

بررسی رابطه ساختار اکولوژیک شهر نیشابور و الگوی جزایر حرارتی با تأکید بر رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین

الهام جعفری^۱، هادی سلطانی فرد^۲، کاظم علی آبادی^۳، هادی کراچی^۴

۱. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۲. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳. مربی، مرکز پژوهش های جغرافیایی و علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری
۴. مربی، گروه محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۶ تاریخ تصویب: ۹۵/۷/۲۹)

چکیده

در دهه های اخیر توسعه شهری سبب تغییرات زیر بنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین شده است. یکی از مهم ترین اثرات افزایش سطوح شهری بر محیط زیست شکل گیری جزیره حرارتی شهری (UHI) است. درک اثرات الگو و ساختار سیمای سرزمین بر جزیره حرارتی شهری برای بهبود شرایط اکولوژیکی ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی رابطه میان سنجه ها و دمای سطح زمین که بتواند به طور مؤثری اثر ساختار سیمای سرزمین شهر نیشابور را بر جزیره حرارتی شهری شناسایی کند. این مطالعه مبتنی بر رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین است و از سنجه ها برای ارزیابی ساختار اکولوژیک شهر استفاده شده است. تحقیق حاضر از نظر نوع، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. تصاویر ماهواره ای مربوط به سنجنده ETM+ ماهواره لندست در تاریخ آگوست (۲۰۱۰) برای بررسی جزایر حرارتی و تهیه نقشه درجه حرارت سطحی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از نقشه کاربری اراضی با مقیاس ۱/۲۰۰۰ جهت تدقیق اطلاع بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که ساختار اکولوژیک شهر و ترکیب و توزیع فضایی آن رابطه معناداری با درجه حرارت سطحی دارد. چهار سنجه LPI, LSI, NP و PLAND دارای بیشترین اثر و بالاترین میزان همبستگی با درجه حرارت سطحی هستند.

کلید واژگان: ساختار اکولوژیک، سنجه، اکولوژی سیمای سرزمین، جزیره حرارتی، نیشابور

۱. مقدمه

گسترش شهرنشینی و توسعه فیزیکی شهرها از پدیده‌های قرن بیستم است که در کلیه کشورهای جهان از جمله ایران صورت گرفته است. توسعه شهری موجب تغییرات زیر بنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود. این پدیده پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و محیط زیستی متعددی در پی دارد (Shirani & Karimi, 2013). از جمله مسائل محیط-زیستی می‌توان به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در اثر افت ظرفیت نفوذ آب، آلودگی خاک‌ها، غیربومی بودن گیاهان در محیط‌زیست شهری (Ingegnoli, 2002) و وجود اقلیمی خاص در شهرها اشاره نمود (Parivar et al., 2009). یکی از مخاطرات محیطی نوظهور که ناشی از گسترش شهرنشینی است، پدیده جزیره حرارتی است. این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش‌های طبیعی سطحی از بین می‌روند و جای خود را به ساختمان‌ها، جاده‌ها و سایر تأسیسات شهری می‌دهند (Mousavi et al., 2012). جزیره حرارتی به پدیده افزایش درجه حرارت سطحی و اتمسفری اشاره دارد که در آن دمای شهر نسبت به نواحی اطراف و نواحی روستایی بالاتر است (Maimaitiyiming et al., 2014). جزیره حرارتی یک پدیده جهانی است که بر کیفیت هوا، استفاده از آب، مصرف انرژی، سلامتی انسان و پایداری شهر تأثیر دارد (Chen et al., 2014). این پدیده ۱۵۰ سال پیش (۱۸۱۸) توسط هاوارد در لندن زمانی که او در حال مطالعه اقلیم لندن بود کشف شد (Howard, 1833).

یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند در فرآیند شکل‌گیری و الگوی تحول جزایر حرارتی شهری مؤثر باشد، بررسی رابطه آن با ساختار اکولوژیکی شهری است. درک اثرات الگو و ساختار اکولوژیکی بر جزیره حرارتی شهری می‌تواند برای بهبود شرایط اکولوژیکی و پایداری

محیط ضروری واقع گردد. در دهه‌های اخیر دانش اکولوژی سیمای سرزمین ثنوری و ابزار لازم را برای ارزیابی ویژگی‌های ساختار اکولوژیکی شهرها را فراهم کرده است. اکولوژی سیمای سرزمین، مطالعه سیمای سرزمین‌ها به‌ویژه ترکیب، ساختار و کارکرد آنهاست. این دانش، زیرمجموعه‌ای از دانش اکولوژی و جغرافیاست و نشان می‌دهد چگونه تغییرات مکانی سیمای سرزمین می‌تواند فرآیندهای اکولوژی مانند توزیع و جریان انرژی، پراکنش مواد و افراد در محیط را تحت تأثیر قرار دهد (Naveh & Liberman, 1984). علاوه بر این، الگوهای سیمای سرزمین (اعم از طبیعی و انسانی)، فرآیندهای مرتبط با آنان، چگونگی تغییرات این الگوها و ارتباطات متقابل آنها را طی زمان، مطالعه و بررسی می‌کند (Shabani et al., 2015). یکی از مهم‌ترین ابزارها جهت ارزیابی، سنج‌های سیمای سرزمین است. در چند دهه گذشته، تعداد زیادی از سنج‌های سیمای سرزمین توسعه یافته است و به‌طور گسترده‌ای برای مشخص کردن الگوی سیمای سرزمین و ارتباط آنها با فرآیندهای زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفتند (Gustafson 1998; Li & Reynolds, 1993; Li & Wu, 2004). بررسی کمی ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین امکان‌پذیر است. سنج‌های سیمای سرزمین، الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین هستند (McGarigal et al., 2002; Leitao & Ahern, 2002). سنج‌ها در دودسته کلی جای می‌گیرند:

۱- دسته‌ای که ترکیب^۱ سیمای سرزمین را بدون توجه به موقعیت مکانی کمی می‌کند و مشخصاتی از سیمای سرزمین مانند نسبت مساحت لکه‌ها، تنوع لکه‌ها، تراکم و... را می‌سنجد و از این طریق تعیین بستر و ناهمگنی را امکان‌پذیر می‌سازد.

^۱ Composition

شهری فراهم می‌کند.

Junxiang Li و همکاران، (۲۰۱۱)، به مطالعه اثر ساختار سیمای سرزمین بر روی جزایر حرارتی سطحی در شانگهای چین پرداختند. این مطالعه مشخص کرد که چگونه ترکیب و توزیع فضایی سیمای سرزمین بر جزایر حرارتی شهر شانگهای اثر می‌گذارد. این مطالعه بر اساس تجزیه و تحلیل درجه حرارت سطحی در ارتباط با سنجه پوشش گیاهی (NDVI^۳)، درصد پوشش گیاهی (FV) و سطوح نفوذناپذیر (ISA) انجام گرفته است. دو تصویر ماهواره‌ای که از سنجده ETM+ در تاریخ ۱۳ مارس و ۲ جولای (۲۰۰۱) به دست آمد مورد استفاده قرار گرفت و دمای سطح زمین، ISA و FV از آن به دست آمد. سنجده‌های سیمای سرزمین با استفاده از نقشه کاربری و پوشش اراضی با بزرگنمایی فضایی (2.5*2.5 m) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که تفاوت‌های مشخصی بین درجه حرارت سطحی و درصد پوشش گیاهی وجود دارد، بین درجه حرارت سطحی و سنجه پوشش گیاهی رابطه خطی منفی وجود دارد و نیز رابطه خطی منفی بین درجه حرارت سطحی و درصد پوشش گیاهی وجود دارد. ارتباط مثبتی بین متوسط درجه حرارت سطحی و درصد سطوح نفوذناپذیر وجود دارد. مناطق مسکونی بیش از سایر مناطق در تشکیل جزایر حرارتی سطحی شرکت دارد و پس از آن مناطق صنعتی نقش دارند. اگرچه بخش صنعتی بیشترین درجه حرارت سطحی را دارد اما سهم محدودی در تشکیل جزایر حرارتی دارد به علت اینکه منطقه کوچکی را در بر گرفته است. همبستگی قوی بین متوسط درجه حرارت سطحی و سنجده‌های سیمای سرزمین مشخص شده وجود دارد و توزیع فضایی سیمای سرزمین شهری بر جزایر حرارتی سطحی مؤثر است.

هدف از این مطالعه بررسی رابطه میان سنجده‌های سرزمین و دمای سطح زمین در شهر نیشابور است که بتواند به طور مؤثری اثر ساختار سیمای سرزمین را بر

۲-دسته‌های که توزیع مکانی^۱ لکه‌ها را کمی می‌کند در این دسته از سنجده‌ها نیاز به اطلاعات مکانی برای اطلاع از موقعیت آن‌ها لازم است (Shirani & Karimi, 2013). توزیع، مشخصات فضایی انواع پوشش اراضی در یک سیمای سرزمین خاص را بازگو می‌کند و به توزیع فضایی و هندسی لکه‌ها مثل شکل و اندازه نسبت قطر به مساحت، مکان نسبی انواع لکه در ارتباط با لکه‌های دیگر مثل سنجده‌های همسایگی و غیره مربوط است (Forman & godron, 1986).

محققان بسیاری (Li et al., 2011; Zhou et al., 2011) در پژوهش‌های خود تلاش نمودند تا با استفاده از سنجده‌های سیمای سرزمین رابطه میان ساختار اکولوژیک و الگوی جزایر حرارتی و تغییرات درجه حرارت سطحی زمین را بررسی کنند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(Maimaitiyiming et al., 2014)، به مطالعه الگوهای فضای سبز بر روی دمای سطح زمین در شهر اکاسا در شمال غرب چین پرداختند. مطالعات نشان داد که افزایش درصد پوشش فضای سبز می‌تواند به طور مؤثر درجه حرارت سطح زمین را کاهش دهد. در این تحقیق با استفاده از درصد پوشش اراضی (PLAND) ترکیب و توزیع فضایی، فضای سبز مشخص گردیده است. جهت مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجده TM استفاده شد، نقشه فضای سبز تهیه گردید و داده‌های مربوط به دمای سطح زمین (LST)^۲ از باندهای حرارتی این تصاویر به دست آمد. از این داده‌ها برای بررسی ارتباط میان درجه حرارت سطحی و الگوی فضایی، فضای سبز استفاده شد. نتایج نشان داد درصد پوشش اراضی (PLAND) می‌تواند در پیش‌بینی درجه حرارت سطحی نقش مهمی داشته باشد. همچنین مشخص شد وجود پوشش گیاهی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش اثرات جزیره حرارتی است و میزان درجه حرارت سطحی (LST) را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد و دیدگاه‌هایی برای بهبود مدیریت و برنامه‌ریزی فضای سبز

¹ Configuration

² Land Surface Temperature

³ Normalized Difference Vegetation Index

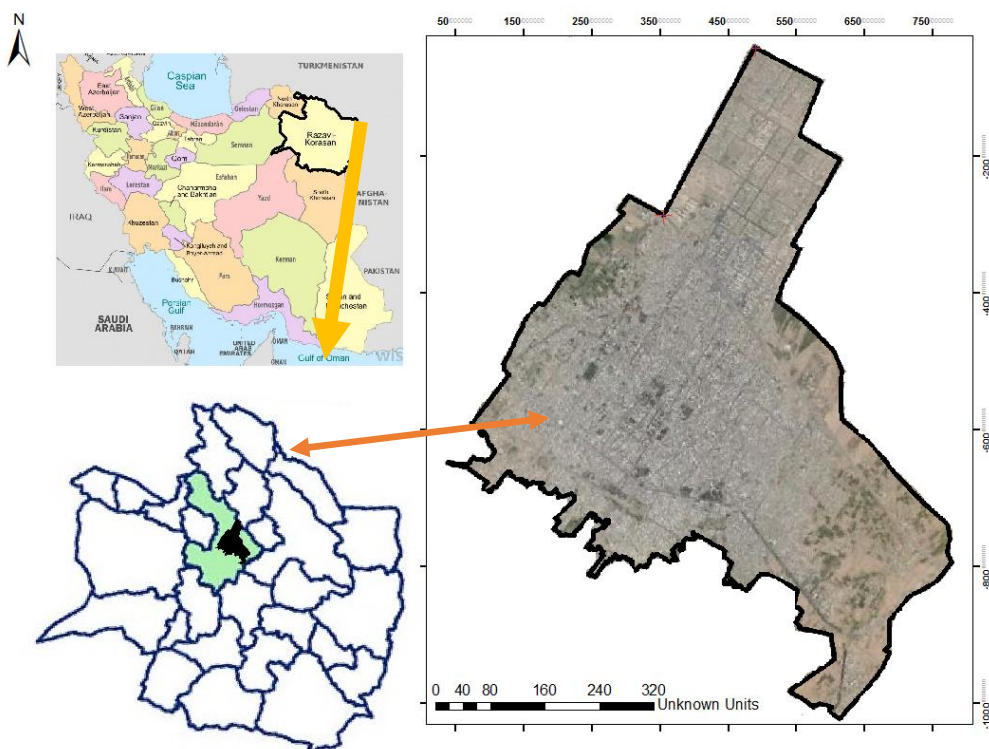
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر نیشابور یکی از شهرهای استان خراسان رضوی است. این شهر در حدفاصل مدار ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه قرار گرفته است. مساحت این شهر ۸۹۲۵ کیلومترمربع است. از کل وسعت شهر نیشابور، حدود ۵۵۰۰ کیلومترمربع آن دشت و ۳۴۲۵ را ارتفاعات تشکیل می‌دهد (شکل ۱) (Madih, 2005).

جزیره حرارتی شهری شناسایی کند. مهم‌ترین اهداف مطالعه عبارت‌اند از: الف) استخراج توزیع فضایی و ترکیب ساختار اکولوژیک سیمای سرزمین و ارتباط آن با درجه حرارت سطحی و جزایر حرارتی، ب) انتخاب مؤثرترین سنجه‌ها بر درجه حرارت سطحی و جزایر حرارتی.

تاکنون مطالعات زیادی در ارتباط با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در تعیین درجه حرارت سطحی و جزایر حرارتی در ایران صورت نگرفته است و این مطالعه می‌تواند به‌عنوان اولین مطالعه در این زمینه باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای اکولوژیست‌ها، برنامه‌ریزان و شهر سازان و طراحان شهری در برنامه‌ریزی و طراحی محیطی و فضاهای سبز مفید باشد.



شکل ۱. موقعیت شهرستان نیشابور در تقسیمات کشوری

هوای زیاد است. در این‌گونه مناطق، هوا به دلیل حرکت از قسمت‌های فوقانی، از بالا به پایین گرم و خشک است (Madih, 2005).

در تقسیمات اقلیمی کشور، نیشابور جزء اقلیم فلات مرکزی و نیمه بیابانی است. در زمستان نسبتاً سرد و در تابستان معتدل است. این منطقه جزء مناطق با فشار

۲.۲. روش مطالعه

تحقیق حاضر از نظر روش تحلیلی (کمی و کیفی) و از نظر نوع کاربردی است. هدف از این مطالعه بررسی رابطه همبستگی میان سنجه‌های سیمای سرزمین و جزایر حرارتی است. انواع متغیرهایی که در آن وجود دارد سنجه‌های سیمای سرزمین و جزایر حرارتی می‌باشند. در این تحقیق ابتدا عناصر سیمای سرزمین شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته است و سپس رابطه میان آن‌ها بررسی شده است. بخشی از اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای و بخشی به صورت میدانی (ادارات و سازمان‌ها) به دست آمد. همچنین با مراجعه به سایت اینترنتی USGS تصاویر ماهواره‌ای مربوط به آگوست (۲۰۱۰) از سنجنده ETM+ ماهواره لندست به دست آمده است. از این تصاویر برای بررسی اثرات کمی و کیفی عناصر اکولوژیک شهری در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است.

ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق

۱- سنجش از دور (ENVI4.7): پردازش تصاویر

ماهواره‌ای و استخراج دمای سطح زمین

۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS 9.3):

ترسیم و تحلیل نقشه‌ها

۳- سنجه‌های سیمای سرزمین: محاسبه سنجه‌ها. این سنجه‌ها با استفاده از patch Analyst در محیط نرم‌افزار ArcGIS محاسبه گردید و میزان همبستگی آن‌ها با درجه حرارت سطحی مورد بررسی قرار گرفت.

۳.۲. سنجه‌های مورد استفاده در مطالعه

سنجه‌های رایج سیمای سرزمین که انتخاب می‌شوند و ارتباط دمای سطحی زمین با الگوهای فضایی را بیان می‌کنند، بر اساس اصول زیر انتخاب می‌شوند:

۱- میزان اهمیت در عمل و تئوری

۲- راحتی محاسبه

۳- تفسیرپذیری

۴- حداقل فراوانی (Maimaitiyiming *et al.*, 2014).

هیچ یک از سنجه‌های سیمای سرزمین به تنهایی نمی‌توانند نشان دهنده وضعیت مناسب و نامناسب اکولوژی سیمای سرزمین باشند؛ بنابراین باید این سنجه‌ها با یکدیگر ارزیابی شوند و در تحلیل وضعیت اکولوژی به همه سنجه‌ها در کنار هم توجه شود.

جدول ۱. سنجه‌های مورد استفاده در مطالعه، (مأخذ: McGarigal *et al.*, 2002)

نوع سنجه	سنجه	تعاریف	فرمول	دامنه تغییرات
ترکیب	LPI	سنجه بزرگ‌ترین لکه	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$	$0 \leq LPI \leq 1$
	PLAND	نسبت درصد هر نوع لکه را اندازه‌گیری می‌کند.	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$0 < PLAND < 100$
	TCA	کل ناحیه هسته	$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c$	$TCA \geq 0$
توزیع فضایی	NP	تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین	$NP = N$	$NP > 0$
	LSI	شکل سیمای لکه را مشخص می‌کند	$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$	$LSI \geq 1$
	MPS	متوسط اندازه لکه	$MPS = \frac{\sum_{i=1}^m [a_i]}{m}$	$MPS > 0$
	MNN	تشخیص میزان جدا افتادگی و خردشدگی لکه	$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n-1} hij}{N^2}$	$MNN > 0$

۳. نتایج

۱,۳ استخراج پوشش گیاهی

با استفاده از اطلاعات موجود و پردازش تصاویر ماهواره‌ای لکه‌های فضای سبز استخراج و با استفاده از

مطالعات میدانی تدقیق گردید. بر اساس یافته‌های تحقیق فضای سبز شهر نیشابور بیش از ۶۳۰ هکتار مساحت دارد و در هفت طبقه به شرح جدول ۲ دسته‌بندی شده است.

جدول ۲. محیط و مساحت انواع فضای سبز شهرستان نیشابور. استخراج و تدقیق: نگارندگان

ردیف	نوع فضای سبز	کاربری	مساحت (m ²)	درصد مساحت
۱	سطوح ورزشی	ورزشی	۱۵۵۴۴۲,۳۱	۲٪
۲	فضای سبز عمومی	پارک	۸۱۵۳۰۵,۰۹	۱۳٪
۳	فضای سبز غیرشهری	جنگل کاری‌ها	۲۱۹۸۹۹,۵۱	۳٪
۴	فضای سبز نیمه عمومی	ادارات، بیمارستان‌ها و...	۵۰۰۵۷۳,۸۸۳۶	۸٪
۵	سطوح سبز غیرشهری	مراعات و زمین‌های کشاورزی	۴۳۱۸۷۸۰,۴۷	۶۹٪
۶	فضای سبز خیابانی	میدان‌ها و بلوارها	۲۲۸۶۶۳,۱	۴٪
۷	فضای سبز خصوصی	باغ/ منازل	۶۴۰۹۴,۲۳	۱٪
جمع			۶۳۰۲۷۵۸,۶۱	۱۰۰٪

جدول فوق، طبقه‌بندی فضاهای سبز موجود در شهر نیشابور را نشان می‌دهد. این دسته‌بندی مبنای تحلیل را در این مطالعه است.

۲,۳ محاسبه دمای سطحی

سنجنده لندست^۱ دمای سطح زمین را به دست آورده و به صورت عدد رقومی^۲ (DNs) (۰-۲۵۵) ذخیره می‌کنند، درعین حال می‌توان DNs را به درجه کلوین یا سلسیوس یا فارنهایت تبدیل کرد. در این مطالعه به منظور استخراج دمای سطح، دو مرحله زیر انجام شده است: الف) تبدیل عدد رقومی (DN) به مقادیر radiance: برای برآورد مقادیر radiance نیاز است تا مقادیر Bias و gain به دست آید و نیز نیاز است تا مقادیر از باند ۶ به دست آید. با استفاده از فرمول‌های زیر مقادیر Bias و gain به دست می‌آید (Landsat, 2002).

$$\text{Bias} = \text{LMIN} \quad \text{رابطه (۱)}$$

رابطه (۲)

$$\text{Gain} = (\text{LMAX} - \text{LMIN}) / (\text{QCALMAX} - \text{QCALMIN})$$

QCALMAX = بزرگ‌ترین عدد رقومی، ۲۵۵؛

QCALMIN = کوچک‌ترین عدد رقومی، ۱؛

LMIN = ارزش تابش طیفی باند ۶ در مقدار DN صفر؛

LMAX = ارزش تابش طیفی باند ۶ در مقدار DN ۲۵۵

و فرمول مقابل برای تبدیل DN به radiance است:

$$P = G(P_{DN}) + B \quad \text{رابطه (۳)}$$

P_R = Pixel radiance value,

P_{DN} = Pixel digital number,

B = Bias (Offset), G = Gain

ب) تبدیل مقدار radiance به درجه کلوین:

$$T_K = K_2 / \ln [K_1 / P_R + 1] \quad \text{رابطه (۴)}$$

T_K = Temperature in degree Kelvin,

P_R = Pixel radiance value,

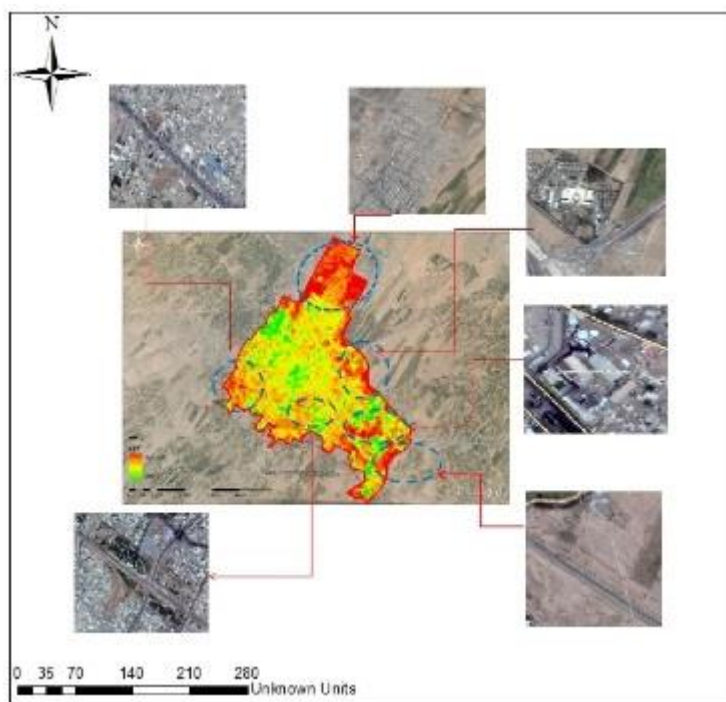
$K_1 = 607.76$, $K_2 = 1260.56$

¹ Landsat

² Digital Number

نواحی است که از بیشترین دمای سطحی برخوردارند. نوع کاربری (بافت مسکونی) و وجود کارخانه روغن نباتی از عواملی هستند که سبب تشدید دمای سطحی زمین شده است. علاوه بر این وجود ایستگاه راه آهن در قسمت جنوبی شهر باعث شکل گیری جزیره حرارتی شده است. بررسی ها نشان می دهد در مناطقی که پوشش گیاهی بیشتری وجود دارد و پراکندگی فضای سبز به صورت مناسب صورت گرفته است درجه حرارت سطحی تا میزان بسیاری کاهش یافته است و این مورد به خوبی در (شکل ۲) مشخص شده است. قسمت های مرکزی و غرب شهر که در جوار زمین های کشاورزی، باغ ها و پارک های شهری واقع شده اند، از این دسته اند.

K_1 و K_2 ضرایب ثابت کالیبراسیون هستند نقشه دمای سطحی زمین شهر نیشابور با استفاده از نرم افزار ENVI4.7 و با انجام مراحل قبلی در این نرم افزار به دست آمد. خروجی کار به صورت نقشه درجه حرارت سطحی (LST) نشان داده شده است (شکل ۲). این نقشه میزان توزیع LST در ناحیه مورد مطالعه نشان می دهد. دامنه دما در این منطقه ۲۲,۴۲-۳۱,۹۹ درجه سانتی گراد است. بیشترین میزان دما مربوط به منطقه شمال شهر است، این منطقه ناحیه مسکونی همراه با بافت ساختمانی متراکم است و کمترین میزان پراکندگی فضای سبز مربوط به این ناحیه است. ناحیه مربوط به اطراف بزرگراه ۴۴ شرق ایران (بزرگراه مشهد - تهران) است و همچنین جنوب شرق شهر نیشابور از دیگر



شکل ۲. درجه حرارت سطحی شهرستان نیشابور، مأخذ: نگارندگان

سنجه های سیمای سرزمین در بررسی میزان همبستگی درجه حرارت سطحی و سنجه های سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گرفت که به صورت زیر ارائه گردیده است:

۳.۳. همبستگی درجه حرارت سطحی با سنجه های

سیمای سرزمین

یافته ها در بخش محاسبه درجه حرارت سطحی و

۱,۳,۳. رابطه میان سنجه‌های ترکیبی و درجه

حرارت سطحی

نتایج حاصل از محاسبه همبستگی سنجه‌های ترکیبی و درجه حرارت سطحی که با استفاده از نرم‌افزار SPSS

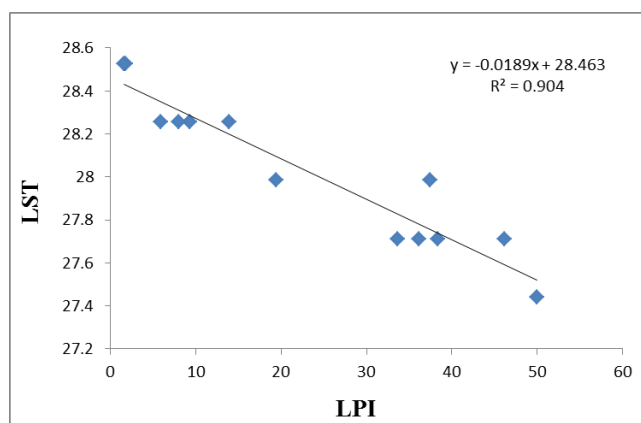
به دست آمده است، در جدول ۳ مشخص شده است. همچنین این نتایج برای تجزیه و تحلیل رابطه ساختار اکولوژیک و درجه حرارت سطحی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۳. میزان همبستگی سنجه‌های ترکیبی و درجه حرارت سطحی، (مأخذ: نگارندگان)

TCA	LPI	PLAND	LST
-۰,۶۹	-۰,۹۳	-۰,۹۲	LST

لکه‌های انسان ساخت می‌شود که این پدیده بر روی چرخه زیست‌زمین شیمیایی تأثیرگذار است. با کاهش اندازه لکه فضای سبز پایداری اکولوژی کاهش می‌یابد و بر درجه حرارت سطحی تأثیرگذار است و در نتیجه در مناطقی که اندازه لکه فضای سبز بزرگ‌تر است، جزایر حرارتی کمتری دیده می‌شود. با افزایش اندازه لکه فضای سبز شرایط اکولوژی بهبود یافته و شرایط محیطی پایدارتر خواهد بود و در نتیجه از تشکیل جزایر حرارتی جلوگیری می‌کند.

سنجه بزرگ‌ترین لکه (LPI) میزان غلبه لکه فضای سبز را بر منطقه نشان می‌دهد. با کوچک‌تر شدن سنجه می‌توان نتیجه گرفت که میزان خردشدگی لکه‌های فضای سبز افزایش یافته است که باعث ناپایداری می‌گردد و هرچه لکه فضای سبز بزرگ‌تر باشد پایداری بیشتر است. رابطه منفی میان سنجه بزرگ‌ترین لکه فضای سبز (LPI)^۱ و LST نشانگر این است که با افزایش سنجه LPI، درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد (شکل ۳). از بین بردن لکه‌های بزرگ فضای سبز موجب خردشدگی بالای لکه‌های فضای سبز و زیستگاه و افزایش تراکم

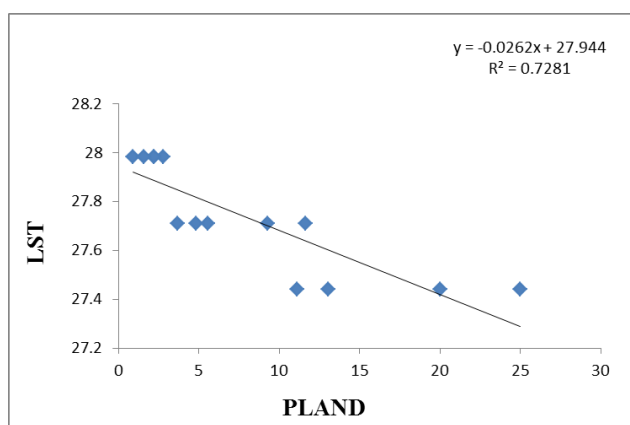


شکل ۳. نمودار همبستگی LST و سنجه LPI، (مأخذ: نگارندگان)

¹ Largest Patch Index

معنی است که لکه‌های فضای سبز ممکن است خردشده باشند. رابطه منفی بین سنجه PLAND و LST نشانگر این است که هرچه میزان PLAND افزایش پیدا کند، میزان LST کاهش می‌یابد (شکل ۴). افزایش PLAND به معنای بزرگ بودن لکه فضای سبز است. از لحاظ اکولوژی حفظ لکه‌های بزرگ فضای سبز و ایجاد ارتباط بین آن‌ها، موجب پایداری بیشتر سیمای سرزمین می‌شود (Forman, 1995).

درصد پوشش اراضی (PLAND)^۱ 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. این یک خصوصیت مهم در کاربردهای اکولوژیکی است. برای مثال نشان دادن تکه‌تکه شدن زیستگاه و از دست دادن آن است و نیز می‌تواند میزان تغییرات لکه‌ها را به‌طور خلاصه نشان دهد و می‌تواند توزیع لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین نشان دهد. زمانی که اندازه لکه فضای سبز کوچک است، به آن



شکل ۴. نمودار همبستگی LST و سنجه PLAND. (مأخذ: نگارندگان)

در نتیجه شرایط اکولوژی بهبود خواهد یافت و درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد و جزیره حرارتی نیز کاهش می‌یابد.

۲،۳،۳. رابطه میان سنجه‌های توزیع فضایی و

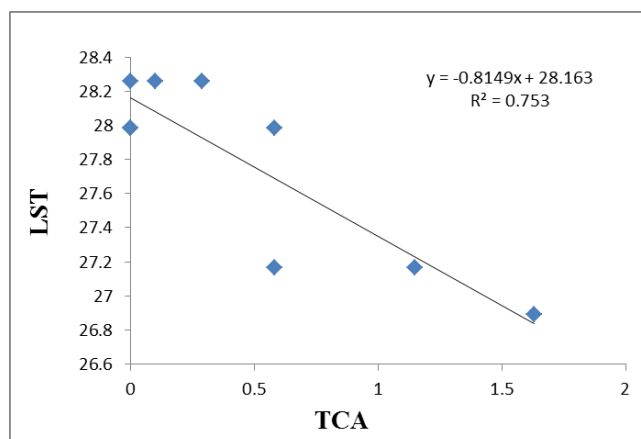
درجه حرارت سطحی

نتایج حاصل از محاسبه همبستگی سنجه‌های توزیع فضایی و درجه حرارت سطحی که با استفاده از نرم‌افزار SPSS به دست آمده است، در جدول ۴ مشخص شده است. همچنین این نتایج برای تجزیه و تحلیل رابطه ساختار اکولوژیکی و درجه حرارت سطحی مورد استفاده قرار گرفت.

سنجه کل ناحیه هسته (TCA)^۲ میزان کل مساحت هسته را در سیمای سرزمین محاسبه می‌کند. سنجه TCA می‌تواند سنجه مفیدی برای محاسبه میزان خردشدگی و تکه‌تکه شدن باشد. رابطه منفی بین LST و سنجه کل ناحیه هسته نشانگر این است که با افزایش TCA با بیشتر شدن تعداد لکه‌های فضای سبز میزان درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد. با کاهش میزان TCA درجه حرارت سطحی افزایش می‌یابد و در نتیجه احتمال ایجاد جزایر حرارتی بیشتر است (شکل ۵). این سنجه کل مساحت هسته را نشان می‌دهد و هرچه میزان آن بیشتر باشد مساحت کلی بیشتری وجود دارد،

^۱ Percentage of landscape

^۲ Total Core Area



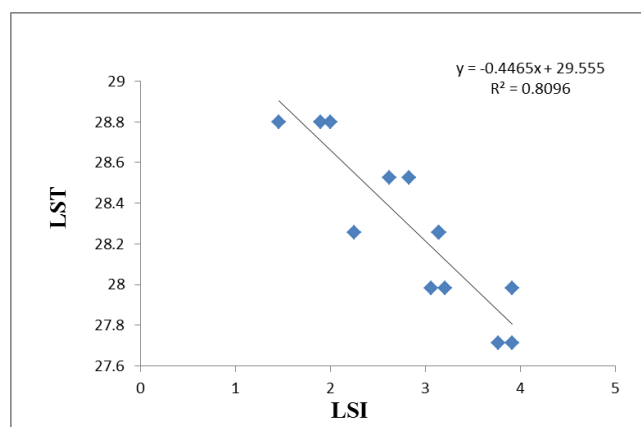
شکل ۵. نمودار همبستگی LST و سنجه TCA، (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۴. همبستگی سنجه‌های توزیع فضایی و درجه حرارت سطحی، (مأخذ: نگارندگان)

TCA	LSI	MPS	MNN	LST
-۰٫۶۹	-۰٫۸۹	-۰٫۸۲	-۰٫۸۶	

LST نشانگر این است که هرچه میزان LSI کاهش یافته میزان درجه حرارت سطحی افزایش یافته است (شکل ۶). با افزایش در مقدار LSI شرایط سیمای سرزمین تعدیل، شرایط اکولوژی بهبود و در نتیجه درجه حرارت سطحی و جزایر حرارتی کاهش می‌یابد.

سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI)^۱ یک اندازه استاندارد از کل حاشیه یا تراکم حاشیه ارائه می‌کند که اندازه سیمای سرزمین را تعدیل می‌کند. هرچه قدر میزان سنجه LSI بالاتر رود، شکل لکه فضای سبز نامنظم‌تر است یا طول حاشیه درون سیمای سرزمین افزایش می‌یابد. رابطه منفی میان شکل سیمای سرزمین (LSI) و

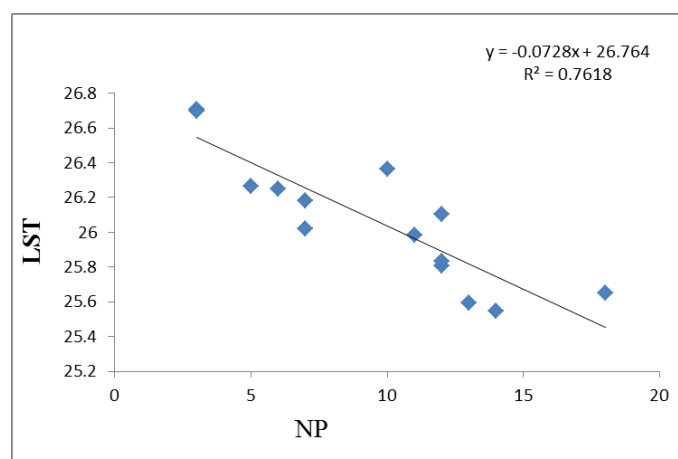


شکل ۶. نمودار همبستگی LST و سنجه LSI، (مأخذ: نگارندگان)

^۱ Landscape Shape Index

ابتدا برای پایداری محیط نامناسب و منفی است. در نتیجه در چنین شرایطی باعث افزایش درجه حرارت و تشکیل جزیره حرارتی می‌شود؛ اما پس از مدتی افزایش تعداد لکه‌های فضای سبز می‌تواند مفید باشد و اگر تعداد لکه‌های فضای سبز افزایش یابد و این افزایش یافتن در اثر خردشدگی لکه‌های قبلی نباشد و مساحت مناسبی داشته باشد، در این شرایط درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد و جزیره حرارتی تشکیل نمی‌شود و نیز میزان کم NP به شرطی که مساحت لکه‌های فضای سبز از حد قابل قبولی برخوردار باشد نشانه وضعیت پایداری است.

با شمارش لکه‌ها در یک کلاس یا سیمای سرزمین میزان ناهمگنی فضایی لکه‌ها مشخص می‌گردد. تعداد لکه‌ها می‌تواند بر تغییرات فرآیندهای اکولوژیکی اثر بگذارد. بین LST و سنجه تعداد لکه فضای سبز (NP)^۱ رابطه منفی وجود دارد که نشانگر این است که با افزایش NP درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد. با کاهش میزان NP درجه حرارت سطحی افزایش می‌یابد (شکل ۷). NP نشان‌دهنده تکه‌تکه شدن است، در نقاطی که افزایش NP در نتیجه خرد شدن ایجاد شود باعث ناپایداری و اختلال در محیط می‌شود. افزایش تعداد لکه‌های فضای سبز در



شکل ۷. نمودار همبستگی LST و سنجه NP، (مأخذ: نگارندگان)

خردشده را نشان می‌دهد. رابطه منفی بین LST و متوسط اندازه لکه فضای سبز (MPS) نشان‌دهنده این است که هر چه میزان سنجه MPS افزایش یابد میزان درجه حرارت سطحی کاهش می‌یابد (شکل ۸). سنجه نزدیک‌ترین فاصله بین لکه‌ها (MNN)^۲ برای مشخص کردن توزیع فضایی لکه‌ها بسیار مفید است. دور و نزدیکی لکه‌ها می‌تواند بر پراکندگی لکه‌ها اثر بگذارد. میزان این سنجه می‌تواند ناهمگنی سیمای سرزمین یا لکه را نشان دهند. افزایش این سنجه، به معنی افزایش

متوسط اندازه لکه (MPS)^۲ کاربردهای اکولوژیکی بسیاری دارد و می‌تواند برای نشان دادن تغییرات اندازه لکه به کار رود و نیز اطلاعات مفیدی درباره اندازه متوسط لکه به ما می‌دهد. اگر مقدار MPS افزایش یابد نشان‌دهنده کاهش تکه‌تکه شدن است و با کاهش مقدار MPS مقدار تکه‌تکه شدن افزایش می‌یابد. با مشخص شدن تغییرات اندازه لکه، می‌توان به ناهمگنی سیمای سرزمین پی برد. MPS بهترین تفسیرکننده برای پیوستگی‌ها یا تغییرات ناحیه کلاس و تراکم لکه و اندازه لکه در سطح سیمای سرزمین است. NP و MPS به صورت مکمل هم استفاده می‌شوند. در صورتی که MPS پایین باشد، NP بالاست و شرایط یک سیمای سرزمین

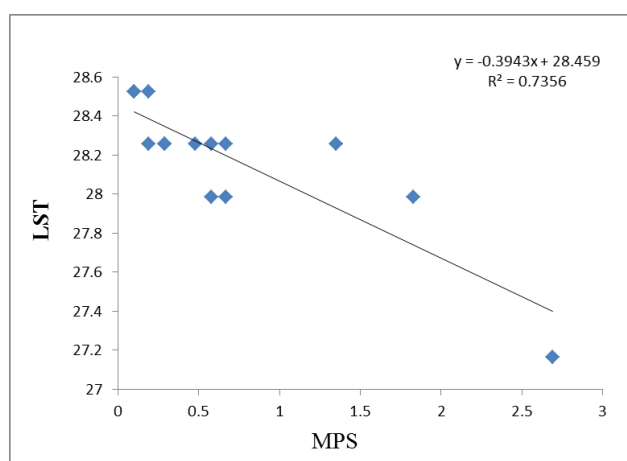
¹ Number patch

² Medium Patch Size

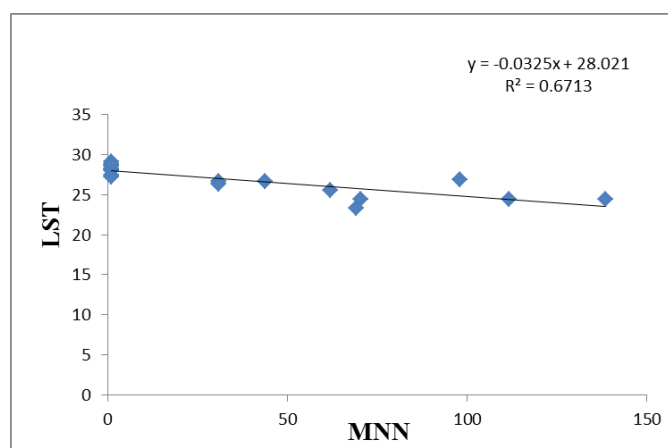
³ Mean Nearest Neighbor

فضایی لکه‌های فضای سبز افزایش یابد، میزان LST بیشتر کاهش می‌یابد و احتمال ایجاد جزایر حرارتی کاهش می‌یابد. اگر فاصله لکه‌های فضای سبز بیشتر باشد، درجه حرارت سطحی بیشتر می‌شود و در نتیجه جزیره حرارتی تشکیل می‌شود. میزان بزرگی این سنجه با پایداری محیط رابطه معکوس دارد.

فاصله میان لکه‌های هم نوع و دشواری ارتباط میان آن‌ها است که نشان‌دهنده ازهم‌گسیختگی در سیمای سرزمین است. سنجه نزدیک‌ترین فاصله بین لکه‌ها (MNN) توزیع فضایی لکه‌ها را نشان می‌دهد. رابطه منفی بین MNN و LST نشانگر این است که با افزایش این سنجه میزان LST کاهش می‌یابد، به این معنی که هرچه اندازه توزیع



شکل ۸. نمودار همبستگی LST و سنجه MPS. (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۹. نمودار همبستگی LST و سنجه MNN. (مأخذ: نگارنده)

دارای پیچیدگی شکلی بیشتری هستند و این باعث پایداری بیشتر لکه و حفظ شرایط اکولوژیک می‌گردد. هرچه درصد پوشش اراضی بیشتر باشد، لکه بزرگ‌تر و بهبود شرایط اکولوژیک محقق خواهد شد. سنجه‌ها زمانی

هرچه لکه‌ها بزرگ‌تر باشند به این معنی است که در شرایط اکولوژیکی بهتری قرار خواهند گرفت. تعداد لکه‌ها بیشتر با مساحت مناسب که در اثر خردشدگی نباشد، باعث بهبود شرایط اکولوژیک می‌شوند. لکه‌های بزرگ‌تر

استفاده شده است و درجه حرارت سطحی رابطه منفی وجود دارد. همبستگی بالایی بین این متغیرها وجود دارد و این همبستگی از نوع منفی است. ضریب همبستگی بین LST و سنجه‌های سیمای سرزمین در جدول ۲ نشان داده شده است و با توجه به آنچه در (جدول ۲) نشان داده شده است، بالاترین میزان همبستگی مربوط به سنجه LPI (سنجه بزرگ‌ترین لکه) و با توجه به (جدول ۳) کمترین میزان همبستگی مربوط به سنجه TCA (کل ناحیه هسته) است. بیشترین میزان همبستگی در چهار سنجه LPI و PLAND و NP و LSI وجود دارد.

عناصر اکولوژیک موجود در سطح شهر نیشابور از نظر ترکیب و توزیع فضایی دارای شرایط نامطلوبی هستند و در حال حاضر از وسعت و پیوستگی لازم برای ارائه خدمات اکولوژیکی و ممانعت از ایجاد جزایر حرارتی برخوردار نیست. همان‌گونه که بحث شد به دنبال ارتقاء کیفیت محیط‌زیست شهر از طریق اصلاح ساختاری سیمای سرزمین به حضور پیوسته طبیعت در شهر و حفاظت از جریان‌ها و فرآیندهای طبیعی برای دستیابی به محیط زیستی پایدار تأکید می‌شود.

که شرایط مناسب دارند، باعث پایداری شرایط اکولوژیک می‌گردند. زمانی که شرایط اکولوژیک با توجه به سنجه‌ها مناسب تشخیص داده شد، باعث بهبود درجه حرارت سطحی می‌شود که مانع از افزایش دما و ایجاد جزایر حرارتی می‌گردد.

به‌طور کلی هرچه اکوسیستم‌ها و از جمله فضای سبز شهری، وسیع‌تر، یکپارچه‌تر و به‌هم‌پیوسته‌تر باشند، از پایداری بیشتری برخوردارند (Bafteshahr, 2002). همچنین می‌توان از اکولوژی سیمای سرزمین برای طراحی مناسب‌تر کاربری‌های مختلف استفاده کرد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، نتایج نشان می‌دهد که اثرات سنجه‌های ترکیبی به‌صورت مشخصی بیشتر و منحصر به فردتر از سنجه‌های توزیع فضایی بوده است. همچنین به علت اینکه سنجه‌های ترکیب و توزیع فضایی وابستگی زیادی باهم دارند، می‌توانند تغییرات LST را به‌صورت مشترک توضیح دهند. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که بین سنجه‌های سیمای سرزمین که در این مطالعه

References

- Anonymous. 2010. Available from <http://WWW.USGS.GOV>. Accessed August 2010.
- Bafteshahr Consultant Engineers. 2002. "The report on environmental issues of Tehran Region" 1. Tehran
- Chen, A., Yao, L., Sun, R., 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.
- Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, 632 p.
- Forman, R.T.T., Godron, M., 1986. *Landscape Ecology*. USA: John Wiley & Sons.
- Gis, Esri. 2005. *Mapping Software v.9.3*. Redlands, CA, USA.
- Gustafson, E. J., 1998. Minireview: Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? *Ecosystems*, 1(2), 143–156.
- Howard, L., 1833. *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations Made in the Metropolis and at Various Places Around it*. London, Harvey and Darton
- Ingegnoli, V., 2002. *Landscape Ecology*, A Widening Foundation Berlin Heidelberg

- Landsat Project Science Office., 2001. Land sat 7 Science Data User's Handbook. Available online from following website: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/handbook_toc.html, Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC.
- Leitão, A.B., Ahern, J., 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning, *Landscape and Urban Planning*, Vol 59, Issue 2, 65-93.
- Li, H., Reynolds, J. F., 1993. A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. *Landscape Ecology*, 8(3), 155-162.
- Li, H., Wu, J., 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 19(4), 389-399.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., 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
- Madih.A. Nishapur and strategy development, physical geography, human, economic and tourism. 2005.1.1-20. (in Persian)
- Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyp, T., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Halik, U., Sawut M., Caetano, M., 2014. Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 89 .59-66P.
- McGarigal, K., Cushman, S. A. Neel, M. C., 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 at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- Mousavi Baigi, M., Ashraf, B., Faridhosseini, A.Z., Mianabadi, A., 2012. The Investigation of Mashhad's Heat Island Using Satellite Images and Applying Fractal Theory. *Geography and environment Hazards* Vol 1, No 1.35 -49. (in Persian)
- Naveh, Z., Liberman, A.S., 1984. *Landscape ecology: theory and application*. Springer-Verlag, New York, NY.
- Oke, T.R., 1982. The Energetic Basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 108:1-24.
- Parivar, P., Yavari, A.R., Faryadi, S., Sotoude, A., 2009. Landscape Ecological Structure Analysis of Tehran to Develop Strategies for Improving Environmental Quality. Vol35, Issue 50, P 45-57. (in Persian)
- Shabani, N., Abarko, M., Parivar, P., Kochakzadeh, M., 2015. Introduction and application of landscape ecology approach the scale of the city (Tehran). *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 12(4) ,185-197. (in Persian)
- Shirani, N., Karimi, S., 2013. Use GIS in patterns urban landscape studies. (in Persian)
- Songa J., Shihong, D., Xin, F., Luo, G., 2014. The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models. *Landscape and Urban Planning* 123 ,145- 157.
- Zhou, W., Huang, G., Cadenasso, M.L., 2011. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 102, 54-63.