



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۱، دوره ۵، شماره ۱، صص ۲۳۶-۲۲۵

بررسی ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی *NDVI* و *EVI* با دمای سطح زمین در

شهر تهران

مهرداد نوربخش^۱، امیر نظری نژاد^۲

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور *RS*، دانشگاه آزاد نور؛ مدیر عامل شرکت نقشه برداری البرز پیمایش طرح و

تدبیر: Mehrdad.noorbakhsh62@gmail.com

^۲ کارشناس ارشد *GIS*، دانشگاه آزاد رامسر: Amirnazarinejad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۳

چکیده:

شهرها به دلیل این که محل اصلی تجمع انسان‌ها هستند، به یکی از کانون‌های اصلی برای انجام تحقیق تبدیل شدند. یکی از مشکلاتی که امروز گریبانگیر شهر و به خصوص شهرهای بزرگ شده است، پدیده جزیره حرارتی شهر است. موارد زیادی در تغییرات فضایی جزیره حرارتی نقش دارد که از جمله آنها فعالیت‌های انسانی و تغییر در پوشش سطح زمین است که اغلب به کاهش فضای سبز می‌انجامد. شاخص‌های پوشش گیاهی متعددی توسعه داده شده است که در این تحقیق شاخص‌های *NDVI* و *EVI* مورد بررسی قرار گرفتند. دمای سطح زمین برای تاریخ ۲۷ مرداد ۱۴۰۰ با استفاده از الگوریتم تک‌کانال از تصاویر لندست بازیابی و شاخص‌های مذکور برای تاریخ فوق استخراج شدند. نتایج نشان داد که بیشتر سطح شهر را طبقه دمایی ۳۰۵-۳۱۰ درجه کلون پوشش داده است. با مقایسه شاخص‌ها و دمای سطح زمین مشخص شد که دمای سطح زمین و پوشش گیاهی رابطه عکس دارند، به گونه‌ای که در جنوب و شرق دما پایین‌تر و پوشش گیاهی بیشتر؛ اما این موضوع برای جنوب و غرب عکس این قضیه است. همچنین، رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص *EVI* برابر با ۲۳،۳۱- درصد بود و رابطه آن با شاخص *NDVI* در حدود ۲۴- درصد بود؛ این موضوع بیانگر این است که این دو شاخص با اختلافی جزئی شبیه به هم هستند.

کلیدواژه‌گان: دمای سطح زمین، تهران، الگوریتم تک‌کانال، *EVI*، *LST*



مقدمه:

دمای کره زمین در دهه های اخیر به طور مداوم افزایش یافته است، در ارتباط با جمعیت و رشد اقتصادی، و گرمایش جهانی به یک چالش بین المللی برای قرن بیست و یکم تبدیل شده است (Feng et al, 2019; Zhao et al, 2018). ریزاقلیم شهری به دلیل تغییرات کاربری اراضی و شهرنشینی سریع دستخوش تغییرات شدیدی شده است و سبب گرمایش جهانی شده است (Guo et al., 2020). جزیره گرمایی شهری (UHI) اثرات منفی جدی بر اکوسیستم های شهری و رفاه انسان دارد (Wu et al., 2019).

گزارش اخیر سازمان ملل متحد تخمین می زند که ۵۵ درصد از کل جمعیت جهان را شهرنشینان تشکیل می دهند و پروژه هایی را پیش بینی می کند که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت شهری به ۶۸ درصد افزایش یابد (Mukherjee & Singh, 2020). دمای سطح زمین (LST) یک پارامتر مهم در بررسی ویژگی های سطحی، تبادل انرژی سطحی و فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی سطح است و در حال حاضر به طور گسترده در خاک، هیدرولوژی، زیست شناسی و ژئوشیمی، شهری استفاده می شود (Tomlinson et al., 2011; Hao et al., 2016; Qiao et al, 2020). اگرچه داده های ایستگاه های هواشناسی زمینی وضوح زمانی بالاتری نسبت به داده های سنجنش از راه دور دارند، اما بکارگیری آنها در تحقیقات در مقیاس بزرگ دشوار است. دسترسی آسان، وضوح فضایی بهتر و پوشش فضایی بیشتر، محققان بیشتری را به استفاده از داده های سنجنش از دور برای اندازه گیری UHI ترغیب می کند.

با توجه به مسائل تغییرات آب و هوایی جهانی، دمای سطح زمین افزایش یافته است که بر کاربری زمین، پوشش زمین، مناطق پوشش گیاهی، منابع آب و غیره تأثیر گذاشته است (Solangi et al, 2019). گسترش حاصل از شهرهای مدرن از طریق تغییر در پوشش زمین شهری به سطوح مصنوعی بعنوان یک عامل کلیدی موجب شده است که LST محیط شهری نسبت به محیط اطراف آن افزایش می دهد (Mensah et al, 2020). بیشترین استفاده از شاخص طیفی در LST، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) است که در استخراج پوشش گیاهی سبز استفاده می شود (Guha & Govil, 2020). در این میان، اولین حوزه کاربردی

¹ Urban heat island

² Land surface temperature

³ normalized difference vegetation index

که بیشتر محققان بر مطالعه رابطه بین $ULST^1$ و فراوانی پوشش گیاهی تمرکز کرده‌اند (ZHANG *et al.*, ۲۰۰۹).

در این خصوص تحقیقات متعددی صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان برخی موارد اشاره نمود. در تحقیقی ارتباط دمای سطح زمین و ویژگی‌های محیطی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد بالاترین دما در محدود خاک لخت و مناطق مسکونی و پایین‌ترین دما در کاربری‌های باغ بود. بیشترین و کمترین مقدار دمای سطح مربوط به سازندهای پاینده-گورپی و آسماری بود (ولی و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای بین سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۸ در شهرستان ارسنجان انجام شد که نشان داد در طول دوره روند میزان شاخص پوشش گیاهی کاهش یافته اما روند تغییرات دما افزایش یافته بود. با توجه به نتایج، بیشترین همبستگی منفی بین پوشش زراعی و دمای سطح زمین به دست آمد که برابر با -0.94 بود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹). در یک مقاله پژوهشی تحلیل رابطه مکانی و زمانی بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص تراکم گیاهی نرمال شده ($NDVI$) و شاخص تراکم ساخته شده (BDI) در بالا-هیل، نایروبی کنیا بود. تغییرات پوشش زمین با تجزیه و تحلیل دو شاخص BDI و $NDVI$ نشان داده می‌شود. نتایج بیشترین افزایش دما را در بالای تپه تا 3.96 درجه سانتیگراد بین سالهای ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ نشان داد (Mwangi *et al.*, 2018). نتایج یک مقاله دیگر همبستگی منفی قوی بین LST و هر دو $NDVI$ و EVI را نشان داد. به طور کلی، کلاس‌های LCZ^3 با پوشش گیاهی پایین تر، LST در روز و شب بالاتر را نشان می‌دهند. کسر سطح ساختمان و سطوح غیرقابل نفوذ یک همبستگی مثبت با LST شبانه و کسر سطح گذرا یک همبستگی منفی با LST شبانه ارائه کردند (Ferreira & Duarte, 2019).

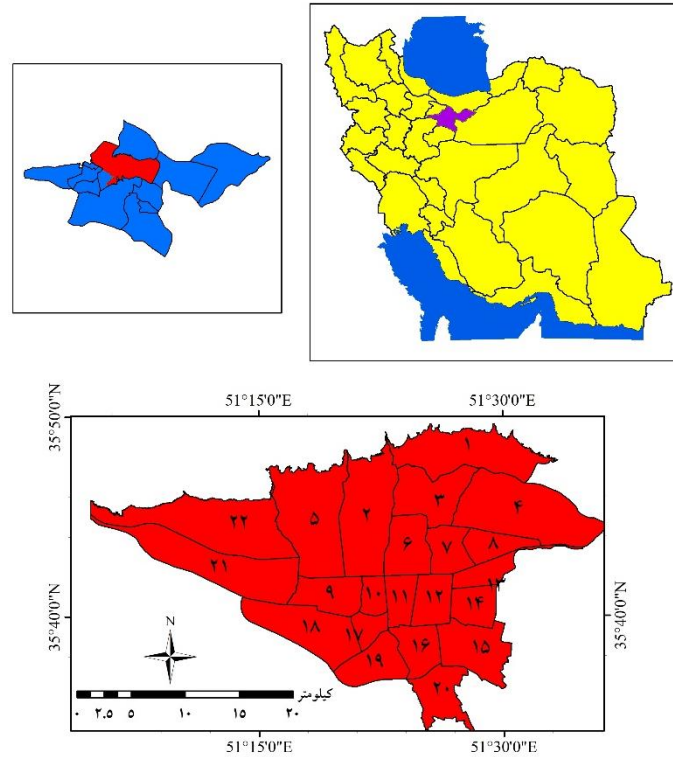
منطقه مورد مطالعه:

تهران به عنوان پایتخت ایران، بزرگترین و پرجمعیت‌ترین شهر ایران با ۹ میلیون نفر جمعیت دارد. جمعیت تهران از سال ۱۹۵۰ تقریباً ۱۰ برابر شده است. این شهر در شمال ایران و در جنوب رشته‌کوه البرز در طول جغرافیایی ۵۱ درجه تا ۴۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه ۵۱ دقیقه واقع شده است. ارتفاع شهر بین ۹۴۵ تا ۲۲۴۴ متر از سطح دریا متغیر است (Khoshnoodmotlagh *et al.*, 2020). شکل ۱ نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

¹ Urban land surface temperature

² Built-Up Density Index

³ local climate zones



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه (مرتضوی اصل و همکاران، ۱۴۰۰)

مواد و روش‌ها:

برای بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد که تاریخ این تصویر ۲۷ مرداد ۱۴۰۰ بود. بدین منظور، ابتدا پیش پردازش‌های مورد نیاز شامل تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفری انجام گرفت. پردازش‌های انجام گرفته شامل شاخص‌های پوشش گیاهی $NDVI^1$ و EVI^2 و برای دمای سطح زمین از الگوریتم تک کانل استفاده شد.

شاخص $NDVI$:

شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده از رابطه ۱ استخراج می‌شود. در این رابطه؛ NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز است (Hashemi-Darebadami et al., 2019).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

رابطه (۱)

¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Enhanced vegetation index

در این رابطه NIR بازتاب در باند مادون قرمز و Red بازتاب در باند قرمز.

شاخص EVI :

این الگوریتم برای مناطق با بیومس زیاد توسعه داده شده است. این الگوریتم اثرات تاج پوشش را بهبود می دهد و اثرات اتمسفری کاهش می دهد (Maleki et al., 2018). این شاخص با استفاده از رابطه ۲ بدست می آید.

$$NDVI = G * \frac{NIR - Red}{NIR + C1 * Red - C2 * Blue + L} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه $Blue$ بازتاب در باند آبی، $L=1$ ، $C2=7,5$ ، $C1=6$ و $G=2,5$ است.

دمای سطح زمین از الگوریتم تک کانال:

الگوریتم تک برای تعیین دمای سطح زمین استفاده شد. این الگوریتم توسط جیمز-مونز و همکاران ۲۰۱۴ و از باند حرارتی تصاویر لندست استفاده می کند و برای همه تصاویر لندست به یک شکل و با رابطه ۳ محاسبه می شود (Jiménez-Muñoz et al., 2014).

$$T_s = \gamma \left[\frac{1}{\epsilon} (\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، T_s دمای سطح زمین، ϵ توان تشعشعی سطح زمین و L_{sen} رادیانس در سطح سنجنده،

است. پارامترهای γ و δ از رابطه به ۴ محاسبه می شوند.

$$\gamma \approx \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma L_{sen}}; \quad \delta \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در این، T_{sen} دمای درخشندگی سطح سنجنده، b_γ (۱۳۲۴ برای لندست ۸) و ψ_1 ، ψ_2 ، ψ_3 توابع اتمسفری هستند که با توجه به رابطه ۵ برای لندست به ۸ دست می آیند (Maleki et al., 2019).

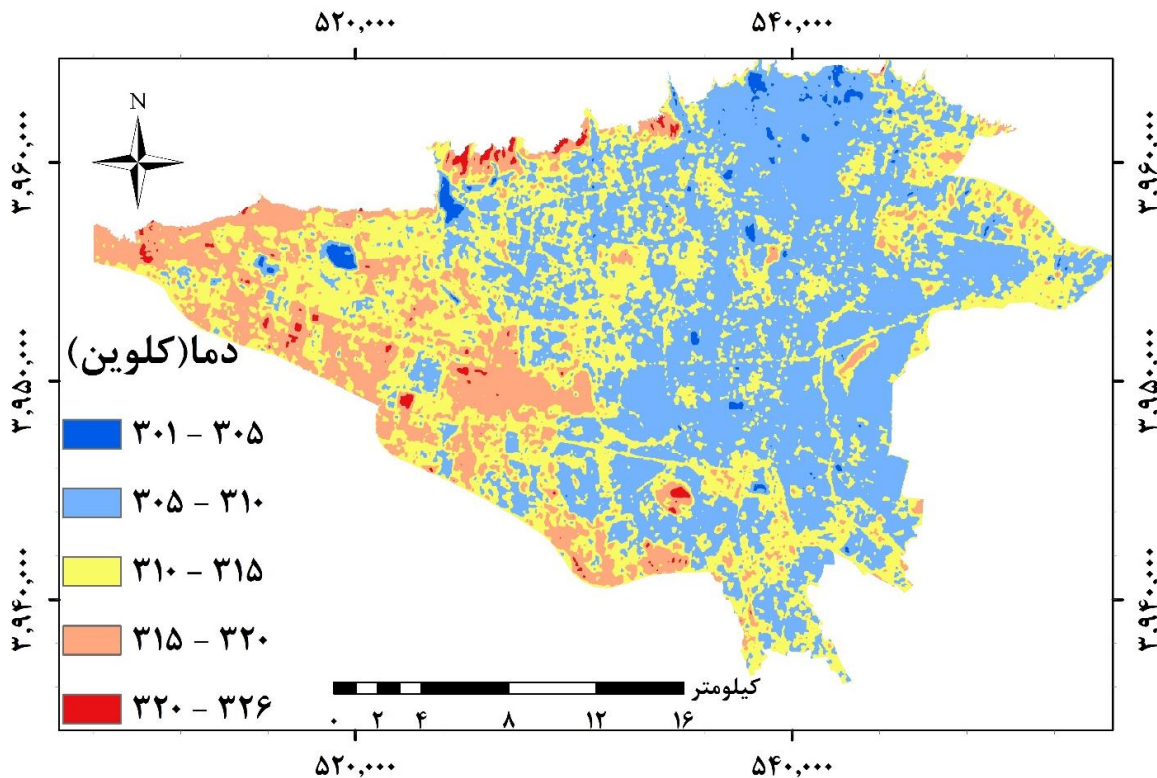
$$\begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.04019 & 0.02916 & 1.01523 \\ -0.38333 & -1.50294 & 0.20324 \\ 0.00918 & 1.36072 & -0.27514 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^2 \\ W \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در پایان برای بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی از ضریب تعیین استفاده شد.

نتایج:

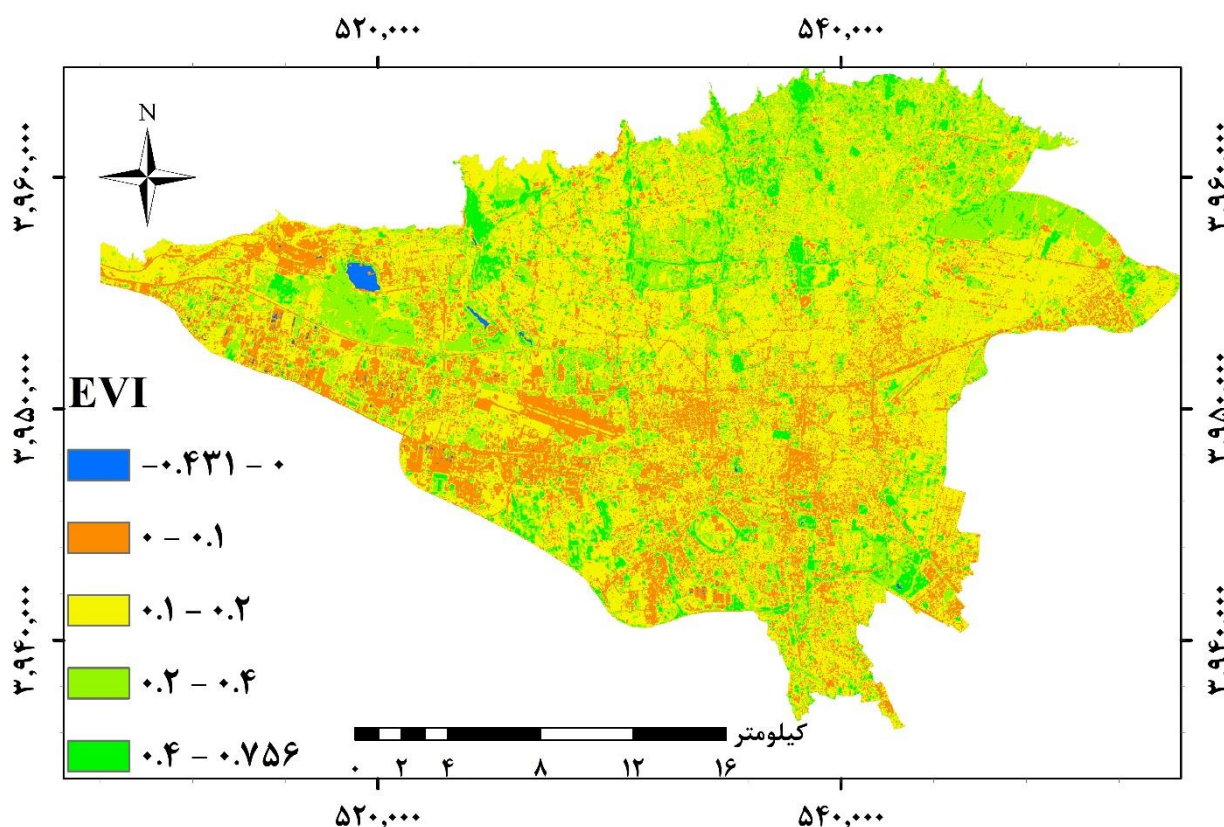
نتایج این مطالعه در سه بخش قابل بررسی است (۱) پراکنش و چگونگی تغییرات طبقات دمایی (۲) تغییرات فضایی شاخص‌های پوشش گیاهی (۳) رابطه بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی.

شکل ۲ نقشه دمای سطح زمین را نشان می‌دهد. مطابق این نقشه، دمای سطح زمین بین ۳۰۱ تا ۳۲۶ درجه کلون بود که طبقه دمایی ۳۰۵-۳۱۰ بزرگترین گستره فضایی را دارد و طبقات ابتدایی و انتهایی کمترین گستره فضایی را دربر گرفته‌اند. در یک تقسیم بندی دیگر، نیمه شرقی شهر خنک‌تر از نیمه غربی می‌باشد و در سوی دیگر شمال شهر شرایط خنکتری نسبت به جنوب شهر دارد.



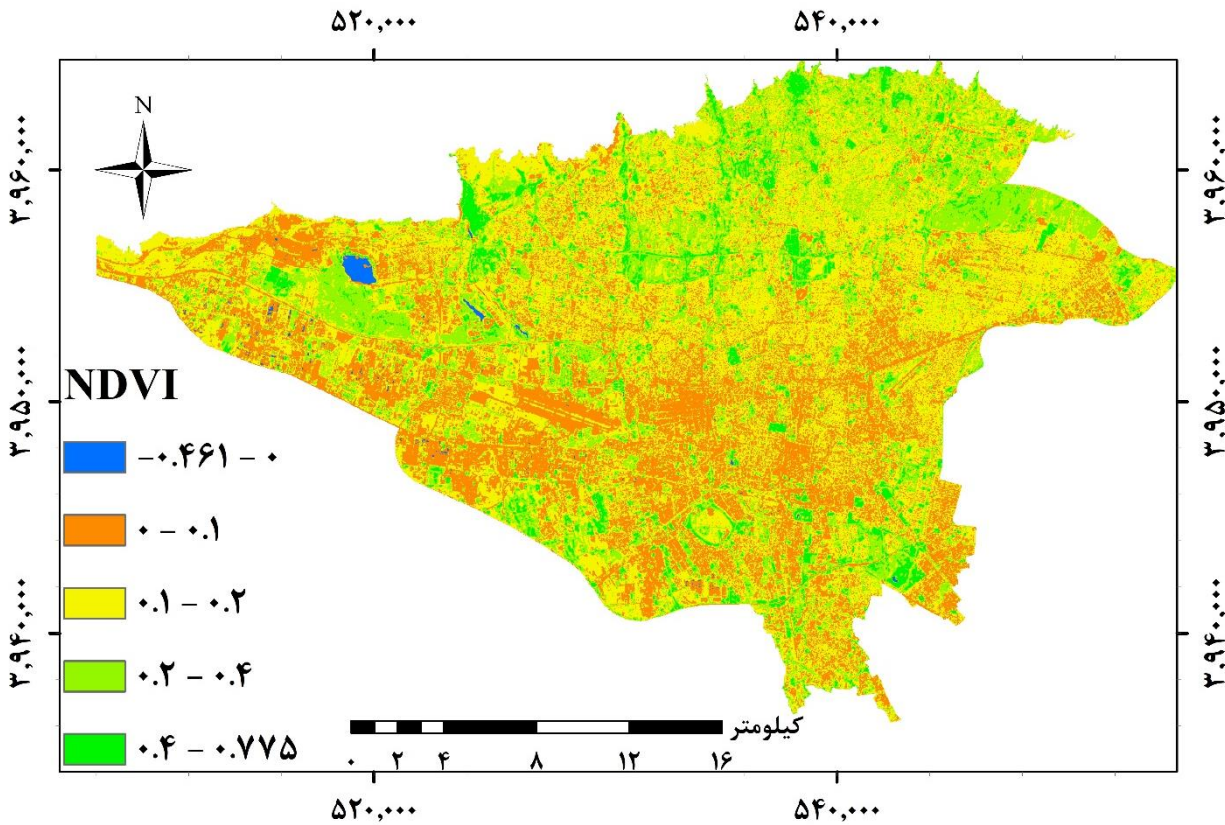
شکل (۲) نقشه دمای سطح زمین

برای پوشش گیاهی از دو شاخص *EVI* و *NDVI* استفاده شد که مقایسه ارزش‌های حاصل از آنها در این بخش انجام گرفت. شکل ۳ نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص *EVI* را نشان می‌دهد. ارزش‌های منفی در شکل غالباً پهنه‌های آب هستند که در نقشه نیز با رنگ آبی نشان داده شده‌اند. طبقه غالب در این شاخص، ارزش‌های بین ۰,۱ تا ۰,۲ است. مطابق اطلاعات حاصل از این شاخص، وضعیت پوشش گیاهی در شمال شهر بهتر از جنوب شهر و نیمه شرقی بهتر از نیمه غربی است.



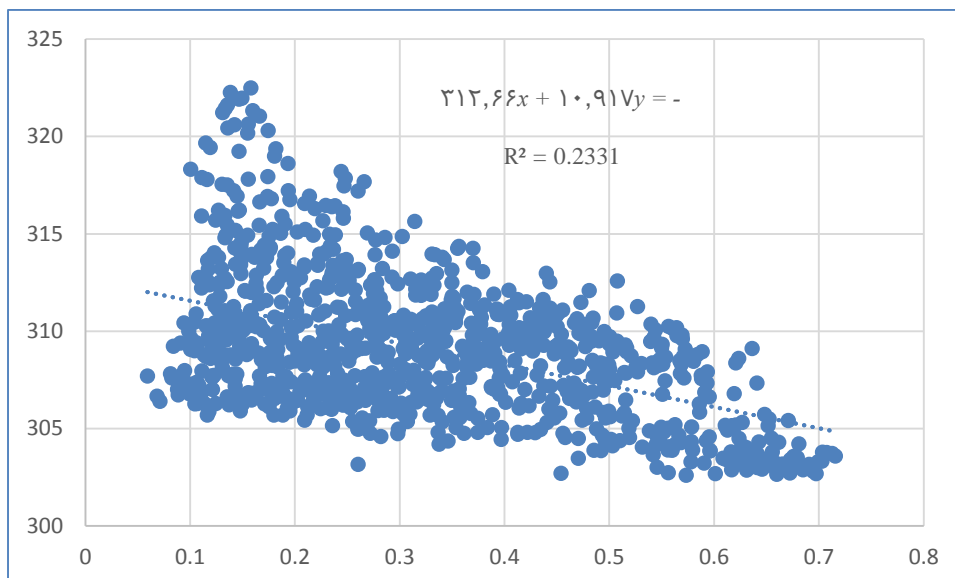
شکل (۳): نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص *EVI*

شاخص مورد استفاده دیگر، شاخص *NDVI* بود که نتایج حاصل از اعمال این شاخص در شکل ۴ ارائه شده است. اعداد منفی در این شاخص نیز پهنه‌های آب را نشان می‌دهد. تفاوت اولیه این نقشه نسبت به نقشه ۳ در این است که طبقه غالب در این نقشه ۰-۰,۱ است. در این نقشه نیز شمال نسبت به جنوب و شرق نسبت به غرب شهر وضعیت پوشش گیاهی بهتر دارند، با این تفاوت که شدت اختلاف بین مناطق کمتر از شاخص *EVI* است.



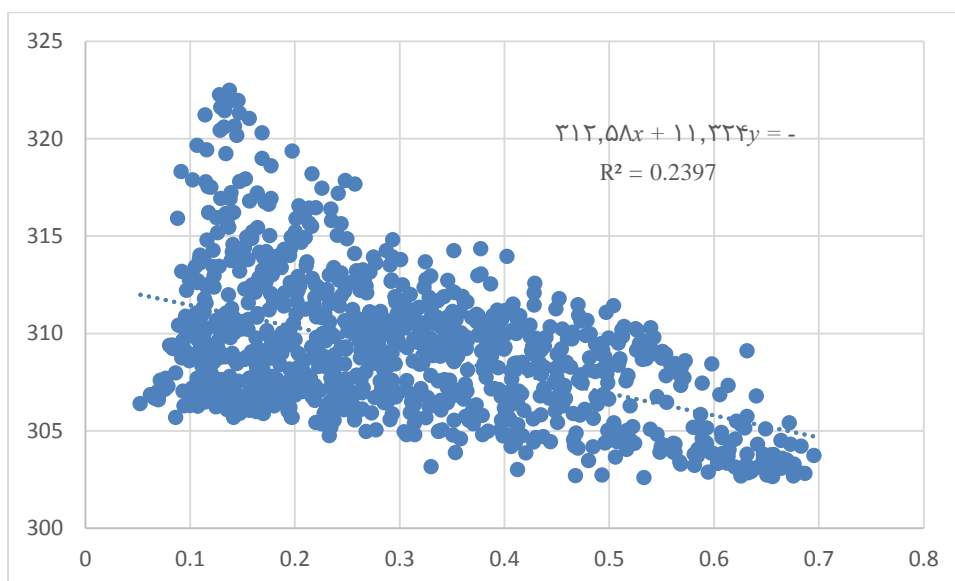
شکل (۳): نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI

ضریب تعیین یا ضریب تشخیص (*Coefficient Of Determination*) قدرت توضیح دهنده مدلی را نشان می‌دهد. ضریب تعیین نشان می‌دهد که چند درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. بیانگر میزان احتمال همبستگی میان دو دسته داده در آینده می‌باشد. شکل ۴ نمودار ضریب تعیین بین دمای سطح زمین و شاخص *EVI* را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار، میزان ضریب تعیین یا تشخیص برای این دو متغیر برابر با ۲۳٫۳۱ درصد بود که بیانگر این است که تا حدی کنترل دمای سطح زمین در شهر تهران در کنترل پوشش گیاهی است، اما این رابطه چندان قوی نمی‌باشد و دمای شهر تهران تحت تاثیر عوامل زیادی است.



شکل ۴ نمودار ضریب تعیین بین دمای سطح زمین و شاخص *EVI*

شکل ۵ نمودار ضریب تعیین بین دمای سطح زمین و شاخص *NDVI* را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار ضریب تعیین بین شاخص *NDVI* و دمای سطح زمین حدود ۲۴ درصد است. این مسئله مشخص می‌سازد که با وجود اینکه رابطه شاخص *NDVI* و دمای سطح زمین تا حدی قوی‌تر است، اما همانطور که گفته شد معیارهای متعددی در تعیین دمای سطح زمین موثر هستند.



شکل (۵) نمودار ضریب تعیین بین دمای سطح زمین و شاخص *NDVI*

نتیجه گیری:

دمای سطح زمین و به دنبال آن جزیره حرارتی شهر یکی از مسائلی است که متخصصان شهری به دنبال حل آن بعنوان یک چالش جهانی هستند. *LST* نتیجه فعل و انفعالات سطح و جو و شار انرژی بین زمین و جو روی زمین را منعکس می کند (Liu & Weng, 2009). از این رو می توان گفت که دمای سطح زمین تا حدی تحت تاثیر ویژگی های فیزیکی سطح زمین مانند نوع کاربری ارضی است و در سوی دیگر شار انرژی نیز تحت تاثیر ویژگی های جوی مانند آلودگی هوا قرار می گیرد. بنابراین بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر دمای سطح زمین، می تواند به کاهش دمای زمین و به تبع کاهش اثرات منفی دمای سطح زمین بینجامد.

پوشش گیاهی یکی از پوشش های سطح زمین است که در بیشتر شهرها، خصوصا شهرهای مناطق خشک و نیم خشک درصد کمی از سطح شهر را تشکیل می دهد. مطالعات نشان داده است که پوشش گیاهی تاثیر قابل ملاحظه ای بر کاهش میزان دمای سطح زمین دارد و معمولا پس از کاربری های آب در سطح شهر کمترین میانگین دمایی مربوط به پوشش گیاهی است (مرتضوی اصل و همکاران، ۱۴۰۰). از این رو بررسی رابطه پوشش گیاهی و دمای سطح زمین به یکی از جذابترین مسائل تحقیق در برنامه ریزی کاهش دمای سطح زمین و جزیره حرارتی تبدیل کرده است.

تعداد زیادی شاخص های پوشش گیاهی مبتنی بر پردازش تصاویر ماهواره ای توسعه یافته است که از جمله آنها می توان اشاره نمود به: شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی (*NDVI*)، شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک (*SAVI*)، شاخص کسر پوشش گیاهی (*RVI*)، شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته (*EVI*) و... هر یک از این شاخص ها داری ویژگی منحصر به فردی هستند. این مطالعه به بررسی تفاوت تاثیر دو شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی (*NDVI*) و شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته (*EVI*) بر پراکنش فضایی تغییرات دمایی سطح زمین پرداخت. نتایج بیانگر این موضوع بود که پراکنش فضایی دمای سطح زمین در شهر تهران نسبت عکس با پوشش گیاهی دارد، بطوری که دمای سطح زمین در جنوب بیشتر از شمال و در شرق بیشتر از غرب بود که این موضوع برای شاخص های عکس این قضیه است. رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص *EVI* برابر با ۲۳،۳۱- درصد بود و رابطه آن با شاخص *NDVI* در حدود ۲۴- درصد بود؛ این موضوع بیانگر این است که این دو شاخص با اختلافی جزئی شبیه به هم هستند.

¹ Soil Adjusted Vegetation Index

² Ratio Vegetation Index

منابع:

۱. ولی، عباسعلی، رنجبر، ابوالفضل، مکرم، مرضیه و تازی پناه، فریده. (۱۳۹۸). بررسی رابطه بین دمای سطح زمین، ویژگی های جغرافیایی و محیطی و شاخص های بیوفیزیکی با استفاده از تصاویر لندست. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*, ۱۰(۳), ۵۸-۳۵.
۲. ابراهیمی، علی، معتمدوزیری، بهارک، ناظم السادات، سید محمد جعفر و احمدی، حسن. (۱۳۹۹). بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*, ۱۱(۴), ۸۶-۶۵.
۳. مرتضوی اصل، سید کامیار، سعیدی رضوانی، نوید، رضایی و محمود. (۱۴۰۰). تاثیر کاربری اراضی بر پراکنش فضایی جزایر خنک در شهر تهران. *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی*, ۲(۶), ۳۳-۵۰.
۴. Liu, H., & Weng, Q. (2009). Scaling effect on the relationship between landscape pattern and land surface temperature. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(3), 291-304.
۵. Feng, Y., Wang, X., Du, W., Liu, J., & Li, Y. (2019). Spatiotemporal characteristics and driving forces of urban sprawl in China during 2003–2017. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118061.
۶. Ferreira, L. S., & Duarte, D. H. S. (2019). Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. *Urban Climate*, 27, 105-123.
۷. Guha, S., & Govil, H. (2020). Seasonal impact on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index in an urban landscape. *Geocarto International*, 1-21.
۸. Guo, A., Yang, J., Sun, W., Xiao, X., Cecilia, J. X., Jin, C., & Li, X. (2020). Impact of urban morphology and landscape characteristics on spatiotemporal heterogeneity of land surface temperature. *Sustainable Cities and Society*, 63, ۱۰۲۴۴۳.
۹. Hao, X., Li, W., & Deng, H. (2016). The oasis effect and summer temperature rise in arid regions-case study in Tarim Basin. *Scientific reports*, 6(1), 1-9.
۱۰. Hashemi Darebadami, S., Darvishi Bolorani, A., AlaviPanah, S. K., Maleki, M., & Bayat, R. (2019). Investigation of changes in surface urban heat-island (SUHI) in day and night using multi-temporal MODIS sensor data products (Case Study: Tehran metropolitan). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, ۱۹(۵۲), ۱۱۳-۱۲۸.
۱۱. Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal

- infrared sensor data. IEEE Geoscience and remote sensing letters, 11(10), 1840-1843.*
۱۲. *Khoshnoodmotlagh, S., Daneshi, A., Gharari, S., Verrelst, J., Mirzaei, M., & Omrani, H. (2021). Urban morphology detection and it's linking with land surface temperature: A case study for Tehran Metropolis, Iran. Sustainable Cities and Society, 74, 103228.*
 ۱۳. *Maleki, M., Ahmadi, Z., & Dosti, R. (2019). Kermanshah land surface temperature changes in during 1393-1397 periods. Geography and Human Relationships, 2(3), 309-319.*
 ۱۴. *MALEKI, M., TAVAKKOLI-SABOUR, S-M., & JAVAN, F. (2018). Analysis of the Effects of Dam Construction on Vegetation of Peripheral Areas in Different Heights and Slopes. Case: Sulayman Shah and Gushan Dam.*
 ۱۵. *Mensah, C., Atayi, J., Kabo-Bah, A. T., Švik, M., Acheampong, D., Kyere-Boateng, R., ... & Marek, M. V. (2020). Impact of urban land cover change on the garden city status and land surface temperature of Kumasi. Cogent Environmental Science, 6(1), 1787738.*
 ۱۶. *Mukherjee, F., & Singh, D. (2020). Assessing land use–land cover change and its impact on land surface temperature using LANDSAT data: A comparison of two urban areas in India. Earth Systems and Environment, 4(2), 385-407.*
 ۱۷. *Mwangi, P. W., Karanja, F. N., & Kamau, P. K. (2018). Analysis of the relationship between land surface temperature and vegetation and built-up indices in upper-hill, Nairobi. Journal of Geoscience and Environment Protection, 6(1), 1-16.*
 ۱۸. *Qiao, Z., Liu, L., Qin, Y., Xu, X., Wang, B., & Liu, Z. (2020). The impact of urban renewal on land surface temperature changes: a case study in the main city of Guangzhou, China. Remote Sensing, 12(5), 794.*
 ۱۹. *Solangi, G. S., Siyal, A. A., & Siyal, P. (2019). Spatiotemporal dynamics of land surface temperature and its impact on the vegetation. Civil Engineering Journal, ۵(۸), ۱۷۵۳-۱۷۶۳.*
 ۲۰. *Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. (2011). Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. Meteorological Applications, 18(3), 296-306.*
 ۲۱. *Wu, C., Li, J., Wang, C., Song, C., Chen, Y., Finka, M., & La Rosa, D. (2019). Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. Science of the Total Environment, 694, 133742.*
 ۲۲. *Zhang, X., Zhong, T., Feng, X., & Wang, K. (2009). Estimation of the relationship between vegetation patches and urban land surface temperature with remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 30(8), 2105-2118.*
 23. *Zhao, C., Jensen, J., Weng, Q., & Weaver, R. (2018). A geographically weighted regression analysis of the underlying factors related to the surface urban heat island phenomenon. Remote Sensing, 10(9), 1428.*