکل (۲): شاخص پوشش گیاهی اصلاحی - خاک در منطقه مورد مطالعه



شکل (۳): شاخص سطح برگ در منطقه مورد مطالعه

میزان سطح پوشش برگ، کمترین NDVI و در مقابل بیشترین میزان دمای سطح زمین (مقدار LST در این بخش بین ۳۱۲ تا ۳۲۴ درجه کلون است) می‌باشند. جدول (۱) نشان‌دهنده مقادیر مقایسه‌ای دمای استخراج شده برحسب کلون برای کلاس‌های مختلف شاخص پوشش گیاهی نرمال شده است. بر اساس این جدول، کلاس (-۰/۰۶) - (-۰/۶۵) نشانگر مناطق آب است که دارای مقادیر منفی پوشش

LST بر روی زمین بسیار کم است (Alavi Panah, 2009). دمای سطح زمین با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید (Allen et al., 2002):

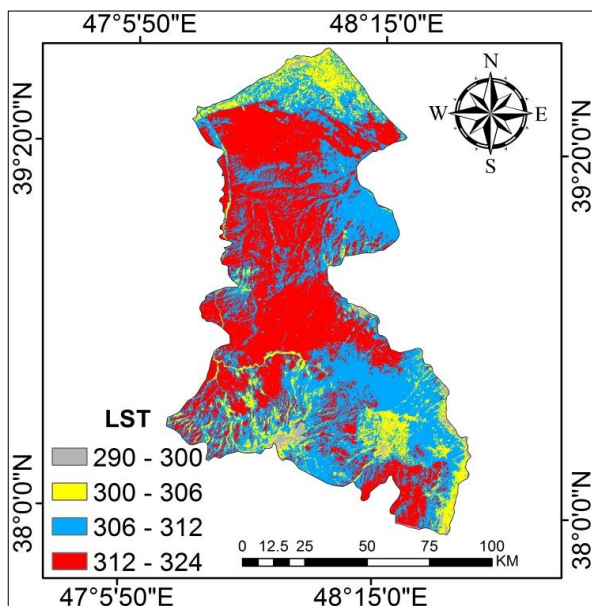
$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon NB \times K_1 + 1}{L_\lambda}\right)} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن:  $T_s$ ، دمای سطح زمین برحسب درجه‌ی کلون؛  $L_\lambda$ ، رادیانس طیفی برای هر باند برحسب  $(W/m^2/sr/\mu m)$ ؛  $K_1$ ، ثابت تبدیل حرارتی از یک باند خاص که از هدر فایل تصویر استخراج می‌شود که مقدار آن برابر است با  $(774/89)$ ؛  $K_2$ ، ثابت تبدیل حرارتی از یک باند خاص که از هدر فایل تصویر استخراج می‌شود که مقدار آن برابر است با  $(1321/0.8)$ ، همچنین  $\varepsilon NB$ ، گسیلمندی سطحی باند حرارتی است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

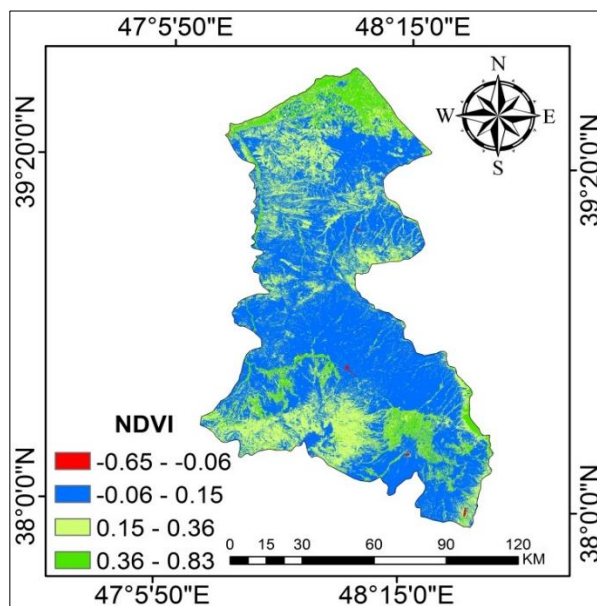
$$\varepsilon NB = 0.97 + 0.0033 \times LAI \quad \text{رابطه (۸)}$$

### نتایج

هدف از این پژوهش بررسی ارتباط دمای سطح زمین و پوشش‌های گیاهی مختلف است. بنابراین، بعد از اعمال تصحیحات اتمسفریک و رادیومتریک بر روی تصویر مورد مطالعه، در ابتدا شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، SAVI و LAI مورد ارزیابی (شکل‌های ۲، ۳ و ۴) قرار گرفتند. با توجه به شکل (۴) مقدار NDVI در منطقه مورد مطالعه از -۰/۰۶ تا ۰/۸۳ متغیر است. بنابراین، از آنجا که در تیرماه منطقه مورد مطالعه زیر کشت محصولات کشاورزی مختلفی است. بنابراین، مقدار شاخص در این زمان به حداکثر خود نزدیک‌تر شده است. سپس برای محاسبه دمای سطح زمین ابتدا مقدار گسیلمندی (۰/۹۷۵) محاسبه شد و در رابطه (۷) برای به دست آوردن دمای سطح زمین (شکل ۵) جاگذاری شد. همان‌طور که در شکل‌های (۳، ۴ و ۵) نیز مشخص است مناطق شمالی و جنوبی منطقه مورد مطالعه (شامل دشت مغان، جنگل‌های فندقلو و همچنین اراضی زراعی اطراف شهرستان اردبیل) دارای بیشترین سطح پوشش برگ، بیشترین NDVI و در مقابل کمترین میزان دمای سطح زمین (مقدار LST در این بخش حدود ۲۹۰ تا ۳۰۰ درجه کلون است) می‌باشند. در مقابل بخش‌های مرکزی و همچنین مناطق مسکونی منطقه مورد مطالعه که شامل اراضی بایر و مسکونی می‌باشند دارای کمترین



شکل (۵): دمای سطح زمین برحسب درجه کلون



شکل (۴): شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در منطقه مورد مطالعه

نشانگر مناطقی (شامل دشت مغان، اراضی زراعی اطراف شهرستان اردبیل و همچنین جنگل‌های فندقلو است) با پوشش گیاهی بالا و دمای کمتر است.

گیاهی و مقادیر پایین دما (میانگین دمایی برحسب جدول (۱) در محدوده اراضی آب حدود ۲۹۸ درجه کلون است) به دلیل ظرفیت گرمایی آب می‌باشند. همچنین کلاس (۰/۳۶ - ۰/۸۳)

جدول (۱): مقادیر دمای استخراج شده برحسب کلون برای کلاس‌های شاخص پوشش گیاهی نرمال شده

انحراف معیار	میانگین	دمای حداکثر	دمای حداقل	کلاس
۵/۹۰	۲۹۸	۳۱۷	۲۷۹	-۰/۶۵ - (-۰/۰۶)
۵/۳۷	۳۱۰	۳۲۴	۲۹۶	-۰/۰۶ - ۰/۱۵
۲/۸۵	۳۰۵	۳۲۱	۲۸۹	۰/۱۵ - ۰/۳۶
۳/۴۶	۳۰۴	۳۲۲	۲۸۶	۰/۳۶ - ۰/۸۳

سطح زمین با خطاهایی همراه است که می‌توان به موارد زیر از جمله: الف. خصوصیات سنجنده شامل کالیبراسیون، خطای ناشی از عدم تطابق قدرت تفکیک مکانی باندهای حرارتی و انعکاسی. ب. خطای ناشی از تصحیحات اتمسفری و ج. خطای مربوط به کالیبره نبودن پارامترهای الگوریتم سبال در منطقه مورد مطالعه اشاره نمود (Akbari et al., 2016). این خطاها در نتیجه LST برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای تا حدی تاثیر می‌گذارند. از مزایای استفاده از داده‌های سطح زمین به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان به پوشش سرتاسری و کامل از کل منطقه مورد مطالعه و نیز در نظر گرفتن هر پیکسل به عنوان یک ایستگاه هواشناسی برای بررسی درجه حرارت اشاره نمود. علاوه بر این، کاملاً آشکار است که دسترسی به داده‌های زمینی دمای

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ارتباط بین دمای سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی در نیمه شمالی استان اردبیل، با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ مورد ارزیابی قرار گرفت. درجه حرارت به دست آمده از طریق LST که از طریق روش سبال استخراج شده است. تشابه به نسبت زیادی با داده‌های به دست آمده از ایستگاه هواشناسی منطقه مورد مطالعه داشت (کمتر از چهار درجه سانتی‌گراد بین داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های مستخرج از روش LST تفاوت وجود دارد که آن را نیز می‌توان مربوط به نوع اندازه‌گیری دما و روش‌های محاسبه آن در ایستگاه هواشناسی و روش LST دانست. همچنین باید در نظر داشت که تبدیل میزان تابش حرارتی در تصویر به دمای

می‌دانند. در مقابل دلیل پایین بودن دمای اراضی کشاورزی، جنگلی و باغی به این خاطر است که این اراضی آبیاری می‌شوند. بنابراین میزان رطوبت در این اراضی به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر است. همچنین به دلیل تفاوت فعالیت‌های بیولوژیکی و رفتار طیفی پوشش گیاهی در مقایسه با خاک لخت این اراضی دمای پایین‌تری را نسبت به اراضی بایر دارا می‌باشند که وانگ و همکاران در پژوهشی همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی و میزان رطوبت خاک را تایید نموده‌اند (Weng et al., 2004).

در نهایت می‌توان چنین استنباط نمود که با توجه به تغییرات کاربری اراضی، افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و همچنین تغییرات اقلیمی و محیط‌زیستی در این منطقه، میزان دمای سطح زمین در استان اردبیل در آینده افزایش یابد. در پژوهشی که Akbari et al., 2016; Valizadeh Kamran et al., (2016) به ترتیب بر روی دشت طالقان و شهرستان مراغه انجام داده‌اند نیز این موضوع به اثبات رسیده است.

#### یادداشت‌ها

1. Operational Land Imager
2. Thermal InfraRed Sensor
3. Row
4. Path
5. Soil Adjusted Vegetation Index

سطح زمین در تمام نقاط زمین و به‌ویژه در مناطق صعب‌العبور میسر نیست. نتایج به‌دست‌آمده می‌توانند در اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی، اکولوژی، زمین‌شناسی و بهبود شبکه‌ی حمل‌ونقل و به‌ویژه کشاورزی و محیط‌زیست بسیار مفید باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که LST حساسیت زیادی به پوشش گیاهی و رطوبت خاک دارد. به طوری که مناطقی با تراکم پوشش گیاهی بیشتر (دشت مغان در شمال منطقه و جنگل‌های فندقلو در جنوب شرق منطقه مورد مطالعه) LST پایین‌تری را در مقایسه با مناطق مرکزی منطقه مورد مطالعه که دارای زمین‌های بایر است دارا است. دارا بودن گرمای بیشتر اراضی بایر (میانگین دمایی برحسب جدول (۱) در محدوده اراضی بایر حدود ۳۱۰ درجه کلون است) نسبت به اراضی کشاورزی و جنگلی (میانگین دمایی برحسب جدول (۱) در محدوده اراضی کشاورزی و جنگلی حدود ۳۰۴ درجه کلون است) به این دلیل است که در یک روز آفتابی، سطح خاک خشک به خاطر اینکه گرمای ویژه آب بیشتر از خاک هست زودتر از یک خاک مرطوب گرم می‌شود. در ضمن با توجه به این که ظرفیت نگهداری رطوبت خاک رسی بیشتر از خاک شنی است بنابراین دمای خاک در سطح شن زار بیشتر از دشت رسی بوده است که این موضوع در پژوهش (Carnahan & Larson, 1990; Larson & Carnahan, 1997) نیز به اثبات رسیده است. آن‌ها دمای سطحی خاک‌های لخت، خشک و سبک را به دلیل پایین بودن اینرسی نسبی دمایی آن‌ها بالاتر

#### فهرست منابع

- Akbari, E.; Ebrahimi, M.; Fiezizadeh, B. & Nezhadsoleimani, H. 2016. Evaluating Land Surface Temperature related to the Land use Change Detection by Satellite Image (Case study: Taleghan Basin). *Geography and Environmental Planning*, 26(4): 151-170 (In Persian).
- Alavi Panah, K. 2009. *Thermal Remote Sensing and Its Application in Earth Sciences*, University of Tehran, Second Edition, 524 pages (In Persian).
- Allen, R. G.; Bastiaanssen, W. G. M.; Tasumi, M.; Trezza, R. & Waters, R. 2002. *Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL): Advanced Training and User's Manual*.
- Anderson, M. C.; Kustas, W. P.; Norman, J. M.; Hain, C. R.; Mecikalski, J. R. & Schultz, L. 2011. Mapping daily evapotranspiration at field to continental scales using geostationary and polar orbiting satellite imagery. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(1): 223-239.
- Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A. & Holtslag, A. A. M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, 198-212.
- Carlson, T. 2007. An overview of the "triangle method" for estimating surface evapotranspiration and soil moisture from satellite imagery. *Sensors*, 7(8): 1612-1629.
- Carnahan, W. H. & Larson, R. C. 1990. An analysis of an urban heat sink. *Remote Sensing of Environment*, 33: 65-71.

- Dashtakian, K. & Dehghani, M. A. 2006. Survey of land surface temperature in relation to vegetation and urban development using remote sensing and geographic information systems in desert areas, Case study: Yazd-Ashkzar region. *Research and construction in natural resources*, 4 (20): 169-179 (In Persian).
- Ebrahimi Heravi, B.; Rengzen, k.; Riahi Bakhtiari, H. & Taghizadeh, A. 2016. Determining the most suitable method for extracting the surface temperature using Landsat 8 satellite images in Karaj metropolis. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 8(3): 59-76 (In Persian).
- Feizizadeh, B.; Didehban, K. & Gholamnia, K. 2016. Extraction of Land Surface Temperature (LST) based on Landsat Satellite Images and Split Window Algorithm Study area: Mahabad Catchment. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 25(98): 171-181 (In Persian).
- Ghorbannia, V.; Mirsanjari, M.; Liaghati, H. & Armin, M. 2017. Estimating land surface temperature of land use and land cover in Dena County using single window algorithm and landsat 8 satellite data. *Environmental Sciences*, 15(2): 55-74 (In Persian).
- Gillies, R. R.; Carlson, T. N.; Cui, J.; Kustas, W. P. & Humes, K. S. 1997. A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 18(15): 3145–3166.
- Harlan, S. L.; Brazel, A. J.; Prashad, L.; Stefanov, W. L. & Larsen, L. 2006. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social Science & Medicine*, 63(11): 2847–2863.
- Hatefi Ardekani, M. & Rezaei Moghaddam, M. H. 2016. Application of Satellite Images and GIS in the Feasibility of the Use of Solar Energy for Providing Lighting Systems (Case Study: Zanjan - Tabriz Highway). *Arid Regions Geographic Studies*, 6 (21):105-124 (In Persian).
- Hong, S.; Lakshmi, V. & Small, E. E. 2007. Relationship between vegetation biophysical properties and surface temperature using multisensor satellite data. *Journal of climate*, 20(22): 5593-5606.
- Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3): 295-309.
- Jahanbakhsh, S.; Zahedi, M. & Valizadeh Kamran, K. 2012. Land Surface Temperature Calculation Using SEBAL and Decision Tree Methods Based on ETM + Image in RS, GIS Environment in the Maragheh Central Region. *Geography and Planning*, 16(38): 19-42 (In Persian).
- Jiang, J. & Tian, G. 2010. Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia environmental sciences*, 2: 571-575.
- Jin, M. L.; Dickinson, R. E. & Zhang, D. L. 2005. The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS. *Journal of Climate*, 18(10): 1551–1565.
- Lafortezza, R; Carrus, G; Sanesi, G. & Davies, C. 2009. Bene fi ts and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2): 97–108.
- Larson, R. C. & Carnahan, W. H. 1997. The influence of surface characteristics on urban radiant temperatures. *Geocarto International*, 12: 5-16.
- Liu, H. & Weng, Q. 2009. An examination of the effect of landscape pattern, land surface temperature, and socioeconomic conditions on WNV dissemination in Chicago. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159(1–4): 143–161.
- Molnár, G. 2016. Analysis of land surface temperature and NDVI distribution for Budapest using Landsat 7 ETM+ data. *Acta Climatologica ET Chorologica*, 49: 49-61.
- Moran, M. S. 2004. Thermal infrared measurement as an indicator of plant ecosystem health. *Thermal Remote Sensing in Land Surface Processes*, 257–282.
- 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, 2(8): 22- 28.
- Rajeshwari, A. & Mani, N. D. 2014. Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District using Landsat 8 Data, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(3): 122-126.



- Rasooli, A. 2008. Fundamentals of Applied Remote Sensing with Emphasis on Satellite Image Processing, Tabriz University Press, First Edition, 806 pages (In Persian).
- Reisen, W.; Lothrop, H.; Chiles, R.; Madon, M.; Cossen, C. & Woods, L. 2004. West Nile virus in California. *Emerging Infectious Diseases*, 10(8): 1369–1378.
- Ruiz, M. O.; Chaves, L. F.; Hamer, G. L.; Sun, T.; Brown, W. M. & Walker, E. D. 2010. Local impact of temperature and precipitation on West Nile virus infection in *Culex* species mosquitoes in northeast Illinois, USA. *Parasites & Vectors*, 3(19).
- Sun, Y. J.; Wang, J. F.; Zhang, R. H.; Gillies, R. R.; Xue, Y. & Bo, Y. C. 2005. Air temperature retrieved from remote sensing data based on thermodynamics. *Theoretical and Applied Climatology*, (80)1: 37-48.
- Tavosi, T. & Delara, G. 2010. Climate Classification of Ardebil Province. *Nivar*, 34(71-70): 47-52 (In Persian).
- Teillet, P. M.; Staenz, K. & Williams, D. J. 1997. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions. *Remote Sensing of Environment*, 61: 139–149.
- Thenkabail, P. S.; Gamage, M. S. D. N. & Samakhtin, V. U. 2002. Evaluation of narrowband and broadband vegetation indices for determining optimal hyper spectral wavebands for agricultural crop characterization. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68: 607–621.
- Trenberth, K. E. 1992. *Climate system modeling*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 8: 127–150.
- Valizadeh Kamran, Kh.; Rahimpour, T. & Nakhostin Rohi, m. 2016. Estimation of surface temperature using Sabal algorithm and Landsat 8 satellite images (Case study: Urmia). First International Congress on Earth, Space and Clean Energy. Ardabil. Mohaghegh Ardabili University. [https://www.civilica.com/Paper-ATTITTDE01-ATTITTDE01\\_439.html](https://www.civilica.com/Paper-ATTITTDE01-ATTITTDE01_439.html) (In Persian).
- Weng, Q. 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4): 335–344.
- Weng, Q.; Lu, D. & Schubring, J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of environment*, 89: 467-483.