

## بررسی ارتباط تغییر کاربری زراعی و دمای سطحی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور. مطالعه موردی: زابل در استان سیستان و بلوچستان

مریم قربانی<sup>۱\*</sup>، مریم نظری کتولی<sup>۲</sup>، سمیه اسلانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>مربی دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، ایران

<sup>۲</sup>کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

<sup>۳</sup>کارشناسی ارشد مهندسی سنجنش از دور، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱۰

### چکیده

مدیران و مسئولان منابع انرژی کشور هم‌اکنون با مسئله چالش جدی در زمینه شناسایی علت‌های شکل‌گیری جزایر حرارتی و چاره‌اندیشی در زمینه کاهش این پدیده مخرب مواجه هستند. برای این منظور نیاز به گردآوری اطلاعات مکانی دقیق و قابل اطمینان درباره محل تمرکز ناهنجاری‌های حرارتی می‌باشد. دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی برای کنترل و ارزیابی فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سطح زمین و یک عامل مهم برای مطالعه آب و هوا در مناطق شهری محسوب می‌شود. اما داده‌های دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌های سینوپتیک فاقد قدرت تفکیک مکانی مناسب می‌باشند. از طرفی دستیابی به اطلاعات در کوتاه‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری است. هدف از انجام این پژوهش بررسی ارتباط تغییر کاربری زراعی و دمای سطحی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور زابل در استان سیستان و بلوچستان است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های نوین، کم‌هزینه و سریع مانند فناوری سنجنش از دور، به علت توانایی در شناسایی پدیده‌ها همواره مورد توجه متخصصین، مدیران و تصمیم‌گیران بوده است. روش تحقیق در این پژوهش با استفاده از تصاویر لندست و همچنین یک الگوریتم تک باندی وابسته به شاخص تفاضل گیاهی نرمال شده مقادیر محاسبه شده است. همچنین نقشه‌های کاربری اراضی با الگوریتم دقیق شبکه‌های عصبی محاسبه و رابطه تغییرات دمای سطح با تغییرات کاربری و همچنین تغییرات پوشش گیاهی محاسبه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تغییرات دما با تغییرات پوشش گیاهی رابطه عکس دارد و بیشترین دما به مناطق ساخته شده و بایر تعلق دارد.

**واژه‌های کلیدی:** دمای سطحی زمین، سنجنش از دور، طبقه بندی، تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده

### مقدمه و طرح مسئله

بحران محیط‌زیست امروزی، حاصل دخالت و بهره‌وری نامعقول انسان از طبیعت پیرامون وی است. گستردگی و اهمیت موضوع، در پی بروز مشکلات ناشی از گسترش شهرها و جوامع مختلف و تلاش برای رهایی از آثار نامطلوب آن، به مطرح شدن مفهوم توسعه پایدار در سطح جهانی منجر گردید

که یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر آن، حفظ استانداردهای زیست‌محیطی و تلاش جهت کاستن از ضررهای زیست‌محیطی توسعه می‌باشد. رشد جمعیت شهرها و در نتیجه گسترش کالبدی شهرها به خصوص در ایران از عواملی است که همواره نقش محوری در تخریب محیط‌زیست ایفا می‌نماید و فشار بسیار شدیدی را بر محیط‌زیست محلی و منطقه‌ای و جهانی وارد می‌آورند (Vatsavai and Graesser, 2012). در چند دهه گذشته به دلیل

\*نویسنده مسئول: maryamghorbani@uoz.ac.ir

مکانی مناسب می‌باشند. از طرفی دستیابی به اطلاعات در کوتاه‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری است.

### مبانی و چارچوب نظری

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های نوین، کم‌هزینه و سریع مانند فناوری سنجش از دور، به علت توانایی در شناسایی پدیده‌ها همواره مورد توجه متخصصین، مدیران و تصمیم‌گیران بوده است. علم سنجش از دور را به صورت‌های متفاوتی تعریف کردند، اما در یک جمع‌بندی می‌توان آن را علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده‌های مختلف با کمک جمع‌آوری اطلاعات از آن‌ها بدون هرگونه تماس با آن معرفی نمود (زیبیری، ۱۳۷۵). احمدی و رحیمی چاکدل (۱۳۹۲) برای شناسایی مناطق با دگرشکلی زمین‌ساختی در ناحیه لالی گتوند از روش‌هایی استفاده کردند که عمدتاً مبتنی بر سنجش از دور بود. از آن‌جا که رفتارهای تابشی مواد، اطلاعات مهمی درباره ویژگی‌های آن‌ها ارائه می‌کند و هم‌چنین میزان انرژی تابش شده از هر ماده تابعی از دمای سطحی آن است، بنابراین مطالعه دمای سطح اجسام با استفاده از تصاویر سنجش از دور حرارتی می‌تواند اطلاعات بسیار سودمندی از وضعیت پدیده‌ها ارائه کند که دستیابی به این مهم از طریق تصاویر ماهواره‌ای با طول موج‌های پایین‌تر و غیر حرارتی می‌تواند در بسیاری از موارد امکان‌پذیر نباشد. امروزه ماهواره‌ها انبوهی از اطلاعات گوناگون را درباره سیاره زمین در اختیار متخصصین قرار می‌دهند. یکی از مزیت‌های سنجش از دور این است که در برخی از مناطق که دسترسی به آنها مشکل و یا در موقعیت‌های خطرناک قرار دارند، کاربرد دارد (مدیری و خواجو، ۱۳۷۸). اطلاعات به دست آمده از ناحیه مادون قرمز حرارتی، کمک زیادی به مطالعه پدیده‌های مختلف می‌کند. تا آنجا که تغییرات جزئی درجه حرارت ممکن است در تشخیص برخی پدیده‌ها و یا درک شرایط محیط بسیار راه‌گشا باشد.

توسعه ناپایدار در زمینه شهرنشینی و رشد نسنجیده صنعت، موجب اتلاف انرژی بسیار زیادی در کشور شده است. این امر موجب ایجاد جزایر حرارتی و وارد شدن آسیب جدی به میراث طبیعی کشور و خسارت به محیط زیست و تغییرات گسترده در پوشش گیاهی سطح زمین و کاربری‌ها و تغییر اقلیم در مناطق شهری شده است. مدیران و مسئولان منابع انرژی کشور هم اکنون با مسئله چالش جدی در زمینه شناسایی علت‌های شکل‌گیری جزایر حرارتی و چاره‌اندیشی در زمینه کاهش این پدیده مخرب مواجهند و برای این منظور نیاز به گردآوری اطلاعات مکانی دقیق و قابل اطمینان درباره محل تمرکز ناهنجاری‌های حرارتی می‌باشد. بنابراین وجود یک شیوه کارآمد و دانش‌بنیان برای مقابله با هدررفت انرژی و تحلیل ارتباط کاربری زمین با پیدایش جزایر حرارتی در مناطق شهری که خسارت غیرقابل جبران به محیط زیست و منابع حیاتی کشور وارد می‌سازد به شدت مورد نیاز است. دمای سطح زمین<sup>۱</sup> یکی از پارامترهای کلیدی برای کنترل و ارزیابی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی سطح زمین و یک عامل مهم برای مطالعه آب و هوا در مناطق شهری محسوب می‌شود (Mackey and et al., 2012). افزایش دمای سطح در مناطق شهری مشکلات فراوانی ایجاد می‌کند. نخستین اثر مهم افزایش دمای فضای شهری، افزایش مصرف انرژی، آب و الکتریسیته و در نتیجه افزایش سرانه بار مالی به ویژه در ماه‌های گرم سال می‌باشد (Santamouris and Kolokotsa, 2015). مسئله‌ی دوم این‌که پدیده افزایش دمای سطح، نمایانگر کمبود شدید فضای سبز شهری است. با توجه به روند افزایش جمعیت، نگرانی‌های مربوط به مصرف انرژی، دغدغه برای ایجاد محیط‌های شهری با کیفیت‌تر و اهمیت برنامه‌ریزی برای محیط شهری و حفظ منابع طبیعی در دنیای امروز، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر تغییرات دمای سطح را مهم کرده است. اما داده‌های دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌های سینوپتیک فاقد قدرت تفکیک

مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۲ دقیقه غربی و همچنین نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شده است. پیش از پردازش داده‌های ماهواره‌ای باید آن‌ها را از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری بررسی کرد و در صورت لزوم مورد تصحیح قرارداد.

بدین منظور کلیه تصاویر ماهواره‌ای با تصاویر گوگل ارث<sup>۲</sup> و نقشه توپوگرافی منطقه مطابقت داده شد. همچنین به منظور تصحیح دقیق اتمسفری تصویر از الگوریتم کواک<sup>۳</sup> استفاده گردید. دو نوع کلی طبقه‌بندی برای تصاویر وجود دارد: طبقه‌بندی نظارت نشده و طبقه‌بندی نظارت‌شده که در این پژوهش از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردیده است. پیش از طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر، بایستی داده‌های آموزشی به دقت انتخاب شوند. هدف از عملیات آموزشی آن است که به یک مجموعه آماری، که بیانگر الگوی طیفی پوشش زمینی باشد دست یابیم (Otukei and Blaschke, 2010). بنابراین با توجه به منطقه و اطلاعات موجود، ۴ کلاس شامل: طبقه مناطق ساخته شده، پوشش گیاهی، خاک بایر و مناطق دارای آب در نظر گرفته شد و داده‌های آموزشی کلاس‌های مورد نظر با استفاده از نقشه توپوگرافی، گوگل ارث و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای تهیه شدند. در این پژوهش، از روش شبکه عصبی برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است. شبکه‌های عصبی، روشی مطلوب برای طبقه‌بندی و پوشش اراضی به شمار می‌آیند. زیرا برای انواع داده در مقیاس‌های گوناگون قابل استفاده‌اند. به‌طور کلی سه مرحله در طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی وجود دارد: مرحله اول، فرایند آموزشی استفاده از داده‌های ورودی است. مرحله دوم اعتبارسنجی است که موفقیت مرحله آموزش و صحت شبکه را تعیین می‌کند و مرحله سوم طبقه‌بندی است که نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی را تولید می‌کند (Atkinson and

درجه حرارت عامل مهمی در درک ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی است که می‌تواند برای بیان وضعیت ماده مورد استفاده قرار گیرد. از جمله مطالعات انجام شده در زمینه بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی ارتباط تغییرات دمای سطح و تغییرات کاربری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: در این مطالعات با استفاده از داده‌های حرارتی ماهواره لندست و استر امکان محاسبه دمای سطح و همچنین رابطه دمای سطح با تغییرات کاربری فراهم شده است (Aniello and et al., 1995; Rajasekar and Weng, 2009; Weng, 2001; Guo et al., 2015; Haashemi et al, 2016; Li et al, 2012; Liu and Zhang, 2007; Yuan and Bauer, 2011). با بررسی پوشش زمین و ویژگی‌های حرارتی آن به کمک داده‌های لندست در منطقه شهر تمپابای و لاس وگاس نشان دادند که می‌توان ویژگی‌های حرارتی سطح زمین و الگوهای آن را از طریق کیفیت کاربری اراضی شناسایی کرد. همچنین محققین با بررسی رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح در ایالت کوانگ دانگ چین دریافتند که طی سال‌های اخیر مناطق با بیشینه دما در مناطق شهری افزایش یافته که ناشی از تغییر و تحولات کاربری‌های اراضی در این منطقه می‌باشد (Chen et al., 2006). در بررسی‌های فراوان در گذشته ارتباط بین دما و شاخص‌های بیوفیزیکی سطح مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ارتباط بین دمای سطح و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده<sup>۱</sup> از اولین مطالعات در این حوزه بوده است (Gallo and Owen, 1999; Lo et al., 1997; Gallo et al., 1993). در پژوهش حاضر تغییرات دمای سطح محدوده شهر زابل در استان سیستان و بلوچستان و حومه آن و ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۵ بررسی می‌شود.

### روش تحقیق

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ و همچنین از داده‌های ایستگاه سینوپتیک زابل به

1. Normalized Diferencio Vegetation Index (NDVI)

2. Google Earth  
3. Quick Atmospheric Correction (QUAC)  
4. Thematic change  
5. ENVI

$$PV = \frac{(NDVI - NDVI_{MIN})}{(NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN})} \quad \text{رابطه (۳)}$$

و برای محاسبه مقادیر توان تشعشعی رابطه زیر به کار برده می شود:

$$E = 0.004 * PV + 0.986 \quad \text{رابطه (۴)}$$

در اینجا توان تشعشعی محاسبه می شود اما باید براساس فاکتور NDVI و یکسری شروط تصحیح شود:

$$NDVI \leq 0.2 \rightarrow E = 0.97$$

$$NDVI \geq 0.5 \rightarrow E = 0.99$$

$$0.2 < NDVI < 0.5 \rightarrow E = E$$

با استفاده از رابطه ۲ مقادیر LST براساس کلونین محاسبه می شود و نقشه دمای سطح برای چهار دوره زمانی تهیه می شود. در نهایت نقشه های دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی منطقه بررسی و ارتباط بین این دو پارامتر استخراج شده است. میانگین دمای هریک از کاربری های اراضی در سال های مختلف محاسبه و تحلیل شده است. در انتها با توجه به نقشه های تغییرات دمای سطح و کاربری اراضی برای بازه زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۵ تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر تغییرات دمای سطح بررسی شده است.

### محدوده پژوهش

منطقه مورد مطالعه شهر زابل در استان سیستان و بلوچستان است. شهرستان زابل با مساحت ۳۴۴ کیلومترمربع در ضلع شمال شرقی استان سیستان و لوجستان با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (وزارت مسکن و شهرسازی، طرح جامع شهر زابل، ۱۳۸۴). موقعیت محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. شهر زابل با اقلیم گرم و خشک و بارندگی کم، فقر پوشش گیاهی، عمق کم سطح بستر رودخانه نسبت به اراضی مجاور به عنوان یکی از مناطق مستعد سیل خیز به ویژه از سوی رودخانه هیرمند است. بنابراین حفظ و حراست از زمین های کشاورزی علاوه بر منبع تغذیه و مواد اولیه صنایع منطقه، نقش مهمی در جلوگیری از خطرهای زیست محیطی داشته و هم چنین یکی از عوامل مهم در مانایی جمعیت می باشد.

(Tatnall, 1997). پس از پایان عملیات طبقه بندی تصاویر، دقت طبقه بندی با استفاده از نقاط کنترل جمع آوری شده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه و تفسیر تصاویر ارزیابی شد. در نهایت، پس از ارزیابی دقت طبقه بندی و تأیید معنی دار بودن خطاها، مساحت مربوط به کاربری ها در تمام سال ها استخراج گردید. برای تغییرات حاصل در مقطع زمانی مورد مطالعه، بر مبنای تصاویر طبقه بندی شده بررسی و تحلیل دقیق تغییرات با استفاده از مدل تماتیک چنج در محیط نرم افزار انوی صورت گرفت. در این مدل هم محاسبه تعداد پیکسل هایی که بین دو تاریخ تصویربرداری، تغییر یافته امکان پذیر شده و هم می توان ماهیت تغییرات اراضی را مشخص کرد.

**نقشه شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده:** شاخص NDVI نسبت به تغییر در مقدار زیست توده، مقدار کلروفیل و تنش در مقدار آب تاج پوشش واکنش نشان می دهد، این شاخص اساساً بر پایه رفتارهای مختلف نمایش داده شده به وسیله اختلاف در طول موج های الکترومغناطیس گسیل شده از گیاهان می باشد. این شاخص از رابطه (۱) به دست می آید (Rouse Jr et al., 1974).

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

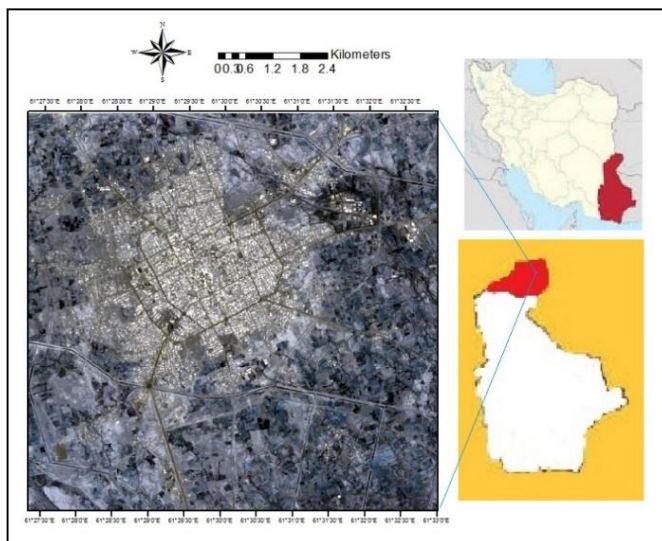
در رابطه ۱،  $\rho_{red}$  و  $\rho_{nir}$  به ترتیب بازتابندگی در باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز می باشد. مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ می باشد.

**دمای سطح:** الگوریتمی استفاده قرار گرفته است براساس شاخص پوشش گیاهی NDVI است که امکان بدست آوردن توان تشعشعی<sup>۱</sup> بادقت بسیار بالا و همچنین LST را ایجاد می کند (Basayigit et al., 2017) رابطه LST در زیر آمده است:

$$ST = \frac{TB}{1 + (RAD * (\frac{TB}{14380}) * a \log(E))} \quad \text{رابطه (۲)}$$

بنابراین پس از بدست آوردن مقادیر تابش<sup>۲</sup> و سپس محاسبه NDVI برای محاسبه PV از رابطه زیر استفاده می شود:

1. Radiance
2. Emissivity

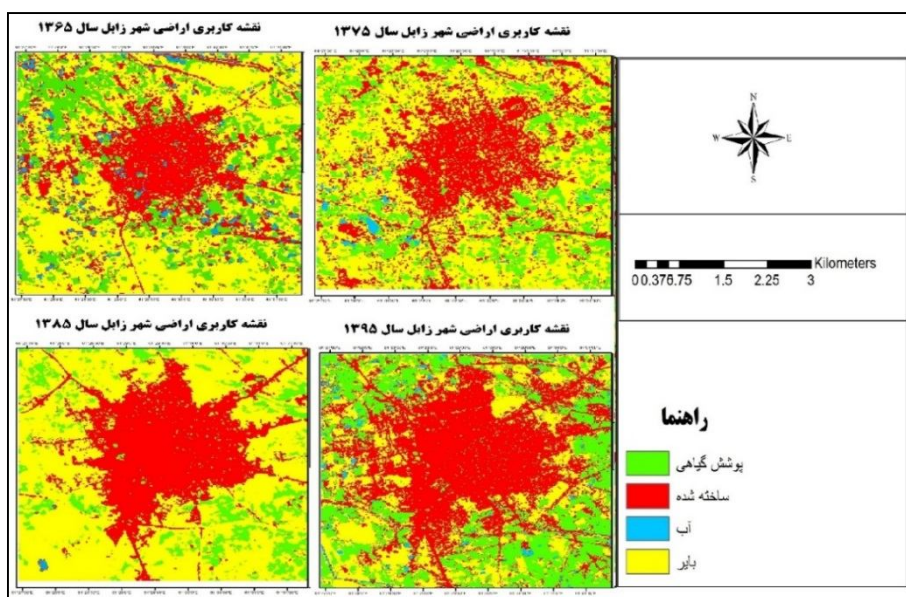


شکل ۱: محدوده شهرزابل (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

بحث اصلی

طبقه‌بندی تصاویر: نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه‌بندی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵-۱۳۹۵ در شکل ۲ و مساحت کاربری‌های اراضی برای دوره زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۵ در شکل ۳ نشان داده شده است.

طبقه‌بندی تصاویر: نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه‌بندی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتیجه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های

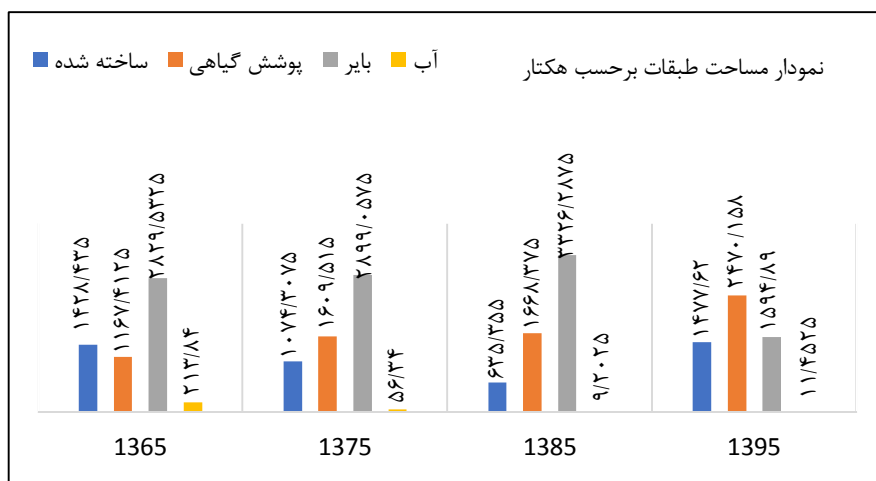


شکل ۲: نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۵\_۱۳۷۵\_۱۳۸۵\_۱۳۹۵ (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

جدول ۱: ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده

سال	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵
ضریب کاپا	۹۰	۸۹	۸۸	۹۲
صحت کلی	۸۷	۸۹	۹۰	۹۳

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)



شکل ۳: نمودار مساحت هر یک از کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵-۱۳۹۵ (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

تغییرات داشته است. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی مورد بررسی در جدول ۲ آمده است.

آشکارسازی تغییرات در کاربری اراضی: طبق جدول ماتریسی حاصل از مدل کراس تب می‌توان گفت که محدوده مورد مطالعه از لحاظ تغییر و دگرگونی کاربری‌ها، طی مقطع زمانی مورد مطالعه چه مقدار

جدول ۲: ماتریس تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵ (هکتار)

سال ۱۳۹۵	آب	بایر	ساخته شده	پوشش گیاهی	
۱۴۶۴/۷۲۸	۵۵/۸۲۲۵	۷۴۰/۴۰۷۵	۳۲/۳۲۲۵	۵۳۶/۱۷۵	پوشش گیاهی
۲۴۶۶/۸۳۳	۸۴/۴۸۷۵	۱۰۱۶/۳۰۳	۱۲۲۷/۷۲	۳۴۸/۳۲۲۵	ساخته شده
۱۵۸۸/۹۵	۶۶/۹۳۷۵	۱۰۱۳/۲۴۳	۱۵۴/۲۵	۲۵۴/۵۲	بایر
۱۱۸/۷۱	۶/۵۹۲۵	۵۹/۵۸	۱۴/۱۴۲۵	۲۸/۳۹۵	آب
	۲۱۳/۸۴	۲۵۲۹/۵۳۳	۱۴۲۸/۴۳۵	۱۱۶۷/۴۱۳	سال ۱۳۶۵

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

این رقم در سال ۱۳۹۵ به بیش از دوبرابر و عدد ۱۶۵۶۶۶ نفر رسید. موبد این موضوع نیز کاربری ساخته شده بوده که روند رو به رشد قابل ملاحظه‌ای در دوره زمانی مورد مطالعه داشته است، به طوری که از ۲۵ درصد کل محدوده در سال ۱۳۶۵ با ۲۴۶۶،۸۳۳ هکتار افزایش وسعت، به ۴۳ درصد کل مساحت محدوده در سال ۱۳۹۵ رسیده است. از دیگر سو افزایش دو کاربری ساخته شده و پوشش گیاهی منجر به کاهش اراضی بایر و زیر کشت رفتن یا تبدیل به کاربری شهری شدن مساحت ۲۵۲۹،۵۳۳ هکتاری اراضی بایر به ۱۵۸۸،۹۵ هکتار مساحت دارد.

نتایج حاصل از جدول ۲ بیانگر آن است که که وسعت پوشش گیاهی از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ افزایش یافته است. ۷۴۰،۴۰۷۵ هکتار از اراضی بایر و ۵۵،۸۲۲۵ هکتار از نواحی که قبلاً جزء مناطق دارای منابع آب بودند به پوشش گیاهی تبدیل شدند. این موضوع بالتبع افزایش جمعیتی که در بازه زمانی ۳۰ ساله این منطقه داشته است رخ داده و نیاز به منابع غذایی و استفاده از روش‌های نوین کشاورزی و بهره‌گیری از منابع آب زیرزمینی را علت این تغییرات می‌توان دانست. جمعیت شهر زابل براساس اطلاعات مرکز آمار در سال ۱۳۶۵ تعداد ۷۵۱۰۵ نفر بوده که

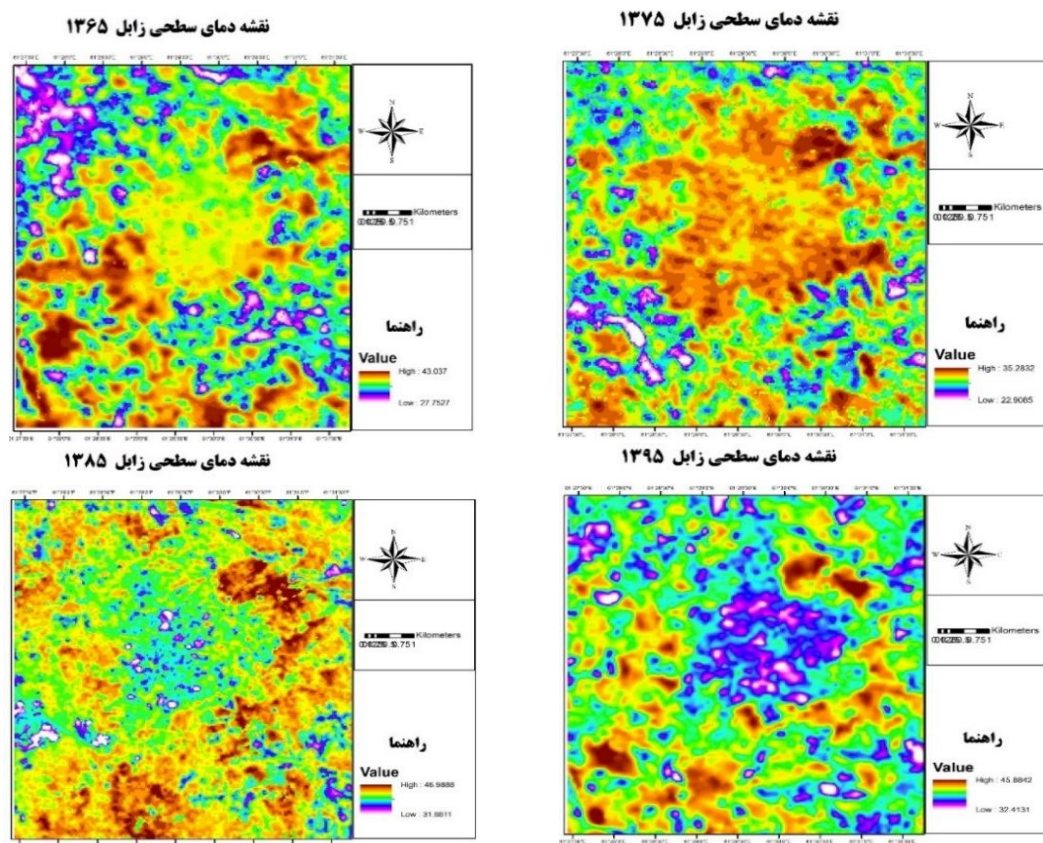
بیشینه بوده و با توجه به جغرافیای منطقه جزء مناطق فاقد پوشش گیاهی یا بیابانی بوده اند، نظر به ضرورت نیاز به منابع غذایی اکنون به زیر کشت رفته اند، کاهش دما را نشان می‌دهند.

جدول ۳: کمینه و بیشینه دمای سطح شهر زابل در سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵ و ۱۳۹۵

سال	کمینه دمای سطح (درجه سانتی‌گراد)	بیشینه دمای سطح (درجه سانتی‌گراد)
۱۳۶۵	۲۷	۴۳
۱۳۷۵	۲۲	۳۵
۱۳۸۵	۳۱	۴۵
۱۳۹۵	۳۲	۴۵

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

**دمای سطح:** نقشه‌های دمای سطح بدست آمده برای منطقه، براساس رابطه (۲) طی دوره زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ در شکل ۴ آمده است. بررسی میزان کمینه و بیشینه دمای سطح در سال ۱۳۶۵ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که کمینه دما با افزایش محسوس ۵ درجه‌ای به رقم ۳۲ درجه سانتی‌گراد و بیشینه دما نیز از ۴۳ درجه به ۴۵ درجه رسیده است (جدول ۳). درخصوص نحوه پراکنش مناطق گرم‌تر در منطقه نیز مقایسه نقشه‌ها حاکی از آن است که مناطق حاشیه‌ای شهر که در گذشته تحت کشت و زرع بوده و اکنون در توسعه شهری ادغام شده‌اند دچار افزایش دما شده‌اند. همچنین مناطقی که در سال ۱۳۶۵ دارای دمای



شکل ۴: نقشه دمای سطح (درجه سانتی‌گراد) برای سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵-۱۳۹۵.

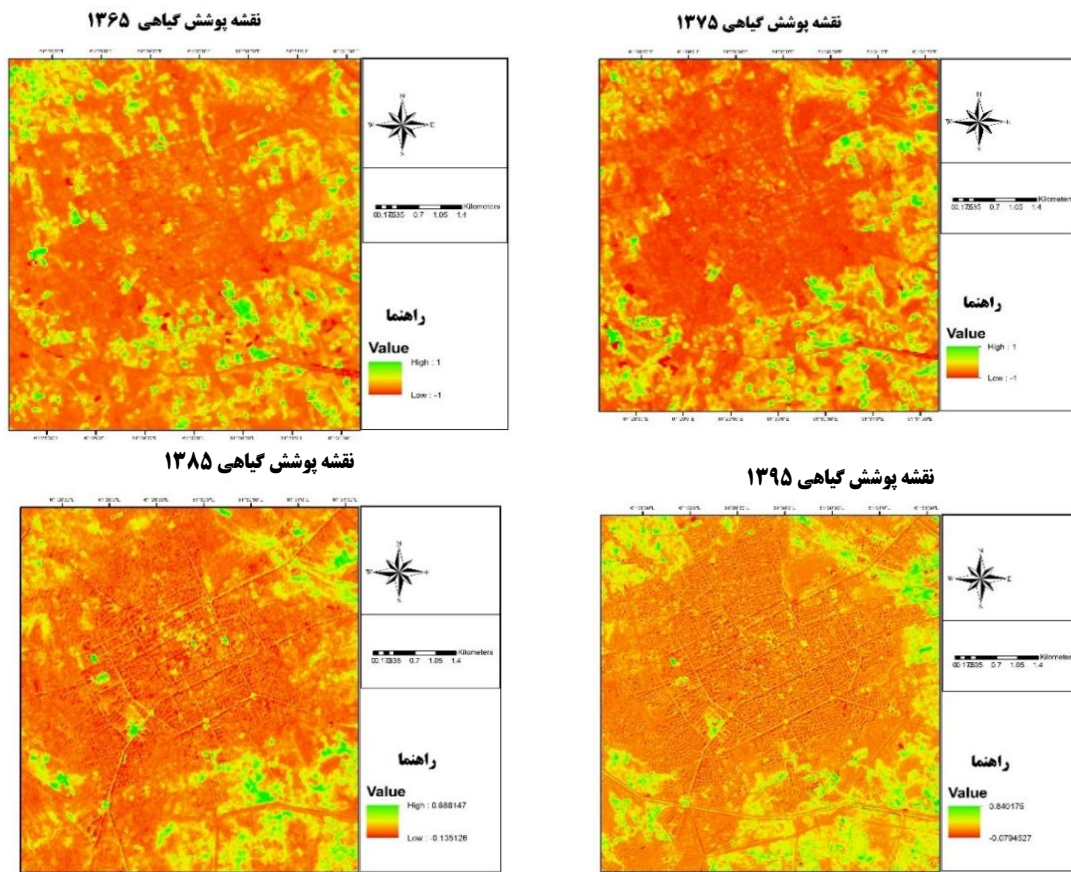
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

پایین‌تری دارند. پوشش گیاهی با جذب انرژی خورشید و تعرق آب از طریق برگ‌های خود یک سیستم تهویه مطبوع طبیعی ایجاد می‌کند. نقشه‌های اختلاف شاخص پوشش گیاهی نرمال

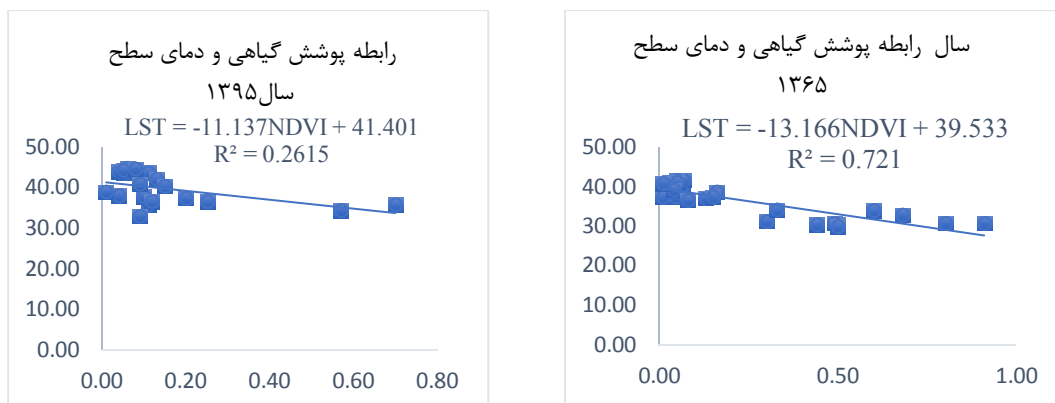
رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح منطقه: دمای سطح، از شرایط مختلف سطح تأثیر می‌پذیرد، نواحی دارای تجمع پوشش گیاهی بیشتر نسبت به مکان‌های عاری از پوشش گیاهی، دمای سطح

نیز کاهش یافته است. مقایسه تصویر سال ۱۳۶۵ و سال ۱۳۹۵ در شکل ۵ از افزایش محسوس رنگ سبز در حاشیه شهر (یعنی تبدیل اراضی بایر به اراضی کشاورزی یا سطوح آبی) خبر می دهد.

شده برای سال های مختلف محدوده مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است. چنانکه در بررسی نتایج جدول ۲ اشاره شد، سطح پوشش گیاهی در فاصله زمانی ۳۰ ساله افزایش پیدا کرده و سطح اراضی بایر



شکل ۵: نقشه اختلاف شاخص پوشش گیاهی نرمال شده برای سال های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵-۱۳۹۵. (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

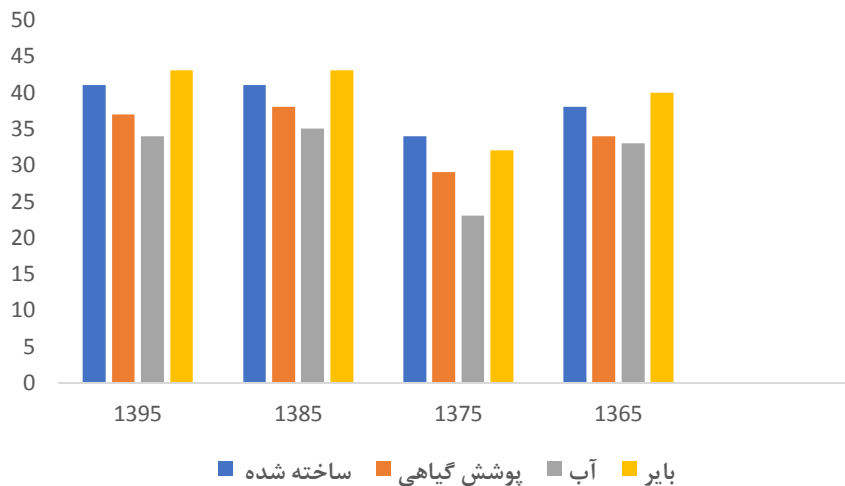


شکل ۶: ارتباط بین دمای سطح و مقادیر شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده: ۱۳۶۵ و ۱۳۹۵. (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)



نرمال شده کاهش می‌یابد و در مقابل افزایش میزان شاخص اختلاف پوشش گیاهی نشان از کاهش دما در محدوده مورد مطالعه دارد.

**ارتباط بین کاربری اراضی و دمای سطح:** نتایج بررسی میانگین دمای سطح انواع کاربری اراضی در منطقه زابل طی دوره زمانی مورد مطالعه در شکل ۷ آمده است.



شکل ۷: نمودار میانگین دمای سطح انواع کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه. (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

را شاهد بوده و میانگین دمای سطح آن حدود ۴ درجه افزایش پیدا کرده است از دلایل اصلی این موضوع می‌توان به توسعه صنایع و ابزار گرماساز مانند اتومبیل‌ها در سطح شهر به نسبت گذشته اشاره کرد.

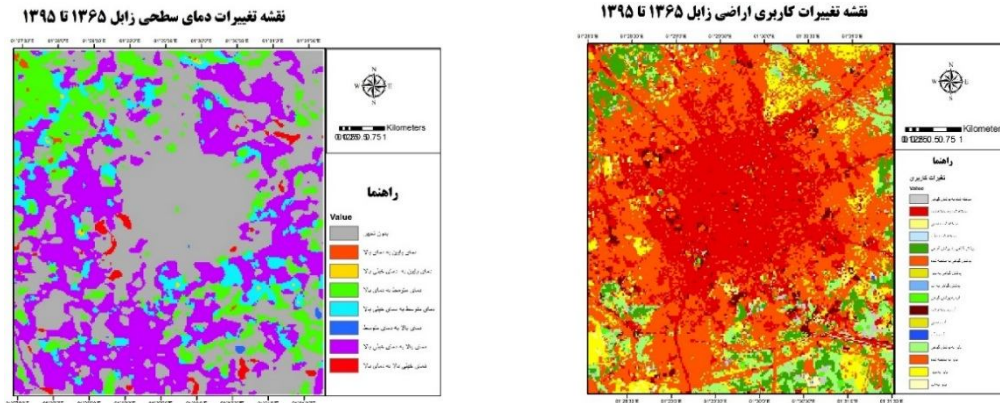
**رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح:** جهت بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر تغییرات دمای سطح، نقشه تغییرات دمای سطح منطقه برای بازه زمانی ۱۳۶۵ - ۱۳۹۵ تهیه و با نقشه تغییرات کاربری اراضی مربوط به همان بازه زمانی بررسی شده است. نقشه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح منطقه در بازه زمانی ۱۳۶۵ - ۱۳۹۵ در شکل ۸ و نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح منطقه در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات دما به مناطقی اختصاص دارد که طی ۳۰ سال گذشته از دیگر کاربری‌ها به کاربری بایر و ساخته شده تبدیل شده‌اند. مناطقی که به صورت

ارتباط بین دمای سطح و مقادیر شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده با استفاده از نقاط نمونه بررسی و نتایج آن در شکل ۶ نشان داده شده است. بررسی ارتباط بین دمای سطح و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده، ارتباط خطی معکوس با ضریب همبستگی بالا را نشان می‌دهد. بدین معنا که با افزایش دمای سطح شاخص اختلاف پوشش گیاهی

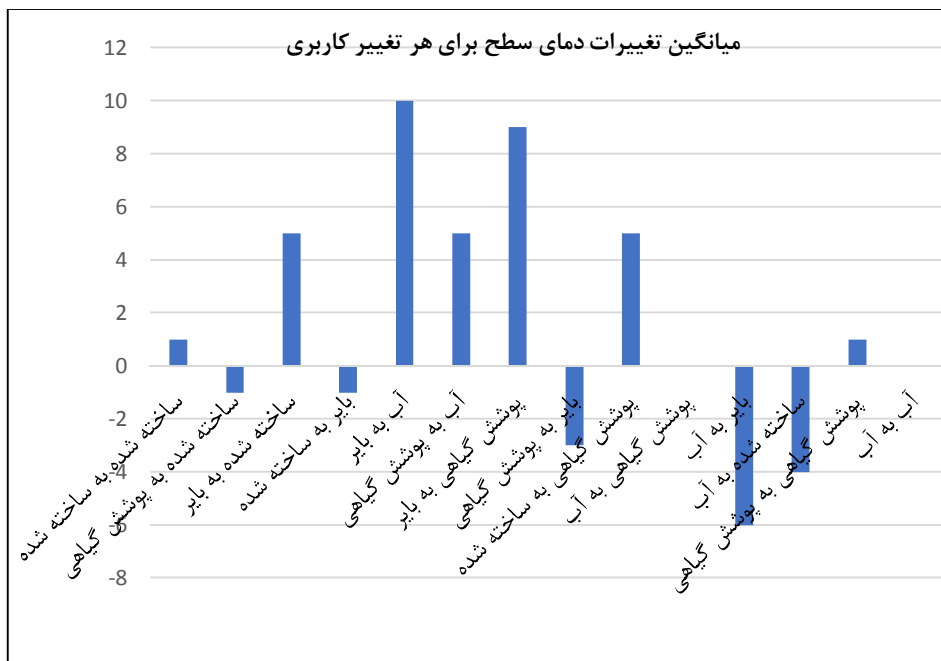
مناطق آب به دلیل ظرفیت گرمایی بالای آب دارای دمای کمتری نسبت به سایر نواحی هستند. همچنین نواحی دارای پوشش گیاهی به دلیل رطوبت بیشتر و بالتبع آن ظرفیت بالاتر گرمایی آب، افزایش دمای کمتری دارند. بیشترین دما مربوط به مناطق ساخته شده می‌باشد. این اراضی به علت توان تشعشعی بالای مصالح شهری مانند آسفالت و سیمان بیشترین جذب نور خورشید را دارند. این مناطق همچنین به علت فعالیت‌های گرماساز انسانی، تردد وسایل نقلیه موتوری و ... بیشترین دما را نسبت به دیگر کاربری‌های زمین دارند. اراضی بایر نیز به دلیل ویژگی‌هایی هم‌چون رطوبت و درصد سبزی‌نگی پایین، دارای میانگین دمایی بالایی می‌باشند. در طی سال‌های مختلف، اراضی کشاورزی و فضای سبز دارای ثبات در میانگین دمای سطح بوده و تغییرات چندانی در این زمینه نداشته‌اند. ولی میانگین دمای سطح اراضی ساخته شده طی ۴۰ سال گذشته روند افزایشی

آب که دستخوش تغییرات کاربری قرار نگرفته‌اند دارای کمترین تغییرات دما در منطقه هستند.

کاربری ساخته‌شده باقی مانده‌اند نیز به دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی گرماساز، افزایش دمای قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. نواحی پوشش گیاهی و



شکل ۸: نقشه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح منطقه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷).



شکل ۹: نتایج بررسی میانگین تغییرات دمای سطح و تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۵. (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۷)

داده‌های چندزمانه حرارتی و انعکاسی و به‌کارگیری الگوریتم‌های علم سنجش از دور درصدد پاسخگویی به پرسش‌های متعددی در مورد نحوه تغییرات کاربری اراضی در شهر زابل و حومه آن در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ و تأثیر آن بر تغییرات دمای سطح در بازه زمانی مورد نظر می‌باشد. برای این منظور در این پژوهش از

### نتیجه‌گیری

امروزه با توسعه شهرنشینی مناطق زیادی از منابع طبیعی جای خود را به مناطق شهری، مناطق صنعتی و دیگر زیرساخت‌ها داده‌اند. این موضوع باعث ایجاد مشکلات و ناهنجاری‌های زیادی در مناطق شهری و غیرشهری می‌گردد. این پژوهش از طریق تلفیق

منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. تغییرات دمایی محسوس آب به بایر در محدوده نشان از خشکسالی‌های رخ داده در منطقه و افزایش تقاضای استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در نتیجه کاهش منابع سطحی دارد. همچنین در جبهه مقابل تبدیل اراضی بایر به آب دارای بیشترین میزان تغییرات در کاهش دمای سطح حدود ۶ درجه است؛ بدین معنی که اراضی در حاشیه شهر که در اثر کشاورزی یا استخراج منابع آبی دچار تغییرات کاربری یا پوشش زمین شده‌اند، از دمای سطح آن‌ها کاسته شده است. نتایج پژوهش اهمیت برنامه‌ریزی و مدیریت و حفظ مناطق دارای کاربری پوشش گیاهی و آب و جلوگیری از تبدیل آن‌ها به اراضی ساخته شده و بایر را که موجب افزایش دمای سطح و در پی آن اثرات زیست‌محیطی منفی می‌گردد را نشان می‌دهد. برای این هدف استفاده از قابلیت‌های فن‌آوری نوین سنجش از دور حرارتی بسیار کارا و موثر می‌باشد. همچنین به منظور کاهش تخریب اراضی زراعی و آبی حاشیه شهرها و جلوگیری از گسترش افقی شهرها استفاده از سیاست‌های افزایش تراکم در محدوده شهری و توسعه شهری به سمت زمین‌های کشاورزی با مرغوبیت کمتر از راهکارهای قابل پیشنهاد می‌باشد. به‌علاوه اینکه با نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده شهری می‌توان این فرصت مهم و عظیم را نیز مغتنم شمرد.

### سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان بررسی ارتباط تغییر کاربری زراعی و دمای سطحی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: زابل) با شماره IR-UOZ96-9 می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه زابل انجام شده است. نویسندگان این مقاله مراتب تشکر را از دانشگاه زابل دارند.

### منابع

۱. احمدی، طیبه و رحیمی چاکدل، عزیز. ۱۳۹۲. ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیک ناحیه لالی گتوند، استان

تصاویر چند زمانه لندست مربوط به سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۵-۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ و داده‌های زمینی جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی و نقشه‌های توپوگرافی منطقه استفاده شده است. برای محاسبه دمای سطح زمین از الگوریتم تک بانندی بر مبنای شاخص NDVI و برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم شبکه‌های عصبی استفاده شده است. میانگین دمای کاربری‌های مختلف در تمام سال‌ها بررسی و ارتباط بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی تحلیل شده است. سپس تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین بررسی و در نهایت رابطه بین تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح منطقه طی بازه زمانی مورد مطالعه تجزیه و تحلیل شده است. منطقه مورد مطالعه در طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ دارای چهار طبقه کاربری ساخته‌شده، پوشش گیاهی، آب و بایر می‌باشد. بررسی تغییرات کاربری اراضی افزایش مساحت برای کاربری‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی و کاهش مساحت آب و بایر را طی دوره زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج تحلیل حاکی از آن است که بیشتر تبدیل‌های صورت گرفته ناشی از گسترش اراضی مسکونی در محدوده اراضی آبی و دارای پوشش گیاهی است. دلیل رقم بالای رشد اراضی مسکونی در این مقطع زمانی را نیز می‌توان افزایش جمعیت محسوس در سه دهه مورد مطالعه و دو برابر شدن جمعیت دانست؛ چراکه مهم‌ترین نیاز جمعیت علاوه بر تأمین مسکن دست‌یابی به منابع غذایی و آبی است. بررسی ارتباط بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی ارتباط خطی معکوس با ضریب همبستگی بالا را نشان می‌دهد؛ بدین معنی که با افزایش دمای سطح شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده کاهش می‌یابد. در تمام سال‌های مورد مطالعه، اراضی ساخته شده دارای بیشترین و پوشش گیاهی و آب دارای کمترین میانگین دمای سطح می‌باشند. بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و تغییرات دمای سطح نشان می‌دهد که تبدیل پوشش گیاهی و آب به بایر و ساخته‌شده بیشترین تغییرات دما در حدود ۹ درجه و همچنین عدم تغییر کاربری آب و پوشش گیاهی کمترین تغییرات دما طی دوره مورد مطالعه را در

- Journal. 135:(1-10).
12. Haashemi, Sirous., Weng, Qihao., Darvishi, Ali., and Alavipanah, Seyed Kazem. 2016. "Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi-arid city," *Remote sensing*. 8(4): 352.
  13. Li, Xiaoma., Zhou, Weiqi., Ouyang, Zhiyun., Xu, Weihua., and Zheng, Hua. 2012. "Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: evidence from the heavily urbanized Beijing metropolitan area, China," *Landscape Ecology*. 27(6): 887-898.
  14. Liu, Lin., and Zhang, Yuanzhi. 2011. "Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong," *Remote sensing* 3(7): 1535-1552.
  15. Lo, C.P., Quattrochi, D.A., and Luvall, J.C. 1997. "Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect," *international journal remote sensing*. 18(2): 287-304.
  16. Mackey, Christopher, W., Lee, Xuhui, and Smith, Ronald, B. 2012. "Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island," *build environment*. 49: 348-358.
  17. Otukey, J.R., and Blaschke, T. 2010. "Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 12: S27-S31.
  18. Rajasekar, Umamaheshwaran., and Weng, Qihao. 2009. "Urban heat island monitoring and analysis using a non-parametric model: A case study of Indianapolis," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 64(1): 86-96.
  19. Rouse, J., Haas, R.H., and Deering, D. 1974. "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS," *Third Earth Resour. Technology Satellite - Symposium*, (1): 309-317.
  20. Santamouris, Mat., and Kolokotsa, Denia. 2015. "On the impact of urban overheating and extreme climatic conditions on housing, energy, comfort and environmental quality of vulnerable خوزستان. مجله آمایش جغرافیایی فضا. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه گلستان. ۳ (۷): ۱۲۱-۱۳۹.
  ۲. زبیری، محمود و مجد، علیرضا. ۱۳۷۵. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در مناطق طبیعی. دانشگاه تهران.
  ۳. مدیری، مهدی و خواجو، خسرو. ۱۳۷۸. اشاره‌ای به سیستم اطلاعات جغرافیایی، سازمان جغرافیایی.
  ۴. وزارت مسکن و شهرسازی، طرح جامع شهر زابل. ۱۳۸۴. صفحه ۶-۷.
  5. Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., and Newland, L. 1995. "Mapping micro-urban heat islands using Landsat TM and a GIS," *Computers & Geosciences*. 21(8): 965-969.
  6. Atkinson, P.M., and Tatnall, A.R.L. 1997. "Introduction neural networks in remote sensing," *international journal remote sensing*. 18(4): 699-709.
  7. Basayigit, Levent., Dedeoglu, Mert., and Ozogul, Fadime. 2017. "The Use of Thermal Infrared Wavelengths to Determine the Volcanic Soils," *world academy science engineering technology. Science Engineering and Technology. environmental chem ecology geology Engineering*. 11(9): 837-842.
  8. Chen, Xiao-Ling., Zhao, Hong-Mei, Li, Ping-Xiang, and Zhi-Yong, Yin. 2006 "Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes," *Remote Sensing of Environment*. 104(2): 133-146.
  9. Gallo, Kevin P., Owen, and Timothy W., Owen. 1999. "Satellite-based adjustments for the urban heat island temperature bias," *Journal of applied meteorology and Climatology*. 38(6): 806-813.
  10. Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J., and Tarpley, J.D. 1993. "The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect," *journal of applied meteorology and climatology*. 32(5): 899-908.
  11. Guo, Guanhua., Wu, Zhifeng., Xiao, Rongbo., Chen, Yingbiao., Liu, Xiaoshi and Zhang, X. 2015. "Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters," *Landscape and Urban Planning*

- Zhujiang Delta, China,” international Journal remote sensing. 22(10): 1999-2014.
23. Yuan, Fei., and Bauer, Marvin, E. 2007. “Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery,”. Remote Sensing of Environment. 106(3): 375-386.
21. Vatsavai, Ranga- Raju., and Jordan. Graesser. 2012. “Probabilistic change detection framework for analyzing settlement dynamics using very high-resolution satellite imagery,” procedia computer science. 9: 907-916.
22. Weng, Q. 2001. “A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the population in Europe,”. Energy and Buildings. 98:125-133.

