

فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی  
دوره ۱۵، شماره ۴ (پیاپی ۵۳)، زمستان ۱۳۹۹  
شاپای چاپی ۵۹۶۸-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۵۹۵۸-۲۵۳۸  
<http://jshsp.iaurasht.ac.ir>

مقاله پژوهشی  
صص. ۱۱۱۸-۱۱۰۳

## تحلیل اثر کاهش فضاهای سبز شهری بر تغییرات دما و رطوبت نسبی (مطالعه موردی: شهر رشت)

مهرنوش میرزایی مقدم - دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران  
روح‌اله اوجی\* - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران  
اسماعیل آقائی‌زاده - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۴

### چکیده

امروزه شهرهای جهان به علت رشد شهرنشینی و کاهش فضاهای سبز شهری، با افزایش جزیره حرارتی و کاهش آسایش اقلیمی ساکنان مواجه هستند. در این پژوهش روند تغییرات فضای سبز، رطوبت نسبی و دماهای فرین در شهر رشت، طی دوره آماری (۱۹۶۴-۲۰۱۳) بررسی شد. جهت انجام این بررسی، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و همچنین داده‌های روزانه رطوبت نسبی و دمای فرین ایستگاه سینوپتیک رشت استفاده شد. برای سنجش تغییرات، از شاخص سبزی‌نگی، شاخص‌های فرین دما و همچنین برآوردگر شیب سن استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که مجموع فضای سبز شهر رشت از حدود ۷۲۵۵ هکتار به ۵۹۹۰ هکتار و فضای سبز پرتراکم از ۲۸۵۵ هکتار به ۷۸۸ هکتار کاهش یافته است. همچنین، شاخص‌های دامنه دمایی، روزهای یخبندان و شب‌های سرد با اطمینان ۹۹ درصد کاهش یافته‌اند. در حالی که شاخص‌های شب‌های حاره‌ای، بیشترین دمای کمینه، روزهای گرم رشت با اطمینان ۹۹ درصد و همچنین رطوبت نسبی حداکثر آن با اطمینان ۹۵ درصد افزایش پیدا کرده‌اند. علاوه بر این، روند تغییرات پارامترهای اقلیمی با تغییرات فضای سبز هم‌راستا بوده و تغییرات آن‌ها طی سه دهه متوالی تشدید شده است، به نحوی که با دو برابر شدن جمعیت، میزان فضای سبز شهر به حدود یک‌سوم مقدار اولیه کاهش یافته و شاخص‌هایی نظیر دامنه دمایی و روزهای یخبندان به ترتیب در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد و ۳۵ روز نسبت به اوایل دوره کاهش پیدا کرده‌اند. به نظر می‌رسد توسعه پوشش درختی جهت کاهش اثرات جزیره حرارتی شهر و گرمایش جهانی در راستای توسعه پایدار، ضروری است و باید در برنامه‌ریزی‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فضای سبز شهری، دماهای فرین، رطوبت نسبی، رشت

#### نحوه استناد به مقاله:

میرزایی مقدم، مهرنوش؛ اوجی، روح‌اله و آقائی‌زاده، ابراهیم. (۱۳۹۹). تحلیل اثر کاهش فضاهای سبز شهری بر تغییرات دما و رطوبت نسبی (مطالعه موردی: شهر رشت). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۵(۴)، ۱۱۱۸-۱۱۰۳.

[http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article\\_672816.html](http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672816.html)

## مقدمه

گسترش شهرها در مناطق مختلف کره زمین، با تخریب و تغییر کاربری بخش عظیمی از اراضی و فضاهای سبز در مرکز و حاشیه شهرها همراه بوده و موجب تغییر در چشم اندازها، ساختمان‌ها، معابر و دیگر زیرساخت‌ها می‌شوند. جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با ساختمان‌ها، بتن، آهن، سنگ فرش، و آسفالت، اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برند. همچنین، استفاده از سوخت‌های فسیلی توسط سیستم حمل و نقل شهری، کارخانه‌ها و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، باعث افزایش دمای محیط شده و ارتفاع ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک نیز جریان هوا را کاهش می‌دهند. با توجه به اینکه فضاهای سبز به عنوان یکی از اجزاء مهم شهرها، اثرات قابل توجهی در کنترل و بهبود اقلیم آن‌ها دارند، تغییرات مذکور، منجر به افزایش دمای سطحی و شکل‌گیری جزیره حرارتی شهرها می‌شود که امروزه به یکی از معضلات کلان‌شهرها تبدیل شده‌اند (Liu & Zhang, 2011; Xu et al, 2011; Alavipanah et al, 2015; Aghili Nasab, 2012). افزایش دمای شهری، اثرات زیانباری از قبیل افزایش آلودگی هوا، آلیدو<sup>۱</sup> و همچنین گرم‌زدگی را در پی دارد. به‌نحوی که امروزه گرم‌زدگی ناشی از افزایش دمای شهری در بریتانیا باعث مرگ زودرس حدود ۱۱۰۰ نفر در سال می‌گردد (Doick & Hutchings, 2013). انتظار می‌رود با گرمایش جهانی طی دوره‌های آتی، جزیره حرارتی شهرها نیز تشدید شود. از این رو، بدون توجه به فضای سبز شهری هزینه‌های سنگینی بر زیرساخت و ساکنان آنها تحمیل خواهد شد.

مطالعات متعددی در زمینه تاثیر توسعه شهر و کاهش فضاهای سبز آن بر تغییرات دمایی شهرها در ایران و جهان صورت گرفته است. برای مثال، سوبرینو و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۵<sup>۲</sup> به بررسی دمای سطح زمین در یک منطقه کشاورزی در اسپانیا پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رابطه منفی و معنی داری بین دمای سطح زمین و شاخص سبزی‌نگی وجود دارد (Sobrinho et al, 2004). چودهوری و داس (۲۰۱۶) با استفاده از تصاویر لندست و تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به شناسایی تغییر کاربری/پوشش زمین محیط شهری و اثرات آن بر دمای سطحی در منطقه بانکورا در غرب بنگال پرداختند. آن‌ها بیان داشتند که منطقه مذکور به دلیل رشد سریع اقتصادی، گسترش سریع شهرها را طی دهه گذشته تجربه کرده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق، تغییرات قابل توجهی را در دمای سطحی شهر طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰ نشان داد (Choudhury & Das, 2016). گورو و سینگ (۲۰۱۶) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ تی‌ام<sup>۳</sup> و اردس ۹.۲<sup>۴</sup> مربوط به ۲۶ اکتبر ۲۰۱۰، به بررسی تغییرات دمای سطح زمین و جزیره گرمایی شهری با توجه به تغییر کاربری زمین در شهر بمبئی هند پرداختند. این مطالعه نشان داد که مناطق شهری دارای بالاترین درجه حرارت نسبت به اطراف بودند و مقدار آن با توجه به تغییرات پوشش گیاهی و سطوح آبی در شهر متغیر بود، به نحوی که در مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم و کم‌تراکم به ترتیب از ۲۳ تا ۲۶ درجه سلسیوس تفاوت داشت. این مقدار در مناطق دارای سطوح آبی عمیق و کم‌عمق به ترتیب به ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یافت (Grover & Singh, 2016). یانگ و همکاران (۲۰۱۷) اثر فضاهای سبز شهری را بر دمای شهر چانگچون چین و تغییرات فصلی آن، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با بکارگیری شاخص سبزی‌نگی، اطلاعات دقیق فضای سبز شهری را از چهار تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در فصول مختلف سال استخراج نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که فضاهای سبز شهری، نقش مهمی در خنک‌کننده‌گی شهر در تمام فصول سال به جز زمستان دارد. همچنین مشخص شد که این اثرات بر اساس نوع پوشش گیاهی و در فصول مختلف سال، بسیار متفاوت بوده و به شاخص سبزی‌نگی و اندازه فضاهای سبز شهری بستگی دارد (Yang et al, 2017). در ایران نیز رنجبر و آزادی (۱۳۸۴) ضمن بررسی اثرات توسعه شهری و تغییر کاربری زمین روی برخی از کمیت‌های هواشناختی در کلان شهر تهران، مقایسه‌ای بین روندهای دما و باد آن با شهر ورامین طی یک دوره چهار ساله انجام دادند. نتایج این بررسی نشان داد که آهنگ افزایش میانگین سالانه دمای کمینه در تهران چهار برابر ورامین است. بنابراین ادعان داشتند، روند افزایش قابل ملاحظه دمای تهران به ویژه دمای کمینه آن نسبت به حومه این شهر، ناشی از اثرات توسعه شهری و تغییر کاربری زمین است (Ranjbar & Azadi, 2005). اسماعیل‌پور و

1. Albedo  
2. Landsat 5  
3. Landsat 5 TM  
4. ERDAS 9.2

عزیزپور (۱۳۸۸) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۲ به بررسی تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن پرداختند. این بررسی نشان داد که شهر یزد در دوره مورد بررسی، با گسترش سریع همراه بوده و به موجب آن ۸۷۵/۳ هکتار یا ۷/۷ درصد از اراضی زراعی و باغات شهر نابود شده‌اند. در نتیجه، از مساحت مناطق دارای کلاس‌های بسیار خنک و خنک در این شهر کاسته شده و مساحت مناطق تحت کلاس گرم و خیلی گرم افزوده شده است (Esmailpour & Azizpour, 2009). رضائی و عابد (۱۳۸۹) در پژوهشی روند تغییرات دمای کمینه در ایستگاه سینوپتیک شهر رشت در یک دوره آماری ۵۰ ساله را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که طول دوره یخبندان در این ایستگاه دارای روند کاهشی بوده و از ۱۰۰ روز در سال به کمتر از ۸۰ روز نوسان داشته است. بر اساس این مطالعه، میزان دمای کمینه مطلق سالانه از منفی ۷ به منفی ۴ افزایش یافته و فراوانی تعداد روزهای همراه با یخبندان از ۴۰ روز به کمتر از ۲۰ روز نوسان داشته است (Rezaei & Abed, 2010). نتایج حاصل از پژوهش بررسی روند تغییر سری‌های دمای شهر شیراز در ارتباط با برنامه‌ریزی توسعه شهری توسط عطایی و فنایی (۱۳۹۲) حاکی از آن است که پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، میانگین دما و کمینه مطلق دما طی دوره مورد مطالعه دارای روند افزایشی و پارامتر بیشینه مطلق دما بدون روند بوده است. بنابر اظهار نظر محققان این پژوهش، آهنگ رشد افزایشی، همزمان با توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن در شیراز بوده و ارتباط معنی‌داری بین افزایش دما با توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن وجود دارد (Ataei & Fanaei, 2013). شمس و موسوی بایگی (۱۳۹۳) با بررسی روند تغییرات فرین<sup>۱</sup> دمای شهر مشهد در مقیاس‌های مختلف نشان دادند که دمای مشهد طی دوره ۶۰ ساله مورد بررسی افزایش یافته است. مقایسه نتایج نشان داد روند افزایشی دمای کمینه سالانه ۲ برابر دمای بیشینه می‌باشد (Shams & Mosavi Baygi, 2013). به منظور بررسی نقش مؤلفه‌های جغرافیایی در جزایر حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر لندست ۷ در جولای ۲۰۱۲، پژوهشی توسط داداشی رودباری و علی‌آبادی (۱۳۹۶) انجام شد. در این پژوهش، شاخص‌های کسر پوشش گیاهی، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین از تصاویر مورد نظر استخراج گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که دلیل اصلی ایجاد جزایر حرارتی، فقر پوشش گیاهی و مناطق ساخته شده شهری است (Dadashi Rodbari & Aliabadi, 2016).

پژوهش حاضر با هدف آشکارسازی اثر توأم کاهش فضاهاى سبز و پدیده گرمایش جهانی بر شرایط آب و هوایی شهر رشت، به بررسی روند تغییرات فضای سبز و همچنین تغییرات رطوبت نسبی و شاخص‌های فرین دمای این شهر طی سه دهه اخیر می‌پردازد. در واقع، شهر رشت از جمله کلان شهرهای شمالی کشور است که با وجود فراهم بودن شرایط طبیعی برای توسعه فضای سبز، از کمبود فضای سبز رنج می‌برد. گسترش شهرنشینی و به دنبال آن، افزایش جمعیت در این شهر موجب گردیده که نقش فضای سبز در آن بسیار کم رنگ شود. چنین تغییراتی در اغلب کلان شهرهای کشور، آثار زیانبار زیست‌محیطی از قبیل افزایش آلودگی، کاهش دمای آسایش، مهاجرت پرندگان، و ... را به دنبال داشته است. امروزه با افزایش قیمت زمین شهری، عدم کنترل دقیق بر قوانین و استانداردهای شهرسازی و گاهی نقض قوانین موجود، روند تخریب فضای سبز شهری سرعت بیشتری به خود گرفته است. این درحالی است که اثر پدیده گرمایش جهانی بر شهرها در تحقیقات متعدد با اطمینان نسبتاً بالایی مورد تایید جامعه علمی دنیا است. لذا عدم توجه به چنین مسائلی، منجر به گسترش بیش از پیش و لجام گسیخته شهرها و افزایش هزینه‌های انرژی و ... در دهه‌های آتی خواهد شد که نیاز به بررسی دقیق علمی داشته و توجه جدی مسئولین مربوطه را می‌طلبد.

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی - تحلیلی است. در این روش ابتدا تصاویر ماهواره‌ای بر اساس معیارهای ابری نبودن، پوشش کامل منطقه، سالم بودن تصاویر، رعایت هم‌زمانی و فواصل زمانی برابر بین تصاویر تهیه شدند و سپس شاخص سبزی‌نگی (NDVI)<sup>۲</sup> منطقه بر اساس رابطه (۱) استخراج شد که در آن باندهای قرمز و مادون قرمز در لندست ۵ به ترتیب مربوط به باندهای ۳ و ۴ می‌باشد.

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R) \quad (1)$$

1. Extremes

2. Normalized Difference Vegetation Index

سپس بر اساس شاخص‌های فرین (جدول ۱)، مقادیر دماهای فرین ایستگاه سینوپتیک شهر رشت استخراج و مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی روند تغییرات داده‌های مورد بررسی، از طریق برآوردگر شیب سن<sup>۱</sup> (رابطه ۲) در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ استفاده شد.

$$d_k = \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (2)$$

برای  $(1 \leq i < j \leq n)$  که در آن  $x_i$  و  $x_j$  به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های  $i$  و  $j$  بوده و  $n$  تعداد داده‌است. با اعمال این رابطه برای هر دو جفت داده مشاهداتی، یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده بدست می‌آید که از محاسبه میانه سری زمانی مذکور، شیب خط روند ( $d_k$ ) حاصل می‌شود. مقدار مثبت آن، حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن نیز بر روند نزولی آن دلالت دارد (Pohlert, 2018; Zahrahi et al, 2015).

به منظور بررسی روند تغییرات فضای سبز در شهر رشت از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. این تصاویر مربوط به سنجنده لندست‌های ۵، ۷ و ۸ می‌باشد. جهت رعایت هم‌زمانی تصاویر، استفاده از حداکثر سبزی‌نگی موجود در منطقه و نیز اجتناب از مزاحمت پوشش آبروی، زمان مورد نظر برای گذر سنجنده از روی منطقه، تاریخ ۱۵ تیر تا ۱۵ مردادماه در نظر گرفته شد. برای این منظور، مجموعاً ۳۲ تصویر از سری تصاویر لندست ۵ تا ۸ در بازه زمانی مذکور، دانلود و مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که تصاویر لندست ۷ از سال ۲۰۰۳ به بعد به دلیل وجود نقص فنی در سامانه تصحیح‌گر خط پویس، تصاویر قابل قبولی برای بررسی این روند ارائه نداد، در این مطالعه کنار گذاشته شد. تصاویر لندست ۸ نیز به دلیل کوتاه بودن فاصله زمانی از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۱۶ روند را به خوبی نشان نمی‌داد. به همین دلیل از تصاویر سنجنده لندست ۵ استفاده شد که تصاویر بدون نقص و همچنین دارای بازه زمانی مناسبی از شهر برای بررسی روند مذکور ارائه نمود. در پایان، سه تصویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۹، ۲۰۱۱ میلادی با رعایت فاصله زمانی یکسان جهت ارائه نتایج روند تغییرات شاخص سبزی‌نگی در شهر رشت، انتخاب شده و با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفت. سایر اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش، شامل سری زمانی دما و رطوبت نسبی کمینه و بیشینه روزانه ایستگاه سینوپتیک شهر رشت می‌باشد.

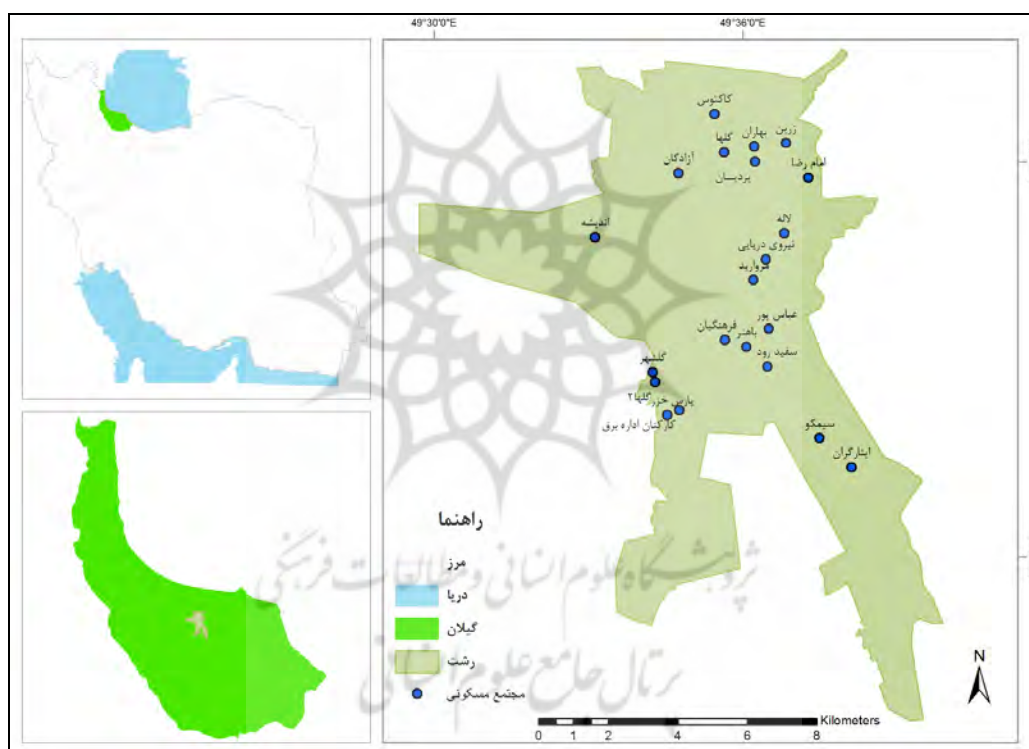
جدول ۱. شاخص‌های فرین دما

| واحد | تعاریف   | نام شاخص            | شناسه |
|------|--|---------------------|-------|
| °C   | میانگین ماهانه اختلاف بین دمای کمینه و بیشینه            | دامنه دمایی         | DTR   |
| روز  | روزهای بین اولین و آخرین روز از حداقل ۶ روز گرم          | طول فصل رشد         | GSL   |
| روز  | حداقل ۶ روز متوالی دارای دمای کمینه کمتر از صدک دهم      | طول دوره سرد        | CSDI  |
| روز  | تعداد روزهای دارای دمای کمینه کمتر از صفر                | روزهای یخبندان      | FD    |
| روز  | تعداد روزهای دارای دمای بیشینه کمتر از صفر               | روز یخی (انجماد)    | ID    |
| %    | درصد روزهای دارای دمای کمینه کمتر از صدک دهم             | شب‌های سرد          | TN10p |
| %    | درصد روزهای دارای دمای کمینه بیش از صدک نودم             | شب‌های گرم          | TN90p |
| °C   | کمترین مقدار ماهیانه دمای کمینه روزانه                   | کمترین دمای کمینه   | TNn   |
| °C   | بیشترین مقدار ماهیانه دمای کمینه روزانه                  | بیشترین دمای کمینه  | TNx   |
| روز  | تعداد روزهای دارای دمای بیشینه بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد | روزهای تابستانی     | SU    |
| روز  | تعداد روزهای دارای دمای کمینه بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد  | شب‌های حاره‌ای      | TR    |
| %    | درصد روزهای دارای دمای بیشینه کمتر از صدک دهم            | روزهای سرد          | TX10p |
| %    | درصد روزهای دارای دمای بیشینه بیش از صدک نودم            | روزهای گرم          | TX90p |
| °C   | کمترین مقدار ماهیانه دمای بیشینه روزانه                  | کمترین دمای بیشینه  | TXn   |
| °C   | بیشترین مقدار ماهیانه دمای بیشینه روزانه                 | بیشترین دمای بیشینه | TXx   |
| روز  | حداقل ۶ روز متوالی دارای دمای بیشینه بیش از صدک نودم     | طول دوره گرم        | WSDI  |

Source: Zhang et al, 2011

## قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر رشت (شکل ۱) با مساحتی در حدود ۱۰۲۴۰ هکتار در مرکز جلگه گیلان قرار دارد. این شهر به‌عنوان اولین و بزرگ‌ترین نقطه شهری حاشیه جنوبی دریای خزر، یکی از شهرهای بزرگ کشور و مرکز سیاسی - اداری استان گیلان است. رشت به دلیل وجود جاذبه‌های شغلی، رفاهی و تمرکز اداری پرجمعیت‌ترین شهر استان گیلان نیز به شمار می‌آید (Tarh Kavosh of Consulting Engineers, 2007) به طوری که جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ به ۶۳۷۵۱۷ نفر رسیده است. دقت و صحت مناطق استخراج شده نیز با استفاده از ۲۱ نقطه کنترل زمینی در مجتمع‌های مسکونی دارای مساحت بیش از ۱/۵ هکتار (شکل ۱) به وسیله مشاهدات میدانی و نیز اندازه‌گیری مساحت با استفاده از جی‌پی‌اس دستی بررسی شد. شایان ذکر است که جهت رعایت همزمانی در بررسی روند تغییرات رطوبت نسبی و دماهای فرین با تغییرات فضای سبز این شهر، با توجه به در دسترس بودن تصاویر مورد نیاز در این پژوهش، سری زمانی سال‌های ۱۳۶۴ الی ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفت. به نحوی که ابتدا مقادیر فرین دما نیز طی دوره آماری مورد نظر بر اساس شاخص‌های فرین دما (Zeng et al, 2011)، استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین به منظور دستیابی به جزئیات بیشتر، شاخص‌های فرین دما و رطوبت نسبی با توجه به تغییرات فضای سبز بصورت ده‌های نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه و مناطق کنترل زمینی فضاهای سبز مجتمع‌های مسکونی سطح شهر

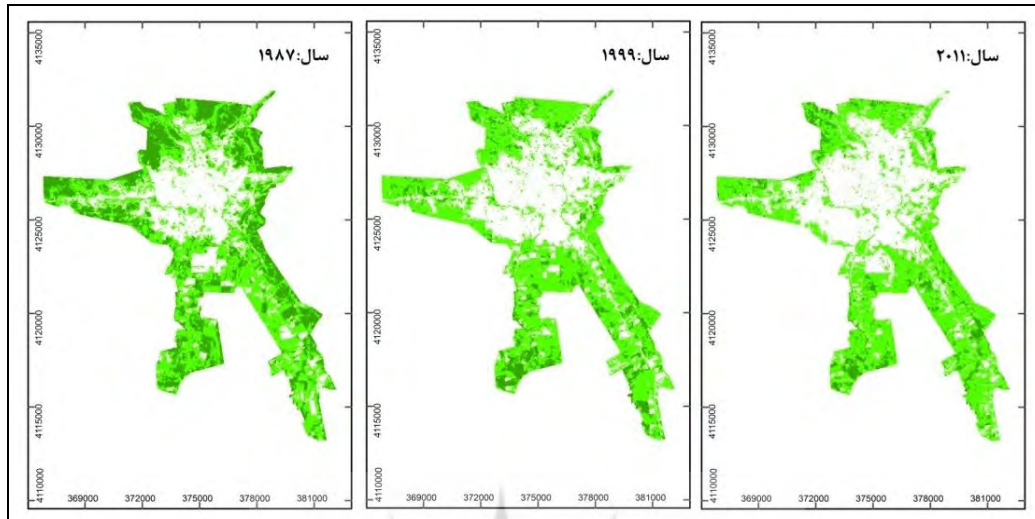
## یافته‌ها و بحث

بررسی روند تغییرات در این پژوهش در دو بخش روند تغییرات فضای سبز و نیز روند تغییرات دماهای فرین به همراه رطوبت نسبی کمینه و بیشینه، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که به تفکیک ارائه می‌گردند.

## تغییرات فضای سبز

بعد از انتخاب تصاویر مورد نظر، اقدام به تشکیل پایگاه داده‌های مکانی شد. سپس شاخص سبزی‌نگی برای هر یک از تصاویر محاسبه شد. به نحوی که در بهترین حالت و بیشترین پوشش گیاهی مقدار این شاخص برابر با ۱ و در حالتی که پوشش گیاهی

وجود نداشته باشد مقدار آن صفر است. بر این اساس فضای سبز در شهر رشت به دو دسته کم‌تراکم و پرتراکم (شکل ۲) دسته‌بندی شدند. مساحت کل فضای سبز شهر و همچنین مساحت فضای سبز کم‌تراکم و پرتراکم در محیط آرکمپ محاسبه شده و در نهایت درصد فضاهای سبز کم‌تراکم و پرتراکم نسبت به کل شهر محاسبه گردید.



شکل ۲. روند تغییرات مجموع فضای سبز در شهر رشت (کم‌تراکم با رنگ سبز روشن و پرتراکم با رنگ سبز تیره)

سپس جمعیت شهر در هر سه دوره برآورد شده تا بتوان تغییرات فضای سبز را با توجه به تغییرات جمعیت در طی سال‌های مورد نظر بررسی نمود. با توجه به جدول (۲)، مساحت فضاهای کم‌تراکم در شهر رشت در سال ۱۳۶۶، برابر با ۶۰ درصد کل فضای سبز موجود در این شهر بوده، در حالی که فضای سبز پرتراکم آن در این سال حدود ۴۰ درصد است. در سال ۱۳۷۸ میزان فضای سبز کم‌تراکم رشت به ۸۴/۵ درصد افزایش یافته و درحالی‌که فضای سبز پرتراکم آن به ۱۶/۵ درصد کاهش یافته است. این روند در سال ۱۳۹۰ نیز با اختصاص ۸۵، ۸۶ و ۱۴، ۱۳ درصد از کل فضای سبز به ترتیب به پوشش گیاهی کم‌تراکم و پرتراکم، تشدید شده است. بنابراین درصد فضای سبز پرتراکم شامل کلیه جنگل‌ها، باغات و درختان مرتفع و انبوه، کاهش پیدا کرده است. این نوع از پوشش گیاهی که به دلیل انبوهی و سبزیگی بیشتر با افزایش میزان رطوبت جو و همچنین تولید سایه به کاهش دمای سطحی می‌انجامد، عمدتاً جای خود را به پوشش گیاهی کم‌تراکم مثل چمن و گیاهان کم ارتفاع داده است. علاوه بر این، مجموع مساحت فضای سبز طی سه دهه مورد بررسی به طور پیوسته کاهش داشته است، به نحوی که از ۷۲۵۴/۹ هکتار در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۶ هزار هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است. لذا مجموع عوامل مذکور، یعنی کاهش فضای سبز متراکم به نفع فضای سبز کم‌تراکم و همچنین کاهش مجموع مساحت فضای سبز شهر رشت منجر به کاهش سرانه فضای سبز در این شهر شده است.

جدول ۲. جمعیت شهر، مساحت و درصد فضای سبز در شهر رشت

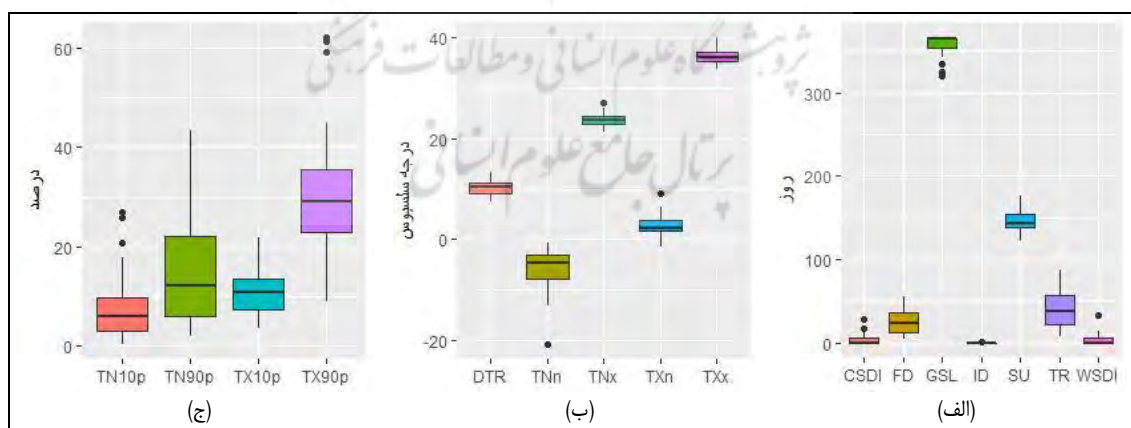
| سال  | جمعیت  | فضای سبز کم‌تراکم |      | فضای سبز پرتراکم |      | مجموع   |
|------|--------|-------------------|------|------------------|------|---------|
|      |        | مساحت (هکتار)     | درصد | مساحت (هکتار)    | درصد |         |
| ۱۹۸۷ | ۳۰۱۶۶۵ | ۴۴۸۸/۷            | ۶۰   | ۲۸۵۴/۹           | ۳۹/۴ | ۷۲۵۴/۹  |
| ۱۹۹۹ | ۴۴۲۸۱۲ | ۵۵۱۸/۸            | ۸۴/۵ | ۱۰۷۹/۸           | ۱۶/۵ | ۶۵۲۸/۹  |
| ۲۰۱۱ | ۶۳۷۵۱۷ | ۵۲۰۵/۸            | ۸۶/۹ | ۷۸۷/۸            | ۱۳/۱ | ۵۹۹۹۳/۶ |

بررسی روند تغییرات جمعیت رشت نشان می‌دهد که جمعیت این شهر در سال ۱۳۶۶ میزان ۳۰۱۶۶۵ نفر، در سال ۱۳۷۸ معادل ۴۴۲۸۱۲ و در سال ۱۳۹۰ نیز ۶۳۷۵۱۷ نفر بوده که حاکی از روندی افزایشی جمعیت شهر است. افزایش جمعیت موجب گسترش ساخت و سازها در شهر شده به طوری که بر اساس آمار پروانه‌های ساختمانی مسکونی صادر شده شهرداری رشت در سال ۱۳۷۸، ۴۸۰۱ پروانه ساختمانی مسکونی صادر شده، درحالی که تعداد واحدهای مسکونی موجود ۹۴۳۹۰ می‌باشد. همچنین، در سال ۱۳۸۹ به تعداد ۴۶۱۵ پروانه ساختمانی صادر شده و تعداد واحدهای مسکونی موجود نیز ۱۴۰۳۵۵ است (Yasori et al, 2015:107). آمار

مذکور نیز حاکی از افزایش ساخت و سازهاست که سهم عمده‌ای در تخریب بسیاری از فضاهای سبز شهری داشته‌است. به طوری که با توجه به شکل (۲)، نواحی مرکزی شهر تقریباً خالی از پوشش گیاهی شده و از این رو باعث افزایش دما، به‌ویژه در فصل تابستان شهر رشت شده است. با توجه به افزایش دما، دماهای آسایش در سطح شهر کاهش یافته و باعث افزایش نیاز سرمایشی و در نتیجه، افزایش بیشتر دما بر اثر بازخورد مثبت استفاده از وسایل سرمایشی و ... شده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که تخریب فضاهای سبز شهری علاوه بر افزایش هزینه‌های مصرف انرژی، به هدر رفت انرژی نیز منجر خواهد شد.

## تغییرات دما

به منظور بررسی تغییرات شاخص‌های فرین دما طی دوره مورد بررسی در ایستگاه سینوپتیک رشت، ابتدا ویژگی‌های آماری مقادیر مذکور شامل برخی از شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و نیز روند تغییرات آن‌ها در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۶۴ بررسی شد. شکل (۳-الف)، ویژگی‌های آماری ۷ شاخص طول فصل رشد، طول دوره سرد، روزهای یخبندان، روز یخی (انجماد)، روزهای تابستانی و طول دوره گرم را به تصویر کشیده است. همچنان که ملاحظه می‌شود شاخص تعداد روزهای دارای دمای کمینه بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد (شب‌های حاره‌ای) با دارا بودن حداقل ۷ و حداکثر ۸۸ روز در سال، بالاترین میزان دامنه تغییرات (۸۱ روز در سال) و همچنین دامنه میان‌چارکی این گروه طی دوره مورد بررسی را به خود اختصاص داده است. درحالی که شاخص تعداد روزهای دارای دمای بیشینه کمتر از صفر (روز یخی)، تنها با حداکثر یک روز در دوره ۵۰ ساله مورد بررسی، کمترین دامنه تغییرات را داشته است. سایر شاخص‌های به تصویر کشیده شده در این شکل (۳) یعنی روزهای یخبندان، روزهای تابستانی، طول فصل رشد، طول دوره گرم و طول دوره سرد به ترتیب با دارا بودن دامنه تغییرات ۵۱، ۵۰، ۴۶، ۳۳ و ۲۸ روز در طی دوره مورد بررسی، در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. در مجموع، شاخص شب‌های حاره‌ای با میانگین و انحراف معیار ۴۰ و ۲۱ روز و همچنین شاخص تعداد روزهای دارای دمای کمینه کمتر از صفر (روزهای یخبندان) با میانگین ۲۴ و انحراف معیار ۱۴ روز در دوره مورد بررسی، دارای توزیعی نزدیک به نرمال نسبت به شاخص‌های دیگر هستند. درحالی که شاخص‌های طول دوره سرد و گرم با میانگین حدود ۳ و انحراف معیار ۶ روز، علاوه بر دارا بودن چولگی منفی، مقادیر پرتی در حدود ۳۰ روز را نیز در طی دوره مورد بررسی تجربه کرده‌اند، در صورتی که میانه به سمت حد پایین کشیده شده است. بررسی شاخص روزهای بین اولین و آخرین روز از حداقل ۶ روز گرم (طول فصل رشد) در شکل مذکور، حاکی از آن است که انحراف معیار آن ۱۲ روز بوده و با میانگین ۳۵۸ روز در دوره مورد بررسی، تفاوت فاحشی با سایر شاخص‌های این گروه دارد. به نحوی که حتی برخلاف سایر شاخص‌ها در شکل مذکور، مقادیر پرت پایین نمودار و همچنین میانه منطبق بر حد بالای باکس شاخص طول فصل رشد، حاکی از چولگی مثبت آن است.



شکل ۳. باکس پلات شاخص‌های فرین دمای ایستگاه سینوپتیک رشت

شاخص‌های دامنه دمایی، کمترین دمای کمینه، بیشترین دمای کمینه، کمترین دمای بیشینه و بیشترین دمای بیشینه در شکل (۳-ب) نمایش داده شده‌اند. شاخص بالاترین دمای بیشینه رشت طی ۵۰ سال اخیر به طور میانگین ۳۶/۴ و انحراف معیار آن نیز ۱/۴ درجه سلسیوس است. همچنان که در شکل نیز مشخص است، عرض کم باکس شاخص مذکور حاکی از پایین بودن دامنه

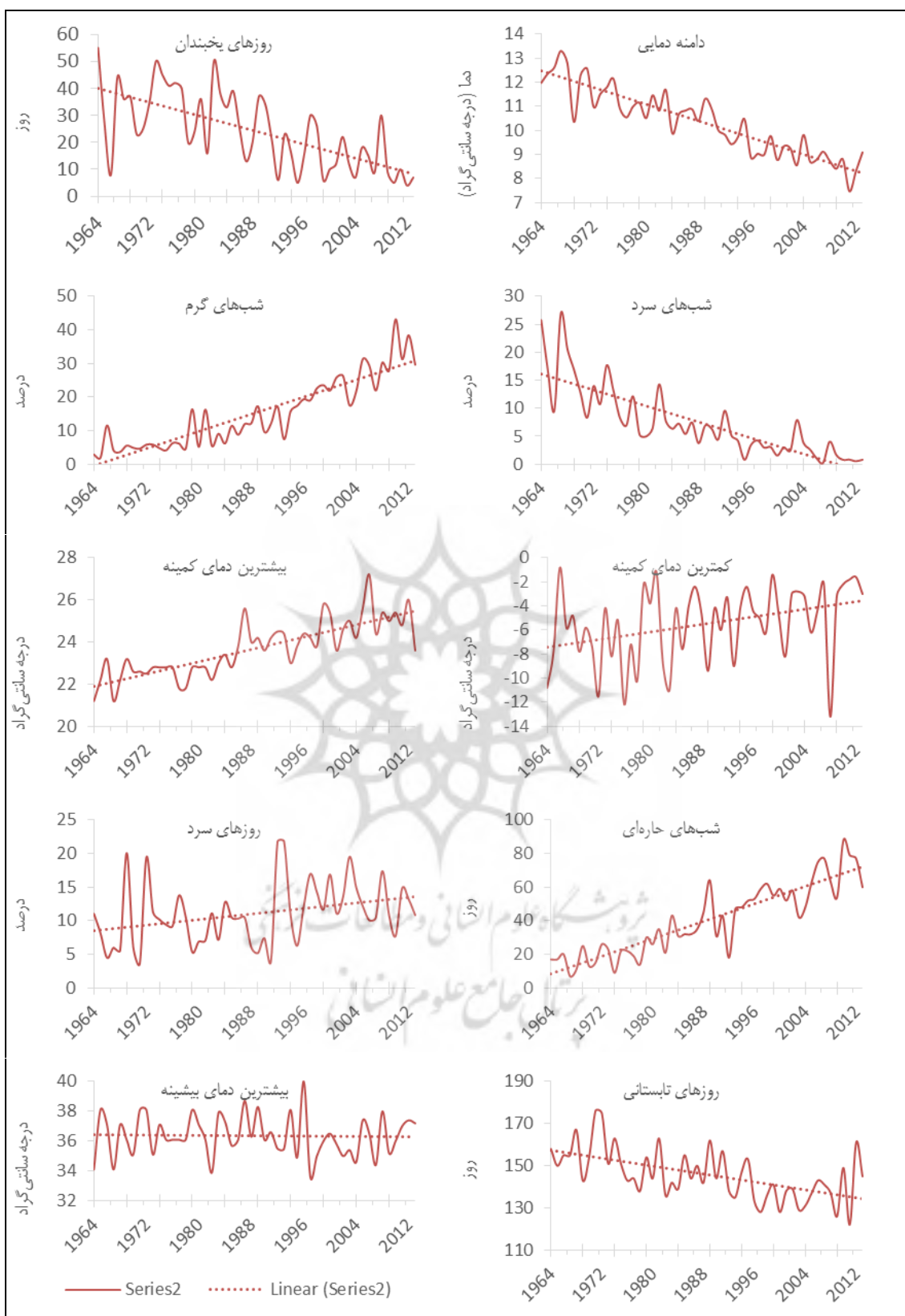
میان‌چارکی و همچنین، قرارگیری میانه این شاخص در مرکز باکس و توزیع تقریباً متناسب حد بالا و پایین آن در دو طرف باکس نشان دهنده توزیع تقریباً نرمال شاخص مذکور است. شاخص‌های کمترین دمای بیشینه، بیشترین دمای کمینه و دامنه دمایی نیز به ترتیب با میانگین و انحراف معیار ۲۳ و ۱/۳؛ ۲/۸ و ۲ و همچنین ۱۰/۳ و ۱/۴، از نظر تغییرات دامنه میان‌چارکی دارای شرایط مشابهی با شاخص بیشترین دمای بیشینه هستند. با این تفاوت که میانه شاخص کمترین دمای بیشینه به طرف حد چارک اول و دو شاخص دیگر به طرف چارک سوم متمایل است. شاخص کمترین دمای کمینه در این شکل با میانگین ۵/۵- و انحراف معیار ۳/۱، دارای بیشترین دامنه میان‌چارکی در دوره مورد بررسی بوده و با تمایل میانه به طرف حد بالا و افزایش فاصله آن از حد پایین، و همچنین مقادیر پرت کمتر از ۲۰- درجه، چولگی منفی را به نمایش گذاشته است. باکس پلات چهار شاخص مبتنی بر درصد شامل شب‌های سرد، شب‌های گرم، روزهای سرد و روزهای گرم نیز در شکل (۳-ج) ارائه شده است. بر این اساس، شاخص درصد روزهای دارای دمای بیشینه بیش از صدک نودم رشت با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر شاخص‌ها به طور میانگین در حدود ۳۰ درصد است؛ این مقدار بر میانه شاخص مذکور منطبق است که به نوعی حاکی از توزیع نرمال این شاخص است. دو شاخص شب‌های سرد و روزهای سرد نیز به ترتیب با میانگین ۷/۵ و ۱۱/۱ درصد از ایام سال طی دوره مورد بررسی، دارای دامنه میان‌چارکی حدود ۸ هستند که از این نظر نسبتاً مشابه همدیگرند؛ اگرچه شاخص شب‌های سرد، تعدادی مقادیر پرت بالای ۲۰ درصد را نیز در سری زمانی مورد بررسی تجربه کرده است. شاخص درصد روزهای دارای دمای کمینه بیش از صدک نودم یا شب‌های گرم رشت، بطور متوسط در حدود ۱۵ درصد ایام سال را به خود اختصاص داده است که انحراف معیار داده‌های موجود در سری زمانی مورد بررسی تقریباً ۱۰ است. حد بالای این شاخص تا بیش از ۴۰ درصد نیز کشیده شده است. در حالی که حد پایین آن فاصله کمتری نسبت به باکس دامنه میان‌چارکی داشته و میانه شاخص به طرف آن متمایل است. این مسئله نشان‌دهنده فاصله گرفتن شاخص مذکور از توزیع نرمال است.

جدول ۳. سطح معنی‌داری و روند تغییرات سری زمانی شاخص‌های فرین دما در ایستگاه رشت بر اساس برآوردگر شیب سن

| شاخص          | TN    | TX    | RHX  | DTR   | FD    | TN10P | TN90P | TNN  | TNX  | SU    | TR   | TX10P |
|---------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۱  | ۰/۰۵  | ۰/۰۵ | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱  | ۰/۰۱ | ۰/۰۵  |
| شیب سن        | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۴ | -۰/۰۹ | -۰/۷۰ | -۰/۲۹ | ۰/۶۲  | ۰/۰۹ | ۰/۰۷ | -۰/۴۸ | ۱/۳۲ | ۰/۱۱  |

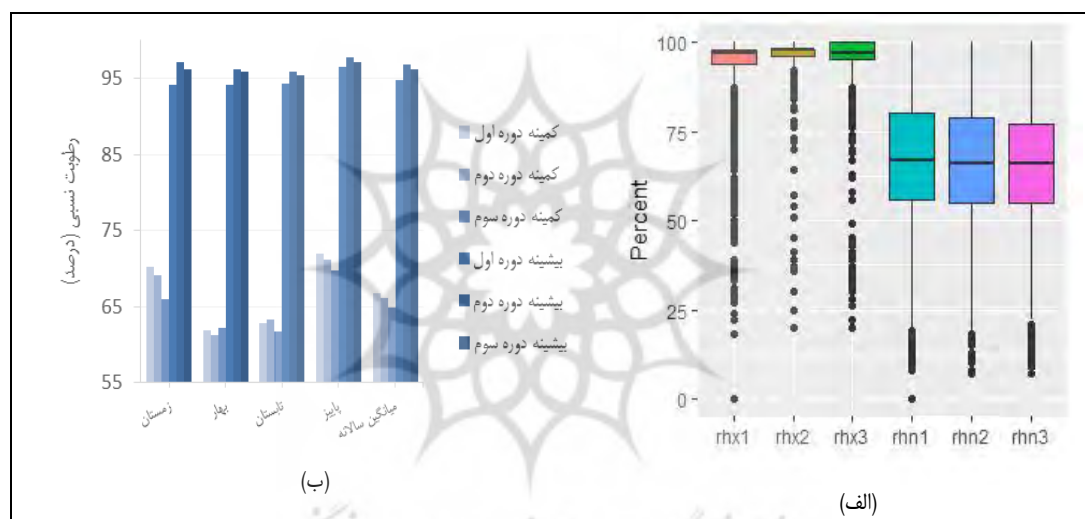
قبل از بررسی روند تغییرات شاخص‌های مذکور طی سال‌های ۱۹۶۴ تا ۲۰۱۳، سری زمانی آن‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگراف اسمیرنوف و نیز شاپیرو ویلکز مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج آزمون نشان داد که اغلب شاخص‌ها دارای توزیع نرمال نیستند. از این رو، جهت آشکارسازی روند تغییرات شاخص‌های فرین دمای شهر رشت، از آماره ناپارامتری شیب سن که معیاری خطی برای تشخیص روند در سری زمانی مورد بررسی است، استفاده شد. نتایج این بررسی (جدول ۳) نشان داد که ۹ شاخص از شاخص‌های مورد بررسی، دارای روند معنی‌دار هستند. این شاخص‌ها شامل دامنه دمایی، روزهای یخبندان، شب‌های سرد، شب‌های گرم، بیشترین دمای کمینه، روزهای تابستانی و شب‌های خارا‌ای با اطمینان ۹۹ درصد و شاخص‌های کمترین دمای کمینه و روزهای سرد نیز با اطمینان ۹۵ درصد طی دوره زمانی مورد بررسی دارای روند منفی و یا مثبت بوده‌اند. لذا روند شاخص‌های مذکور بر اساس شکل (۴) مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنان‌که در نمودار مربوط به شاخص دامنه دمایی نیز مشخص است، شاخص مذکور طی دوره مورد بررسی دارای روند کاهشی بوده است. به نحوی که مقدار آن از حدود ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۶۴ تا حدود ۸/۵ درجه در سال ۲۰۱۳ کاهش پیدا کرده است. از این رو با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت که شاخص مذکور طی دوره مورد بررسی در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است که نشان‌دهنده افزایش دمای شبانه نسبت به دمای روزانه در شهر رشت است. با توجه به نمودار شاخص روزهای یخبندان (شکل ۴)، تعداد روزهای مذکور با اطمینان ۹۹ درصد (جدول ۳) از حدود ۴۰ روز در ابتدای دوره به کمتر از ۱۰ روز در پایان دوره کاهش یافته است.





شکل ۴. روند تغییرات شاخص‌های فرین دمای ایستگاه سینوپتیک رشت بر اساس برآوردگر شیب سن

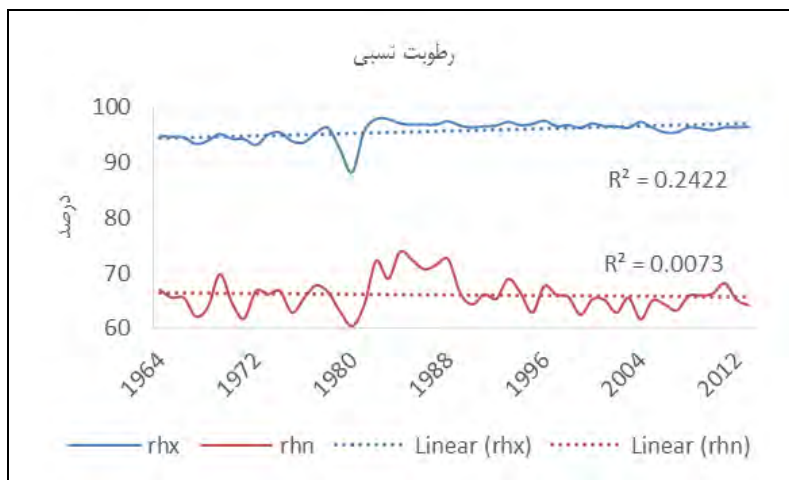
همچنان‌که در نمودار شاخص شب‌های سرد شکل (۴) نیز مشخص است با اطمینان ۹۹ درصد، شب‌های سرد رشت از ۱۶ درصد در اوایل دوره مورد بررسی تا حدود صفر در اواخر این دوره کاهش یافته است. درحالی‌که بررسی شاخص شب‌های گرم این ایستگاه حاکی از افزایش ۳۰ درصدی آن در طی دوره مورد بررسی است. همچنین، به ترتیب با اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد می‌توان اذعان کرد که شاخص‌های کمترین دمای کمینه و بالاترین دمای کمینه ایستگاه رشت حداقل ۳ درجه نسبت به ۵۰ سال اخیر گرم‌تر شده‌اند. شاخص شب‌های حاره‌ای رشت از حدود ۱۰ به ۷۰ روز افزایش پیدا کرده است که مجموع موارد یاد شده بیانگر افزایش دماهای کمینه نسبت به دماهای بیشینه است. علاوه بر این، روزهای سرد شهر رشت با اطمینان ۹۵ درصد، در حدود ۵ درصد کاهش یافته است. شاخص روزهای تابستانی طی نیم قرن اخیر با روند کاهشی معنی‌دار از حدود ۱۵۵ روز در اوایل دوره مورد بررسی به حدود ۱۳۵ روز در اواخر آن کاهش یافته است. شایان ذکر است که روند کاهشی شاخص مذکور به همراه عدم وجود روند معنی‌دار در شاخص بالاترین دمای بیشینه، حاکی از آن است که تغییر چندان مشخصی در دماهای روزانه شهر رشت رخ نداده است. بنابر این، دلیل کاهش دامنه دمایی در این شهر نیز افزایش دماهای شبانه آن بوده و ظاهراً مقادیر بیشینه روزانه، نقشی در این تغییر روند ندارند. در مجموع، بررسی روند تغییرات شاخص‌های فرین دما در شهر رشت نشان می‌دهد که دمای شبانه این شهر نیز همانند سایر کلان‌شهرهای کشور - بعلت گسترش افقی و عمودی شهر و همچنین افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش وسایل نقلیه، مصرف انرژی و ... - تحت تاثیر جزیر حرارتی افزایش یافته است.



شکل ۵. تغییرات رطوبت نسبی ایستگاه سینوپتیک رشت: الف) باکس پلات تغییرات رطوبت نسبی کمینه و بیشینه در سه دهه، و ب) میانگین فصلی درصد رطوبت نسبی کمینه و بیشینه در سه دوره آماری مورد بررسی به تفکیک فصل

در واقع آنچه که تغییرات دمای شهر رشت را متمایز از اغلب کلان‌شهرهای کشور می‌نماید، مقدار رطوبت نسبی این شهر تحت تاثیر میزان بارش و همچنین پوشش گیاهی آن است. بنابر این، در کنار بررسی کاهش پوشش گیاهی رشت که بطور مستقیم بر دمای محسوس آن تاثیر گذار بوده است، تغییرات میزان رطوبت نسبی کمینه و بیشینه نسبت به تغییرات دما در سه دهه گذشته و همچنین به تفکیک فصل مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵). همچنانکه در نمودار باکس پلات (۵ الف) نیز مشاهده می‌شود، میان رطوبت نسبی بیشینه رشت طی سه دهه مورد بررسی به طور پیوسته افزایش یافته، درحالی‌که شاخص مذکور برای رطوبت نسبی کمینه کاهشی بوده است. علاوه بر این، دامنه تغییرات رطوبت نسبی کمینه این شهر نیز در طی سه دهه کاهش یافته است که به نوبه خود حاکی از افزایش دامنه‌دمایی در شهر رشت است. بررسی تغییرات فصلی رطوبت نسبی کمینه و بیشینه در سه دهه متوالی (۵ ب) نشان می‌دهد که اولاً بیشترین میزان رطوبت نسبی کمینه و بیشینه این شهر، با توجه به بارش‌های مداوم پاییزی، متعلق به فصل پاییز است. نکته مهم دیگری که در شکل مذکور مشاهده می‌شود، روند کاهشی رطوبت نسبی کمینه در فصول پاییز و زمستان است که اثرات آن در مجموع سالانه نیز منعکس شده است. با این وجود، بر اساس شکل (۶) و جدول (۳) بررسی روند

تغییرات سری زمانی رطوبت نسبی کمینه و بیشینه نشان داد که رطوبت نسبی بیشینه رشت با اطمینان ۹۵ درصد در دوره مورد بررسی افزایش داشته است. در حالی که تغییرات رطوبت نسبی کمینه آن بر اساس آزمون سن معنی دار نیست.

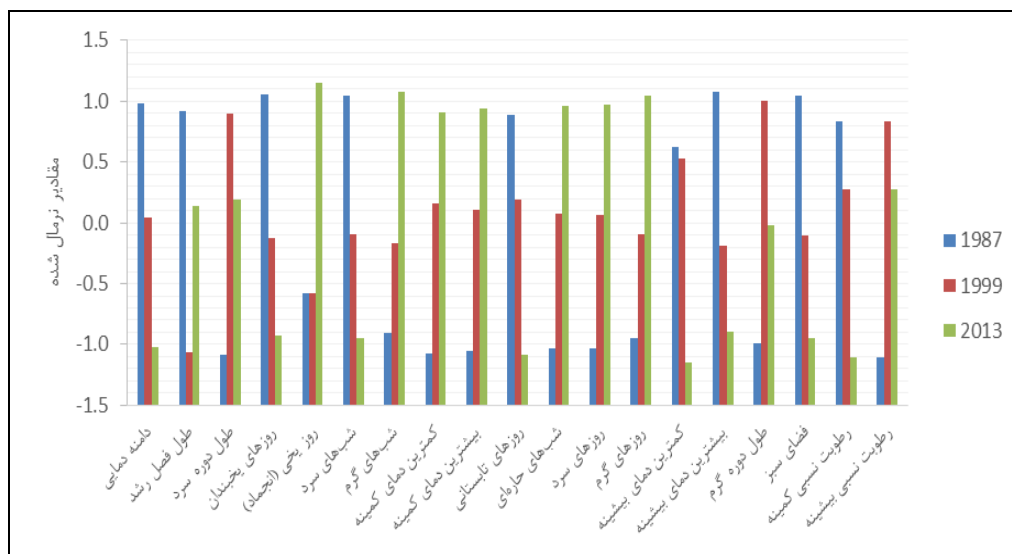


شکل ۶. روند تغییرات رطوبت نسبی کمینه و بیشینه ایستگاه سینوتپیک رشت

## نتیجه گیری

شهرنشینی یکی از عوامل موثر در گرمایش جهانی است. با گسترش سریع شهرها، تراکم جمعیت و در نتیجه، منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای بویژه دی‌اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد. درحالی که فضاهاى سبز محیط زیست شهرى، بعنوان یکی از منابع جذب دی‌اکسید کربن، با کاهش تدریجی روبروست. بر اساس گزارش بانک جهانی (۲۰۱۰)، انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای و همچنین شیوه زندگی شهرى در شهرهای به سرعت در حال رشد جهان، به ویژه آسیا، مانع حرکت در مسیر توسعه پایدار است. به نحوی که بسیاری از مردم، به ویژه افراد کم درآمد، در حال حاضر تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی قرار داشته و در دهه‌های آتی نیز با چالش جدی روبرو خواهند بود. همچنان که در "خلاصه شهرها"<sup>۱</sup>، به عنوان یکی از سیزده گزارش پنجمین گزارش ارزیابی<sup>۲</sup> تغییرات آب‌وهوایی هیات بین دول تغییر اقلیم (آی‌پی‌سی‌سی)<sup>۳</sup> اشاره شده است، توجه به کاهش اثرات و سازگاری با تغییر اقلیم<sup>۴</sup> در شهرها، ضرورتی انکارناپذیر است. لذا بررسی و ارزیابی عوامل محلی افزایش دما در شهرها - به عنوان یکی از کانون‌های تشدید گرمایش جهانی - که علاوه بر برهم کنش با پدیده تغییر اقلیم، آسایش اقلیمی ساکنان این مناطق را با روند فزاینده‌ای تحت تاثیر قرار می‌دهند، از مهمترین اقداماتی است که می‌تواند مورد توجه ویژه قرار گیرد. از این رو، روند تغییرات فضای سبز شهرى رشت با افزایش جمعیت آن طی سه دهه (۱۹۸۷-۱۹۷۶، ۱۹۹۹-۱۹۸۸ و ۲۰۱۳-۲۰۰۰) در این پژوهش بررسی شده و تغییرات دما و رطوبت نسبی شهر رشت بعنوان اثرات محتمل آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لذا به منظور جمع‌بندی و مقایسه نتایج تغییرات دهه‌ای پوشش گیاهی، شاخص‌های فرین دما و رطوبت نسبی طی سه دوره زمانی مشابه، نتایج این بررسی بصورت مقادیر نرمال شده در شکل (۷) ارائه شده است.

1. Cities Summery
2. Fifth Assessment Report(AR5)
3. Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC)
4. Mitigation and adaptation to climate change



شکل ۷. مقایسه مقادیر استاندارد شده فضای سبز، رطوبت نسبی و شاخص‌های فرین دمای ایستگاه سینوپتیک رشت در سه دوره آماری مورد بررسی

همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود، ضمن کاهش بی‌رویه فضای سبز شهر رشت طی سه دهه مورد بررسی، شاخص‌های دامنه دمایی، روزهای یخبندان، شب‌های سرد، کمترین دمای کمینه، بیشترین دمای بیشینه و رطوبت نسبی کمینه آن بطور قابل توجهی کاهش یافته‌اند. آنچه که در این زمینه حائز اهمیت است، همخوانی نسبی کاهش شاخص‌های مذکور و همچنین رطوبت نسبی کمینه شهر رشت نسبت به تغییرات کاهش فضای سبز شهری است. شاخص‌هایی نظیر شب‌های گرم، کمترین دمای کمینه، بیشترین دمای بیشینه، شب‌های حاره‌ای، روزهای سرد، روزهای گرم، وضعیت کاملاً متفاوتی را ارائه نموده‌اند. به نحوی که با کاهش فضای سبز طی دوره مورد بررسی، بطور قابل توجهی افزایش یافته‌اند. اگرچه سایر شاخص‌ها عملکرد متفاوتی را در دهه‌های مختلف ارائه نموده‌اند، ولی با بررسی بیشتر آن‌ها مشخص می‌شود که تا حدود زیادی با تغییرات فضای سبز هم راست هستند. مثلاً رطوبت نسبی بیشینه رشت، افزایش قابل توجهی در دهه سوم نسبت به دهه اول داشته است، اگرچه میزان افزایش آن در دهه دوم بیشتر است. در مجموع، همچنان که در جدول (۲) نیز ملاحظه شد، با دو برابر شدن جمعیت شهر رشت طی سی سال اخیر، پوشش درختی این شهر به یک سوم مقدار آن در اوایل دوره مورد مطالعه، کاهش یافته است. لذا با توجه به روند تغییرات و افزایش مقادیر شاخص‌های فرین دما و رطوبت نسبی این شهر طی دوره مورد بررسی با در نظر گرفتن میزان کاهش فضای سبز و افزایش جمعیت آن، تشدید تغییرات آنها در سال‌های آتی دور از انتظار نیست. لذا نیاز به اتخاذ سیاست‌های پیشگیرانه از قبیل افزایش مناطق سبز شهری و اتصال قطعات فضای سبز آن بعنوان کوریدورهای زیست محیطی است. گسترش مناطق سبز شهری، ضمن تقویت تنوع زیستی و گسترش گونه‌های گیاهی و جانوری، تاثیر مثبتی نیز بر سلامت انسان و سازگاری با تغییرات اقلیمی دارد. همچنین، افزایش پوشش گیاهی پرتراکم شهری منجر به بهبود چشم انداز شهری شده و حفظ منابع آب، جلوگیری از گسترش سیلاب‌های شهری و کاهش جزیره حرارتی را به دنبال خواهد داشت.

## تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد بوده و با حمایت مالی سازمانی انجام نشده است.

## References

- Aadashi Roudbari, A., & Aliabadi, K. (2017). The Role of Geographic Components on the Temperature Dispersion at Urban Area Using Remote Sensing Techniques Case Study of Mashhad City. *Geographical Planning of Space*, 7(24), 131-142. (In Persian)
- Aghili Nasab, S.Z., Mohammadzade M., Salman Mahini A.R., & Zarei H. (1391). Green space location in the control and improvement of urban climate change. Second Conference on Environmental Planning and Management. (In Persian)
- Alavipannah, S., Hashemi Darrehbadami, S., & Kazemzadeh, A. (2015). Spatial- Temporal Analysis of Urban Heat- Island of Mashhad City due to Land Use/ Cover Change and Expansion. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 3(1), 1-17. doi: 10.22059/jurbangeo.2015.54436. (In Persian)
- Ataei, H., & Fanaei, R. (2014). The Survey of Series temperature changes trend at the city of Shiraz in relation to urban development planning, *Quarterly Research and Urban Planning*, 4(15), 57-76. (In Persian)
- Choudhury, M. R., & Das, S. (2016). Potential Role of Landsat Satellite Data for the Evaluation of Land Surface Temperature and Assessment of Urban Environment. National Institute of Urban Affairs (NIUA). *Environment and Urbanization Asia*. SAGE Publications. 7(1) 55–75. DOI: 10.1177/0975425315619721
- Doick, K., & Hutchings, T. (2013). Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. Research Note. Forest Research. ISBN: 978-0-85538-878-2
- Esmailpour, N., & Azizpour, M. (2009). Change of agricultural land use and relative increase of temperature in Yazd due to its rapid growth. *Geography and Regional Development*. 7(12), 54-37. (In Persian)
- Grover, A., & Singh, R.B. (2016). Monitoring Spatial Patterns of Land Surface Temperature and Urban Heat Island for Sustainable Megacity: A Case Study of Mumbai, India, Using Landsat TM Data. National Institute of Urban Affairs (NIUA). *Environment and Urbanization Asia*. SAGE Publications, 7(1) 38–54. DOI: 10.1177/0975425315619722
- Kavosh Consulting Engineers. (2007). *Master Plan of Rasht City*. Department of Housing and Urban Development of Guilan Province, 2. (In Persian)
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535-1552.
- Mirabimoghadam, M. (2017). Measurement of green space of residential complex with emphasis on urban landscape ecology approach (Case study : Rasht city). Aghaeizadeh E., University of Guilan, Guilan, Iran. (In Persian)
- Pohlert, T. (2018). Trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>.
- Rezaei, P., & Abed, H. (2010). Investigation of minimum temperature trend of Rasht synoptic station with emphasis on freezing period. *Geography and environmental studies*, 2, 48-39. (In Persian)
- Saadatabadi, A.R., & Azadi, M. (2005). Study of changes in temperature and wind fields in Tehran Megapolis due to Urbanization. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 20(1), 188-171. (In Persian)
- Shams, Sh., & Mousavi Baygi, M. (2016). The Investigation of Mashhad Extremum Temperature in Different Scales. *Journal of Water and Soil*. 28(1), 60-46. (In Persian)
- Sobrinoa, J., A., Jime´nez-Munˆoza, J., C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90. 434–440. doi:10.1016/j.rse.2004.02.003
- World Bank. (2010). Cities and Climate Change: An Urgent Agenda. Urban development series. Knowledge papers no. 10. Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17381> License: CC BY 3.0 IGO.

- Xu, H., Chen, Y., Dan, S., & Qiu, W. (2011). Spatial and temporal analysis of urban heat Island effects in Chengdu City by remote sensing. In *Geoinformatics, 19th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Yang, C., He, X., Wang, R., Yan, F., Yu, L., Bu, K., Yang, J., Chang, L., & Zhang, S. (2017). The Effect of Urban Green Spaces on the Urban Thermal Environment and Its Seasonal Variations. *Forests*, 8, 153. doi:10.3390/f8050153
- Zhang, Z., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., & Zwiers., F.W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Clim Change*. doi: 10.1002/wcc.147
- Zohrabi, N., Massah Bavani, A., Goodarzi, E., & Heidarnejad, M. (2016). Identify Trend in the Annual Temperature and Precipitation in Karkheh River Basin. *Wetland Ecobiology*, 8(2), 5-22. (In Persian)



**How to cite this article:**

Mirzaei Moghadam, M., Oji, R., & Aghaeizadeh, E. (2020). Analysis of The Effect of Urban Green Spaces Reduction on Surface Temperature and Relative Humidity Changes (Case study of Rasht City). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 15(4), 1103-1118.  
[http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article\\_672816.html](http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672816.html)

## Analysis of The Effect of Urban Green Spaces Reduction on Surface Temperature and Relative Humidity Changes (Case study of Rasht City)

Mehrnosh Mirzaei Moghadam

*M.A in Geography & Urban Planning, University of Guilan, Rasht, Iran*

Rohallah Oji\*

*Assistant Professor, Dep of Geography & Urban Planning, University of Guilan, Rasht, Iran*

Esmail Aghaeizadeh

*Assistant Professor, Dep of Geography & Urban Planning, University of Guilan, Rasht, Iran*

**Received:** 26 October 2018

**Accepted:** 06 March 2019

### EXTENDED ABSTRACT

#### Introduction

Nowadays, cities are facing with increasing the urban heat island and reducing thermal comfort due to the urbanization and the reduction of urban green spaces. The effect of global warming on cities, however, approved with a high confidence by the world's scientific community through several studies. Therefore, we expect the urban heat island is also exacerbated by climate change. Hence, green spaces as an important component of cities, should be seriously taken into consideration in future planning. In fact, the city of Rasht is one of the metropolises in the country, which, despite the availability of natural conditions, suffers from lack of green space. Today, the process of demolishing urban green space has accelerated more than ever due to reasons such as rising urban land prices, the lack of proper control over the laws and standards of urbanization, and sometimes the defect of existing laws.

#### Methodology

This research, therefore, aims to investigate green space reduction and its effects on relative humidity and temperature variability in Rasht, Iran during the period of 1964-2013. To do this end, Landsat 5 images, minimum and maximum temperature as well as relative humidity of Rasht synoptic station were used. Research method is a descriptive analytical approach that in which to measure the changes, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), extreme temperature indices and Sen's slope estimator at a significant level of 0.01 and 0.05 were used. It's worth mentioning that the satellite images were selected based on the criteria of cloud cover, area coverage, reliability of the images, simultaneous and intervals between them.

#### Result and Discussion

Investigating of changes and their trends in this study has been analyzed in two parts including the green space, as well as the temperature and the relative humidity. At best and with most vegetation, the NDVI index is equal to 1, and its value is zero in the absence of vegetation. According to this, the green space in Rasht was classified into two low and high density vegetation. In fact, the things that make Rasht temperature different from most of the metropolitan cities in Iran are relative humidity, due to the large amount of rainfall, as well as its vegetation. Therefore, besides studying the decrease of Rasht's vegetation, which directly affects its temperature, minimum and maximum temperature and relative humidity changes over

\* Corresponding Author:

Email: oji@guilan.ac.ir

the past three decades as well as their seasonal variations were analyzed. Then the statistical characteristics of temperature indexes (Diurnal Temperature Range, Growing Season Length, Cold Spell Duration, Frost Days, Ice Days, Cool Nights, Warm Nights, Min TN, Max TN, Summer Days, Tropical Nights, Cool Days, Warm Days, Min TX, Max TX and Warm Spell Duration) and their changes during the mentioned period were investigated.

### Conclusion

Results showed that the total green space in Rasht has fallen from about 7,255 hectares to 5,990 hectares and high density green space has dropped from 2855 hectares to 788 hectares. Also, DTR, ID, TN10p indices have been reduced with a 99% confidence. Whereas the indices of TR, TXx as well as TX90p with a confidence of 99%, and maximum relative humidity of Rasht with 95% confidence intervals are increased. Also, trends of the climate parameters are consistent with the green space reduction, and their trends have intensified over three consecutive decades. So that with the population doubling, the city's green space is reduced to about a third of the initial value and the indices such as DTR and FD decreased by about 4 ° C and 35 days, respectively. It seems that the increase of green space is necessary to reduce the effects of the urban heat island and the global warming for sustainable development. It should be taken into consideration in future planning.

**Key Words:** Urban green space, Extreme temperature, Relative humidity, Rasht

