

بررسی رابطه بین ضریب دید به آسمان و پوشش گیاهی نمونه موردی: پارک لاله شهر تهران*

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۱۲/۰۴

مهرداد مظلومی*** - مریم میرزایی***

چکیده

ضریب دید به آسمان یکی از متغیرهایی است که در تشکیل جزایر گرمایی شهری نقش دارد و بیانگر نسبت تابش دریافتی یک صفحه مسطح به تابش تابنده از کل محیط تابنده نیم کره ایست و کمیتی بدون بعد بین صفر تا یک است و در زمین کاملاً صاف به واحد میل می‌کند. حال آن‌که مکان‌های دارای مانع، مانند ساختمان‌ها و درختان، موجب کاهش SVF به‌طور متناسب می‌شوند. هدف اصلی این پژوهش بیان رابطه میان ضریب دید به آسمان و پوشش گیاهی با استفاده از دمای سطح در پارک‌های شهری است. در این پژوهش، مطالعه میدانی در ۱۵ ایستگاه پارک لاله شهر تهران در ۵ روز بهاری انجام شده است. تصاویر از طریق دوربین با لنز چشم‌ماهی استخراج و ضرایب با برنامه محاسباتی Sky View Factor Calculator و دمای سطح نیز با دماسنج ۲-WT اندازه‌گیری شده است. در فضای درون پارک لاله همبستگی بین ضریب دید به آسمان و دمای هوا سطح معنی دار و مثبت بوده است ($R^2=0/262$ و $p\text{-value}=0/035$). همچنین همبستگی بین تفاوت دمای هوا و سطح با ضریب دید به آسمان تنها در ایستگاه FL معنی دار است ($R^2=0/929$ و $p\text{-value}=0/023$). سپس همبستگی بین دمای سطح و میانگین قطر تاج پوششی بررسی شد و نتایج حاکی از عدم معنی داری همبستگی بود ($R^2=0/202$ و $p\text{-value}=0/47$). در نهایت مشخص شد که میزان همبستگی بین دما و اندازه برگ پوشش گیاهی در فضای درون پارک لاله معنی دار بوده است ($R^2=0/911$). گونه‌های پهن برگی چون ارغوان، چنار، سنجد، ترون و نارون و پوتوس در ترکیب با گونه‌های سوزنی‌برگ بید مجنون، سرو شیراز، سرو نقره ای بهتر از سایر گونه‌ها می‌توانند دمای سطح را خنک نمایند. یعنی اکثر گونه‌هایی که در ایستگاه FL به کار رفته‌اند.

واژگان کلیدی: پارک شهری، ضریب دید به آسمان، پوشش گیاهی، دمای سطح.

* این مقاله برگرفته از بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «بررسی رابطه بین ضریب دید به آسمان و پوشش گیاهی، نمونه موردی پارک لاله شهر تهران» با راهنمایی جناب آقای دکتر مهرداد مظلومی در گروه برنامه‌ریزی شهری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد قزوین انجام شده است.

** استادیار شهرسازی (طراحی شهری محیطی)، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، قزوین، ایران.
*** کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، قزوین، ایران (نویسنده مسئول).

Email: Mobina_57@yahoo.com

مقدمه

پژوهش در خصوص رابطه عوامل اقلیمی و ضریب دید به آسمان در برنامه‌ریزی، طراحی شهری و طراحی منظر در جهان بالغ بر ۳۰ سال سابقه دارد. در ایران تنها یک پژوهش در رابطه با تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران پارک‌های شهری صورت گرفته است؛ در صورتی که توسعه روش‌های اندازه‌گیری و تعیین رابطه آن با شرایط اقلیمی هر ساله رو به پیشرفت است. در طی دو-سه دهه گذشته تهران به طرز وحشتناکی، در دو جهت افقی و عمودی گسترش داشته است. این پدیده مشکل آفرین، باعث شده است مناطقی که تا گذشته‌ای نه چندان دور سرشار از گیاهان گوناگون و انبوه رستنی‌ها بوده است، امروزه از بتن و آسفالت تیره‌رنگ پوشیده شده باشد. پوشش گیاهی در معتدل کردن دمای هوا از طریق سایه‌اندازی و کاهش دمای سطح و نیز خنک کردن با تبخیر نقش مؤثری دارد، هرچند اهمیت هر یک از این مکانیسم‌ها با شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های گیاهان و واکنش آن‌ها با شرایط محیطی متفاوت است (Bar et al., 2009, pp 1-15). انجام این مطالعه از طریق بررسی میزان همبستگی بین قطر تاج پوششی و اندازه برگ با دمای سطح و نیز همبستگی ضریب دید به آسمان با دمای سطح ما را در انتخاب پوشش گیاهی برای ضریب دید به آسمان مناسب در پارک‌های شهری یاری می‌رساند. این پژوهش در بخش ادبیات موضوع به ارائه تعاریف پایه و شرح روش اندازه‌گیری "ضریب دید به آسمان" می‌پردازد، سپس بر مبنای تجربیات مطالعات مشابه، راهکارهای مناسبی را برای انجام پژوهش، بیان می‌نماید. در بخش روش پژوهش، معرفی اجمالی از فضاهای مورد مطالعه صورت گرفته و به معرفی ابزارهای اندازه‌گیری مورد استفاده اشاره می‌شود. سپس روش محاسبه "ضریب دید به آسمان" و "دمای سطح" ارائه می‌شود. انتظار می‌رود که یافته‌های پژوهش، میزان تأثیر "ضریب دید به آسمان" بر پوشش گیاهی را مشخص نماید.

۱. مرور نوشتگان و پیشینه پژوهش

۱-۱- "ضریب دید به آسمان" و روش‌های اندازه‌گیری

هندسه سطحی تأثیری پیچیده در اتمسفر شهری دارد. مهم‌ترین تأثیر هندسی مربوط به انسداد آسمان است که سرد شدن سطح را در طول شب‌های صاف و آرام به تأخیر می‌اندازد. ویژگی‌های دمایی در مناطق پر از ساختمان و تابش متقابل از موانع در تابش خالص و لذا الگوی دمایی اثر می‌گذارد. آزمایش‌های مدل شده نشان می‌دهد که در مناطق مرکزی هندسه کانیون یا عامل دید آسمان (SVF) در تولید جزیره حرارتی شهری شبانه یک متغیر مرتبط است (ΔT_{u-r}). این ارتباط به دلیل نقش آن در تنظیم تلفات تابش گرمایی بلند-موج است.

ضریب دید آسمان (SVF)، که با ψ_s نیز آن را نشان می‌دهند، بیانگر نسبت تابش دریافتی یک صفحه مسطح به تابش تابیده از کل محیط تابنده نیم‌کره‌ای است. عواملی مانند آزاد شدن گرمای تولید شده به دست انسان و ویژگی‌های گرمایی مواد به شدت (ΔT_{u-r}) ارتباط دارند اما شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که SVF به تنهایی ممکن است یک (ΔT_{u-r}) با اندازه‌ای از مرتبه 7°C تولید کند. در سرعت باد پایین شدت (ΔT_{u-r}) تابعی از SVF مرکز شهر است.

SVF کمیتی بدون بُعد بین صفر تا یک است و در زمین کاملاً صاف به واحد میل می‌کند، حال آن‌که مکان‌های دارای مانع، مانند ساختمان‌ها و درختان، موجب کاهش SVF به‌طور متناسب می‌شوند (Oke, 1993). در این معنی، SVF معیاری است برای گشودگی به سوی آسمان از جهت انتقال تابشی در یک مکان مشخص، به طوری که مقدار صفر (مانع کامل) بدین معناست که موانع جلوی کل تابش خروجی را می‌گیرند و مقدار یک (بدون مانع) بدین معناست که کل تابش آزادانه به آسمان منتقل می‌شود (Svensson, 2004, pp. 201-211).

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری "ضریب دید به آسمان" وجود دارد که در یک تقسیم کلی شامل محاسبه قیاسی (Oke, 1981)، عکس‌برداری کروی (Steyn, 1980)، محاسبه تحلیلی متضمن اندازه‌گیری زوایا بر مبنای طول و عرض (Watson, 1987)، برنامه‌های محاسباتی (Becker, 1989)، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای (Bruse, 1998; Matzarakis, 2006)، استفاده از سیگنال‌های سامتنه موقعیت جهانی (Chapman, 2002) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (Gal, 2007) هستند. برای برآوردهای تقریبی در فضاهای شهری نیز محاسبه‌های ساده هندسی ارائه شده است (Leung, 2008). تفاوت‌های جزئی در نتایج محاسبه "ضریب دید به آسمان" با روش‌های متفاوت دیده می‌شود. وجود عناصر محیطی همانند درختان، ضرورت استفاده از سریع‌ترین و دقیق‌ترین روش را مشخص می‌سازد (Brown, 2001; Gal, 2007; Grimmond, 2001; Sue et al., 2006).

نویسندگان متعددی درباره رابطه دمای هوا با ضریب دید به آسمان (SVF) سخن گفته و هر یک نتایج متفاوتی عرضه کرده‌اند. در ادامه ضمن معرفی نمونه‌هایی از این نوع، به روش پژوهش و نتایج آن‌ها نیز اشاره شده است (جدول ۱).

جدول ۱: خلاصه پژوهش‌های پیشین که رابطه دمای هوا و SVF را بررسی کرده‌اند. داده‌ها از اندازه‌گیری‌های خودرویی و ایستگاه‌های دائمی حاصل شده‌اند. ضریب هم‌بستگی و ضریب تعیین به ترتیب با R^2 و Rx, y مشخص شده است.

نویسندگان	فاصله دید به آسمان	تعداد ایستگاه‌ها	تعداد موارد	فصل	Rx, y	R^2	روش	نوع محیط
Barring et al. (1985)	۰/۵۲-۰/۹۸	۷۵	۱	سرد	-۰/۵۴	۰/۲۹	اندازه‌گیری خودرویی	شهری
Barring et al. (1985)	۰/۵۲-۰/۹۸	۷۵	۵	سرد	-۰/۴۸	۰/۲۳	اندازه‌گیری خودرویی	شهری
Yamashita (1986)	۰/۵۵-۰/۹۰	۹	۱	سرد	-۰/۶۸	۰/۴۶	اندازه‌گیری خودرویی	شهری
Yamashita (1986)	۰/۵۵-۰/۹۰	۲۱	۱	سرد	-۰/۶۲	۰/۳۸	اندازه‌گیری خودرویی	شهری
Eliasson (1996)	-	۱۰-۳۰	۶	سرد	-a	-	اندازه‌گیری خودرویی	شهری
Upmanis (1999)	۰/۳۸-۱*	۷	۱	سرد	-۰/۵۴	۰/۲۹	ایستگاه دائمی	مرکز شهر
Upmanis (1999)	۰/۶-۰/۸*	۶	۱۰	تابستان	-۰/۷۸	۰/۷۶	ایستگاه دائمی	پارک مرکزی
Karlsson (2000)	۰/۴۲-۰/۹۹	۱۳		سرد	-b	-	ایستگاه دائمی	جنگل
Postgard (2000)	۰/۲۶-۰/۹۸	-	۱	پاییز	-	۰/۴۴	اندازه‌گیری خودرویی	جنگل
Postgard (2000)	۰/۲۶-۰/۹۸	-	۱	سرد	-	۰/۴۵	اندازه‌گیری خودرویی	جنگل
Svensson (2004)	۰/۳۴-۰/۹۸*	۱۶	۳۶	کل سال	-۰/۷۶	۰/۵۸	ایستگاه دائمی	پر از ساختمان
Svensson (2004)	۰/۷-۰/۹۸*	۸	۳۶	کل سال	-۰/۶۳	۰/۳۹	ایستگاه دائمی	چند خانواری
Svensson (2004)	۰/۷۸-۰/۹۴*	۶	۳۶	سرد	-۰/۷۳	۰/۵۳	ایستگاه دائمی	تک خانه‌ها
Svensson (2004)	۰/۷۸-۰/۸۲*	۱۳	۱	سرد	-۰/۷۵	۰/۵۷	اندازه‌گیری خودرویی	کانیون‌های باز و پرتراکم
Svensson (2004)	-	۹	۱	سرد	-۰/۸۸	۰/۷۸	اندازه‌گیری خودرویی	کانیون‌های پرتراکم

(Svensson, 2004)

بهترین همبستگی‌ها برای مناطقی عرضه شده که در آن‌ها، اندازه‌گیری‌ها در محیط یکسانی اجرا شده‌اند. یعنی در مناطق جنگلی (Karksson, 2000; Postgard, 2000) پارک‌های مرکزی (Upmanis, 1999) یا شهرها (Svensson, 2004); جاده پژوهش شود، هیچ رابطه معنی‌داری بین SVF و دمای هوا برای اندازه‌گیری‌های خودرویی وجود ندارد (مقادیر R^2 ، ۰/۰۱ و ۰/۱۳ به ترتیب در بهار و تابستان). این اتفاق به علت نزدیکی با آب و باد در دره‌های باز است که اثر SVF را کم کرده؛ بنابراین موجب کاهش همبستگی می‌شود (Svensson, 2004, pp. 201-211). آنگر (۲۰۰۴) در مطالعه میان ضریب دید به آسمان و دمای محیط و سطح زمین به رابطه بالای دمای محیطی با ضریب دید به آسمان تأکید دارد. هم چنین وی در پژوهش دیگری که به رابطه تفاوت دما با "ضریب دید به آسمان" در محیط شهری گوتنبرگ سوئد با تأکید بر اندازه‌گیری‌های دمای شبانه پرداخته، به منظور تعیین "ضریب دید به آسمان" عکسبرداری کروی در دو سطح صفر و ارتفاع ۲ متری از زمین صورت گرفته است. نتایج این پژوهش علاوه بر تأکید بر تأثیر بالای ضریب دید به آسمان و دمای

اندازه‌گیری شده، همبستگی بالاتری میان رابطه دما و ضریب دید به آسمان برگرفته از تصویر کروی دوربین مستقر بر روی سطح زمین را نشان می‌دهد (Monam, 2011).

اسونسون در پژوهشی در گوتنبرگ، دومین شهر بزرگ سوئد با ۵۰۰۰۰۰ سکنه با استفاده از عکس‌های چشم‌ماهی به‌دنبال این بود که چطور SVF با ارتفاع‌های اندازه‌گیری مختلف بر فراز زمین تغییر می‌کند و چگونه این امر در رابطه SVF و دمای هوا تأثیر می‌گذارد. نتایج در این شهر با سه دسته کاربری زمین (متراکم شهری، چند خانواری و خانه‌های تکی) حاکی از قوی بودن این رابطه داشت و با نتایج عرضه شده از سوی بارینگ و همکاران و الیاسون و اوپمانیس در تضاد بود. در واقع اصلی‌ترین نتایج این مقاله را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

- رابطه نسبتاً قوی بین SVF و دمای هوا در طول شب‌های آرام و صاف وجود دارد. این مطلب نه فقط در نمونه موردی‌ها بلکه بر مبنای میانگین سالانه نیز نشان داده شد.

- تفاوت در SVF تصاویر چشم‌ماهی که در سطح زمین و در ارتفاع حسگر گرفته شده‌اند، در ضریب دید به آسمان و دمای هوا اثر می‌گذارد. داده‌های ایستگاه‌های دائمی نشان می‌دهد که بهتر است از SVF استفاده شود که از تصاویر چشم‌ماهی گرفته شده در سطح زمین (SVFg) محاسبه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که درجه تبیین را می‌توان با استفاده از SVFg تا ۱۲ درصد بالا برد (Svensson, 2004, pp. 201-221).

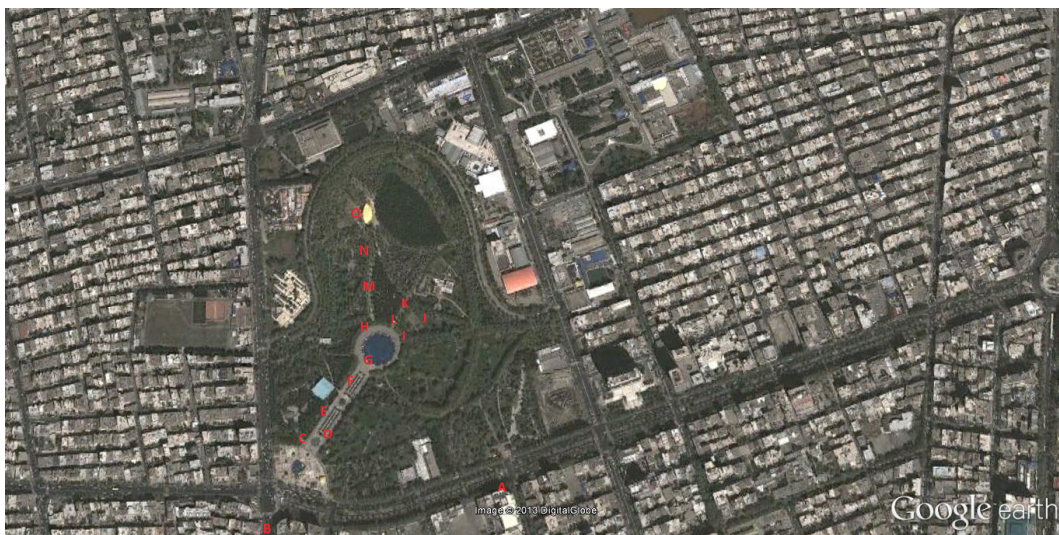
۲. روش پژوهش

روش پژوهش در این مطالعه، بررسی نمونه موردی است که بر پایه مشاهده و روش اندازه‌گیری کمی در ۱۵ ایستگاه در پارک لاله و محدوده اطراف آن در طی ۵ روز از اواخر فروردین ماه ۱۳۹۲ است. اندازه‌گیری در ساعات ۸ تا ۱۱ صبح است. ضریب دید به آسمان با تحلیل تصاویر دوربین لنز چشم‌ماهی محاسبه می‌شود. متغیرهای اقلیمی دمای سطح زمین نیز با دماسنج قابل حمل اندازه‌گیری می‌شود. در ضمن مقایسه شاخص کمی- اقلیمی با استفاده از نرم افزار "اکسل" و "اس پی اس اس" انجام می‌گیرد.

۱-۲- فضای مورد مطالعه

پارک لاله، بر اساس موقعیت جغرافیایی شهری، قدمت، وسعت، تنوع فضایی و فراوانی حضور افراد و هم چنین نوع پارک از لحاظ مقیاس انتخاب شده است و ایستگاه‌ها در حوزه اصلی پارک به نحوی انتخاب شدند (شکل ۱) که علاوه بر پراکندگی متوازن در پارک، دارای ضریب دید به آسمان متفاوتی باشند (جدول ۲).

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی در پارک لاله



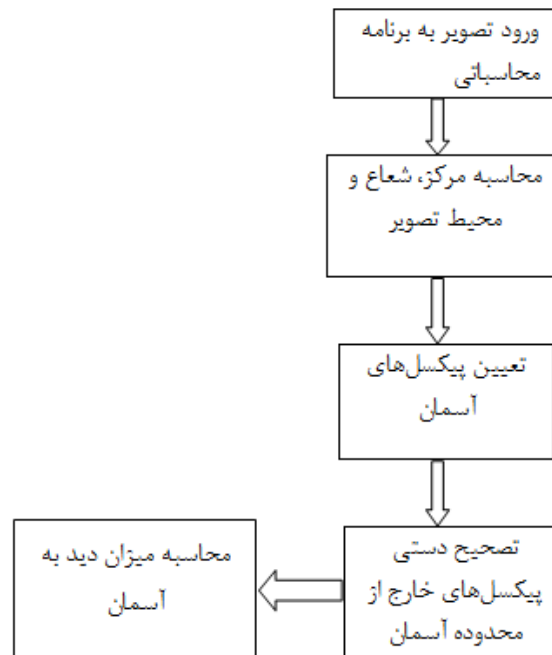
جدول ۲: معرفی ایستگاه‌های موجود در پارک به همراه میانگین ضریب دید به آسمان و دمای سطح

میانگین ضریب دید به آسمان	میانگین دمای سطح	ریز فضا	ایستگاه	مشخصات کلی بوستان‌ها
۰/۵۰۸	۲۱/۴۴	پیاده روی بلوار کشاورز (فاصله ۲۰۰ متر از پارک) ساختمان ۱۲ طبقه، نما سنگ سفید	A	لااله مساحت ۳۲ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۲۴۰ متر
۰/۲۳۱۷۴	۲۰/۲۴	پیاده روی خیابان کارگر شمالی (فاصله ۵۰۰ متر از پارک) ساختمان ۵ طبقه، نما رنگ سفید	B	
۰/۷۵۲۲	۱۸/۴۶	آب نما	C	
۰/۷۸۳۸	۱۷/۷۸	آب نما	D	
۰/۷۸۵۸	۲۰/۷۸	فضای پیاده روی	E	
۰/۷۸۹	۱۸/۱۸	فضای پیاده روی	F	
۰/۸۴۸۴	۲۱/۰۸	آب نمای مرکزی	G	
۰/۳۷۷۴	۱۸/۷۴	فضای ورزش صبحگاهی	H	
۰/۴۰۷۸	۱۸/۶۲	مسیر پیاده روی	I	
۰/۶۷۰۲	۱۸/۵	زمین بازی کودکان	J	
۰/۳۵۰۸	۱۷/۹۲	فضای منتهی به زمین بازی کودکان	K	
۰/۲۷۶۴	۱۸/۷	فضای استراحت	L	
۰/۴۹۳۶	۱۷/۵۲	فضای استراحت	M	
۰/۵۰۱۲	۱۷/۹۴	فضای استراحت	N	
۰/۵۲۸۴	۱۹/۶۲	آمفی تئاتر	O	

۲-۲- روش اندازه‌گیری و محاسبه

جهت تصویربرداری از دوربین عکاسی 5D Mark II و لنز Canon 8-15 (f:4) 15-8 L FISHEYE استفاده خواهد شد. بر طبق یافته‌های پژوهش "هولمر"، کیفیت وضوح، تأثیر به‌سزایی در ارزیابی نهایی "ضریب دید به آسمان" ندارد (Holmer, 2001). پژوهش یاد شده نشان داد که تفاوت‌های میان عکسبرداری با کیفیت بالا (۲۰۴۸ پیکسل) و عکسبرداری با کیفیت پایین (۶۴ پیکسل) فقط ما بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ "ضریب دید به آسمان" تصادفی است. به منظور کاهش تأثیر بازتاب محیط از قرار گرفتن لنز دوربین در برابر تابش مستقیم خورشید اجتناب می‌شود. یافته‌های پژوهش اسونسون نشان می‌دهد که اگر تصویر کروی از فاصله نزدیک به زمین برداشت شده باشد، همبستگی نسبی بالاتری با متغیرهای اقلیمی دارد (Svensson, 2004, pp. 201-211). بر این اساس دوربین در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح زمین و به‌منظور جلوگیری از افتادن عکاس در تصویرها، عکس‌های چشم‌ماهی با استفاده از تایمر ۱۰ ثانیه‌ای گرفته شدند. برای محاسبه "ضریب دید به آسمان" از برنامه رایانه‌ای Sky View Factor calculator ۱,۱ V استفاده شده است. این ورژن مقدار SVF را با استفاده از دو روش متفاوت محاسبه می‌کند. در ابتدا بر اساس روش پیکسل‌بندی که توسط هولمر در سال ۲۰۰۱ به‌وجود آمده است و سپس به روش دایره‌های متحدالمرکز که توسط جانسون و واتسون در سال ۱۹۸۴ عرضه شده است. روش پیکسل‌بندی شامل همه پیکسل‌های درون شعاع عکس است. این نتایج برای مثال تقریباً ۴۰۴۰۰۰ پیکسل در ۷۲۰*۷۲۰ پیکسل را بررسی می‌کند. به‌دلیل موقعیت نقاط اندازه‌گیری در فضای بوستان، مهم‌ترین بخش تفکیک مرز میان تاج درختان و آسمان است، که نیازمند دقت در عکس‌برداری و ورود اطلاعات به برنامه محاسباتی است (شکل ۲).

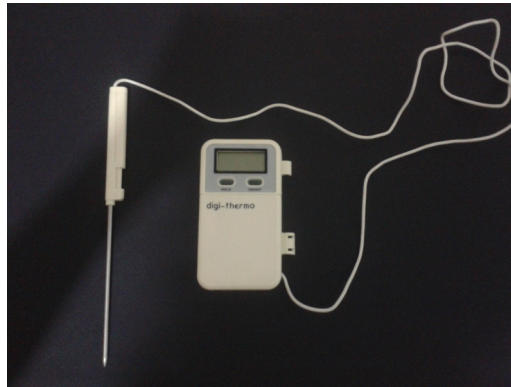
شکل ۲: مراحل محاسبه "ضریب دید به آسمان" در برنامه محاسباتی Sky View Factor Calculator



(Lindberg, Holmer, 2012)

مؤلفه دمای سطح زمین با کمک دماسنج ۲-WT (شکل ۳) که قابلیت اندازه‌گیری دمای $+30.0^{\circ}\text{C} \sim -5.0^{\circ}\text{C}$ را دارا است، اندازه‌گیری شده است. هم‌چنین سنجش دما به دلیل تثبیت دمای اندازه‌گیری ۵ دقیقه پس از قرارگیری نوک میله فلزی دماسنج در هر نقطه، به فاصله ۵ دقیقه بوده است (جدول ۳).

شکل ۳: دماسنج ۲-WT



جدول ۳: مشخصات دماسنج ۲-WT

توان بر حسب ولت	دقت	قابلیت اندازه‌گیری دما
DC ۱,۵	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($-20^{\circ}\text{C} \sim +8.0^{\circ}\text{C}$)	$-5.0^{\circ}\text{C} \sim +30.0^{\circ}\text{C}$

در نهایت با استفاده از ابزاری که در بالا ذکر شد، ابتدا در ایستگاه‌های محدوده بیرونی پارک تصاویر گرفته و دمای سطح نیز در هر ایستگاه تعیین می‌شود و بعد از آن در محدوده درونی پارک، حد فاصل ورودی پارک منتهی به نقاط رایجی چون حاشیه میدانگاه، مسیر پیاده، زمین ورزشی، زمین بازی و فضای استراحت این امر تکرار می‌شود. در نهایت، میزان ضریب دید به آسمان، بر اساس روش پیکسل‌بندی تعیین شده و همبستگی آن را با متغیرهایی چون دمای سطح، میانگین قطر تاج پوششی، میانگین اندازه برگ، محاسبه و پوشش گیاهی مناسب معرفی می‌شود.

۳. یافته‌ها

۳-۱- ضریب دید به آسمان و دمای سطح پارک

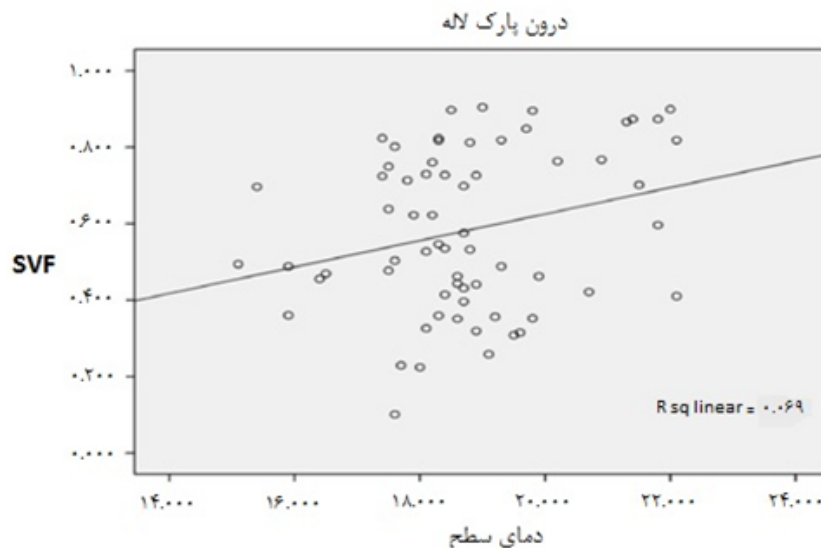
به منظور بررسی رابطه بین شاخص ضریب دید به آسمان و دمای سطح پارک، همبستگی بین دو متغیر بر اساس ضریب همبستگی پیرسون بررسی و سپس توسط رابطه رگرسیونی خطی این رابطه تبیین شد. با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌شود که همبستگی ضریب دید به آسمان و دمای سطح تنها در فضای درون پارک لاله معنی‌دار و این همبستگی نیز مثبت است.

جدول ۴: همبستگی بین ضریب دید به آسمان و دمای سطح پارک لاله به تفکیک فضا

فضا	R	p-value
پارک لاله	۰,۰۷۳	۰,۵۳۵
بیرون پارک لاله	۰,۱۱۰	۰,۷۶۳
درون پارک لاله	۰,۲۶۲	۰,۰۳۵

همچنین نمودار همبستگی بین ضریب دید به آسمان و دمای سطح پارک تهیه شده است (شکل ۴).

شکل ۴: همبستگی بین ضریب دید به آسمان و دمای سطح پارک‌ها



۳-۲- تفاوت میانگین دمای هوا از میانگین دمای سطح

مؤلفان متعددی درباره رابطه دمای هوا با ضریب دید به آسمان سخن گفته و هر یک نتایج متفاوتی عرضه کرده‌اند که می‌توان به پژوهش اسونسون (۲۰۰۴) اشاره کرد که نشان داد، بین دمای هوا و هندسه شهری که به صورت ضریب دید به آسمان بیان می‌شود، رابطه‌ای وجود دارد. تفاوت‌های بزرگ دمایی در مناطقی ظاهر می‌شود که ضریب دید به آسمان پایینی دارند، مثلاً در مرکز شهر که تابش خالص مثبت داشته و دارای مقدار کمی فضای سبز بوده و تراکم بالا دارد. به این منظور در این پژوهش، تفاوت میانگین دمای هوا از میانگین دمای سطح و نیز همبستگی تفاوت دمای هوا و سطح با ضریب دید به آسمان را در ایستگاه‌های مختلف پارک لاله را محاسبه شده و نتایج در جدول ۵ ارائه می‌شود. ملاحظه می‌شود که تنها در ایستگاه FL این همبستگی معنی‌دار است. لازم به ذکر است که میانگین دمای هوا در طی روزهای اندازه‌گیری ۲۴/۶ درجه سانتیگراد بوده است.

جدول ۵: همبستگی بین تفاوت دمای هوا و سطح با ضریب دید به آسمان در ایستگاه‌های مختلف پارک لاله

ایستگاه	تفاوت دمای هوا از دمای سطح	ضریب همبستگی	p-value
AL	۳/۱۶	۰/۱۳۷	۰/۸۲۶
BL	۴/۳۶	۰/۲۹۳	۰/۶۳۳
CL	۶/۱۴	-۰/۳۸۴	۰/۵۲۳
DL	۶/۸۲	۰/۰۳۳	۰/۹۵۸
EL	۳/۸۲	-۰/۶۸۱	۰/۲۰۶
FL	۶/۴۲	۰/۹۲۹	۰/۰۲۳
GL	۳/۵۲	۰/۵۱۰	۰/۳۸۰
HL	۵/۸۶	۰/۱۵۲	۰/۸۰۷
IL	۵/۹۸	-۰/۷۶۸	۰/۱۳۰
JL	۶/۱	-۰/۶۴۸	۰/۲۳۷
KL	۶/۶۸	-۰/۳۸۵	۰/۵۲۲
LL	۵/۹	-۰/۵۰۶	۰/۳۸۵
ML	۷/۰۸	-۰/۷۷۳	۰/۱۲۵
NL	۶/۶۶	-۰/۵۷۲	۰/۳۱۴
OL	۴/۹۸	-۰/۲۷۸	۰/۶۵۱

۳-۳- دمای سطح و میانگین ارتفاع گونه‌ها و قطر تاج پوششی

مطالعات در ژاپن نشان داد که همبستگی جهت‌داری بین اندازه، تراکم و کیفیت پوشش گیاهی و دمای هوا در اطراف پارک‌های شهری وجود دارد (Monam, 2011). به همین منظور، مشخصات گیاه‌شناسی گونه‌های گیاهی غالب به کار رفته در ایستگاه‌ها در جدول ۶ و میزان همبستگی بین دمای سطح با قطر تاج پوشش در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۶: مشخصات گیاه‌شناسی گونه‌های گیاهی غالب به کار رفته در ایستگاه‌ها

ردیف	نام فارسی	نام علمی	ارتفاع	گسترده‌گی	اندازه برگ	فاصله کاشت	پهن برگ
۱	سرو نقره‌ای	Cupressus Arizonica	۷ m	۳ m	کمتر از ۶ mm	۲-۳ m	خیر
۲	نارون	Ulmus Pumila	۵ m	۳ m	۲-۷,۵ m	۳-۴ m	بله
۳	توت	Morus Nigra	۲ m	۲ m	۷-۱۸ m	۲-۳ m	بله
۴	ترون	Ligustrum Ovalifium	۰/۵-۱ m	۲۰-۳۰ m	۲,۵-۴ m	۵-۱۰ m	بله
۵	رز هفت رنگ	Rosa Hybrida	۱ m	۰/۵	۲-۵ m	۰,۵-۱ m	بله
۶	چنار	Platanus Orientalis	۱۰ m	۶ m	۵-۱۰ m	۴-۵ m	بله
۷	سپیدار	Populus Alba	۱۰ m	۶ m	۷-۱۲ m	۴-۵ m	بله
۸	ارغوان	Cercis Siliquastrum	۳ m	۳ m	۲,۵-۵ m	۲-۳ m	بله
۹	زبان گنجشک	Fraxinus Excelsior	۷ m	۴ m	۱۰-۲۰ m	۳-۴ m	بله

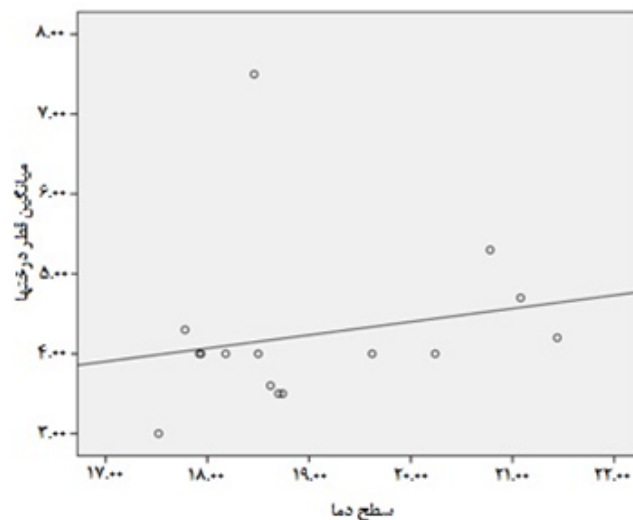
بله	۵-۱۰ m	۱-۳ m	۳۰-۲۰ cm	۱-۰/۵ m	Eyonomis Eureou	شمشاد	۱۰
خیر	۲-۳ m	کمتر از ۶ mm	۳ m	۷ m	Cupressus Sempervirens	سرو شیراز	۱۱
بله	۵-۱۰ m	۱۰-۲۰ m	۶۰-۳۰ cm	۲۰ m	Hedra Helix	پوتوس	۱۲
بله	۳-۴ m	۷-۱۲ m	۳ m	۴ m	Eleagnus Angustifolia	سنجد	۱۳

با توجه به جدول ۷، میزان همبستگی بین دمای سطح و میانگین قطر تاج پوششی درختها در پارک لاله، ۰/۲۰۲ است. همچنین با توجه به آزمون ضریب همبستگی پیرسون با توجه به سطح بالای معنی داری، همبستگی در پارک لاله معنی دار نیست. میزان ضریب تعیین رابطه بین دمای سطح و میانگین قطر تاج پوششی درختها نیز در پارک قابل ملاحظه است. نمودار پراکنش دمای سطح در برابر قطر تاج پوششی درختها نیز قابل مشاهده است (شکل ۵).

جدول ۷: همبستگی دو متغیر دمای سطح و میانگین قطر تاج پوششی درختها در پارک لاله: در سطح ۰/۰۵ معنی دار

ضریب تعیین	p-value	ضریب همبستگی	پارک
۰/۰۴۱	۰/۴۷۰	۰/۲۰۲	لاله

شکل ۵: نمودار پراکنش دمای سطح در برابر قطر تاج پوششی درختها در پارک لاله



۴-۳- دمای سطح و اندازه برگ گونه‌ها

برای بررسی میزان همبستگی و رابطه بین دمای سطح و اندازه برگ گونه‌های مختلف گیاهی در داخل و بیرون پارک، ابتدا میانگین دمای تمامی ایستگاه‌ها ثبت شده است (جدول ۸). اما از آنجا که در بررسی همبستگی بین دو متغیر، دما و اندازه برگ به حداقل متغیر رتبه‌ای در مورد اندازه برگ نیاز است، بنابراین با توجه به میانگین بازه‌های برآزش داده شده به هر ایستگاه، رتبه مناسب به آن ایستگاه از حیث اندازه برگ تعلق گرفت و از ضریب همبستگی اسپیرمن برای مقایسه رابطه بین دما و اندازه برگ استفاده شد (جدول ۹).

جدول ۸: دمای ایستگاه‌های پارک لاله طی روزهای اندازه‌گیری

پارک لاله					
ایستگاه	دمای روز اول	دمای روز دوم	دمای روز سوم	دمای روز چهارم	دمای روز پنجم
A	۲۳/۴	۲۵/۲	۲۱/۵	۱۷/۲	۱۹/۹
B	۲۳/۴	۲۰/۲	۲۰/۸	۱۸/۵	۱۸/۳
C	۱۸/۴	۱۸/۹	۱۸/۵	۱۸/۷	۱۷/۸
D	۱۸/۳	۱۷/۴	۱۸/۱	۱۵/۴	۱۹/۷
E	۲۱/۸	۲۰/۹	۲۲	۱۹	۲۰/۲
F	۱۹/۳	۱۸/۳	۱۸/۲	۱۷/۵	۱۷/۶
G	۲۱/۸	۲۱/۴	۲۲/۱	۱۸/۸	۲۱/۳
H	۱۹/۲	۱۸/۶	۱۹/۵	۱۸/۱	۱۸/۳
I	۲۷	۲۶	۲۳	۲۳	۲۴
J	۱۸/۷	۱۸/۲	۱۹/۸	۱۷/۴	۱۸/۴
K	۱۸/۶	۱۸/۷	۱۸/۳	۱۷/۶	۱۶/۴
L	۱۹/۱	۱۸/۹	۱۹/۸	۱۸	۱۷/۷
M	۱۸/۶	۱۷/۶	۱۸/۸	۱۷/۵	۱۵/۱
N	۱۸/۷	۱۸/۹	۱۸/۱	۱۷/۵	۱۶/۵
O	۲۰/۷	۲۲/۱	۲۱/۵	۱۷/۹	۱۵/۹

با توجه به جدول ۹، ضریب همبستگی اسپیرمن بین دما و اندازه برگ در بیرون پارک معنی‌دار نیست ($p=0/285$). این در حالی است که این معیار در درون پارک معنی‌دار است ($p=0/000$). در هر دو فضا، یعنی بیرون و داخل پارک بین دما و اندازه برگ رابطه معکوس وجود دارد. بدین معنی که با افزایش اندازه برگ پوشش گیاهی سبب کاهش دما می‌شود و این مطلب در درون پارک معنی‌دار اما در خارج از پارک معنی‌دار نیست.

جدول ۹: همبستگی دما و اندازه برگ پوشش گیاهی در دو فضای درون و بیرون پارک

فضا	ضریب همبستگی	p-value
درون پارک	-۰/۹۱۱	۰/۰۰۰
بیرون پارک	-۰/۶۰۰	۰/۲۸۵

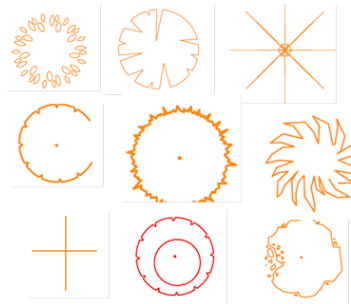
با توجه به اینکه اندازه برگ در هر ایستگاه در ۵ روز اندازه‌گیری، دائماً ثابت است و این امری بدیهی است، لذا عملاً محاسبه همبستگی در هر ایستگاه غیرممکن است؛ اما با توجه به میانگین دما در هر ایستگاه و مقایسه آن با میانگین کل ایستگاه‌ها می‌توان گفت با توجه به میانگین دمای ثبت شده در ایستگاه‌های مختلف پارک در روزهای اندازه‌گیری و مقایسه آن با میانگین دمای هر ایستگاه، به نظر می‌رسد که به ترتیب ایستگاه‌های CL، FL، NL، DL، ML بیشترین تأثیرپذیری از اندازه برگ در کاهش دما را در پارک لاله داشته‌اند.

۴. جمع‌بندی

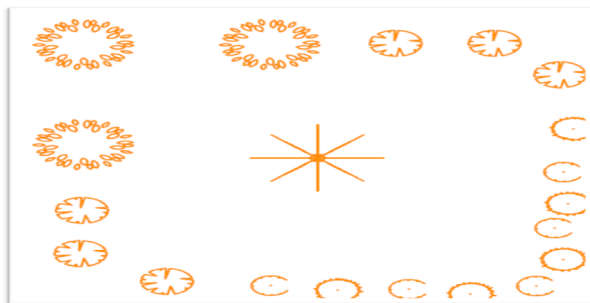
این پژوهش به موضوع رابطه بین ضریب دید به آسمان و پوشش گیاهی پرداخت و نشان داد که در فضای درون پارک لاله همبستگی بین ضریب دید به آسمان و دمای سطح، معنی‌دار و مثبت بوده است ($R^2=0/262$ و $p\text{-value}=0/035$) و همچنین گفته‌های یاماشینا، در مطالعه ۵ شهر ژاپن که رابطه ضعیفی میان دما و ضریب دید به آسمان را مشاهده کرد را تأیید می‌نماید. و نیز همبستگی بین تفاوت دمای هوا و سطح با ضریب دید به آسمان تنها در ایستگاه FL معنی‌دار است ($R^2=0/929$ و $p\text{-value}=0/023$). سپس همبستگی بین دمای سطح و میانگین قطر تاج پوششی بررسی شد و نتایج حاکی از عدم معنی‌داری همبستگی بود ($R^2=0/202$ و $p\text{-value}=0/47$). در نهایت مشخص شد که میزان همبستگی

بین دما و اندازه برگ پوشش گیاهی در فضای درون پارک لاله معنی‌دار بود ($R^2=0/911$). گونه‌های پهن‌برگی چون ارغوان، چنار، سنجد، ترون و نارون و پوتوس در ترکیب با گونه‌های سوزنی برگ بید مجنون، سرو شیراز و سرو نقره‌ای بهتر از سایر گونه‌ها می‌توانند دمای سطح را خنک‌تر نمایند. یعنی اکثر گونه‌هایی که در ایستگاه FL به کار رفته‌اند. با استفاده از قطر تاج پوششی و فاصله کاشت و نماد گونه‌های پیشنهادی (شکل ۶)، به منظور افزایش در ضریب دید به آسمان، دو الگوی طراحی کاشت در پارک‌ها معرفی می‌شود (شکل‌های ۷ و ۸). همچنین دلایل استفاده از گونه‌ها به صورت دو الگوی طراحی کاشت پیشنهادی در جدول‌های (۱۰ و ۱۱) آمده است.

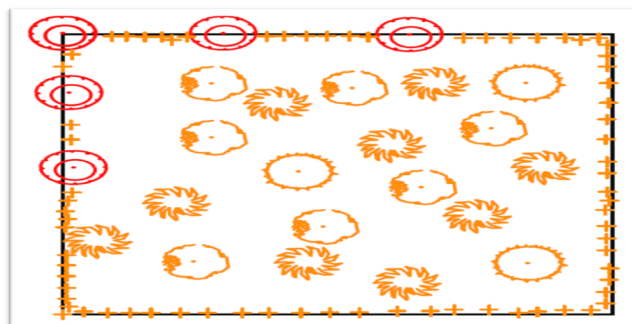
شکل ۶: نماد گونه‌های پیشنهادی



شکل ۷: الگوی طرح کاشت ۱ پیشنهادی برای افزایش ضریب دید به آسمان



شکل ۸: الگوی طرح کاشت ۲ پیشنهادی برای افزایش ضریب دید به آسمان



جدول ۱۰: دلایل استفاده از گونه‌ها در الگوی طرح کاشت پیشنهادی ۱

گونه	کاربرد
چنار	سایبان، تنه زیبا در زمستان
سدروس	زیبایی برگ‌ها (سوزنی آبی رنگ سبز کلمی)، تک درخت
نارون	سایه‌افکن، رنگ‌آمیزی پاییزی (طلایی)
سنجد	رنگ برگ، میوه، سایبان، مجموعه کاری
ارغوان	گل (رویش قبل از برگ در زمستان)، قرارگیری در کنار گونه همیشه سبز سنجد دید خوبی برای استفاده‌کنندگان نسبت به تک درخت سدروس ایجاد می‌کند.

جدول ۱۱: دلایل استفاده از گونه‌ها در الگوی طرح کاشت پیشنهادی ۲

کاربرد	گونه
حالت رشد، برگ‌ها (سوزنی)، بادشکن	کاج سیاه
زیبایی برگ‌ها، پوشش سطح زمین به دلیل رونده بودن	پوتوس
همیشه سبز بودن، فرم‌گونه	موگو
پوشش پرچینی	ترون

پیوست

نمونه‌هایی از تصاویر کروی و میزان "ضریب دید به آسمان" در پارک‌های مورد مطالعه (حداقل، میانه و بیشترین).



References

- Bar-Haim Y., Fox N. A., Benson B., Guyer A. E., Nelson E. E., Perez-Edgar K., Pine D. S., & Ernst M. (2009). Neural Correlates of Reward Processing in Adolescents with a History of Inhibited Temperament. *Psychological Science*, 20 (8), 1009-1018.
- Becker, P., Erhart, D. W., & Smith, A. P. (1989). Analysis of Forest Light Environment Part I. Computerized Estimation of Solar Radiation from Hemispherical Canopy Photographs. *Agriculture and Forest Meteorology*, 44, 217-232.
- Brown, M. J., & Grimmond, C. S. B. (2001). Sky View Factor Measurements in Salf Lake City: Data Report for the Do CBNP URBAN Experiment October 2000, International Report Los Alamos National Laboratory Los Alamos. *New Mexico*. LA- UR- 01- 1424, N.
- Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating Surface-plant-air Interactions inside Urban Environment with a Three Dimensional Numerical Model. *Environmental Modeling and Software*, 13, 373-384.
- Chapman, D.W. (2002). *Management and Efficiency in Education: Goals and Strategies. Series "Education in Develop Asia" Manilla: ADB and Hong Kong*. Comparative Education Research Center. University of Hong Kong.
- Gal, T., Lindberg, F., & Unger, J. (2007). Computing Continuous Sky View Factors Using 3D Urban Raster and Vector Database Comparison and Application to Urban Climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 114-123.
- Grimmond, S., & Souch, C. (2006). Applied Climatology: Urban Climate. *Progress Physical Geography*, 30, 270-279.
- Leung, K. S. & Steemers, K. (2008). Estimating Average Sky View Factor of Urban Surfaces with Simple Geometric Parameters. *The 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Dublin.
- Leung, Y. K., Yip, K. M., & Yeung, K. U. (2004). Relationship between Thermal Index and Morality in Hong Kong, *Meteorological Application*, 15(3), 399-408.
- Lindberg, F. & Holmer, B. (2011). *Goteborg Urban Climate Group Department of Earth Science*, University of Gothenberg, User Manual, Version 1.1.
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2006). Modeling the Thermal Bio Climate in Urban Areas with the Rayman Model. *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland, 449-453.
- Monam, A. (2011). *Comfortability in Urban Open Spaces Evaluation of Outdoor Thermal Comfort in Tehran Urban Parks*, Ph.D. Thesis. Science & Technology
- Monam, A., Behzadfar, M. (2011). The Impact of Sky View Factor on Outdoor Thermal Comfort, *Armanshahr Architecture and Urban Development Journal*, 5, 23-34.
- Oke, T. (1993). *Boundary Layer Climates*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oke, T. R. (1981). Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations, *International Journal of Climatology*, 1, 237-254.
- Oke, T.R., Johnson, D. G., Stey, O.G. & Watson, L.D. (1991). Simulation of Surface Urban Heat Island under Ideal Conditions at Night- part 2: Diagnosis and Causation. *Bound Layer Meteor*, 56, 339-358..
- Rouhani, G. (2004). *A Guide to the Ornamental Trees in the Landscape*, Tehran: Aeezh Press.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erell, E. (2009). The Cooling Efficiency of Urban Landscape Strategies in a Hot Dry Climate, *Landscape and Urban Planning*, 92, 179-186.
- Steyn, D. G. (1980). The Calculation of View Factors from Fisheye-lens Photographs, *Atmosphere-Ocean*, 254-258.
- Svensson, M. K. (2004). Sky View Factor Analysis—implications for Urban Air Temperature Differences, *Meteorol, Appl.*, 11, 201- 211.
- Unger, J. (2004). Intra-urban Relationship between Surface Geometry and Urban Heat Island: Review and New Approach, *Climatic Research*, 27, 253-264.
- Upmanis, H. & Chen, D. (1999). Influence of Geographical Factors and Meteorological Variables on Nocturnal Urban-park Temperature Differences, *Climatic Research*, 13, 125-139.
- Upmanis, H., & Chen, D. (1999). Influence of Geographical Factors and Meteorological Variables on Nocturnal Urban-park Temperature Differences- a Case Study of Summer 1925 in Goteborg. Sweden,

- Climate Research*, 13(2), 125-139.
- Watson, I. D., & Johnson, G. T. (1987). Estimating Person View-factor from Fish Lens Photographs, *International Journal of Bi-Meteor Ology*, 32, 123-128.
 - Watson, I. D., & Johnson, G. T. (1987). Graphical Estimation of Sky View-factor in Urban Environments, *International Journal of Climatology*, 7, 193-197.
 - Yamashita, S., Sekine, K., Shoda, M., Yamashita, K., & Hara, Y. (1986). On Relationships between Heat Island and Sky View Factor in the Cities of Tama River Basin, Japan. *Atmospheric Environment*, 20, 681-686.