



تجزیه و تحلیل اثرهای ویژگی‌های کالبدی و مورفولوژیکی زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین در مناطق نیمه‌خشک

کیوان عزی مند^۱، حسین عقیقی^{۱*}، داوود عاشورلو^۱ و عارف شاهی آقبلاغی^۲
^۱ مرکز مطالعات سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
^۲ گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳

عزی مند، ک.، ح. عقیقی. د. عاشورلو و ع. شاهی آقبلاغی. ۱۳۹۹. تجزیه و تحلیل اثرهای ویژگی‌های کالبدی و مورفولوژیکی زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین در مناطق نیمه‌خشک. فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۲): ۱-۱۸.

سابقه و هدف: شهر نشینی و گسترش شهرها اثرهای متفاوتی بر محیط طبیعی و انسانی و همچنین اقلیم محلی و ناحیه‌ای داشته است. به‌طور مثال اختلاف در توازن انرژی بین مناطق مرکزی و منطقه‌های حاشیه‌ای شهرها حاصل ویژگی‌های کالبدی و پوشش‌های سطحی است. این ویژگی‌ها در مناطق معتدل سبب به وجود آمدن پدیده جزیره حرارتی و در نواحی خشک و نیمه‌خشک موجب به وجود آمدن پدیده جزیره سرد شهری می‌شوند. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر ویژگی‌های پوشش‌های سطحی، پیکربندی و مورفولوژیکی^۱ شهر بر تغییرات دمای سطح شهر زنگان است.

مواد و روش‌ها: داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر لندست ۵ سنجنده TM^۲ برای سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ و اطلاعات آماری در سطح بلوک‌های ساختمانی است. روش کار در این پژوهش بدین‌صورت است که اثرهای پوشش‌های مختلف بر دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است. سپس برای نشان دادن اثرهای زمین‌های ساخته‌شده بر دمای سطح زمین از روش IBI^۳ و آستانه گذاری اتسو استفاده شده است. برای نشان دادن اثرهای پیکربندی زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین از سنجه‌های سیمای سرزمین همچون سنجه تقسیم سیمای سرزمین، بعد فراکتال و درصد سیمای سرزمین استفاده شده است. در نهایت اثر ریزدانی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج و بحث: نتایج نشان داده است که از میان همه فصل‌ها، بیشترین شدت جزیره سرد در فصل تابستان بوده است. همچنین نتایج نشان داده است که در فصل تابستان نسبت به دیگر فصل‌ها جزیره سرد بهتر نمایش داده می‌شود. نمودار نقطه‌ای بین زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین نشان از یک رابطه غیر مستقیم دارد و زمین‌های ساخته شده بیشترین همبستگی منفی را با دمای سطح زمین داشته است ($r = -0.704$). در بین سنجه‌های سیمای سرزمین، بیشترین همبستگی مثبت ($r = 0.72$) را سنجه تقسیم سیمای سرزمین با دمای سطح زمین داشته است. افزون بر این، بین ویژگی‌های مورفولوژی شهری یا ریزدانی نیز همبستگی بالا و منفی ($r = 0.73$) با دمای سطح زمین مشاهده شده است. نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین پوشش‌های سطحی و ویژگی‌های پیکربندی و مورفولوژی با دمای سطح زمین به‌طور کامل معنا دار بوده‌اند ($P \leq 0.01$).

نتیجه‌گیری: از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های پیکربندی و مورفولوژی بهتر از پوشش‌های سطح زمین توانسته‌اند تغییرات دمای سطح زمین را مدل کنند.

واژه‌های کلیدی: جزیره سرد شهری، پوشش زمین‌ها، ویژگی‌های پیکربندی، ویژگی‌های مورفولوژیک.

مقدمه

آب‌وهوای گرم و نیمه‌خشک شرایط متفاوت است به‌طوریکه مراکز شهری دارای دمای کمتری نسبت به مناطق خارج از شهر هستند (Azhdari *et al.*, 2018). از این پدیده در منابع علمی مربوطه تحت عنوان جزایر سرد شهری یاد شده است (Frey *et al.*, 2005; Lazzarini *et al.*, 2013). از جمله دلایل‌های اصلی وقوع این پدیده می‌توان به کم بودن پوشش گیاهی در خارج از منطقه‌های شهری اشاره کرد که سبب افزایش بازتاب زمین‌های بایر و پوشش خاک می‌شود (Lazzarini *et al.*, 2013). افزایش پوشش‌های خاکی در مناطق شهری نیز موجب تشدید این پدیده می‌شود (Rasul *et al.*, 2017). به تصویر کشیدن پدیده جزایر سرد در تصاویر سنجش‌ازدور تابعی از زمان و روز تصویربرداری است، به‌طوریکه هرچه زمان تصویربرداری به ظهر محلی و یا تابستان نزدیکتر باشد این پدیده را بهتر می‌توان آشکار کرد (Rasul *et al.*, 2016). امروزه داده‌های سنجش‌ازدور در مقایسه با داده‌های دمای اندازه‌گیری شده در سطح ایستگاه‌های هواشناسی، بیشتر مورد توجه محققان فعال در مطالعه جزایر حرارتی شهری قرار گرفته است زیرا این تصاویر به آن‌ها امکان می‌دهد که تمام سطحی از یک شهر و حومه آن را که در یک سین تصویر قرار گرفته باشند، در لحظه تصویربرداری مورد مطالعه قرار داد (Streutker, 2003). همچنین روش‌های مختلفی نیز برای استخراج و طبقه‌بندی زمین‌های ساخته‌شده شهری بیان شده است (Estoque and Murayama, 2015; Ezimand *et al.*, 2018) که هر یک از این روش‌ها با توجه به نواحی مختلف جغرافیایی، دقت‌های مختلفی نشان داده‌اند. بنابراین تکنولوژی سنجش از دور امکان تجزیه و تحلیل اثرهای زمین‌های ساخته‌شده، کشاورزی و دیگر عرصه‌های طبیعی بر تغییرات دمای سطح زمین را امکان پذیر می‌کند. همان‌طور که در مطالعات گذشته اشاره شده است، نوع

ویژگی‌های پوشش زمین‌ها در مناطق شهری به لحاظ هندسه سه بعدی زمین‌های ساخته‌شده و نوع مصالح ساختمانی که موجب جذب گرما و جلوگیری از هدر رفت انرژی می‌شود، با پوشش زمین‌های منطقه‌های غیرشهری متفاوت است (Rasul *et al.*, 2015). بنابراین گسترش شهرها و افزایش زمین‌های ساخته شده می‌تواند منجر به تغییرات اساسی در ماهیت پوشش زمین‌های مناطق شهری و افزایش حرارت شوند (Morabito *et al.*, 2016; Zullo *et al.*, 2019). این افزایش درجه حرارت در منطقه‌های معتدل تحت عنوان پدیده جزایر حرارت شهری شناخته می‌شود (Oke, 1973; Weng *et al.*, 2004). بررسی منابع‌های مطالعات پدیده جزایر حرارتی نشان می‌دهد که تحقیقات (Quan *et al.*, 2014; Meng *et al.*, 2018) گذشته بیشتر بر تحلیل اثرهای متفاوت کاربری‌ها و پوشش زمین (Amiri *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2014) بر جزایر حرارتی تمرکز داشته‌اند. این تحقیقات نشان داد که اگرچه در منطقه‌های معتدل یک رابطه مستقیم بین زمین‌های ساخته‌شده با تغییرات دمای سطح زمین وجود دارد (Zhang *et al.*, 2009; Chen and Zhang, 2017)، با این حال میزان همبستگی بین زمین‌های ساخته‌شده و دمای سطح زمین در مناطق مختلف متغیر بوده است (Adeyeri *et al.*, 2017; Ahmed, 2018). از طرف دیگر، رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین یک رابطه غیرمستقیم است زیرا پوشش گیاهی با انجام فرآیند جذب انرژی خورشید و تعرق آب از طریق برگ‌های خود سبب کاهش شدت جزیره حرارتی می‌شود (Goward *et al.*, 2002; Weng *et al.*, 2004). در نواحی با آب و هوای معتدل، مناطق داخلی شهر همواره دمای بیشتری نسبت به منطقه‌های خارج شهر دارند. در نواحی با

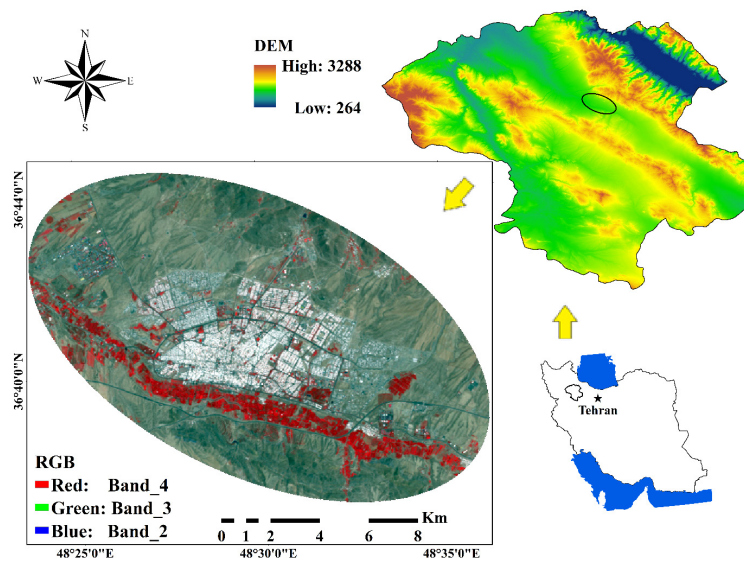
بخش چهارم نیز نتیجه‌گیری از تحقیق حاضر بیان می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های تحقیق

شهر زنجان مرکز استان زنجان در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این شهر به جهت موقعیت نسبی در شمال غرب ایران قرار دارد (شکل ۱). به لحاظ توپوگرافی، شهر زنجان در بین دو رشته‌کوه موازی که از شمال و جنوب این شهر می‌گذرد قرار گرفته و میانگین ارتفاع این شهر از سطح دریاهای آزاد ۱۶۵۹ متر است. بیشترین شیب آن در بخش‌های شمالی شهر است که به تدریج به سمت جنوب از شیب آن کاسته می‌شود. این شهر از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک و متأثر از جریان بادهای غربی با میانگین سالانه بارش ۳۱۱ میلی‌متر و میانگین سالانه دمایی ۱۱/۴۸ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس داده‌های سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ جمعیت آن بالغ بر ۴۷۰۰۰۰ نفر است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده‌های بلوک آماری مربوط به شهر زنجان در سال ۱۳۹۰ است که توسط مرکز آمار ایران تهیه شده است. همچنین، در این تحقیق از داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست ۵ که در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ گرفته شده بود، استفاده شده است. این تصاویر به دلیل تطابق زمانی آن‌ها با داده‌های بلوک آماری انتخاب شد. تصاویر بیان شده با سطح تولید LIT^۵ از وب سایت <http://landsat.usgs.gov> دانلود گردید. تصاویر مورد استفاده در مسیر ۱۶۶ و در ردیف ۳۵ از سیستم مرجع جهانی (WRS)^۶ قرار دارند. اطلاعات تکمیلی در رابطه با این تصاویر در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق را می‌توان به دودسته متغیرهای مستقل و وابسته تقسیم بندی نمود. متغیرهای مستقل در این پژوهش شامل پوشش سطحی، سنجه‌های سیمای سرزمین و ریزدانی ساختمان است و متغیر وابسته، دمای سطح زمین است. به‌طور کلی پارامترهایی که در رابطه با دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است شامل

کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف بر جزایر حرارتی مؤثر هستند ولی در کنار این نکات باید به ویژگی‌های پیکربندی کاربری‌ها و پوشش زمین نیز توجه شود (Connors *et al.*, 2013). ویژگی‌های پیکربندی در واقع توجه به نوع قطعات، لکه‌ها و نوع قرارگیری کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف در کنار هم است (Turner *et al.*, 2001; Connors *et al.*, 2013). بررسی ویژگی‌های پیکربندی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین امکان‌پذیر است (Gustafson, 1998) و در مطالعات بسیاری به استفاده از این سنجه‌ها برای بررسی ویژگی‌های پیکربندی کاربری‌ها و پوشش زمین در جزایر حرارتی نواحی معتدل پرداخته شده است (Weng *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2014). با این حال تاثیر ویژگی‌های پیکربندی زمین‌های ساخته شده در پدیده جزیره سرد شهری مناطق خشک مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو، هدف از این مطالعه به کارگیری فناوری سنجش از دور در بازیابی دمای سطح زمین و بررسی اثرهای زمین‌های ساخته شده شهری بر تغییرات روند جزیره سرد شهری است. همچنین تأثیرات ویژگی‌های پیکربندی زمین‌های ساخته شده با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و ویژگی‌های مورفولوژی شهری همچون ریزدانی ساختمان بر دمای سطح زمین به عنوان نوآوری این مطالعه، که در مطالعات گذشته به آن توجه نشده است، مورد تجزیه و تحلیل می‌گیرد. به‌منظور انجام این پژوهش، پس از بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجش از دور، الگوی تغییرات آن در فصل‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. سپس از سنجه‌های IBI و NDVI^۴ برای استخراج زمین‌های ساخته شده و پوشش گیاهی از تصاویر استفاده شد. در مرحله نهایی، سنجه‌های سیمای سرزمین را برای بررسی ارتباط بین ویژگی‌های پیکربندی زمین‌های ساخته شده با دمای سطح زمین به کار برده و همچنین از ویژگی‌های مورفولوژیکی در سطح بلوک‌های آماری برای بررسی ارتباط بین ریزدانی ساختمان‌ها با دمای سطح زمین استفاده شده است. این مقاله در چهار بخش نگارش شده است. بخش دوم آن به بررسی داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق پرداخته و سپس نتایج و بحث در بخش سوم مطرح می‌شود. در



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Fig. 1- Study area

جدول ۱- داده‌های مورداستفاده در پژوهش
Table 1. Data used in this research

تاریخ Date	فصل Season	تعداد باندها Number of bands	سنجنده Sensor	لندست Landsat
2010.11.16	پاییز Autumn	7	TM	5
2011.03.17	زمستان Winter			
2011.05.20	بهار Spring			
2011.07.30	تابستان Summer			

مشترکی که در سطح تصویر پراکنده بوده‌اند، انجام شد. سپس با توجه به اهمیت اثرهای رادیومتریک و اتمسفری بر محاسبه دمای سطح زمین، تمام تصاویر با استفاده از الگوریتم تصحیح اتمسفری FLAASH^۶ تصحیح شدند (Vlassova and Pérez-Cabello, 2016). پس از اعمال تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصاویر، این تصاویر با داده‌های بلوک آماری که توسط مرکز آمار تهیه شده است، ترکیب شده تا میانگین دمایی بلوک‌های آماری با سنجه‌های سیمای سرزمین و ویژگی‌های مورفولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد.

استخراج زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی
همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد روش‌های مختلفی

پوشش سطحی (زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی)، سنجه‌های سیمای سرزمین (سنجه بعد فرکتال، سنجه تقسیم سیمای سرزمین و سنجه درصد پوشش کلاس) و ویژگی‌های مورفولوژیکی (ریزدانگی ساختمان) است.

روش‌شناسی تحقیق

پیش‌پردازش داده‌های سنجه‌ها از دور و انطباق آن با بلوک‌های آماری

به‌منظور کنترل کیفیت داده‌ها و آگاهی از وجود خطاهای هندسی و رادیومتری، داده‌ها مورد بررسی اولیه قرار گرفتند. با توجه به اینکه تصاویر در بازه زمانی کمی نسبت به هم قرار دارند، تصحیح هندسی آن‌ها با استفاده از نقاط

۵ می‌باشند. مقدار فاکتور تعدیل‌کننده اثر خاک است (Ren *et al.*, 2018) که در این پژوهش مقدار ۰/۵ برای آن در نظر گرفته شده است (Ren and Zhou, 2019). پس از محاسبه معادلات ۱، ۲ و ۳، با جایگذاری آن‌ها در معادله ۴ سنجه IBI محاسبه می‌شود. در نهایت برای بررسی تغییرات کلاس زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین، مقادیر این سنجه با استفاده از اعمال روش آستانه گذاری اتسو^۸ (Otsu, 1979) به دو کلاس زمین‌های ساخته‌شده و ساخته نشده تقسیم شدند. این روش برای حدآستانه‌های باینری کاربرد دارد و برای تشخیص پیش زمینه و پس زمینه در یک تصویر با بروز آوری دو سطح با حداقل واریانس طراحی شده است. هدف از این الگوریتم یافتن نقطه‌ای است که کمترین ادغام بین دو کلاسی را داشته باشد (Otsu, 1979). برای استخراج پوشش گیاهی در این مطالعه از سنجه NDVI استفاده شده است. این سنجه از معروفترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین سنجه‌های مطالعات پوشش گیاهی بوده که برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش زمین‌ها از جمله پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Keshtkar *et al.*, 2013). برای برآورد این سنجه از باندهای قرمز (باند ۳) و مادون قرمز نزدیک (باند ۴) تصاویر لندست ۵ استفاده شده است. محاسبه سنجه پوشش گیاهی با استفاده از معادله ۵ صورت می‌گیرد (Rouse Jr *et al.*, 1974).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (5)$$

که در آن ρ_{NIR} مقدار بازتابندگی در باند مادون قرمز نزدیک و مقدار ρ_{Red} مقدار بازتابندگی در باند قرمز است. نتایج سنجه پوشش گیاهی بین -1 تا +1 است که مقادیر منفی برای مناطق بدون پوشش گیاهی و مقادیر بالاتر از ۰/۱ برای مناطق دارای پوشش گیاهی است (Rouse Jr *et al.*, 1974).

بازیابی دمای سطح زمین

برای استخراج دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست الگوریتم‌های متعددی توسعه داده شده است (Qin *et al.*, 2001; Jiménez-Muñoz and Sobrino,

برای استخراج زمین‌های ساخته‌شده وجود دارد (Ezizmand *et al.*, 2018). در این مطالعه با توجه به ویژگی‌های منطقه از سنجه‌ای مبتنی بر دیگر سنجه‌های طبقه‌بندی زمین‌های ساخته شده (IBI) استفاده شده است. این روش در سال ۲۰۰۸ و به منظور بیان یک روش ساده اما مؤثر برای طبقه‌بندی زمین‌های ساخته‌شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای معرفی شد (Xu, 2008). در این روش سعی شد که مشکل سنجه نرمال شده تفاوت زمین‌های ساخته شده (NDBI) برطرف شود؛ زیرا در سنجه NDBI، بیشتر پیکسل‌های پوشش گیاهی خشک به دلیل کاهش محتوای آب در برگ‌ها بازتاب زیادی دارند (Xu, 2008) و در نتیجه پوشش گیاهی خشک ممکن است بازتابندگی بسیار بیشتری در طول موج مادون قرمز موج کوتاه و در طول موج مادون قرمز نزدیک داشته باشد (Cibula *et al.*, 1992; Gao, 1996). بر همین اساس، سنجه IBI با ترکیب باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه این محدودیت را از بین می‌برد (Xu, 2008). این سنجه فرض می‌کند که منطقه‌های شهری را می‌توان به سه جزء زمین‌های ساخته‌شده، پوشش گیاهی و منطقه‌های آبی تقسیم کرد. بنابراین به جای استفاده مستقیم از تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا سه سنجه تفاضل نرمال شده زمین‌های ساخته‌شده (معادله ۱)، سنجه گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (معادله ۲) و سنجه اصلاح شده تفاضل نرمال شده آب (معادله ۳) را محاسبه می‌کند و سپس با استفاده از ترکیب این سنجه‌ها، زمین‌های ساخته‌شده و ساخته نشده را از هم تشخیص می‌دهد. معادله ۴ روش اجرای این سنجه را نمایش می‌دهد.

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR1} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{Red})(1+I)}{\rho_{NIR} + \rho_{Red} + 1} \quad (2)$$

$$MNDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{SWIR1}}{\rho_{Green} + \rho_{SWIR1}} \quad (3)$$

$$IBI = \frac{NDBI - (SAVI + MNDWI/2)}{NDBI + (SAVI + MNDWI/2)} \quad (4)$$

در معادلات بالا ρ_{Red} ، ρ_{Green} ، ρ_{SWIR1} و ρ_{NIR} میزان بازتابندگی سطح برای باندهای ۲، ۳، ۴ و ۵ سنجنده TM ماهواره لندست

بنابراین برای اصلاح آن از توان تشعشعی استفاده می‌شود (Artis and Carnahan, 1982). توان تشعشعی برای آب ($NDVI < 0$) مقدار 0.9925 ، خاک لخت و سطوح نفوذناپذیر شهری ($0 < NDVI < 0.15$) مقدار 0.923 و برای پوشش گیاهی ($NDVI > 0.727$) مقدار 0.986 در نظر گرفته شد. برای دیگر مقادیر NDVI تصویر ($0.15 < NDVI < 0.727$) از معادله ۸ برای محاسبه توان تشعشعی استفاده شد (Xie et al., 2012).

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(NDVI) \quad (8)$$

در نهایت پس از محاسبه همه پارامترهای بالا و جایگذاری آن‌ها در معادله ۹ دمای سطح زمین برای تصاویر لندست ۵ در فصل‌های مختلف به دست آمد.

$$LST = \frac{T_{sensor}}{1 + \left(\frac{\lambda T_{sensor}}{\alpha}\right) \ln(\varepsilon)} \quad (9)$$

در این معادله، بیانگر دمای سطح زمین برحسب درجه کلون و T_{sensor} دمای جسم سیاه و یا دمای روشنایی در سنجنده برحسب درجه کلون است. λ مرکز طول موج برحسب متر بوده و مقدار پارامتر α برابر با $2 - mK$ است. $10 \times 1/438$ است. همانطور که بیان شد ε نیز نشان دهنده توان تشعشعی سطوح است.

محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین و ویژگی‌های مورفولوژیکی شهر

بررسی کمی ترکیب و توزیع مکانی عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین امکان‌پذیر است. سنجه‌های سیمای سرزمین، الگوریتم‌هایی برای کمی کردن ویژگی‌های مکانی خاص لکه‌ها (قطعه‌ها)، کلاس‌ها و یا کل سیمای سرزمین می‌باشند (McGarigal et al., 2002) و انتخاب سنجه‌های مناسب به ویژگی‌های سیمای سرزمین و ویژگی اکولوژیکی یک منطقه وابسته است (Kong and Nakagoshi, 2006). سنجه‌ها می‌توانند بر اساس نظر کارشناسی و یا روش‌های آماری انتخاب شوند (Lausch and Herzog, 2002). انتخاب سنجه‌ها در این پژوهش بر مبنای اهمیت آن‌ها و همچنین با استفاده از مطالعات پیشین صورت گرفته است

(Sobrinho et al., 2004; 2003). با این حال، به دست آوردن پارامترهای جوی در زمان عبور ماهواره از مشکلات استفاده از این الگوریتم‌ها است (Shen et al., 2016). بنابراین، مانند بسیاری از دیگر مطالعات بازیابی دمای سطح زمین (Weng and Yang, 2004) از روشی که در آن تنها رادیانس طیفی بالای جو و سنجه NDVI لازم است، استفاده می‌کنیم. از اطلاعات موجود در متادیتای تصاویر به راحتی می‌توان برای به دست آوردن بازتابندگی و رادیانس طیفی بالای جو استفاده کرد (Chander and Markham, 2003). رادیانس طیفی عبارت است از انرژی بازتابی در بالای اتمسفر که توسط سنجنده ثبت شده است. رادیانس طیفی بالای اتمسفر برای تصاویر لندست با استفاده از معادله ۶ محاسبه می‌گردد (Chander and Markham, 2003; Markham and Helder, 2012).

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Qcal_{max} - Qcal_{min}} \right) (Qcal - Qcal_{min}) + LMIN_{\lambda} \quad (6)$$

L_{λ} رادیانس طیفی دریافت شده توسط سنجنده برحسب $(w/m^2 \times sr \times \mu m)$ مقدار $Qcal$ ، مقدار پیکسل $Qcal_{min}$ (DN)، حداقل مقدار پیکسل کوانتیزه شده $Qcal_{max}$ (DN=0)، حداکثر مقدار پیکسل کوانتیزه شده $Qcal_{max}$ (DN=255) به ترتیب حداکثر و حداقل رادیانس طیفی سنجنده برحسب $(w/m^2 \times sr \times \mu m)$ است (Markham and Helder, 2012). دمای روشنایی برای باند حرارتی با استفاده از معادله ۷ محاسبه می‌گردد (Chander et al., 2009; Tran et al., 2017).

$$T_{sensor} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (7)$$

که در آن T_{sensor} دمای روشنایی در سنجنده برحسب کلون است. L_{λ} رادیانس طیفی برحسب $(w/m^2 \times sr \times \mu m)$ ، K_1 ، K_2 و ضرایب ثابت کالیبراسیون می‌باشند (Sheng et al., 2017) که برای لندست ۵ ضرایب K_1 برابر با 607.76 بر حسب K_2 $(w/m^2 \times sr \times \mu m)$ و برابر با 1260.56 بر حسب کلون است (http://landsat.usgs.gov).

مقادیر T_{sensor} به دست آمده مربوط به جسم سیاه است که با ویژگی‌های اشیاء واقعی به طور کامل متفاوت است،

ریزدانگی ساختمان‌هاست که نشان‌دهنده وضعیت کالبدی ساختمان‌های شهری و تراکم تعداد عرصه‌های جدا از هم است. ریزدانگی ساختمان‌ها با استفاده از اطلاعات آماری برای شهر زنجان محاسبه شد و نحوه محاسبه این پارامتر در جدول ۲ نشان داده شده است.

A_i مساحت حوزه آماری، a_i مساحت لکه شهری، p_i مساحت کاربری شهری به کل حوزه آماری، n_i تعداد عرصه‌ها در حوزه آماری است.

نتایج و بحث

تغییرات فصلی دمای سطح زمین در زنجان

زمین‌های ساخته شده در مناطق شهری با اقلیم معتدل دارای دمای بالاتری نسبت به محیط اطراف خود هستند اما این شرایط در مناطق خشک و نیمه‌خشک بدین گونه نبوده و شرایط برعکسی وجود دارد، بدین صورت که منطقه‌های شهری یا زمین‌های ساخته شده دارای دمای کمتری نسبت به محیط اطراف خود می‌باشند. شکل شماره ۲ تغییرات دمای سطح زمین در شهر زنجان را نشان می‌دهد. همان طور که در این نقشه‌ها مشاهده می‌شود، زمین‌های ساخته شده و پوشش گیاهی کمترین دماها را به خود اختصاص داده‌اند در حالی که زمین‌های بایر و پوشش‌های خاکی از بیشترین میانگین دمایی برخوردار هستند. همچنین مرکز شهر از دمای کمتری نسبت به محیط اطراف خود برخوردار بوده که خود سبب به وجود آمدن حفره حرارتی و یا پدیده

(Li et al., 2011; Li et al., 2013; Li et al., 2014; Chen and Yu, 2017). در این پژوهش سه سنجه برای بررسی اثرهای پوشش زمین بر تغییرات دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته‌اند که شامل درصد سیمای سرزمین (نسبت مساحت اشغال شده توسط یک نوع لکه)، سنجه بعد فراکتال (تبعیت لکه‌های شهری از اشکال هندسی) و سنجه تقسیم لکه‌های شهری (اندازه‌گیری تکه‌تکه شدن لکه‌های شهری) است و اطلاعات آن‌ها در جدول ۲ آمده است (McGarigal et al., 2002). درصد سیمای سرزمین (PLAND) بیانگر واحد پایه برای نشان دادن ترکیب سیمای سرزمین است و نشان می‌دهد که چگونه یک سیمای سرزمین از یک نوع خاص لکه ترکیب شده است. سنجه بعد فراکتال، پیچیدگی شکل نواحی ساخته شده را از طریق محاسبه نسبت مساحت تکه‌ها و یا لکه‌های شهری بررسی می‌کند. سنجه تقسیم سیمای سرزمین، درجه تقسیم شدن لکه‌های شهری را به تکه‌های جدا از هم محاسبه می‌کند (McGarigal et al., 2002).

مورفولوژی و یا هندسه شهری همواره اثرهای متفاوتی بر تغییرات دمای سطح زمین داشته است بنابراین در بسیاری از مطالعات به بررسی آن پرداخته و مدل‌هایی نیز به این منظور بیان شده است (Oke, 1981; Nakata-Osaki et al., 2018). هندسه و یا مورفولوژی یکی از عامل‌های مهم در به وجود آمدن جزایر حرارتی بوده (Oke et al., 1991) که نقش مهمی در جذب و دفع انرژی دارند (Alchapar et al., 2014). یکی از ویژگی‌های مورفولوژی یا هندسه شهری بحث

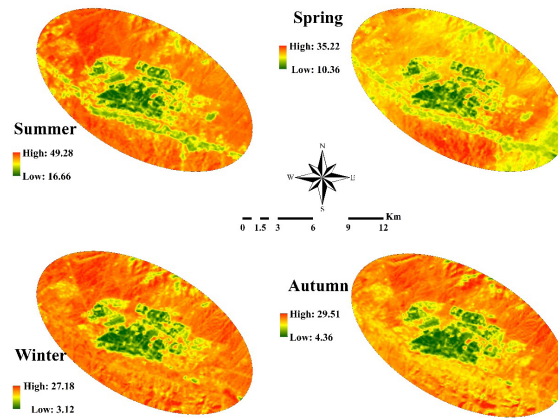
جدول ۲- سنجه‌های انتخابی در این پژوهش

Table 2. Selected indices in this study

معادله Equation	سنجه‌ها Indices	نوع Type
$\frac{100}{A_i} \times \sum_{i=1}^n a_i$	درصد پوشش هر کلاس Percent cover of class area (PLAND)	سنجه‌های سیمای سرزمین Landscape metrics
$\frac{2Ln(0.25 p_{ij})}{Lna_{ij}}$	سنجه بعد فرکتال Fractal Dimension Index	
$\left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A_i}\right)^2\right]$	سنجه تقسیم شدن لکه‌های شهری Landscape Division Index (DIVISION)	
$\frac{n_i}{A_i} \times 10^4$	ریزدانگی Plot size (PS)	مورفولوژی Morphology

ساخته‌شده، پوشش گیاهی و زمین‌های بایر است. در فصل تابستان، زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی از کمترین میانگین دمایی و زمین‌های بایر از بیشترین میانگین دمایی برخوردار هستند. این نتایج با مطالعات دیگران از قبیل (Rasul *et al.*, 2016) مبنی بر اینکه جزایر سرد بهتر در فصل تابستان نمایش داده می‌شوند، تطابق دارد.

جزیره سرد شهری شده است. نقشه تغییرات دمایی شهر زنجان نشان می‌دهد که مطابق انتظار بالاترین میانگین دمایی مربوط به فصل تابستان و کمترین میانگین دمایی مربوط به فصل زمستان است. شهر زنجان در فصل تابستان دارای بیشترین اختلاف دمایی است که در نتیجه شرایط خاص محیطی، قرارگیری انواع مختلف زمین‌های

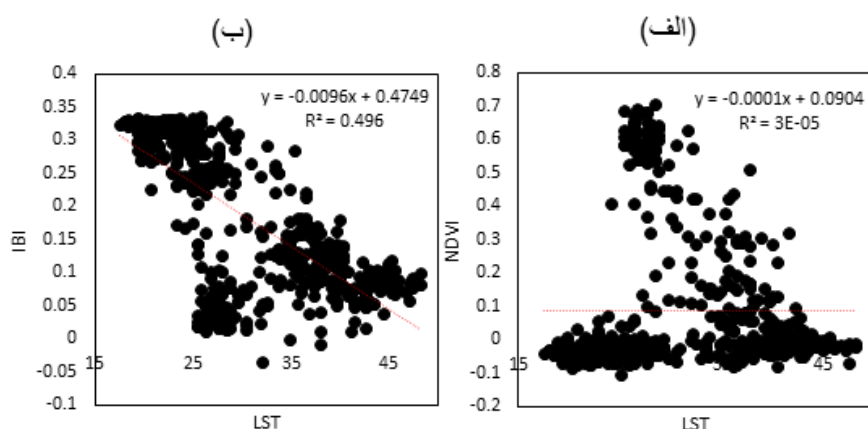


شکل ۲- تغییرات فصلی دمای سطح زمین
Fig. 2- Seasonal changes in land surface temperature

زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین یک رابطه برعکس و به نسبت قوی را نشان می‌دهد. بدین صورت که مقادیر بیشترین سنجه IBI مربوط به زمین‌های ساخته‌شده است که از کمترین دما برخوردار بوده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که زمین‌های ساخته‌شده در نواحی نیمه‌خشک سبب کاهش دمای سطح زمین می‌شوند. از دلیل‌های اصلی دمای پایین سطوح نفوذ ناپذیر شهری می‌توان به ظرفیت گرمایی بالاتر سطوح بتنی و نفوذ ناپذیر شهری نسبت به خاک و زمین‌های بایر اشاره کرد. همچنین، سطوح سفید و موادی که توان بازتابی بالایی دارند موجب می‌شوند که انرژی خورشید دوباره منعکس شده و مقدار جذب کاهش یابد و در نتیجه گسیل مندی این سطوح کاهش یابد (Akbari *et al.*, 2007). در نهایت ضریب همبستگی پیرسون بین پوشش گیاهی و زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن‌ها در سطح $P \leq 0.01$ معنادار هستند. نتایج نشان داده که میزان همبستگی بین زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین منفی و به نسبت بالا بوده است ($r=0.70$) و میزان همبستگی بین NDVI منفی و ضعیف ($r=-0.01$) بوده است.

رابطه دمای سطح زمین با زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی

تغییرات دمای سطح زمین تابعی از شرایط مختلفی است. در این پژوهش اثرهای دو نوع پوشش زمین‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی در تغییرات دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است. شکل شماره ۳ (الف) نمودار پراکندگی بین NDVI و دمای سطح زمین را در فصل تابستان نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، میزان همبستگی بین دمای سطح زمین و NDVI بسیار پایین بوده که دلیل آن افزون بر پایین بودن دمای پوشش گیاهی و تمرکز آن در یک قسمت خاص از شهر، دمای پایین زمین‌های غیر از پوشش گیاهی است که مقدار NDVI آن کمتر از صفر و نزدیک به آن است. بنابراین برخلاف مطالعات دیگران که بیان کرده‌اند که NDVI رابطه‌ای منفی و قوی با دما دارد (Weng *et al.*, 2004; Tran *et al.*, 2006)، در این پژوهش چنین اثر قوی مشاهده نمی‌شود. شکل شماره ۳ (ب) نمودار نقطه‌ای بین زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود



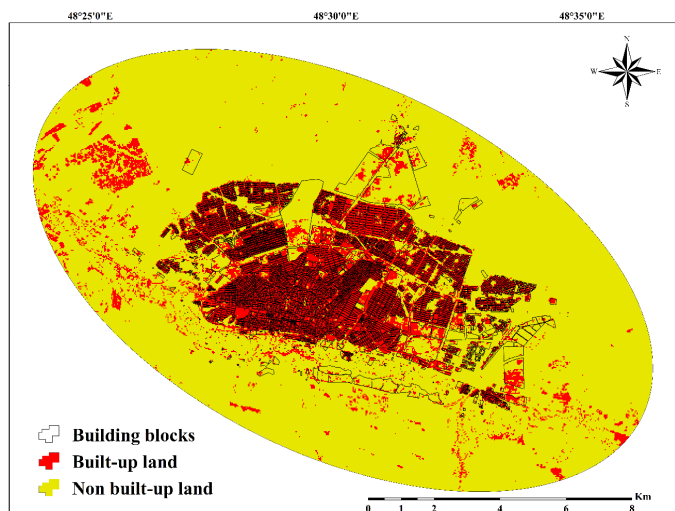
شکل ۳- نمودار نقطه‌ای رابطه بین پوشش گیاهی و زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین

Fig. 3- Scatter plots of the relationships between vegetation and built-up areas and the land surface temperature

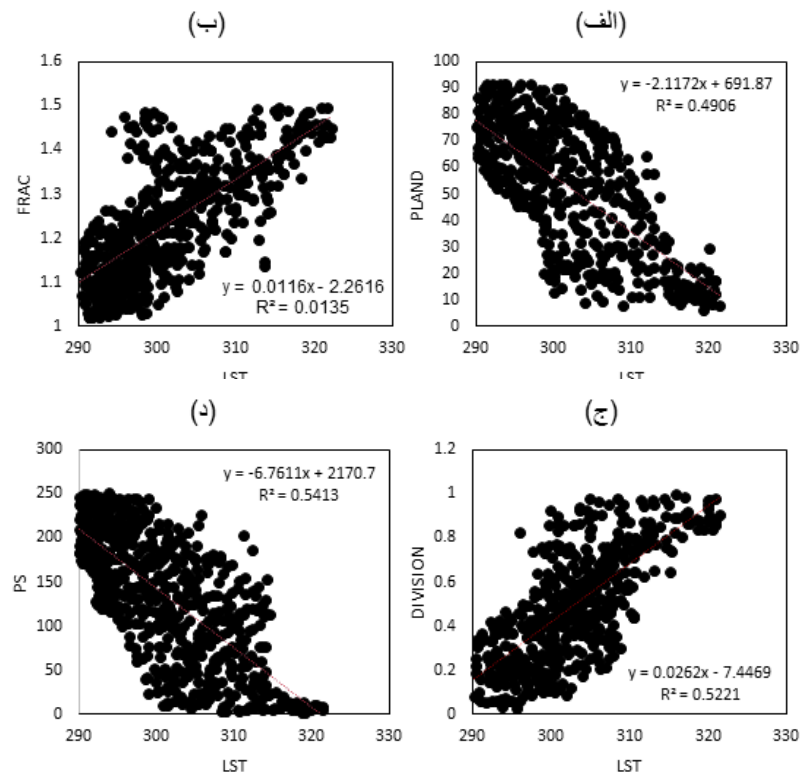
پس از تفکیک زمین‌های ساخته‌شده از زمین‌های ساخته نشده، با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین، اثرهای پیکربندی زمین‌های ساخته‌شده بر تغییرات دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان داد که رابطه معناداری در سطح $P=0.01$ بین دمای سطح زمین با سنج‌های سیمای سرزمین وجود دارد (شکل ۵). همان‌طور که در شکل ۵ (الف) مشاهده می‌شود درصد پوشش زمین‌ها (PLAND) در واقع بیان‌کننده این است که چگونه سیمای یک منطقه از یک نوع پوشش خاص ترکیب شده است. رابطه بین درصد پوشش زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین به صورت منفی است و

تأثیر ویژگی‌های پیکربندی و مورفولوژیکی بر تغییرات دمای سطح زمین

با توجه به همبستگی بالای بین زمین‌های ساخته‌شده و دمای سطح زمین و به منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر ویژگی‌های پیکربندی زمین‌های ساخته‌شده بر دمای سطح زمین، از سنج‌های سیمای سرزمین استفاده شده است. به منظور طبقه‌بندی زمین‌های ساخته‌شده و زمین‌های ساخته نشده از سنج IBI استفاده شد و برای تعیین حد آستانه بین زمین‌های ساخته‌شده و ساخته نشده از روش آستانه گذاری اتسو استفاده شد. نتایج این طبقه‌بندی برای جداسازی زمین‌های ساخته‌شده و ساخته نشده در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی زمین‌های ساخته‌شده
Fig. 4- Built-up land classification map



شکل ۵- نمودار نقطه‌ای رابطه بین ویژگی‌های پیکربندی و مورفولوژی با دمای سطح زمین
 Fig. 5- Scatter plots of the relationships between configuration and morphology characteristics and the land surface temperature

شده است. ارتباط بین این دو پارامتر با $R^2=0.51$ به نسبت بالا بوده است. نتایج این سنجه در این پژوهش نشان داده است که با افزایش پیچیدگی شکل زمین‌های ساخته شده و فاصله گرفتن آن از اشکال هندسی، دمای سطح زمین نیز افزایش پیدا کرده است. بیشترین میزان پیچیدگی این لکه‌های شهری در حاشیه‌های شهری اتفاق افتاده است. در نتیجه دمای بیشتری نیز در این مناطق اتفاق افتاده است. سنجه DIVISION بیانگر تکه‌تکه شدن و یا تقسیم لکه‌های شهری است. تکه‌تکه شدن یک نوع پوشش خاص می‌تواند میزان توزیع لکه‌ها را در سطح سیمای سرزمین نشان دهد. زمانی که اندازه لکه زمین‌های ساخته شده کوچک است، به آن معنی است که کلاس زمین‌های بایر و یا پوشش گیاهی در بین آن‌ها قرار گرفته است. با این تفسیر می‌توان نتیجه گرفت که هرچه میزان خرد شدن لکه زمین‌های ساخته شده بیشتر باشد و یا اینکه لکه‌های زمین‌های بایر در بین آن‌ها قرار گیرد، دمای سطح زمین افزایش می‌یابد. رابطه بین دمای سطح زمین و این سنجه در شکل ۵

این بدین معنی است که هرچه میزان درصد زمین‌های ساخته شده افزایش پیدا کند دمای سطح زمین کاهش پیدا می‌کند. همبستگی پیرسون بین درصد زمین‌های ساخته شده با دمای سطح زمین حاکی از همبستگی منفی به نسبت بالایی بین این دو پارامتر بوده است ($r=-0.7$). افزایش PLAND به معنای بزرگ بودن یک نوع لکه خاص است. در این پژوهش این سنجه بیانگر بزرگ بودن لکه‌های زمین‌های ساخته شده است که هرچه زمین‌های ساخته شده با اندازه بزرگتر باشند سبب کاهش دمای سطح زمین می‌شود و به نوعی تأیید کردن جزیره سرد شهری است. سنجه بعد فرکتال بی‌قاعدگی و پیچیدگی شکل لکه‌های شهری را فارغ از اندازه آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد (McGarigal *et al.*, 2012)، بدین صورت که هرچه شکل لکه‌های شهری از شکل‌های هندسی فاصله بگیرد می‌تواند اثرهای متفاوتی بر دمای سطح زمین داشته باشد. در این بخش اقدام به بررسی رابطه بین سنجه بعد فرکتال با دمای سطح زمین شد که نتایج آن در شکل ۵ (ب) نشان داده

از سنجه‌های سیمای سرزمین نیز مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه اثرهای هندسه و یا مورفولوژی شهری همچون ریزدانی قطعات نیز بر این پدیده بررسی شد. نتایج رابطه بین زمین‌های ساخته‌شده با دمای سطح زمین، نشانگر یک رابطه معکوس بوده که با تحقیقات رایج مخالف است که دلیل آن را می‌توان اثرهای زمین‌های ساخته‌شده بر کاهش دمای سطح زمین در نواحی نیمه‌خشک دانست. رابطه بین NDVI و دمای سطح زمین حاکی از همبستگی منفی و ضعیف این پارامتر با دمای سطح زمین بوده است که با نتایج مطالعات دیگران در میزان همبستگی، همخوانی ندارد که می‌تواند ناشی از پایین بودن دمای پوشش گیاهی و دمای پایین زمین‌ها غیر از پوشش گیاهی باشد ($NDVI \leq 0$). بررسی ویژگی‌های پیکربندی زمین‌های ساخته‌شده با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین نشان داد که هرچه میزان درصد قطعات زمین‌های ساخته‌شده افزایش یابد و یا اندازه این لکه‌ها بیشتر شود، دمای سطح زمین کاهش بیشتری نشان خواهد داد. همچنین هرچه قطعات، تکه‌تکه‌تر شده و یا شکل این تکه‌ها از اشکال هندسی فاصله بیشتری داشته باشد، دمای سطح زمین بیشتر خواهد شد. با توجه به نکات بالا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده اقدام به بررسی تاثیر ویژگی‌های بیوفیزیکی زمین‌های ساخته‌شده بر پدیده جزیره سرد شهری در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود.

پی‌نوشت‌ها

¹ Morphological

² Thematic Mapper

³ Index-based Built-up index

⁴ Normalized Difference Vegetation index

⁵ Standard Terrain Correction

⁶ World Reference System

⁷ Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral

⁸ Otsu

⁹ Percentage of Landscape area

Adeyeri, O.E., Akinsanola, A.A. and Ishola, K.A., 2017. Investigating surface urban heat island charac-

(ج) مورد بررسی قرار گرفته است و همانند دیگر سنجه‌ها نشان از همبستگی به نسبت بالا بین دو پارامتر است ($R^2 = 0.52$). به‌منظور نشان دادن اثرهای مورفولوژی شهری در این پژوهش، ریزدانی قطعات زمین در بلوک آماری مورد بررسی قرار گرفته است که در حقیقت افزایش ریزدانی به معنی افزایش فشردگی واحدهای ساختمانی در یک بلوک آماری است. افزایش فشردگی به معنی تنوع کمتر پوشش‌های مختلف و در نتیجه کاهش پیچیدگی شکل زمین‌های ساخته‌شده در یک بلوک آماری است. بیشترین فشردگی در مرکز شهر و برعکس، کمترین فشردگی در حاشیه شهر اتفاق می‌افتد. رابطه بین ریزدانی با دمای سطح زمین در سطح بلوک‌های آماری در شکل ۵ (د) با سطح معناداری $P = 0.01$ نشان داده شده است. نتیجه رابطه بین دمای سطح زمین و ریزدانی شهری گویای همبستگی به نسبت بالای بین این دو پارامتر است ($R^2 = 0.54$), بدین‌صورت که هرچه میزان فشردگی و یا ریزدانی افزایش پیدا کند دمای سطح زمین بیشتر کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

یکی از پدیده‌های مربوط به نواحی شهری مناطق اقلیمی معتدل، پدیده جزیره حرارتی می‌باشد که در آن نواحی مرکزی شهر، درجه حرارت بالاتری نسبت به محیط اطراف دارند. این پدیده در نواحی اقلیمی خشک و نیمه‌خشک به‌صورت برعکس است بدین‌صورت که نواحی مرکزی درجه حرارت پایین‌تری نسبت به نواحی اطراف دارند. به‌منظور بررسی این پدیده در نواحی خشک، شهر زنجان به‌عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش تأثیرات پوشش گیاهی و زمین‌های ساخته‌شده بر دمای سطح زمین مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین به‌منظور بررسی دقیقتر اثرهای زمین‌های ساخته‌شده بر پدیده جزیره سرد شهری، اثرهای پیکربندی زمین‌های ساخته‌شده با استفاده

منابع

teristics over Abuja, Nigeria: relationship between land surface temperature and multiple vegetation indices.

- Remote Sensing Applications: Society And Environment. 7, 57-68.
- Ahmed, S., 2018. Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over suesz governorate using remote sensing and Gis techniques. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 21, 15-25.
- Akbari, H., Menon, S and Rosenfeld, A., 2007. Global cooling: effect of urban albedo on global temperature (No. LBNL-63490). Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.
- Alchapar, N.L., Correa, E.N. and Cantón, M.A., 2014. Classification of building materials used in the urban envelopes according to their capacity for mitigation of the urban heat island in semiarid zones. Energy and Buildings. 69, 22-32.
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A. and Alavipanah, S.K., 2009. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. Remote Sensing of Environment. 113, 2606-2617.
- Artis, D.A. and Carnahan, W.H., 1982. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. Remote Sensing of Environment. 12, 313-329.
- Azhdari, A., Soltani, A. and Alidadi, M., 2018. Urban morphology and landscape structure effect on land surface temperature: evidence from Shiraz, a semi-arid city. Sustainable Cities and Society. 41, 853-864.
- Chander, G. and Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 Tm radiometric calibration procedures and post-calibration dynamic ranges. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 41, 2674-2677.
- Chander, G., Markham, B.L. and Helder, D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for landsat Mss, Tm, Etm+, and Eo-1 Ali Sensors. Remote Sensing of Environment. 113, 893-903.
- Chen, A., Yao, L., Sun, R. and Chen, L., 2014. How many metrics are required to identify the effects of the landscape pattern on land surface temperature?. Ecological Indicators. 45, 424-433.
- Chen, X. and Zhang, Y., 2017. Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in kunming of China. Sustainable Cities and Society. 32, 87-99.
- Chen, Y. and Yu, S., 2017. Impacts of urban landscape patterns on urban thermal variations in Guangzhou, China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 54, 65-71.
- Cibula, W., Zetka, E. and Rickman, D., 1992. Response of thematic mapper bands to plant water stress. International Journal of Remote Sensing. 13, 1869-1880.
- Connors, J.P., Galletti, C.S. and Chow, W.T.L., 2013. Landscape configuration and urban heat island effects: assessing the relationship between landscape characteristics and land surface temperature in Phoenix, Arizona. Landscape Ecology. 28, 271-283.
- Estoque, R.C. and Murayama, Y., 2015. Classification and change detection of Built-Up Lands from Landsat-7 Etm+ And Landsat-8 Oli/Tirs imageries: A Comparative Assessment of Various Spectral Indices. Ecological Indicators. 56, 205-217.
- Envi, 2009. Atmospheric Correction Module: Quac And Flaash User's Guide. Available online at: www.Exelisvis.Com/Portals/0/Pdfs/Envi/Flaash Module.Pdf (Accessed 19 December 2014).
- Ezimand, K., Kakroodi, A. A and Kiavarz, M., 2018. The development of spectral indices for detecting built-up land areas and their relationship with land-surface temperature. International Journal of Remote Sensing. 39(23), 8428-8449.
- Frey, C. M., Rigo, G. and Parlow, E., 2005. Investigation of the daily urban cooling island (uci) in two coastal cities in an arid environment: Dubai And Abu

- Dhabi (Uae). City. 81, 1-5.
- Gao, B.C., 1996. NdwI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 58, 257-266.
- Goward, S.N., Xue, Y. and Czajkowski, K.P., 2002. Evaluating land surface moisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements: an exploration with the simplified simple biosphere model. *Remote Sensing of Environment*. 79, 225-242.
- Gustafson, E.J., 1998. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*. 1, 143-156.
- Jimenez-Muñoz, J.C. and Sobrino, J.A., 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 108(D22), 1-8.
- Keshtkar, H. R., Azarnivand, H., Arzani, H., Alavipanah, S. K and Mellati, F., 2012. Land cover classification using IRS-1D data and a decision tree classifier. *Desert*. 17(2), 137-146.
- Kong, F. and Nakagoshi, N., 2006. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. *Landscape and Urban Planning*. 78, 147-164.
- Lausch, A. and Herzog, F., 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*. 2, 3-15.
- Lazzarini, M., Marpu, P.R. and Ghedira, H., 2013. Temperature-land cover interactions: the inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas. *Remote Sensing of Environment*. 130, 136-152.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X. and Wu, J., 2011. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: a case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*. 115, 3249-3263.
- Li, X., Zhou, W. and Ouyang, Z., 2013. Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: what are the effects of spatial resolution? *Landscape And Urban Planning*. 114, 1-8.
- Li, W., Bai, Y., Chen, Q., He, K., Ji, X. and Han, C., 2014. Discrepant impacts of land use and land cover on urban heat islands: a case study of Shanghai, China. *Ecological Indicators*. 47, 171-178.
- Markham, B.L. and Helder, D.L., 2012. Forty-year calibrated record of earth-reflected radiance from landsat: a review. *Remote Sensing of Environment*. 122, 30-40.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C and Ene, E., 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available online at www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.
- McGarigal, K., Cushman, S. A and Ene, E., 2012. FRAGSTATS v4: spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available online at <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- Meng, Q., Zhang, L., Sun, Z., Meng, F., Wang, L. and Sun, Y., 2018. Characterizing spatial and temporal trends of surface urban heat island effect in an urban main built-up area: a 12-year case study in Beijing, China. *Remote Sensing of Environment*. 204, 826-837.
- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G. and Munafò, M., 2016. The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of The Total Environment*. 551, 317-326.
- Nakata-Osaki, C.M., Souza, L.C.L. and Rodrigues, D.S., 2018. This-tool for heat island simulation: a Gis

- extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. *Computers, Environment and Urban Systems*. 67, 157-168.
- Oke, T., Johnson, G., Steyn, D. and Watson, I., 1991. Simulation of surface urban heat islands under 'Ideal' conditions at night part 2: diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology*. 56, 339-358.
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*. 7, 769-779.
- Oke, T.R., 1981. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*. 1, 237-254.
- Otsu, N., 1979. A Threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics*. 9, 62-66.
- Qin, Z., Karnieli, A. and Berliner, P., 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from landsat Tm data and its application to the Israel-Egypt Border Region. *International Journal of Remote Sensing*. 22, 3719-3746.
- Quan, J., Chen, Y., Zhan, W., Wang, J., Voogt, J. and Wang, M., 2014. Multi-temporal trajectory of the urban heat island centroid in Beijing, China based on a Gaussian volume model. *Remote Sensing of Environment*. 149, 33-46.
- Rasul, A., Balzter, H. and Smith, C., 2015. Spatial variation of the daytime surface urban cool island during the dry season in Erbil, Iraqi Kurdistan, from Landsat 8. *Urban Climate*. 14, 176-186.
- Rasul, A., Balzter, H. and Smith, C., 2016. Diurnal and seasonal variation of surface urban cool and heat islands in the semi-arid city of Erbil, Iraq. *Climate*. 4, 1-42.
- Rasul, A., Balzter, H., Smith, C., Remedios, J., Adamu, B., Sobrino, J., Srivanit, M. and Weng, Q., 2017. A review on remote sensing of urban heat and cool islands. *Land*. 6, 1-10.
- Ren, H. and Zhou, G., 2019. Estimating green biomass ratio with remote sensing in arid grasslands. *Ecological Indicators*. 98, 568-574.
- Ren, H., Zhou, G. and Zhang, F., 2018. Using negative soil adjustment factor in soil-adjusted vegetation index (Savi) for aboveground living biomass estimation in arid grasslands. *Remote Sensing of Environment*. 209, 439-445.
- Rouse Jr, J.W., Haas, R., Schell, J. and Deering, D., 1974. Monitoring Vegetation Systems In The Great Plains With Ert. A 3rd symposium held by NASA. Goddard Space Flight Center, 10th-14th December, Washington, USA.
- Shen, H., Huang, L., Zhang, L., Wu, P. and Zeng, C., 2016. Long-term and fine-scale satellite monitoring of the urban heat island effect by the fusion of multi-temporal and multi-sensor remote sensed data: a 26-year case study of the city of Wuhan in China. *Remote Sensing of Environment*. 172, 109-125.
- Sheng, L., Tang, X., You, H., Gu, Q. and Hu, H., 2017. Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and landsat land surface temperature in Hangzhou, China. *Ecological Indicators*. 72, 738-746.
- Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C. and Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from landsat Tm 5. *Remote Sensing of Environment*. 90, 434-440.
- Streutker, D.R., 2003. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*. 85, 282-289.
- Tran, D.X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S.W., Caetano, M. and Kieu, H.V., 2017. Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *Isprs Journal Of Photogrammetry and Remote Sensing*. 124, 119-132.

- Tran, H., Uchihama, D., Ochi, S. and Yasuoka, Y., 2006. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 8, 34-48.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. and O'neill, R.V., 2001. *Landscape Ecology In Theory And Practice: Patterns and Process*. Eua: Springer, Germany.
- Vlassova, L. and Perez-Cabello, F., 2016. Effects of post-fire wood management strategies on vegetation recovery and land surface temperature (Lst) estimated from landsat images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 44, 171-183.
- Weng, Q., Liu, H. and Lu, D., 2007. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban Ecosystems*. 10, 203-219.
- Weng, Q., Lu, D. and Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*. 89, 467-483.
- Weng, Q.A. and Yang, S., 2004. Managing the adverse thermal effects of urban development in a densely populated Chinese City. *Journal of Environmental Management*. 70, 145-156.
- Xie, Q., Zhou, Z., Teng, M. and Wang, P., 2012. A multi-temporal landsat Tm data analysis of the impact of land use and land cover changes on the urban heat island effect. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 10, 803-809.
- Xu, H., 2008. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 29, 4269-4276.
- Zhang, Y., Odeh, I.O.A. and Han, C., 2009. Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, Ndvi And Ndbi, using a Sub-Pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11, 256-264.
- Zullo, F., Fazio, G., Romano, B., Marucci, A. and Fiorini, L., 2019. Effects of urban growth spatial pattern (Ugsp) on the land surface temperature (Lst): A Study In The Po Valley (Italy). *Science of the Total Environment*. 650, 1740-1751.





Environmental Sciences Vol.18/ No.2/ Summer 2020

1-18

Analyzing the impacts of physical and morphological characteristics of built-ups on land surface temperature changes in semi-arid regions

Keyvan Ezimand¹, Hossein Aghighi^{*}, Davod Ashourloo¹ and Aref Shahi Aqbelaghi²

¹ Remote Sensing and GIS Center, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran

Received: 2019.01.09 Accepted: 2019.12.14

Ezimand, K., Aghighi, H., Ashourloo, D. and Shahi Aqbelaghi, A., 2020. Analyzing the impacts of physical and morphological characteristics of built-ups on land surface temperature changes in semi-arid regions. *Environmental Sciences*. 18(2): 1-18.

Introduction: Urbanization and urban growth have a significant impact on the natural and human environment as well as the climate at local and regional scales. For instance, the difference in the energy balance of the central and peripheral regions of cities stems from their physical characteristics and surface land cover. These characteristics in the temperate regions create the phenomenon of urban heat island, but they cause the phenomenon of the urban cold island in arid and semi-arid areas. The purpose of this study was to analyze the impacts of land-surface characteristics, land cover, built-up areas, and morphological characteristics on temperature changes in Zanzan city, Iran.

Material and methods: The dataset used in this study included Landsat-5 TM sensor images in 2010 and 2011 as well as statistical information at the level of building blocks. The methodology used in this study was to investigate the effects of different land covers on surface temperature. Then, to demonstrate the effects of built-up areas on surface temperature, the IBI method and Otsu threshold were used. To investigate the effects of the configuration of built-up areas on land surface temperature variations, landscape metrics such as Landscape Division Index, Fractal Dimension Index, and Percent cover of class areas were used. Finally, urban morphology has been investigated using Plot size (PS).

Results and discussion: The results of this research showed that among all seasons, the stronger cold island was detected in summer. Moreover, the results also showed that the cold island was much better presented in summer than other seasons. The scatter plots between the land surface temperature (LST) on one hand, and the built-up area as well as the vegetation land cover, on the other hand, illustrated indirect correlations where higher Pear-

^{*}Corresponding Author. *Email Address:* h_aghighi@sbu.ac.ir

son correlation coefficient was observed between LST and the built-up area ($r = - 0.704$). Among the landscape metrics, the highest positive correlation ($r = 0.72$) was observed between LST and the Landscape Division Index. Moreover, a high negative correlation was found between the characteristics of urban morphology or Plot size and the LST ($r = - 0.73$). The results of the Pearson correlation between land cover, configuration, and morphology characteristics and LST were quite significant ($P \leq 0.01$).

Conclusion: From this research, it can be concluded that the configuration and morphological characteristics of build-ups can model surface temperature variations better than the land cover.

Keywords: Cold urban island, Land cover, Configuration features, Morphological characteristics.

