

تأثیر حرارتی - ادراکی شاخص ضریب آسمان قابل رویت با توجه به جهت گیری معابر شهری (نمونه موردی: معابر شهر اصفهان)

ارمغان احمدی ونهري^{۱*}

Ahmadi.armaghan@gmail.com

علی غفاری^۲

منصوره طاهباز^۳

حسن تقوایی^۴

بهرام صالح صدق پور^۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۳

چکیده

زمینه و هدف: رشد شهرنشینی پیامدهای متعددی به همراه داشته است که از آن جمله افزایش دمای شهرها است. در نتیجه افزایش استفاده از خنک کننده های مکانیکی و مصرف انرژی، مشکلات زیست محیطی و سلامتی از تبعات گریزناپذیر است. ضرورت استفاده از روش های تعدیل حرارت در طراحی شهرهای پایدار خصوصا تنظیم تابش دریافتی مورد تاکید است. در این راستا شاخص ضریب آسمان قابل رویت (SVF) به عنوان شاخصی کمی پیشنهاد می گردد. این پژوهش به دنبال تبیین نقش این شاخص در اقلیم شهری است. از آنجا که معابر شهری بیش ترین فضاها های شهری را شامل شده و در تنظیم حرارتی شهر اهمیت دارند، معابر در اقلیم گرم و خشک (اصفهان) در دو راستای شمالی جنوبی و شرقی غربی مورد بررسی قرار گرفته اند.

روش بررسی: دو شیوه بررسی های میدانی و شبیه سازی کامپیوتری مورد استفاده قرار گرفت. برداشت میدانی در ۱۷ معبر با عرض، محصوریت ها و میزان پوشش متنوع در تابستان ۹۳ صورت پذیرفت. در نرم افزار ENVI-met، ۵ گونه سازمان دهی گیاهی در سه محصوریت ۱، ۱/۲ و ۱/۴ شبیه سازی شد تا SVF به تفکیک گیاهی و کالبدی بررسی گردد. سه مرحله جمع آوری داده، محاسبه SVF (در برداشت های میدانی با محاسبه Rayman)، همگن سازی داده ها و در نهایت تحلیل آماری و منطقی در هر دو شیوه انجام شد.

-
- ۱- دکترای طراحی شهری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)
 - ۲- استاد گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.
 - ۳- دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.
 - ۴- دانشیار گروه معماری منظر، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.
 - ۵- دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شهید رجایی تهران، ایران.

یافته ها: حداقل ضریب آسمان قابل رویت مطلوب برای اصفهان ۰/۶ است که می تواند با گیاه و یا ساختمان ایجاد شود. از طرف دیگر موثر ترین ضریب در کاهش دما ضریب های کم تر از ۰/۲ می باشند، بنابراین وجود ساباط ها با SVF در حدود صفر در این اقلیم تمهید سنتی هوشمندانه ای بوده است.

بحث و نتیجه گیری: از نتایج این پژوهش تاثیر مستقیم و بیش تر SVF بر دمای تابش، دمای سطح، دمای بیولوژیک، احساس حرارتی و در مقایسه با دمای هوا می باشد. که مبین ناکارا بودن دمای هوا به عنوان تنها متغیر بررسی تعدیل حرارت شهرهاست. تاثیر این شاخص در معابر شرقی غربی بیش تر از شمالی جنوبی بوده و تعدیل حرارتی با شیوه کالبدی (افزایش تراکم و ارتفاع کالبد پیرامون معابر) در معابر شمالی جنوبی و استفاده از پوشش سبز سایه انداز در معابر شرقی - غربی کارا ترین اثر را در تعدیل حرارت دارند.

واژه های کلیدی: طراحی شهری پایدار؛ تعدیل حرارت؛ ضریب آسمان قابل رویت؛ معابر شهری؛ سبزینگی شهری.

The heating and feeling effect of Sky View Factor (SVF) based on the direction of urban streets (Case study: Isfahan streets)

Armaghan Ahmadi Venhari^{1*}

Ahmadi.armaghan@gmail.com

Ali Ghaffari²

Mansoureh Tahbaz³

Hasan Taghvai⁴

Bahram Saleh Sedghpour⁵

Admission Date: November 8, 2016

Date Received: January 23, 2016

Abstract

Background and Objective: Growing urbanization has different consequences which one of them is increasing the temperature of cities thus, more usage of mechanical air-condition, more energy consumption and environmental and health consequences are inevitable. The necessity of thermal mitigating methods in designing sustainable cities, especially by adjusting received radiation, has been emphasized. Therefore, Sky View Factor (SVF) as a quantitative index has been proposed. Considering the fact that, urban streets have the largest area among other urban spaces and play an important role in thermal comfort in cities, streets in hot and dry climate (Isfahan) in two directions of N-S and E-W were selected.

Method: In this study, field studies and simulation have been applied. Field study has been conducted in 17 streets with different width, closeness and green coverage, in summer 2014. In ENVI-met 5 green arrangements in 3 closeness scale (1, 1/2, 1/4) were simulated to investigate green and physical SVF separately. Data gathering, calculating SVF (Rayman has been applied in field study), homogenizing data and statistical and logical analysis between variations, in the procedure applied in both methods.

Findings: The minimum SVF, which is effective to heat mitigation in Isfahan, is 0.6, which can be greenery or buildings. In addition, the most effective SVF is less than 0.2. As a result, Sabat with SVF equals to zero have been a traditional smart choice in this climate.

Discussion and Conclusion: Finally, the results indicate a relatively high accuracy of three methods in estimating the transmission potential for land use and land cover changes, but according to the

1- PhD of urban design, Faculty of Architecture and Urban planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
*(Corresponding author)

2- Professor of urban design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor of architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

4- Associate Professor of Landscape, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

5- Associate Professor of educative psychology, Shahid Rajaei University, Tehran, Iran.

kappa coefficients, the accuracy of Similarity Weighted Instance based Learning method more than the other two methods.

Keywords: Sustainable urban design, Thermal mitigation, Sky view factor, Urban streets, Green space.

مقدمه

در معابر شهری با توجه به جهتگیری می باشد. و امید است نتایج این پژوهش گامی به سوی طراحی شهرهای پایدار باشد. بر این اساس پس از مرور ادبیات مرتبط و پیشینه تحقیق به دو روش مطالعات میدانی و شبیه سازی به بررسی میزان اثر SVF بر داده های اقلیمی متنوع پرداخته شده است. نمونه مورد بررسی شهر اصفهان در اقلیم گرم و خشک است که افزایش مصرف انرژی در تابستان در آن افزایش چشم گیری دارد. معبر شهری به عنوان آن بخش از فضای شهری که بیش ترین مساحت فضاهای شهری را در بر گرفته است مورد بررسی قرار گرفته است.

پیشینه پژوهش

ضریب دید به آسمان قابل رویت با روش های متعددی قابل محاسبه است که معمول ترین این روش ها امروزه استفاده از تصویر برداری کروی و وزن دهی به پیکسل های تصویر و مشخص نمودن ضریب دید به آسمان است. چگونگی استفاده از این روش در تصویر ۱ دیده می شود. این ضریب در روی زمین تا روی سقف اتومبیل و ارتفاع قد نرمال انسان و ارتفاع ۱/۲ اندازه گیری می شود (۶) در قدیمی ترین روش با محاسبه بر اساس نسبت محصوریت محاسبه می گردید (۷). روش های جغرافیایی و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GPS و داده های ماهواره ای (۸) نیز از سایر روش های دستیابی به ضریب آسمان قابل رویت است. به دلیل پیچیده بودن این مراحل نرم افزارهای متفاوتی مانند Rayman, IDRISI در محاسبه مورد استفاده قرار دارند. مطالعات بسیاری به بررسی تاثیر ضریب دید به آسمان و اقلیم شهری پرداخته اند و میزان اثرگذاری بر داده های اقلیمی را از جنبه های گوناگون بررسی کرده اند. در برخی مطالعات جنبه های تاثیرگذاری ضریب دید به آسمان در روز و شب با یکدیگر مقایسه شده اند و ملاک

بحران افزایش دمای زمین و به دنبال آن افزایش دمای شهرها نسبت به فضاهای پیرامونی آن ها از دغدغه های بسیار مهم زیست محیطی به شمار رفته و در سال ۲۰۱۵ نیز بزرگ ترین گردهمایی سران کشورها را به دنبال داشت. این افزایش دما تبعات بسیاری را به دنبال دارد. دمای بالا در محیط های شهری می تواند بر سلامت، اقتصاد، تفریح و در کل کیفیت زندگی تاثیرگذار باشد. دروگه رابطه بین مصرف انرژی و تغییرات اقلیمی شهرها را متقابل می داند و انقلاب عصر حاضر را انقلاب معکوس می نامد. انقلاب معکوس پیشنهاد دهنده؛ جهانی سریعتر، امن تر، اقتصادی تر و کم کننده تهدیدهای محیطی بیش تری است (۱). بر همین اساس کنترل دمای هوای شهرها خصوصا در تابستان در راستای کاهش مصرف انرژی از جمله مسایلی است که نباید از طرف تمامی تصمیم سازان شهری مورد غفلت قرار گیرد. طراحی شهری به عنوان تخصصی بین رشته ای در این میان می تواند نقش مهمی بازی نماید. تعدیل حرارتی برپایه کنترل کالبد شهری از مسایلی است که در تحقیقات بسیاری به اثبات رسیده است. (۲-۴) یکی از شاخص های مطرح به عنوان شاخص کمی موثر بر تعدیل حرارت، شاخص آسمان قابل رویت است که خود ضرورت بررسی تدقیقی آن را در فضای شهری تبیین می نماید. شاخص آسمان قابل رویت که با علامت بین المللی Sky View Factor (SVF) شناخته می شود، نسبت میزان آسمان قابل رویت از نقطه مشخص را بیان می کند. این نسبت از بازتاب افقی متناظر با کره آسمان به دست می آید (۵). این شاخص که عددی بین صفر و یک را شامل می شود، از دهه ۸۰ در مطالعات کالبدی، تراکم شهری و خرد اقلیم شهری مطرح شده است. هدف از این تحقیق بررسی تفکیک ضریب آسمان قابل رویت گیاهی و کالبدی و استخراج میزان بهینه آن

این پژوهش نشان می دهد، درختچه هایی که ۱۰٪ تا ۱۵٪ محوطه به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع را پوشش می دهند و ضریب دید به آسمان آن ها ۰/۱-۰/۲۵ است تاثیر بیش تری در کاهش دمای محیطی دارند و برای کاهش دمای ۰/۵ درجه ای، پیشنهاد افزایش ۰/۲۵-۰/۴۰ پوشش گیاهی بوستان را می دهد (۱۶). پژوهش در این زمینه در بوستان های تهران انجام شده و تاثیر SVF بر خرد اقلیم را به اثبات رسانده است (۱۷). پژوهش حاضر با بهره گیری از روش های انجام شده در پژوهش های مشابه به تاثیرگذاری SVF در معابر شرقی- غربی و شمالی - جنوبی و به دو شکل کالبدی و گیاهی بوده و در پی یافتن راه حل های اجرایی می باشد.

روش تحقیق

این پژوهش در دو بخش برداشت های میدانی و شبیه سازی مبتنی است. ابتدا رابطه متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی با ضریب آسمان قابل رویت بر پایه برداشت های میدانی حاصل شده و به تفکیک جهت گیری معبر شمالی - جنوبی و شرقی - غربی مورد بررسی قرار گیرد. سپس با کنترل دقیق تر عوامل مداخله گر به تاثیر تفکیکی ضریب آسمان قابل رویت کالبدی و گیاهی با توجه به جهت گیری معبر پرداخته می شود.

برداشت های میدانی

برداشت های میدانی در ۵ حوزه شهری و در کل در ۱۷ خیابان انجام گرفت که از این تعداد ۹ خیابان شمالی - جنوبی و ۸ خیابان شرقی - غربی برداشت های میدانی در تاریخ ۳۰ تیرماه - ۳ مرداد در چهار روز بدست آمد نقاط برداشت شده در هر معبر در جدول ۱ نشان داده شده است. هر معبر داده ها در صبح بین ساعات ۸-۱۰ ظهر ۱۲-۱۴، عصر ۵-۶ و شب ۹-۱۰ و با تیم سه نفره در هر روز برداشت گردید سپس با استفاده از نرم افزار Rayman 1.2 عکسهای کروی تحلیل شده و ضریب آسمان قابل رویت به عدد تبدیل شد. در تجزیه تحلیل های آماری از نرم افزار Spss, Excel استفاده شد. در ادامه به صوت تدقیقی تر روش تحقیق بیان می شود.

اقلیمی دمای هوا بوده است. در آخرین جمع بندی انجام شده بر ضریب آسمان قابل رویت بر آمده از مرور ادبیات در سال ۲۰۱۶ به چاپ رسیده بیان گردیده که کاهش این شاخص و نزدیک شدن آن به صفر با کاهش دما و اثر خنک کنندگی در روز و افزایش دما و ایجاد جزایر حرارتی در شب را به همراه دارد (۹). دسترسی کم تر حاصل از نفوذ کم تر تابش به فضای شهری عامل موثر بر کاهش دمای هوا در روز. در مقابل در شب با ضریب دید به آسمان کم تر، امواج طول موج بلند با محدودیت روبرو شده و حرارت قادر به انتقال راحت نبوده و در حقیقت تله حرارتی و در نتیجه جزیره حرارتی اتفاق می افتد. در پژوهشی که در بیجینگ چین انجام شد رابطه مستقیم میان دمای روز و ضریب آسمان قابل رویت بدست آمد این پژوهش نیز رابطه معکوسی را در زمستان نشان می دهد (۱۰). در عین حال پژوهش گران میزان اثر را بر آمده از زمینه دانسته و در همه شرایط محیطی یکسان ارزیابی نکرده اند. در پژوهش مشابهی تنظیم ضریب دید به آسمان را بر آمده از میزان ارتفاع ساختمان ها و تراکم و یا گیاه را یکی از روش های موثر در کاهش جزایر حرارتی در مرکز شهرهای بزرگ معرفی می نماید (۱۱). مطالعات دیگری رابطه آسایش حرارتی و ضریب آسمان قابل رویت را در تایلند و یونان مورد بررسی قرار دادند، حاکی از آن بودند که افزایش SVF با شرایط نامطلوب تری در تابستان و مطلوب تری در زمستان همراه است (۱۲، ۱۳). به عبارتی می توان چنین نتیجه گیری کرد که با توجه به ضرورت اقلیم محلی باید این ضریب مناسب سازی شود. برای مثال شهری با تابستان داغ و زمستان معتدل میزان SVF کم تری نسبت به شهری در اقلیم سرد که به ندرت تابستان دمای بالایی میابد نیاز دارد. مطالعات دیگری تاکید بر اثرگذاری بیش تر SVF بر دمای سطح اشاره شده (۱۴) و همبستگی قوی تری را نشان می دهد. این در حالی است که در برخی تحقیقات رابطه دمای هوا و SVF رابطه قوی دیده نشده است (۱۵). در پژوهشی تأثیر شش متغیر بازتاب کف، " ضریب دید به آسمان "، موقعیت جغرافیایی، پوشش درختچه ها، پوشش درختان و میانگین ارتفاع مجتمع ها بررسی گردید. یافته های

فضاهای مورد مطالعه

بر اساس میانگین نقاط برداشت شده در معابر بوده و مجموعه ای از گیاهی و کالبدی است چراکه روش دقیقی برای تفکیک آن ها به جز همان روش شبیه سازی که از آن استفاده شد وجود ندارد. ویژگی این معابر در جدول ۱ آمده است.

معابر انتخابی در حوزه های متفاوت شهری و با محصوریت و چیدمان گیاهی متنوع نیز از معیارهای انتخاب بوده اند. به گونه ای که تنوعی از SVF وجود داشته باشد. SVF محاسبه شده

جدول ۱- ویژگی های معابر مورد بررسی قرار گرفته

Table1. The properties of studied streets

حوزه	معبر	تعداد نقاط برداشت شده	عرض معبر	میانگین ضریب دید به آسمان	میزان پوشش گیاهی	جهت معبر
۱	چهارباغ عباسی	۳۰	۴۳	۰/۴۱	۶۷	شمالی - جنوبی
	شیخ بهایی	۲۱	۲۰	۰/۵۹	۳۸/۵	شرقی - غربی
	شمس آبادی	۲۱	۲۵	۰/۶۱	۳۴	شمالی - جنوبی
	مادی عالم آلا	۱۵	۱۲	۰/۳۳	۹۱	شرقی - غربی
	آمادگاه	۱۸	۲۰	۰/۴۶	۳۷	شرقی - غربی
	باغ گلدسته	۲۱	۳۵	۰/۸۲	۱	شمالی - جنوبی
۲	شیخ صدوق	۲۴	۳۵	۰/۵۸	۵۸	شمالی - جنوبی
	آزادی	۴۲	۳۰	۰/۶	۴۲	شرقی - غربی
	فرایبورگ	۳۰	۳۵	۰/۷۶	۱۱	شمالی - جنوبی
۳	مادی نیاصرم	۲۱	۲۰	۰/۲۲	۹۴	شرقی - غربی
	عباس آباد	۱۸	۱۵	۰/۲۸	۸۲	شرقی - غربی
۴	عبدالرزاق	۳۰	۳۵	۰/۶۷	۱۹	شرقی - غربی
	هاتف	۲۱	۲۵	۰/۵۶	۲۷	شمالی - جنوبی
	مشیرالدوله	۲۱	۱۵	۰/۶۲	۰	شرقی - غربی
۵	دقیقی	۱۸	۳۵	۰/۷۳	۹	شرقی - غربی
	مادی نایچ	۱۸	۲۰	۰/۵۴	۸۵	شمالی - جنوبی
	خاقانی	۱۸	۱۵	۰/۴۱	۲۵	شرقی - غربی

روش اندازه گیری و محاسبه:

این پژوهش گزینه دوم مورد استفاده قرار گرفت. در نقطه مبنی از دستگاههای Easy log , Kestrel استفاده شد. که داده های اتومات را هر ۳۰ ثانیه ثبت نمودند. برای برداشت های میدانی، باد، دمای هوا و دمای کروی با دست ثبت شده و رطوبت اتوماتیک هر ۳۰ ثانیه ثبت گردید. تمامی دستگاهها بر روی پایه در ارتفاع 1/2 متر نصب گردیدند تا دما و رطوبت زمین اثر کم تری داشته و دمای ادراکی قابل محاسبه باشد.

در روش اندازه گیری از روش CTTC استفاده شد (۱۸) بدین معنی که زمانی که برداشت ها قابلیت اندازه گیری در یک زمان واحد را نداشته باشند، برداشت های انجام یافته با نقطه مبنایی که در همان حوزه بوده و تحت تاثیر محیط کالبدی یا مصنوع نیست مقایسه می شوند. در این روش فضای باز یا میدان نزدیک به حوزه برداشت و یا پشت بام یک طبقه ای که سایه گیاهی یا ساختمانی روی آن نباشد انتخاب می شود. در

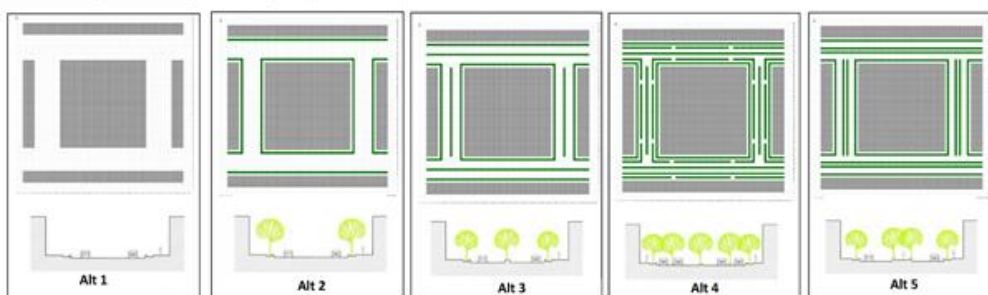
جدول ۲- دستگاه های مورد استفاده در ثبت داده های اقلیمی

Table 2. The instruments of climate recording

شرکت کالیبره کننده	روش ذخیره	میزان خطا	دستگاه	واحد	متغیر
Kestrel Meters	اتوماتیک	1°C/0±	Kestrel 4500	°C	دمای هوا
KIMO instrument	دستی	3°C/0±	Kimo-VT100-1		
UMTC	دستی	6°C/0±	Heat index WBGT meter 8758		
Lascar Electronics	اتوماتیک	±3%	EasyLog. EL-USC-2-LCD	%	رطوبت نسبی
KIMO instrument	دستی	05/0±	Kimo-VT100-1	m/s	باد
Kestrel Meters	دستی	1/0±	Kestrel 4500		
UMTC	دستی	5°C/1±	Heat index WBGT meter 8758	°C	دمای کروی

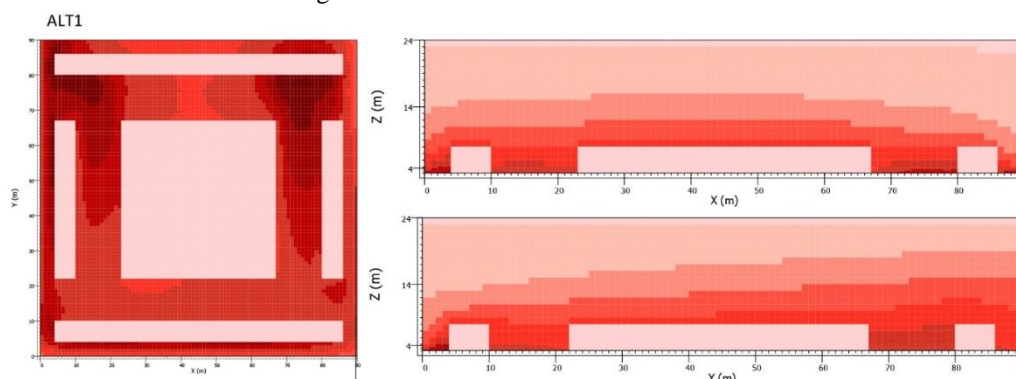
فضا و هدف از شبیه سازی برای محصوریت های متفاوت تفاوت در ضریب دید به آسمان کالبدی بود. نرم افزار قادر به تفکیک دقیق SVF گیاهی از کالبدی (ساختمانی) بود.

بر طبق یافته های پژوهش " هولمر " کیفیت وضوح تأثیر < 1/4 به عنوان میانگین موثر ادراک انسانی انتخاب گردید. هدف از وجود آلترناتیوهای ۵ گانه تبیین تفاوت بین ضریب دید به آسمان های گیاهی متنوع و تاثیر اقلیمی چیدمان گیاهی در



شکل ۱- گزینه های شبیه سازی شده در محیط ENVI-met

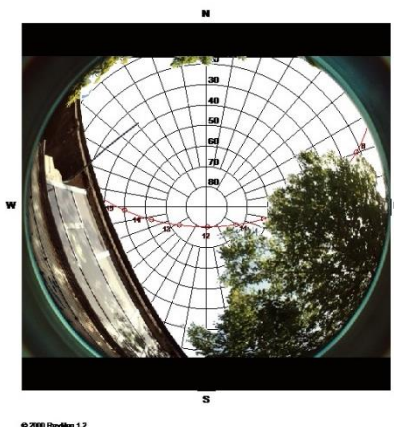
Figure 1. Simulated alternatives in ENVI-met



شکل ۲- حوزه های همدم در مقطع (سمت راست) و پلان (سمت چپ) در گزینه ۱ در ساعت ۱۳، شبیه سازی در محیط

ENVI-met

Figure 2. Same thermal areas, Section in right and plan in left, for Alt1 at 13:00, Simulated in ENVI-met



شکل ۳- استفاده از عکس کروی در محاسبه ضریب آسمان قابل رویت در نرم افزار Rayman

Figure 3. Spherical photos in calculating Sky View Factor (SVF) by Rayman software

یافته ها

یافته های پژوهش در دو بخش یافته های حاصل از یافته های پژوهش میدانی و شبیه سازی مطرح شده و در بخش نتیجه گیری یافته های این دو بخش مقایسه و استنتاج نهایی گرفته می شود.

یافته های حاصل از برداشت های میدانی: متغیرهای

اقلیمی - محیطی - ادراکی

در بخش تحلیلی یافته های حاصل از برداشت های میدانی، از روش CTT استفاده گردید. به علاوه با استفاده از تصاویر کروی برای نقاط برداشت شده استفاده شد و ضریب آسمان قابل رویت آن با استفاده از نرم افزار Rayman محاسبه شد. نمونه آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. داده های دما و رطوبت در همان زمان و مکان وارد شده و

یافته های پژوهش در دو بخش یافته های حاصل از یافته های پژوهش میدانی و شبیه سازی مطرح شده و در بخش نتیجه گیری یافته های این دو بخش مقایسه و استنتاج نهایی گرفته می شود.

یافته های حاصل از برداشت های میدانی: متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی در بخش تحلیلی یافته های حاصل از برداشت های میدانی، از روش CTT استفاده گردید. به علاوه با استفاده از تصاویر کروی برای نقاط برداشت شده استفاده شد و ضریب آسمان قابل رویت آن با استفاده از نرم افزار Rayman محاسبه شد. نمونه آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. داده های دما و رطوبت در همان زمان و مکان وارد شده و

یافته های حاصل از برداشت های میدانی: متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی در بخش تحلیلی یافته های حاصل از برداشت های میدانی، از روش CTT استفاده گردید. به علاوه با استفاده از تصاویر کروی برای نقاط برداشت شده استفاده شد و ضریب آسمان قابل رویت آن با استفاده از نرم افزار Rayman محاسبه شد. نمونه آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. داده های دما و رطوبت در همان زمان و مکان وارد شده و

یافته های حاصل از برداشت های میدانی: متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی در بخش تحلیلی یافته های حاصل از برداشت های میدانی، از روش CTT استفاده گردید. به علاوه با استفاده از تصاویر کروی برای نقاط برداشت شده استفاده شد و ضریب آسمان قابل رویت آن با استفاده از نرم افزار Rayman محاسبه شد. نمونه آن در شکل ۳ قابل مشاهده است. داده های دما و رطوبت در همان زمان و مکان وارد شده و

جدول ۳- معادل عددی - معنایی احساس حرارتی (۱۹)

Table 3. Numerical-meaning equivalent of thermal feeling

میزان استرس حرارتی فیزیولوژیک	احساس حرارتی	PET (°C)	PMV
استرس بیش از حد - سرد	خیلی سرد	4	5/-3
استرس قوی - سرد	سرد	8	5/-2
استرس متوسط - سرد	خنک	13	5/-1
استرس ضعیف - سرد	کمی خنک	18	5/-0
بدون استرس حرارتی	آسایش حرارتی	23	5/0

استرس ضعیف - گرم	کمی گرم	29	5/1
استرس متوسط - گرم	گرم	35	5/2
استرس قوی - گرم	داغ	41	5/3
استرس بیش از حد - گرم	بسیار داغ	41 <	3/5 <

حد گرمایی است. همچنین با تغییر SVF می توان تا ۱۰ درجه در میانگین دمای فیزیولوژیک و ۳/۱ واحد در احساس گرما تعدیل ایجاد نمود.

در جدول ۴، معابر به ترتیب میانگین ضریب آسمان قابل رویت مرتب شده اند و این ضریب ما بین ۰/۸۲ و ۰/۲۲ متغیر است. بررسی نشان دهنده ضرورت توجه به تکنیک های تعدیل حرارت در اصفهان به دلیل قرارگیری در بازه استرس بیش از

جدول ۴- میانگین میزان متغیرهای اقلیمی- محیطی - ادراکی به تفکیک معابر

Table 4. The average of climatic-environmental variables based on streets

نام معبر	SVF	ΔT_a	ΔT_s	ΔT_{mrt}	ΔPET	Ave.PET	PMV
باغ گلداسته	۰/۸۲	۳/۷	-۰/۲۹	۰/۴۲	۱/۶	۵۵/۶	۷/۸
فرایبورگ	۰/۷۶	۳/۰۵	-۱/۶۵	۰/۵۶	۱/۹	۵۷/۱	۷/۳
دقیقی	۰/۷۳	۱/۶۱	-۲/۱۷	۰/۳۵	۱/۶۳	۵۷/۲	۷/۱
عبدالرزاق	۰/۶۷	۱/۴۲	-۴/۳۲	-۱/۷۸	-۱/۱۲	۵۴/۳	۶/۶
مشیرالدوله	۰/۶۲	۲/۱۵	-۰/۲	۰/۵۴	-۰/۶۱	۵۶/۱۹	۷/۳
شمس آبادی	۰/۶۱	-۰/۹۲	-۵	-۱/۷	-۱/۱۴	۵۱/۷۶	۶/۸
آزادی	۰/۶	-۲/۶	-۴/۴۲	-۳/۷	-۳/۷۹	۵۰/۱۱	۵/۹
شیخ بهایی	۰/۵۹	۰/۹۳	-۵/۵۱	-۳/۸۸	-۰/۶	۵۲	۶/۴
شیخ صدوق	۰/۵۸	۱/۹۶	-۵/۷	-۴/۴۵	-۱/۴	۵۱/۷۵	۶/۷
مادی نایچ	۰/۵۴	-۲/۳	-۱۳/۸۷	-۷/۵۳	-۴/۵	۴۷/۹	۵/۲
آمادگاه	۰/۴۶	-۱/۱۴	-۱۰/۱۸	-۶/۳۶	-۲/۲۲	۵۲/۱۸	۶/۲
چهارباغ عباسی	۰/۴۱	-۱/۱۴	-۱۰/۴۲	-۷/۵	-۲/۲	۵۰/۷	۵/۵
خاقانی	۰/۴۱	۰/۸۴	-۱۲/۳۵	-۸/۶	-۳/۵۶	۵۰/۳۳	۵/۴
مادی عالم آلا	۰/۳۳	-۱/۰۷	-۱۲/۳۲	-۹/۴	-۵/۰۲	۴۹/۳۸	۴/۹
عباس آباد	۰/۲۸	-۲/۰۷	-۱۳/۵۸	-۷/۶۴	-۶/۳	۴۷/۷	۵/۱
مادی نیاصرم	۰/۲۲	-۳/۰۸	-۱۳/۳۰	-۱۲/۳۹	-۶/۹۷	۴۵/۴۳	۴/۷

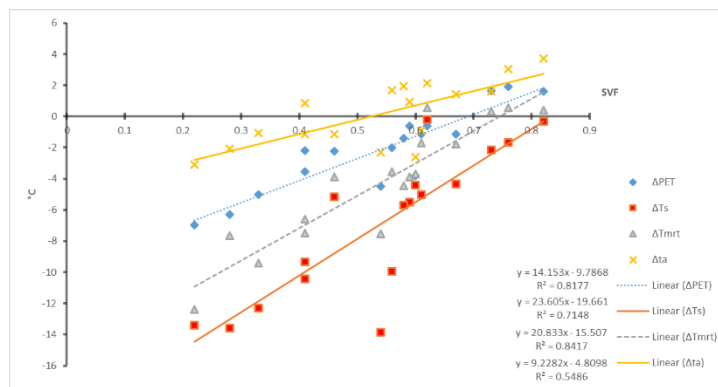
رابطه شاخص ضریب آسمان قابل رویت و متغیرهای اقلیمی- محیطی - ادراکی معناداری و نیز میزان همبستگی متغیرها با ضریب آسمان قابل رویت محاسبه گردید که در این راستا یک بار بدون توجه به جهت گیری معابر صرفا با تکیه بر تاثیر SVF محاسبه گردید و

سپس به تفکیک با توجه به جهت گیری معبر شمالی - جنوبی و شرقی - غربی. همان گونه که تحلیل رگرسیون نمودار ۱ دیده می شود، کم ترین میزان همبستگی میان دمای هوا و SVF دیده می شود. که می تواند به دلیل عوامل مهم دیگری باشد که دمای هوا را تحت تاثیر قرار می دهد از آن جمله کاربری

مادی نیاصرم

خروجی حاصل از شبیه سازی گردید. با R^2 برابر با ۰/۸۵
معناداری و همبستگی قوی میان آن ها دیده شد.

زمین است. بیش ترین میزان همبستگی میان متوسط دمای
تابش و ضریب آسمان قابل رویت دیده شد و تاییدی بر



نمودار ۱- بررسی همبستگی و معادله رگرسیون متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی با ضریب آسمان قابل رویت

Diagram 1. The correlation and regression equation of climatic-environmental - feeling variables with sky view factor

فیزیولوژیک و میزان احساس حرارت در معابر شرقی - غربی با
SVF و میزان سبزیگی بیش از معبر شمالی - جنوبی است. از
طرف دیگر تاثیر میزان سبزیگی در معبر شرقی - غربی موثر تر
از شمالی - جنوبی است. این معنی داری در جدول ۷ دیده می
شود.

مقایسه میان معابر شرقی - غربی و شمالی جنوبی حاکی از آن
است که دمای هوای معابر شمالی - جنوبی بیش از شرقی -
غربی وابسته به SVF و میزان سبزیگی است. این همبستگی
با SVF، همبستگی ضعیف تری نسبت به پوشش گیاهی
است. در مقابل تقریباً همبستگی دمای تابش و SVF در هر
دو گونه معبر زیاد است و در مقابل همبستگی دمای

جدول ۶- همبستگی متغیرهای اقلیمی - محیطی - ادراکی با ضریب آسمان قابل رویت با توجه به جهت گیری

Table 6. The correlation of climatic-environmental - feeling variables with sky view factor based on street direction

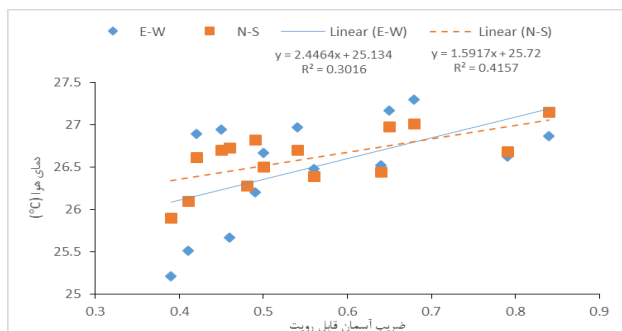
معنی داری رابطه R^2 متغیرها با درصد فضای سبز					معنی داری رابطه R^2 متغیرها با SVF					جهت گیری
PMV	Δ PET	Δ T _s	Δ T _{mrt}	Δ T _a	PMV	Δ PET	Δ T _s	Δ T _{mrt}	Δ T _a	
۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۸۴	۰/۵۸	شمالی - جنوبی
۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۶۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۴۱	شرقی - غربی
۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۸۴	۰/۵۴	کل

یافته های حاصل از شبیه سازی

انتخاب درگیری متغیرهای متعدد اقلیمی در دمای تابش است
و از رابطه زیر به دست می آید.

$$T_{mrt} = [(T_g + 273/15)^4 + 2/5 * 108 V_a^{0.6} * (T_g - T_a)] * 0.25 - 273/15$$

در خروجی شبیه سازی های انجام شده علاوه بر دمای هوا،
دمای تابشی نیز مورد توجه و تاکید قرار گرفت. علت این

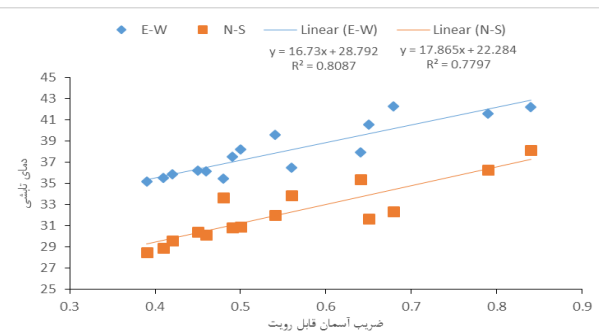


نمودار ۳- همبستگی متوسط دمای هوا با ضریب آسمان

قابل

Diagram 3. The correlation of radiant temperature with SVF

قوت از شرقی-غربی بود. در مقابل همبستگی دمای تابش با ضریب آسمان قابل رویت به مراتب قوی تر بوده و در معابر شرقی-غربی این همبستگی بیش تر از شمالی - جنوبی است. مقایسه بعدی انجام یافته، مقایسه تفاوت ضریب آسمان قابل رویت با محصوریت ثابت است به گونه ای که در ضریب آسمان قابل رویت برآمده از کالبد ثابت مبین تاثیر افزایش پوشش گیاهی در مسدود کردن دید به آسمان است. در این راستا در هر سه محصوریت، میزان خنک کنندگی گیاهی به دست آمد. برای مشخص کردن این میزان خنک کنندگی دمای گزینه اول که بدون گیاه بوده و SVF کل و کالبدی آن یکی است و SVF گیاهی آن صفر است به عنوان مبنی در نظر گرفته شده و متوسط دمای نقاط سایر گزینه ها نسبت به آن بدست آمد. از آنجایی که این میزان اثر در دمای تابشی بیش تر و اثر آن بر دمای ادراکی ثابت شده است. دمای تابشی گزینه ها مقایسه شد. نمونه محصوریت ۱/۴ آن در نمودار ۴ نشان داده شده است. همان گونه که از نمودار مشخص است با افزایش SVF گیاهی میزان خنک کنندگی در معابر شرقی-غربی به مراتب بیش تر از شمالی جنوبی است. ورود مسیر سبز در معبر شمالی جنوبی تاثیر حدود دو درجه ای داشته اما افزایش میزان آن به اندازه افزایش سبزیگی در معابر شرقی- غربی خنک کننده نیست. در تمامی محصوریت ها همین نتیجه به دست آمد.

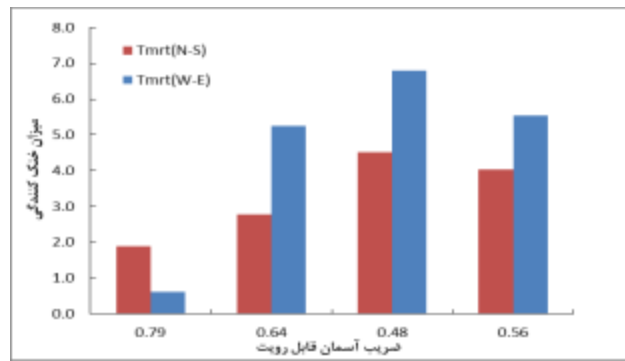


نمودار ۲- همبستگی متوسط دمای تابش با ضریب آسمان

قابل رویت

Diagram 2. The correlation of air temperature with SVF

در رابطه بالا T_a دمای هوا بر حسب درجه سانی گراد، V_a سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و T_g بر حسب دمای کروی است. البته این دما نیز از خروجی های نرم افزار به شمار می رود و در تحلیل ها از آن استفاده شد مقایسه ساده دمای هوا در معابر شمالی و جنوبی برخلاف انتظار دمای هوای بالاتری را نسبت به معابر شرقی-غربی نشان می دهد. گرچه این اختلاف به ندرت به یک درجه سانتی گراد می رسد. متوسط دمای هوا در معابر شمالی جنوبی ۲۸/۹۸ بدست آمد این در حالی است که این متوسط در معابر شرقی- غربی ۲۷/۱۴ بوده است. در مقابل دمای تابشی در معابر شرقی-غربی تفاوت واضحی را نشان داده و دمای تابشی در معابر شرقی - غربی به مراتب بیش تر از معابر شمالی جنوبی است. متوسط دمای تابش در معابر شمالی - جنوبی ۳۵/۴۵ بوده در حالی که در معابر شرقی- غربی این متوسط برابر با ۳۸/۸۸ به دست آمد و تفاوت قابل توجهی را نشان می دهد. پژوهش های بسیاری نیز بر دمای تابشی به عنوان شاخص موثر بر آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری تاکید نمودند. (۱۳، ۲۰) مقایسه شبیه سازی های انجام شده در دو راستا انجام شد. در ابتدا رابطه میان ضریب آسمان قابل رویت و متوسط دمای هوا بررسی گردید و این رابطه در دو جهت گیری خیابان شمالی-جنوبی و شرقی-غربی بررسی شد. رابطه همبستگی قوی میان دمای هوا و ضریب دید به آسمان دیده نشد گرچه این رابطه در معابر شمالی - جنوبی



نمودار ۲- میزان خنک کنندگی با توجه به ضریب آسمان قابل رویت

Diagram 4. The cooling effect based on SVF

افزایش محصوریت تاثیر به سزایی بر دمای تابشی دارد. میزان اثر محصوریت در معابر شمالی- جنوبی بیش تر از معابر شرقی- غربی می باشد.

مقایسه بعدی انجام یافته در شبیه سازی مقایسه محصوریت ها و تاثیر دمایی آن است. در این حالت محصوریت های مختلف مورد بررسی قرار گرفته اند. همان گونه که از نمودارهای ۵ نشان داده شده است،



نمودار ۵- متوسط دمای تابش در معابر شمالی- جنوبی (سمت راست) و شرقی- غربی (سمت چپ) با توجه به محصوریت

های متفاوت

Diagram 5. The Average of radiant temperature in E-W (left) and N-S (right) based on streets enclosure

نتیجه گیری

کالبدی و گیاهی با داده های اقلیمی در دو بخش برداشت های میدانی و شبیه سازی انجام گرفت که نتایج یکدیگر را تایید نمودند. موارد زیر نتیجه تحلیل ها هستند:

- وجود استرس بالای حرارتی در معابر اقلیم گرم و خشک اصفهان و تاثیرگذاری ضریب آسمان قابل رویت چه به صورت کالبدی و چه گیاهی در تعدیل آن به اثبات رسید. میزان خنک کنندگی حداکثر ۳ درجه ای در دمای هوا در

افزایش دمای شهرها و تبعات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن ضرورت بررسی روش های تعدیل حرارت را ایجاد می کند. در اقلیم گرم و خشک مصرف انرژی جهت تعدیل استرس حرارتی در فصل تابستان میزان قابل توجهی است. تنظیم تابش دریافتی فضاهای شهری می تواند به کاهش دمای ادراکی منجر شده و مصرف انرژی را کاهش دهد. یکی از روش های آن استفاده از شاخص ضریب آسمان قابل رویت است. این پژوهش در راستای یافتن رابطه میان ضریب آسمان قابل رویت

- of Science, Technology & Society;26(2): 50-141.
2. Bourbia F, Boucheriba F., 2010. Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Renewable Energy* 7-343: (2)35.
 3. Giannopoulou K, Santamouris M, Livada I, Georgakis C, Caouris Y.,2016.The impact of canyon geometry on intra urban and urban: suburban night temperature differences under warm weather conditions. *Pure and applied geophysics*. 167(11): 49-1433.
 4. Johansson E.,2006. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. *Building and environment*; 41(10):38-1326.
 5. Correa E, Ruiz MA, Canton A, Lesino G.,2012, Thermal comfort in forested urban canyons of low building density. An assessment for the city of Mendoza, Argentina. *Building and environment*.30-58: 219.
 6. Svensson MK.,2014. Sky view factor analysis-implications for urban air temperature differences. *Meteorological applications*; 11(03): 11-201.
 7. Oke TR., 1987. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of climatology*; 1(3): 54-237.
 8. Gal T, Rzepa M, Gromek B, Unger J.2007 Comparison between sky view factor values computed by two different methods in an urban environment. *Acta Climatologica et Chorologica*;40(41): 17-26.
- برداشت های میدانی و حداکثر ۷/۲ درجه ای در دمای تابشی در شبیه سازی بدست آمد.
- رابطه مستقیم و قوی میان دمای تابش و ضریب دید به آسمان قابل رویت وجود دارد.
 - رابطه میان دمای هوا و ضریب آسمان قابل رویت به دلیل وجود عوامل موثر دیگری چون کاربری، ترافیک، فرم و شکل ابنیه مجاور و شکل سایه بان ها و مصالح رابطه قوی ای ارزیابی نشد.
 - حداقل ضریب آسمان قابل رویت مطلوب برای اصفهان ۰/۶ بدست آمد. موثرترین ضریب در کاهش دما ضریب های کم تر از ۰/۲ می باشند، بنابراین وجود ساباط ها با SVF در حدود صفر در این اقلیم تمهید سنتی هوشمندانه ای بوده است.
 - به دلیل کمبود آب در این اقلیم استفاده از محصولیت و رواق در معابر با عرض کم تر از ۱۵ متر و استفاده از گیاه متناسب با عرض معبر توصیه می شود به گونه ای که در معابر عریض با فواصل گیاهی حداکثری بر آمده از چتر گیاه در تعدیل حرارت، پیشنهاد می شود.
 - در معابر شمالی - جنوبی کاهش ضریب آسمان قابل رویت با افزایش محصولیت کالبدی و در معابر شرقی - غربی با پوشش گیاهی موثر است. بنابراین ضوابط مربوط به افزایش تعداد طبقات در معابر شمالی - جنوبی و افزایش کاشت گیاه خصوصا در فضای میانی معابر در معابر شرقی - غربی توصیه می شود.
- گرچه نتایج این تحقیق در شهر اصفهان انجام شده و قابل تعمیم به شهرها و اقلیم های دیگر نیست اما می تواند به عنوان روشی برای سایر شهرها مناسب سازی گردد. تعدیل اثرات تغییرات اقلیمی با ابزارهای غیر فعال طراحی می تواند گامی در جهت بهبود سلامت عمومی گردد.
- ### Reference
1. Droege P., 2006.The renewable city: dawn of an urban revolution. *Bulletin*

15. Yamashita S, 1986. On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. *Atmospheric Environment*(1967); 6-681:(4)681:(4)20.6.
16. Giridharan R, Lau S, 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(10):95-1583.
- Behzadfar M, Monaam A (2010) The effect of Sky View Factor on thermal comfort in open spaces, Case study: the parks in Tehran, *Armanshahr* 23, 34-5 (In Persian).
17. Shashua-Bar L, 2002. Hoffman ME. The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. *Building and Environment* ; 37(12):88-1279.
18. Honjo T.,2009. Thermal comfort in outdoor environment. *Global environmental research*. 2009;13:7-43.
19. Thorsson S,2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*.48(3):56-149.
9. Jamei E, Rajagopalan P, Seyedmahmoudian M, Jamei Y. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.2016; 17-54: 1002.
10. Yan H-Y,2014. Alloying effects in polycrystalline γ' strengthened Co-Al-W base alloys. *Intermetallics*; 44-48:53h'53-48: 44.
11. Yuan C, Chen L., 2011. Mitigating urban heat island effects in high-density cities based on sky view factor and urban morphological understanding: a study of Hong Kong. *Architectural Science Review*;54(4):15-305.
12. Charalampopoulos I, Tsiros I,2013. Chronopoulou-Sereli A, Matzarakis A. Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. *Urban Ecosystems*;16(2):33-217.
13. Lin T-P, Matzarakis A, Hwang R-L.,2010. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*;45(1): 21-213.
14. Givoni B., 1998. *Climate considerations in building and urban design*: John Wiley & Sons.