

ارتباط کاربری‌های اراضی شهری با تغییرات ویژگی‌های تابش (مطالعه موردی: شهرهای میانی استان مازندران)

عباس ابراهیمی^۲

دکتر طاهر صفرراد^۳

دکتر غلامرضا جانباغز قبادی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

چکیده

تغییر در توازن تابش از طریق افزایش شهرنشینی و تغییر کاربری منجر به افزایش درجه حرارت شهرها شده است. بیلان تابش از طریق ویژگی‌های شار تابش خالص (RN) شامل، آلبیدو (α)، طول موج بلند ورودی ($RL \downarrow$)، طول موج کوتاه ورودی (RS)، تابش بلند برگشتی ($RL \uparrow$)، و درجه حرارت سطح زمین (LST) قابل اندازه‌گیری است. پژوهش پیش رو بیلان تابش را با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۴-۵ و ۸ برای سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ در ماه آگوست برای منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار داده است. ویژگی‌های تابش خالص در کاربری‌های مختلف (مناطق مسکونی شهری و حومه شهر، فضای سبز شهری و حومه شهر) از طریق آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آنوا) و آزمون تعقیبی توکی تحلیل شدند. نتایج نشان داد مقدار شار تابش در کاربری‌های انتخاب‌شده دارای تفاوت معناداری می‌باشند. تفاوت‌های یادشده به دلیل تغییر در مقادیر انرژی خروجی (α و $RL \uparrow$) به وجود آمده است و هرگونه افزایش ساخت‌وساز و کاهش پوشش گیاهی در منطقه، نهایتاً منجر به تغییر بیلان تابش و شکل‌گیری خرد اقلیم جدید خواهد شد. بنابراین بخشی از روند افزایش درجه حرارت ایستگاه‌های هواشناسی که در شهرها قرار گرفته‌اند یا ایستگاه‌هایی که فضای سبز آنها طی زمان تخریب شده است نه به خاطر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بلکه متأثر از توسعه شهرها و تغییر کاربری بوده است.

کلیدواژه: شار تابش خالص، تغییر کاربری، درجه حرارت، شهرهای میانی استان مازندران

^۱ مقاله حاضر برگرفته از رساله دوره دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور با عنوان ارتباط کاربری‌های اراضی شهری با تغییرات شار تابش خالص شهرهای میانی استان مازندران می باشد.

^۲ دانشجوی دکتری اقلیم شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

^۳ استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه مازندران t.safarrad@umz.ac.ir

^۴ استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد نور

۱- مقدمه

نرخ بالای شهرنشینی منجر به مشکلات شدید جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و اقلیمی، کاربری اراضی و تغییرات آب‌وهوا شده است. رشد سریع شهرنشینی، تغییر پوشش زمین و تغییرات دمای سطح زمین را در پی داشته است (YU et al. 2018). شهرنشینی، تغییر جمعیت از مناطق روستایی به مناطق شهری است و اغلب با گردآوری شدید جمعیت شهری، هجوم فعالیت‌های انسانی، گسترش زمین‌های توسعه‌یافته و کاهش شدید فضای سبز - آبی همراه است (Foley et al, 2008; Forman, 2016; Grimm et al. 2005; 2005). رشد و گسترش مراکز شهری مستلزم ساخت جاده‌های جدید، ساختمان‌ها و دیگر ساختارهای مختلف انسانی ساخته‌شده برای جای دادن جمعیت رو به رشد است که به‌نوبه خود، تخریب پوشش طبیعی زمین و چشم‌انداز را در پی خواهد داشت. از این‌رو، به‌طور مداوم تغییر کاربری زمین، علت اصلی تغییر پوشش زمین است (Gaitanis et al, 2015). تنوع حرارتی و آلودگی تابع پوشش زمین بوده و رشد سریع شهرنشینی، جزیره حرارتی شهری (UHI) را به‌عنوان یکی از نگرانی‌های اصلی مرتبط با محیط حرارتی شهری سبب شده است. (Akbari and Kolokosa, 2016; Ok, 2002) این پدیده به‌عنوان مظهر برخورد انسان با طبیعت، از طریق تغییر در کاربری اراضی منجر به تغییر اکوسیستم سطح زمین می‌گردد (Dawson et al. 2009). تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی (LUCC) در مطالعات مربوط به تغییرات زیست‌محیطی جهانی در سال‌های اخیر اهمیت زیادی یافته است (Fan et al. 2017) چنانچه مطالعات LUCC عنصری کلیدی در درک روابط و تعامل بین عوامل انسان‌شناسی و محیط طبیعی قلمداد می‌گردد (Gaitanis et al. 2015; Kanianska et al, 2014).

تابش خالص زمین (R_n) یکی از مهم‌ترین پارامترها در کاربری‌های مختلف مانند کاربری فیزیکی، زراعی و بیولوژیکی است و سنجش از راه دور امکان نقشه‌برداری R_n را در سطح جهانی فراهم می‌کند (Jiang and Liang 2018). R_n کل انرژی است که برای تأثیر در آب‌وهوا در دسترس است که بر اقلیم و پدیده‌های حاصل از آن تأثیر می‌گذارد (Maria Mira et all. 2016). تغییرات پوشش اراضی مانند توسعه شهری، محصولات کشاورزی و یا گسترش ساخت‌وساز و پارکینگ، منجر به افزایش تنوع در انرژی و موازنه تابش می‌شود. در مقایسه با زمین‌های روستایی یا پوشش طبیعی، ویژگی‌های سطوح شهری منجر به افزایش رواناب سطحی، کاهش شار گرمای نهان و جریان افزایش‌یافته حرارت محسوس به فضای شهری می‌شود که تمامی آن‌ها آسایش و فعالیت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (Järvi et all 2011. Feyisa, et all, 2014). آگاهی از چگونگی تأثیر پوشش گیاهی و پوشش زمین بر فرایندهای تبادل انرژی و در نتیجه آب‌وهوای مناطق شهری در پیش‌بینی اینکه چگونه اکوسیستم به اختلالات فیزیکی و بیولوژیکی آینده به‌عنوان پیامدهای طراحی‌شده و یا ناخواسته واکنش نشان می‌دهند ضروری است (Krishnan, et all, 2012). به‌طور خاص، شهرنشینی یکی از افراطی‌ترین راه‌های است که در آن انسان پوشش زمین و کاربری اراضی را تغییر می‌دهد،

آن‌گونه که در نتایج حاصل از تفاوت‌های چشمگیر بعد از شهرنشینی نمایان شده است (Wrenn, et all, 2014). با این اوصاف، هرگونه تغییرات در ویژگی‌های طبیعی، مانند لند فرم‌ها، خاک، پوشش گیاهی و جریان انرژی و آب، ارتباط نزدیکی با عوامل زیست‌محیطی و اجتماعی دارد. با توجه به تغییرات ذکرشده در بالا، درجه حرارت سطح و درجه حرارت هوای نزدیک به سطح، بر روی مناطق شهری، به‌طور کلی بالاتر از مناطق روستایی می‌باشد که در نتیجه منجر به شکل‌گیری جزیره حرارتی شهر (UHI) می‌شود. (Mackey, et all, 2012. Yuan-Fong, et all, 2012). برخی عوامل در مقیاس متوسط به توسعه جزیره حرارتی شهر کمک می‌کند، در حالی که جزیره حرارتی شهرها مربوط به عوامل طبیعی همانند آب‌وهوا و موقعیت و عوامل مربوط به فعالیت‌های انسانی مانند هندسه شهری، مواد و قطع درختان جنگلی می‌باشد (Radhi, et all, 2013. Groleau, et all, 2013). تمام عوامل فوق ممکن است باعث تغییر مقدار انرژی در ارتباط با جو و سطوح شهری شود Radhi و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که مواد سفید و رنگ روشن تأثیر بهتری در مقابله با تشکیل جزیره حرارتی شهر دارند که این مواد منجر به گسترش مناطق خورشیدی با اجسامی که دارای ظرفیت ذخیره‌سازی حرارت کمتری دارند می‌شود. در مواجهه با جزایر حرارتی، بسیاری از دانشمندان تعدادی از استراتژی‌های خنک‌کننده شهری را گسترش داده‌اند (Krpó A, et all 2010, Wong MS, et all 2010) که به دو مورد قابل قبول دست یافتند و در شهرهای زیادی اجرا شده است. اولین استراتژی به دنبال افزایش بازتاب شهری (Bretz S, et all 1998) و دیگری به دنبال افزایش پوشش گیاهی شهری می‌باشد (Givoni B. 1991).

Singh و همکاران (۲۰۱۷) با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ با این نتیجه رسیدند بخش مرکزی شهر لاکونوی، هند مرکزی بالاترین دمای سطح در مقایسه با منطقه حومه آن را دارد، مناطقی با ساختاری نفوذناپذیر متراکم درجه حرارت بالاتر و مناطقی که تحت پوشش گیاهان و آب‌های سطحی قرار دارند، دمای پایین را نشان می‌دهد Wang و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای تحت عنوان تغییر کاربری زمین / پوشش گیاهی و تأثیر آن بر اکوسیستم در منطقه کوهستانی هنگ دوان، چین از یک روش مبتنی بر پروکسی برای تجزیه و تحلیل داده‌های LUC و ارزش سرویس اکوسیستم (ESVs) در طی سه دهه استفاده نمودند. در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ مناطق جنگلی به دلیل جنگل‌زدایی به چمن‌زار تبدیل شد، اما یک‌روند معکوس در نتیجه اجرای پروژه‌های زیست‌محیطی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ یافت شد. ESV کل منطقه در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ کمی (۰٫۰۱٪ در سال) کاهش یافت و در سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۰ (۰٫۱۴٪ در سال) شدیداً افزایش یافت. این کاهش به ۰٫۰۷ برای ۱۹۹۰-۲۰۰۰ و ۰٫۲۹ برای ۲۰۰۰-۲۰۱۰ رسید که سطح متوسط برای چین بود. محمد^۲ و ورکیو^۱ (2018) در پژوهش خود

^۱Hengduan^۲Mohamed

تغییرات کاربری - پوشش زمین (LULC)، پویای جمعیت‌شناسی، الگوهای پراکنده و رشد بی‌رویه ساخت‌وساز را مقایسه کردند. بنابراین شاخص تغییر LULC مناطق ساخته‌شده را به‌عنوان شدیدترین پدیدآورترین تغییرات سطح زمین شناسایی کرد و این شاخص نشان داد که بخش بزرگی از این منطقه در سطح توسعه سریع شهری وجود دارد. علاوه بر این، این مطالعه تأیید کرد که اثرات الگوی اسپرئوال باعث می‌شود تا دینامیک ساخته‌شده در منطقه را به سمت افزایش جمعیت سوق دهد و همچنین رشد بالا و رشد نامناسب شهرنشینی را نشان می‌دهد. سجلیسکا^۱ و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله خود (تغییر کاربری زمین و پوشش گیاهی در کشورهای پسا سوسیالیستی: مجارستان و لهستان) به شناسایی و ارزیابی تغییرات LUCC در حال انجام و مقایسه آن‌ها در حوزه پژوهش پرداختند نتایج روند رو به پایین برای زمین‌های کشاورزی در مجارستان و لهستان و نیز زمین‌های غیر زراعی در مجارستان و یک روند صعودی در سایر متغیرها (زمین‌های غیر کشاورزی در لهستان و زمین‌های جنگلی در هر دو کشور) را نشان داد Yi-Chen Wang^۲. و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان الگوهای تغییر کاربری زمین و تأثیرات بالقوه آن در تغییر دمای زمین در یانگون، میانمار به‌منظور توصیف الگوی کاربری زمین/ پوشش گیاهی و اندازه‌گیری درجه حرارت زمین از تصاویر سنجنش‌ازدور سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که شهرها از مرکز گسترش یافتند. بررسی MODIS LST نشان داد که زمین‌های کشاورزی در طول روزهای فصل گرم، گرم‌تر از هسته شهر است، درحالی‌که در فصل سرد، در طول روز و شب، هسته شهر گرم‌تر از محیط اطراف آن است. تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که رابطه قوی‌تر میان زمین‌های ساخته‌شده و LST شبانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، وجود دارد که تأثیر افزایش جزر و مدی گرم در سطح شهر افزایش می‌یابد.

با توجه به قرارگیری ایران در منطقه حداکثر میزان انتقال انرژی سیاره‌ای (حدود ۴۰ درجه عرض جغرافیایی) (علیجانی و کاویانی ۱۳۸۸)، توزیع مکانی مؤلفه‌های شار انرژی تابش خالص در این محدوده بسیار پیچیده است؛ بنابراین آگاهی از کمیت و جزئیات شار تابش برای درک رابطه مؤلفه‌های زمین- جو بسیار مهم و الزامی است. از سوی دیگر برآورد شار انرژی تابشی در مناطق مختلف ایران از جمله سواحل جنوبی دریای خزر به جهت شناسایی ارتباط آن با تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر میزان شار تابش منطقه بسیار حائز اهمیت است. چراکه این منطقه یکی از مهم‌ترین مناطق ایران از نظر پوشش گیاهی بوده که این عامل باعث خنک‌کنندگی دمای هوا می‌شود از این‌رو پیش‌بینی می‌شود هم‌زمان با رشد جمعیت، تخریب پوشش‌های گیاهی و ایجاد زیرساخت‌های شهری، افزایش دمای هوا نسبت به سال‌های گذشته را تجربه نماییم.

^۱Worku^۲Cegielska

این پژوهش با هدف پاسخ به این سوال که آیا مقدار تابش خالص و درجه حرارت سطح زمین در مناطق شهری بیش از مناطق حومه شهری است؟ و آیا تغییر کاربری اراضی منجر به افزایش درجه حرارت و تغییر ویژگی‌های تابش می‌شود؟ انجام پذیرفته است.

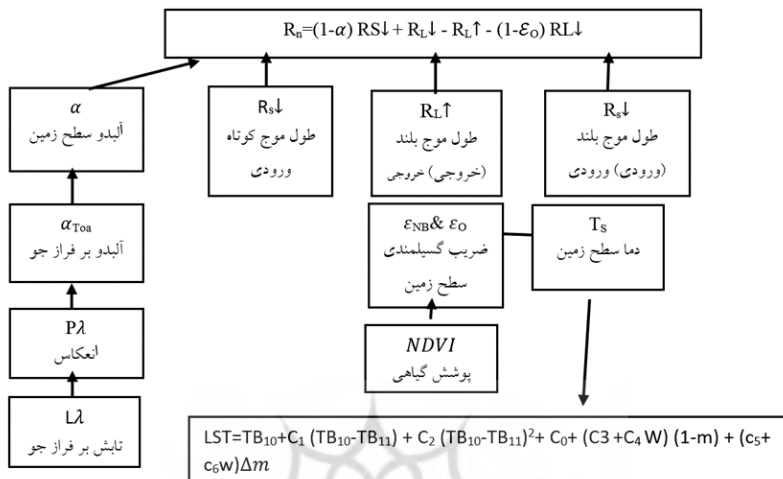
۲- روش شناسی

۲-۱- داده و روش پژوهش

تحقیق پیش رو با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره لندست ۴-۵ و ۸ انجام گرفته است به همین منظور، تصاویری بدون پوشش ابری با تاریخ‌های قابل مقایسه در شرایط مشابه جوی برای تاریخ‌های ۲۰۱۷/۰۸/۱۰ و ۲۰۱۰/۰۸/۰۷، ۱۹۹۸/۰۸/۰۶، پیش پردازش‌های مورد نیاز شامل تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفریک روی تصاویر اعمال شدند. از طریق الگوریتم توازن انرژی سطح (سبال) (شکل ۲)، ویژگی‌های شار تابش خالص (RN) شامل آلبیدو سطح زمین α ، طول موج کوتاه ورودی $\downarrow RS$ ، طول موج بلند ورودی $\downarrow RL$ و طول موج بلند برگشتی ($\uparrow RL$) برای هر یک از کاربری‌های فضای سبز شهری، فضای سبز حومه شهر، مناطق مسکونی شهری و مناطق مسکونی حومه شهر محاسبه شد. از این حیث این پژوهش با پژوهش‌های گذشته که بیشتر به محاسبه تأخیر و تعرق از طریق الگوریتم سبال پرداخته اند متفاوت و دارای مزیت رقابتی می‌باشد.

الگوریتم سبال توازن انرژی را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به عنوان یک ورودی اندازه‌گیری می‌کند و ویژگی‌های سطح زمین مانند آلبیدو، شاخص سطح برگ، شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین را از تصاویر ماهواره‌ای استخراج می‌کند. در این الگوریتم از دمای سطح، بازتاب سطح نیمکره و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و همچنین روابط متقابل آنها جهت استنباط شارهای سطح برای طیف گسترده‌ای از انواع زمین استفاده می‌کند. در الگوریتم سبال، NDVI برای توصیف اثر عمومی پوشش گیاهی بر روی شارهای سطحی انتخاب می‌شوند (W.G.M. Bastiaanssen et al. 1998). اعتبار الگوریتم فوق در پژوهش‌های متعددی از جمله Allen و همکاران (۲۰۰۷)، یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، مورد تایید قرار گرفته است. شار خالص تابش به عنوان مولفه اصلی این الگوریتم نشان دهنده انرژی واقعی تابشی در دسترس است که با محاسبه مقادیر ورودی و خروجی انرژی بدست می‌آید در تحقیق پیش رو نیز، محاسبات مربوط به تابش خالص و مولفه‌های آن از طریق الگوریتم فوق مورد توجه قرار گرفته است. برای آگاهی از جزئیات بیشتر و نحوه محاسبه مولفه‌های شار تابش خالص به مقاله آلن و همکاران (۲۰۰۲) مراجعه گردد.

ویژگی‌های شار تابش خالص در کاربری‌های مورد نظر از طریق آزمون تحلیل واریانس یک طرفه آنوا و آزمون تعقیبی توکی مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفت، در نهایت با اتکا به نتایج بدست آمده اهمیت و نقش کاربری‌های مختلف در شکل‌دهی خرداقلیم شهری مورد توجه و بررسی قرار گرفت.



شکل (۲) محاسبه شار تابش خالص بر اساس مدل توازن انرژی سطح (سپال)

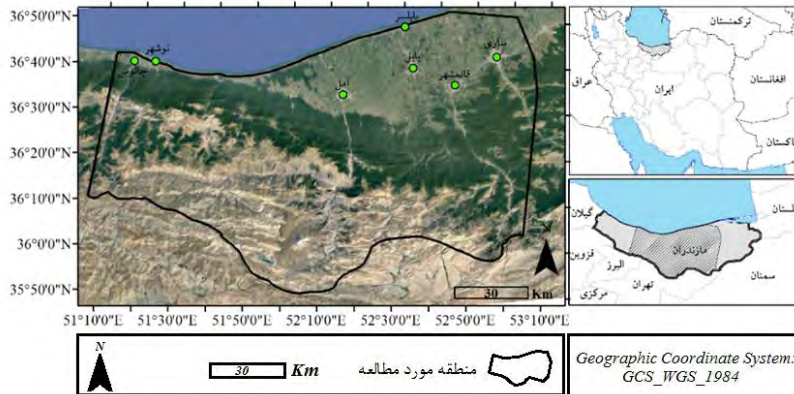
منبع: آلن (۲۰۰۲:۱۵).

۲-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال ایران و یک منطقه معتدل قرار گرفته که شهرهای سواحل میانی دریای خزر، (از شهرستان ساری تا چالوس) را در برمی‌گیرد؛ (شکل شماره ۱) این منطقه از مهم‌ترین مناطق کشور از نظر پوشش گیاهی است که در جلگه مازندران قرار گرفته است؛ و از طرفی نزدیکی به دریای خزر و همچنین پوشش گیاهی در این منطقه آب‌وهوای معتدلی را رقم زده است. در این پژوهش کاربری‌های مورد مطالعه از شهرهای ساری، بابل، قائم‌شهر، بابلسر، آمل، نور و چالوس نمونه‌برداری شده‌اند.

^۱One-way analysis of variance (ANOVA)

^۲Tukey's Test



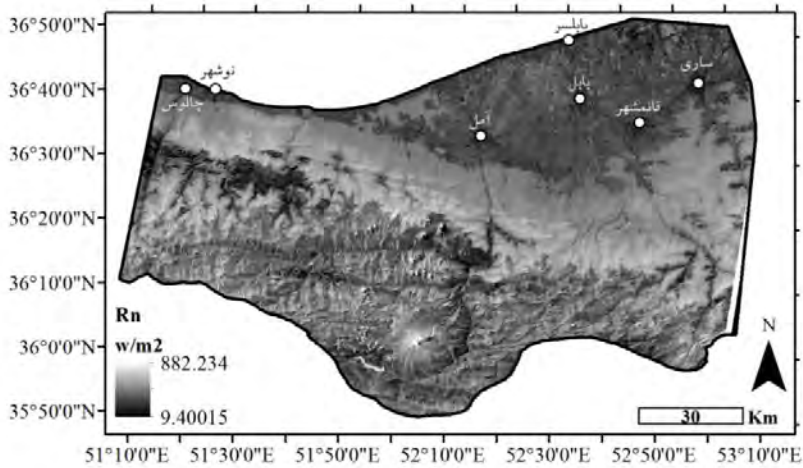
شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه، تصویر رنگی واقعی (ترکیب ۳۲۱) ماهواره لندست، ۲۰۱۷/۰۸/۱۰
منبع: نگارندگان

۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

با استفاده از مدل توازن انرژی سطح (سیال)، مولفه‌های شار تابش برای شهرهای سواحل میانی دریای خزر (ساری، قائمشهر، بابل، بابلسر، آمل، نور و چالوس) محاسبه گردید. سپس کاربری‌های مورد نظر در منطقه مورد مطالعه از طریق تصاویر ماهواره‌ای استخراج و میانگین مولفه‌های شار تابش برای کاربری‌های مختلف برای سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ بدست آمد (محاسبات تابش برای تمامی تصاویر انجام گرفته اما جهت طولانی نشدن مطلب، تنها تصاویر سال ۲۰۱۷ آورده شده‌اند). برای محاسبه میانگین ویژگی‌های شار تابش خالص در کاربری‌های مختلف ۲۱۱ نقطه با پراکندگی مناسب در سطح منطقه به صورت تصادفی انتخاب شدند. برای نمونه برداری این نقاط سعی شده است پیکسل‌های خالص از کاربری‌های مختلف (فضای سبز شهری، فضای سبز حومه شهر، مناطق مسکونی شهری و مناطق مسکونی حومه شهر) در کل محدوده مورد مطالعه انتخاب گردند.

۳-۱- تغییرات تابش خالص

تفاضل شار ورودی از شار خروجی همان شار تابش خالص است که مقدار آن در روز مثبت و طی شب منفی می‌باشد (بیشتر و همکاران، ۲۰۰۵: ۵۲). برای درک این مهم که چرا مقادیر تابش خالص در کاربری‌های مختلف، متفاوت از هم هستند بایستی تغییرات شار ورودی و خروجی انرژی مورد بررسی قرار گیرد. تابش خالص محاسبه شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

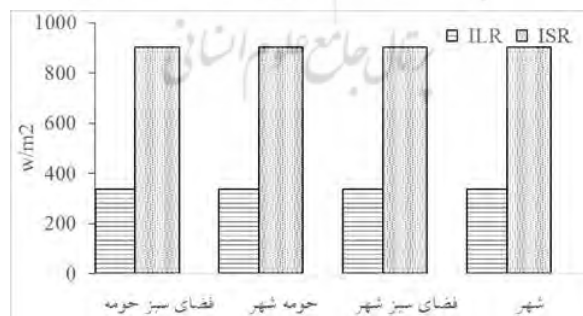


شکل (۳): مقدار تابش خالص (w/m^2) در محدوده مورد مطالعه برای سال ۲۰۱۷.

منبع: نگارندگان

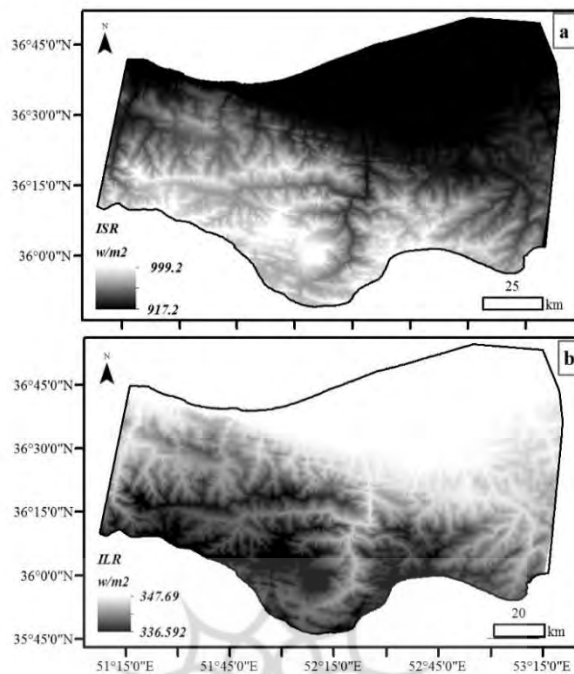
۲-۳- تغییرات انرژی ورودی

مقادیر انرژی ورودی به سطح (طول موج بلند و کوتاه ورودی) تابعی از مقدار انرژی وارد شده از خورشید و ویژگی‌های محلی است بنابراین مقدار آن متأثر از قابلیت انتقال انرژی و زاویه تمایل خورشید متفاوت خواهد شد. ویژگی‌های یاد شده، متناسب با خصوصیات توپوگرافی، عرض جغرافیایی و شرایط آسمان (ابرناکی، آلودگی و گردوغبار) تغییر خواهند کرد. در مقیاس کوچک مقدار تغییر پارامترهای یاد شده اندک است بنابراین مقدار انرژی ورودی به کاربری‌های موجود در منطقه تقریباً یکسان خواهد بود (شکل ۴ و ۵). نتایج آزمون آن‌ها نیز بیانگر عدم وجود تفاوت معنادار کاربری‌های مورد مطالعه در رابطه با مقدار انرژی ورودی است (جدول ۱).



شکل (۴) متوسط انرژی طول موج کوتاه ورودی (ISR) و انرژی طول موج بلند ورودی (ILR)، در کاربریهای متفاوت مطالعه شده برای سال ۲۰۱۷، بر حسب وات بر متر مربع.

منبع: نگارندگان



شکل (۵) مقدار انرژی طول موج کوتاه ورودی (a، بر حسب وات بر متر مربع) و انرژی طول موج بلند ورودی (b بر حسب وات بر متر مربع)، در محدوده مورد مطالعه برای سال ۲۰۱۷.

منبع: نگارندگان

جدول ۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جهت بررسی تفاوت انرژی ورودی در کاربری‌های مختلف

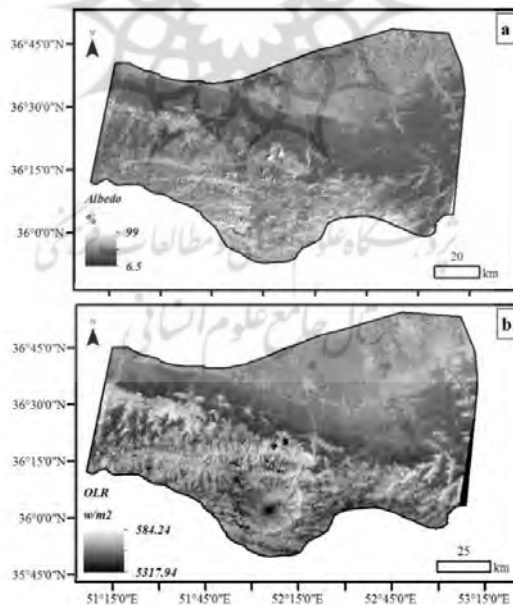
| | | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | Sig. |
|------|------------|--------------|------------|----------------|------|-------|
| ↓ RL | بین گروهی | .020 | 3 | .007 | .000 | 1/000 |
| | درون گروهی | 193331/269 | 569 | 339/774 | | |
| | مجموع | 193331/288 | 572 | | | |
| ↓ RS | بین گروهی | 1/508 | 3 | .503 | .005 | 1/000 |
| | درون گروهی | 60644/733 | 569 | 106/581 | | |
| | مجموع | 60646/241 | 572 | | | |

منبع: محاسبات نگارندگان

۳-۳- تغییرات انرژی خروجی

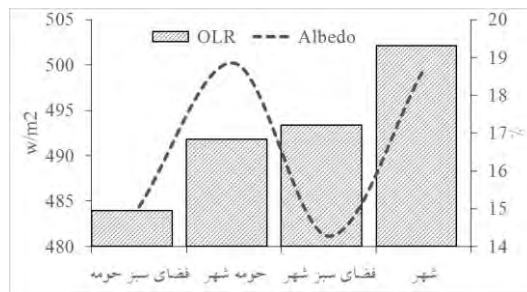
مقدار انرژی خارج شده از سطح (طول موج کوتاه و بلند) تابع ویژگی پدیده‌ها است. تغییر پذیری انرژی خروجی در مقیاس مکانی زیاد است و متناسب با آلبیدو و درجه حرارت پدیده‌ها مقدار آن نیز متفاوت خواهد بود، بنابراین کاربری‌های متفاوت از لحاظ مقدار انرژی خروجی تفاوتی

معنادار با هم خواهند داشت (شکل ۵ و ۶ و جدول ۲). آلبیدو مناطق مسکونی شهری با فضای سبز حومه شهر و فضای سبز شهری متفاوت است و این امر به دلیل وجود ساختمان‌های متراکم، بلند و با سطوح بتنی است که میزان آلبیدو را نسبت به دو کاربری فضای سبز در شهر و حومه شهر متفاوت می‌سازد؛ اما میزان آلبیدو مناطق مسکونی شهر و مناطق مسکونی حومه شهر مشابه هم هستند عدم وجود تفاوت معنادار آلبیدو در دو کاربری مسکونی داخل و حومه شهر، ساختار و ویژگی‌های ظاهری مشابه مناطق مسکونی در دو بخش را نشان می‌دهد (جدول ۳) که در بررسی‌های میدانی نیز کاملاً مشهود بود. بدین صورت که فضای سبز داخل شهر اعم از پارک‌ها و بلوارها پوشیده از درخت و درختچه هستند حال آنکه فضای سبز حومه شهر متشکل از شالیزارها و زمین‌های کشاورزی است. جذب و انتشار فرایندهای تابش بلند برگشتی مربوط به ساختار حرارتی و ترکیب جو است. بخار آب، دی‌اکسید کربن و ابرها عوامل غالبی هستند که مقدار انرژی بازتاب شده را تحت تأثیر قرار می‌دهند. عوامل اشاره‌شده در حومه شهر و فضای سبز شهری نسبت به مناطق مسکونی شهری تأثیرگذارتر بوده که این امر منجر به ایجاد اختلاف معنادار در مقدار انرژی بلند برگشتی مناطق شهری با سایر کاربری‌ها می‌گردد (جدول ۴). ارتباط مستقیم انرژی بلند برگشتی با توان چهارم دمای سطح زمین باعث می‌شود مکان‌های با درجه حرارت بالاتر، مقدار انرژی بلند برگشتی بیشتری نیز داشته باشند و برعکس.



شکل (۶) مقدار آلبیدو (a، برحسب درصد) و انرژی طول موج بلند خروجی (b، برحسب وات بر متر مربع) با انرژی زمین تاب و در محدوده مورد مطالعه برای سال ۲۰۱۷.

منبع: نگارندگان



شکل (۷) متوسط انرژی طول موج بلند برگشتی (OLR) و آلبیدو (آلبیدو)، در کاربری‌های متفاوت برای سال ۲۰۱۷.

منبع: نگارندگان

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جهت بررسی تفاوت انرژی خروجی در کاربری‌های مختلف

| | | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | Sig. |
|--------|------------|--------------|------------|----------------|---------|--------|
| Albedo | بین گروهی | . /247 | 3 | . /082 | 128/564 | . /000 |
| | درون گروهی | . /364 | 569 | . /001 | | |
| | مجموع | . /611 | 572 | | | |
| ↑ RL | بین گروهی | 24475/642 | 3 | 8158/547 | 22/042 | . /000 |
| | درون گروهی | 210610/604 | 569 | 370/142 | | |
| | مجموع | 235086/245 | 572 | | | |

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

جدول شماره ۳: نتایج حاصل از آزمون توکی جهت مقایسه کاربری‌های متفاوت در ارتباط با آلبیدو

| Dependent Variable | (I) code | (J) code | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------|--------|-------------------------|-------------|
| | | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Albedo | فضای سبز شهری | فضای سبز حومه شهر | -. /007* | . /002 | . /046 | -. /015 | -. /00009 |
| | | مناطق مسکونی حومه شهر | -. /045* | . /003 | . /000 | -. /053 | -. /03798 |
| | | مناطق مسکونی شهری | -. /044* | . /002 | . /000 | -. /051 | -. /03666 |
| | مناطق مسکونی شهری | فضای سبز حومه شهر | . /036* | . /002 | . /000 | . /028 | . /04402 |
| | | مناطق مسکونی حومه شهر | -. /001 | . /003 | . /951 | -. /009 | . /00614 |
| | | فضای سبز شهری | . /044* | . /002 | . /000 | . /036 | . /05171 |

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

با توجه به برداشت های میدانی و مقایسه تصاویر گوگل ارث از سالهای مورد مطالعه، مراکز شهرها در مقایسه با دیگر نواحی، درخت و پوشش گیاهی کمتری دارند، کمبود پوشش گیاهی مترادف با کم شدن تبخیر و تعرق خواهد بود همچنین اگر مواد به کاررفته در شهرها را مدنظر بگیریم (آسفالت، سنگفرش، بتن) مشخص خواهد شد که همگی این مواد بازتاب اندکی دارند و در نتیجه ظرفیتشان برای جذب و ذخیره سازی گرما بالاست؛ پس در مناطق مسکونی، ساختمان های بلند با سطوح سیمانی موجب افزایش درجه حرارت و افزایش تابش بلند خروجی در مناطق مسکونی شهری می شود. از طرفی حرارت ناشی از پسماند انسانی (گرمایی که از صنایع مختلف، اتوبوس های در حال حرکت، ماشین ها یا سامانه های گرمایشی و سرمایشی تولید می شود) از جمله محصولات غیرقابل اجتناب مناطق شهری هستند که موجب افزایش تابش بلند برگشتی در مناطق شهری خواهد شد.

جدول شماره ۴. نتایج حاصل از آزمون توکی جهت مقایسه کاربری های متفاوت در ارتباط با انرژی بلند

برگشتی

| Dependent Variable | (I) code | (J) code | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------|--------|-------------------------|-------------|
| | | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| RL ↑ | فضای سبز شهری | فضای سبز حومه شهر | 9/42* | 2/267 | . /000 | 3/58 | 15/27 |
| | | مناطق مسکونی حومه شهر | 1/59 | 2/30 | . /901 | -4/35 | 7/53 |
| | | مناطق مسکونی شهری | -8/73* | 2/2 | . /00 | -14/46 | -3/01 |
| | مناطق مسکونی شهری | فضای سبز حومه شهر | 18/16* | 2/24 | . /000 | 12/37 | 23/95 |
| | | مناطق مسکونی حومه شهر | 10/32* | 2/28 | . /000 | 4/439 | 16/21 |
| | | فضای سبز شهری | 8/73* | 2/22 | . /001 | 3/012 | 14/46 |

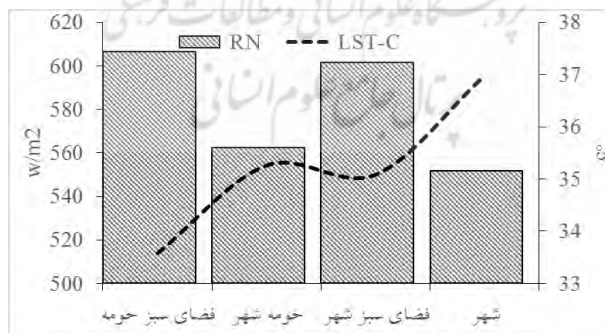
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

۴- بحث و نتیجه گیری

این مطالعه به بررسی ارتباط کاربری های اراضی شهری با تغییرات ویژگی های تابش (تابش خالص (RN)، آلبیدو سطح زمین α ، طول موج کوتاه ورودی $RS \downarrow$ ، طول موج بلند ورودی $RL \downarrow$ ، طول موج بلند برگشتی ($RL \uparrow$)) در کاربری های مختلف (فضای سبز شهری، فضای سبز حومه شهر، مناطق مسکونی شهری و مناطق مسکونی حومه شهر) پرداخته است. به عنوان یک مطالعه موردی شهرهای ساری، بابل، قائم شهر، بابلسر، آمل، نور و چالوس انتخاب شدند. یافته ها بر اساس روش سیال نشان داد میکروکلیمای شهری با شار انرژی خروجی که به طور مستقیم با تابش خالص در ارتباط هستند، کنترل می شود. توزیع این جریان ها به طور قابل ملاحظه ای در فرایند شهرنشینی بواسطه تغییر در چهره فیزیکی سطح زمین (آلبیدو، ظرفیت حرارتی، گرمای هدایت شده) و

جایگزینی آسفالت و مصالح به جای پوشش گیاهی تغییر کرده است. طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ تعداد واحدهای مسکونی مناطق شهری از ۱۵۸۵۹۹۲۶ به ۲۲۸۳۰۰۳ و مناطق روستای از ۴۴۲۸۰۴۶ به ۵۳۷۷۹۳۷ رسیده است که نشان از رشد چشمگیر توسعه فیزیکی شهرها، گسترش ساخت و سازها و در نتیجه تغییرات کاربری اراضی در استان مازندران می‌باشد (سرشماری نفوس مسکن ۱۳۹۵). بررسی‌های گزارش اقتصادی استان مازندران نیز نشان می‌دهد، علی‌رغم افزایش مصرف برق و گاز طبیعی در استان مازندران، سرانه مصرف این بخش‌ها کاهش پیدا کرده است که نشان دهنده‌ی افزایش مصرف این بخش‌ها فقط به دلیل افزایش تعداد مشترکین می‌باشد (گزارش اقتصادی استان مازندران ۱۳۹۴). این عامل یعنی افزایش جمعیت شهری، سبب تغییر کاربری‌ها در مقیاسی وسیع شده است، باتوجه به شرایط مساعد آب و هوایی در این منطقه، تاسیسات و تجهیزات شهری جایگزین فضای سبز شده و مناطق پیرامونی در داخل شهر ادغام شده‌اند. از آنجا که میکروکلیمای شهر تابعی از شارهای انرژی خروجی است هرگونه تغییر کاربری فضای سبز به مسکونی سبب تغییر در آلبیدو، انرژی بلند برگشتی و متوسط درجه حرارت خواهد شد. متوسط درجه حرارت و تابش خالص کاربری‌های مختلف در شکل ۷ نشان داده شده است، هرگونه تغییر در این کاربری‌ها منجر به تغییر مقادیر یاد شده خواهد شد و استقرار خرد اقلیم جدید را سبب می‌شود. عوامل مختلفی مانند افزایش ساخت‌وساز شهری، افزایش آسفالت و سقف‌های بتنی می‌توانند در افزایش درجه حرارت تأثیرگذار باشند بنابراین هرچه از میزان فضای سبز کاسته شود و به‌جای آن با موارد اشاره‌شده در بالا افزوده شود، میزان درجه حرارت افزایش خواهد یافت. در محدوده مورد مطالعه کاهش فضای سبز (عموما حومه شهر) همزمان با گسترش شهرها و تاسیسات شهری بوده است بنابراین افزایش درجه حرارت شهرها ناشی از افزایش ساخت و سازهای شهری دور از انتظار نخواهد بود.



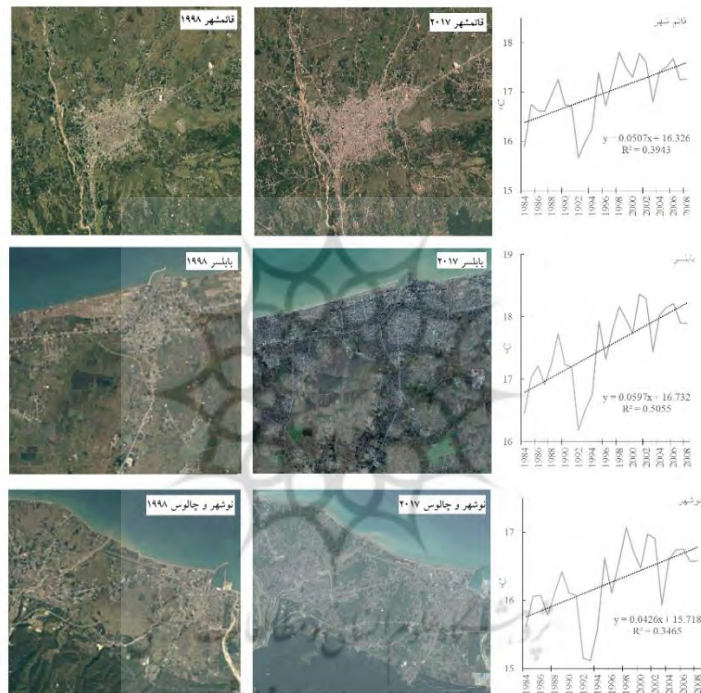
شکل (۸) متوسط مقدار تابش خالص (وات بر متر مربع) و درجه حرارت سطح زمین برای کاربری‌های مختلف (منطقه مورد مطالعه).

منبع: نگارندگان

جدول ۵: میانگین تغییرات دما در منطقه مورد مطالعه ناشی از تغییر کاربری فضای سبز

| تغییر کاربری | نرخ تغییرات دما درجه سانتیگراد |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| حومه شهر => فضای سبز حومه | +۱/۶۹ |
| شهر => فضای سبز حومه | +۳/۴۵ |
| فضای سبز شهر => فضای سبز حومه | +۱/۵۱ |
| شهر => فضای سبز شهر | +۱/۹۰ |

منبع: محاسبات تحقیق حاضر



شکل (۹) محدوده برخی از شهرهای منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی ۱۹۹۸ و ۲۰۱۷ و روند زمانی تغییرات درجه حرارت آنها.

منبع: نگارندگان

براساس نتایج پژوهش مشخص شد که هرگونه تغییر کاربری به نفع تاسیسات و ساخت و سازهای شهری منجر به تغییر موازنه انرژی در سطح شهر می‌شود و نهایتاً به صورت تغییر در درجه حرارت نمایان خواهد شد. در منطقه مورد مطالعه، تغییر فضای سبز به کاربری شهری بیشترین افزایش دما را سبب می‌شود (جدول ۵). بنابراین بخشی از روند افزایش درجه حرارت ایستگاههای هواشناسی که در شهرها (مانند ساری، بابلسر و نوشهر) یا در نواحی که طی زمان فضای سبز اطراف

آنها تخریب شده است (مانند قائمشهر، آمل) قرار گرفته‌اند صرفاً نه به خاطر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بلکه تا اندازه ای نیز متأثر از توسعه شهرها و تغییر کاربری بوده است. به دلیل کاهش چشم‌گیر فضای سبز بر اثر فرایند شهرنشینی و در نظر گرفتن تأثیر فضاهاى سبز در چگونگی شکل‌گیری خرد اقلیم شهری، ضروری است تا قانون حفظ کاربری و جلوگیری از تغییرات کاربری اراضی زراعی و باغی که سال ۱۳۷۴ مصوب شده بود در این بخش از کشور مورد توجه ویژه قرار گیرد.



منابع

۱. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا. (۱۳۸۸). **مبانی آب‌وهواشناسی**، انتشارات سمت، چاپ نهم، تهران.
۲. خالقی عباس آبادی، پ؛ اکبری، م؛ خواستار، س؛ یعصوبی، س؛ اولادزاد عباس آبادی، آ و بخشی، ف. (۱۳۹۶). گزارش اقتصادی استان مازندران سال ۱۳۹۴ / اداره کل اقتصاد و دارایی استان مازندران.
۳. یعقوب‌زاده، مصطفی؛ ایزدپناه، زهرا؛ برومندنسب، سعید و سیدکابلی، حسام (۱۳۹۲). مقایسه الگوریتم سبال با مدل SWAP و روش‌های محاسباتی جهت تعیین تبخیر و تعرق، **تحقیقات کاربردی علوم جغرافیا**
4. Al-Temeemi, A. S. (1995). Climatic design techniques for reducing cooling energy consumption in Kuwaiti houses. **Energy and Buildings**, 23(1), 41-48.
5. Allen, R. G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., & Bastiaanssen, W. (2002). SEBAL (surface energy balance algorithms for land). **Advance Training and Users Manual-Idaho Implementation**, version, 1, 97.
6. Allen, R. G., Tasumi, M., & Trezza, R. (2007). Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. **Journal of irrigation and drainage engineering**, 133(4), 380-394.
7. Akbari, H., & Kolokotsa, D. (2016). Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research. **Energy and buildings**, 133, 834-842.
8. Bastiaanssen, W. G., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J. F., Roerink, G. J., & Van der Wal, T. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL).: Part 2: Validation. **Journal of hydrology**, 212, 213-229.
9. Bastiaanssen, W. G., Menenti, M., Feddes, R. A., & Holtslag, A. A. M. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. **Journal of hydrology**, 212, 198-212.
10. Bisht, G., Venturini, V., Islam, S., & Jiang, L. E. (2005). Estimation of the net radiation using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data for clear sky days. **Remote Sensing of Environment**, 97(1), 52-67.
11. Bretz, S., Akbari, H., & Rosenfeld, A. (1998). Practical issues for using solar-reflective materials to mitigate urban heat islands. **Atmospheric environment**, 32(1), 95-101.
12. Cegielska, K., Noszczyk, T., Kukulska, A., Szylar, M., Hernik, J., Dixon-Gough, R., ... & Kovács, K. F. (2018). Land use and land cover changes in post-socialist countries: Some observations from Hungary and Poland. **Land Use Policy**, 78, 1-18.
13. Dawson, R. J., Hall, J. W., Barr, S., Batty, M., Bristow, A., Carney, S., ... & Köhler, J. (2009). A blueprint for the integrated assessment of climate change in cities. **Green CITYnomics: The Urban War Against Climate Change**, 32-52.
14. Explorer, U. E. (2010). < <http://earthexplorer.usgs.gov/>>.
15. Fan, Y., Yu, G., He, Z., Yu, H., Bai, R., Yang, L., & Wu, D. (2017). Entropies of the Chinese land use/cover change from 1990 to 2010 at a county level. **Entropy**, 19(2), 51.
16. Feyisa, G. L., Dons, K., & Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. **Landscape and Urban Planning**, 123, 87-95.

17. Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Helkowski, J. H. (2005). Global consequences of land use. **science**, 309(5734), 570-574.
18. Forman, R. T. (2016). Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different?. **Landscape ecology**, 31(8), 1653-1662.
19. Gaitanis, A., Kalogeropoulos, K., Detsis, V., & Chalkias, C. (2015). Monitoring 60 Years of Land Cover Change in the Marathon Area, Greece. **Land**, 4(2), 337-354.
20. Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. **science**, 319(5864), 756-760.
21. Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. Atmospheric Environment. Part B. **Urban Atmosphere**, 25(3), 289-299.
22. Groleau, D., & Mestayer, P. G. (2013). Urban Morphology Influence on Urban Albedo: A Revisit with the Solene Model. **Boundary-layer meteorology**, 147(2), 301-327.
23. Järvi, L., Grimmond, C. S. B., & Christen, A. (2011). The surface urban energy and water balance scheme (SUEWS): Evaluation in Los Angeles and Vancouver. **Journal of hydrology**, 411(3-4), 219-237.
24. Jiang, B, and S. Liang. (2018). Land Surface Net Radiation. In Comprehensive Remote Sensing. **Elsevier**, 304–31.
25. Kanianska, R., Kizeková, M., Nováček, J., & Zeman, M. (2014). Land-use and land-cover changes in rural areas during different political systems: A case study of Slovakia from 1782 to 2006. **Land Use Policy**, 36, 554-566.
26. Krishnan, P., Meyers, T. P., Scott, R. L., Kennedy, L., & Heuer, M. (2012). Energy exchange and evapotranspiration over two temperate semi-arid grasslands in North America. **Agricultural and Forest Meteorology**, 153, 31-44.
27. Krpo, A., Salamanca, F., Martilli, A., & Clappier, A. (2010). On the impact of anthropogenic heat fluxes on the urban boundary layer: a two-dimensional numerical study. **Boundary-layer meteorology**, 136(1), 105-127.
28. Mackey, C. W., Lee, X., & Smith, R. B. (2012). Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island. **Building and Environment**, 49, 348-358.
29. Mira, M., Olioso, A., Gallego-Elvira, B., Courault, D., Garrigues, S., Marloie, O., ... & Boulet, G. (2016). Uncertainty assessment of surface net radiation derived from Landsat images. **Remote sensing of Environment**, 175, 251-270.
30. Mohamed, A., & Worku, H. (2019). Quantification of the land use/land cover dynamics and the degree of urban growth goodness for sustainable urban land use planning in Addis Ababa and the surrounding Oromia special zone. **Journal of Urban Management**, 8(1), 145-158.
31. Oke, T. R. (2002). **Boundary layer climates**. Routledge.
32. Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. **Building and environment**, 46(11), 2186-2194.
33. Radhi, H., Fikry, F., & Sharples, S. (2013). Impacts of urbanisation on the thermal behaviour of new built up environments: A scoping study of the urban heat island in Bahrain. **Landscape and Urban Planning**, 113, 47-61.
34. Singh, P., Kikon, N., & Verma, P. (2017). Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. **Sustainable Cities and Society**, 32, 100-114.
35. Wang, Y., Dai, E., Yin, L., & Ma, L. (2018). Land use/land cover change and the

effects on ecosystem services in the Hengduan Mountain region, China. **Ecosystem services**, 34, 55-67.

36. Wang, Y. C., Hu, B. K., Myint, S. W., Feng, C. C., Chow, W. T., & Passy, P. F. (2018). Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar. **Science of The Total Environment**, 643, 738-750.

37. Wrenn, D. H., & Sam, A. G. (2014). Geographically and temporally weighted likelihood regression: Exploring the spatiotemporal determinants of land use change. **Regional Science and Urban Economics**, 44, 60-74.

38. Wong, M. S., Nichol, J. E., To, P. H., & Wang, J. (2010). A simple method for designation of urban ventilation corridors and its application to urban heat island analysis. **Building and Environment**, 45(8), 1880-1889.

39. Yu, Z., Guo, X., Zeng, Y., Koga, M., & Vejre, H. (2018). Variations in land surface temperature and cooling efficiency of green space in rapid urbanization: The case of Fuzhou city, China. **Urban forestry & urban greening**, 29, 113-121.

