

برآورد گسیلمندی و دمای سطحی و تشخیص مناطق هم‌دما در مراحل مختلف رشد پوشش گیاهی

یوسف رضائی^{۱*}، زهرا نجفی^۲، سمیرا اخوان^۳

۱- استادیار گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه بوعلی سینا

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۲۷

چکیده

امروزه استخراج دمای سطح از تصاویر ماهواره‌ای در بسیاری از کاربردهای مطالعات محیطی به خصوص در مطالعات کشاورزی و پوشش گیاهی اهمیت زیادی دارد. دمای سطحی استخراج شده می‌تواند جهت بررسی وضعیت رشد گیاه، نیاز آبی گیاه و مدیریت آن مورد استفاده قرار گیرد. یکی از داده‌هایی که اخیراً جهت مطالعات پوشش گیاهی و استخراج دمای سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، داده‌های سنجنده‌های *OLI* و *TIR* بر روی ماهواره لندست ۸ می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ که در دوره رشد گیاه ذرت اخذ شده است، تغییرات دمای سطحی در این دوره مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کاهش اثر خاک پس زمینه از شاخص *SAVI* استفاده شد. به منظور محاسبه دمای سطحی، ابتدا گسیلمندی سطح با محاسبه شاخص *NDVI* و آستانه‌گذاری بر آن و محاسبه کسر پوشش گیاهی، محاسبه و به کمک آن دمای سطحی به روش الگوریتم تک باند، برآورد گردید. در مرحله بعد با استفاده از شاخص *SAVI* و دمای سطحی، مناطق هم‌دما بر روی تصویر بدست آمد. سپس تغییرات حرارتی سطح گیاه در طی دوره رشد آن در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده ارتباط خطی معکوس بین شاخص *SAVI* و دمای سطحی محاسبه شده بوده و مقایسه نتایج بدست آمده با مشاهدات زمینی همزمان با گذر ماهواره، نشان‌دهنده ضریب همبستگی متوسط بیشتر از ۰/۹۲ و *RMSE* متوسط کمتر از ۱/۵ می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تصاویر حرارتی، لندست ۸، دوره رشد گیاه، گسیلمندی، *SAVI*

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه مهندسی عمران - دانشکده مهندسی - دانشگاه بوعلی سینا - همدان

تلفن: ۰۸۱۳۸۲۹۲۵۰۵-۸

۱- مقدمه

ارزیابی ارتباط کمی الگوی پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی یکی از کاربردهای مهم سنجش از دور در مقیاس جهانی و منطقه‌ای است. تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مختلف، جهت بررسی تغییرات نوع پوشش و دمای سطح زمین مناسب بوده و امکان تشخیص انواع پوشش‌های زمینی و برآورد پارامترهای مورد نیاز در مطالعات زمینی را فراهم می‌نماید. سنجش از دور به علت جمع‌آوری داده‌های مکانی در مقیاس وسیع، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصله زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال (به روز بودن داده‌ها)، از توانایی بالایی جهت تفسیر پدیده‌های زمینی در مقیاس زمانی و مکانی بالا، برخوردار است [۱]. یکی از پارامترهایی که می‌توان از آن جهت درک و تفسیر پدیده‌ها استفاده نمود، دمای سطح زمین می‌باشد. سری ماهواره‌های لندست در سال‌های متمادی در برآورد دمای روشنایی سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته است و با پرتاب ماهواره لندست ۸ ثبت این نوع داده‌ها ادامه پیدا نموده است، بنابراین معرفی و توسعه روش‌هایی برای تخمین دمای سطح زمین از باندهای حرارتی این سنجنده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

تاکنون تحقیقات مختلفی در خصوص کاربرد و استفاده از باندهای حرارتی در سنجنده‌های مختلف انجام شده‌است. جیانگ و تیان (۲۰۱۰) با استفاده از سنجنده‌های TM و ETM+، ارتباط تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین و دما را مورد بررسی قرار دادند و با محاسبه شاخص پوشش گیاهی- دما^۱ (TVX) به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین می‌باشد و همچنین مناطق با پوشش گیاهی متراکم دارای

دمای پایین و مناطق با پوشش گیاهی پراکنده دارای دمای بالایی هستند [۲].

هانگ و همکاران (۲۰۰۷) رابطه میان مقدار آب پوشش گیاهی نرمال شده (NVegWC)، که از نسبت مقدار آب پوشش گیاهی بر شاخص سطح برگ حاصل می‌شود، و NDVI^۲ را مورد بررسی قرار دادند که وجود همبستگی معکوس میان NDVI و دمای سطح زمین یکی از نتایج آن‌ها بود [۳]. در تحقیق کافمن و همکاران (۲۰۰۳) که به بررسی ارتباط مقادیر NDVI و دمای سطح زمین پرداخته است مشخص گردید که، با افزایش مقادیر NDVI در تابستان (پوشش گیاهی بیشتر) درجه حرارت سطح زمین کاهش می‌یابد [۴].

ملک‌پور و همکاران (۲۰۱۰) مقادیر ضریب گسیلمندی و LST را با به کارگیری روش SEBAL در شهر تهران با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ تخمین زدند. نتایج حاصل از بررسی‌ها، نشان‌دهنده وابستگی بالا بین مقادیر LST و NDVI برای انواع پوشش‌های مختلف کاربری زمین است [۵]. پیائو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از ضریب همبستگی جزئی (RNDVI-GT) نشان دادند رابطه میان مقادیر مختلف شاخص NDVI در طول فصل رشد و دما، در سال‌های مختلف به طور قابل ملاحظه‌ای بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ کاهش یافته است [۶]. سوبرینو و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر سنجنده TM لندست ۷، از سه روش معادله انتقال تابشی، الگوریتم تک‌پنجره^۳ و الگوریتم تک‌باندی^۴ جهت ارزیابی دمای سطح یک منطقه کشاورزی در اسپانیا استفاده نمودند. طبق نتایج آن‌ها از میان سه روش نام برده الگوریتم تک باند با RMSE کمتر از ۱ درجه کلوین،

^۲Normalized Difference Vegetation Index^۳Mono Window^۴Single Channel^۱Temperature Vegetation Index

به‌منظور بیان دمای اجسام از دمای درخشندگی^۲، استفاده می‌شود که معادل دمای فیزیکی سطح اجسام ضرب در مقدار ضریب گسیلمندی می‌باشد. بنابراین به منظور تخمین دقیق دمای سطح، مشخص بودن ضریب گسیلمندی سطح زمین ضروری می‌باشد و روش‌های مختلفی جهت برآورد گسیلمندی پیشنهاد شده است [۶، ۹، ۱۱-۱۶]. یکی از این روش‌های پیشنهادی، بدست آوردن تصویر گسیلمندی سطح زمین، استفاده از روش طبقه‌بندی است که برای هر کلاس یک مقدار گسیلمندی محاسبه می‌شود [۱۷]. با توجه به اینکه در این روش نیاز به اطلاعات زیادی از منطقه مورد مطالعه و اندازه‌گیری‌های گسیلمندی هم‌زمان با عبور ماهواره‌ها در سطح تمام عوارض و همچنین در سطوحی که بیانگر اختلاف در کلاس‌ها هستند، می‌باشد، این روش در سطوح وسیع و کل تصویر ماهواره‌ای با مشکلات زیادی مواجه می‌باشد. به‌علاوه یکی دیگر از مشکلات این روش تغییرات عوارض در طول زمان و تعدد آنها می‌باشد که نتایج را با عدم قطعیت همراه می‌نماید [۱۸]، به‌عنوان مثال پوشش گیاهی در مناطق کشاورزی با گذشت زمان تغییر می‌نماید و مقادیر گسیلمندی آنها نیز تغییر می‌کند.

یک روش دیگر که اخیراً در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است استفاده از روش آستانه‌گذاری NDVI می‌باشد [۸، ۱۳، ۱۴]. در این روش از توابع مختلف جهت برآورد گسیلمندی استفاده می‌شود. تفاوت توابع مورد استفاده جهت محاسبه گسیلمندی وابسته به محدوده مقادیر NDVI در هر تصویر می‌باشد. با توجه به این موضوع که سطوح مختلف پوشش گیاهی دارای تنوع مختلف و همچنین از لحاظ حجم پوشش متفاوت می‌باشند، بنابراین دارای تغییرات دمایی متفاوت بوده و یک عامل

میان دمای برآورد شده و دمای سطح زمین دارای بیشترین دقت بوده است [۷]. ولاسوا و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود از سه روش بر اساس معادله انتقال تابشی برای استخراج دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده TM لندست ۵، استفاده نمودند و نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم تک بانده مقادیر نزدیک‌تری به دمای سطح زمین دارد ($RMSE=0.5^{\circ}C$) و روش تک پنجره با $RMSE=2.34^{\circ}C$ دمای سطح زمین را کمتر برآورد می‌کند [۸].

یو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از سه روش معادله انتقال تابشی، الگوریتم تک باند و پنجره مجزا^۱ با استفاده از تصاویر دو باند حرارتی لندست ۸ (۱۰ و ۱۱) دمای سطح زمین را برآورد نمودند. در همه روش‌ها استفاده از تک باند و تخمین دما با استفاده از باند ۱۰ دارای دقت بالاتری نسبت به باند ۱۱ بوده است [۹].

امینی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ در استان همدان تراکم پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین را با استفاده از الگوریتم سبال برآورد کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای سطح زمین برآورد شده با اطلاعات سنجش از دور با آمار ثبت شده در ایستگاه هواشناسی مطابقت دارد و بین مقدار دمای پوشش سطح برآورد شده و اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود [۱۰].

با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط محققین مختلف، مشخص گردیده است که تصاویر حرارتی توانایی بالایی جهت تخمین دمای سطح زمین را دارند و یکی از مسائل مهم در برآورد دمای سطحی، محاسبه گسیلمندی^۳ است که با توجه به تنوع عوارض سطح زمین، مشکلاتی در تخمین آن وجود دارد.

^۱Split Windows^۲Emissivity^۳Brightness temperature

در عدم قطعیت نتایج می‌باشند [۱۴].

با توجه به این موضوع، هدف از این مطالعه ارائه روشی جهت برآورد گسیلمندی و دمای سطح زمین در مراحل مختلف رشد پوشش گیاهی در مزارع ذرت، با استفاده از روش تک باند می‌باشد. در این تحقیق برآورد دما بر اساس تفکیک سطوح مختلف زمین با استفاده از رابطه کسر پوشش گیاهی^۱ و مشخص نمودن مناطق هم‌دما با کمک شاخص SAVI، در مراحل مختلف رشد محصول می‌باشد. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ منطقه اسدآباد در استان همدان استفاده شده است. داده‌های زمین‌ی مـورد اسـتفاده، اندازه‌گیری دمای سطحی بر روی مزارع ذرت در هنگام گذر ماهواره می‌باشد. محصول انتخاب شده جهت این تحقیق گیاه ذرت دانه‌ای است. انتخاب این گیاه به این دلیل است که از نظر سطح زیر کشت، ذرت در جهان رتبه سوم را بعد از گندم و برنج و از نظر تولید در واحد سطح، مقام دوم را بعد از گندم دارد. بنابراین لازم است تا تحقیقات بیشتری بر روی این گیاه صورت گیرد.

۲- محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، شهرستان اسدآباد واقع در استان همدان می‌باشد. در این مطالعه، ۴ مزرعه در محدوده عرض‌های شمالی $34^{\circ}40'11/59''$ و $34^{\circ}46'23/14''$ و طول‌های شرقی $47^{\circ}54'53/03''$ و $48^{\circ}04'7/80''$ انتخاب گردیده و مشاهدات میدانی در آنها صورت گرفته است. در شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. در تمام مزارع انتخاب شده، کشت ذرت به روش مکانیزه انجام شده است

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. داده‌های میدانی شامل دمای هوا و دمای سطحی اندازه‌گیری شده در ۲ نقطه مشخص از هر مزرعه که هر ۱۶ روز یکبار در هنگام گذر ماهواره اندازه‌گیری و موقعیت این نقاط توسط GPS برداشت شده است، می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، داده‌های ماهواره لندست ۸ می‌باشد. با توجه به دوره بازدید این ماهواره که ۱۶ روز می‌باشد، هر ماه ۲ تصویر از منطقه مورد مطالعه دریافت گردید. بازه زمانی دریافت تصاویر از آغاز کاشت ذرت تا هنگام برداشت آنها در این منطقه می‌باشد. تصاویر مورد استفاده در زمان‌های منتخب در جدول ۱ آورده شده است و تصاویر روز ۱۳ ژوئن به دلیل وجود ابر در آن روز از مطالعه حذف گردیده است.

۳-۲- آماده سازی تصاویر

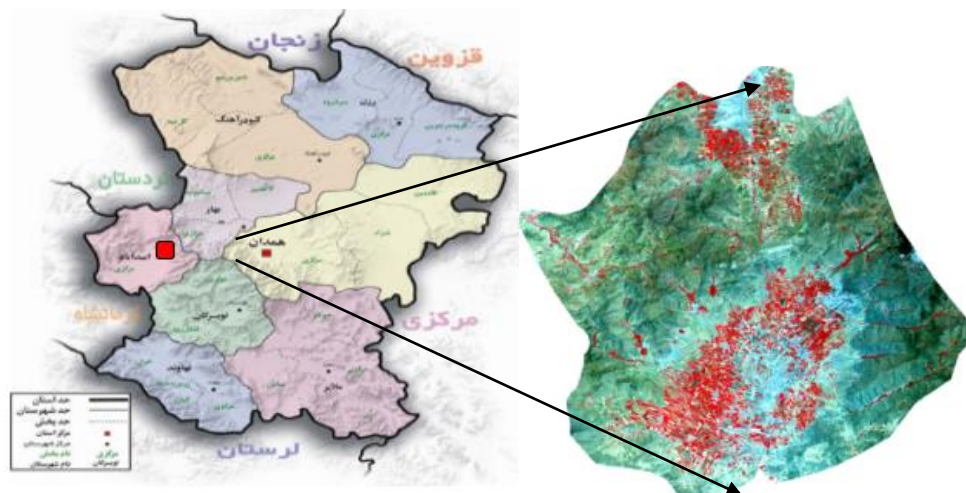
در مرحله اول جهت کار با تصاویر و استخراج اطلاعات مورد نیاز، بایستی این تصاویر از نظر رادیومتریکی و هندسی مورد پردازش قرار گیرند. با توجه به اینکه تصاویر مورد استفاده از نظر هندسی هم‌مختصات بودند (co-register)، بنابراین فقط از نظر رادیومتریکی تصحیح گردیدند. بدین منظور ابتدا مقادیر پیکسل‌ها تبدیل به رادیانس گردیده و پس از آن مقادیر رادیانس در باندهای نوری تبدیل به بازتابندگی و در باندهای حرارتی تبدیل به دمای درخشندگی گردید. با استفاده از رابطه ۱ و اطلاعات موجود در متادیتا که به همراه داندلود تصاویر قابل دریافت است، ابتدا مقادیر پیکسل‌های تصاویر بدست آمده از سنجنده حرارتی TIRS، برای باند ۱۰، به تصاویر رادیانس تبدیل گردید.

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

که در رابطه ۱، L_{λ} رادیانس طیفی بر حسب Q_{cal} ، $watts/m^2 \cdot srad \cdot \mu m$ مقادیر پیکسل‌های باند

^۱Fractional vegetation cover

حرارتی، M_L و A_L نشان‌دهنده ضرایب gain و offset می‌باشند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات زمانی تصاویر اخذ شده ماهواره Landsat8 در سال ۲۰۱۴

ماه	می	ژوئن	ژوئن	جولای	جولای	اگوست	سپتامبر	سپتامبر
روز	۲۸	۱۳	۲۹	۱۵	۳۱	۱۶	۱	۱۷

همچنین، باندهای ۴ و ۵ لندست ۸ (باندهای شامل طول موج قرمز و مادون قرمز)، با استفاده از ضرایب ارائه شده برای هر یک از باندهای سنجنده OLI، با توجه به رابطه ۳ تبدیل به مقادیر بازتابندگی گردیدند.

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه مقادیر بازتابندگی دریافتی ماهواره، M_p و A_p به ترتیب شیب و عرض از مبدأ تابع تبدیل اعداد رقومی به بازتابندگی و Q_{cal} مقادیر پیکسل‌های باندهای سنجنده OLI می‌باشد.

۳-۳- الگوریتم پیشنهادی

به منظور برآورد دمای سطحی در این تحقیق، ابتدا مقادیر گسیلمندی محاسبه شده و پس از آن دمای سطحی از روش تک بانندی محاسبه شده است [۲۰]. پس از آن، شاخص‌های NDVI و SAVI نیز برای هر یک از تاریخ‌های اخذ تصاویر محاسبه و با استفاده از دمای سطحی و مقادیر

دمای درخشندگی، دمای متناظر با انرژی تشعشعی دریافت شده از سطح عوارض می‌باشد که توسط سنجنده ثبت شده است که از معکوس معادله پلانک به دست می‌آید. دمای درخشندگی، پس از محاسبه مقادیر رادیانس، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید [۱۹].

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

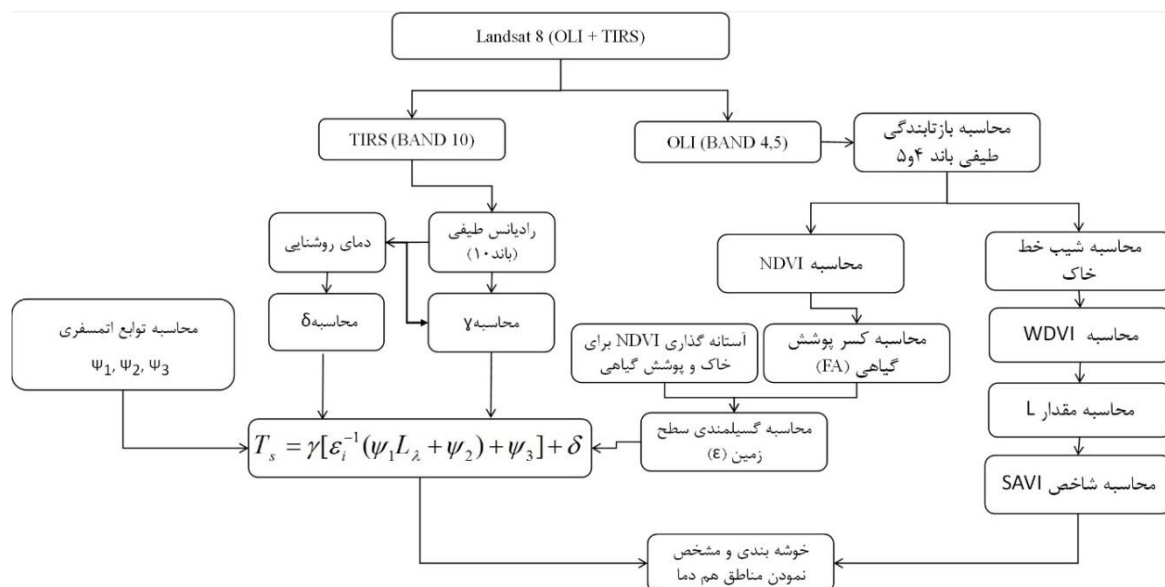
در رابطه فوق، K_1 و K_2 ضرایب مربوط به هر باند در فایل کالیبراسیون سنجنده، L_λ مقدار رادیانس محاسبه شده هر باند و T_b دمای درخشندگی محاسبه شده به کلین می‌باشد. مقادیر K_1 و K_2 برای باندهای حرارتی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ضرایب کالیبراسیون دمای روشنایی سنجنده

TIRS		
ضرایب کالیبراسیون	K_1	K_2
باند ۱۰	۷۷۴/۸۹	۱۳۲۱/۰۸
باند ۱۱	۴۸۰/۸۹	۱۲۰۱/۱۴

دمای سطح و مشخص نمودن مناطق هم دما نشان داده شده است.

SAVI، مناطق هم دما بر روی تصاویر مشخص گردیدند. در شکل ۲، مراحل مختلف این تحقیق به منظور برآورد



شکل ۲: الگوریتم تخمین دمای سطح زمین در این مطالعه

پوشش گیاهی زیاد و متنوع است، حداکثر مقدار $NDVI$ با سطوح دارای ۱۰۰٪ پوشش گیاهی در ارتباط است و مناطقی که دارای پوشش گیاهی کمتری می باشند، دارای مقادیر کمتر بوده و مقدار کسر پوشش گیاهی آنها نیز کمتر از ۱ می باشد [۲۱، ۲۲]. جهت محاسبه کسر پوشش گیاهی، از نرمال نمودن تصویر $NDVI$ و از رابطه ۴ استفاده شده است [۲۱]:

$$N = \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در رابطه فوق، N نشان دهنده $NDVI$ نرمال شده، $NDVI$ بیانگر مقدار $NDVI$ در یک پیکسل، $NDVI_{max}$ مقدار حداکثر $NDVI$ در تصویر و $NDVI_{min}$ مقدار حداقل $NDVI$ در تصویر است. می توان نشان داد که ارتباط بین مقادیر نرمال شده $NDVI$ و FR هر پیکسل تصویر (در مقیاس بین ۰ و ۱)، را می توان به صورت $FR \approx N^2$ تخمین زد [۲۱].

در روش پیشنهادی در [۱۳]، جهت برآورد مقدار گسیلمندی با آستانه گذاری بر روی مقدار $NDVI$

۳-۳-۱- برآورد گسیلمندی

یکی از روش های برآورد گسیلمندی، آستانه گذاری بر روی $NDVI$ می باشد [۸، ۱۳، ۱۴]. با توجه به این موضوع که سطوح مختلف پوشش گیاهی دارای تنوع مختلف و همچنین از لحاظ حجم پوشش متفاوت می باشند، بنابراین دارای تغییرات دمایی متفاوت بوده و یک عامل در عدم قطعیت نتایج می باشند [۱۴]. بدین منظور بهتر است مناطقی که دارای پوشش گیاهی یکنواخت بوده را دسته بندی نموده و در یک کلاس مشابه قرار داد و پس از آن ارتباط این مقادیر و دمای سطح را مورد بررسی قرار داد. جهت نشان دادن مناطق دارای پوشش گیاهی تقریباً یکنواخت می توان از کسر پوشش گیاهی^۱ (FR) استفاده نمود و مقادیر کسر پوشش گیاهی را با استفاده از نرمال سازی تصاویر $NDVI$ می توان محاسبه نمود [۲۱]. در مناطقی که در آنها

^۱Fractional vegetation cover

شکل هندسی عوارض در میزان انرژی فرودی به سطح هر پیکسل زمینی می‌باشد [۲۳] و در محدوده ۰-۱ قرار دارد که معمولاً آنرا برابر ۰/۵۵ در نظرمی‌گیرند [۱۴].

۳-۳-۲- برآورد دمای سطح

به‌منظور تخمین دقیق دمای سطح، محققین از الگوریتم‌های مختلفی استفاده نموده‌اند [۱۵، ۲۴-۲۶]. دمای درخشندگی محاسبه شده با استفاده از رابطه ۲، دمای به‌دست آمده در سنجنده می‌باشد و به علت وجود اتمسفر و پدیده‌های جذب و پخش اتمسفری، با دمای واقعی سطح زمین دارای اختلاف می‌باشد. جهت تعیین دقیق دمای سطح زمین، بایستی اثرات اتمسفری حذف گردد. با توجه به اینکه ماهواره لندست ۸ دارای دو باند حرارتی می‌باشد، به منظور برآورد دما می‌توان از دو روش تک باندی و دوباندی با استفاده از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ استفاده نمود. در هنگام اخذ تصاویر ماهواره‌ای در این تحقیق، باند ۱۱ این ماهواره تحت واسنجی بوده و نمی‌توان به برآوردهای این باند اطمینان نمود. بنابراین در این تحقیق، از روش تک باندی و اعمال آن بر روی تصاویر باند ۱۰ استفاده گردید. به‌منظور برآورد دما با استفاده از روش تک باند از رابطه ۶ استفاده گردید [۲۰]. در این معادله متغیرهایی شامل: گسیلمندی، ضریب عبور اتمسفری و میانگین دمای مؤثر اتمسفری، وجود دارد که بایستی محاسبه گردد.

رابطه (۶)

$$T_s = \gamma \left[\varepsilon_i^{-1} (\psi_1 L_\lambda + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta$$

δ و γ دو پارامتر وابسته به معادله پلانک هستند که از روابط ۷ و ۸ به‌دست می‌آیند [۲۰]:

$$\gamma = \frac{T_b^2}{K_2 L_\lambda} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\delta = T_b - \frac{T_b^2}{K_2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

T_b دمای درخشندگی بوده و ضریب K_2 در فایل کالیبراسیون سنجنده وجود دارد. همچنین مقادیر Ψ_1 ، Ψ_2 و Ψ_3 توابع اتمسفری بوده که

فرض می‌شود که، سطح مورد نظر تنها از ترکیب خاک و پوشش گیاهی تشکیل شده است و ضریب گسیلمندی خاک می‌تواند به صورت خطی با استفاده از بازتابندگی سطح در باند قرمز تخمین زده شود. همچنین یک روش بهبود یافته مبتنی بر آستانه‌گذاری بر روی $NDVI$ که توسط [۱۴] ارائه شده است، ضریب گسیلمندی خاک، پوشش گیاهی و ترکیب این دو را تخمین می‌زند.

با توجه به اینکه مطالعه حاضر بر روی مزارع کشاورزی از ابتدا تا انتهای فصل رشد انجام گرفته است، بدین منظور عوارض آب، خاک لخت، ترکیب پوشش گیاهی و خاک و پوشش گیاهی کامل در نظر گرفته شد. در این تحقیق، از ترکیب دو روش پیشنهادی در [۱۳] و [۱۴]، جهت تخمین ضریب گسیلمندی در باند حرارتی با توجه به اینکه سطح پیکسل مورد نظر بصورت کامل پوشیده از آب، گیاه، یا از خاک و یا از مخلوطی از خاک و پوشش گیاهی باشد استفاده شده است. ضریب گسیلمندی برای مقادیر منفی $NDVI$ ، مناطق پوشیده از آب، برابر ۰/۹۸۵، برای پیکسل‌هایی که به‌صورت کامل پوشیده از خاک می‌باشند، برابر ۰/۹۷ و $\varepsilon_s = 0/97$ و برای پیکسل‌هایی که بصورت کامل پوشیده از پوشش گیاهی هستند، برابر $\varepsilon_v = 0/99$ در نظر گرفته شده [۱۴] و برای پیکسل‌های مخلوط از خاک و پوشش گیاهی، بصورت رابطه ۵، برآورد شده است.

رابطه (۵)

$$\varepsilon_v FR + \varepsilon_s (1 - FR) + (1 - \varepsilon_s) \varepsilon_v * F(1 - FR)$$

$$\text{if } NDVI_{soil} < NDVI < NDVI_{veg}$$

در روابط فوق، $NDVI_{veg}$ و $NDVI_{soil}$ به ترتیب، مقدار حد آستانه $NDVI$ برای خاک و پوشش گیاهی، که در این تحقیق با توجه به داده‌های برداشت شده زمینی، برابر ۰/۲ و ۰/۵ در نظر گرفته شده است، و ε_s به ترتیب مقدار گسیلمندی برای پوشش گیاهی و خاک، FR مقدار کسر پوشش گیاهی می‌باشد. ضریب F فاکتور هندسی شکل عوارض است که نشان‌دهنده تاثیر

از معادلات زیر قابل استخراج هستند [۲۰]:

$$\Psi_1 = \frac{1}{\tau}, \quad \Psi_2 = -L_d - \frac{L_u}{\tau}, \quad \Psi_3 = L_d \quad (9)$$

در این معادله τ ضریب عبور اتمسفری، L_u و L_d به ترتیب تابش اتمسفری رو به بالا و پایین می‌باشند. به منظور برآورد پارمترهای فوق، از نرم افزار محاسبه گر پارامترهای تصحیح جوی^۱ استفاده گردید. با وارد نمودن اطلاعات مربوط به روز و ساعت تصویربرداری و طول و عرض جغرافیایی منطقه، می‌توان مقادیر پارامترهای L_d ، L_u و τ را از وبسایت محاسبه پارامترهای تصحیح جوی برای ماهواره لندست ۸، محاسبه نمود. پارامترهای به دست آمده برای منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

۳-۳-۳- محاسبه شاخص SAVI و NDVI

پس از محاسبه مقادیر بازتابندگی با استفاده از رابطه ۳، با قرار دادن این مقادیر در رابطه ۱۰، مقادیر NDVI برای هر پیکسل محاسبه گردید.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho\lambda'_5 - \rho\lambda'_4}{\rho\lambda'_5 + \rho\lambda'_4} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

در رابطه فوق، $\rho\lambda'_5$ و $\rho\lambda'_4$ به ترتیب مقادیر بازتابندگی در باندهای ۴ (باند قرمز) و باند ۵ (باند مادون قرمز) سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ می‌باشند.

برای به حداقل رساندن اثرات خاک پس زمینه بر روی سیگنال‌های پوشش گیاهی از شاخص گیاهی تعدیل کننده اثرات خاک (SAVI) استفاده شد. کلید این شاخص در فاکتور تعدیل کننده اثر خاک (L) است. مقدار L بین ۱، برای مناطق با پوشش گیاهی پایین، و صفر برای مناطق با پوشش گیاهی بسیار متراکم تغییر می‌کند. در اکثر مطالعات پوشش گیاهی از مقدار ۰/۵ به طور پیش فرض استفاده شده است اما استفاده از یک مقدار ثابت L معتبر نیست و منجر به تولید داده‌های نامناسب و ایجاد خطا در محاسبات می‌شود لذا باید این شاخص تا

حد امکان به صورت دقیق برای یک منطقه محاسبه شود [۲۷].

جهت برآورد دقیق تر فاکتور L ابتدا لازم است شیب خط خاک برای منطقه مورد نظر در زمان‌های مختلف رشد محصول در مزارع محاسبه گردد. خط خاک، خطی فرضی است که از ایجاد رگرسیون میان باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک حاصل می‌شود [۲۸]. در این مطالعه ابتدا مناطقی از مزارع که دارای خاک بدون پوشش گیاهی بودند در تصاویر مورد استفاده مشخص و سپس مقادیر پیکسل‌های مربوط به خاک در باند مادون قرمز نزدیک و قرمز استخراج شدند.

در مرحله بعد بین مقادیر استخراج شده معادله رگرسیونی برقرار گردید که شیب معادلات برازش داده شده همان شیب خط خاک می‌باشد. معادلات خط خاک برآورد شده در زمان‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. پس از آن شاخص گیاهی تفاضلی وزندار (WDVI) محاسبه و با استفاده از آن فاکتور L محاسبه گردید. با استفاده از مقادیر بازتابندگی در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک و شیب خط خاک محاسبه شده، مقدار WDVI با استفاده از رابطه ۱۱ محاسبه گردید [۲۹، ۳۰].

$$\text{WDVI} = \rho\lambda'_5 - \gamma\rho\lambda'_4 \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در رابطه فوق γ ضریب خط خاک یا شیب خط برازش داده شده بر نمودار بازتابندگی طیفی باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز است. با افزایش پوشش گیاهی مقدار فاکتور L کاهش می‌یابد و ساده ترین راه جهت تخمین این مقدار، استفاده از رابطه میان NDVI و L می‌باشد اما با توجه به اینکه شاخص NDVI نیز تحت تأثیر خاک پس زمینه قرار می‌گیرد مقدار بدست آمده برای L تخمین صحیحی نخواهد بود. به منظور کاهش حساسیت به نویز خاک برای

²Weighted difference vegetation index

¹Atmospheric Correction Parameter Calculator

در جدول ۴ نشان داده شده، مقدار شیب خاک برای دوره آغاز رشد گیاه برابر با ۱/۱۷ محاسبه و در نظر گرفته شد. با توجه به کوچک بودن مقادیر NDVI و WDI، ضریب ۲ در معادله ۱۲، سبب افزایش محدوده دینامیکی L می‌شود. پس از محاسبه فاکتور L، شاخص SAVI برای هر پیکسل با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه گردید.

$$SAVI = \frac{(\rho\lambda'_5 - \rho\lambda'_4)(1+L)}{(\rho\lambda'_5 + \rho\lambda'_4 + L)} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

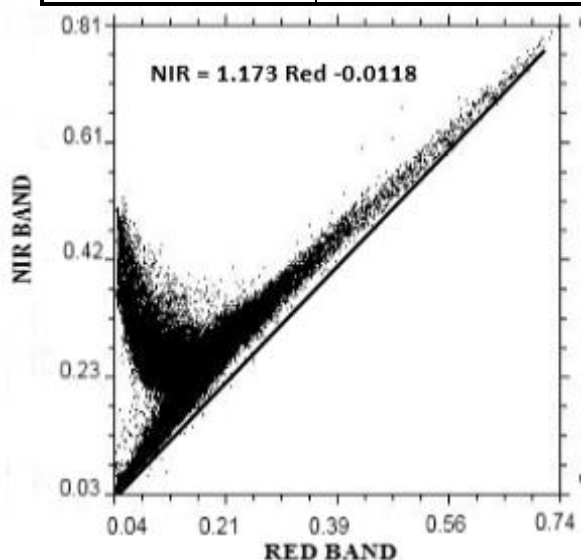
تولید معادله‌ای که از آن بتوان فاکتور L را استخراج کرد، از شاخص‌های NDVI و WDI به صورت معادله ۱۲ استفاده می‌شود [۳۰، ۲۹].

$$L = 1 - 2a * NDVI * WDI \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

در رابطه ۱۲، مقدار a، شیب خط خاک اولیه می‌باشد که از نمودار پراکنش دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک در زمان ابتدایی رشد محصول در مزارع به دست می‌آید (جدول ۴). در شکل ۳، شیب خط خاک برای ۲۸ می ۲۰۱۴ ترسیم و نمایش داده شده است. همان‌طور که

جدول ۳- پارامترهای محاسبه شده برای تصاویر لندست ۸ در منطقه مورد مطالعه

تاریخ	τ	$L_u (W/m^2/sr/\mu m)$	$L_d (W/m^2/sr/\mu m)$
۲۰۱۴/۵/۲۸	۰/۹۳	۰/۴۶	۰/۸۰
۲۰۱۴/۶/۲۹	۰/۹۰	۰/۷۶	۱/۳۲
۲۰۱۴/۷/۱۵	۰/۸۸	۰/۸۵	۱/۴۷
۲۰۱۴/۷/۳۱	۰/۸۸	۱/۰۱	۱/۷۱
۲۰۱۴/۸/۱۶	۰/۸۵	۱/۱۵	۱/۹۵
۲۰۱۴/۹/۱	۰/۹۰	۰/۷۳	۱/۲۶
۲۰۱۴/۹/۱۷	۰/۹۲	۰/۵۶	۰/۹۶



شکل ۳: خط خاک در تصاویر لندست ۸ در روز ۲۸ ماه می در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴- معادلات خط خاک حاصل از نمودار پراکنش باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز از ماه می تا اکتبر

معادلات برازشی	زمان
$NIR = 1.173 \text{ Red} - 0.0118$	۲۸ می
$NIR = 1.0162 \text{ Red} + 0.0114$	۲۹ ژوئن
$NIR = 0.907 \text{ Red} - 0.008$	۱۵ جولای
$NIR = 0.811 \text{ Red} + 0.1705$	۳۱ جولای
$NIR = 0.9103 \text{ Red} + 0.118$	۱۶ آگوست
$NIR = 1.1546 \text{ Red} - 0.004$	۱ سپتامبر
$NIR = 1.4538 \text{ Red} - 0.0572$	۱۷ سپتامبر

۴- نتایج

اکثر محققین جهت مطالعات خود پیرامون پوشش گیاهی از شاخص گیاهی NDVI بدلیل کارایی مفید آن استفاده کرده‌اند و نتایج قابل قبولی به‌دست آورده‌اند. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد شاخص NDVI تحت تأثیر خاک پس‌زمینه قرار می‌گیرد و نتایج از دقت کمتری برخوردار خواهد بود. با مشاهده تغییرات شاخص NDVI در بازه زمانی رشد گیاه، شکل ۴، مشخص می‌شود که در هر ۴ مزرعه این شاخص باید تا بیشینه رشد گیاه در کل روند صعودی داشته باشد و پس از اتمام رشد نیز کاهش یابد و به تدریج مقادیر آن تغییر کند تا به‌خوبی نمایانگر مراحل توسعه گیاه باشد اما همان‌گونه که در شکل مشخص است در زمان‌های مختلف بخصوص در روزهای ۲۹ ماه ژوئن و یکم ماه سپتامبر روند مناسبی نداشته است و این بدین دلیل است که به دلیل اثر بازتابندگی خاک در شاخص NDVI، مقادیر محاسبه شده تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین از شاخص SAVI که توانایی از بین بردن محدودیت‌های ذکر شده را دارا می‌باشد در این مطالعه استفاده گردید.

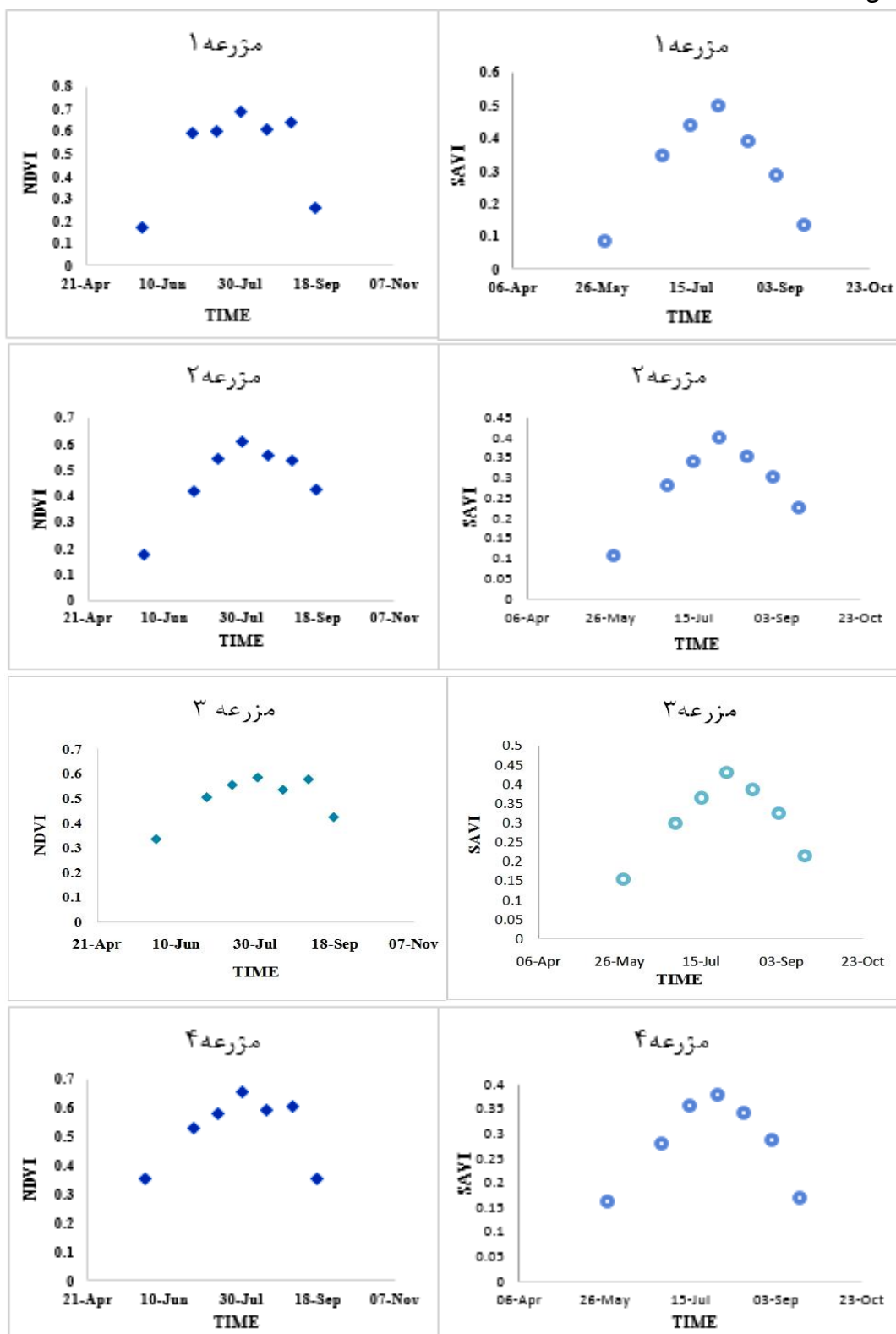
برای محاسبه شاخص SAVI ابتدا لازم بود شیب خط خاک در دوره رشد گیاه تعیین گردد (جدول ۴). با مشاهده جدول ۴ و مقایسه معادلات و شیب آن‌ها می‌توان دریافت که در شروع جوانه‌زنی شیب خطوط زیاد می‌باشد (بیش از یک) و با رشد گیاه و کاهش اثر بازتاب خاک این شیب کاهش و در اواخر دوره رشد به دلیل زرد شدن و ریزش برگ‌های گیاه و کاهش پوشش گیاهی دوباره مقدار این شیب افزایش می‌یابد. با افزایش شیب، مقدار L به دلیل زیاد شدن مقدار WDI افزایش می‌یابد، و افزایش L نشان دهنده کاهش پوشش گیاهی می‌باشد. نمودار شاخص‌های NDVI و SAVI در زمان‌های مختلف در دوره رشد گیاه در شکل ۴ نشان داده شده‌است. با مقایسه دو نمودار NDVI و

SAVI، مشاهده می‌شود که شاخص SAVI در نشان دادن روند رشد گیاه موفق‌تر بوده است. همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد در مراحل ابتدایی رشد شاخص SAVI به دلیل تنگ بودن پوشش گیاهی مقداری کم و با شروع فتوسنتز و فعالیت گیاه و افزایش پوشش گیاهی این مقدار افزایش یافته تا زمانی که گیاه به بیشینه رشد خود رسیده و پس از آن مقدار این شاخص با زرد شدن برگ‌های گیاه رو به کاهش گذاشته و در زمان نزدیک به برداشت محصول به دلیل قطع آبیاری و خشک شدن محصول به کمترین مقدار می‌رسد.

پس از محاسبه مقادیر دمای سطحی و شاخص SAVI در هر یک تاریخ‌های اخذ تصاویر، با استفاده از روش بیان شده در مراحل قبلی، با استفاده از روش خوشه‌بندی *K-means* تصاویر دمای سطحی و شاخص SAVI در دوره رشد محصول طبقه‌بندی گردیدند. با توجه به اینکه تعداد عوارض زمینی در محدوده تصویر متنوع می‌باشد و در این تحقیق هدف مطالعه مزارع کشاورزی بوده است، بنابراین عوارض غیرپوشش گیاهی از تصویر حذف گردید و پس از آن دمای پیکسل‌های دارای پوشش گیاهی طبقه‌بندی شد.

این مرحله بدین صورت انجام گرفت که ابتدا با توجه به تصویر SAVI، مناطقی که دارای پوشش گیاهی بودند، با اعمال حد آستانه مناسب، جدا گردیده و فقط الگوریتم طبقه‌بندی بر روی این مناطق اعمال گردید. حد آستانه در تصاویر زمان‌های مختلف متفاوت بوده و با توجه به داده‌های زمینی مربوط به هر تاریخ انتخاب گردیدند. تعداد کلاس‌ها ۵ کلاس بوده که با توجه به تنوع محصولات در منطقه انتخاب گردید. داده‌های ورودی به الگوریتم خوشه‌بندی، تصاویر دمای محاسبه شده و شاخص SAVI در تاریخ‌های نمونه‌برداری می‌باشد. در شکل ۵ نتایج طبقه‌بندی تصاویر حرارتی و SAVI مربوط به تاریخ ۱۷ سپتامبر، در قسمتی از منطقه مورد مطالعه

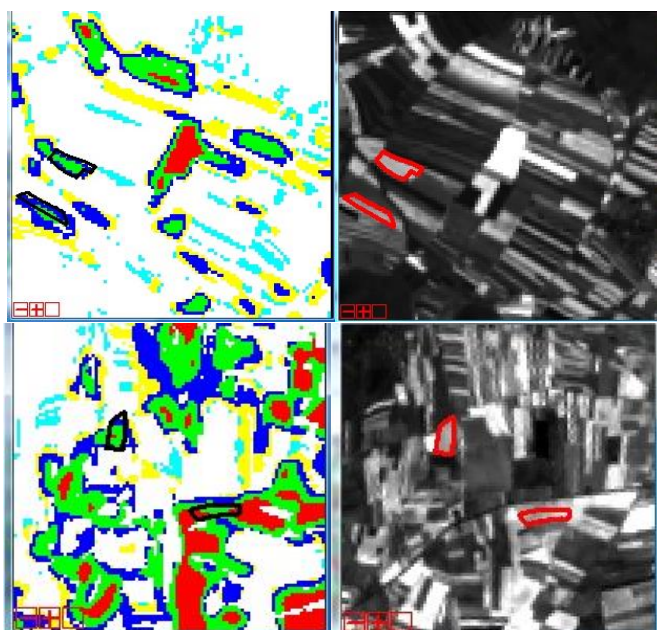
نشان داده شده است..



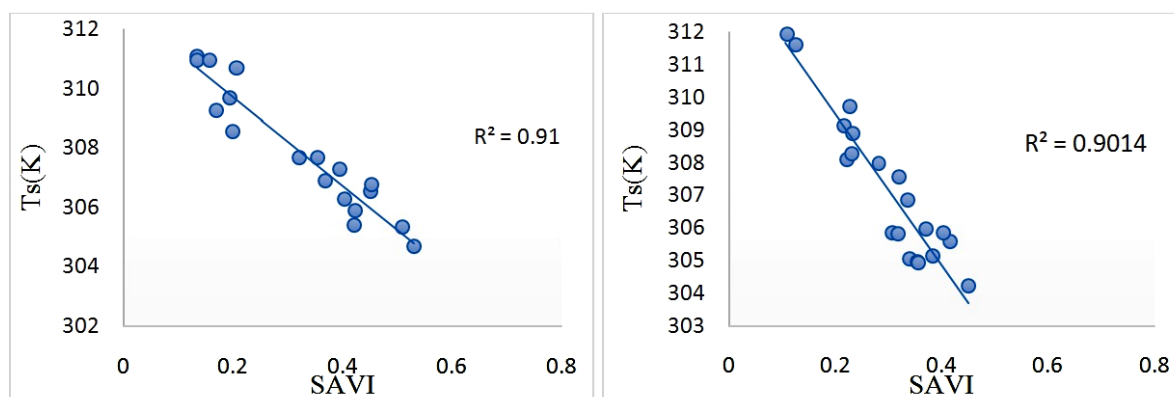
شکل ۴- تغییرات شاخص NDVI و SAVI در طول فصل رشد در مزارع مورد مطالعه

نزدیک بهم بوده و در مزرعه چهارم تاریخ شروع کشت متفاوت بوده است و بنابراین این مزرعه از نظر وضعیت رشد محصول با بقیه متفاوت بوده است که نتایج خوشه‌بندی نیز این موضوع را نشان داده است. پس از انجام خوشه‌بندی، مناطق همگن و هم‌دما از تصاویر طبقه‌بندی شده استخراج و دمای محاسبه‌شده به روش تک باند با دمای اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. نتایج این مقایسه در جدول ۵ آورده شده است.

مرز مزارع که داده‌های زمینی در آنها جمع‌آوری گردیده است نیز بر روی تصاویر قرار داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است مناطق دارای پوشش گیاهی که هم‌دما می‌باشند، به‌خوبی استخراج شده است. همچنین با قرار دادن مرز مزارع مورد مطالعه مشخص می‌شود که سه مزرعه در یک کلاس قرار گرفته و فقط یک مزرعه در کلاسی متفاوت قرار گرفته است. با بررسی داده‌های زمینی مشخص گردید که تاریخ شروع کشت در سه مزرعه



شکل ۵- سمت چپ تصویر SAVI و سمت راست تصویر طبقه‌بندی شده، مرز مزارع بر روی تصاویر مشخص شده است.



شکل ۶- نمایش رفتار دمای سطحی و شاخص SAVI در دو مزرعه مورد مطالعه

که نشان از دقت خوب این روش جهت تخمین دما می‌باشد، همچنین مقدار RMSE متوسط کمتر از ۱/۵

با توجه به جدول ۵ ضریب همبستگی در این مزارع در طول فصل رشد بطور متوسط بیشتر از ۰/۹۲ بوده

SAVI نیز صادق است.

جدول ۵- مقایسه دمای برآورد شده توسط روش تک‌باندی

و دمای اندازه‌گیری شده

تاریخ	RMSE(K)	R ²
۲۰۱۴/۵/۲۸	۰/۹۷	۰/۹۶
۲۰۱۴/۶/۲۹	۲/۰۵	۰/۹۲
۲۰۱۴/۷/۱۵	۰/۴۷	۰/۹۰
۲۰۱۴/۷/۳۱	۲/۹۶	۰/۹۱
۲۰۱۴/۸/۱۶	۱/۶۲	۰/۹۰
۲۰۱۴/۹/۱	۱/۱۸	۰/۹۳
۲۰۱۴/۹/۱۷	۱/۰۸	۰/۹۴

و ترکیب پوشش گیاهی و خاک تخمین زده شده و سپس با استفاده از الگوریتم تک باند دمای سطح زمین محاسبه گردید. سپس با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی K-Means، مناطق هم‌دما مشخص و ارتباط دمای سطحی با شاخص‌های NDVI و SAVI بر روی گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مقایسه مقادیر دمای برآورد شده و دمای اندازه‌گیری شده، نشان داد که با استفاده از این روش مقادیر گسیلمندی برای پیکسل‌های مخلوط خاک و گیاه به خوبی برآورد گردیده و دمای سطحی با دقت بالایی محاسبه گردیده است. همچنین میان شاخص SAVI و دما، در هر مرحله از رشد گیاه همبستگی منفی وجود دارد و با بررسی دما می‌توان وضعیت رشد گیاه در هر مرحله را مورد مطالعه قرار داد.

نتایج بررسی شاخص‌های NDVI و SAVI، حاکی از آن است که شاخص SAVI به دلیل حذف اثرات بازتاب خاک با اعمال ضریب L، به خوبی توانسته روند رشد گیاه را در طول فصل رشد نشان دهد. مقدار L بهینه شده جهت تصحیح اثر خاک، با مقدار پوشش گیاهی موجود تغییر می‌کند و

درجه کلون بوده که هرچه مقدار این شاخص کوچکتر باشد اختلاف میان مقادیر اندازه‌گیری و محاسباتی کمتر بوده و روش کاراتر خواهد بود.

در شکل ۶، نمودار رابطه بین مقادیر شاخص SAVI و دمای سطح در دو مزرعه مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به شکل ۶ کاملاً مشهود است که ارتباط بین دمای سطح زمین و شاخص SAVI یک ارتباط معکوس است و همبستگی خوبی بین آنها وجود دارد. بصورت کلی رابطه میان دمای سطح زمین و پوشش گیاهی بصورت خطی است [۱، ۴، ۵] و [۳۱، ۳۲]. با توجه به شکل ۶، مشخص می‌شود که این ارتباط در خصوص شاخص

۵- نتیجه‌گیری

تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج اطلاعات دقیق و بهنگام در مقیاس‌های مختلف با صرف هزینه کم‌تر، در بخش‌های مختلف علوم زمین و مطالعه پدیده‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از کاربردهای مهم تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از تصاویر حرارتی و تخمین دمای سطح زمین می‌باشد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ در دوره رشد گیاه ذرت، جهت بررسی تغییرات حرارتی سطح گیاه در طی این دوره استفاده گردید. با توجه به اهمیت برآورد مقدار گسیلمندی سطح در تخمین حرارت سطحی، در این تحقیق روشی جهت برآورد مقدار گسیلمندی در مناطق دارای پوشش گیاهی ارائه گردیده و دمای سطحی محاسبه گردید. پس از محاسبه دمای سطحی و با استفاده از شاخص SAVI و دمای محاسبه شده، مناطق دارای پوشش گیاهی که هم‌دما می‌باشند، استخراج گردید. بدین منظور با استفاده از مشاهدات میدانی در هنگام گذر ماهواره و پردازش تصاویر باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی، ابتدا مقادیر گسیلمندی مربوط به سطح پوشش گیاهی

تک باند با استفاده از باند ۱۰ ماهواره لندست ۸، به خوبی توانست دمای سطح مزارع در مراحل مختلف رشد محصول را برآورد کند.

در نقاطی با پوشش گیاهی کم، مقدار بالای L، تعاملات میان خاک و گیاه را به خوبی توصیف می کند درحالی که با افزایش پوشش گیاهی مقدار L کاهش می یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که روش الگوریتم

مراجع

- [1] L. Parviz, M. Kholghi, and K. Valizadeh, "Estimation of Air Temperature Using Temperature-Vegetation Index (TVX) Method," *Journal of Water and Soil Science*, vol. 15, pp. 21-33, 2011.
- [2] J. Jiang and G. Tian, "Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing," *Procedia environmental sciences*, vol. 2, pp. 571-575, 2010.
- [3] S. Hong, V. Lakshmi, and E. E. Small, "Relationship between vegetation biophysical properties and surface temperature using multisensor satellite data," *Journal of Climate*, vol. 20, pp. 5593-5606, 2007.
- [4] R. Kaufmann, L. Zhou, R. Myneni, C. Tucker, D. Slayback, N. Shabanov, et al., "The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data ", *Geophysical Research Letters*, vol. 30, 2003.
- [5] Malekpour.p, Talei.M, Rezaei.Y, and khoshgoftar.M, "Investigation on the relationship between LST and city land covers by using ETM+ data (case study:Tehran)," presented at the Geomatics 89, 2010.
- [6] S. Piao, H. Nan, C. Huntingford, P. Ciais, P. Friedlingstein, S. Sitch, et al., "Evidence for a weakening relationship between interannual temperature variability and northern vegetation activity," *Nature communications*, vol. 5, 2014.
- [7] J. A. Sobrino, J. C. Jiménez-Muñoz, and L. Paolini, "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5," *Remote Sensing of environment*, vol. 90, pp. 434-440, 2004.
- [8] L. Vlassova, F. Perez-Cabello, H. Nieto, P. Martín, D. Riaño, and J. de la Riva, "Assessment of methods for land surface temperature retrieval from Landsat-5 TM images applicable to multiscale tree-grass ecosystem modeling," *Remote Sensing*, vol. 6, pp. 4345-4368, 2014.
- [9] X. Yu, X. Guo, and Z. Wu, "Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method," *Remote Sensing*, vol. 6, pp. 9829-9852, 2014.
- [10] S. A. Bazyani, H. Z. Abyaneh, and M. Akbari, "Estimation of Surface Temperature and Cropping Intensity in Hamedan Province Using Remote Sensing Data," *Geophysical Research*, vol. 46, pp. 333-348, 2014.
- [11] P. Dash, "Land surface temperature and emissivity retrieval from satellite measurements," 2005.
- [12] R. Gillies, W. Kustas, and K. Humes, "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 e," *International journal of remote sensing*, vol. 18, pp. 3145-3166, 1997.

- [13] J. Sobrino and N. Raissouni, "Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 21, pp. 353-366, 2000.
- [14] B.-H. Tang, K. Shao, Z.-L. Li, H. Wu, and R. Tang, "An improved NDVI-based threshold method for estimating land surface emissivity using MODIS satellite data," *International Journal of Remote Sensing*, pp. 1-15, 2015.
- [15] Q. Weng, D. Lu, and J. Schubring, "Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies," *Remote sensing of Environment*, vol. 89, pp. 467-483, 2004.
- [16] J. Yang, Y. Wang, and P. August, "Estimation of land surface temperature using spatial interpolation and satellite-derived surface emissivity," *Journal of Environmental Informatics*, vol. 4, pp. 37-44, 2004.
- [17] W. C. Snyder, Z. Wan, Y. Zhang, and Y.-Z. Feng, "Classification-based emissivity for land surface temperature measurement from space," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, pp. 2753-2774, 1998.
- [18] F. Chen, S. Yang, Z. Su, and K. Wang, "Effect of emissivity uncertainty on surface temperature retrieval over urban areas: Investigations based on spectral libraries," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 114, pp. 53-65, 2016.
- [19] G. Chander and B. Markham, "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 41, pp. 2674-2677, 2003.
- [20] J. C. Jiménez-Muñoz, J. Cristóbal, J. Sobrino, G. Soria, M. Ninyerola, and X. Pons, "Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 47, pp. 339-349, 2009.
- [21] T. N. Carlson and D. A. Ripley, "On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index," *Remote sensing of Environment*, vol. 62, pp. 241-252, 1997.
- [22] R. R. Gillies and T. N. Carlson, "Thermal remote sensing of surface soil water content with partial vegetation cover for incorporation into climate models," *Journal of Applied Meteorology*, vol. 34, pp. 745-756, 1995.
- [23] J. Sobrino, V. Caselles, and F. Becker, "Significance of the remotely sensed thermal infrared measurements obtained over a citrus orchard," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 44, pp. 343-354, 1990.
- [24] C. Du, H. Ren, Q. Qin, J. Meng, and S. Zhao, "A Practical Split-Window Algorithm for Estimating Land Surface Temperature from Landsat 8 Data," *Remote Sensing*, vol. 7, pp. 647-665, 2015.
- [25] K. Willett, V. Venema, C. Williams, E. Aguilar, G. Lopardo, I. Jolliffe, et al., "Homogenisation algorithm skill testing with synthetic global benchmarks for the International Surface Temperature Initiative," in *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 2014, p. 8479.
- [26] L. Xia, K. Mao, Y. Ma, F. Zhao, L. Jiang, X. Shen, et al., "An Algorithm for Retrieving Land Surface Temperatures Using VIIRS Data in Combination with Multi-Sensors," *Sensors*, vol. 14, pp. 21385-21408, 2014.
- [27] S. Fatemi and Y. Rezaei, *Principles of remote sensing*: Azadeh Press, Tehran, 2005.
- [28] S. N. Goward, G. D. Cruickshanks, and A. S. Hope, "Observed relation between thermal emission and reflected spectral

- radiance of a complex vegetated landscape," Remote Sensing of Environment, vol. 18, pp. 137-146, 1985.
- [29] J. Clevers, "The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index," Remote Sensing of Environment, vol. 25, pp. 53-69, 1988.
- [30] A. J. Richardson and C. Wiegand, "Distinguishing vegetation from soil background information.[by gray mapping of Landsat MSS data," 1977.
- [31] D. Lu and Q. Weng, "Spectral mixture analysis of ASTER images for examining the relationship between urban thermal features and biophysical descriptors in Indianapolis, Indiana, USA," Remote Sensing of Environment, vol. 104, pp. 157-167, 2006.
- [32] K. C. Tan, H. San Lim, M. Z. MatJafri, and K. Abdullah, "Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia," Environmental Earth Sciences, vol. 60, pp. 1509-1521, 2010.

..



Surface Temperature and Emissivity estimation and isothermal area detection during crop growth stages

Yousef Rezaei. ^{*1}, Zahra Najafi ², Samira Akhavan ³

1- Assistant professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University

2- Ms.c student, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University

3- Assistant professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University

Abstract

Today, the extraction of land surface temperature (LST) from satellite imagery for many environmental studies, particularly the applications related to water resources management over agricultural sites, is very important. The extracted LST can be used to check the status of plant growth and crop water demand management. Recently the OLI and TIR data sets from Landsat 8 were used in vegetation studies and surface temperature estimation. In this research, the variations of corn surface temperature during its growth stages were examined. In order to minimize the soil influence on canopy spectra, the SAVI were used. The emissivity was estimated by using thresholding on NDVI and vegetation fraction cover and surface temperature were assessed by using single channel algorithm. After that isothermal areas were detected using SAVI and thermal image. Finally, corn growth conditions were studied by examining surface temperature in growth stages. The comparison of results with ground data, show the average correlation efficiency more than 0.92 and average RMSE less than 1.5.

Key words: Thermal Imagery, Landsat 8, Crop growth stages, Emissivity, SAVI.