

تأثیر کاربری اراضی بر تغییرات شاخص حرارتی زمین در حوضه‌های شهری (مطالعه موردی: بندر امام خمینی، خوزستان)

- ❖ امین ذرتی پور*؛ استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
- ❖ مرجان فیروزی نژاد؛ مربی گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
- ❖ خلیل دلفان حسن زاده؛ مربی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

امروزه روش‌های سنجش از دوری کارایی بالایی در برآورد صحیح تغییرات جزئی حرارتی و پایش تغییرات اقلیمی دقیق اراضی داشته است. مطالعه حاضر در ابتدا با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به تأثیر کاربری اراضی بر شاخص حرارتی، سپس کارایی باندهای حرارتی در تعیین دمای کاربری اراضی و در نهایت تعیین شاخص دمای سطح زمین^۱ در هر کاربری با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا^۲ در منطقه بندر امام خمینی استان خوزستان پرداخته است. در ابتدا شاخص پوشش گیاهی^۳، با نسبت‌گیری اختلاف بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز با تصاویر ماهواره لندست ۸ و مودیس، سپس به تهیه نقشه دمای سطح زمین در چهار فصل پرداخته شد. الگوریتم پنجره مجزا، یکی از الگوریتم‌های کاربردی و دقیق سنجش از دوری است که با حذف اثرات جوی می‌تواند دمای سطحی زمین را به صورت منطقه‌ای پایش و اندازه‌گیری نماید. نتایج مقایسه دو باند حرارتی نشان داد، باند حرارتی $(RMSE^4 = 3/7)$ ۱۱، به دلیل طول موج بالاتر، از دقت بالاتری (ضریب تبیین ۰/۹)، در برآورد دمای سطحی، خصوصاً در دماهای بالا، نسبت به باند حرارتی ۱۰ برخوردار است. نتایج برآوردها در نقاط کمینه و بیشینه دمای کاربری‌های مختلف نشان داد، مناطق صنعتی و کارخانه‌ها، با جذب طول موج مادون قرمز حرارتی و افزایش گسیل‌مندی، نسبت به پوشش‌های درختی و رودخانه‌ها تأثیر بیشتری در بالا بردن میانگین نسبی دمای منطقه در محدوده صنعتی و شهری داشته‌اند. با صنعتی شدن منطقه، میزان شاخص پوشش گیاهی با افزایش دمای هوا، کاهش یافته است. به طوری که کمترین میزان پوشش گیاهی در ماه مرداد (۰/۴۲-) و بیشترین مقدار در مهرماه (۰/۳۵) برآورد شد.

کلید واژگان: دمای سطحی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، باند حرارتی، الگوریتم پنجره مجزا، بندر امام خمینی.

۱. مقدمه

شناسایی پدیده‌ها و آگاهی از انواع پوشش سطحی زمین و فعالیت‌های انسانی در بخش‌های مختلف و به بیان دیگر چگونگی بهره‌گیری از زمین به عنوان داده‌های اصلی در برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲۰]. با توجه به توسعه روزافزون علم و فن‌آوری و گسترش آن در زمینه علوم مربوط آمایش سرزمین کاربری اراضی، تغییرات دمای محیط و میزان تأثیر صنعتی شدن شهرها در پدیده گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر روی نوع زندگی بشر تأثیر فراوانی داشته، نظر به اینکه در دنیای مدرن امروزی تصاویر ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود از جمله سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار و بهنگام شدن مداوم جایگاه ویژه‌ای دارند [۱۳]، لذا می‌توان برای پی بردن به سوالات در ارتباط با پدیده‌های گوناگون از این تصاویر ماهواره‌ای بهره جست.

حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل و انفعالات بین زمین و اتمسفر در مقیاس منطقه‌ای و جهانی می‌باشد و تصاویر سنجش از دور با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، مادون قرمز و حرارتی به دلیل پوشش وسیع، منبع اطلاعاتی مناسبی به منظور تهیه نقشه‌های حرارتی تلقی می‌گردند [۸]. حرارت سطح زمین می‌تواند بر نوع کاربری اراضی مؤثر باشد، لذا با توجه به نوع پوشش زمین و شرایط دمایی می‌توان بررسی‌های اقلیمی، هواشناسی در ارتباط با تغییرات کاربری‌ها را بررسی نمود [۶]. الگوریتم پنجره مجزا یکی از الگوریتم‌های کاربردی و دقیق سنجش از دوری است که با استفاده از آن می‌توان دمای سطح زمین را به صورت منطقه‌ای پایش و اندازه‌گیری کرد. الگوریتم پنجره مجزا می‌تواند با حذف اثرات جوی و اتمسفری دقت پایش دمای سطحی و در نهایت تعیین شاخص‌های سنجش از دوری را افزایش دهد [۶].

از آنجایی که دمای سطح خاک در رشد و گسترش پوشش گیاهی می‌تواند مؤثر باشد لذا از مقادیر LST به صورت معیاری جهت ارزیابی وضعیت و ارزیابی پوشش

گیاهی نیز استفاده می‌گردد [۸]. [۱۰] در مطالعه خود اقدام به محاسبه دمای سطح زمین در بخش مرکزی منطقه مراغه با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ نمودند و عنوان کردند که با برآورد اختلاف کمتر از ۵/۵۷ درجه سانتی‌گراد، اختلاف رضایت بخشی بین دمای سطح برآورد شده از طریق سنجش از دور و دمای برآورد شده از آمار اندازه‌گیری شده ۱۲ ساله از سطح زمین در ایستگاه هواشناسی مراغه وجود دارد. [۱۷]، جهت بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر دما، دمای هوای حوضه آبخیز سفید رود را از روش شاخص پوشش گیاهی برآورد کردند. بر اساس نتایج بدست آمده پوشش‌های گیاهی متراکم و بیشتر می‌تواند تأثیر بسزایی در تعیین دمای هوا داشته باشند. دمای واقعی در ارتفاعات در مناطقی با پوشش گیاهی تنک افزایش یافته بود [۸]. پایش دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی استان قم را با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ETM+ و OLI انجام دادند و بر این اساس عنوان نمودند که مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم نتایج قابل قبولی را جهت محاسبه NDVI خواهد داشت که با کاهش شدید پوشش گیاهی و گسترش بیشتر کاربری‌های صنعتی مواجه شده‌اند. [۲۲] در سال ۲۰۱۵ دمای هوای سطح زمین را برآورده نموده و عنوان داشتند که به کارگیری داده‌های دور سنجی می‌تواند تا حدودی مشکلات ناشی از ایستگاه‌های زمینی را کاهش دهد و در بخش‌های عظیمی از سطح زمین به تخمین پارامترهای هواشناسی بپردازد. [۵] در سال ۲۰۱۵ رابطه دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی در محیط شهری اصفهان را مورد بررسی قرار داد. در این راستا چهار تصویر سنجنده TM ماهواره لندست در تاریخ‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۰ هر کدام دو تصویر، دمای سطح زمین و شاخص بهنجار شده پوشش گیاهی را در بازه زمانی ۱۹ ساله به کار گرفته شد. در مقایسه بین نقشه دمای سطح زمین با نقشه پوشش گیاهی ماه‌های گرم سال شهر اصفهان نشان داد وجود زاینده رود به دلیل ایجاد مناطق باغات پایین دست و پوشش گیاهی در

زمستان تا تابستان بر روی پوشش اراضی تأثیر معنی‌داری دارد. در این تحقیق متوجه شدند که تغییر الگوی کاربری اراضی و پوشش اراضی (LUCL)، اثر آن بر روی LST و تغییرات دمای هوا منعکس می‌شود.

از آنجایی که بندر امام خمینی با داشتن ۳۸ اسکله هر کدام به طول ۷ کیلومتر، بزرگترین بندر فعال ایران می‌باشد و همچنین با توجه به انجام بیش از ۳۵٪ از کل تجارت دریایی کشور و دارا بودن کارخانجات گسترده پتروشیمی به عنوان یکی از مهم‌ترین قطب‌های حمل و نقل منطقه‌ای و اقتصادی کشور تلقی می‌گردد. این بندر در سال ۱۳۹۰ پس از تغییر رژیم حقوقی خود از یک بندر عادی به منطقه ویژه اقتصادی و الحاق اراضی مجاور، هم‌اکنون بزرگ‌ترین منطقه ویژه اقتصادی کشور را تشکیل می‌دهد و نظر به اهمیت موضوع تغییرات آب و هوایی و پدیده گرمایش زمینی در منطقه جنوب استان خوزستان، این مطالعه با هدف بررسی کارایی باندهای حرارتی در برآورد مقادیر دمای سطح زمین و تأثیر صنعتی شدن و کاربری‌های مختلف در حوضه شهری در میزان تغییرات دما در منطقه بندر امام خمینی بر اساس تغییرات فصلی در یک بازه زمانی انجام گرفت.

۲. روش شناسی

۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه بندر امام خمینی با موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۵ دقیقه شرقی (شکل ۱) در جنوب استان خوزستان قرار دارد.

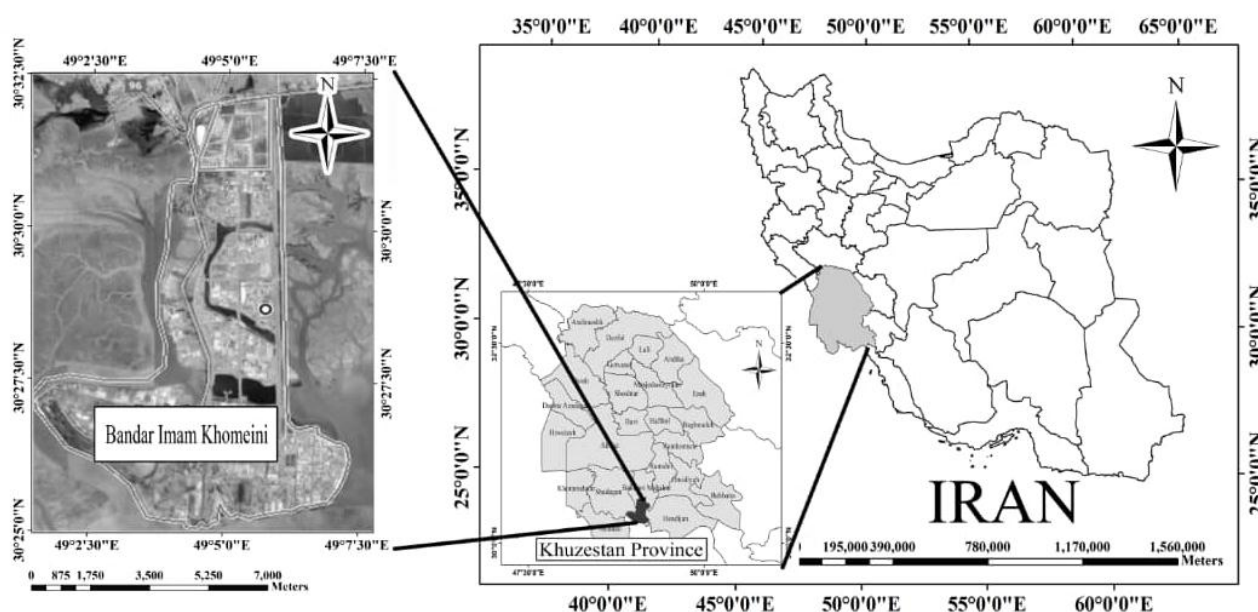
۲.۲. داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۵، به تاریخ ۵ اردیبهشت (۲۴ آوریل ۲۰۱۶)، ۲۴ مرداد (۱۴ آگوست ۲۰۱۶)، ۲۶ مهرماه (۱۷ اکتبر ۲۰۱۶) و ۱۸ بهمن (۶ فوریه ۲۰۱۷) استفاده گردید. ماهواره لندست ۸ دارای

تعدیل دما مؤثر بوده است. [۱۹] دمای سطح زمین را توسط تصاویر ماهواره لندست ۵ برای مزارع گندم دشت مرودشت محاسبه نمودند و بیان داشتند که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای مطالعاتی که دما به صورت نسبی در یک منطقه وسیع مقایسه می‌گردد بسیار کارآمد می‌باشد و همچنین نتایج نشان داد که دمای سطح زمین بیشترین همبستگی را با دمای تاج پوشش گیاهی دارد [۴]. دمای سطح زمین را در روش‌های تک باندهای و چند باندهای تصاویر ماهواره لندست ۸ محاسبه و سپس مقایسه و عنوان داشتند که شرایط محدوده مطالعاتی از نظر دما، پوشش منطقه و آب بخار موجود در اتمسفر در نتایج و انتخاب باند حرارتی مناسب اثر گذار است که توجه به این شرایط در تخمین LST به ویژه در روش چند باندهای پیشنهاد گردید [۱]. در مطالعه‌ای به منظور استخراج پوشش گیاهی و ساخت و ساز شهر مشهد در رابطه با دمای سطح زمین عنوان داشتند که مناطقی که در مجاورت باغ‌ها و فضای سبز شهری بوده‌اند دمای پایین‌تری نسبت به مناطق صنعتی و معابر پر ترافیک شهری را دارا می‌باشند. [۱۶] دمای سطح زمین (LST) را با استفاده از داده‌های فصلی (فوریه، آوریل و اکتبر) و تصاویر ماهواره لندست در مناطق نیمه گرمسیری هند بررسی نموده و بر این اساس نشان داده که تغییرات NDVI و شاخص LST در ارتباط با یکدیگر می‌باشند و میزان پوشش گیاهی برای فصل‌های رشد (فوریه و اکتبر) بر خلاف فصل برداشت (آوریل) بیشتر است. [۲۳] تغییرات دمای سطح زمین را در منطقه کونیا در ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست بررسی نمودند و بر این اساس افزایش ۲-۳ درجه‌ای در یک دوره کوتاه و بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ را گزارش دادند. [۲۱] تأثیرات تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی (LULC) در ارتباط با دمای سطح زمین (LST) در مراکز شهری بررسی کردند. برای این منظور LST فصلی و زمانی در سه مرحله (سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴) استخراج شد. نتایج نشان دادند که افزایش LST در طول فاصله

جهت پردازش و آنالیز تصاویر و طبقه‌بندی تصاویر و نرم‌افزار ArcGis v.10 برای ایجاد نقشه‌های نمونه تعلیمی، واقعیت زمینی استفاده شد. برای به‌کارگیری نقاط کنترل از نرم‌افزار Mapsource و جهت رسم نمودار و محاسبات آماری و آنالیز اطلاعات جمع‌آوری شده از عملیات زمینی، نرم‌افزارهای EXCEL به‌کار گرفته شد.

دو سنجنده است. سنجنده OLI در ۹ باند طیفی و سنجنده TIRS در دو باند با قدرت تفکیک ۳۰ متری، امکان تصویربرداری حرارتی و اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق برای مدیریت آب و مدل‌سازی هیدرودینامیکی سطح دریاها را فراهم می‌آورد. داده‌های TIRS در دو باند مادون قرمز حرارتی و با قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیتی اخذ می‌شوند. همچنین از نرم‌افزارهای ENVI 4.8 و ENVI 5.3



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

از شاخص پوشش گیاهی ضریب گسیل و در انتها دمای سطح زمین تعیین گردید [۵، ۸ و ۱۲]. بنابراین بر این اساس از چهار تصویر مربوط به ماه‌های اردیبهشت، مرداد، مهر و بهمن برای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان در سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶-۲۰۱۷) استفاده و نقشه کاربری اراضی در چهار فصل مذکور تهیه گردید، سپس نقشه مربوط به دمای سطح زمین با استفاده از دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ سنجنده^۱ TIRS، برای ماه‌های مورد نظر به‌دست آمد، همچنین از داده‌های سنجنده مودیس

۲،۳. روش انجام تحقیق

دمای سطح زمین (LST) عامل مهمی در تغییر جهانی آب و هوا و رشد پوشش گیاهی می‌باشد. استفاده از روش‌های دورسنجی و ماهواره‌ای از جمله روش‌های برآوردی آن می‌باشند. در این تحقیق از روش پنجره مجزا جهت محاسبه دمای سطح زمین استفاده شد [۴، ۵، ۷ و ۹]. از آنجایی که دمای سطح زمین برای مناطق شهری نقش مدیریتی مهمی دارد [۲۳]، در این مطالعه پس از تصحیحات لازم، دمای روشنایی حاصل و سپس با استفاده

¹Thermal Infrared Sensor

سطحی [۱۵] می‌باشد. برای به‌دست آوردن ضریب گسیل می‌بایست نقشه پوشش گیاهی تهیه گردد که رابطه آن بر اساس باندهای مادون قرمز و قرمز همانند رابطه زیر تعیین می‌گردد که نوعی نسبت گیری طیفی محسوب می‌شود:

$$NDVI = \frac{B_{nir} - B_{red}}{B_{nir} + B_{red}} \quad \text{رابطه ۳}$$

همچنین در سنجنده MODIS باندهای مذکور باندهای شماره ۱ و ۲ می‌باشند [۱۱ و ۱۲].

۶.۲. گسیل مندی^۲

توان تشعشعی سطح زمین یا گسیل مندی در این بررسی به صورت زیر محاسبه گردید. با تعیین گسیل مندی متغیرهای مورد نیاز برای محاسبه دمای سطح زمین آماده می‌گردد.

برای محاسبه گسیل مندی از فرمول زیر باید استفاده کرد که مقدار Pv با استفاده از نتایج مربوط به شاخص پوشش گیاهی به‌دست می‌آید. فرمول‌های به‌دست آمده در زیر بیان شده‌اند:

$$E = 0.004 pv + 0.986 \quad \text{رابطه ۴}$$

$$Pv = \frac{(b1 - NDVI_{max})}{(NDVI_{max} + NDVI_{min})}^2 \quad \text{رابطه ۵}$$

۷.۲. محاسبه دمای سطح زمین (LST)

با استفاده از فرمول زیر دمای سطح زمین قابل برآورد است:

$$LST = BT/1 + w * (BT/p) * \ln(e) \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن BT دمای درخشندگی و W طول موج رادیانس گسیل شده و p ثابت عددی برابر با ۱۴۳۸۰

جهت برآورد و مقایسه دمای سطح زمین (LST) استفاده شد. در ادامه شاخص پوشش گیاهی NDVI جهت نسبت‌گیری اختلاف بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز و محاسبه دمای سطحی به کار گرفته شد.

۴.۲. دمای روشنایی^۱

جهت تعیین دمای سطح زمین ابتدا می‌بایست دمای روشنایی محاسبه گردد و برای محاسبه آن باید داده‌های باند حرارتی را به رادیانس طیفی تبدیل کنید [۸ و ۹]. برای تبدیلی تصویر خام به رادیانس طیفی از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$L_{\lambda} = MLQ_{cal} + AL \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن:

$$\begin{aligned} L_{\lambda} &= \text{TOA spectral radiance} \\ ML &= \text{RADIANCE_MULT_BAND_x} \\ AL &= \text{RADIANCE_ADD_BAND_x} \\ Q_{cal} &= \text{Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)} \end{aligned}$$

دمای روشنایی دمای متناظر با انرژی تابشی دریافتی از سطحی که پدیده یا شی توسط سنجنده است و در واقع همان میزان گسیل انرژی پدیده‌های سطح زمین را در مقایسه با جسم سیاه تبیین می‌کند و از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$T_b = \frac{hc/k\lambda}{\ln\left[\frac{2hc^2\lambda^{-5}}{L_{\lambda}} + 1\right]} = \frac{k_2}{\ln\left[\frac{k_1}{L_{\lambda}} + 1\right]} \quad \text{رابطه ۲}$$

به طوری که T_b برابر با دمای درخشندگی یا روشنایی است و ضرایب k_1 و k_2 ضرایب عددی برای باندهای حرارتی هستند.

۵.۲. شاخص پوشش گیاهی NDVI

شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده یا NDVI وضعیت پوشش گیاهی با توجه به تقویت اثرات بازتابندگی پوشش گیاهی و تمایز پوشش گیاهی از سایر پوشش‌های

^۱Brightness Temperature

^۲Emissivity

۳. نتایج

برای به دست آوردن نقشه دمای سطح منطقه در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان در سال ۱۳۹۵، پردازش‌های مقدماتی تبدیل رادینس به تابش سطح زمین صورت پذیرفت. بر این اساس پس از محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI، نقشه دمای سطح زمین با استفاده از هر دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ برای هر فصل به دست آمد و دمای منطقه در شش بازه دمایی (۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰ و ۵۰-۵۵) برآورد شد. سپس جهت ارزیابی صحت داده‌های به دست آمده با مقدار واقعی دمای هوای حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی مقایسه گردید (جدول ۱). نقشه‌های دمای سطح زمین (LST) بر حسب درجه سانتی گراد در شکل‌های ۲ تا ۹ آورده شده است.

است.

برای بررسی صحت و دقت روش‌های استفاده شده در این پژوهش، از شاخص‌های آماری $RMSE^1$ جهت میزان خطای برآورد متوسط و متوسط خطای مطلق MAE^2 استفاده گردید (رابطه‌های ۷ و ۸). برای همبستگی نتایج با واقعیات زمینی نیز از ضریب تبیین R^2 و ضریب ناش-ساتکلیف (NS^3) (رابطه ۹) استفاده شد [۱، ۶، ۷ و ۲۳]. لازم به ذکر است که معیار ضریب ناش-ساتکلیف یا خطای حداکثر، از منفی بی‌نهایت تا ۱ متغیر است [۳].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۷}$$

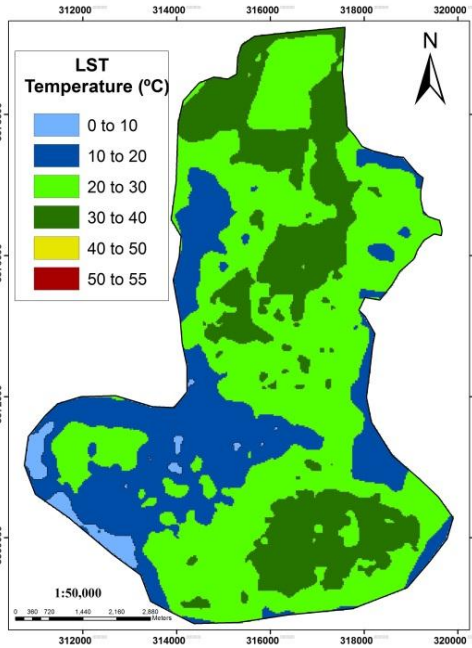
$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{n} \quad \text{رابطه ۸}$$

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^o - Q_i^e)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^o - Q^{mean})^2} \right] \quad \text{رابطه ۹}$$

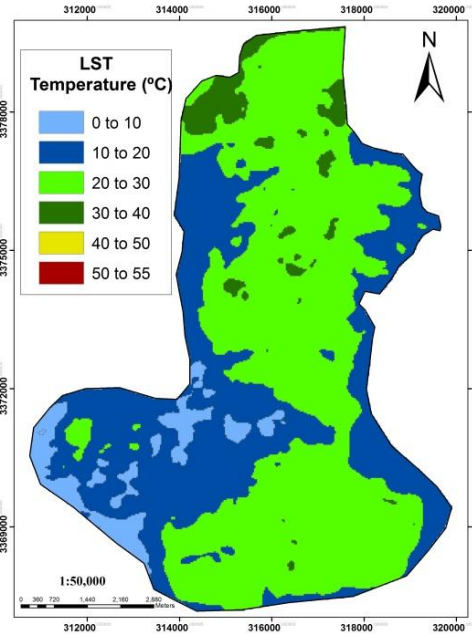
¹Root Mean Square Error

²Mean Absolute Error

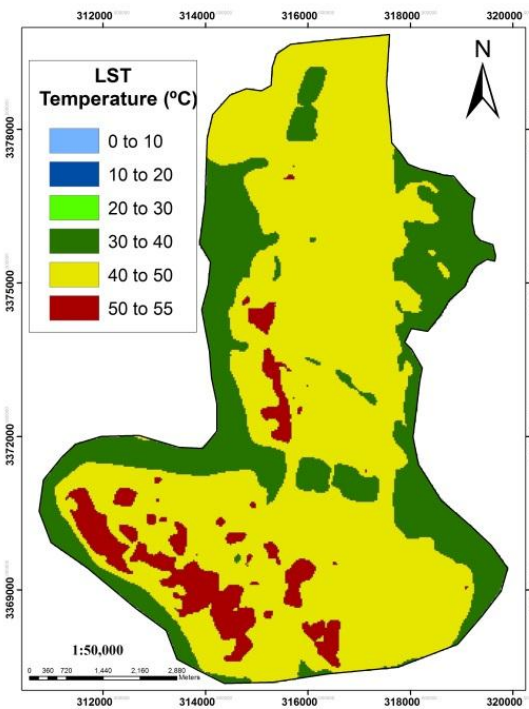
³ Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient



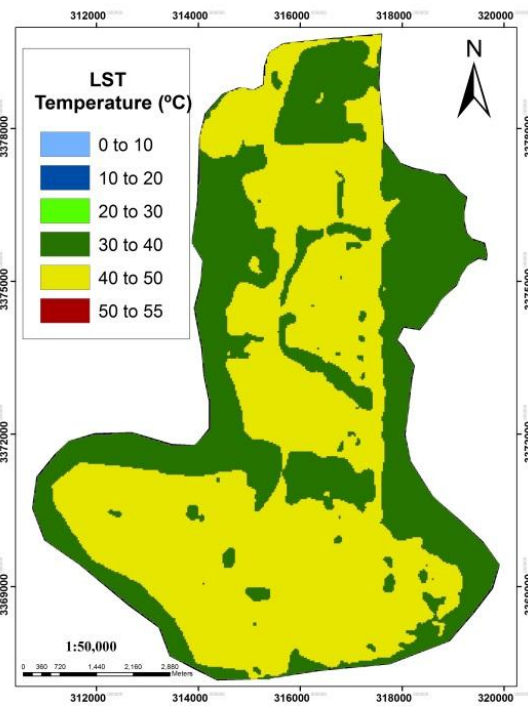
شکل ۲. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۰ اردیبهشت ۹۵



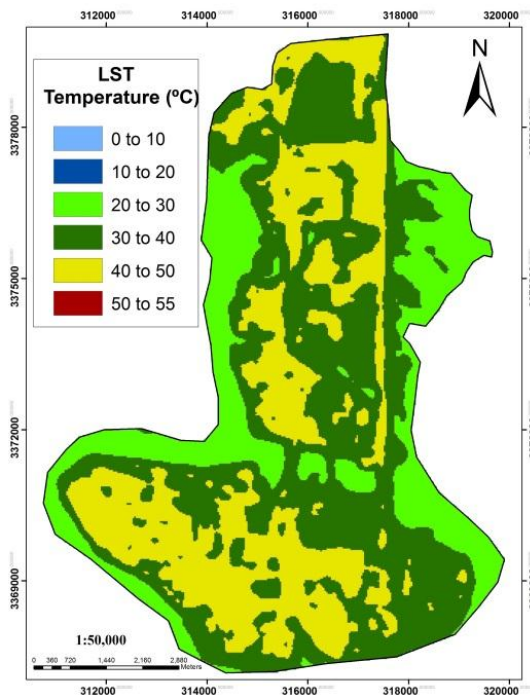
شکل ۳. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۱ اردیبهشت ۹۵



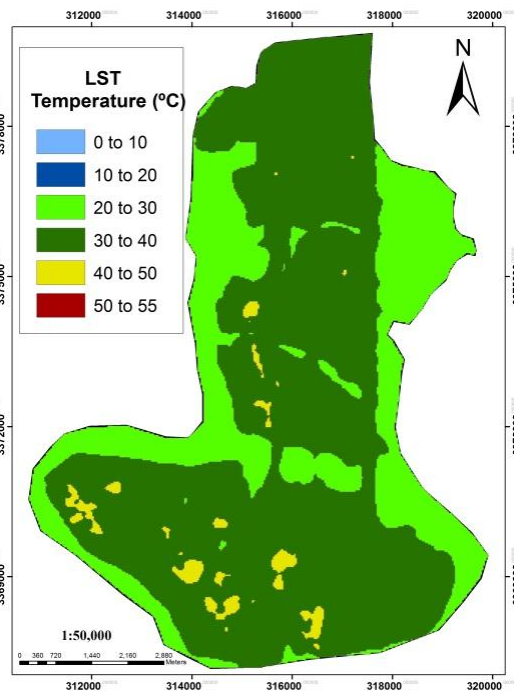
شکل ۴. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۰ مرداد ۹۵



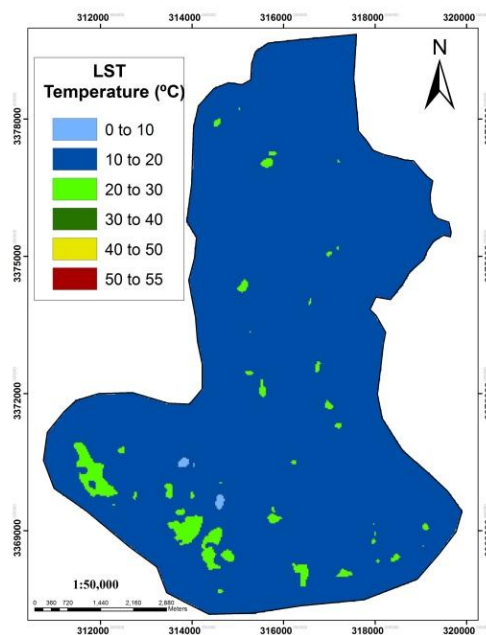
شکل ۵. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۱ مرداد ۹۵



شکل ۶. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۰ مهر ۹۵

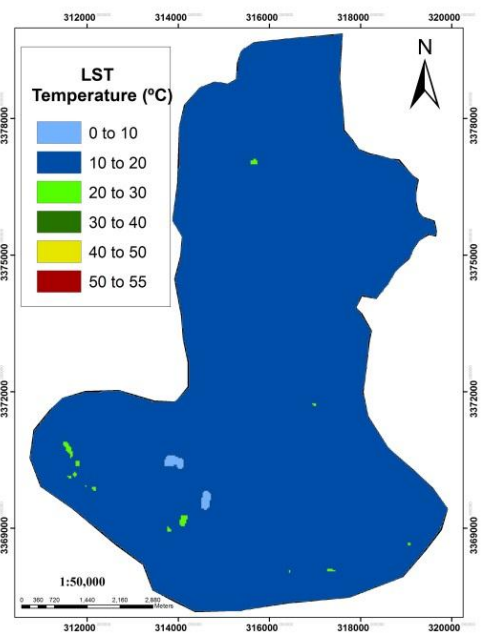


شکل ۷. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۱ مهر ۹۵



شکل ۸. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۰ بهمن ۹۵

۹۵

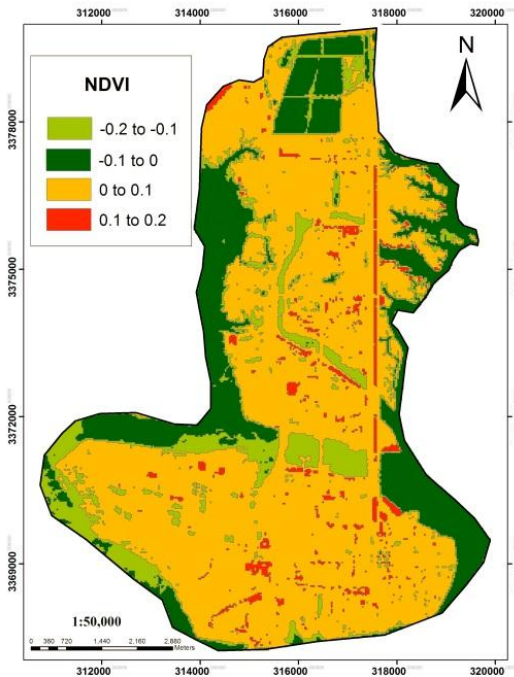


شکل ۹. نقشه دمای سطح زمین (LST) برای باند شماره ۱۱ بهمن ۹۵

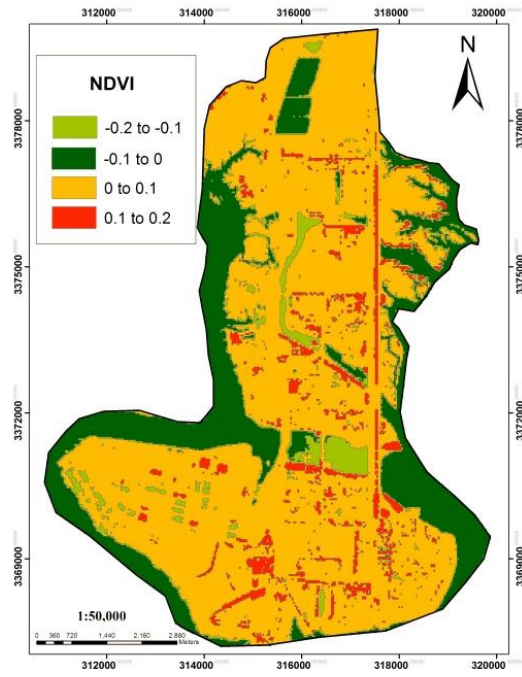
۹۵

شده نشان می‌دهد.

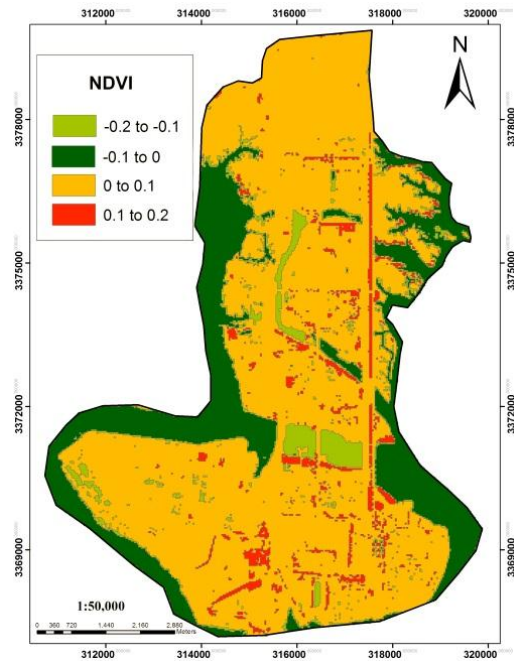
همچنین شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ نتایج خروجی شاخص پوشش گیاهی (NDVI) را در چهار فصل ذکر



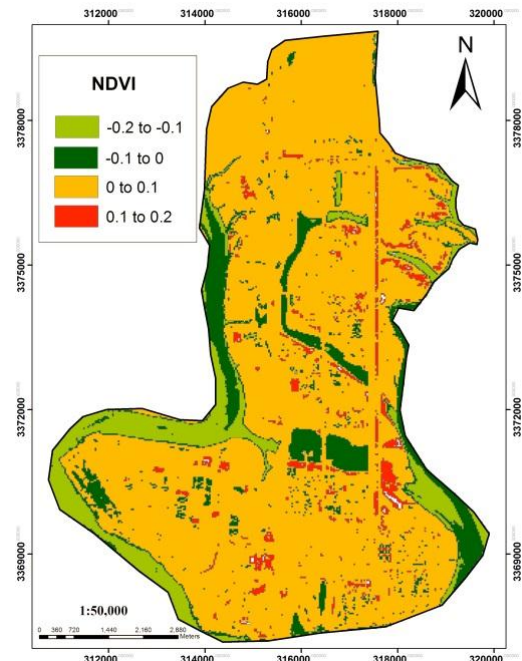
شکل ۱۰. نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI اردبیل بهشت ۹۵



شکل ۱۱. نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI مرداد ۹۵



شکل ۱۲. نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI مهر ۹۵

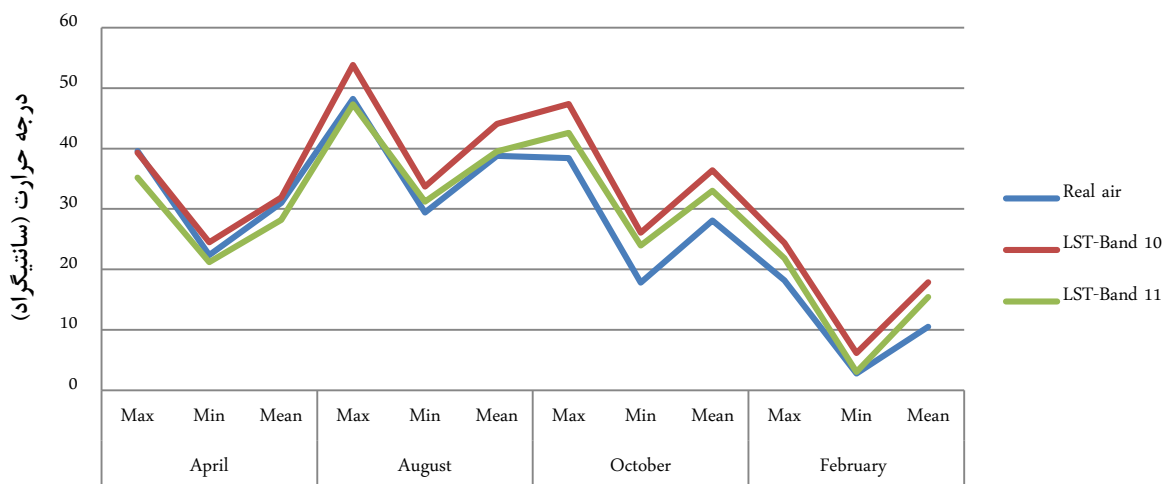


شکل ۱۳. نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI بهمن ۹۵

جدول ۱. مقدار دمای هوای واقعی حاصل از ایستگاه هواشناسی و مقدار دمای سطح زمین (LST) محاسبه شده با دو باند ۱۰ و ۱۱

February 2017			October 2016			August 2016			April 2016			T air °c
Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	
۱۰/۵	۲/۸	۱۸/۲	۲۸/۱	۱۷/۸	۳۸/۴	۳۸/۸	۲۹/۴	۴۸/۲	۳۱/۰	۲۲/۴	۳۹/۶	

۱۷/۹۰	۶/۲۰	۲۴/۳۸	۳۶/۳۹	۲۶/۱	۴۷/۳۷	۴۴/۰۷	۳۳/۷۲	۵۳/۸۰	۳۱/۹۲	۲۴/۵۲	۳۹/۳۳	LST °c BAND 10
۱۵/۴۵	۳/۰۸	۲۱/۸۳	۳۳	۲۳/۹۵	۴۲/۵۷	۳۹/۵۲	۳۱/۲۴	۴۷/۲۸	۲۸/۲۱	۲۱/۲۲	۳۵/۲۰	LST °c BAND 11



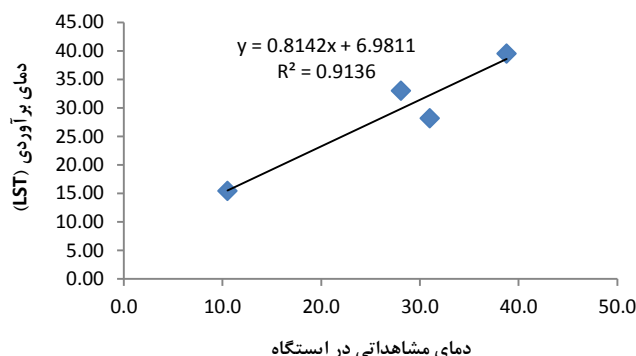
شکل ۱۴. مقایسه مقدار دمای حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و دمای برآورد شده با استفاده از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱

مقایسه مقدار دمای حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و دمای برآورد شده با استفاده از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ بیانگر نتایج مناسب‌تر باند ۱۱ در مقایسه با باند حرارتی ۱۰ می‌باشد. همچنین مقایسه داده‌های به‌دست آمده از اشکال ۱۵ و ۱۶ و صحت سنجی با شاخص‌های آماری (RMSE) برای باند حرارتی ۱۱ و $RMSE=3/7$ و $MAE=3/28$ برای باند ۱۰) استفاده گردید (شکل ۱۵ و ۱۶). همچنین نتایج به‌کارگیری معیار ناش-ساتکلیف در جدول ۲ آمده است که گویای کارایی بهتر باند حرارتی ۱۱ می‌باشد.

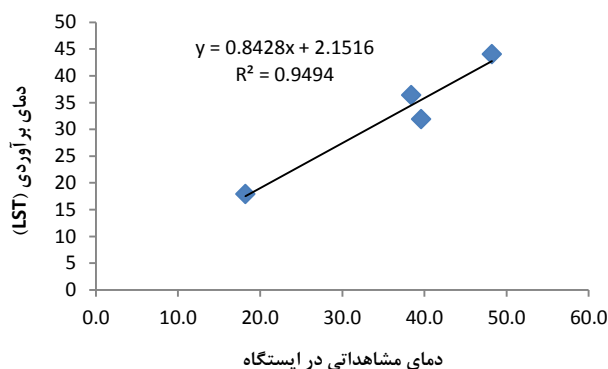
مقایسه مقدار دمای حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی و دمای برآورد شده با استفاده از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ بیانگر نتایج مناسب‌تر باند ۱۱ در مقایسه با باند حرارتی ۱۰ می‌باشد. همچنین مقایسه داده‌های به‌دست آمده از اشکال ۱۵ و ۱۶ و صحت سنجی با شاخص‌های آماری (RMSE) برای باند حرارتی ۱۱ و $RMSE=3/7$ و $MAE=3/28$ برای باند ۱۰) استفاده گردید (شکل ۱۵ و ۱۶). همچنین نتایج به‌کارگیری معیار ناش-ساتکلیف در جدول ۲ آمده است که گویای کارایی بهتر باند حرارتی ۱۱ می‌باشد.

جدول ۲. به‌کارگیری از معیار ضریب ناش-ساتکلیف بر نتایج LST باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱

Bands	Max	Min	Mean
Band 10	0.69	0.97	0.64
Band 11	0.90	0.96	0.92



شکل ۱۵. ضریب R^2 برای دمای میانگین با استفاده از باند حرارتی ۱۱



شکل ۱۶. ضریب R^2 برای دمای میانگین با استفاده از باند حرارتی ۱۰

پایین تری می‌باشند، بر این اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، کمترین مقدار مربوط به رودخانه، پوشش‌های گیاهی از جمله درختان و زمین کشاورزی و بیشترین مقدار مربوط به زمین‌های خالی اطراف مناطق صنعتی، کارخانجات صنعتی و اسکله بارگیری مواد معدنی نشان داده شده است.

جهت ارزیابی کاربری‌ها و تعیین دمای سطحی هوا با استفاده از نقشه‌های استخراج شده (اشکال ۳ الی ۹)، از ۴۷ نقطه برداشت شده از مشاهدات زمینی و نقاط کمینه و بیشینه استفاده گردید. ارزیابی نقشه‌های به‌دست آمده بیانگر این است که مناطق صنعتی، کارخانه و شهری دارای دمای بالاتر و مناطق درختی و آبی دارای دمای

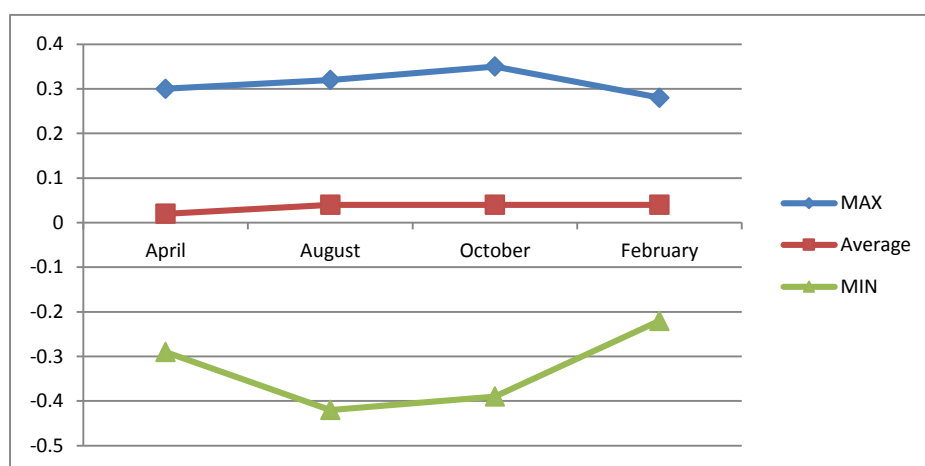
جدول ۳. مقدار و نام کمترین و بیشترین دمای برآورد شده در منطقه

LandUse	MAX	LandUse	MIN	
مناطق صنعتی	35.20	بستر رودخانه	0	April
کارخانه	34.04	اراضی اطراف رودخانه	1.31	
مناطق پتروشیمی	33.50	اراضی درختی	8.90	
اراضی اطراف کارخانه	47.28	اراضی اطراف رودخانه	31.24	August
اسکله بندر	47.19	اراضی درختی	32.95	
اراضی رهاشده، بایر	46.20	مسکونی	33.46	

مخازن پتروشیمی	42.52	بستر رودخانه	23.95	
اراضی زراعی	41	اراضی اطراف رودخانه	24	October
اسکله بندر	40.41	اراضی درختی	24.80	
مناطق صنعتی	21.83	بستر رودخانه	3.08	
کارخانه‌های تولیدی	21.31	مسکونی	3.9	February
اراضی رهاشده، بایر	20.59	اراضی درختی	10.1	

میزان پوشش گیاهی در ماه مرداد (۰/۴۲-) و بیشترین مقدار در مهرماه (۰/۳۵) برآورد گردید. اما از آنجایی که این تغییرات در طی یکسال رخ می‌دهد، لذا میانگین تغییرات تقریباً به صورت خطی بود (شکل ۱۷).

جهت ارزیابی تأثیر تغییرات مقادیر دما بر پوشش گیاهی، مقادیر نقشه‌های NDVI به‌دست آمده در چهار فصل مشخص گردید که با تغییر فصل میزان پوشش گیاهی در منطقه تغییر می‌کند و گرم شدن هوا بر کاهش پوشش گیاهی می‌تواند مؤثر باشد، به طوری که کمترین



شکل ۱۷. کمترین، بیشترین و میانگین پوشش گیاهی در چهار فصل در طی یکسال

قابل قبولی با ضریب تبیین 0.85 ($R^2=0.85$) نشان داد. این نتایج با نتایج تحقیقات [۲، ۶، ۷ و ۲۳] مطابقت دارد. نتایج مقایسه دو باند حرارتی نشان داد، باند حرارتی ۱۱ نتایج مقایسه دو باند حرارتی نشان داد، باند حرارتی ۱۱ ($RMSE^1=3/7$)، به دلیل طول موج بالاتر، از دقت بالاتری (ضریب تبیین ۰/۹)، در برآورد دمای سطحی، خصوصاً در دماهای بالا، نسبت به باند حرارتی ۱۰ ($RMSE=4/4$) برخوردار است که نتایج آن همخوانی بالایی با نتایج [۲] دارد. از آنجایی که دمای سطح زمین با گسیل مندی، طول موج رادیانس گسیل شده و دمای درخشندگی در ارتباط است، با تغییر مقادیر مذکور میزان دمای سطح نیز تغییر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در سنجش از دور حرارتی منبع انرژی پدیده‌ها و تشعشع ساطع شده از سطح پدیده‌ها اندازه‌گیری می‌شود. نتایج مقادیر درجه حرارت زمین در کلاس‌های پوشش گیاهی و کاربری‌های صنعتی مورد نظر، با در نظر گرفتن نبود ایستگاه هواشناسی در منطقه بندر امام خمینی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده TIRS و باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱، مقایسه مقادیر دمای هوای برآوردی در محدوده مطالعاتی با داده‌های مشاهداتی نتایج

¹Root Mean Square Error

مناطق کمتر است (همسو با مطالعه [۱ و ۲۲]). با توجه به بررسی فصول در طی یکسال آماری، تغییرات پوشش گیاهی در منطقه نوسانات شدیدی نداشته (همانند مطالعه [۲۳]) و میانگین این تغییرات تقریباً به صورت خطی نشان داده شد. مطالعه نشان داد تغییرات کاربری اراضی (صنعتی شدن) و پیرو آن افزایش درجه حرارت سطحی طی فصول مختلف با داده‌های هواشناسی مطابقت دارد. به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان پوشش گیاهی با نقشه‌های تغییرات دمای سطحی همخوانی داشته و در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری نمود توسعه شهری و صنعتی شدن بر افزایش درجه حرارت سطحی زمین مؤثر است. به طوری که کمترین شاخص پوشش گیاهی در ماه مرداد (۰/۴۲-) و بیشترین مقدار آن در مهرماه (۰/۳۵) برآورد شد. در نهایت می‌توان بیان نمود روش‌های سنجش از دوری مورد مطالعه با دقت بالایی، توانایی برآورد دمای مختلف سطح زمین به صورت منطقه‌ای را به خصوص در مناطق فاقد ایستگاه هواشناسی برمبنای مطالعات نور-طیف سنجی پدیده‌ها دارا می‌باشند که بایستی در برنامه‌ریزی‌های کلان مدیریت حوزه‌های شهری مورد استفاده قرار گیرند.

نموده و گسیل‌مندی سطح را به صورت تابعی از انعکاس کاربری‌های موجود است. بر این اساس مشخص گردید که تغییرات گسیل‌مندی در زمین‌های خالی اطراف مناطق صنعتی، کارخانجات صنعتی و مناطق ساحلی سبب افزایش دمای سطحی آن‌ها نسبت به مناطق دارای پوشش گیاهی و آبی می‌باشد که با میزان گسیل انرژی از پدیده‌ها ارتباط مستقیم دارد. این نتایج با مطالعات [۱۴] مطابقت دارد. در نتیجه می‌توان عنوان داشت که مناطق صنعتی با توجه به اندازه‌گیری طول موج مادون قرمز حرارتی و میزان گسیل‌مندی در بالا بردن میانگین نسبی دمای منطقه، مؤثرتر هستند. در این بررسی، افزایش یا کاهش نسبی درجه حرارت در منطقه که بر اساس فصول مختلف سال همانند مطالعات [۱۶ و ۲۱] ارزیابی شد، نشان داد با افزایش پوشش گیاهی و تغییر در میزان طول موج رادیانس گسیل شده و دمای درخشندگی، کاهش دمای سطح زمین (LST) مشاهده گردید، که این نتایج با تحقیقات [۶، ۹ و ۲۴] همسو می‌باشد. نتایج حاصل از پارامتر گسیل‌مندی وابسته به پارامترهای سطحی (از جمله کاربری‌ها) و نوع سنجنده [۸] نشان داد دمای سطحی مناطق دارای پوشش گیاهی و آبی نسبت به سایر

References

- [1] Aliabadi, K. Soltani Fard, H. (2016). Extraction of vegetation and construction of Mashhad using Newton polynomial and their relation with land surface temperature. *Journal of Remote sensing and GIS of Iran*, 8(1):93-105. (In Persian).
- [2] Almodaresi, S. RahimAbadi, A. Khezri, S. (2014). Zoning and comparison of surface land temperature using thermal bands 10 and 11 of Landsat 8 (Case study of Behshahr). *The first conference on the application of advanced models of remote sensing and remote sensing analysis in land use planning*, Yazd University, 11p. (In Persian)
- [3] Arabi, M. Govindaraju, R. Hantush, M. (2007). A probabilistic approach for analysis of uncertainty in the evaluation of watershed management practice. *Journal Hydro*, (333):459-471.
- [4] Asgarzadeh, P. Darvishi Blorani, A. Bahrami, H. Hamzeh, S. (2016). Comparing estimate of land surface in single band method and multiband using Landsat 8 images. *Journal of remote sensing and geographic information system in natural resources*, 7(3): 18-29. (In Persian).
- [5] Babaei Fini, A. (2015). Investigation relation of land surface temperature and vegetation index in city area (case study: Esfahan). *Journal of nature geography*, 8(79):75-90 (In Persian).
- [6] Feyzizadeh, B. Didehban, Kh. Gholamnia, Kh. (2015). Estimated land surface temperature using landsat 8 images and single window (case study: Mahabad), *Journal of Geographic Information (Sepehr)*, 25(98):171-182. (In Persian).
- [7] Ghorbania, Kh. Mirsanjeri, V. Liyaghati, H. Armin, M. (2016). Estimated land surface temperature of land use/cover of Dena city using single window and landsat8, *Journal of Environmental Sciences*, 15(2): 55-74. (In Persian).
- [8] Hajilo, M. Almodaresi, S. Zerang, N. Sarkargar Ardakani, A. (2014). Survey land surface temperature and investigated of land use relation with land temperature using ETM+ and OLI images (case study: Ghom provinces First Conference on the Application of Advanced Models of Remote Sensing and GIS Analysis in Land Planning, Yazd University. 11 p (In Persian).
- [9] Hosseini, Z. Zerang, N. Hajilo, M. Dadashi, M. Tiba, A. (2014). Investigation of relationship between land surface temperature (LST) and vegetation coverage using Landsat Images (Case study: Isfahan), *First Conference on the Application of Advanced Models of Remote Sensing and GIS Analysis in Land Planning*, Yazd University. 11p. (In Persian).
- [10] Jahanbakhsh, S. Zahedi, M. Kamran, Kh. (2011). Calculation of land surface temperature using Sebal method and Decision tree using GIS and RS in the central part of Maragheh. *Scientific Journal of Geography and Planning Tabriz University* (38):19-42. (In Persian).
- [11] Javdinzadeh, A. Damavandi, A. Gorji, M. Jamshidi, M. Eftekhari, K. (2018). Investigation of NDVI, NDMI and NDSI changes at two period 30-year intervals using Landsat satellite images (Case study: Palm tree area of Arvandkenar). *second conference of applied research in agricultural sciences, natural resources and environment*, 20p. (In Persian).
- [12] Khanmohamdi, F. Homaei, M. Noroozi, A. (2014). Estimated moisture soil using vegetation indices and land surface temperature and normalized moisture index by MODIS. *Journal of Soil and Water Resources Conservation* 4(2):37-45. (In Persian).
- [13] Khorami, R. darvishsefat, A. Namiranian, M. (2007). Investigation of capability ETM+ sensor landsat 7 for the estimated standing of beech (case study: Sangdeh forest), *Journal of university of natural resource*. 60(4):1281-1289. (In Persian).
- [14] Marofnezad, A. (2011). The role of urban use in creating heat islands (case study: Ahvaz), *Journal of Geography and Urban Planning Zagros landscape*, 3(10):11-90. (In Persian).
- [15] Mobasheri, M. (2010). *Foundations of Physics in remote sensing and satellite technology*. Khajeh Nasir University Press, 344 p. (In Persian).
- [16] Mukherjee, S. Joshi, P. K. Garg, R. (2015). Evaluation of LST downscaling algorithms on seasonal thermal data in humid subtropical regions of India, *International Journal of Remote sensing* (20):2503-2523.
- [17] Parviz, L. Khalafi, M. Valizadeh, Kh. (2011). Estimated air temperature using TVX index. *Journal of science and technology and natural resources* 11(56):21-33. (In Persian).

- [18] Rozenstein, O. Qin, Z. Derimain, Y. and Karnieli, A. (2014). Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm, *Sensors Jurnal*, (14): 5768-5780.
- [19] Sabziparvar, A. Fakharizadeh, E. Nazeosadat, M. Rezaei, Y. (2016). Validation of surface temperature from satellite images of Modis and Landsat 5 (Case study: Wheat fields of Marvdasht Plain), *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 23(4): 25-43. (In Persian)
- [20] Shirazi, M. Zohtabian, G.H.R Alavipanah, S.K. (2010). Possibility of Using IRS Satellite Images to Study Water, Soil, Vegetation in Najm Abad Area Savojbolagh, *Journal of Natural Environment*, 63(1): 33-51. (In Persian).
- [21] Swades, P. Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre, *journal of The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, (20): 125-145.
- [22] Vaez Mosavi, S.A. Mokhtarzadeh, M. (2015). Estimated land surface temperature (LST) using MODIS sensor. Twenty-second National Geomatics Conference of Iran, 9p. (In Persian).
- [23] Yakar, M. Orhan, O. (2016). Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat Data in Konya, Turkey, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Congress*, (8): 12-19.
- [24] Yue., W, Xu., J, Tan., W. Xu, L., (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15): 3205-3226.