

بررسی رابطه دمای سطحی و الگوی مکانی سرزمین با بکارگیری مدل های

رگرسیونی و سنجه های سیمای سرزمین

سید صادق دژکام^۱ و بهمن جباریان امیری^{۲*}

۱ - دانشجوی دوره دکتری مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ - دانشیار گروه مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۸/۰۹/۲۰-تاریخ پذیرش ۹۸/۱۲/۱۲)

چکیده:

با توجه به آثار منفی افزایش دمای مناطق انسان ساخت روی مصرف انرژی و رفاه انسانی، جبران این اثرات منفی از طریق کنترل الگوی پوشش های سبز و اثر خنک کنندگی آن از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این مطالعه تعیین مناسب ترین رابطه رگرسیونی الگوی مکانی سرزمین با دمای سطحی شهرستان رشت بوده است و بدین منظور از سنجه های سیمای سرزمین به عنوان متغیرهای ورودی به مدل سازی استفاده شد. کاربری/ پوشش و دمای سطحی زمین با استفاده از طبقه بندی تصویر سنجده های OLI/TIRS خرداد ماه سال ۱۳۹۷ ماهواره لندست ۸ نقشه سازی شدند. سپس سنجه های ترکیب و پیکره بندی محاسبه و در نهایت مدل های رگرسیونی مختلف برازش یافته و با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد گرچه هر چهار مدل خطی، لگاریتمی، نمایی و توانی کارایی مناسبی در پیش بینی دمای سطحی از طریق سنجه های سیمای سرزمین دارند، ولی بیشترین کارایی در منطقه مطالعاتی مربوط به مدل توانی است و این موضوع متاثر از الگوی چیدمان پوشش زمین در منطقه است.

کلید واژگان: دمای سطحی زمین، الگوی مکانی سرزمین، رگرسیون، شهرستان رشت.

۱. مقدمه

ارتباط بین پوشش سرزمین و دمای سطحی در شهرها ارتباط نزدیکی با ساختار فضایی محیط دارد. با توجه به متفاوت بودن ضریب آلبیدو در اجسام گوناگون، رفتار سطوح مختلف در شهر در برابر تابش نور خورشید متفاوت خواهد بود (Schwartz *et al.*, 2012). از طرفی میزان نفوذپذیر بودن سطوح با توجه به مقدار رطوبت در دسترس برای دریافت انرژی تبخیر، روی میزان گرم شدن آن سطح موثر است (Gartland, 2008). بررسی وضعیت پراکندگی تابش های حرارتی و ارتباط آن با نوع و ویژگی های کاربری ها از اهمیت زیادی برخوردار است. دانش بوم شناسی سیمای سرزمین نشان می دهد چگونه تغییرات مکانی سیمای سرزمین می تواند فرآیندهای بوم شناختی مانند توزیع و جریان انرژی، پراکنش مواد و افراد در محیط را تحت تأثیر قرار دهد (Naveh & Liberman, 1984). بررسی کمی ترکیب و توزیع فضایی و عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق سنجه های سیمای سرزمین (McGarigal *et al.*, 2002) و بررسی رابطه آنها با دمای سطحی سیمای سرزمین اطلاعات ارزشمندی در زمینه اثر الگوی مکانی کاربری ها روی دمای سطحی فراهم می نماید (Asgarian, 2015). مدل های رگرسیونی به دلیل توانایی در تعیین شکل ارتباط بین متغیرها و همچنین پیش بینی مقادیر متغیر وابسته از روی متغیرهای مستقل (Zare Chahooki, 2010) می توانند نقش مناسبی در تبیین رابطه ساختار سیمای سرزمین و دما و نیز پیش بینی اثر سناریوهای مختلف الگوی مکانی روی دمای سطحی داشته باشند. از طریق بهینه سازی الگوی مکانی پوشش ها در پهنه سرزمین، می توان از

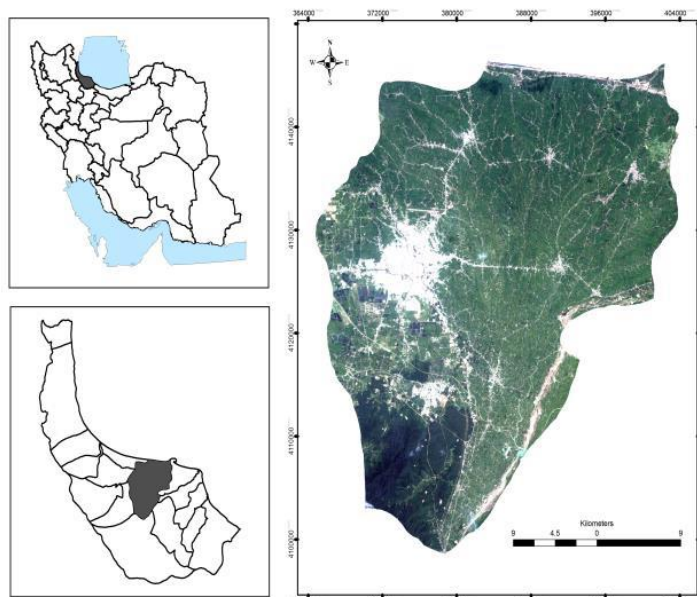
اثر خنک کنندگی پهنه های سبز بهره برد (Liu *et al.*, 2019). مطالعات Li و همکاران (۲۰۱۱)، Estoque و همکاران (۲۰۱۷)، Maimaitiyiming و همکاران (۲۰۱۴) و Liu و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد سنجه های سیمای سرزمین در مناطق دارای پوشش گیاهی دارای ارتباط قوی تری با دما نسبت به سایر مناطق می باشند. مطالعات انجام شده در ایران مانند Maroufnezhad (۲۰۱۱)، Sasanpour و همکاران (۲۰۱۳)، Aghayari (۲۰۱۳) و Alavipanah (۲۰۱۶) مبین رابطه مستقیم میان مناطق انسان ساخت با دمای سطحی و رابطه معکوس میان پوشش گیاهی و دما و جزایر حرارتی شهری است. Asgarian و همکاران (۲۰۱۵) و Jafari و همکاران (۲۰۱۷) و Rouhi و همکاران (۲۰۱۸) نیز با استفاده از رویکرد مدل سازی سنجه های موثر روی دمای سطحی را استخراج کردند. مطالعات داخلی عمدتاً بر بررسی کلی همبستگی میان نوع کاربری ها با دمای سطحی استوار بوده است و مدل سازی آماری و استخراج رابطه ریاضی میان آنها کمتر مورد توجه واقع شده است. نکته مهمتر اینکه مطالعات اندکی از سنجه های سیمای سرزمین (علیرغم پتانسل مطلوب آنها) به عنوان متغیرهای ورودی به این گونه مطالعات مدل سازی استفاده شده است. از این رو هدف از این مطالعه نمایان کردن نوع و شکل رابطه بین سنجه های ترکیب و پیکره بندی سیمای سرزمین با دمای سطحی در وهله اول و نیز تعیین مناسب ترین مدل برازش یافته بین این مولفه ها در شهرستان رشت است. برای دستیابی به این هدف از مدل های رگرسیونی و مقایسه بین آنها بهره خواهد برد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

جهت واقع شدن در جلگه وسیع و حاصلخیز، یکی از مهمترین مناطق کشت برنج کشور است. به علت قرارگرفتن در مسیر شمال غرب و شمال شرق کشور از توسعه روز افزون شهری و رونق مناسب صنعتی و اقتصادی برخوردار است (شکل ۱) (Dezhkam, 2013).

منطقه مطالعاتی محدوده سیاسی اداری شهرستان رشت با مساحت ۱۲۱۵ کیلومتر مربع به پرجمعیت ترین مرکز شهری شمال کشور است که در آب و هوای خزری و ناحیه رویشی هیرکانی واقع شده و به



شکل ۱- موقعیت شهرستان رشت در استان گیلان

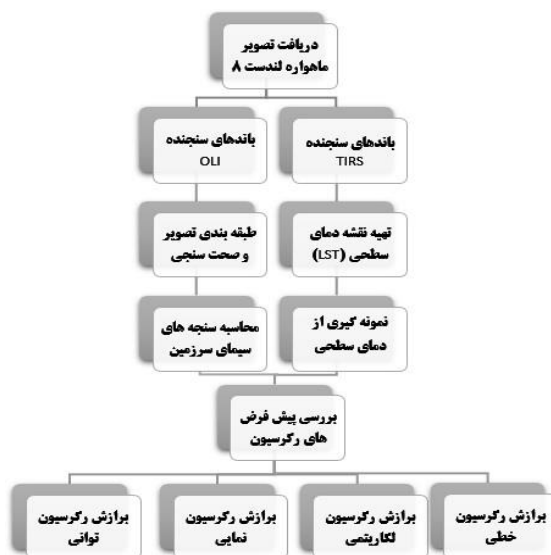
و اطلاعات جانبی، با استفاده از خوارزمی بیشینه احتمال، نقشه پوشش زمین در چهار طبقه پوشش سبز (جنگل، فضای سبز، اراضی کشاورزی)، مناطق انسان ساخت، بایر (لخت و ساحلی) و آب طبقه بندی شد. به منظور ارزیابی صحت نقشه از تصاویر نرم افزار Google Earth به عنوان واقعیت زمینی استفاده و بر اساس مقایسه نقاط تصادفی از نقشه تولیدی و واقعیت زمینی، ماتریس خطا تشکیل و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند.

۲-۲. روش مطالعه

به منظور تبیین ارتباط بین الگوی مکانی پوشش های زمین و دمای سطحی، از رویکرد سیمای سرزمین و تحلیل آماری استفاده شد (شکل ۱).

۲-۲-۱. تهیه نقشه پوشش زمین

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق نیاز به استفاده از نقشه پوشش زمین وجود داشت. از این رو از یک فریم تصویر سطح ۱ کیفی و بدون ابر گذر ۱۱۱ و ردیف ۳۰ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به ۳ خرداد ۱۳۹۷ استفاده شد. به کمک بازدید میدانی



شکل ۲- فرایند انجام تحقیق

متغیرهای مستقل و اثر گذاری روی دمای سطحی زمین انتخاب شدند جدول ۱ و محاسبه شدند. به این منظور از نرم افزار FRAGSTATS استفاده شد.

۲-۲-۲. انتخاب و محاسبه سنجه های سیمای سرزمین بر اساس نظر کارشناسی و با توجه به هدف و روش تحلیل در این مطالعه، ۹ سنجه سیمای سرزمین در سطح لکه به منظور محاسبه و ورود به عنوان

جدول ۱- مشخصات سنجه های سیمای سرزمینی مورد استفاده (مأخذ: McGarigal et al., 2002)

نام سنجه	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات
Nearest Distance	ND	متر	$ND > 0$
Patch Area	ARAE	هکتار	$AREA > 0$
Patch Perimeter	PERIM	متر	$PERIM > 0$
Radius of Gyration	GYRATE	متر	$GYRATE \geq 0$
Perimeter-Area Ratio	PARA	ندارد	$PARA > 0$
Shape Index	SHAPE	ندارد	$SHAPE \geq 1$
Fractal Dimension Index	FRAC	ندارد	$1 \leq FRAC \leq 2$
Related Circumscribing Circle	CIRCLE	ندارد	$0 < CIRCLE < 1$
Contiguity Index	CONTIG	ندارد	$0 \leq CONTIG \leq 1$

استفاده خواهد شد. برای استخراج دمای سطح زمین (LST)، به ترتیب سه مرحله تحلیل روی تصویر مورد نظر انجام خواهد شد (Sobrino et al., 2004)

۳-۲-۲. تهیه نقشه دمای سطحی برای تهیه نقشه دمای سطحی زمین از باند حرارتی تصاویر ماهواره لندست مربوط به منطقه مورد مطالعه

۲) $NDVI > 0.5$ که نشان دهنده پهنه های با

پوشش گیاهی فراوان است و توان تشعشعی پوشش

گیاهی برای آن فرض می شود $\epsilon_{veg} = 0.99$

۳) $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$ که در این مورد پیکسل ها

مخلوطی از خاک و پوشش گیاهی است و توان

تشعشعی بر این اساس محاسبه می شود:

$$\epsilon = \epsilon_{veg} P_v + \epsilon_{Soil} (1 - P_v)$$

P_v نسبت پوشش گیاهی می باشد و از معادله زیر

محاسبه می شود. در این رابطه $NDVI_{min} = 0.2$ و

$NDVI_{max} = 0.5$ است.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

در نهایت با بدست آوردن توان تشعشعی، دمای

سطحی زمین (درجه کلین) از معادله زیر (Artis

and Carnahan,

$$LST = \frac{T_B}{1 + (\lambda \times T_B / \rho) \ln \epsilon} \quad (1982)$$

محاسبه می شود که در این اینجا λ طول موج رادیانس ساطع

شده، $P = 1.438 \times 10^{-2}$ و ϵ توان تشعشعی است.

۲-۲-۴. روش تحلیل آماری

در این مطالعه از چهار نوع مدل رگرسیونی خطی،

لگاریتمی، نمایی و توانی به منظور تبیین ارتباط بین

ساختار مکانی و دمای سطحی زمین استفاده شد تا در

نهایت مناسب ترین مدل از بین آنها گزینش شود.

پس از تهیه نقشه LST منطقه در نرم افزار Arc

GIS، ۳۰۰ نقطه با روش تصادفی سیستماتیک

نمونه گیری و دمای سطحی آنها استخراج شد تا

بعنوان متغیر وابسته وارد فرایند مدل سازی شوند.

سپس به ازای هریک از نقاط مذکور، نزدیک ترین لکه

انواع پوشش زمین به آن نقطه شناسایی و سنجه های

سیمای سرزمین برای لکه مربوطه محاسبه گردید.

سنجه های متغیرها که توصیف کننده ساختار و پیکر

بندی مکانی هر نوع پوشش زمین می باشند، در

الف: تبدیل عدد رقومی (DN) به تابش طیفی

تبدیل عدد رقومی به تابش طیفی بر اساس مقادیر

مرجع تابش طیفی ارائه شده در کتابچه راهنمای

سنجنده بر اساس فرمول زیر صورت می گیرد:

$$L\lambda = [(LMAX - LMIN) / (QCALMAX - QCALMIN)] * (QCAL - QCALMIN) + LMIN$$

که در این رابطه $QCALMIN = 1$ (کوچکترین عدد

رقومی)، $QCALMAX = 255$ (بزرگترین عدد

رقومی)، $QCAL =$ عدد رقومی در محل پیکسل مورد

نظر و $LMIN =$ ارزش تابش طیفی باند حرارتی در

مقدار رقومی ۲۵۵ هستند.

ب: تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه

داده های باند حرارتی با استفاده از رابطه پلانک از

تابش طیفی به دمای جسم سیاه (T_B) که در آن

توان تشعشعی ۱ (حداکثر توان تشعشعی) فرض می

شود تبدیل می گردد:

$$TB = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

در این معادله $K1$ و $K2$ به ترتیب ثابت کالیبراسیون

اول و دوم هستند و $L\lambda$ رادیانس طیفی پیکسل مورد

نظر است.

ج: تصحیح توان تشعشعی و تبدیل دمای جسم سیاه

به دمای سطح زمین

تصحیح توان تشعشعی برای تبدیل دمای جسم سیاه

به دمای سطح زمین بر اساس روش آستانه NDVI

(Sobrino et al., 2004) انجام می شود که بر این

اساس توان تشعشعی سطحی به سه طبقه بر اساس

مقادیر NDVI تقسیم می شود.

۱) $NDVI < 0.2$ که حاکی از خاک لخت است و

توان تشعشعی خاک لخت لحاظ می شود

$$(\epsilon_{Soil} = 0.97)$$

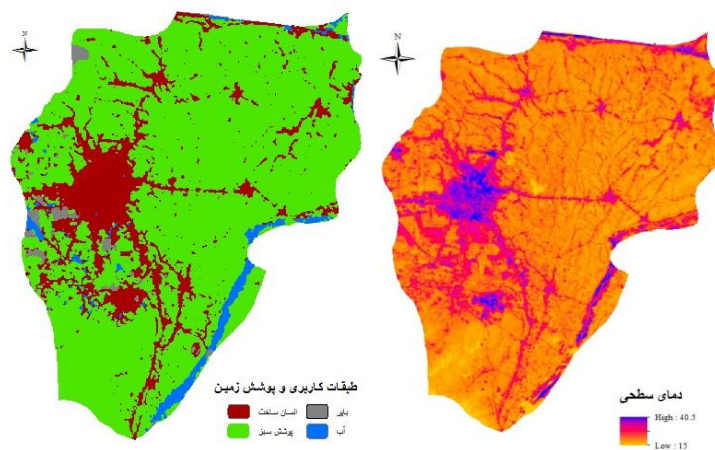
ساخت شامل، شهری، روستایی، شبکه حمل و نقل و صنعتی به دلیل شباهت جنس و رفتار طیفی و غیر قایل نفوذپذیر بودن آنها در یک طبقه قرار گرفته اند. انواع پوشش های سبز طبیعی و غیر طبیعی مانند کشاورزی، پوشش های جنگلی و فضای سبز در یک طبقه قرار گرفته اند. طبقه پهنه آبی نیز شامل پهنه های طبیعی مثل دریاچه و رودخانه و یا به صورت انسان ساخت مانند دریاچه سد، آب بندانها، کانالهای آب رسانی و استخرهای آبی پروری می باشد. مناطق لخت و فاقد پوشش نیز در طبقه بایر قرار گرفته اند. مساحت طبقات انسان ساخت، پوشش سبز، آب و بایر به ترتیب ۲۰۹۵۶، ۲۲۹۰۷، ۵۱۳۱ و ۳۳۳۳ هکتار می باشد. صحت کلی و ضریب کاپای محاسباتی برای نقشه تولید شده به ترتیب ۸۳ و ۷۱ درصد است.

تحلیل آماری این مطالعه به عنوان متغیرهای مستقل (پیش بینی کننده) مورد استفاده قرار گرفتند (۳۶ متغیر). در همین راستا داده ها به دو زیرمجموعه داده بزرگ (۷۰٪) و کوچک (۳۰٪) تقسیم شده و فرایند برازش هر مدل با ۷۰٪ از داده های موجود انجام شد. لازم به ذکر است بررسی پیش فرض های ابداع مدل رگرسیونی از جمله همبستگی بین متغیرهای مستقل با وابسته، عدم وجود داده های پرت و نیز عدم وجود پدیده هم خطی پیش از برازش مدل با استفاده از نرم افزار SPSS انجام و به منظور برازش مدل از روش گام به گام استفاده شد.

۳. نتایج

۳-۱. نقشه کاربری/پوشش زمین

نقشه کاربری/پوشش تهیه شده از تصویر ماهواره ای در شکل ۳ نشان داده شده است. مناطق انسان



شکل ۳- نقشه کاربری/پوشش زمین (سمت راست) و دمای سطحی زمین (سمت چپ) منطقه ی تولید شده از تصویر لندست

بیشترین میزان دما مربوط به منطقه مسکونی و متراکم مرکزی رشت و همچنین منطقه شهرک صنعتی جنوب این شهر است همراه با بافت ساختمانی متراکم است و کمترین میزان دما مربوط به مناطق با پوشش طبیعی به ویژه منطقه جنگلی جنوب ناحیه مطالعاتی می باشد. بررسی دمای سطحی نشان می دهد کمترین دمای مناطق انسان

۳-۲. نقشه دمای سطحی زمین

نقشه دمای سطحی زمین با تجزیه و تحلیل باندهای حرارتی تصویر ماهواره لندست در نرم افزار IDRISI بدست آمد (شکل ۳). این نقشه میزان توزیع LST در ناحیه مورد مطالعه را نشان می دهد. دامنه دما در این منطقه از ۲۰ الی ۴۰/۵۵ درجه سانتیگراد است.

پوشش های انسان ساخت و بایر رابطه منفی دارد. یعنی با نزدیک شدن به این نوع لکه ها، دمای سطحی افزایش می یابد. این درحالیست که دمای سطحی با متغیرهای فاصله از پوشش های سبز و آب رابطه مثبت دارد بدین مفهوم که هرچقدر به لکه های سبز و آب نزدیک تر شویم دمای سطحی کاهش می یابد. تمامی سنجه های مناطق انسان ساخت همبستگی معنی دار در سطح ۱ درصد با دمای سطحی دارند. نتایج همبستگی نشان می دهد هرچقدر این نوع از لکه ها بزرگتر و از نظر شکلی پیچیده، پیوسته، غیر خطی (گسترده) باشند دمای سطحی افزایش پیدا می کند. پوشش سبز نیز با اکثر سنجه ها (به جز CIRCLE) همبستگی معنی داری دارد. همچنین با نزدیکی به این نوع از لکه ها دما کاهش یافته و هرچقدر بزرگتر و از نظر شکلی پیچیده تر باشند دمای سطحی کاهش می یابد.

ساخت در مجاورت لکه های سبز قرار دارد و با افزایش فاصله از پوشش های سبز این دما افزایش می یابد.

۳-۳. تحلیل های آماری

۳-۳-۱. همبستگی متغیرها

نتایج مربوط به نرمال بودن متغیرها در جدول ۲ درج شده است. جدول ۳ ضریب همبستگی اسپیرمن برای سنجه های سیمای سرزمین در ۴ طبقه کابری/پوشش با دمای سطحی زمین را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد از مجموعه متغیرهای مستقل، سنجه فاصله (ND) دارای بیشترین ضریب همبستگی با LST است. این سنجه بیشترین همبستگی را به ترتیب با پوشش های انسان ساخت ($r=0.660, p\leq 0/01$) سبز ($r=-0.737, p\leq 0/01$) بایر ($r=-0.442, p\leq 0/01$) و آب ($r=0.363, p\leq 0/01$) دارد. دمای سطحی با متغیرهای فاصله از

جدول ۲- نتایج آزمون نرمال بودن متغیرها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

		سنجه های سیمای سرزمین								
پوشش	آماره	CIRCLE	FRAC	SHAPE	PARA	GYRATE	PERIM	AREA	ND	CONTIG
انسانی	K-S	۲/۸۶	۳/۶۴	۴/۸۳	۳/۲۱	۵/۳۷۶	۶/۷۹	۷/۱۹	۳/۳۲	۳/۱۲
	P	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	K-S	۲/۳۰	۳/۴۸	۵/۳۹	۳/۹۱	۵/۴۹	۵/۳۳	۵/۹۱	۱/۵۳	۳/۶۱
آب	P	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	K-S	۸/۱۲	۸/۲۴	۸/۶۴	۷/۷۷	۸/۸۰	۸/۸۲	۸/۸۳	۶/۸۵	۷/۷۷
	P	.	.	.	.	.	.	.	.	.
سبز	K-S	۳/۰۲	۳/۶۷	۴/۸۳	۲/۵۴	۵/۳۴	۵/۲۳	۶/۶۹	۲/۲۷	۲/۵۱
	P	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	K-S	.	.	.	.	.	.	.	.	.
بایر	P	.	.	.	.	.	.	.	.	.

جدول ۳- ضریب همبستگی اسپیرمن سنجه های سیمای سرزمین با دمای سطحی

پوشش	ND	AREA	PERIM	GYRATE	PARA	SHAPE	FRAC	CIRCLE	CONTIG
انسانی	-.۰/۷۳**	.۰/۴۲**	.۰/۴۲**	.۰/۴۲**	-.۰/۴۱**	.۰/۴۱**	.۰/۴۱**	.۰/۴۰**	.۰/۴۱**
سبز	.۰/۶۶**	-.۰/۲۶**	-.۰/۲۶**	-.۰/۲۶**	.۰/۲۷**	-.۰/۲۶**	-.۰/۲۶**	-.۰/۰۳	-.۰/۲۷**
آب	-.۰/۳۶**	.۰/۰۹	.۰/۰۴	.۰/۰۴	-.۰/۱۳*	-.۰/۰۵	-.۰/۰۸	-.۰/۰۶	.۰/۱۳*
بایر	-.۰/۴۴**	-.۰/۰۸	-.۰/۱۱	-.۰/۱	.۰/۰۴	-.۰/۱۷**	-.۰/۱۷**	-.۰/۱۸**	-.۰/۰۳
	.	.۰/۱۲	.۰/۰۵	.۰/۰۷	.۰/۰۴۷	.۰/۰۰۳	.۰/۰۰۲	.۰/۰۰۲	.۰/۴۹

** به مفهوم معنی داری در سطح ۱ درصد و * به مفهوم معنی داری در سطح ۵ درصد است.

۲-۳-۳. نتایج تجزیه واریانس مدل های رگرسیونی

مدل های رگرسیونی ابداع شده با روش گام به گام نشان دهنده چگونگی ارتباط بین الگوی مکانی و دمای سطحی زمین هستند. به بیانی دیگر این معادلات چگونگی تاثیر سنجه های سیمای سرزمین روی دمای سطحی در شهرستان رشت را نشان می دهند. جدول ۴ بیانگر نتایج تجزیه واریانس مدل های رگرسیون خطی چندگانه، لگاریتمی، نمایی و توانی می باشد. بر همین اساس نتایج تجزیه واریانس رگرسیون خطی ($F=51.337$, $Sig.<0.01$) نشان دهنده تایید وجود رابطه خطی بین LST و متغیرهای مستقل است. همچنین $Sig.<0.01$ برای آماره t نشان دهنده تایید فرض معنی داری ضرایب ذکر شده در جدول می باشد. مقادیر شاخص VIF برای همه متغیرهای مستقل نزدیک به یک می باشد و نشان دهنده عدم وجود هم خطی بین متغیرهای

مستقل این مدل می باشد. بر اساس نتایج به دست

آمده، رابطه نهایی مدل بصورت زیر است:

$$LST = 28.994 + 0.005ND_{Green} - 0.001ND_{Urban} - 0.118SHAPE_{Green} - 0.003AREA_{Water}$$

که در این رابطه، LST بیانگر دمای سطحی می باشد. همچنین متغیرهای مستقل شامل فاصله از لکه های سبز (ND_{Green}) که دارای همبستگی مثبت با دمای سطحی و متغیرهای فاصله از لکه های انسان ساخت (ND_{Urban})، شاخص شکل لکه های سبز ($SHAPE_{Green}$) و مساحت لکه آب ($AREA_{Water}$) دارای همبستگی منفی با دمای سطحی می باشند. نتایج تجزیه واریانس رگرسیون لگاریتمی ($F=51.147$, $Sig.<0.01$) نشان دهنده تایید وجود رابطه خطی بین $\log LST$ و متغیرهای مستقل است. همچنین $Sig.<0.01$ برای آماره t نشان دهنده تایید فرض معنی داری ضرایب ذکر شده در جدول می باشد. مقادیر شاخص VIF نیز نشان

در این رابطه، LST به عنوان متغیر وابسته بیانگر دمای سطحی می باشد. متغیرهای مستقل شامل فاصله از لکه های سبز ($\log ND_{Green}$) و فاصله از لکه های آب ($\log ND_{Water}$) که هر دو دارای همبستگی مثبت با متغیر وابسته می باشند. با توجه به جدول ۴، آماره های تجزیه واریانس رگرسیون توانی ($F=245.698$ ، $Sig. <0.01$) موید وجود رابطه خطی بین LST و متغیرهای مستقل است. همچنین $Sig. <0.01$ برای آماره t نشان دهنده تایید فرض معنی داری ضرایب ذکر شده در جدول می باشد. مقادیر شاخص VIF نیز نشان دهنده عدم وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل این مدل می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، رابطه نهایی مدل بصورت زیر است:

$$\log LST = 1.349 + 0.04 \log ND_{Green} + 0.016 \log ND_{Water}$$

در این رابطه، LST به عنوان متغیر وابسته بیانگر دمای سطحی می باشد. متغیرهای مستقل شامل فاصله از لکه های سبز ($\log ND_{Green}$) و فاصله از لکه های آب ($\log ND_{Water}$) که هر دو دارای همبستگی مثبت با متغیر وابسته می باشند.

دهنده عدم وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل این مدل می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، رابطه نهایی مدل بصورت زیر است:

$$\log LST = 1.462 + 0.00007 ND_{Green} - 0.00002 ND_{Urban} - 0.002 SHAPE_{Green} - 0.00004 AREA_{Water}$$

در این رابطه، $\log LST$ به عنوان متغیر وابسته بیانگر لگاریتم دمای سطحی می باشد. متغیرهای مستقل شامل فاصله از لکه های سبز (ND_{Green}) که دارای همبستگی مثبت با متغیر وابسته می باشد. متغیرهای فاصله از لکه های انسان ساخت (ND_{Urban})، شاخص شکل لکه های سبز ($SHAPE_{Green}$) و مساحت لکه آب ($AREA_{Water}$) نیز دارای رابطه منفی با دمای سطحی می باشند. نتایج تجزیه واریانس رگرسیون نمایی ($F=224.137$ ، $Sig. <0.01$) نشان دهنده تایید وجود رابطه خطی بین LST و متغیرهای مستقل است. همچنین $Sig. <0.01$ برای آماره t نشان دهنده تایید فرض معنی داری ضرایب ذکر شده در جدول می باشد. مقادیر شاخص VIF نیز نشان دهنده عدم وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل این مدل می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، رابطه نهایی مدل بصورت زیر است:

$$LST = 21.412 + 2.673 \log ND_{Green} + 1.134 \log ND_{Water}$$

جدول ۴- ضرایب و آماره های مدل های رگرسیونی

مدل	متغیر وابسته	متغیر مستقل	ضرایب تعیین						
			ضریب متغیر	آماره های ضرایب مدل	SE	VIF	t	sig	F	sig	r^{2}
خطی	LST	ثابت مدل	۲۸/۹۹۴	۰/۴۲	۶۹/۰۶	۰	۵۱/۳۳	۰	۰/۵
		ND _G	۰/۰۰۵	۰	۱/۱۳۸	۱۰/۰۹	۰		

ادامه جدول ۴- ضرایب و آماره های مدل های رگرسیونی

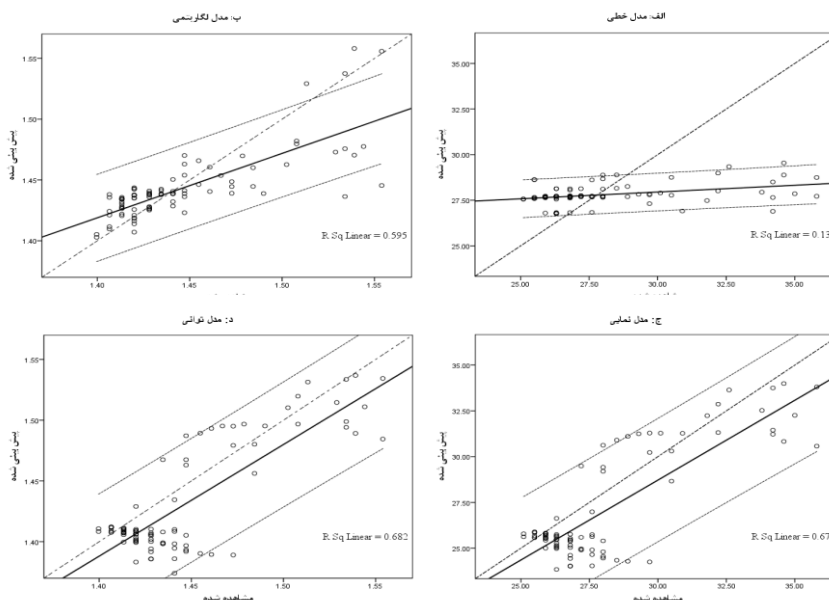
مدل	متغیر وابسته	متغیر مستقل	ضریب متغیر	آماره های ضرایب مدل				ضریب تعیین		
				SE	VIF	t	sig	F	sig	r ²
		ND _U	-۰/۰۰۱	۰	۱/۰۴۲	-۷/۷۷	۰			
		SHAPE _G	-۰/۱۱۸	۰/۰۴	۱/۰۱۹	-۲/۹۳	۰/۰۰۴			
		AREA _w	۰/۰۰۳	۳-۱۰	۱/۱۴۴	-۲/۰۹	۰/۰۳۸			
لگاریتمی	log LST	ثابت مدل	۱/۴۶۲	۱۰- ۶x ^۳		۲۳۳/۳۲	۰	۵۱/۱۴	۰	۰/۴۹۹
		ND _G	۰/۰۰۰۰۷	۰	۱/۱۳۸	۹/۶۷	۰			
		ND _U	۰/۰۰۰۰۲	۰	۱/۰۴۲	-۸/۲۱	۰			
		SHAPE _G	-۰/۰۰۰۰۲	۳-۱۰	۱/۰۱۹	-۳/۰۲	۰/۰۰۳			
		AREA _w	-۰/۰۰۰۰۰۴	۰	۱/۱۴۴	-۲/۰۷	۰/۰۴			
نمایی	LST	ثابت مدل	۲۱/۴۱۲	۰/۵۷۸		۳۷/۰۵	۰	۲۲۴/۱۳	۰	۰/۸۴۹
		logND _G	۲/۶۷۳	۰/۱۲۶	۱/۱۸۷	۲۱/۱۵	۰			
		logND _w	۱/۱۳۴	۰/۱۵۲	۱/۱۸۷	۷/۴۶	۰			
توانی	log LST	ثابت مدل	۱/۳۴۹	۰/۰۰۸		۱۶۲/۹۵	۰	۲۴۵/۶۹	۰	۰/۸۶
		logND _G	۰/۰۴	۰/۰۰۲	۱/۱۸۷	۲۲/۱۲	۰			
		logND _w	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	۱/۱۸۷	۷/۴۴	۰			

۳-۳-۴. اعتبارسنجی مدل ها
 پس از برازش چهار معادله رگرسیونی، به منظور همخوانی توان پیش بینی آنها با داده های مشاهداتی (واقعیت)، اعتبارسنجی انجام شد. در همین راستا هر یک از مدل های ابداعی با ۳۰ درصد داده ها (مجموعه داده های کوچک) اجرا شد و با روش رسم نمودار یک به یک ابر نقاط نتایج پیش بینی شده در مقابل مقادیر مشاهداتی و برازش رگرسیون خطی ساده در مورد اعتبار مدل ها قضاوت شد (Jabbarian Amiri, 2015; Hasani Sangani et al., 2014). نتایج اعتبارسنجی مدل ها با این روش در شکل ۴ نمایش داده شده است. هرچقدر مدل دارای کارایی بیشتری در پیش بینی مقادیر مشاهداتی باشد، خط رگرسیون برازش یافته انطباق بیشتری با خط ۱:۱ ترسیم شده دارد و ضریب تعیین بالاتری را ارائه می کند. با توجه به نتایج، مدل خطی (الف) دارای کمترین کارایی و مدل توانی (د) دارای بیشترین کارایی می باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه بیش از ۷۵ درصد نقاط پیش بینی شده توسط هر چهار مدل ابداعی در حدود اعتماد ۹۵ درصد

۳-۳-۴. اعتبارسنجی مدل ها
 پس از برازش چهار معادله رگرسیونی، به منظور همخوانی توان پیش بینی آنها با داده های مشاهداتی (واقعیت)، اعتبارسنجی انجام شد. در همین راستا هر یک از مدل های ابداعی با ۳۰ درصد داده ها (مجموعه داده های کوچک) اجرا شد و با روش رسم نمودار یک به یک ابر نقاط نتایج پیش بینی شده در مقابل مقادیر مشاهداتی و برازش رگرسیون خطی ساده در مورد اعتبار مدل ها قضاوت شد (Jabbarian Amiri, 2015; Hasani Sangani et al., 2014). نتایج اعتبارسنجی مدل ها با این روش

تعیین مربوط به مدل توانی می باشد، با این حال همه مدل‌ها از مقدار ضریب تعیین قابل قبولی برخوردار هستند و می توان گفت در مدل‌های مذکور، مقادیر قابل قبولی از واریانس متغیر وابسته که دمای سطحی می باشد، مربوط به متغیرهای مستقل یا همان سنجه‌های سیمای سرزمین می باشد که خود بیانگر ارتباط قوی و تاثیر معنی دار این سنجه‌ها روی دمای سطحی پوشش‌های مختلف زمین در شهرستان رشت و کارایی قابل قبول مدل‌هاست.

(ترسیم شده روی نمودار) قرار گرفته اند، می توان نتایج آنها را معتبر دانست. علاوه بر شیوه اعتبارسنجی گرافیکی، سنجه ضریب تعیین معادله رگرسیون (R^2) نیز برای هر مدل محاسبه شد. این سنجه بیانگر توان مدل در تشریح واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده است و مقادیر بزرگتر از ۰/۵ آن برای مدل‌ها پذیرفتنی است (Santhi et al, 2001). ضریب تعیین محاسبه شده برای مدل‌های خطی، لگاریتمی، نمایی و توانی به ترتیب ۰/۴۹۹، ۰/۸۴۹ و ۰/۸۶ می باشد. اگرچه بیشترین ضریب



شکل ۴- نمودار یک به یک مقادیر مشاهداتی و مدل سازی شده دمای سطحی زمین برای مدل‌های الف: خطی، ب: لگاریتمی، ج: نمایی و د: توانی

۴. بحث و نتیجه گیری

مطالعه حاضر نیز به عنوان گامی بنیادین و با هدف آشکار سازی نوع و شکل رابطه الگوی مکانی پوشش‌های سیمای سرزمین با دمای سطحی شهرستان رشت انجام شد و برای نیل به هدف از رویکرد مدل‌سازی آماری بهره‌برده شد. یافته‌های تحقیق بیانگر رابطه قوی سنجه‌های سیمای سرزمین به ویژه سنجه فاصله (نزدیکی به لکه) با دمای سطحی در

پدیده جزیره حرارتی شهری و افزایش دمای این مناطق اثرات منفی روی مصرف انرژی و همچنین رفاه انسانی دارد و جبران این اثرات از طریق پیکربندی فضای سبز و طراحی پایدار سیمای سرزمین مورد توجه زیادی قرار گرفته است (Maimaitiyiming et al., 2014). در همین راستا

Afrakhteh و همکاران (۲۰۱۶) بیانگر قدرت بیشتر مدل رگرسیون لگاریتمی در پیش بینی دمای سطحی در فلاورجان اصفهان بوده است. این موضوع نشان می دهد علیرغم اینکه وجود رابطه قوی دما با الگوی مکانی سیمای سرزمین به خوبی اثبات شده است، شکل این رابطه فراتر از رابطه خطی ساده بین متغیرهاست و باید مدل های غیر خطی را به منظور تبیین روابط بین ساختار و کارکرد سیمای سرزمین مورد توجه قرار داد. در مدل توانی سرعت افزایش دما نسبت به تغییرات متغیرهای مستقل (فاصله از پوشش های سبز و آب) به آرامی و شیب کند اتفاق می افتد ولی پس از عبور از یک حد آستانه این تغییرات با شیب تندی رو افزایش می گذارد و در ادامه دما شدیداً افزایش می یابد. در واقع پس از آستانه مذکور افزایش هر واحد فاصله از پوشش های یاد شده، تاثیر بسزایی بر دما داشته و در پایین تر از آستانه، تفاوت چندانی بین دمای سطحی وجود ندارد. یکی از محدودیت ها و مسائل چالش برانگیز این گونه مطالعات، میزان صحت نقشه های حرارتی مورد استفاده است. به هر ترتیب ارزیابی صحت این گونه نقشه ها با استفاده از داد های دمایی برداشت شده از سطح زمین یا سایر داده های ماهواره ای همزمان کمک شایانی به صحت نقشه دمای سطحی مستخرج از تصاویر ماهواره ای و در نتیجه اعتبار مطالعه خواهد کرد. از این رو پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی این موضوع مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر آن بر خروجی مدل ها بررسی شود.

مورد پوشش های انسان ساخت و پوشش سبز در منطقه مورد مطالعه است. تحلیل نتایج همبستگی نشان داد که هرچه قدر لکه های مناطق انسان ساخت بزرگتر و از نظر شکلی پیچیده، پیوسته، غیر خطی (گسترده) باشند دمای سطحی افزایش پیدا می کند. همچنین با نزدیکی به لکه های سبز دما کاهش یافته و هرچه قدر بزرگتر و از نظر شکلی پیچیده تر باشند دمای سطحی کاهش می یابد. رابطه سنجه های این دو پوشش با دمای سطحی برعکس همدیگر بوده و موید این موضوع است که با کنترل الگوی مکانی پوشش های سبز می توان آثار منفی پوشش های انسان ساخت روی دما را جبران نمود و این موضوع با یافته های Li و همکاران (۲۰۱۱)، Asgarian و همکاران (۲۰۱۵)، Alavipanah و همکاران (۲۰۱۶) و همچنین Jafari و همکاران (۲۰۱۷) با هدف بررسی قابلیت مدل های رگرسیون در تعیین شکل دمای سطحی و الگوی سیمای سرزمین از چهار نوع مدل رگرسیونی استفاده شد و مشخص گردید این مدل ها دارای کارایی و قابلیت مناسبی از این نظر هستند و می توان آنها را به منظور بررسی اثر سناریوهای مختلف الگوی مکانی سیمای سرزمین روی دمای سطحی به کار گرفت (Liu et al., 2019). از بین مدل های ابداع شده، کمترین اعتبار مربوط به مدل خطی و بیشترین اعتبار مربوط به مدل توانی و سپس نمایی است و این موضوع متأثر از الگوی چیدمان پوشش های زمین در منطقه است. این درحالیست که نتایج مطالعه

References

Afrakhteh, R., Asgarian, A., Sakieh, Y., Soffianian, A. 2016, Evaluating the strategy of integrated

urban-rural planning system and analyzing its effects on land surface temperature in a rapidly

developing region. *Habitat International* (56). 147-156.

Aghayari, A., 2013. Study of urban greenspace and impervious surface on Isfahan city thermal pattern. University of Isfahan M.Sc. dissertation 113 p. (in Persian)

Alavipanah, S., Ghoreishi, S., Shamsipour, A., 2016. The cooling effect of urban green spaces: A case study of Monikh city. *Journal of Environmental Studies* (42). 441-453. (in Persian)

Artis, D.A., Carnahan W.H., 1982. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment* (12). 313-329.

Asgarian, A., Amiri, B.J., Sakieh, Y., 2015. Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using landscape metrics approach. *Urban Ecosyst* (18). 209-222.

Dezhkam, S., 2013. Analysis of trend and pattern of urban growth using landscape ecology approach (case study: Rasht County). Dissertation, University of Tehran, 128pp. (in Persian).

Estoque, R., Murayama, Y., Myint, S., 2016. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment* (577). 349-359.

Gartland, L., 2008. Heat islands, understanding and mitigating heat in urban areas. Earthscan, Print.

Hasani Sangani, M., Jabbarian Amiri, B., Shabani, A., Sakieh, Y., Ashrafi, S., 2014. Modeling relationships between catchment attributes and river water quality in southern catchments of the Caspian Sea. *Environmental Science and Pollution Research* (22). 4985-5002.

Jabbarian Amiri, B., 2013. Environmental Modelling. University of Tehran Press. 139 p. (in Persian)

Jafari, E. 2017. Investigating the relationship between ecological structure of Neyshabour city and thermal island pattern emphasizing on the landscape ecology approach. *Journal of natural environment* (96). 295-308 (in Persian)

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.

Liu, Huimin., Zhan, Q., Gao, S, Yang, C., 2019. Seasonal Variation of the Spatially Non-Stationary Association between Land Surface Temperature and Urban Landscape. *Remote Sensing* (11).

Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyip, 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.

Maroofnezhad, A., 2011. The impact of urban land use on the creation of thermal islands. *Iranian Journal of Amayesh mohit* (14). 65-90. (in Persian)

Mc Garigal, K., and Marks, B.J., 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, USDA Forest Service.

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.

Rouhi, H., Chamani, N., Jafarnejhad, J., Asgarian, A., 2018. Spatial assessment of the effects of in situ and neighbourhood factors on urban land surface temperature mitigation in a rapidly developing region, *International Journal of Urban Sustainable Development*, 10:3, 292-304.

Santhi, C., Arnold, J., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., Hauck, L.M., 2001. Validation of the SWAT Model on a Large River Basin with Point and Nonpoint Sources. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* (37). 1169 - 1188.

Sasanpour, F., Zeyaeian, P., Bahadori, M. 2013. Investigating the relationship between land use and

thermal islands in Tehran. Iranian Journal of Geography (39). 256-270 (in Persian)

Schwartz, N., Schlink, U., Franck, U., Grossmann, K., 2012. Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators-An application for the city of Leipzig (Germany). Ecological Indicators (18). 693-704.

Sobrino, J., Jiménez, C., Paolini, M., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sens Environ (90).434-440.

Zare chahooki, M., 2010. Data analysis in natural resources research using SPSS software. Jahad Daneshgahi publication, 310 p. (in Persian)