

تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارتی کاربران فضای باز شهری، بررسی بوستان‌های منتخب شهر تهران*

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۱۸
تاریخ پذیرش نهایی: ۸۹/۸/۲۴

مصطفی بهزادفر** - علیرضا منعم***

چکیده

از مهمترین بخش‌های برنامه‌ریزی و طراحی فضای باز شهری، توجه به ارتقاء کیفیت محیط و افزایش رضایت کاربران است. شناخت رابطه متغیرهای اقلیمی- محیطی مؤثر بر آسایش حرارتی، امکان ارائه راهکارهای مناسب افزایش کیفیت محیط فضاهای باز را به وجود می‌آورد. یکی از متغیرهای مؤثر در خرد اقلیم فضای باز شهری "ضریب دید به آسمان" می‌باشد که بیان‌کننده نسبت میزان تابش دریافتی یک سطح صاف از مجموع تابش‌های نیم کره دربرگیرنده آن سطح است.

هدف اصلی این پژوهش بیان رابطه میان "ضریب دید به آسمان" و عوامل مؤثر در خرد اقلیم فضای باز بوستان‌های شهری است. انتخاب روش پژوهش، متناسب با شرایط نمونه‌های مورد مطالعه برگرفته از بررسی پژوهش‌های مشابه و مطالعه تطبیقی روش‌های اندازه‌گیری "ضریب دید به آسمان" بوده است. در پژوهش‌های پیشین، رابطه میان "ضریب دید به آسمان" و دمای هوا دارای نتایج یکسانی نبوده است، هر چند رابطه محسوسی بین میانگین "ضریب دید به آسمان" و "دمای جزایر گرمای شهر" دیده شده است.

در این پژوهش، مطالعه میدانی در ۷۸ نقطه از ۲۷ ایستگاه بوستان‌های ملت، ساعی، لاله، شهر و بعثت شهر تهران در طی دو هفته اول فصل پاییز انجام گرفته است. "ضریب دید به آسمان" از طریق عکس برداری کروی استخراج و ضرایب با برنامه‌های محاسباتی اندازه‌گیری شده است. اطلاعات اقلیمی برداشت شده نقاط منتخب شامل دمای هوا، دمای کروی، سرعت باد و رطوبت، مبنای محاسبه "میانگین دمای تابشی" قرار گرفت و سپس میزان همبستگی تمامی متغیرها با "ضریب دید به آسمان" بررسی گردید.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد همبستگی "ضریب دید به آسمان" با "میانگین دمای تابشی" و دمای کروی، بیش از همبستگی "ضریب دید به آسمان" با سایر متغیرهای اقلیمی می‌باشد. در این رابطه افزایش "ضریب دید به آسمان" منجر به افزایش "میانگین دمای تابشی" بصورت مستقیم می‌گردد. بر این اساس، اهمیت توجه به میزان "ضریب دید به آسمان" نقشی تعیین‌کننده در خلق فضاهای مطلوب از نظر آسایش حرارتی در فصول گرم سال دارد.

کلید واژه‌ها:

آسایش حرارتی، بوستان‌های شهری، ضریب دید به آسمان، میانگین دمای تابشی.

* مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نگارنده دوم در دانشگاه علم و صنعت ایران با عنوان "نقش طراحی منظر در افزایش رضایت کاربران بوستان‌های شهری" می‌باشد.

Email: Behzadfar@iust.ac.ir

** دانشیار طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

Email: Monam@iust.ac.ir

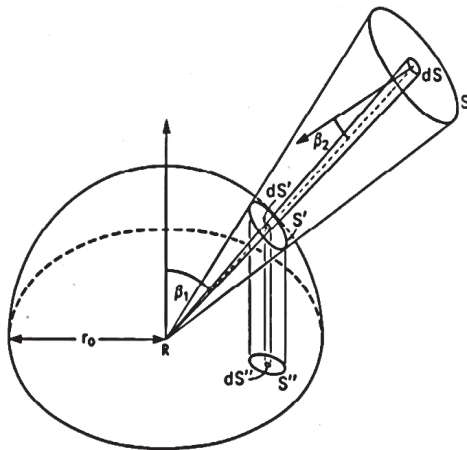
*** پژوهشگر دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه

پژوهش در خصوص رابطه عوامل اقلیمی و "ضریب دید به آسمان" در برنامه ریزی، طراحی شهری و طراحی منظر در جهان بالغ بر ۳۰ سال سابقه دارد. اما، در ایران مطالعه مشابهی بصورت مستقل و یا بخشی از یک پژوهش هنوز انجام نگرفته است و منبع قابل استناد فارسی، حتی در قالب ترجمه نیز در این رابطه وجود ندارد؛ در صورتی که توسعه روش های اندازه گیری و تعیین رابطه آن با شرایط اقلیمی هر ساله رو به پیشرفت می باشد. توجه به شرایط اقلیمی و ادراکی احساس آسایش گرمایی کاربران در مکان های مختلف که نقش مهمی در فرآیند طراحی و سلامت محیط های همگانی دارد، ضرورت انجام پژوهش مستقل بومی را تبیین می کند. این پژوهش در بخش ادبیات موضوع به ارائه تعاریف پایه و شرح روش های اندازه گیری "ضریب دید به آسمان" می پردازد، سپس بر مبنای تجربیات مطالعات مشابه، راهکارهای مناسب برای انجام پژوهش را بیان می نماید. در بخش روش پژوهش، معرفی اجمالی از فضاهای مورد مطالعه صورت گرفته و ضمن معرفی ابزارهای اندازه گیری مورد استفاده، به روش اندازه گیری متغیرهای اقلیمی-محیطی اشاره می شود. سپس روش محاسبه "میانگین دمای تابشی" و "ضریب دید به آسمان" بر مبنای اندازه گیری ها و رابطه های مربوطه را به تفصیل ارائه می نماید. انتظار می رود که یافته های پژوهش، میزان تأثیر "ضریب دید به آسمان" در متغیرهای اقلیمی مؤثر در آسایش حرارتی کاربران فضای باز را تبیین نماید.

۱. مرور نوشتگان و پیشینه پژوهش

تصویر ۱: نمودی از چگونگی انتقال تصویر کروی بر روی صفحه مسطح



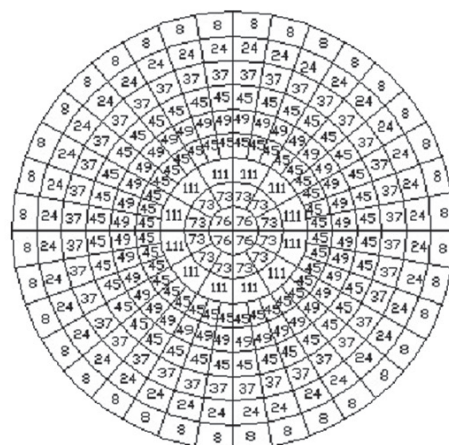
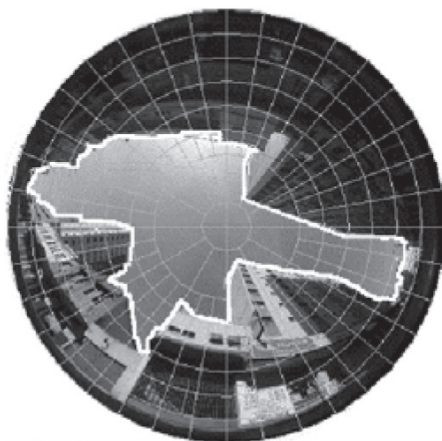
مأخذ: Steyn, 1980: 255

۱-۱- "ضریب دید به آسمان" و روش های اندازه گیری

"ضریب دید به آسمان"، بیان کننده نسبت میزان تابش دریافتی سطحی صاف، از میزان تابش های نیم کره دربرگیرنده آن سطح می باشد (Watson, 1987: 193). بر اساس این ضریب، صفر به معنی عدم مشاهده کل آسمان و یک به معنی باز بودن کامل دید به آسمان است (تصویر ۱).

در شرایطی که ساختمان ها یا درختان در حدود نیمی از فضای آسمان را پوشش دهند، "ضریب دید به آسمان" بیش از نیمی می باشد که به دلیل تفاوت وزن بخش های مختلف سطح تابش است. در یک ناحیه بدون عوارض، سطح بالایی با محدوده ای کمتر و نواحی نزدیک سطح افق با محدوده بیشتر پرتو را می گسترانند؛ در نتیجه بخش های افقی تأثیر تابشی کمتری دارند (Brown, 2001) (تصویر ۲).

تصویر ۲: تخمین "ضریب دید به آسمان" بر اساس وزن هر بخش تصویر کروی



مأخذ: Santos, 2003: 3

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری "ضریب دید به آسمان" وجود دارد که در یک تقسیم کلی شامل محاسبه قیاسی (Oke, 1981)، عکس‌برداری کروی^۲ (Steyn, 1980)، محاسبه تحلیلی متضمن اندازه‌گیری زوایا بر مبنای طول و عرض (Watson, 1987)، برنامه‌های محاسباتی (Becker, 1989)، شبیه‌سازهای رایانه‌ای (Bruse, 1998; Matzarakis, 2006)، استفاده از سیگنال‌های سامانه موقعیت جهانی^۳ (Chapman, 2002) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی^۴ (Gál, 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 تعریف می‌نماید (Brown, 2001; Gál, 2007; Grimmond, 2001).

۲-۱- رابطه "ضریب دید به آسمان" و متغیرهای اقلیمی فضای شهری

پژوهش‌های بسیاری به رابطه "ضریب دید به آسمان" و اقلیم شهری پرداخته و میزان تأثیر دید به آسمان بر متغیرهای اقلیمی را ارزیابی کرده‌اند. در ادامه ضمن معرفی نمونه‌هایی از این نوع، به روش پژوهش و نتایج آنها نیز اشاره شده است. در مطالعاتی که در "مالمو"^۵ سوئد انجام گرفته؛ همبستگی بالایی میان دمای سطح خیابان‌ها و "ضریب دید به آسمان" یافت شد. این مطالعه از نواحی حاشیه‌ای تا مرکز شهر را در امتداد یک محور مورد ارزیابی قرار داد. نتایج اندازه‌گیری با استفاده از دماسنج غیرتماسی و به کمک عکسبرداری کروی بیان کرد که رابطه میان دمای سطح زمین با "ضریب دید به آسمان" بسیار بالاتر از رابطه با دمای هوا می‌باشد (Barring, 1985).

در مطالعه پنج شهر ژاپن^۶ که بر اساس اندازه‌گیری از روش عکس‌برداری کروی و اندازه‌گیری دمای هوا در ارتفاع ۱/۲ متری صورت گرفت، رابطه بسیار ضعیفی میان دما و "ضریب دید به آسمان" مشاهده گردید (Yamashita, 1986). در مطالعه دیگری در مرکز نواحی تجاری ۵ شهر کره‌ای و ۲۰ شهر ژاپنی "ضریب دید به آسمان" با تفاوت دمای هوا در هر ناحیه با دمای هوای شهر، مقایسه گردید و برای شهرهای کره، رابطه‌ای استخراج گردید (Park, 1987). نتایج پژوهش "گوتنبرگ"^۷ به وجود یک رابطه خطی میان دو متغیر "ضریب دید به آسمان" و دمای سطح زمین (اندازه‌گیری شده با دوربین‌های مادون قرمز از بالگرد) دلالت می‌کند (Eliasson, 1992). علی‌رغم مطالعه دیگری در سال ۱۹۹۹ به روی سه بوستان شهری و محیط اطرافشان در گوتنبرگ سوئد، که در آن رابطه معنی‌داری میان "ضریب دید به آسمان" و دمای هوا در بوستان‌ها یافت نشد. سپس این پژوهش مجدداً بصورت گسترده‌تر و در فصول و روزهای مختلف با دقت بیشتری در ۳۷ سایت مختلف شهر انجام گرفت، که نتایج متناقض با پژوهش قبلی بود. نتایج نهایی تأکید کرد که "ضریب دید به آسمان" در دمای هوا در شهر اهمیت زیادی ندارد (Upmanis, 1999).

"آنگر" در مطالعه رابطه میان "ضریب دید به آسمان" و دمای محیط و سطح زمین، ضمن بررسی کامل ادبیات موضوع در این حوزه و مقایسه تطبیقی آنها با یکدیگر بیان کرد که در بیشتر مطالعات فقط بصورت محدود بررسی‌های میدانی صورت گرفته است و نمی‌تواند استناد مناسبی برای نتیجه‌گیری باشد. در مطالعات آنگر، کلیه قلمروهای مرتبط شهر "سگد"^۸ مجارستان با مساحتی در حدود ۲۷ کیلومتر مربع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نیز به رابطه بالای دمای محیطی با "ضریب دید به آسمان" تأکید دارد (Unger, 2004). 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 گرفت 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 (Svensson, 2004).

در پژوهشی که به کاهش دمای محیطی در منطقه پرتراکم ساحلی هنگ‌کنگ می‌پردازد، متغیرهای اقلیمی در ۲۱۶ نقطه از فضای باز میان مجتمع‌ها در روزهای مختلف تابستان و تأثیر شش متغیر بازتاب کف، "ضریب دید به آسمان"، موقعیت جغرافیایی، پوشش درختچه‌ها، پوشش درختان و میانگین ارتفاع مجتمع‌ها بررسی گردید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، درختچه‌هایی که ۱۰٪ تا ۱۵٪ محوطه به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع را پوشش می‌دهند و

بصورت میانگین "ضریب دید به آسمان" در حدود ۰/۱ تا ۰/۲۵ دارند، تأثیر بیشتری در کاهش دمای محیطی از همان میزان درخت با "ضریب دید به آسمان" ۰/۴ به بالا دارند. بطور خاص این پژوهش برای کاهش دمای هوا به میزان ۰/۵ درجه در منطقه پرتراکم شهری ساحلی هنگ کنگ، پیشنهاد می‌کند ۰/۲۵ تا ۰/۴۰ پوشش فضای سبز بوستان افزایش پیدا نماید (Giridharan, 2008). در مطالعه دیگری که به منظور تهیه نقشه مجازی نشان دهنده "ضریب دید به آسمان" در خیابان‌های بخش مرکزی لودز لهستان صورت گرفت، بیش از ۱۰۰۰ عکس کروی از میان خیابان با فاصله‌های ۵۰ تا ۱۰۰ متر گرفته شد. این پژوهش تنوع بالایی از "ضریب دید به آسمان"، کمتر از ۰/۲ تا بیشتر از ۰/۹ را نشان داد، که در بیشتر فضاها متأثر از درختان بوده است (Rzepa, 2009).

پژوهش‌های مذکور حاکی از وجود همبستگی مناسب میان دمای سطح بر خلاف دمای هوا در فضای شهری با "ضریب دید به آسمان" است (Eliasson, 1992). هرچند میانگین "ضریب دید به آسمان" در یک شهر رابطه بالایی با "جزایر دمایی گرمای شهر" دارد (Park, 1987)؛ همچنین پژوهش‌ها تأکید می‌نمایند که دمای شهری به عواملی محیطی همچون موقعیت درختان، ساختمان‌ها و مصالح به کار رفته در سطوح بستگی دارد. با توجه به شرایط اقلیمی، به ویژه نامطلوبی زیست محیطی شهرهایی مانند تهران، انجام مطالعات موردی برای درک ویژگی‌های "ضریب دید به آسمان" قلمروهای سبز یا بوستان‌های شهری می‌تواند بر غنا و استحکام پژوهش‌های مشابه بیفزاید. به علاوه، همان‌گونه که در مورد هنگ کنگ یادآوری شد، استفاده از نتایج آن برای ساماندهی کیفیت محیطی بوستان‌ها مفید به نظر می‌رسد.

۲. روش پژوهش

روش پژوهش در این مطالعه، بررسی نمونه موردی می‌باشد که بر پایه مشاهده و اندازه‌گیری کمی در ۷۸ نقطه در ۲۷ ایستگاه پنج بوستان ملت، ساعی، لاله، شهر و بعثت شهر تهران، در طی دو هفته پایانی مهر ماه و آغازین آبان ماه ۱۳۸۹ است. اندازه‌گیری از ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و در تمامی ایام هفته صورت گرفت. "ضریب دید به آسمان" با تحلیل تصاویر دوربینی با قابلیت عکسبرداری کروی، محاسبه گردید. متغیرهای اقلیمی شامل دما و رطوبت، دمای کروی، سرعت و جهت باد با ایستگاه سنجش قابل حمل اندازه‌گیری شد. مقایسه شاخص‌های کمی اقلیمی - محیطی و همچنین تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار "اکسل" و "اس.پی.اس.اس" انجام گرفته است.

۱-۲- فضاهای مورد مطالعه

فضاهای بوستان‌های ملت، ساعی، لاله، شهر و بعثت (تصویر ۳) براساس موقعیت جغرافیایی و به دلیل پوشش کلیه ترازهای جغرافیایی شمال به جنوب شهر تهران، برای انجام مطالعه میدانی انتخاب گردیدند. ایستگاه‌ها در حوزه‌های اصلی بوستان‌ها به صورتی انتخاب شدند که علاوه بر پراکندگی متوازن در بوستان، دارای "ضریب دید به آسمان" متفاوتی باشند (جدول ۱).

تصویر ۳: موقعیت بوستان‌های مورد مطالعه در شهر تهران



جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر بوستان و میانگین "ضریب دید به آسمان"

مشخصات کلی بوستان‌ها	ایستگاه	ریز فضا	میانگین ضریب دید به آسمان
ملت مساحت ۲۷ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۵۲۰ متر	A	مسیر پیاده	۰/۳۵
	B	مسیر پیاده	۰/۲۹
	C	مسیر پیاده	۰/۶۵
	D	زمین ورزشی	۰/۵۰
ساعی مساحت ۱۲ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۰ متر	A	مسیر پیاده	۰/۳۵
	B	مسیر پیاده	۰/۴۴
	C	حاشیه میدانگاه	۰/۰۲
	D	زمین ورزشی	۰/۴۵
	E	مسیر پیاده	۰/۹۳
	F	بازی بچه‌ها	۰/۸۴
	G	زمین ورزشی	۰/۴۵
لاله مساحت ۳۲ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۲۴۰ متر	A	حاشیه میدانگاه	۰/۲۹
	B	چمن گسترده	۰/۴۳
	C	محوطه پیک نیک (میز و نیمکت)	۰/۱۹
	D	محوطه پیک نیک (میز و نیمکت)	۰/۰۸
	E	زمین ورزشی	۰/۸۵
شهر مساحت ۲۸ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۵ متر	A	حاشیه میدانگاه	۰/۲۸
	B	بازی بچه‌ها	۰/۵۴
	C	مسیر پیاده	۰/۲۶
	D	مسیر پیاده	۰/۲۲
	E	زمین ورزشی	۰/۵۷
	F	چمن گسترده	۰/۵۰
بعثت مساحت ۴۳ هکتار ارتفاع از سطح دریا ۱۱۰۰ متر	A	مسیر پیاده	۰/۴۳
	B	حاشیه میدانگاه	۰/۰۸
	C	زمین ورزشی	۰/۵۱
	D	مسیر پیاده	۰/۶۱
	E	مسیر پیاده	۰/۵۶

۲-۲- روش اندازه‌گیری و محاسبه

مؤلفه‌های اقلیمی دما و رطوبت هوا، دمای کروی، سرعت و جهت باد، در هر یک از نقاط جدول یک به کمک دستگاه‌های اندازه‌گیری اقلیمی قابل حمل، به شرح جدول دو برداشت گردید. کلیه وسایل بر روی سه پایه‌ای به ارتفاع ۱/۱ متری نصب شد. فقط گیرنده اندازه‌گیری سرعت باد به منظور اجتناب از تأثیر حرکت افراد، در ارتفاع دو متر نصب و سپس میزان سرعت باد در ارتفاع ۱/۱ محاسبه شد^{۱۳} (تصویر ۴). دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد در هر نقطه، به صورت اتوماتیک و به فاصله زمانی ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری گردید. سرعت باد با استفاده از بادسنج حرارتی^{۱۴} و جهت باد به وسیله دود برداشت شد. دریچه بادسنج حرارتی، بر اساس جهت باد برای افزایش دقت تنظیم می‌گردید. دمای کروی، بوسیله دماسنجی شامل دماسنج دیجیتال مستقر در مرکز گوی مسی اندازه‌گیری شد. ضخامت گوی مسی ۰/۴ میلیمتر و با قطر ۱۵ سانتیمتر است که سطح بیرونی آن با رنگ سیاه مات پوشیده شده است. سنسج دمای کروی به دلیل، تثبیت دمای اندازه‌گیری، ۱۵ دقیقه پس از استقرار در هر نقطه، به فاصله ۵ دقیقه بوده است.

جدول ۲: مشخصات دستگاه‌های اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی

متغیر	واحد	دستگاه	میزان خطا	روش ذخیره	فاصله زمانی	شرکت کالیبره کننده
دمای هوا	C°	Skye; DataHog2 rht+ sensor; SDL 5060	±0.2 C°	اتوماتیک	۱۰ ثانیه	Skye Instruments Ltd.
رطوبت نسبی	%	Skye; DataHog2 rht+ sensor; SDL 5060	±1 %	اتوماتیک	۱۰ ثانیه	Skye Instruments Ltd.
دمای کروی	C°	Globe Thermometer ¹⁵	+(0.958623x+1.559186)	دستی	۵ دقیقه	Sanjesh Gostar Calib No.150, SG-TI-01
سرعت باد	m/s	Tes; 1341(Hot Wire Anemometer)	±3% of reading ±1%FS	اتوماتیک	۱۰ ثانیه	TES Electrical Electronic Corp. No: 100805458
جهت باد	Deg	Smoke Marks ¹⁶	±5.0 deg	دستی	۵ دقیقه	-

تصویر ۴: نمای کلی دستگاه‌های اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی



"میانگین دمای تابشی^{۱۷} با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$T_{mrt} = [(T_g + 273.15)^4 + ((1.10 * 108 V_a^{0.6}) / \epsilon D^{0.4}) \times (T_g - T_a)]^{1/4} - 273.15$$

در رابطه، V_a سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، T_a دمای هوا بر حسب سانتیگراد، D قطر داماسنج کروی، T_g دمای کروی بر حسب سانتیگراد، و ϵ ضریب تشعشع می‌باشد. این ضریب برای گوی سیاه رنگ مسی 0.95 می‌باشد (Ashrae, 2001: 277). با توجه به اینکه دمای کروی، با نمونه استاندارد آن شامل گوی با رنگ مشکی و قطر 15 سانتیمتر اندازه‌گیری شد، رابطه فوق به صورت زیر خلاصه گردید. دمای کروی (T_g) نشان دهنده تأثیر باد و تابش به صورت توأمان است که به وسیله داماسنج کروی برداشت گردید.

$$T_{mrt} = [(T_g + 273.15)^4 + 2.5 * 108 V_a^{0.6} \times (T_g - T_a)]^{1/4} - 273.15$$

با توجه به اینکه سرعت باد در ارتفاع 2 متری اندازه‌گیری شده بود، به منظور یکسان سازی ارتفاع همه نقاط اندازه‌گیری شده به کمک رابطه زیر سرعت باد در ارتفاع $1/1$ متر محاسبه شد (Ashrae, 2001: 16).

$$V_{1,1} = V_2 * (h_1/h_2)^a$$

در این رابطه سرعت باد (V_1) ارتفاع $1/1$ متری و V_2 سرعت باد اندازه‌گیری شده در ارتفاع 2 متری می‌باشد، h_1 و h_2 نشان دهنده ارتفاع‌های $1/1$ و 2 متری هستند، a نیز برابر ناهمواری سطح می‌باشد که با توجه به فضای بوستان‌های شهری 0.23 در نظر گرفته شد (Ashrae, 2001). رابطه مذکور براساس این داده‌ها، به صورت زیر خلاصه گردید:

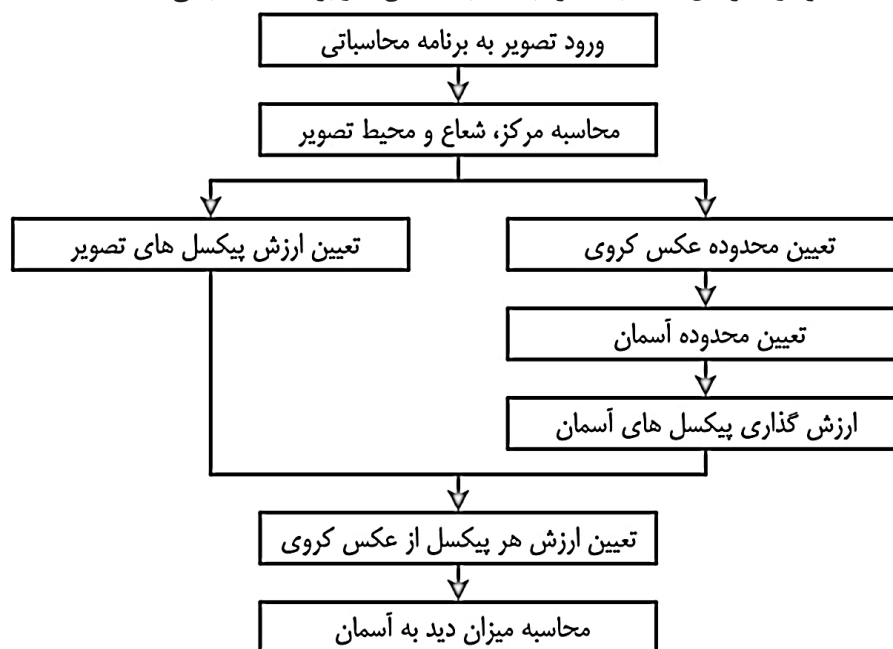
$$V_{1,1} = V_2 * 0.88$$

جهت تصویربرداری کروی از دوربین Sony Cyber shot DSC-H7 با لنز 42x HD استفاده، و کیفیت عکس برداری نهایی با وضوح 800 پیکسل انجام گرفت. بر طبق یافته‌های پژوهش "هولمر" کیفیت وضوح^{۱۸} تأثیر بسزایی 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 مابین ۰/۰۱ تا ۰/۰۴ "ضریب دید به آسمان" به صورت تصادفی است. به منظور کاهش تأثیر بازتاب محیط، از قرارگرفتن لنز دوربین در برابر تابش مستقیم خورشید اجتناب شد. یافته‌های پژوهش‌های اسونسون نشان می‌دهد که تصویر کروی که از فاصله نزدیک به زمین برداشت شده باشد، همبستگی نسبی بالاتری با متغیرهای اقلیمی دارد (Svensson, 2004). بر این اساس دوربین در ارتفاع ۱۵ سانتیمتری از سطح زمین با تأخیر ۱۰ ثانیه بر روی سه پایه مستقر شد.

با اتکاء به تجربیات موجود، برای محاسبه "ضریب دید به آسمان" از برنامه رایانه IDRISI و برنامه محاسباتی جانبی (Holmer, 2001) SVFMAKRO بهره گرفته شد. مبنای سنجش "ضریب دید به آسمان" بر پایه محاسبه وزن وابسته به فاصله زاویه از مرکز تصویر کروی می‌باشد. ابتدا تصویر کروی پالایش اولیه شد و سپس به برنامه IDRISI به منظور محاسبه مرکز، حواشی و شعاع تصویر کروی و تعیین مرز میان آسمان و غیر آسمان و کسب ارزش عددی هر بخش منتقل شد. به دلیل موقعیت ایستگاه‌ها در فضای بوستان، مهم‌ترین بخش تفکیک مرز میان تاج درختان و آسمان بود که نیازمند دقت در عکس‌برداری و ورود اطلاعات به برنامه محاسباتی است (نمودار ۱).

نمودار ۱: مراحل محاسبه "ضریب دید به آسمان" در برنامه محاسباتی IDRISI



Holmer, 2001 : مأخذ

۳. یافته‌ها

۳-۱- متغیرهای اقلیمی - محیطی

در ۷۸ نقطه منتخب فضای بوستان‌ها، "ضرایب دید به آسمان" محاسبه شده است. این میزان از ۰/۰۲ در محصورترین فضا تا ۰/۹۳ در فضای بازگسترده (چمن و میدانگاه) را در بر می‌گیرد. (تصویر پیوست و جدول یک) در جدول سه، میانگین دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای کروی، سرعت و جهت باد نقاط ایستگاه‌ها که در محاسبه "میانگین دمای تابشی" از آنها بهره گرفته شده، ارائه گردیده است.

جدول ۳: میانگین میزان متغیرهای اقلیمی - محیطی اندازه‌گیری شده نقاط منتخب

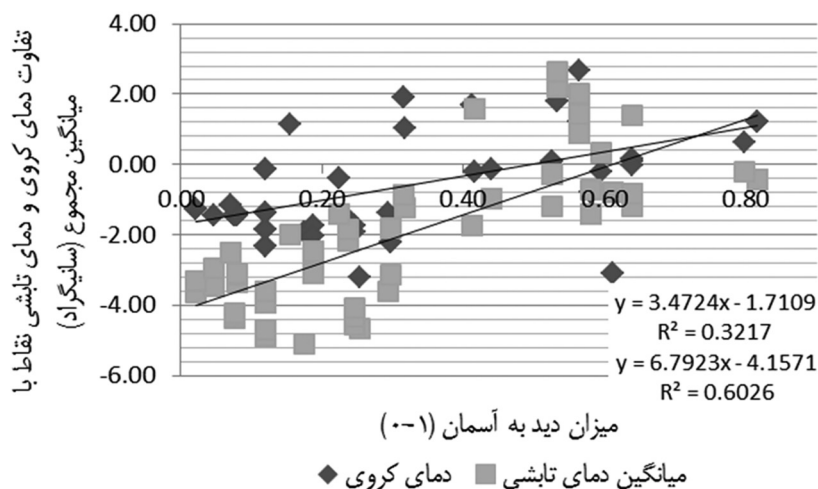
بوستان	تاریخ	ایستگاه	دمای هوا	رطوبت نسبی	دمای کروی	سرعت باد	جهت باد	میانگین دمای تابشی
بعثت	۲۰۱۰/۱۰/۲۶	A	۲۳	۳۰/۶	۲۹/۲	۱/۲	۱۳۵	۴۳/۷
		B	۲۲/۹	۳۶/۶	۲۵/۴	۰/۲۵	۲۴۷	۲۷/۹
		C	۲۳/۶	۳۶/۲	۲۷/۸	۰/۲۱	۲۳	۳۱/۳
ملت	۲۰۱۰/۱۰/۲۸	D	۲۰/۴	۳۵	۲۲/۷	۰/۴۳	۱۵۷	۲۵/۷
		E	۲۱	۲۹/۳	۲۲/۶	۰/۳۹	۲۲۵	۲۴/۹
		A	۲۳/۲	۱۹	۲۶	۰/۵۳	۲۲۵	۳۰
شهر	۲۰۱۰/۱۰/۱۱	B	۲۳/۳	۲۰/۱	۲۴/۱	۰/۳۷	۱۵۷	۲۵/۱
		C	۲۳/۸	۱۵/۴	۲۹/۷	۱/۵۲	۳۳۷	۴۵
		E	۲۰/۵	۳۱/۷	۲۵/۸	۰/۸۴	۲۴۷	۳۶/۴
شهر	۲۰۱۰/۱۰/۱۴	A	۲۲/۶	۲۶/۴	۲۶/۵	۰/۲۷	۲۹۲	۳۰/۱
		B	۲۳/۶	۲۵/۳	۲۵/۹	۰/۵۰	۲۲۵	۲۹/۲
	۲۰۱۰/۱۰/۲۱	C	۲۵/۱	۲۶/۵	۲۹/۱	۰/۲۴	۲۲۵	۳۳/۱
		D	۲۶/۲	۲۳/۲	۲۸/۳	۰/۳۳	۲۷۰	۳۰/۷
		E	۲۶/۷	۲۳/۴	۲۷/۳	۰/۲۲	۲۲۵	۲۷/۷
		F	۲۵/۸	۲۶/۷	۲۶/۳	۰/۱۶	۲۰۲	۲۶/۶
ساعی	۲۰۱۰/۱۰/۲۴	A	۲۱/۶	۳۲/۱	۲۴/۴	۰/۳۱	۱۱۲	۲۷/۵
		B	۲۲/۱	۳۱/۲	۲۵	۰/۶۲	۱۳۵	۲۹/۸
		C	۲۲/۵	۳۰/۱	۲۴/۵	۰/۳۹	۱۳۵	۲۶/۸
		D	۲۳/۳	۲۸/۲	۲۹/۴	۰/۵۱	۱۳۵	۳۷/۲
		E	۲۲/۷	۳۰/۲	۲۴/۵	۰/۱۷	۱۳۵	۲۵/۸
		F	۲۰/۹	۳۹/۴	۱۸/۷	۰/۰۶	۴۵	۱۷/۷
		G	۱۹/۷	۴۱/۷	۱۹/۱	۰/۱۱	۳۱۵	۱۸/۸
لاله	۲۰۱۰/۱۰/۲۳	A	۲۳/۲	۳۱/۱	۲۴/۸	۰/۷۸	۱۸۰	۲۸
		B	۲۳/۸	۲۹/۸	۲۷/۵	۰/۳۷	۱۳۵	۳۱/۷
		C	۲۴/۴	۲۶/۱	۲۸	۰/۱۹	۱۳۵	۳۰/۹
	۲۰۱۰/۱۰/۲۵	D	۲۳/۲	۲۵/۷	۲۴/۴	۰/۳۲	۱۱۲	۲۵/۷
		E	۲۳	۲۷/۳	۲۷/۱	۰/۲۶	۳۱۵	۳۱/۱

۲-۳- رابطه دمای تابشی محیط با "ضریب دید به آسمان"

به منظور همگن‌سازی متغیرهای اقلیمی اندازه‌گیری شده در روزها و ساعات مختلف، میانگین هر یک از متغیرها در ایستگاه‌ها محاسبه و از میزان اندازه‌گیری یا محاسبه شده در هر نقطه کسر گردید. بر اساس میزان همبستگی متغیرهای اندازه‌گیری و محاسبه شده محیطی-اقلیمی، رابطه معناداری میان "ضریب دید به آسمان" با متغیرهای رطوبت، سرعت باد و دمای هوا دیده نشد ($R^2=0.02$). در صورتی که میزان همبستگی دمای کروی و "میانگین دمای تابشی" با "ضریب دید به آسمان" به ترتیب برابر ۰/۳۲، ۰/۶۰ می‌باشد (نمودار ۲) بر این اساس با افزایش میزان "ضریب دید به آسمان" در فضاهای باز بوستان، تابش مستقیم سبب افزایش "میانگین دمای تابشی" می‌شود.

در بسیاری از پژوهش‌ها با رویکرد آسایش حرارتی کاربران، بر وجود رابطه معنادار بین دمای تابشی فضای باز و آسایش اقلیمی تأکید شده است. تغییر "میانگین دمای تابشی" فضای باز مورد استفاده کاربران در فضای شهری در برهه‌های زمانی و موقعیت‌های جغرافیایی به روی آسایش آنان تأثیر محسوسی دارد (Bryan, 2001; Lin, 2010; Thorsson, 2004). لذا کاهش دمای تابشی در فصول گرم برای اقلیم‌های مشابه تهران، در تحقق آسایش حرارتی کاربران، تأثیر مستقیم دارد.

نمودار ۲: همبستگی بین "ضریب دید به آسمان" با "میانگین دمای تابشی" و "دمای کروی"



۴. جمع بندی

پژوهش حاضر، بر پایه مطالعات میدانی در بوستان های شهر تهران به ارزیابی تاثیر "ضریب دید به آسمان" بر متغیرهای مؤثر بر آسایش حرارتی کاربران پرداخته است. مطالعه در سه مرحله صورت گرفت. در بخش نخست متغیرهای اقلیمی-محیطی با برداشت میدانی استخراج شد. سپس متغیر "ضریب دید به آسمان" و "میانگین دمای تابشی" محاسبه و در نهایت رابطه بین متغیرها تحلیل گردید. بر اساس یافته های پژوهش، نتایج زیر استخراج می گردد:

۱. دستیابی به روش های سریع دانش محاسبه و بررسی میزان "ضریب دید به آسمان" فضای باز شهری، در برنامه ریزی های شهری و طراحی مبتنی بر آسایش حرارتی، ضروری است.

۲. همبستگی رابطه میان "ضریب دید به آسمان" با "میانگین دمای تابشی" و "دمای کروی"، بیشتر از رابطه بین دید به آسمان و سایر متغیرهای اقلیمی می باشد. این دو متغیر از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان احساس آسایش حرارتی کاربران در فضای باز هستند.

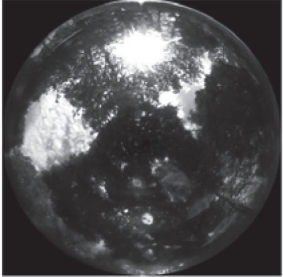

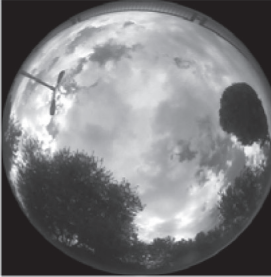
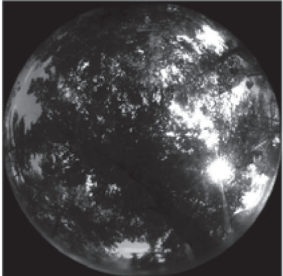
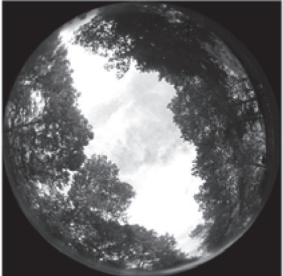
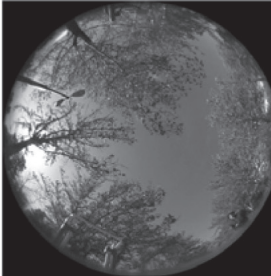
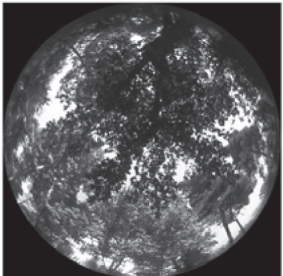
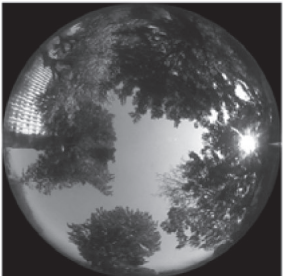
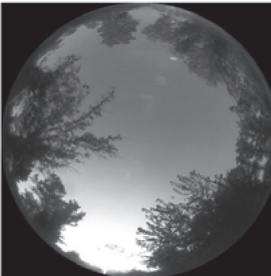
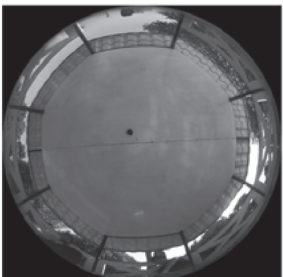
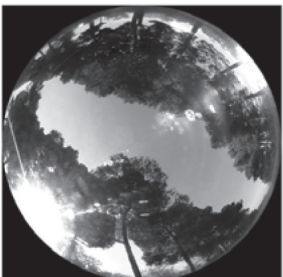
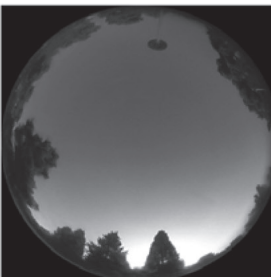
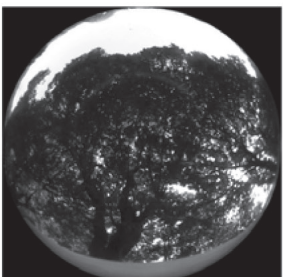
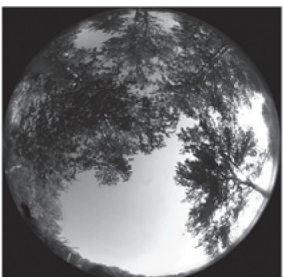
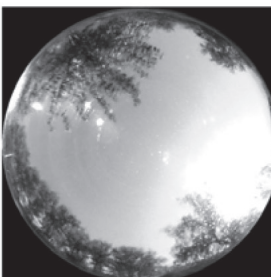
۳. در طی ساعات روز، همبستگی بالایی میان "میانگین دمای تابشی" و "ضریب دید به آسمان" وجود دارد و کاهش "ضریب دید به آسمان" سبب کاهش "میانگین دمای تابشی" می شود.

۴. موقعیت و ابعاد ابنیه مجاور فضاها، شکل سایبان، نحوه کاشت، نوع گونه های گیاهی و موقعیت استقرار فضاها، نشیمن بوستان های شهری در میزان "ضریب دید به آسمان" تأثیرگذار است. بنابراین برنامه ریزی و طراحی فضاها، شهری می بایست با توجه به تأثیر "ضریب دید به آسمان" در آسایش حرارتی کاربران در هر فصل خاص باشد.

نتایج پژوهش از مطالعات میدانی در بازه زمانی محدودی در فصل پاییز حاصل شده است. انتظار می رود انجام مطالعات مشابه در مقاطع مختلف زمانی و مکانی، از یک طرف سبب بسط دانش جهانی در این عرصه گردد و از سوی دیگر زمینه ساز تدوین ضوابط کاربردی طراحی فضاها، شهری، به ویژه شهر تهران باشد. بنابراین پیشنهاد می گردد پیرو این پژوهش، مطالعات گسترده تری در فصول مختلف سال صورت گرفته و میزان نسبت تأثیر "ضریب دید به آسمان" در کنار سایر متغیرهای مؤثر بر آسایش حرارتی کاربران در فضاها، باز شهری سنجیده شود.

پیوست

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

بوستان بعثت			
بوستان ملت			
بوستان شهر			
بوستان ساعی			
بوستان لاله			

- 1) Sky View Factor
- 2) Fish-Eye Lens
- 3) GPS
- 4) GIS
- 5) Malmo
- 6) Tama River Basin
- 7) Goteborg
- 8) Szeged
- 9) Lodz
- 10) Urban Heat Island
- 11) Microsoft Excel
- 12) SPSS
- 13) Sverdrup's Power Law
- 14) Hot Wire Anemometer
- 15) A Black-Painted Copper Sphere with a Diameter of 150 mm and a Thickness of 0.4 mm; with a "Standard Instruments; ST-130", Sensor at its Centre.
- 16) Lensatic Compass; Incense Sticks
- 17) Mean Radiant Temperature
- 18) Resolution

منابع

- ASHRAE (2001) "**ASHRAE Fundamentals Handbook 2001**", Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
- Barring, Lars, Mattsson, Jan O. & Lindqvist, Sven (1985) 'Canyon Geometry, Street Temperatures and Urban Heat Island in Malmö, Sweden', "**International Journal of Climatology**", 5: 433-444.
- Becker, P., Erhart, D. W. & Smith, A. P. (1989) 'Analysis of Forest Light Environments Part I. Computerized Estimation of Solar Radiation from Hemispherical Canopy Photographs', "**Agricultural and Forest Meteorology**", 44: 217-232.
- Brown, Michael J., Grimmond, Sue & Ratti, Carlo (2001) 'Comparison of Methodologies for Computing Sky View Factor in Urban Environments', "**International Society of Environmental Hydraulics Conference**", Arizona State University, Tempe, Arizona, USA.,
- Bruse, Michael & Fleer, Heribert (1998) 'Simulating Surface-Plant-Air Interactions inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model', "**Environmental Modelling and Software**", 13: 373-384.
- Bryan, Harvey (2001) "**Outdoor Design Criteria for the Central Phoenix/East Valley Light Rail Transit System**", Arizona, Arizona State University.
- Chapman, Lee, Thornes, John E. & Bradley, Andrew V. (2002) 'Sky-View Factor Approximation Using Gps Receivers', "**International Journal of Climatology**", 22: 615-621.
- Eliasson, I. (1992) 'Infrared Thermography and Urban Temperature Patterns', "**International Journal of Remote Sensing**", 13: 869-879.
- Gál, T, Rzepa, M, Gromek, B & Unger, J (2007) 'Comparison between Sky View Factor Values Computed by Two Different Methods in an Urban Environmen', "**Acta Climatologica et Chorologica**", 40-41: 17-26.
- Giridharan, R., Lau, S. S. Y., Ganesan, S. & Givoni, B. (2008) 'Lowering the Outdoor Temperature in High-Rise High-Density Residential Developments of Coastal Hong Kong: The Vegetation Influence', "**Building and Environment**", 43: 1583-1595.
- Grimmond, C., Potter, S., Zutter, H. N. & Souch, C. (2001) 'Rapid Methods to Estimate Sky-View Factors Applied to Urban Areas', "**International Journal of Climatology**", 21:03-913.
- Holmer, Bjorn, Postgard, U & Eriksson, M (2001) 'Sky View Factors in Forest Canopies Calculated with IDRIS', "**Theoretical and Applied Climatology**", 68: 33-40.

- Leung, Kam Shing & Steemers, Koen (2008) 'Estimating Average Sky View Factors of Urban Surfaces with Simple Geometric Parameters', "**The 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture**", Dublin.
- Lin, Tzu-Ping, Matzarakis, Andreas & Hwang, Ruey-Lung (2010) 'Shading Effect on Long-Term Outdoor Thermal Comfort', "**Building and Environment**", 45: 213–221.
- Matzarakis, Andreas, Rutz, Frank & Mayer, Helmut (2006) 'Modelling the Thermal Bioclimate in Urban Areas with the Rayman Model', "**The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture**", Geneva, Switzerland, 449-453.
- 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.
- Park, Hye-Sook (1987) 'Variations in the Urban Heat Island Intensity Affected by Geographical Environments.' "**Environmental Research Center papers**", Ibaraki, Japan: Environmental Research Center, The University of Tsukuba.
- Rzepa, Marcin (2009) 'The Map of Sky View Factor in the Center of Lodz', "**The 7th International Conference on Urban Climate**", Yokohama, Japan.
- Santos, Iara Gonçalves Dos, Lima, Henrique Gazzola De & Assis, Eleonora Sad De (2003) 'Comprehensive Approach of the Sky View Factor and Building Mass in an Urban Area of the City of Belo Horizonte, Brazil', "**The 5th International Conference on Urban Climate**", University of Lodz, Lodz, 367–370.
- Steyn, D.G. (1980) 'The Calculation of View Factors from Fisheye-Lens Photographs', "**Atmosphere-Ocean**": 254-258.
- Svensson, Marie K. (2004) 'Sky View Factor Analysis – Implications for Urban Air Temperature Differences', "**Meteorologische Zeitschrift**", 11: 201–211.
- Thorsson, Sofia, Lindqvist, Maria & Lindqvist, Seven (2004) 'Thermal Bioclimatic Conditions and Patterns of Behaviour in an Urban Park in Goteborg, Sweden', "**International Journal of Biometeorol**", 48: 149–156.
- Unger, Janos (2004) 'Intra-Urban Relationship between Surface Geometry and Urban Heat Island: Review and New Approach', "**Climatic Research**", 27: 253–264.
- Upmanis, Hillevi & Chen, Deliang (1999) 'Influence of Geographical Factors and Meteorological Variables on Nocturnal Urban-Park Temperature Differences', "**Climatic Research**", 13: 125–139.
- Watson, I. D. & Johnson, G. T. (1987) 'Graphical Estimation of Sky View-Factors in Urban Environments', "**International Journal of Climatology**", 7: 193-197.
- Yamashita, Shuji, Sekine, Kiyoshi, Shoda, Masahiro, Yamashita, Kohji & Hara, Yoshio (1986) 'On Relationships between Heat Island and Sky View Factor in the Cities of Tama River Basin, Japan', "**Atmospheric Environment**", 20: 681-686.