



بررسی تاثیر عوامل مورفولوژیک شهری بر جزایر حرارتی در شهرها نمونه موردی: شهر ارومیه (بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۱)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

### ایرج تیموری\*<sup>۱</sup>، اکبر اصغری زمانی<sup>۲</sup>، شبنم ترابی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری

#### چکیده :

مطالعه جزایر حرارتی و بررسی سازوکار یا مکانیسم های آن در برنامه ریزی شهری اهمیت زیادی دارد. این پدیده سبب می شود تابش ورودی طی روز در لایه ساختار شهری به دام افتاده و در هنگام شب باز تابیده شود و طی آن فراینده سرد شدن دمای طی شب با سرعت کمتری اتفاق می افتد. پژوهش حاضر بدنبال شناسایی عوامل ایجاد جزایر گرمایی در شهر ارومیه و تاثیر انواع کاربری های شهر بر میزان شدت جزایر حرارتی است. بدین منظور از داده های ماهواره ای لندست ۸ برای روز و سنجه استر ماهواره ترا برای بازه شب در دو دوره ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱ استفاده شد. مورفولوژی شهری با استفاده از فیش نت های ۱۰۰ متر در ۱۰۰ مطابق با شاخص مورفولوژی شهری استخراج گردید. همچنین از الگوریتم رفرنس چنل برای استخراج دمای سطح زمین استفاده شد. نهایتا از رگرسیون جنگل تصادفی برای بررسی میزان اثر هر کدام متغیرها استفاده شد. یافته های مدل رگرسیون جنگل تصادفی در بالاترین حالت توانست ۷۲ درصد از رفتار پدیده جزیره حرارتی شهر ارومیه را طی بازه روز در تابستان ۲۰۲۱ برآورد کند. کمترین حالت برآورد کنندگی مدل برای بازه شب تابستان ۲۰۱۵ با ۵۵ درصد می باشد. ضریب اهمیت متغیرهای شاخص مورفولوژی شهری در مدل بدست آمده رگرسیونی متفاوت بوده ولی برای بازه شب مهمترین متغیر اثر گذار در تابستان ۲۰۱۵، نور شب با ضریب اهمیت ۲۵/۹۲ و در تابستان ۲۰۲۱ شاخص پوشش گیاهی با ضریب اهمیت ۳۲/۴۶ بود.

واژگان کلیدی : جزایر حرارتی شهری ، جنگل تصادفی ، مورفولوژی شهری، ارومیه

## مقدمه

جزایر حرارتی شهری (UHI) جزو معمولی ترین پدیده های شهری محسوب می شوند که در آن ها برخی از مناطق شهری بخصوص مراکز شهرها چند درجه از مناطق اطرافشان گرم تر می باشند (Voogt & Oke, 2003, 371). مطالعه این پدیده و بررسی ساز و کار یا مکانیسم آن برای برنامه ریزی های شهری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است این مساله باعث می شود تابش ورودی در طی روز در لابه لای ساختار شهری به دام بفتد و در هنگام شب باز تابیده شود که طی آن فرایند طبیعی سرد شدن دما طی شب با سرعت کمتری اتفاق می افتد در نتیجه دمای هوای شهرها به طور معمول از دمای هوا در مناطق حومه ای بالاتر می رود در واقع می توان گفت شدت جزایر حرارتی به عوامل متعددی وابسته بوده که می توان به عواملی نظیر ویژگی های هواشناسی، توپوگرافی، کاربری و پوشش اراضی سطح شهرها، شکل شهرها، خواص مواد شهری، نور شب و... اشاره کرد (Sobrino & et al, 2004: 377 and EPA, 2008 and Solecki, 2004: 10). جزایر حرارتی اثرات مختلفی را بدنبال دارد که می توان به افزایش مصرف انرژی، افزایش انتشار گاز های آلاینده و تغییرات اقلیمی و نهایتاً به خطر افتادن سلامت انسان ها اشاره کرد. پژوهش های مختلفی جزایر حرارتی در شهرها را مورد بررسی و مطالعه قرار داده اند که می توان به موارد زیر اشاره کرد امیری و همکاران (۱۳۸۶) به تغییر پذیری فضایی زمانی حرارت در زمینه کاربری پوشش شهر تبریز پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که گرم ترین طبقه پوشش در سال ۱۹۹۸ مربوط به کاربری مسکونی بوده که طی سال ۲۰۰۱ پوشش اراضی بایر گرمترین نقاط محسوب می شدند. شکیبا و همکاران (۱۳۸۸) نیز با مطالعه رابطه میان حرارات سطح و شاخص پوشش گیاهی اثر تعدیل کننده گی دمایی پوشش گیاهی در شهر تهران را نشان دادند. در مطالعه دیگری نیز صادقی نیا و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تغییرات جزایر حرارتی تهران در بازه ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ نشان دادند که مساحت جزایر حرارتی افزایش یافته و نواحی غرب و جنوب غرب منطقه ۲۱ و ۲۲ تهران بخاطر کمبود پوشش گیاهی و بالا بودن کاربری های کارگاهی - صنعتی و انبارداری و فرودگاه جزایر حرارتی شدیدی را دارند. از طرف دیگر هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی توزیع مکانی و گرادیان تغییرات دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی در مناطق تهران حداکثر دمای مشاهده شده را در پهنه های کوهستانی شرق و پهنه های صنعتی غرب تهران نشان دادند. در همین راستا، فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان دادند که مناطق با پوشش گیاهی زیاد و پوشیده از آب دمای کم و مناطق با پوشش گیاهی کم و خاک لخت دمای بالایی را دارند. همچنین ولی زاده کامران و همکاران (۱۳۹۶) نیز در پژوهشی نشان دادند که موثرترین عامل در ایجاد جزایر حرارتی در محدوده شهر زنجان به ترتیب شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و ارتفاع می باشند. در پژوهش دیگری نیز اسدی و همکاران (۱۳۹۹) این مساله را نشان دادند که پس از کاربری های صنعتی، زمین های سازمانی (اراضی بایر و یا دارای پوشش آسفالت بزرگترین عامل در ایجاد و تشدید جزایر حرارتی بشمار می روند. در پژوهش دیگر حلبیان (۱۳۹۹) نیز در شهر شیراز نشان داد که اراضی بایر پیرامون شهر دارای بالاترین دما می باشد. پژوهش ایشان همچنین نشان داد که رشد نابسامان شهر و کاهش پوشش گیاهی مهم ترین عامل در گسترش جزیر گرمایی (به میزان ۳۶٪) بوده است. پژوهش های خارجی نیز کمابیش نتایج مشابهی را با پژوهش های داخلی بدست آوردند. برای مثال؛ ژیانو و مودی (۲۰۰۵) نیز نشان داده اند که الگوی توزیع پراکندگی جزایر حرارتی در مناطق شهری با الگوی توزیع پوشش اراضی رابطه مستقیم دارند.

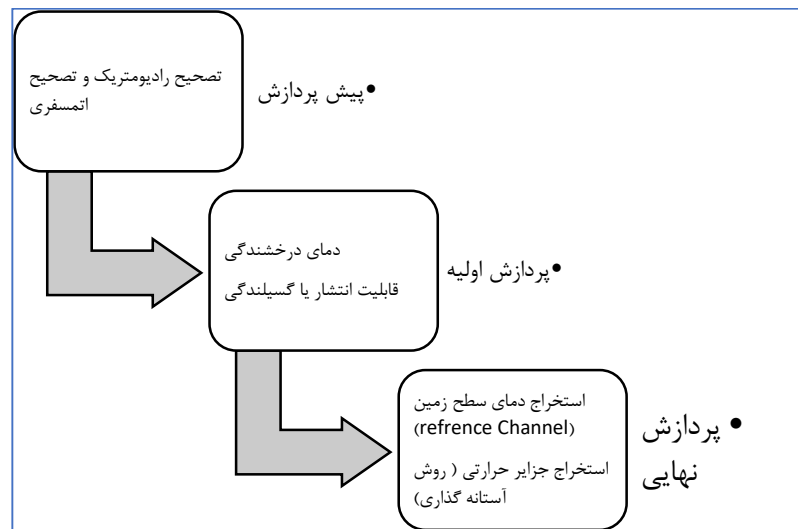
همینطور ونگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز نتیجه گرفته اند که میزان دما با سطوح نفوذ ناپذیر (آسفالت) رابطه مثبت و با اراضی با پوشش گیاهی و سبز و متراکم رابطه منفی دارد. در پژوهش سابرینو و همکاران (۲۰۱۳) نیز این مساله نشان داده شده است بطوریکه ایشان نشان دادند نواحی شهری دارای دمایی با اختلاف ۵ درجه کلون نسبت به اطراف می باشد که این مقدار در شب به ۱ درجه کلون کاهش می یابد. در تحقیق دیگری نیز راسفوم و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که خصوصیات کالبدی شهر تاثیر قابل توجهی بر بزرگی جزیره گرمایی شهری به ویژه نسبت به منطقه و نسبت به پوشش گیاهی دارد. کودزی و موونگوی (۲۰۱۹) طی پژوهشی نتیجه گرفتند که نور شب در شدت جزایر حرارتی شهر طی شب در زیمباوه اثر معنی داری دارد. در همین راستا شهر ارومیه به عنوان مرکز استان آذربایجان غربی و به عنوان دومین شهر پر جمعیت شمال غرب کشور بخاطر توسعه شتابان شهری و افزایش جمعیت با مشکلات عدیده محیط زیستی منجمله جزایر حرارتی مواجه می باشد. علیهذا؛ با عنایت به مباحث طرح شده و همچنین در راستای پژوهش های قبلی هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تاثیر عوامل مورفولوژیک شهر بر جزایر حرارتی در شهر ارومیه می باشد که در واقع پژوهش بدنبال شناسایی عوامل ایجاد جزایر گرمایی در شهر ارومیه و تاثیر انواع کاربری های شهر بر میزان شدت جزایر حرارتی است.

روش شناسی پژوهش

نحوه محاسبه دمای سطح زمین بازه شب

برای این منظور از روش (Reference Channel) به شرح شکل (۱) در نرم افزار Envi استفاده شد.

شکل (۱) مراحل پردازش و استخراج جزایر حرارتی



در مرحله پردازش اولیه دمای درخشندگی با استفاده از فرمول های (۱) و (۲) بدست آمد .

فرمول (۱) دمای درخشندگی

$$bt = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{\lambda_{sen}} + 1\right)}$$

که در آن (bt) دمای روشنایی بر حسب کلونین، ( $k_1$  و  $k_2$ ) ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا و ( $\lambda_{sen}$ ) معادل رادیانس می باشد. همچنین به منظور استخراج دمای سطح زمین در بازه شب از روش (Reference Channel) استفاده شد. این روش فرض بر آن دارد که قابلیت انتشار و یا گسیلندگی در یک کانال دارای مقدار ثابتی برای تمامی پیکسل ها است و با فرض داشتن مقدار ( $E$ ) پارامترهای جوی ( $L_u$  و  $L_d, \tau_r$ ) دمای سطح زمین با فرمول (۲) به شرح زیر بدست می آید.

فرمول (۲)

$$T_s = \frac{C_2}{\lambda_r Ln \left[ \frac{\varepsilon_r C_1}{L_r \lambda_r^2 \pi} + 1 \right]}$$

که در آن  $(l_r)$  رادیانس محاسبه شده توسط سنسور بوده و  $(\lambda_r)$  طول موج کانال مرجع می باشند. مقادیر  $(C_1)$  و  $(C_2)$  نیز به شرح فرمول (۳) بدست می آیند.

فرمول (۳) نحوه محاسبه مقادیر  $(C_1)$  و  $(C_2)$

$$C_1 = 1.191 * 108 (W \mu m^2 sr^{-1} m^{-2})$$

$$C_2 = 1.439 * 104 \mu m K$$

از دمای سطح زمین بدست آمده برای محاسبه گسیلندگی کانال های باقی مانده به شرح فرمول (۴) استفاده شد.

فرمول (۴) گسیلندگی باندهای باقی مانده

$$\varepsilon_r = \frac{\frac{L_j - L_u}{\tau_r} - L_d}{B_i(T_s) - L_d}$$

که در آن  $(\varepsilon_r)$  گسیلندگی باند مربوطه ،  $(L_u, L_d, \tau_r)$  به ترتیب  $(\tau_r)$  ضریب گذردهی معادل (Transmittance) و  $(L_u)$  معادل انگلیسی (Atmospheric up-welling) و  $(L_d)$  معادل انگلیسی (Atmospheric down-welling) می باشد. این مراحل در نرم افزار Envi انجام شد. با توجه به این امر که بیشترین تابش طول موج بلند زمین در محدوده ۹/۶۶ اتفاق می افتد به همین دلیل باند ۱۲ Aster مورد استفاده قرار گرفت.

### روش آستانه گذاری

در نهایت به منظور استخراج جزایر حرارتی از روش آستانه گذاری به شرح فرمول (۵) استفاده شد. که در این فرمول (T) نشانگر دمای سطح زمین ،  $(\mu)$  نشانگر میانگیم دمای سطح زمین و  $(a)$  بیانگر انحراف معیاری باشد.

فرمول (۵) روش آستانه گذاری (Labib & et ak, 2022:4)

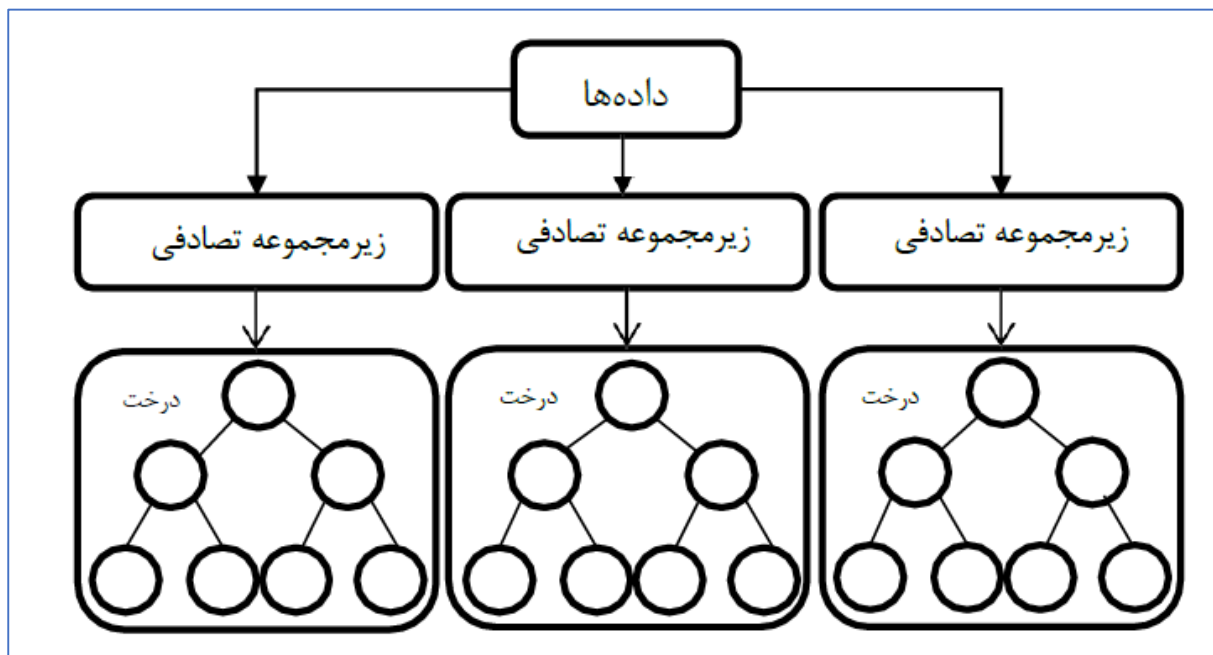
$$T > \mu + 0.5 a$$
$$0 < T \leq \mu + 0.5 a$$

$$UHI = LST - (\mu + 0.5 a)$$

### رگرسیون جنگل تصادفی

این روش یک الگوریتم یادگیری ماشین با قابلیت استفاده آسان می باشد و اغلب نتایج بسیار خوبی را بدست می آورد که برای اولین بار توسط برایمن ارائه شده است (Yesilkanat, 2020:3). این روش از جمله روشهای نظارت شده است که هم برای رگرسیون و هم برای دسته بندی قابل استفاده بوده و براساس توسعه درخت تصمیم ارائه شده است (Makhija & et al, 2021L 258). وقتی که متغیرهای پژوهش نسبی - فاصله ای باشند از درخت رگرسیونی و زمانی که این متغیرها اسمی - رتبه ای باشند از درخت های طبقه بندی استفاده می شود (Mahajan & et al, 2021:400). در این رگرسیون هیچ یگ از داده های انتخابی از نمونه های ورودی برای تولید زیر مجموعه بعدی حذف نمی شود (میر هاشمی و همکاران، ۱۳۹۸:۴۳). شکل (۲) جنگل تصادفی متشکل از سه درخت تصمیم را نشان می دهد .

شکل (۲) جنگل تصادفی متشکل از سه درخت تصمیم

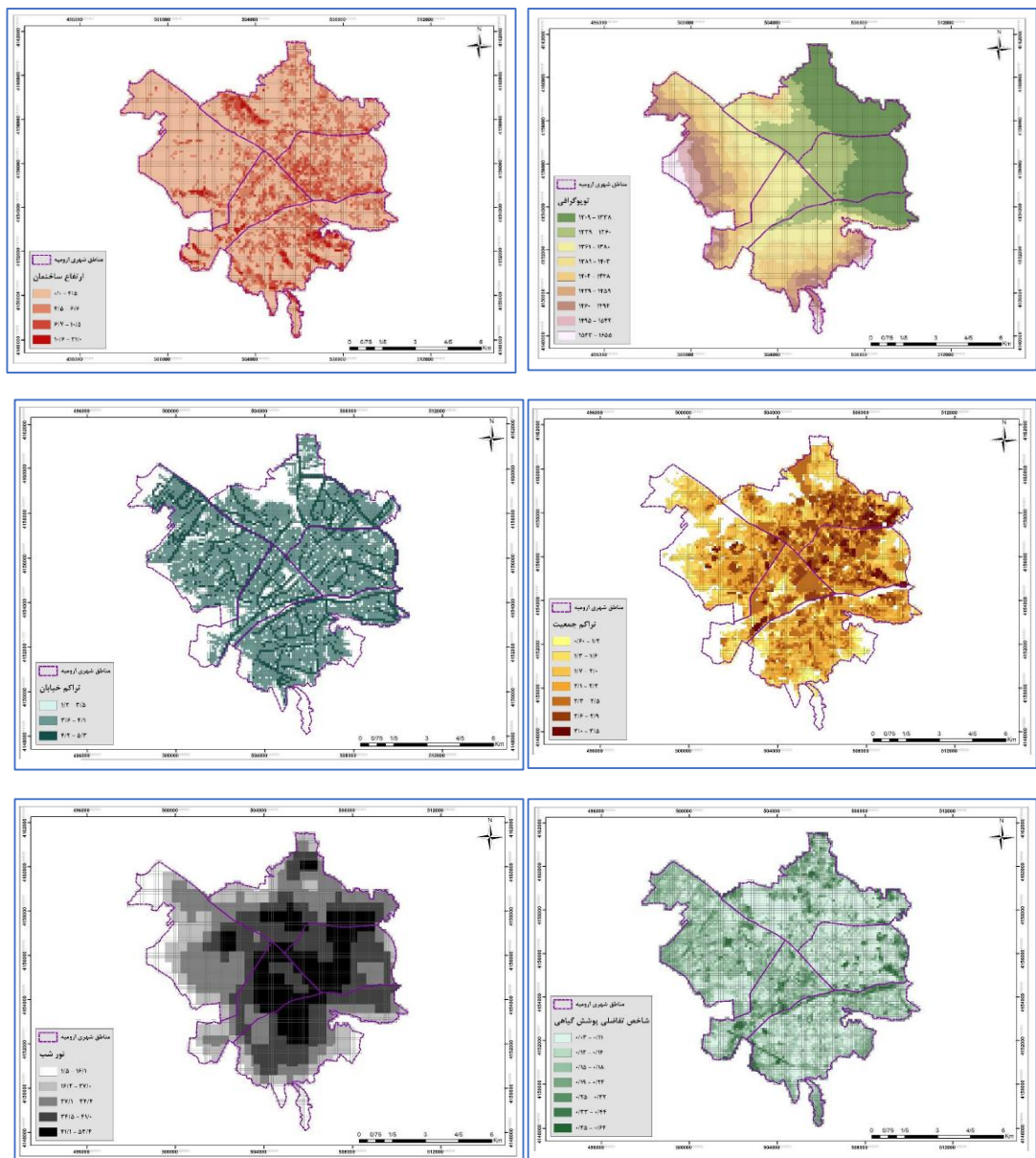


رگرسیون جنگل تصادفی به منظور بررسی اهمیت تو تاثیر شاخص های مختلف مورفولوژی شهری در مدلسازی دمای سطح زمین شب و روز در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور از نرم افزار ۲ استفاده شد. در این پژوهش به منظور استخراج اهمیت متغیرهای از پارامترهای *mtree* و *mtree* در محیط نرم افزار استفاده شد. در این پژوهش چون با افزایش تعداد درخت تغییر زیادی در درجه تبیین کنندگی مدل با توجه به متغیرهای پژوهش حاصل نشد، پارامتر *mtree* برای مدل پژوهش برابر با ۳۰۰ در نظر گرفته شد. مطابق با تعداد متغیرهای پژوهش مقدار *mtree* نیز برابر با ۳ در نظر گرفته شد.

#### داده های مورد استفاده

شاخص مورفولوژی شهری پژوهش حاضر شامل سرانه کاربری خیابان، تراکم جمعیت، توپوگرافی، نور شب، پوشش گیاهی و ارتفاع ساختمان می باشد. به منظور استخراج این شاخص ها از فیش نت های ۱۰۰ \* ۱۰۰ برای شهر ارومیه استفاده شد. و به منظور استخراج داده های مربوط به لایه خیابان از داده های موجود در *Open street map* استفاده شد. همچنین تراکم جمعیت در سطح بلوک های آماری شهر ارومیه در سال ۱۳۹۵ استخراج شد. جهت تولید شاخص ارتفاع ساختمان از لایه های طرح تفصیلی شهر ارومیه و برای تهیه نقشه توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاعی *Aster* استفاده شد.

شکل (۳) لایه های مورد استفاده برای تهیه شاخص مورفولوژی شهری





به ترتیب از بالا سمت راست ؛ لایه توپوگرافی، ارتفاع ساختمان ها ، تراکم جمعیتی، تراکم خیابان، شاخص پوشش گیاهی، نور شب ( منبع ؛ نگارندگان)

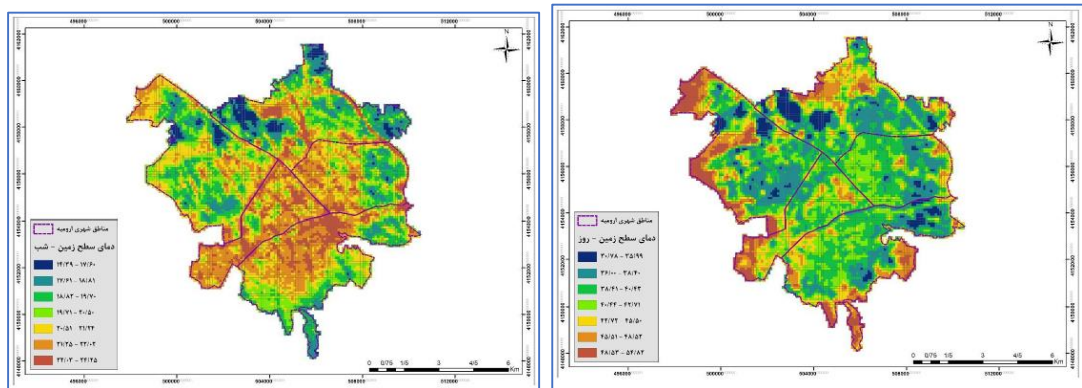
### یافته های پژوهش

### یافته های توصیفی

### دمای سطح زمین تابستان ۲۰۱۵

شکل (۴) تصویر دمای سطح زمین را در روز ( شکل ۴- سمت راست ) و در شب (شکل ۴- سمت چپ) برای تابستان ۲۰۱۵ نشان می دهد. بر طبق یافته های پژوهش میانگین دمای سطح زمین در بازه روز تابستان ۲۰۱۵ شهر ارومیه برابر با ۴۱/۵۲ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۴/۱۳ درجه سانتی گراد بدست آمد.

### شکل (۴) دمای سطح زمین در روز (سمت راست) و در شب (سمت چپ) تابستان ۲۰۱۵

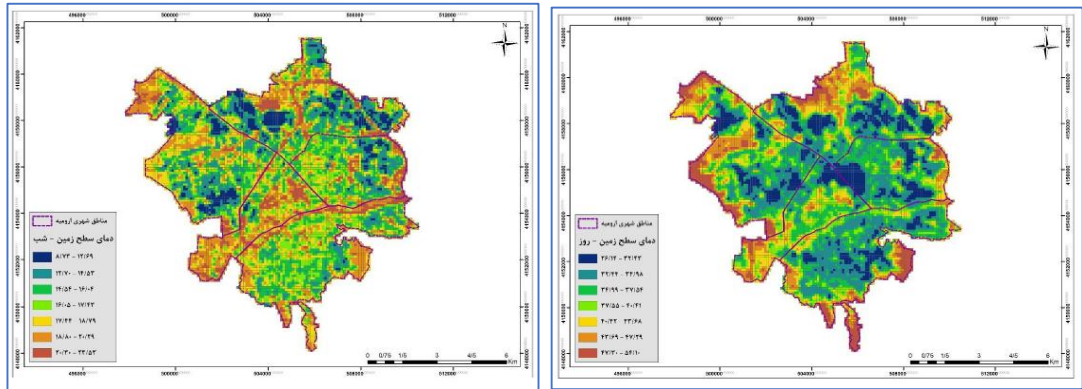


طبق یافته های پژوهش برای بازه شب تابستان ۲۰۱۵ میانگین دمای سطح زمین برابر با ۲۰/۴۴ درجه سانتی گراد با انحراف معیار ۱/۳۶ درجه سانتی گراد می باشد. همانطوریکه شکل (۴) نیز نشان می دهد دمای سطح زمین در مرکز شهر در بازه شب بالاتر از نواحی پیرامونی و در حدود ۲۴ درجه سانتی گراد بوده است.

### دمای سطح زمین تابستان ۲۰۲۱

شکل (۵) تصویر دمای سطح زمین را در روز ( سمت راست ) و در شب (سمت چپ) برای تابستان ۲۰۲۱ نشان می دهد.

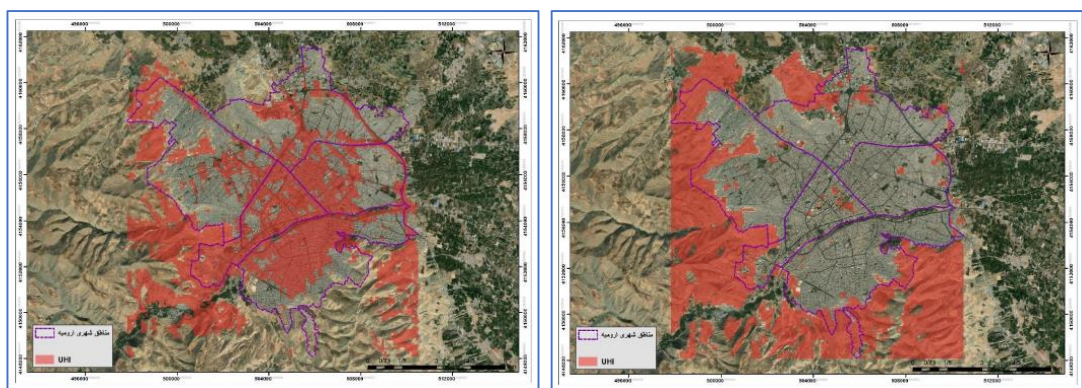
شکل (۵) تصویر دمای سطح زمین در روز (سمت راست) و در شب (سمت چپ) تابستان ۲۰۲۱



طی تابستان سال ۲۰۲۱ میانگین دمای سطح زمین در روز برابر با  $38/16$  درجه سانتی گراد با انحراف معیار  $5/4$  درجه سانتی گراد می باشد. مقایسه دمای روز تابستان ۲۰۲۱ و ۲۰۱۵ نشان می دهد که میانگین دما در سال ۲۰۱۵ بیشتر از ۲۰۲۱ بوده است. بطوریکه این اختلاف برابر با ۳ درجه سانتی گراد در دمای سطح زمین طی روز بوده است. برای بازه شب در تابستان ۲۰۲۱ میانگین دمای سطح زمین برابر با  $16/91$  درجه سانتی گراد با انحراف معیار  $2/57$  درجه سانتی گراد بوده است. مقایسه میانگین دمای شب در تابستان ۲۰۲۱ و ۲۰۱۵ نیز نشان می دهد که میانگین دمای سطح زمین طی شب در تابستان ۲۰۱۵ به میزان  $3/5$  درجه بیشتر از سال ۲۰۲۱ بوده است.

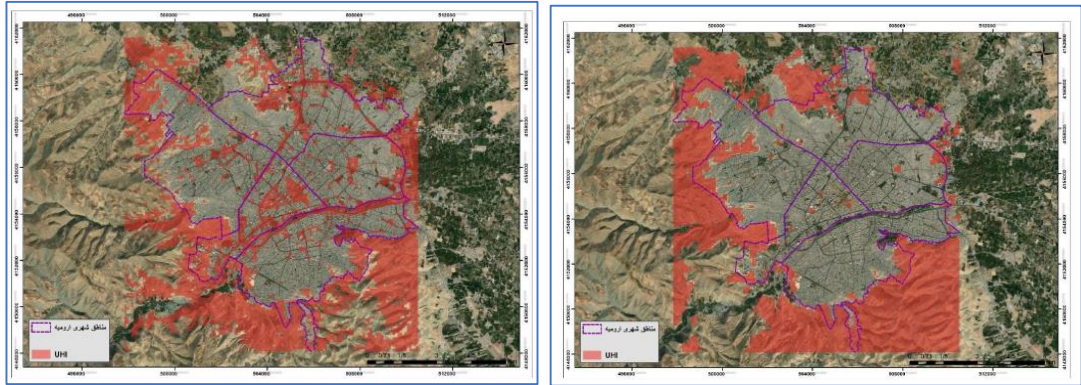
### جزایر حرارتی

شکل (۶) جزایر حرارتی شهر ارومیه طی تابستان ۲۰۱۵، روز (سمت راست) شب (سمت چپ)



همانطوریکه شکل (۶) نیز نشان می دهد جزایر حرارتی در طی روز برای تابستان ۲۰۱۵ ناچیز بوده و چیزی در حدود  $14/78$  کیلومتر مربع از اراضی داخل شهر را در بر می گیرد. این درحالیست که اراضی عمدتاً بایر پیرامون شهر دارای دمای بسیار بالاتری از مرکز شهر داشته اند. اما این وضعیت طی شب تغییر کرده و جزایر حرارتی در طی شب (شکل ۶- تصویر سمت چپ) در اراضی داخلی و مرکزی شهری مشاهده می شود بطوریکه  $38/67$  کیلومتر مربع از کل شهر را شامل می شود.

شکل (۷) جزایر حرارتی شهر ارومیه طی تابستان ۲۰۲۱، روز (سمت راست) شب (سمت چپ)

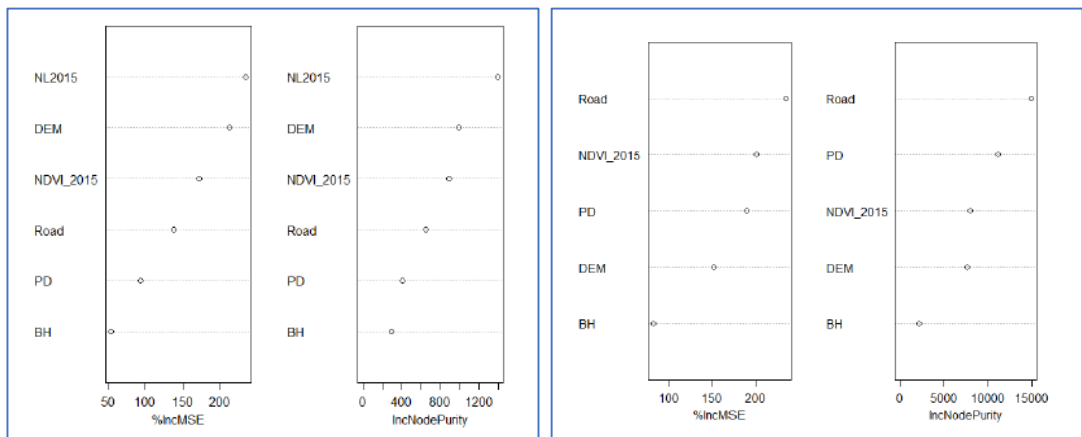


همانطوریکه شکل (۷) نیز نشان می دهد جزایر حرارتی بازه روز تابستان ۲۰۲۱ شهر ارومیه ( شکل -۷ تصویر سمت راست ) ناچیز و در حدود ۱۲/۸۸ کیلومتر مربع می باشد که حدود ۲ کیلومتر مربع کمتر از مساحت جزایر حرارتی در تابستان ۲۰۱۵ طی روز می باشد. اما در طی بازه شب (شکل -۷ تصویر سمت چپ) مساحت جزایر حرارتی در داخل شهر به ۲۴/۹۳ کیلومتر مربع می رسد که کمتر از سال ۲۰۱۵ در طی بازه شب می باشد.

#### یافته های استنباطی

شکل (۸) نمودار میزان اهمیت شاخص های پژوهش را در مدلسازی دمای سطح زمین برای تابستان سال ۲۰۱۵ طی روز (سمت راست) و در طول شب (سمت چپ) نشان می دهد. مطابق با شکل متغیر سرانه خیابان دارای بیشترین اهمیت و متغیر ارتفاع ساختمان دارای کمترین اهمیت در طول روز بوده است. مضاف بر آن متغیرهای پژوهش در بازه روز ۷۰/۷ درصد از کل تغییرات مربوط به دمای زمین را می تواند مدل کند.

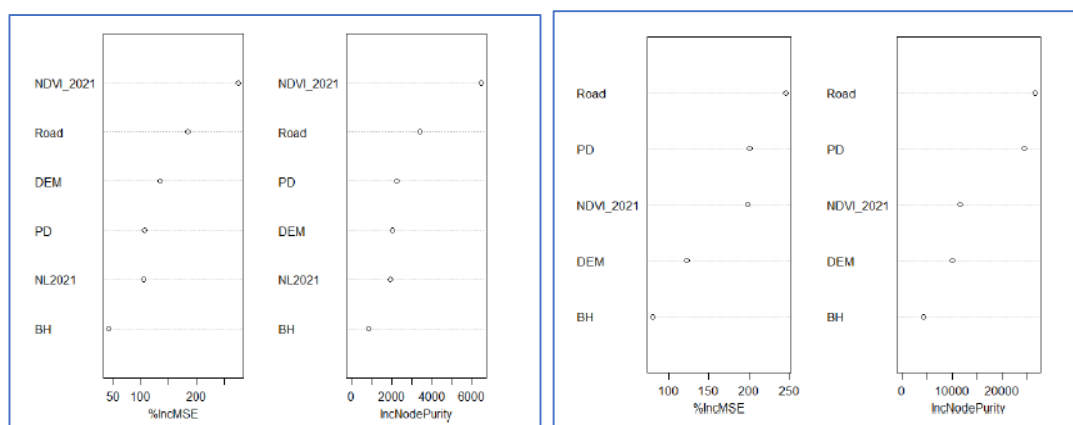
شکل (۸) نمودار میزان اهمیت شاخص های پژوهش در مدلسازی دمای سطح زمین روز (سمت راست) و شب (سمت چپ)



مطابق با شکل (۸) طی شب (شکل ۸- تصویر سمت چپ) متغیر نور شب دارای بیشترین اهمیت و متغیر ارتفاع ساختمان دارای کمترین اهمیت بوده است. مدل رگرسیونی برای باز شب، ۵۵ درصد از کل تغییرات متغیر وابسته (دمای سطح در شب) را می‌تواند برآورد کند.

شکل (۹) نمودار میزان اهمیت شاخص‌های پژوهش را در مدل‌سازی دمای سطح زمین برای تابستان سال ۲۰۲۱ طی روز (سمت راست) و در طول شب (سمت چپ) نشان می‌دهد.

شکل (۹) نمودار میزان اهمیت شاخص‌های پژوهش در مدل‌سازی دمای سطح زمین روز (سمت راست) و شب (سمت چپ) تابستان ۲۰۲۱



مطابق با شکل (۹) طی سال ۲۰۲۱ در طول روز (شکل ۹- نمودار سمت راست) متغیر سرانه خیابان در مدل‌سازی دمای سطح زمین دارای بیشترین اهمیت و متغیر ارتفاع ساختمان دارای کمترین اهمیت بوده است این متغیرها در بازه مزبور در مدل رگرسیونی ۷۲ درصد از تغییرات مربوط به متغیر وابسته را می‌توانند برآورد کنند. برعکس این مدل طی شب در تابستان ۲۰۲۱ (شکل ۹- نمودار سمت چپ) پوشش گیاهی در مدل‌سازی دمای سطح زمین طی شب بیشترین اهمیت را داشته است. کمترین اهمیت برای متغیر ارتفاع ساختمان می‌باشد. مدل رگرسیونی برای بازه شب طی تابستان ۲۰۲۱ در حدود ۵۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته را می‌تواند برآورد سازد.

جدول (۱) مقایسه ضریب اهمیت شاخص های پژوهش طی روز

تابستان ۲۰۲۱		تابستان ۲۰۱۵	
درصد اهمیت	شاخص	درصد اهمیت	شاخص
۲۵/۵۴	شاخص پوشش گیاهی	۲۸/۹۳	سرانه خیابان
۲۳/۶۳	تراکم جمعیت	۲۳/۷۳	تراکم جمعیت
۲۱/۵۴	توپوگرافی	۲۳/۴۱	شاخص پوشش گیاهی
۲۱/۰۸	سرانه خیابان	۱۴/۴۹	توپوگرافی
۸/۲۱	ارتفاع ساختمان	۹/۴۴	ارتفاع ساختمان

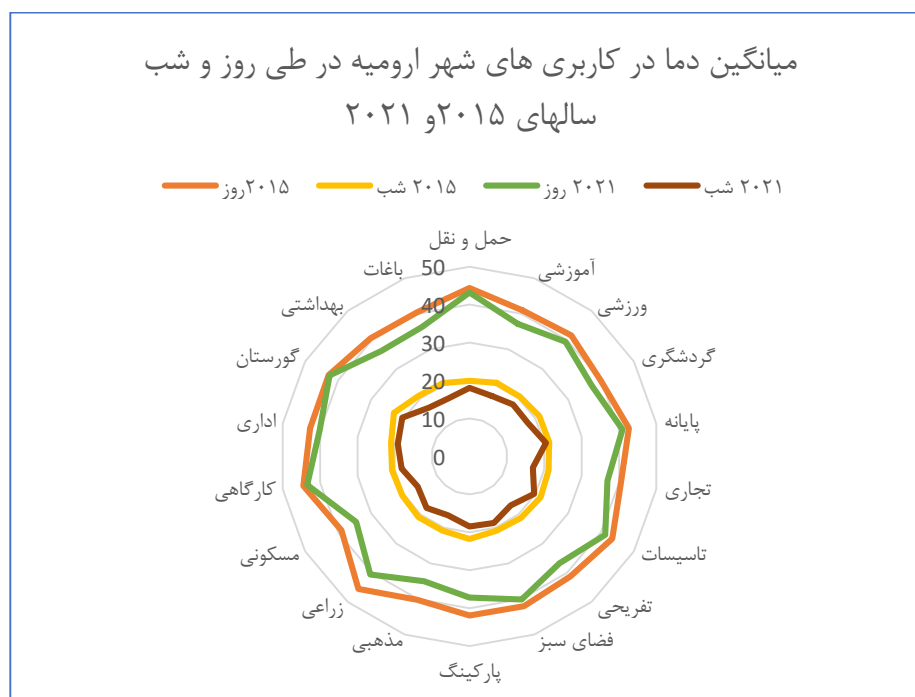
همانطوریکه جدول (۱) نیز نشان می دهد در تابستان ۲۰۱۵ طی روز درصد اهمیت شاخص سرانه خیابان برابر با ۲۸/۹۳ ، تراکم جمعیت برابر با ۲۳/۷۳ و شاخص پوشش گیاهی برابر با ۲۳/۴۱ درصد بوده است . این سه شاخص مهمترین شاخص های اثر گذار بر دمای سطح زمین طی روز در تابستان سال ۲۰۱۵ بوده اند. ولی در تابستان ۲۰۱۵ شاخص پوش گیاهی با ضریب اهمیت ۲۵/۵۴ درصد ، تراکم جمعیت با ۲۳/۶۳ درصد و توپوگرافی با ۲۱/۵۴ درصد جزو سه شاخص اثر گذار بر دمای سطح زمین طی روز در تابستان ۲۰۲۱ بوده اند. ضریب اهمیت سرانه خیابان برابر با ۲۱/۰۸ درصد طی سال ۲۰۲۱ بوده است.

جدول (۲) مقایسه ضریب اهمیت شاخص های پژوهش طی شب

تابستان ۲۰۲۱		تابستان ۲۰۱۵	
درصد اهمیت	شاخص	درصد اهمیت	شاخص
۳۲/۴۶	شاخص پوشش گیاهی	۲۵/۹۲	نور شب
۲۱/۷۷	سرانه خیابان	۲۳/۵۶	توپوگرافی
۱۵/۸۶	توپوگرافی	۱۹/۰۵	شاخص پوشش گیاهی
۱۲/۵۷	تراکم جمعیت	۱۵/۲۲	سرانه خیابان
۱۲/۴۵	نور شب	۱۰/۳۱	تراکم جمعیت
۴/۸۸	ارتفاع ساختمان	۵/۹۴	ارتفاع ساختمان

همانطوریکه جدول (۲) نیز نشان می دهد شاخص نور شب با ۲۵/۹۲ درصد، توپوگرافی با ۲۳/۵۶ درصد و پوشش گیاهی با ۱۹/۰۵ درصد به ترتیب سه شاخص موثر در دمای سطح زمین در طی شب برای تابستان ۲۰۱۵ بوده اند. ولی در تابستان ۲۰۲۱ در طی شب شاخص پوشش گیاهی با ۳۲/۴۶ درصد، سرانه خیابان با ۲۱/۷۷ درصد و توپوگرافی با ۱۵/۸۶ درصد جزو سه شاخص اثر گذار بر دمای سطح زمین طی شب در همان سال بوده اند.

#### نمودار (۱) میانگین دما در کاربریهای شهر ارومیه طی روز و شب تابستان ۲۰۱۵ و ۲۰۲۱



چون مقایسه میانگین دما در کاربری های شهر ارومیه در طی روز و شب با آزمون تی با توجه به مقدار بحرانی تی (۲/۹۲) در سطح ۰/۰۵ برای داده ها معنی دار نبود از این رو به بررسی بیشترین و کمترین دمای مشاهده شده در کاربری های اکتفا می کنیم. برای بازه شب طی تابستان ۲۰۱۵ مطابق با یافته های نمودار (۱) کاربری گورستان با میانگین دمای ۲۲/۹۸ درجه سانتی گراد بالاترین دما را داشت و کمترین میانگین دما نیز مربوط به کاربری حمل و نقل با میانگین دمای ۱۹/۸۷ درجه سانتی گراد می باشد. در همان سال مطابق با نمودار (۱) بالاترین دما طی روز به کاربری زراعی با میانگین دمای ۴۵/۵۷ درجه سانتی گراد اختصاص دارد و در ردیف های دوم و سوم کاربری های کارگاهی - صنعتی و حمل و نقل و انبارداری با میانگین دمای ۴۴/۴ و ۴۴/۳۴ درجه سانتی گراد قرار دارند. کمترین دمای مشاهده شده در روز طی تابستان ۲۰۱۵ مربوط به کاربری مسکونی با میانگین دمای ۳۸/۹۸ درجه سانتی گراد می باشد.

همچنین بررسی نمودار (۱) نشان می دهد که بالاترین دمای مشاهده شده طی روز در تابستان ۲۰۲۱ برای کاربری کارگاهی - صنعتی با میانگین دمای ۴۳/۴۷ درجه سانتی گراد بوده است. طی سال ۲۰۲۱ نیز در بازه روز کاربری مسکونی کمترین دما را با میانگین ۳۴/۵۳ درجه سانتی گراد به خود اختصاص می دهد. براساس یافته ها در طی بازه شب تابستان ۲۰۲۱ کاربری گورستان و پایانه با میانگین دمای ۲۰/۴۸ و ۲۰/۴۶ درجه سانتی گراد دارای بیشترین میانگین دمای سطح زمین بین سایر کاربری ها می باشند. کاربری مسکونی نیز کمترین میانگین مشاهده شده ۱۵/۷۹ درجه سانتی گراد می باشد.

#### بحث

همانطوریکه پیشتر نیز اشاره شده علت این امر وجود سطوح انسان ساخت و مصنوعی مانند بتن، آسفالت، کفسازی و ... و جذب میزان زیادی از انرژی طی روز توسط این مصالح می باشد.

#### نتیجه گیری

متعاقب و همزمان با رشد فیزیکی و توسعه شتابان و لجام گسیخته شهرنشینی علی الخصوص در کلانشهرها، شهرها با مشکلات عدیده محیط زیستی منجمله جزایر حرارتی مواجه شدند که اثر بسزایی در تغییر اقلیم و گرمایش جهانی دارد. بر طبق پیشینه و ادبیات پژوهشی موجود در حوزه جزایر حرارتی عوامل مختلفی در شکل گیری این پدیده دخالت دارند که می توان به ویژگی های کاربری اراضی و پوشش سطح شهرها، شکل شهرها، مواد و مصالح مصرفی در شهرها و نور شب اشاره کرد. در همین راستا هدف اصلی پژوهش حاضر نیز بررسی تاثیر عوامل مورفولوژیک شهری بر شکل گیری جزایر حرارتی در شهر ارومیه بود در واقع پژوهش می خواست عوامل ایجاد جزایر گرمایی در شهر ارومیه و تاثیر انواع کاربری های شهر بر میزان شدت جزایر حرارتی را در قالب یک مدل رگرسیون جنگل تصادفی بیان کند. برای استخراج داده های مربوط به جزایر حرارتی از مجموع تصاویر سه ماه (خرداد، تیر، مرداد) سنجنده لندست برای روز و استر برای شب استفاده شد. بطوریکه برای هر تصویر جداگانه جزیره حرارتی حساب و سپس میانگین جزیره حرارتی تصاویر به عنوان لایه نهایی استفاده شد که شرح گزارش آن در قسمت یافته ها ارائه گردید. همچنین به منظور مدل سازی ویژگی های مورفولوژیک شهر از متغیرهای؛ سرانه کاربری خیابان، تراکم جمعیت، توپوگرافی، نور شب، پوشش گیاهی و ارتفاع ساختمان استفاده شد. به منظور استخراج این شاخص شهر ارومیه در قالب فیش نت های ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر تفکیک و سپس متغیرهای مذکور برای هر فیش نت با استفاده از منابع مختلف پیش گفته استخراج گشت. یافته های مدل رگرسیون جنگل تصادفی در بالاترین حالت توانست ۷۲ درصد از رفتار پدیده جزیره حرارتی شهر ارومیه را طی بازه روز در تابستان ۲۰۲۱ برآورد کند. کمترین حالت برآورد کنندگی مدل برای بازه شب تابستان ۲۰۱۵ با ۵۵ درصد می باشد. در واقع در بازه شب متغیرهای پنهان دیگری وجود دارند که بر شکل گیری جزایر حرارتی دخیل بوده و نیازمند پژوهش های دیگری می باشد. ضریب اهمیت متغیرهای شاخص مورفولوژی شهری در مدل بدست آمده رگرسیونی متفاوت بوده ولی برای بازه شب مهمترین متغیر اثر گذار در تابستان ۲۰۱۵، نور شب با ضریب اهمیت ۲۵/۹۲ و در تابستان ۲۰۲۱ شاخص پوشش گیاهی با ضریب اهمیت ۳۲/۴۶ بود. مقایسه ضریب اهمیت متغیرها در بازه روز نیز نشان می دهد که مجموع

ضریب اهمیت سه متغیر سرانه خیابان، تراکم جمعیت و شاخص پوشش گیاهی ۷۶/۰۷ درصد بوده که در سال ۲۰۲۱ ضریب اهمیت این متغیرها به ۷۰/۲۵ درصد رسیده است. همچنین سرانه خیابان در سال ۲۰۲۱ رتبه چهارم اهمیت در بین متغیرها را داشت. از طرف دیگر مقایسه مساحت جزایر حرارتی در بازه شب طی دو دوره نشان داد این مساحت از ۳۸/۶۷ کیلومتر مربع در تابستان ۲۰۱۵ به ۲۴/۹۳ کیلومتر مربع رسیده و کاهش داشته است. که می تواند نتیجه دخالت عوامل متعددی منجمله عوامل اقلیمی، مواد و مصالح مصرفی و حجم آب در محدوده مورد مطالعه باشد. با عنایت به مباحث طرح شده می توان نتیجه گرفت که شاخص مورفولوژی شهری نقش بسیار مهم و تعیین کننده ای در شکل گیری جزایر حرارتی در شهرها دارد. همانطوریکه پژوهش حاضر در راستای پژوهشهای قبلی منجمله ولیزاده و همکاران (۱۳۹۶)، فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۴) به اهمیت شاخص پوشش گیاهی مدل سازی جزایر حرارتی اشاره داشت می توان با احداث بام سبز، افزایش سرانه فضای سبز، نصب پشت بام های سرد (بازتابنده) و کفسازی سرد (بازتابنده) به کاهش اثر جزیره حرارتی علی الخصوص در طول شب کمک کرد.

#### منابع و ماخذ

۱. اسدی، یاسمن؛ حمزه، سعید؛ کیاورز مقدم، مجید. (۱۳۹۹). بررسی تاثیرات کاربری زمین و پوشش گیاهی بر جزایر گرمای شهری با استفاده از سنجش های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران). *پژوهش های جغرافیای انسانی*، دوره ۵۲، شماره ۲، صص ۷۷۳-۷۵۹. <http://dx.doi.org/10.22059/jhgr.2020.290775.1008022>
۲. امیری، رضا. علی محمدی، عباس. علوی پناه، سید کاظم. (۱۳۸۶). مطالعه تغییرپذیری زمانی-مکانی حرارت در ارتباط با کاربری پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده های حرارتی و انعکاسی TM و ETM لندست. *محیط شناسی*، دوره ۳۳، شماره ۴۳، صص ۱۰۷-۱۲۰. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=66283>
۳. ایزدی، آریتا؛ محمدی، سمیه. (۱۳۹۴). بررسی عوامل موثر بر جزیره گرمایی شهر تبریز. *کنفرانس بین المللی انسانی، معماری، مهندسی عمران و شهر*، صص ۱-۱۴. <https://civilica.com/doc/410385/>
۴. آخوندزاده، مهدی؛ سراجیان، محمدرضا. (۱۳۸۶). کاربرد تصاویر ماهواره ای Terra-ASTER در نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری در شهر تهران. *دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، قطب علمی مهندسی نقشه برداری و مقابله با سوانح طبیعی*. دانشگاه فنی دانشگاه تهران. <https://civilica.com/doc/31466>
۵. حلیبان، امیرحسین؛ سطلانی، زهرا. (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات فضایی-زمانی جزایر گرمایی شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست-محیطی در شیراز. *مطالعات ساختار و کارکرد شهری*، دوره ۷، شماره ۲۴، صص ۹۷-۷۳. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=549283>



۶. رحمتی، مهدی؛ حیدری، شاهین؛ بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۵). بررسی راهکارهای طراحی معماری بر کاهش اثر جزایر حرارتی شهری. *نشریه انرژی ایران*، دوره ۱۹، شماره ۱، صص ۹۱-۱۰۴. <http://necjournals.ir/article-1-829-fa.html>
۷. شکبیا، علیرضا؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود؛ نامداری، سودابه (۱۳۸۸). تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران، با استفاده از داده‌های ETM+ سنجنش از دور GIS، *ایران*، دوره ۱، شماره ۱، صص ۵۶-۳۹. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=121571>
۸. صادقی نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائیان، پرویز (۱۳۹۱). تحلیل فضایی-زمانی جزیره حرارتی کلانشهر تهران با استفاده از سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، دوره ۱، شماره ۴، صص ۱۷-۱. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=192354>
۹. فرزادمهر، جلیل. (۱۳۸۳). *برآورد مشخصه‌های کمی (تاج پوشش و تولید گیاهی) مراتع در مناطق رویشی استپی و نیمه‌استپی با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست و اسپات*. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد - دانشکده منابع طبیعی). دانشگاه تهران.
۱۰. قدسی ماب، زهره؛ افضل‌بهبهانی، خسرو (۱۳۹۳). آشنایی با پدیده جزیره گرمایی در شهرها و راهکارهای پیش‌گیری از آن (نمونه موردی: تهران). *اولین کنفرانس ملی الکترونیکی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی*، تهران، موسسه عالی مهندسان، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. <https://civilica.com/doc/336843>
۱۱. کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸۸). *مبانی آب و هواشناسی*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (انتشارات سمت).
۱۲. کرمی، مختار (۱۳۹۷). *نقش کاربری اراضی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا - گرایش آب و هواشناسی کاربردی). دانشگاه حکیم سبزواری.
۱۳. گومز، گاجو (۱۳۸۴). پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی در مناطق شهری (مورد مطالعه: والنسیا)، ترجمه رضا مختاری ملک‌آبادی، دکتر ابوالفضل مسعودیان، دانشگاه اصفهان.
۱۴. مباحثی، محمدرضا (۱۳۹۴). *تعیین جزایر حرارتی در سطح شهر با استفاده از تصاویر با توان تفکیک بالا، نمونه موردی: شهر تهران* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - نقشه‌برداری). دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۱۵. مجنونیان، هنریک (۱۳۷۴). *مباحثی پیرامون پارک‌ها، فضای سبز و تفرجگاه‌ها، سازمان پارک‌ها و فضای سبز تهران*.
۱۶. موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول؛ فریدحسینی، علیرضا؛ میان‌آبادی، آمنه (۱۳۹۱). بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فراکتال. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، دوره ۱، شماره ۱، صص ۴۹-۳۵. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=176811>
۱۷. مهندسین مشاور طرح و آمایش (۱۳۹۵). *بازنگری طرح جامع شهر ارومیه، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان غربی*، ارومیه.
۱۸. میرهاشمی، حمید؛ یاراحمدی، داریوش؛ شرفی، سیامک؛ فرزین، سعید (۱۳۹۸). *بهبود عمل-کرد ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم جنگل تصادفی در پیش‌بینی جریان رودخانه خرم‌آباد با استفاده از نویززدایی غیریکنواخت داده‌ها و الگوریتم سیمپلکس*. *علوم مهندسی آبخیزداری ایران*، دوره ۱۳، شماره ۴۷، صص ۵۱-۴۰. <http://jwmsei.ir/article-1-846-fa.html>

۱۹. هاشمی، محمود؛ علوی پناه، کاظم؛ دینارودی، مرتضی. (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی. *مجله محیط‌شناسی*، دوره ۳۹، شماره ۶۵، صص ۸۱-۹۲

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=195323>

۲۰. ولیزاده کامران. خلیل و همکاران (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی شهر زنجان)، فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی شهری، شماره ۳۰، صص ۳۵-۵۰

۲۱. فیضی زاده. بختیار، دیده بان. خلیل و غلام نیا. خلیل (۱۳۹۵). برآورده دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد) نشیرویه اطلاعات جغرافیایی سپهر، شماره ۹۸، صص ۱۷۱-۱۸۱

۲۲. یوسفی، محمد (۱۳۹۲). شناخت عوامل موثر بر ایجاد جزیره گرمایی در شهر ایلام. *اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط‌زیست پایدار*. شماره ۲۸، صص ۱۰-۱. <https://civilica.com/doc/263339>

23. Weng, Q., Liu, H., 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(2), 203-219. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0020-0>
24. Sobrino, J.A., Oltra-Carrio, R., Soria, G., Jiménez-Muñoz, J.C., Franch, B., Hidalgo, V., ... , Paganini, M. (2013). Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 34(9-10): 3177-3192. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2012.716548>
25. Rathphum Pakarnseree, Chunkao, K., Bualert, S. (2018). Physical characteristics of Bangkok and its urban heat island phenomenon. *Building and Environment*, 143: 561-569. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.07.042>
26. Kudzai Shaun Mpakairia & Justice Muvengwi (2019), Night-time lights and their influence on summer night land surface temperature in two urban cities of Zimbabwe: A geospatial perspective, *Urban Climate*, Vol.29, pp.1-7, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100468>
27. Yeşilkanat, C.M. (2020). Spatio-temporal estimation of the daily cases of COVID-19 in worldwide using random forest machine learning algorithm. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140: 110210. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110210>
28. Labib, M. S., Wibowo, A., and Shidiq, I. P. A., (2022). LST-based threshold method for detecting UHI in a complex urban landscape. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012072>
29. Makhija R., Ali S., Jaya Krishna R. (2021). Detecting Influencers in Social Networks Through Machine Learning Techniques. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds) *Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1141. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_23)
30. Mahajan U., Krishnan A., Malhotra V., Sharma D., Gore S. (2021). Predicting Competitive Weightlifting Performance Using Regression and Tree-Based Algorithms. In: Hassanien A., Bhatnagar R., Darwish A. (eds) *Advanced Machine Learning Technologies and Applications. AMLTA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1141. Springer, Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd. ISBN 9789811533839. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_36)

31. Voogt J.A. & Oke T.R. (2003). Thermal remote Sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3): 370-384. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
32. Solecki W. D., C. Rosenzweig, G. Pope, M. Chopping, R. Goldberg., A. Polissare. 2004. Urban Heat Island and Climate Change: An Assessment Interacting and Possible Adaptations in the Camden. New Jersey Region, New Jersey's Environmental Decision Making.
33. Sobrino, J.A. et al (2004), "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 91, PP. 377-389