

## بررسی آثار فضاهای سبز شهری بر دما و رطوبت نسبی محیط پیرامونی (مطالعه موردی: شهر گرگان)

سیده زهرا عقیلی نسب<sup>۱\*</sup>، مرجان محمدزاده<sup>۲</sup>، عبدالرسول سلمان ماهینی<sup>۳</sup>، حسین زارعی<sup>۴</sup>

۱ کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
۲ استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
۳ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
۴ استادیار گروه باغبانی، دانشکده باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴)

### چکیده

در سال‌های اخیر، بیش از پیش به پوشش گیاهی شهری به دلیل جلوگیری از افزایش دما توجه شده است. کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی به عنوان دو کارکرد مهم اکولوژیکی فضای سبز هستند که امروزه به دلیل تغییر اقلیم و گرمایش جهانی و همچنین مزیت اقتصادی نشأت گرفته از این دو، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، سعی شده است تا آثار فضای سبز شهری بر اقلیم تابستانی نواحی پیرامونی فضاهای سبز مورد بررسی قرار گیرد. مشاهدات میدانی در ماه مرداد سال ۱۳۹۰ انجام شد و تغییرات دما و رطوبت نسبی در محیط پیرامونی ۱۵ محدوده فضای سبز شهر گرگان اندازه‌گیری و ثبت شد. نتایج حاصل از داده‌های ثبت شده در فواصل و جهات متفاوت از فضاهای سبز، بیان‌گر کاهش تدریجی دما و افزایش رطوبت نسبی با کاهش فاصله از محدوده‌های منتخب بوده است. بر این اساس، میزان تاثیر فضاهای سبز بر دما و رطوبت نسبی، تا فاصله ۶۰ متر معنی‌دار به دست آمد ( $p \leq 0.05$ ). همچنین، جهت جغرافیایی شمالی دارای کمترین میزان دما و بیشترین رطوبت نسبی و جهت جغرافیایی جنوبی دارای بیشترین میزان دما و کمترین رطوبت نسبی بوده است. میزان  $R^2$  تعدیل یافته به دست آمده از مدل خطی بین دما و رطوبت نسبی با روابط متقابل بین سه متغیر (جهت، فاصله و فضاهای سبز) نیز به ترتیب برابر با ۰/۹۷۵ و ۰/۹۲۷۴ بوده است. نتایج به دست آمده نشان دادند که فضاهای سبز می‌توانند اثر قابل توجهی بر دما و رطوبت نسبی محیط پیرامونی و همچنین اقلیم شهری داشته باشند. بنابراین، می‌توان فضاهای سبز را در محیط شهری به عنوان جزیره خنکی معرفی نمود. نتایج حاصل علاوه بر بیان آثار فضای سبز به شکل کمی، بر افزایش سطح پوشش گیاهی در محیط شهری خواهد تاکید می‌کنند.

**کلید واژه‌ها:** فضاهای سبز شهری، دما و رطوبت نسبی، اقلیم شهری، جزیره خنکی

## سرآغاز

دمای محیط شهری نه تنها در اطراف محیط آن تغییر می‌کند، بلکه داخل آن نیز با توجه به وجود کاربری‌های اراضی متفاوت تحت تاثیر قرار می‌گیرد. شناخت این تغییرات، می‌تواند اولین گام در جهت بهبود برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری باشد (Hart & Sailor, 2008). یکی از روش‌های موثر جهت کنترل دمای شهری، استفاده از آثار فضای سبز است (Hwang, 2007). این در حالی است که حذف بی‌رحمانه‌ی فضاهای سبز به دلیل رشد شهرنشینی سریع، نتیجه‌ای همانند گرمای طاقت فرسای تابستان را به همراه داشته است (Fujino et al., 1998). بنابراین، پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی‌های معضلات محیط‌زیستی آن‌ها موجودیت فضای سبز و گسترش آن را برای همیشه اجتناب‌ناپذیر کرده‌اند و مفهوم شهرها بدون وجود فضای سبز موثر در اشکال گوناگون آن دیگر قابل تصور نیست (مجنونیان، ۱۳۷۴).

فضاهای سبز نه تنها سبب بهبود مناظر شهری می‌شوند، بلکه می‌توانند اقلیم محیط شهری را با افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای هوای شهری، تنظیم کنند (Ca et al., 1998). از جمله مهم‌ترین آثار محیط‌زیستی فضای سبز در شهرها تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی، تلطیف هوا و جذب گرد و غبار است. البته سایر آثار فضای سبز در شهرها نقش نسبی دارند، ولی مجموعه آثار فضای سبز حضور آن‌ها را در شهرها اجتناب‌ناپذیر می‌کند؛ به طوری که بدون وجود آن ممکن نیست شهرها پایدار باقی بمانند (مجنونیان، ۱۳۷۴). اهمیت این موضوع به اندازه‌ای است که تعدادی از اقلیم‌شناسان به مطالعه‌ی استفاده از گیاهان به عنوان یکی از عوامل کنترل‌کننده‌ی خرد اقلیم در محیط شهری پرداخته‌اند (Panagopoulos, 2008). آثار گیاهان بر اقلیم شهرها، حتی در مورد فضاهای سبز کوچک مقیاس، همانند پارک‌های واحد همسایگی نیز حایز اهمیت است (Heidt & Neef, 2005).

وجود درختان و چمن و سایر پوشش‌های گیاهی در پارک‌ها و فضاهای سبز، موجب کاهش دما نسبت به سایر مناطق شهری اطراف آن می‌شود و این عامل شناخته شده‌ای جهت جلوگیری از افزایش دمای هوای محیط اطراف آن است (Kobayashi & Kai, 2005). پارک‌ها نیز به طور معمول، دمای هوای کمتری نسبت به مناطق اطراف خود دارند. هوای سردتر اغلب از پارک‌ها

به مناطق اطراف آن حرکت می‌کند. این میزان خنک‌کنندگی بر مناطق اطراف با افزایش اندازه‌ی پارک و درصد پوشش پارک با درختان تغییر می‌کند (Nowak & Heisler, 2010). بنابراین، با تاثیرگذاری بر دمای هوا، فضای سبز شهری به طور غیرمستقیم بر کیفیت هوا، سلامتی انسان و میزان استفاده از انرژی در ساختمان‌ها موثر است (Heisler et al., 2007).

شناخت و بررسی کارکردهای فضای سبز بیان‌گر تاثیر قابل توجه آن‌ها بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی محیط پیرامونی در شهرهاست. امروزه تحقیقات بسیاری به اهمیت انواع پوشش‌های شهری از جمله درختان کنار خیابان، باغ‌های شخصی و عمومی، پارک‌ها و جنگل‌های شهری اشاره و از نتایج آن در طراحی و مدیریت شهری استفاده نمودند. برای نمونه، در مطالعه‌ای نقش پوشش گیاهی در داخل شهر، به عنوان خنک‌کننده و کاهش‌دهنده‌ی درجه حرارت در اکوسیستم ثابت شده است (Ifatimehin, 2007).

در کشورهای توسعه یافته با شناخت و بررسی قابلیت و کارکردهای فضای سبز در زمینه‌های اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی، اهمیت وجود آن در محیط شهری بیش از پیش شده و از جمله اولویت‌های مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری قرار گرفته است (Ryden, 2007). برای مثال، برنامه‌ریزان شهر تایگو در کره جنوبی با استفاده از کاشت درختان و توسعه پارک‌های شهری موفق به کنترل نمودن دما در شهر شده‌اند. مقایسه بین داده‌های دمایی در بازه‌ی زمانی ۳۰ سال در تایگو، کاهش‌ی برابر با ۱/۲ درجه سانتی‌گراد را نشان داده است، در حالی که دما در دیگر شهرها ۲-۱ درجه افزایش داشته است (Hwang, 2007). علاوه بر این، در مطالعه‌ای دیگر با اندازه‌گیری آثار پارک بر اقلیم تابستانی شهری و بر نواحی اطراف آن (در جهات متفاوت) نشان داده شد که دمای پارک حدود ۲ درجه کمتر از نواحی اطراف آن بوده است (Ca et al., 1998). در مطالعه انجام شده‌ی دیگری نیز پی برده شد که پارک‌های شهری بر دمای هوای محیط در ونکور و ساکرامنتو اثرگذار هستند. مطالعه انجام شده در پارک‌های جنگلی دو شهر، نشان می‌دهد که دمای پارک در شهر ونکور ۵ درجه سردتر و دما در شهر ساکرامنتو می‌تواند ۷-۵ درجه خنک‌تر از مناطق اطراف پارک باشد، در صورتی که پارک در بهترین شرایط خود باشد (Spronken-Smith & Oak, 1998). همچنین، در مطالعه‌ای

قسمت میانی شهرستان گرگان، بین ارتفاع ۱۰۰ متری جلگه و کوهستان از تپه‌ها و ارتفاعات متعددی تشکیل یافته و زمین این قسمت از آبرفت رودها، اراضی حاصلخیزی را به وجود آورده است. شهر گرگان، در دامنه شمالی رشته کوه‌های البرز با شیب ملایم (در حدود ۴ درصد) استقرار یافته است و دو رودخانه در امتداد شمالی- جنوبی از میان شهر می‌گذرند (رودخانه‌های زیارت در شرق و تول‌چشمه در غرب شهر). بخش جنوبی شهر را رشته کوه‌های البرز در بر گرفته است و در سایر جهات شهر، باغات و زمین‌های کشاورزی حاصلخیز قرار گرفته‌اند. این شهر به علت موقعیت جغرافیایی خاص آن و وضعیت طبیعی مناسب به صورت یک مرکز خدمات و مبادلات منطقه در طول تاریخ شکل گرفته است (قره‌خونره و همکاران، ۱۳۸۹).

شهر گرگان با وجود دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب جهت گسترش فضای سبز شهری، دارای سرانه فضای سبزی کمتر از میانگین کشور است. سرانه فضای سبز برای هر شهروند در شهر گرگان برابر با ۵/۱ مترمربع است. این در حالی است که براساس مطالعات و بررسی‌های وزارت مسکن و شهرسازی، سرانه متعارف و قابل قبول فضاهای سبز شهری در شهرهای ایران بین ۷ تا ۱۲ مترمربع برای هر نفر است که در مقایسه با شاخص تعیین شده از سوی سازمان ملل متحد (۲۰ تا ۲۵ مترمربع برای هر نفر)، سازمان حفاظت محیط‌زیست (۳۰ تا ۵۰ مترمربع) و سازمان پارک‌ها و فضای سبز تهران (۲۵ تا ۵۰ مترمربع)، رقم کمتری است.

### روش پژوهش

با استفاده از بازدیدهای میدانی، نقشه موقعیت فضاهای سبز شهر گرگان و اطلاعات کارشناسان سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر گرگان، ۱۵ مکان که شامل پارک‌ها و باغ‌ها بوده‌اند، انتخاب شدند. انتخاب این مکان‌ها بر اساس مساحت، تنوع ساختاری و پراکنش آن‌ها در سطح شهر بوده است که در شکل (۱)، نشان داده شده‌اند. علاوه بر این، از تابع Cluster Analysis نرم‌افزار Statistica نیز جهت گروه‌بندی فضاهای سبز و انتخاب نهایی مکان‌ها در بین گروه‌ها استفاده شد. مساحت فضاهای سبز انتخاب شده در محدوده ۰/۲۵ تا ۱۵/۴ هکتار بوده است.

اندازه‌گیری میدانی داده‌ها در ماه مرداد سال ۱۳۹۰، انجام شد. به طور معمول بررسی اثر گیاهان بر دمای محیط مناطق شهری، در روزهای گرم تابستان و با حداقل پوشش ابر انجام می‌گیرد (Ca

دیگر رابطه بین تغییرات پوشش زمین و آثار اقلیمی آن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات پوشش اراضی شهری به‌طور قابل توجهی با کاهش نسبت پوشش گیاهی و افزایش دمای سطوح ارتباط دارد (Owen et al., 1998).

در تحقیقی، از داده‌های جمع‌آوری شده دما در ایستگاه‌های ثابت و متحرک در سطح شهر پورتوریکو، جهت برآورد میزان ارتباط پوشش گیاهی و درجه حرارت استفاده شد (Murphy et al., 2005). تحقیقی دیگر به بررسی استفاده‌ی فضای سبز شهری جهت بهبود دمای محیط پیرامونی با هدف سنجش استفاده از هوای خنک و چگونگی بسط آن در محیط شهری پرداخت. نتایج نشان داد که در حدود ۸۰ تا ۹۰ متر فاصله از مرز محدوده فضای سبز مورد بررسی، دما تا حدود ۲/۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (Kobayashi & Kai, 2005). بنابراین، با توجه به مطالعات صورت گرفته در این زمینه، می‌توان پارک‌ها را به‌عنوان جزیره‌های خنکی (PCI)<sup>(۱)</sup> نیز معرفی نمود که قادر به تاثیر بر محیط اطراف خود در فواصل متفاوت هستند.

با توجه به اهمیت و کارکرد اکولوژیکی پوشش‌های سبز درون شهری، در این پژوهش نقش فضای سبز بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی محیط پیرامونی آن مورد بررسی قرار گرفته است. با اندازه‌گیری میدانی سعی شده است تا میزان تغییرات دما و رطوبت نسبی در فواصل و جهات متفاوت از فضاهای سبز انتخاب شده، محاسبه شود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و تحلیل آثار کیفی فضای سبز به‌صورت کمی است، تا بتوان با استدلالی کمی و آماری، بر اهمیت وجود فضای سبز در شهر و میزان تاثیر آن بر شهر و شهروندان تاکید بیشتری نمود.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

شهر گرگان، مرکز استان گلستان، در موقعیت جغرافیایی ۵۴°۱۰ تا ۵۴°۴۵ طول شرقی و ۳۶°۴۴ تا ۳۶°۵۸ عرض شمالی قرار دارد. شهرستان گرگان از شمال به شهرستان آق قلا، از غرب به شهرستان کردکوی، از شرق به علی آباد کتول و از جنوب به ارتفاعات شاهکوه و استان سمنان محدود است. مساحت این شهرستان در حدود ۱۳۱۶ کیلومتر مربع است و در ارتفاع ۱۶۰ متری از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای آن معتدل و مرطوب و میزان بارندگی سالانه به طور متوسط حدود ۶۵۰ میلی‌متر است.

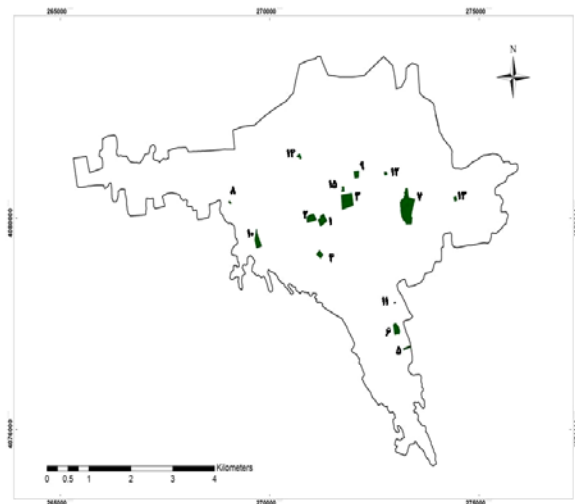
جهت اندازه‌گیری دما و رطوبت نسبی از دماسنج دیجیتال Hygro-Thermometer استفاده شد. با توجه به مطالعات مشابه انجام شده (Uchida et al., 1998; Fujino et al., 1998; Ca et al., 1998; Uchida et al., 2009)، ارتفاع دماسنج در حدود ۱/۵ متر از سطح زمین نگه داشته شد. زمان توقف در هر نقطه در حدود ۳-۵ دقیقه تا به تعادل رسیدن میزان دما و رطوبت نسبی بوده است (Uchida et al., 2009). همچنین، به منظور هماهنگ شدن ثبت داده‌های تمامی فضاهای سبز، تمام اندازه‌گیری‌ها از نقطه‌ی صفر جهت شمال آغاز و جهت حرکت افراد ساعت‌گرد در نظر گرفته شد. بدین ترتیب پس از ثبت داده‌ها در جهت شمال، دما و رطوبت نسبی در سایر نقاط به سمت جهت شرق، جنوب و سپس غرب اندازه‌گیری شدند.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میدانی، مدل رگرسیون خطی چند متغیره بین دما و رطوبت نسبی با سه متغیر جهت، فاصله و فضاهای سبز تعیین شده و آثار متقابل بین متغیرها بررسی شد.

علاوه بر این، با اجرای مدل رگرسیون چند متغیره، رابطه بین داده‌های دما و رطوبت نسبی مربوط به هر نقطه محاسبه شد. در نهایت، آزمون توکی بین میانگین‌های تغییرات دمایی و رطوبت نسبی مربوط به هر یک از سه متغیر انجام شد. آزمون توکی، که به طور معمول به HSD شناخته می‌شود، مقیاسی را معرفی نموده که در مقابل آن همه تفاوت‌ها مقایسه می‌شوند. در آزمون توکی، میزان سطح اطمینان برابر با ۹۵٪ است. کلیه مراحل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای R2.14.1 و Statistica و SPSS16 انجام شد.

### یافته‌ها

نتایج حاصل از مدل رگرسیون خطی چند متغیره که بین متغیرهای مورد بررسی با تحلیل داده‌های دما انجام شد، در جدول (۱) اشاره شده است. معنی‌دار بودن آثار در سطح  $p \leq 0.05$  نیز در نظر گرفته شده است. بر این اساس، نتایج نشان می‌دهند که اثر مستقل هر یک از متغیرها و همچنین اثر متقابل جهت با فاصله و فضاهای سبز بر روی متغیر وابسته و یا دما معنی‌دار است. با توجه به میزان  $p$  حاصل شده، هر سه متغیر مستقل وارد شده در مدل نیز دارای مقدار  $F$  معنی‌دار هستند. بنابراین، هر سه متغیر مستقل وارد شده در مدل از توان لازم برای پیش‌بینی



شکل (۱): موقعیت فضاهای سبز مورد مطالعه

(et al., 1998). به همین دلیل، یکی از کارکردهای فضای سبز، کاهش دما در فصل تابستان با سایه‌اندازی بر سطح زمین است (Panagopoulos, 2008). بر اساس داده‌های مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی گرگان، ماه مرداد با میانگین دمای ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد (بر اساس دوره آماری ۸۹-۱۳۶۳) گرم‌ترین ماه سال در این شهر محسوب می‌شود. با توجه به این دوره آماری، میانگین رطوبت در ماه مرداد ۶۶ درصد است. همچنین، کمترین میزان بارندگی با میانگین ۲۰/۴ میلی‌متر مربوط به این ماه است. جمع‌آوری داده‌های مربوط به دما و رطوبت نسبی هوا در ۵ روز از ماه مرداد سال ۱۳۹۰ و به‌طور همزمان در ۱۵ محدوده فضای سبز مشخص شده توسط ۱۵ نفر انجام شد. ثبت داده‌ها در روزهایی با شرایط جوی مناسب، آفتابی و بدون وزش باد انجام شد. زمان شروع ثبت داده‌ها با توجه به آغاز تشدید گرما و تناسب با زمان محلی عبور ماهواره‌ها در صبح تعیین شد (Uchida et al., 2009). با توجه به موارد ذکر شده، زمان تعیین شده در نقاط انتخاب شده در هر مکان، ساعت ۱۰:۳۰ صبح در نظر گرفته شده است.

پس از انتخاب فضاهای سبز مناسب، نقاطی در اطراف هر یک از آن‌ها در جهات و فواصل تعیین شده، نشانه‌گذاری شدند. بدین ترتیب دما و رطوبت نسبی در هر یک از مکان‌ها، در ۴ جهت جغرافیایی ثبت (Ca et al., 1998) و در هر جهت در ۴ فاصله اندازه‌گیری شدند. این فواصل شامل ۰ (مرکز مکان)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ متر بودند.

تعدیل یافته به دست آمده به ترتیب برابر با ۰/۹۷۱۳ و ۰/۹۲۷۴ هستند که همانند بررسی داده‌های دمایی نقاط، بیان‌گر توان مدل در ارزیابی و برآورد تغییرات رطوبت نسبی با متغیرهاست.

تغییرات متغیر وابسته برخوردار هستند. میزان  $R^2$  چندگانه و  $R^2$  تعدیل یافته به دست آمده از مدل خطی بین دما با روابط متقابل بین متغیرها به ترتیب برابر با ۰/۹۹۰۸ و ۰/۹۷۵ هستند. همچنین، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های رطوبت نسبی در جدول (۲) نشان داده شده است. میزان  $R^2$  چندگانه و  $R^2$

جدول (۱): جدول تجزیه واریانس تحلیل داده‌های دما

متغیرها	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
فاصله	۳	۴۱/۶۴۱	۱۳/۸۱۰۴	۳۳۱/۵۷۰۵	۰/۰۰۰
جهت	۳	۳۴/۴۴۱	۱۱/۴۸۰۵	۲۷۴/۲۴۲۱	۰/۰۰۰
فضاهای سبز	۱۴	۸۴/۹۱۸	۶/۰۶۵	۱۴۴/۸۹۳	۰/۰۰۰
فاصله×جهت	۹	۱/۲۴۱	۰/۱۳۷۹	۳/۲۹۳۱	۰/۰۰۲۰۹
فاصله×فضاهای سبز	۳۹	۲/۱۳۱	۰/۰۵۴۷	۱/۳۰۵۵	۰/۱۶۳۲۴
جهت×فضاهای سبز	۴۱	۶۴/۸۵۴	۱/۵۸۱۸	۳۷/۷۸۵۵	۰/۰۰۰
خطا	۷۱	۲/۹۷۲	۰/۰۴۱۹		
کل	۱۸۱	۲۳۲/۱۹۸			

جدول (۲): جدول تجزیه واریانس تحلیل داده‌های رطوبت نسبی

متغیرها	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	P
فاصله	۳	۴۳۵/۰۸۶	۳۱۰/۷۸	۳۸/۸۵۶	۰/۰۰۰
جهت	۳	۱۶۹/۴۹۷	۵۶/۴۹۹	۷۰/۶۴۰	۰/۰۰۰
فضاهای سبز	۱۴	۴۰۸/۷۱۹	۱۳۶/۲۴۰	۱۷۰/۳۳۸	۰/۰۰۰
فاصله×جهت	۹	۱۲۳/۵۴۴	۳/۰۱۳	۳/۷۶۷	۰/۰۰۰
فاصله×فضاهای سبز	۳۹	۴۷/۰۵۷	۱/۲۰۷	۱/۵۰۹	۰/۰۶۶
جهت×فضاهای سبز	۴۱	۱۴/۵۳۹	۱/۶۱۵	۲/۰۲۰	۰/۰۴۹
خطا	۷۱	۵۶/۷۸۷	۰/۸		
کل	۱۸۱	۱۲۵۵/۱۲۹			

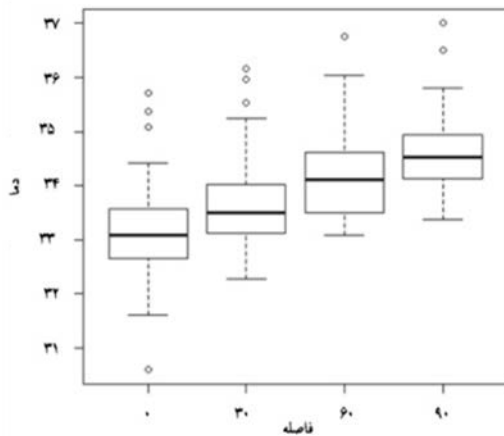
$$Y = 163/72.09 - 2/2235X \quad (1)$$

### تغییرات دما و رطوبت نسبی در فواصل متفاوت از فضاهای سبز

نتایج حاصل از آزمون توکی بین میانگین‌های تغییرات دمایی مربوط به فواصل مختلف در جدول (۳)، خلاصه شده است. با توجه به نتایج حاصل شده، میانگین دما و همچنین رطوبت نسبی در فاصله بین ۶۰ تا ۹۰ متر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در مقایسه بین میانگین تغییرات در فاصله بین ۶۰ تا ۹۰ متر، محاسبه  $p \leq 0/21$  در تغییرات دما و  $p \leq 0/49$  در تغییرات رطوبت نسبی، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در این فاصله است. به عبارت دیگر، میزان کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در این

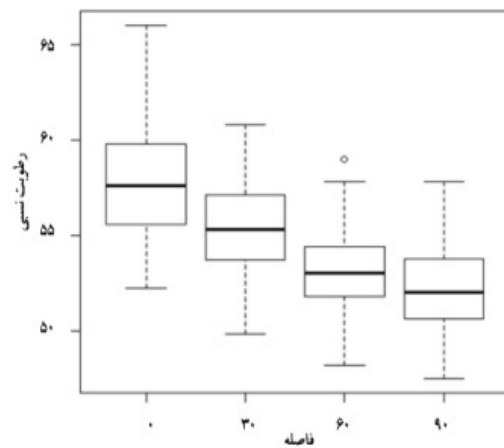
همان‌گونه که بیان شد، در نقاط تعیین شده دما و رطوبت نسبی به‌طور همزمان اندازه‌گیری شدند. بنابراین، سعی شد تا با برقراری رگرسیون، میزان وابستگی بین دما و رطوبت نسبی متاثر از گیاهان مطالعه شود. بر اساس نتایج حاصل شده از رگرسیون، میزان  $R$ ، میزان  $R^2$  چندگانه و  $R^2$  تعدیل یافته به دست آمده به ترتیب برابر با ۰/۸۵، ۰/۷۳۵ و ۰/۷۳ است که نشان از میزان وابستگی قوی بین دما و رطوبت نسبی دارد و تغییرات این دو عامل تابع یکدیگر هستند. به عبارت دیگر، می‌توان به ازای محاسبه‌ی کاهش دما، میزان افزایش رطوبت نسبی را در نقاط متفاوت برآورد کرد. شکل (۲)، میزان همبستگی بین دما و رطوبت نسبی را نشان می‌دهد. مدل رگرسیونی محاسبه شده به صورت رابطه (۱) است:

ثبت شده است.



شکل (۳): نمودار پراکنش تغییرات دما در فواصل متفاوت

همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد، مرز محدوده‌های فضاهای سبز دارای بیشترین میزان میانگین رطوبت نسبی هستند و با افزایش فاصله از آنها، از رطوبت نسبی هوا کاسته می‌شود. میزان اختلاف رطوبت نسبی در محدوده‌ی ۹۰ متر، به‌طور کلی برابر با ۵/۵۲ درصد ثبت شده است. میزان تفاوت رطوبت نسبی بین فواصل ۰ تا ۶۰ متر برابر با ۴/۶۳ درصد بوده است.

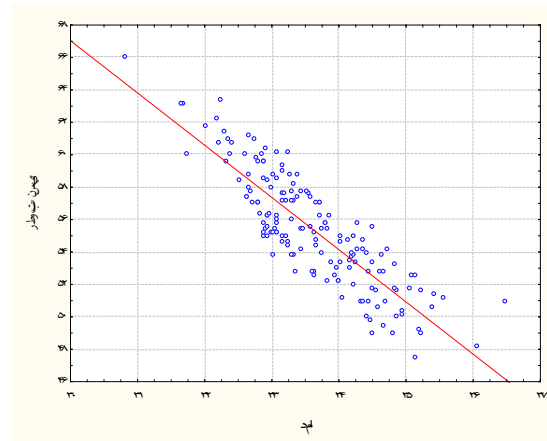


شکل (۴): نمودار پراکنش تغییرات رطوبت نسبی در فواصل متفاوت

تغییرات دما و رطوبت نسبی در چهار جهت اصلی از فضاهای سبز

آزمون توکی جهت مقایسه میانگین دما و رطوبت نسبی بین چهار جهت اصلی با استفاده از R2.14.1 انجام شد که میزان سطح اطمینان برابر با ۹۵٪ است. در جدول (۴)، میزان p adj به‌دست آمده از مقایسه اختلاف معنی‌دار تغییرات میانگین دما و

محدوده چندان محسوس نیست و می‌توان میزان فاصله تاثیر گذار بر تغییرات دما و رطوبت نسبی از فضاهای سبز را تا فاصله ۶۰ متر دانست.



شکل (۲): رگرسیون خطی بین دما و رطوبت نسبی

جدول (۳): مقایسه اختلاف معنی‌دار تغییرات میانگین دما و رطوبت نسبی در فواصل مورد بررسی

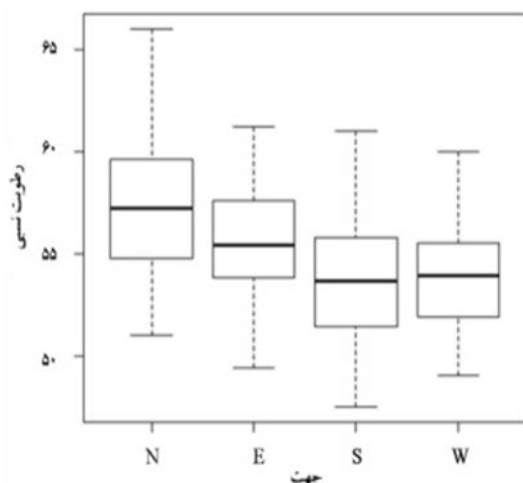
فواصل (متر)	رطوبت نسبی (درصد)		دما (°C)	
	اختلاف معنی‌دار	p adj	اختلاف معنی‌دار	p adj
۰-۳۰	✓	۰/۰۰۰۰۰۰۳۶	✓	۰/۰۰۵۶۵۷۷
۰-۶۰	✓	۰/۰۰۰	✓	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱
۰-۹۰	✓	۰/۰۰۰	✓	۰/۰۰۰
۳۰-۶۰	✓	۰/۰۰۰۷۷۷۸	✓	۰/۰۱۶۷۵۵۳
۳۰-۹۰	✓	۰/۰۰۰۰۰۰۴۲	✓	۰/۰۰۰۰۰۱۶۰
۶۰-۹۰	-	۰/۴۹۵۳۱۰۷	-	۰/۳۰۹۹۰۴۱

محدوده‌ی تغییرات دما در چهار فاصله‌ی مورد بررسی، در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میانگین تغییرات دمایی در فاصله صفر که در واقع مرز فضاهای مورد بررسی است، کمترین میزان را شامل شده است و میزان تغییرات و میانگین دما با افزایش فاصله از فضاهای سبز افزایش یافته است. به‌طور کلی، میزان اختلاف دما بین فاصله ۰ و ۹۰ متر، برابر با ۲/۳۶ درجه سانتی‌گراد است. این در حالی است که میزان اختلاف دما بین فاصله ۰ تا ۶۰ متر در حدود ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقایسه بین دو میزان اختلاف دما بیان‌گر تفاوت دمایی کم بین فاصله ۶۰ تا ۹۰ متر است. در مجموع، در پژوهش حاضر تفاوت دمایی محاسبه شده در فاصله ۹۰ متر از فضاهای سبز شهر گرگان بین ۰/۴۸ تا ۲/۲۶ درجه سانتی‌گراد

جدول (۴): مقایسه اختلاف معنی دار تغییرات میانگین دما و رطوبت نسبی در جهات اصلی

رطوبت نسبی (درصد)		دما (°C)		جهت جغرافیایی
اختلاف معنی دار	p adj	اختلاف معنی دار	p adj	
-	۰/۰۵۳۰۶۱۲	-	۰/۱۰۵۸۹۸۳	شمال-شرق
✓	۰/۰۴۶۹۶۶۶	✓	۰/۰۴۳۹۸۶۰	شرق-جنوب
✓	۰/۰۴۴۷۲۴۵	-	۰/۱۳۸۰۱۴۳	شرق-غرب
✓	۰/۰۰۰۰۰۵۱	✓	۰/۰۰۰۰۱۶۵	شمال-جنوب
✓	۰/۰۰۰۰۰۲۶	✓	۰/۰۰۰۰۰۸۰۹	شمال-غرب
-	۰/۹۹۹۳۸۳۶	-	۰/۹۳۲۱۶۸۳	جنوب-غرب

جهت جنوبی کمترین میانگین رطوبت نسبی (۵۳/۸۹ درصد) را داراست.



شکل (۶): نمودار پراکنش تغییرات رطوبت نسبی در جهات اصلی

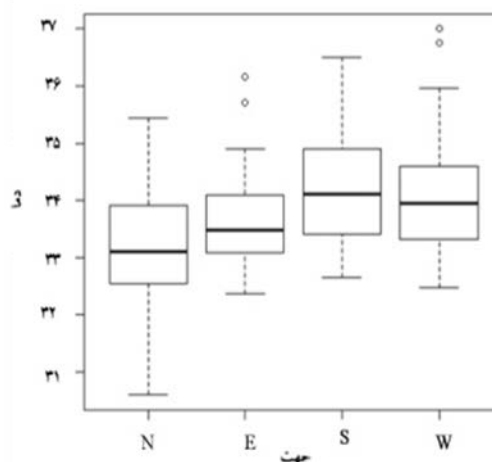
#### تغییرات دما و رطوبت نسبی فضاهای سبز مورد مطالعه

در فضاهای سبز مورد مطالعه نیز محدوده تغییرات دما نیز بررسی شد که شکل (۷) نیز بیان گر میزان تغییر دما در هر فضای سبز است.

نمودار پراکنش مربوط به شماره ۱۰ نیز به دلیل برخورداری از سطوح سنگفرش زیاد نسبت به سطوح گیاه کاری شده در داخل پارک سبب کاهش تاثیر خنک کنندگی گیاهان شده است و در مقابل، عبور رودخانه در نزدیکی پارک و همچنین وجود استخر بزرگ در داخل آن که سبب کاهش دما در سمت شرقی پارک شده است، محدوده‌ی تغییرات دمایی وسیعی را در این پارک نسبت به سایر فضاهای سبز مورد بررسی به وجود آورده است.

رطوبت نسبی جهات اصلی در نرم افزار R را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، جهت شمالی با جهات جنوبی و غربی و همچنین جهت شرقی با جهت جنوبی، دارای اختلاف معنی‌دار و محسوسی در رابطه با میزان دمای ثبت شده هستند. همچنین میزان رطوبت نسبی ثبت شده جهت شمالی با جهات جنوبی و غربی و همچنین جهت شرقی با جهت جنوبی و غربی اختلاف معنی‌دار دارند.

چگونگی پراکنش و تغییرات دمایی در جهات مورد بررسی، در شکل (۵)، نشان داده شده است. با تحلیل داده‌های آماری دما و رطوبت نسبی در جهات اصلی مشخص شد که جهت شمالی کمترین میانگین دما (۳۳/۱۱) درجه سانتی‌گراد را داراست. در مقابل، بیشترین میانگین دما (۳۴/۱۵) درجه سانتی‌گراد به جهت جنوبی تعلق دارد.



شکل (۵): نمودار پراکنش تغییرات دما در جهات اصلی

همان‌طور که شکل (۶)، محدوده تغییرات رطوبت نسبی را در جهات اصلی نشان می‌دهد، با توجه به رابطه معکوس دما و رطوبت نسبی جهت شمالی بیشترین میانگین (۵۷/۲۸ درصد) و

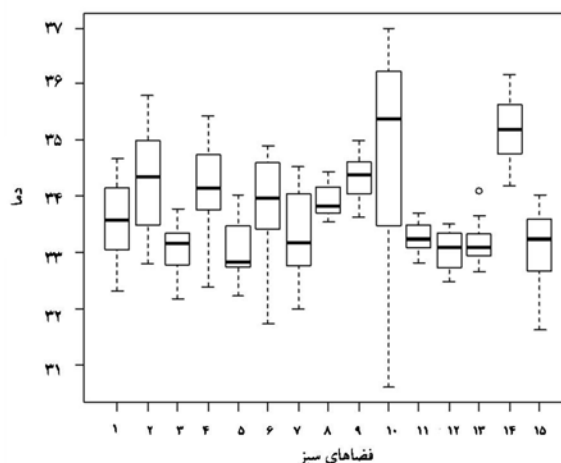
فضاهای سبز بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی در فصل تابستان بر محیط پیرامونی خود داشته است. نتایج به دست آمده بیان‌گر نقش تاثیرگذار پارک‌ها و سایر فضاهای سبز در کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی هوای محیط شهری بوده‌اند.

نتایج حاصل از اجرای مدل رگرسیون خطی چند متغیره بین متغیرهای مورد بررسی، نشان‌دهنده همبستگی بالا و توافق مناسب مدل با تغییرات فاصله، جهت و فضای سبز و توانایی مدل در برآورد تغییرات دما و رطوبت نسبی با متغیرهاست. به عبارت دیگر، تغییر در فاصله و جهات در اطراف فضای سبز می‌تواند در میزان اثرگذاری بر دما و رطوبت نسبی تغییر ایجاد نماید. مقایسه نتایج حاصل شده با نتایج مربوط به مطالعه‌ای انجام شده که پس از اندازه‌گیری میدانی، همبستگی بین پوشش گیاهی با میانگین دما ( $R^2$ ) را در حدود ۰/۹۴ محاسبه نمودند، می‌تواند بیان‌گر ارتباط و نقش موثر گیاهان در تعدیل دمای محیط شهری باشد (Murphy et al., 2005).

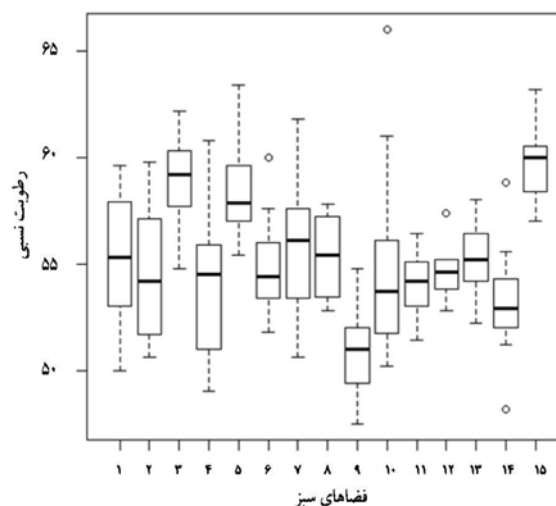
همچنین، میزان موثر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی تا فاصله ۶۰ متر از فضاهای سبز محاسبه شد. در نتیجه، به دلیل کاهش تدریجی دما و افزایش رطوبت نسبی با افزایش فاصله از فضاهای سبز می‌توان آن‌ها را به‌عنوان جزیره خنکی معرفی نمود، چرا که هوای خنک ناشی از این جزیره قادر خواهد بود بر تعدیل دمای پیرامونی خود موثر باشد. علاوه بر این، در مطالعه‌ای در بررسی میزان تاثیر فضای سبز بر دمای محیط پیرامونی، میزان تغییرات دما محاسبه شده در فاصله ۹۰ متر تا فضاهای سبز بین ۰/۴۴ و ۳/۸۸ درجه سانتی‌گراد بوده است (Kobayashi & Kai, 2005). این در حالی است که در پژوهش حاضر، تفاوت دمایی محاسبه شده در فاصله ۹۰ متر از فضاهای سبز شهر گرگان بین ۰/۴۸ تا ۲/۲۶ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. همچنین، نتایج مطالعه با نتایج بررسی‌های انجام شده نیز مطابقت داشته است. در این مطالعه، به بررسی اقلیم شهری پرداخته شده است و نتایج نشان داد که پوشش گیاهی در شهر توانایی کاهش دما تا ۲ درجه سانتی‌گراد بر محیط پیرامونی خود را دارد (Taha, 1997).

جهت شمالی در تمامی فضاهای سبز دارای کمترین میزان دما و بیشترین میزان رطوبت نسبی بوده است و جهت جنوبی به طور محسوسی دمای بیشتر و رطوبت نسبی کمتری نسبت به سایر جهات جغرافیایی داشته است. این نتیجه، با نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده که به بررسی تغییرات دما در چهار جهت

هر یک از فضاهای سبز دارای محدوده‌ی تغییرات رطوبت نسبی هستند که این میزان تغییرات در شکل (۸) نیز نشان داده شده است. همچنین، محدوده فضای سبز شماره ۱۰ نیز در مقایسه با سایر فضاهای سبز دارای تغییرات رطوبت نسبی بیشتری با میزان ۱۵/۸ درصد است.



شکل (۷): نمودار پراکنش تغییرات دما در فضاهای سبز مورد مطالعه



شکل (۸): نمودار پراکنش تغییرات رطوبت نسبی در فضاهای سبز مورد مطالعه

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌های مرتبط با گیاهان، نشان‌دهنده‌ی کارکرد و خدمات بسیار گسترده، قابل توجه و در برخی موارد غیر قابل جایگزین آن‌هاست. پژوهش حاضر، سعی در بررسی چند بعدی کارکرد



کاهش آثار ناشی از افزایش جزیره حرارتی در شهرها خواهد بود. بنابراین، جایگزین شدن پوشش گیاهی در محیط شهری با سطوح غیر قابل نفوذ و دست‌ساز، می‌تواند یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر کاهش دمای محیط شهری و کاهش اثر منفی اقلیم شهری بر انسان باشد. علاوه بر این، کارکردهای مورد بررسی می‌توانند با کارکردهای دیگری نیز همراه شوند، بدین ترتیب که کاهش دمای ناشی از سایه‌اندازی گیاهان بر ساختمان‌ها و یا سطوح آسفالت شده می‌تواند سبب کاهش مصرف و هزینه‌های انرژی شود. بنابراین، مزیت اقتصادی منتج شده از آنها نیز سبب افزایش اهمیت و ارزش گسترش فضاهای سبز در محیط شهری خواهد شد.

### یادداشت‌ها

#### 1. Park Cool Island

اصلی پارک و در داخل و خارج از محدوده‌ی آن در شهر تماما در ژاپن پرداخته بودند، تطابق دارد (Ca et al., 1998). همچنین، بررسی بین تغییرات دما و تغییرات رطوبت نسبی نشان می‌دهد که بر اساس میزان  $R^2$  محاسبه شده (۰/۷۳۵)، تغییرات این دو عامل تابع یکدیگر هستند. به عبارت دیگر، می‌توان به ازای محاسبه‌ی کاهش دما، میزان افزایش رطوبت نسبی را در نقاط متفاوت برآورد کرد.

بر این اساس، نتایج حاصل از بررسی چند بعدی آثار فضای سبز بر دما و رطوبت نسبی محیط شهری می‌تواند در طراحی، مدیریت و برنامه‌ریزی شهری، کاربرد و اهمیت بسیاری داشته باشد.

بنابراین، با افزایش روز افزون شهرنشینی و توسعه شهرها و صنعتی شدن، حضور پارک‌ها و سایر اشکال فضای سبز به عنوان جزایر خنکی در محیط شهری قادر به ایفای نقش موثر در

### فهرست منابع

قره‌خلونره، م.؛ حسام، م. و قرنجیک، ع. ۱۳۸۹. تعیین جهت توسعه فیزیکی شهر گرگان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجله نماد گلستان، ص ۸۰-۷۵.

مجنونیان، ه. ۱۳۷۴. مباحثی پیرامون پارک‌ها، فضای سبز و تفرجگاه‌ها. سازمان پارک‌ها و فضای سبز تهران.

Ca, V. T.; Asaede, T. & Abu. E. 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy and Building*. Vol. 29: 83-92.

Fujino, T.; Asaeda, T. & Ca, V. T. 1998. Thermal Environment in a dense housing area in summer: field observation and numerical analysis, viewed at February 2011, <[http://www.lib.kobe-u.ac.jp/handle\\_kernel/00044739](http://www.lib.kobe-u.ac.jp/handle_kernel/00044739)>

Hart, M. A. & Sailor, D. J. 2008. Quantifying the influence of land-use and surface characteristics on spatial variability in the urban heat island. *Theor Appl climatol*, Vol. 94: 397-406.

Heidt, V. & Neef, M. 2005. Benefits of urban green space and urban climate. viewed at November 2010, <<http://www.regiocomun.uni-mainz.de>>

Heisler, G.; Walton, J.; Yasilonis, J.; Nowak, D.; Pouyat, R.; Grant, R.; Grammond, S.; Hayde, k. & Bacon, G. 2007. Empirical modeling and mapping of below-canopy air temperatures in Baltimore, MD and vicinity. paper presented at the proceedings of 7<sup>th</sup> urban environment symposium, 10-13 September 2007, Sun Diego.

Hwang, W. H. 2007. Estimation of the Effects of Vegetation on Local Climate Using GIS and Remote Sensing Data. Master of Science Thesis. Marshall university.

Ifatimehin, O. O. 2007. An assessment of urban heat island of Lokoja town and surroundings using Landsat ETM data. viewed at February 2011, <<http://www.works.bepress.com/olarewaja-ifatimehin/13>>

Kobayashi, H. & Kai, T. 2005. The use of urban green space to improve the thermal environment. The 2005 world Sustainable Building Conference. 27-29 september 2005, Tokyo.

- Murphy, O. R.; Hall, M.; Hall, C.; Heisler, G.; Stehman, S. & Molina, C. A. 2005. The relation between land-cover and the urban heat island in Northeastern Puerto Rico. viewed at February 2011, <<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/126931.pdf>>
- Nowak, D. J. & Heisler, G. M. 2010. Air quality effects of urban trees and parks. National recreation and park association. viewed at February 2011, <<http://www.NRPA.org/researchseries>>
- Owen, T. W.; Carlson, T. N. & Gillies, R. R. 1998. An Assessment of Satellite Remote sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization. International Journal of Remote Sensing. Vol 19. No 9:1663-16681.
- Panagopoulos, T. 2008. Using microclimate landscape design to create thermal comfort and energy efficiency. Livro de resumos da 1a Conferência sobre Edifícios Eficientes. University do Algarve. 23 p.
- Ryden, R. 2007. Urban sustainability strategies the urban green structures. In: Green structures in sustainable city. Project part-financed by the European union. Pp:7-8.
- Spronken-Smith, R. A. & Oke, T., R. 1998. The Thermal Regime of Urban Parks in Two Cities with Different Summer Climates. International Journal of Remote Sensing. Vol. 19: 2085-2104.
- Taha, H. 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. Journal of Energy and Buildings. Vol. 25: 99-103.
- Uchida, M.; Mochida, A.; Sasaki, K. & Tonouchi, T. 2009. Field measurements on turbulent flowfield and thermal environment in and around biotope with pond and green space. The seventh International Conference on Urban Climate. 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.