

مروری بر تعاریف و روش‌های محاسبه شاخص ضریب دید به آسمان*

عبدالحسین ظریفیان مهر^۱ - لعل جهانشاهلو^{۲*} - بهلول علیجانی^۳ - حسین ذبیحی^۴

۱. دانشجوی دکتری شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. استادیار گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

۳. استاد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۴. دانشیار گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۶ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ انتشار: ۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

شهر به‌عنوان پدیده‌ای چندوجهی دارای ابعاد گوناگونی است. یکی از مهم‌ترین ابعاد شهر که همواره از جستارهای مطرح در طراحی و برنامه‌ریزی شهری بوده، بُعد هندسی شهر است. هندسه شهری و هندسه دره‌های شهری، که با تغییرات ارتفاع، طول و فاصله ساختمان‌ها تعریف می‌شود، تأثیر قابل توجهی بر مبادلات انرژی و در نتیجه درجه حرارت مناطق شهری دارد. دگرگونی هندسه شهر، مسائل و مشکلاتی را در پی خواهد داشت. از جمله این مسائل، تغییرات اقلیمی در مقیاس خرد و میانه است. هندسه شهر به دلیل تأثیراتی که بر اقلیم شهری می‌گذارد، همواره مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. یکی از پارامترهای مهم این بُعد، شاخص ضریب دید به آسمان (SVF)^۱ است. اگرچه اقلیم‌شناسان شهری این شاخص را به‌خوبی می‌شناسند، اما آن‌طور که باید در میان شهرسازان مطرح نشده است. از طرفی به دلیل ارتباطی که این شاخص با دیگر متغیرهای اقلیمی دارد، می‌تواند در تصمیم‌سازی‌های شهری نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا کند. از این رو پژوهش حاضر ضمن بررسی ضرورت توجه به این شاخص، روش‌ها و تکنیک‌های محاسبه این شاخص و در ادامه دسته‌بندی‌های آن را ارائه نموده است. از این‌روی هدف این نوشتار، در وهله نخست شناساندن و بررسی انواع این شاخص و سپس بررسی و دسته‌بندی روش‌های گوناگون محاسبه و برآورد آن است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که محاسبه و برآورد SVF با روش‌های عکاسی و تحلیلی آغاز و با روش‌های نرم‌افزاری و GPS گسترش روز افزونی پیدا کرده است. همچنین در جدول پایانی نوشتار، دسته‌بندی از پیشینه موضوع به همراه روش‌ها و تکنیک‌های گوناگون محاسبه و نرم‌افزارهای وابسته به تفصیل نشان داده شده است.

واژگان کلیدی: هندسه شهری، ضریب دید به آسمان، SVF، روش.

* مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «بررسی و تحلیل تأثیر هندسه شهری بر اقلیم شهری» است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران با راهنمایی نویسنده دوم و چهارم و مشاوره نویسنده سوم دفاع شده است.

** E_mail: l.jahanshaloo@srbiau.ac.ir

۱. مقدمه

طی شب می‌شود و این عامل باعث گرم شدن منطقه شهری است (Johnson, 1985; Park, 1987). همچنین ایلپاسون (Eliasson, 1996) در مقاله خود به نقل از «اوکه» (Oke, 1981) و «پارک» (Park, 1987) بیان می‌کند که رابطه‌ای مابین حداکثر شدت جزیره گرمایی و SVF برای برخی از شهرهای استرالیا، اروپا و آمریکای شمالی و همچنین برای شهرهای ژاپنی و کره‌ای وجود دارد. بنابراین واضح است که SVF نقش ضروری در آسایش حرارتی و اقلیم شهری بازی می‌کند (Bourbia & Boucheriba, 2010). به بیان دیگر از آنجایی که SVF با دمای سطح رابطه دارد (Eliasson, 1992) و دمای سطح نیز مشتق شده از MRT است - که یکی از شاخص‌های تأثیرگذار در آسایش حرارتی است^۲ - پرواضح است که SVF، نقش مهمی در آسایش حرارتی نیز ایفا می‌کند، گرچه کاملاً نمی‌تواند درجه حرارت را تعیین یا کنترل نماید. باین‌حال (Matzarakis, Rutz, & Mayer, 2000) ماتزاراکیس و همکاران، SVF را به‌عنوان یک پارامتر تعیین‌کننده در مدل پیش‌بینی MRT در نظر گرفته‌اند (Li, Putra, & Yang, 2004). همچنین یکی از مزیت‌های SVF نسبت به دیگر پارامترهای هندسی مانند H/W این است که محیط پیچیده شهری را بسیار بهتر می‌تواند توصیف کند (Johnson & Watson, 1984; Unger, 2009).

روش پژوهش مقاله حاضر مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی اسناد و مقالات مرتبط با موضوع اقلیم‌شهری به صورت عام و SVF به صورت خاص بوده‌است. به عقیده نگارندگان، مقاله حاضر نوعی مقاله مروری - ترجمه‌ای است، چرا که به بررسی تعاریف و روش‌های محاسبه شاخص مذکور پرداخته و دسته‌بندی از آن‌ها ارائه کرده است. همچنین به دلیل فقدان منابع فارسی، تقریباً ۱۰۰ درصد منابع مورد استفاده، لاتین بوده و این موضوع تأثیر به‌سزایی در تدوین مقاله داشته است. از این‌رو بخش‌های چشمگیری از مقاله حاضر، ترجمه متون مقالات دیگر است. از همین رو، حداکثر تلاش برای ارجاع‌دهی و رعایت امانت انجام شده است.

این مقاله، شش بخش اصلی دارد. بخش اول که مقدمه مقاله را دربر می‌گیرد، شرحی از مسئله مورد بحث، مختصری از پیشینه و روش مطالعه را شامل می‌شود. بخش دوم مقاله، مروری بر ادبیات نظری موضوع، به صورت مبسوط است. در این بخش، تعاریف و انواع روش‌های محاسبه SVF مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بخش سوم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری را ارائه می‌کند. پیوستی که شامل نامگذاری یا اختصارات است. جهت عدم تکرار عبارات‌های لاتین و معادل‌های بعضاً طولانی فارسی، از اختصارات انگلیسی در مقاله آورده شده است. درنهایت نیز پی‌نوشت مطالبی که نیاز به توضیحات بیشتر داشته‌اند و همچنین فهرست منابع مورد استفاده در انتهای مقاله آورده شده‌اند.

با توجه به افزایش روزافزون مسائل و مشکلات شهرنشینی، خصوصاً مواجهه شدن با پدیده جزایر گرمایی، شهرهای کنونی نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و گسترده‌ای برای پیشرفت‌های آینده و حفظ کیفیت محیط شهری خود دارند (Jusuf, Ignatius, Wong, & Tan, 2017; Unger, 2009). از سوی دیگر، هندسه دره‌های شهری، که با تغییر ارتفاع، طول و فاصله ساختمان‌ها تعریف می‌شوند، تأثیر قابل‌توجهی بر مبادلات انرژی و در نتیجه درجه حرارت مناطق شهری و خرده‌اقلیم‌های شهری دارند (Grimmond, Potter, Zutter, & Souch, 2001; Fredrik Lindberg, 2005). اما این درجه حرارت نیز به‌نوبه خود بستگی به تعدادی از عوامل جغرافیایی - هندسی (مثل SVF) و متغیرهای هواشناسی دارد (Upmanis & Chen, 1999). مرور مختصری بر ادبیات موضوع اشاره می‌کند که یکی از شاخص‌های معمول برای توصیف هندسه شهری، SVF است (Chen, Ng, An, Ren, Lee, Wang, & He, 2012). SVF به دلیل کاربرد در اقلیم شهری و مدل‌های UHI سهیم بودن در داده‌های مکانی - فضایی و وجود تکنیک‌های در دسترس، به یکی از مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های UHI تبدیل شده است (Drezner & Shaker, 2010; Jusuf, Ignatius, Wong, & Tan, 2017; Yamashita, Sekine, Shoda, Yamashita, & Hara, 1986).

اگرچه SVF به‌خوبی در اقلیم‌شناسی شهری و تحلیل سطوح انرژی در سطح جهان شناخته شده است (Li, Putra, & Yang, 2004)؛ اما این مورد در ایران پیشرفت چندانی نداشته و منابع قابل استنادی وجود ندارد (Behzadfar & Monam, 2012) و هنوز به‌عنوان یک پارامتر هندسی، که به‌طور گسترده بتواند در برنامه‌ریزی و طراحی شهری مقبول باشد، شناخته نشده است. از جمله دلایل آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Li, Putra, & Yang, 2004):

- کمبود دانش و آگاهی و عدم ارتباط با اقلیم‌شناسان.
- کمبود شواهد کافی نشان‌دهنده اهمیت SVF در طراحی.
- فقدان ابزار کافی و کارآمد برای ارزیابی کیفیت SVF یا کمبود تعامل بین ارزیابی SVF و فرآیند طراحی.

کاربرد این شاخص و ضرورت به‌کارگیری آن در موضوعات اقلیم شهری بسیار مشهود است. در مطالعات اقلیمی، SVF به‌عنوان یک پارامتر هندسی مهم، به دلیل همبستگی با عملکرد دمای محلی و اهمیت بالقوه آن در فرآیند طراحی شهری موردتوجه است (Li, Putra, & Yang, 2004). همچنین یکی دیگر از دلایل مهم بودن SVF، برآوردی است که از میزان انسداد تابش موج بلند می‌دهد (Gustavsson, 1995). چراکه فرآیند خنک‌سازی شبانه به‌طور عمده تحت تأثیر خروج تابش موج بلند است (Unger, 2004). به بیان دیگر کاهش SVF موجب افزایش جذب تابش موج کوتاه در روز و کاهش خروج تابش موج بلند در

هر چه این مقدار به صفر نزدیک شود، آسمان به وسیله عناصر مصنوع یا طبیعی پوشیده می‌شود. لذا هدف از بررسی این شاخص، کشف اثرات یک سطح پیچیده شهری بر فرآیندهای اقلیمی مناطق ساخته‌شده شهری است (Hämmerle, Gál, Unger, & Matzarakis, 2011). به بیانی دیگر زمانی که یک نقطه بر روی سطح (زمین) در نظر گرفته شود، بخشی از تابش آن توسط محیط اطرافش (ساختمان، درخت و غیره) جذب می‌شود و مابقی تابش مستقیماً به آسمان می‌رود. اندازه‌گیری این پارامتر SVF تعریف شده است. به این معنی که ارزش SVF را می‌توان با تفریق کردن ۱ (که مجموع تمام VF ها است) از سطوح «مشاهده‌شده» محاسبه کرد (Unger, 2009). سطح مشخص‌شده در نیم‌کره، توسط S_B نشان‌دهنده شکل ساختمان «مشاهده‌شده» از ΔA است (شکل ۱). در این مورد SVF برابر است با:

$$SVF = 1 - VF_{\text{Building-}\Delta A} = 1 - VF_{S_B-\Delta A}$$

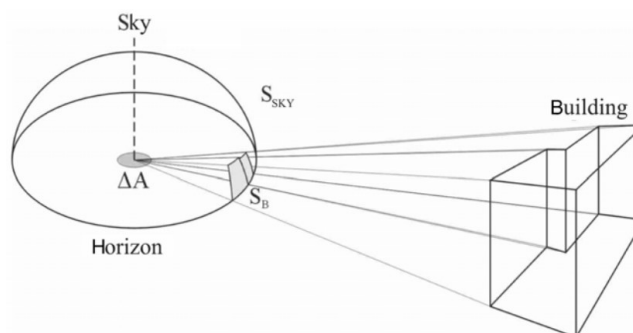
۲. مبانی نظری

در این بخش ضمن ارائه تعاریف SVF، انواع آن به لحاظ پراکندگی و مکان اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین در ادامه، روش‌های محاسبه SVF در چهار دسته اصلی تحلیلی، عکاسی، نرم‌افزاری و GPS و ۱۰ نوع تکنیک به همراه نرم‌افزارهای کاربردی دسته‌بندی شده‌اند.

۲-۱- تعاریف و مفاهیم

SVF پارامتری در اقلیم‌شناسی شهری است که نشان‌دهنده میزان آسمان مشاهده‌شده از نقطه‌ای بر روی زمین است. نسبتی هندسی که کسری از آسمان قابل مشاهده از دیدگاه ناظر را بیان می‌کند (De Souza & Da Silva, 2006). فاکتوری کمی و بدون بُعد، بین ۰ و ۱ است (Bottyan & Unger, 2003; Chapman, Thornes, & Bradley, 2001; Oke, 1988) که هندسه سطح را توصیف می‌کند. عدد ۱ به معنای آسمان کامل است و

شکل ۱: تصویر سطح دیده‌شده ساختمان بر روی سطح نیم‌کره فرضی



(Unger, 2009)

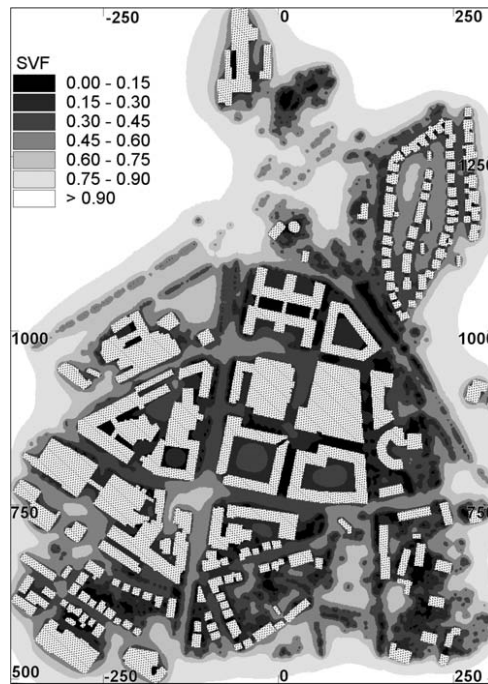
• SVF پیوسته (CSVF): زمانی که نقاط برداشت‌شده تعداد کثیری بوده و یا امکان برقراری ارتباط بین آنها وجود داشته باشد و بتوان شبیه‌سازی دقیق و صحیحی از مناطق بین نقاط دارای SVF برداشت‌شده ارائه کرد، آن‌گاه SVF پیوسته ایجاد شده است. امروزه تکنیک‌های گوناگونی مانند IDW در نرم افزار ArcGIS توانایی انجام این کار را دارند (شکل ۲).

۲-۲- انواع SVF

SVF به لحاظ نوع پراکندگی در محیط به دو گونه تقسیم می‌شود:

• SVF منقطع (DSVF): این نوع SVF به صورت منفرد در محیط‌های شهری برداشت‌شده و داده‌های آن‌ها، نسبت به یکدیگر تعریف نمی‌شوند. معمولاً این نوع اندازه‌گیری با تعداد نقاط محدود انجام می‌شود.

شکل ۲: نمونه‌ای از CSVF



(Matzarakis & Matuschek, 2011)

• SVF کل (TSVF): با توجه به شبکه‌بندی نقشه می‌توان TSVF را از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$TSVF = \sum_{i=1 \rightarrow Ng} GSVF_i + \sum_{i=1 \rightarrow Nr} RSVF_i$$

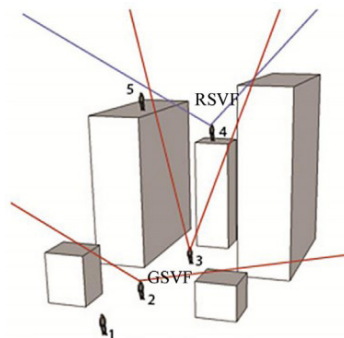
همچنین در شکل ۳، نقاط ۱، ۲ و ۳، GSVF و نقاط ۴ و ۵، RSVF هستند.

علاوه بر این، سه گونه SVF بر اساس مکان اندازه‌گیری نیز وجود دارد (Chun & Guldmann, 2014):

• SVF از زمین (GSVF): SVF است که در سطح زمین اندازه‌گیری شده و نقطه دیده عابر پیاده را ارائه می‌کند.

• SVF از پشت‌بام (RSVF): به این معنی است که در پشت‌بام اندازه‌گیری می‌شود.

شکل ۳: انواع SVF بر اساس مکان اندازه‌گیری



(Chun & Guldmann, 2014)

شد. محاسبه SVF از این طریق فقط نیاز به «ارتفاع» و «زوایای آزیموت ساختمان» دارد (Unger, 2009). در این روش، پایه تخمین SVF بر روی مشخصات هندسی و «مدل تبادل تابش» دره‌های شهری قرار دارد (Chen et al., 2012). از پیشگامان این روش، اوکه (Oke, 1981) و جانسون و واتسون (Johnson & Watson, 1984) بوده‌اند. در این روش، SVF به‌طور مستقیم، به‌وسیله زاویه‌ای از سطح افق به سمت بالا و گوشه‌های ساختمان‌های اطراف

۲-۳- روش‌ها و تکنیک‌های محاسبه SVF

تاکنون روش‌های گوناگونی برای محاسبه SVF با در نظرگرفتن تکنیک‌های مختلف پیشنهاد و در ادامه به تشریح برخی از این موارد پرداخته شده است.

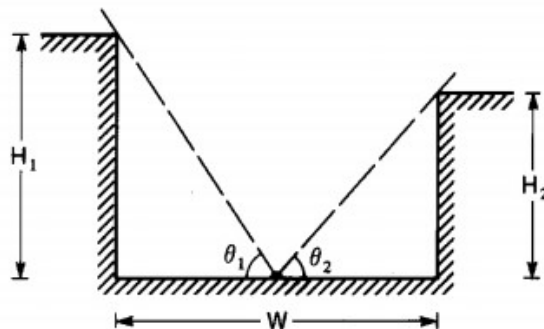
۲-۳-۱- روش تحلیلی (هندسی)

برای اولین بار نوعی از روش محاسبه SVF به‌وسیله جانسون و واتسون (Johnson & Watson, 1984) ارائه

نامتقارن در طول محدود، ارائه کرده‌اند (Watson & John-son, 1987).

محاسبه می‌گردد. اوکه (Oke, 1981) برای دره متقارن شهری در طول بی‌نهایت، و جانسون و واتسون (John-son & Watson, 1984) توضیحات مشابهی برای دره‌های

شکل ۴: مقطع عرضی نامتقارن یک دره شهری که به وسیله ساختمان‌های ۱ و ۲ محصور شده است.



(Oke, 1988)

و سپس تمام بخش‌های حلقوی- که آسمان را به نمایش می‌گذاشت- را باهم جمع کرد و SVF را بر اساس رابطه زیر به دست آورد (Chen et al., 2012):

$$\psi_{sky} = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \sin \left[\frac{\pi(i-1/2)}{2n} \right] \cos \left[\frac{\pi(i-1/2)}{2n} \right] \alpha_i$$

که n تعداد کل حلقه‌ها است. i نشان‌دهنده حلقه و α_i عرض زاویه‌ای آسمان در حلقه i ام است. جانسون و واتسون (Johnson & Watson, 1984) نیز بعداً اصلاح‌شده روش استین را پیشنهاد دادند (Chen et al., 2012):

$$\psi_{sky} = \frac{1}{2\pi} \sin \frac{\pi}{2n} \sum_{i=1}^n \sin \left[\frac{\pi(2i-1)}{2n} \right] \alpha_i$$

در تکمیل این روش، استین و همکاران (Steyn, Hay, Watson, & Johnson, 1986) برای اندازه‌گیری SVF، تکنیک دیگری را نیز پیشنهاد کردند. برای اعمال این تکنیک، یک تصویر ویدئویی که با استفاده از عدسی FE گرفته شده، مورد نیاز بود. آن‌ها نتایج مطالعاتی خود را با تکنیک جانسون و واتسون (Johnson & Watson, 1984) نیز مقایسه کردند. نتایج پژوهش در سه نمونه موردی، تفاوت بسیار اندکی را نشان می‌دهد. محاسبه SVF در این نوع روش ابتدا به صورت سنتی و دستی (عکس‌های پرینت شده با «کاغذهای گراف مختصات دار»^{۱۴}) تحلیل می‌شدند که البته صرف زمان و داشتن خطا از مشکلات این روش بود. در ادامه تجربیاتی برای خودکار کردن این روش‌ها انجام گرفت (Barring, Mattsson, & Lindqvist, 1985) که نتیجه آن دیجیتالی کردن تصاویر FE با دوربین‌های ویدئویی بوده و در ادامه جمع‌آوری مستقیم تصاویر به وسیله دوربین فیلم‌برداری تنظیم‌شده با عدسی FE بوده است (Steyn, Hay, Watson, & Johnson, 1986).

بر این مبنا (شکل ۴) اگر فرض بگیریم که طول دره شهری بی‌نهایت باشد، آنگاه هر دیوار VF هر دیوار (ψ_w)، از رابطه: $\psi_w = (1 - \cos \theta) / 2$ محاسبه می‌شود، که $\theta = \tan^{-1}(H/0.5W)$. بر این اساس SVF، برابر است با: $\psi_s = (1 - (\psi_{w1} + \psi_{w2})) / 2$ و حتی برای مقاطع متقارن رابطه به صورت ساده‌تری نیز خواهد بود: $\psi_s = \cos \theta$ (Oke, 1988).

این نوع از روش‌ها (تحلیلی)^{۱۵} چارچوب تئوریک برای تعیین SVF یک نقطه خاص در ساختارهای شهری مختلف ارائه می‌دهند. این نوع روش، برای ساختارهای ساده مناسب هستند و می‌توان از آن‌ها برای آزمایش الگوریتم و آنالیز پارامتری استفاده کرد (Chen et al., 2012).

۲-۳-۲- روش عکاسی

احتمالاً اندرسون (Anderson, 1964) اولین کسی بود که مسئله «ضریب دید»^{۱۶} را از طریق یک رویکرد عکاسی در هنگام استفاده از محاسبات عکاسی برای تخمین توزیع نور خورشید در مطالعات تاج‌پوششی جنگل، مورد استفاده قرار داد، اما تنها از دهه ۱۹۸۰ است که روش‌های عکاسی به اندازه کافی در تعیین SVF در تحقیقات اقلیم شهری مورد توجه قرار گرفته‌اند (Chen et al., 2012). استین (Steyn, 1980) روشی را برای به دست آوردن SVF صحیح هندسی با استفاده از تصاویر FE (شکل ۵) برای محیط‌های شهری پیچیده معرفی کرده است (Ung-er, 2009). «طرح زوایای مساوی»^{۱۷} استین (Steyn, 1980) رایج‌ترین روش مورد استفاده است. وی عکس‌ها را به حلقه‌های متحدالمرکز با عرض مساوی تقسیم کرد

شکل ۵: نمونه‌ای از تصاویر FET



(Chen et al., 2012)

نرم‌افزارهای قوی‌تر توسعه یافت؛ اما برخی محدودیت‌های محیطی در جمع‌آوری اطلاعات پایه‌ای این روش، باعث شد که روش مناسبی در تحلیل محدوده‌های بزرگ نباشد (Chen et al., 2012) و همچنین جمع‌آوری داده‌های ضروری در شهرهایی با خط آسمان پیچیده، ممکن است خسته‌کننده باشد (Johnson & Watson, 1984).

باین‌حال روش عکاسی از محیط و تحلیل آن، بر اساس فنون جدیدتر رشد یافته‌است. بر این اساس، لیانگ و گروه مطالعاتی در پژوهشی با عنوان «تخمین خودکار ضریب دید به آسمان با استفاده از عکس نماهای خیابان-رهیافت ابرداده^{۲۲}» اشاره می‌کند که FET یکی از رویکردهای مناسب تخمین SVF است. همچنین مدل‌های شهری با وضوح بالا مانند لیدار^{۲۳}، و «عکس‌های هوایی مایل^{۲۴}» می‌توانند تخمین خوبی از CSVF را در محدوده‌های شهری بزرگ فراهم آورند؛ اما این چنین داده‌هایی همیشه در دسترس نبوده و برای کسب آن‌ها مشکلاتی وجود دارد (Liang, Gong, Sun, Zhou, Li, Li, Liu, & Shen, 2017). در مقابل SVP به‌طور گسترده در سرتاسر مناطق شهری جهان وجود دارند^{۲۵}. لیانگ و همکارانش با استفاده از روش پانوراما‌های خیابانی، مقادیر SVF را برای جزیره منهتن نیویورک تخمین زده‌اند. وی برای بررسی صحت پژوهش خود نیز مقایسه‌ای با دو منبع مستقل-یکی لیدار که بر اساس مدل رقومی سطح (DSM)^{۲۶} بوده و دیگری عکس‌های هوایی مورب که بر پایه مدل‌های سه‌بعدی شهری (OAP3D)^{۲۷} است- انجام داده است. نتایج پژوهش ضریب همبستگی ۰.۸۶۳ و ۰.۹۸۷ را نشان می‌دهد که تخمین قابل‌اعتمادی است (Liang, Gong, Sun, Zhou, Li, Li, Liu, & Shen, 2017).

۲-۳-۳- روش نرم‌افزاری

روش‌های زیادی برای تخمین ارزش SVF وجود دارد، که از آن جمله می‌توان به مدل‌های هندسی، تجزیه و تحلیل عکس‌های با عدسی چشم ماهی، پردازش تصویر و تعیین نموداری یا گرافیکی اشاره کرد. باین‌حال، محاسبه از طریق این روش‌ها ساده نیست و این‌گونه روش‌ها، معمولاً

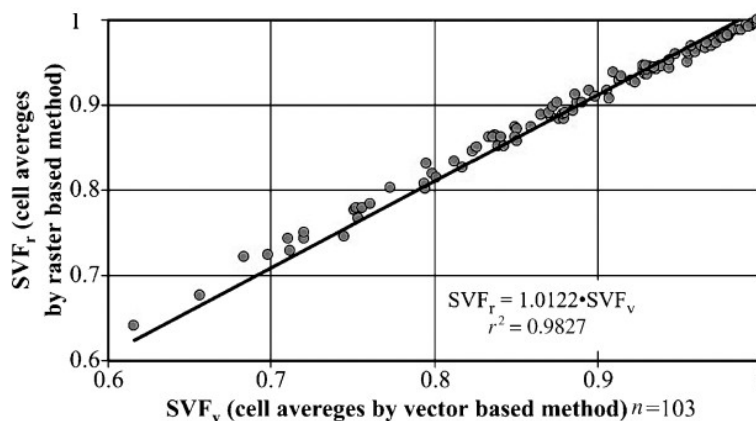
در ادامه روند رو به تکامل این روش، گرموند و همکاران (Grimmond, Potter, Zutter, & Souch, 2001)، دوربین‌های دیجیتال با عدسی FE را به کار بستند. این دوربین‌ها تخمین دقیقی از SVF که با برنامه فورترن^{۱۵} نوشته شده بود را ارائه می‌کردند (Unger, 2009). اسونسون (Svensson, 2004) نیز SVF را در دو سطح ارتفاعی (سطح زمین و ۲ متر بالاتر از زمین) و با FET اندازه‌گیری کرده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بهتر است از عکس‌های FE گرفته شده در سطح زمین استفاده شود. هولمر (Holmer, 1992) نیز در بخش کوچکی، عکس‌های FE را به وسیله یک تبلت دیجیتالی که به کامپیوتر متصل بود، ارزیابی کرد (Unger, 2009). همچنین گرموند و همکاران (Grimmond, Potter, Zutter, & Souch, 2001) دو تکنیک ساده که به صورت عینی و سریع، SVF را تخمین می‌زد، ارائه کرده‌اند. هر دو تکنیک بر پایه FET استوار است. تکنیک اول با استفاده از دوربین دیجیتال (با عدسی کروی) و تکنیک دوم به کارگیری «LI-COR^{۱۶} LAI-200 تحلیل گر تاج درختان^{۱۷}» به منظور اندازه‌گیری خودکار «نور غیررهیگیری منتشر شده^{۱۸}» با استفاده از حسگر نوری بوده است. در هر دو تکنیک، جمع‌آوری و پردازش داده‌ها سریع است و ذخیره‌سازی داده‌ها ساده خواهد بود. علاوه بر این چپمن و همکاران (Chapman, Thornes, & Bradley, 2001) یک رویکرد دیجیتالی کاملاً خودکار، برای تشخیص آسمان از غیر آسمان ارائه کرده‌اند. این روش با استفاده از اعداد دیجیتال خاکستری بر روی «تصاویر کروی تبدیل شده^{۱۹}» انجام می‌شود. آن‌ها محاسبات SVF را بر اساس مطالعات استین (Steyn, 1980) توسعه دادند (Unger, 2009). همچنین یکی از روش‌های محاسبه SVF، استفاده از «عکاسی حرارتی با چشم ماهی^{۲۰}» است، که به‌طور دقیقی مقادیر SVF را تخمین می‌زند. این دقت به این دلیل است که تصاویر حرارتی، به‌وضوح بین آسمان سردتر و موانع گرم از قبیل ساختمان‌ها تمایز قائل می‌شود (Chapman, Thornes, Muller, & McMuldroch, 2007; Debbage, 2013).

بر اساس این چارچوب نظری، روش عکاسی با گسترش به زوایای غیرمساوی^{۲۱} و با به‌کارگیری سخت‌افزار و

مصرف‌کننده زمان و پول هستند. علاوه بر این، مشکل اصلی این روش‌ها، تشریح^{۲۸} آسمان از ساختمان، دربیانی گرافیکی است (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003a). علاوه بر این شاید بزرگ‌ترین چالشی که اقلیم‌شناسان در استفاده از داده‌های SVF با آن روبرو هستند، محدودیتی است که برای جمع‌آوری تصاویر، در شرایط جوی غیر ایده‌آل وجود دارد (Chapman & Thornes, 2004). با عنایت به این‌که در محیط‌های شهری، SVF به‌طور عمده توسط ساختمان‌ها به‌عنوان عنصر اصلی سطح زمین تعیین می‌شود (Unger, 2009)؛ سوزا و مندس (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003b) اقدام به توسعه روشی برای تخمین SVF در محیط‌های شهری به‌وسیله GIS کرده‌اند. آن‌ها به‌منظور اعتبارسنجی این ابزار، مقایسه‌ای از SVF واقعی و نتایج شبیه‌سازی‌های به‌دست‌آمده انجام داده‌اند. خروجی‌های به‌دست‌آمده و مقادیر مقایسه شده حاکی از اعتبار این ابزار برای تخمین SVF است. در ادامه یونگر (Unger, 2009) نیز در مطالعات خود، الگوریتمی را بر اساس پژوهش سوزا (De Souza & Da Silva, 2006)؛ سوزا، رودریگس، و مندس (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003a, 2003b) و با استفاده از برنامه Arc View 3.2، ارائه کرده است. وی الگوریتم پیشنهادی را با استفاده از دو روش محاسبه

مصرف‌کننده زمان و پول هستند. علاوه بر این، مشکل اصلی این روش‌ها، تشریح^{۲۸} آسمان از ساختمان، دربیانی گرافیکی است (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003a). علاوه بر این شاید بزرگ‌ترین چالشی که اقلیم‌شناسان در استفاده از داده‌های SVF با آن روبرو هستند، محدودیتی است که برای جمع‌آوری تصاویر، در شرایط جوی غیر ایده‌آل وجود دارد (Chapman & Thornes, 2004). با عنایت به این‌که در محیط‌های شهری، SVF به‌طور عمده توسط ساختمان‌ها به‌عنوان عنصر اصلی سطح زمین تعیین می‌شود (Unger, 2009)؛ سوزا و مندس (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003b) اقدام به توسعه روشی برای تخمین SVF در محیط‌های شهری به‌وسیله GIS کرده‌اند. آن‌ها به‌منظور اعتبارسنجی این ابزار، مقایسه‌ای از SVF واقعی و نتایج شبیه‌سازی‌های به‌دست‌آمده انجام داده‌اند. خروجی‌های به‌دست‌آمده و مقادیر مقایسه شده حاکی از اعتبار این ابزار برای تخمین SVF است. در ادامه یونگر (Unger, 2009) نیز در مطالعات خود، الگوریتمی را بر اساس پژوهش سوزا (De Souza & Da Silva, 2006)؛ سوزا، رودریگس، و مندس (Souza, Rodrigues, & Mendes, 2003a, 2003b) و با استفاده از برنامه Arc View 3.2، ارائه کرده است. وی الگوریتم پیشنهادی را با استفاده از دو روش محاسبه

شکل ۶: رابطه بین SVFr رستری و SVFv برداری



(Gál, Lindberg, & Unger, 2008)

متغیر پوشش گیاهی، همبستگی معنی‌داری بین دو مقدار وجود دارد. بنابراین روش مبتنی بر بردار می‌تواند مبنای محاسبه SVF در محیط شهری باشد. همچنین وی اشاره می‌کند که استفاده از روش مبتنی بر بردار، اگر پایگاه داده ساختمان موجود باشد، به دلیل حجم بالای عملیات محاسباتی، چندین روز به طول خواهد انجامید (Gál, Rzepa, Gromek, & Unger, 2007).

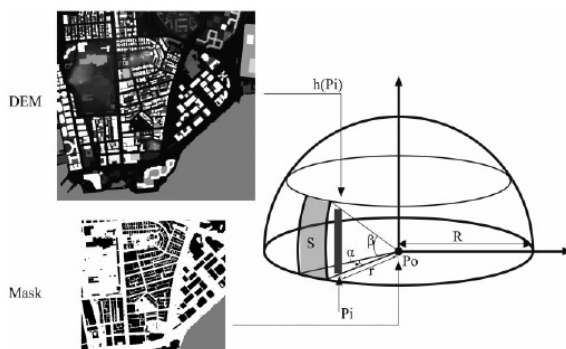
علاوه بر این چن و همکاران (Chen et al., 2012) یک روش نرم‌افزاری سریع برای محاسبه مقادیر CSVF را پیشنهاد دادند. این روش در یک محیط شهری کامل با استفاده از یک پایگاه داده سه‌بعدی GIS پایه، توسعه

در به‌کارگیری روش‌های نرم‌افزاری به‌طور عام و سامانه GIS به‌طور خاص، تاماس گال و همکاران (Gál, Rzepa, Gromek, & Unger, 2007) در مقاله خود با عنوان «مقایسه‌ای تطبیقی مابین مقادیر ضریب دید به آسمان با دو روش مختلف در محیط شهری» روشی را برای محاسبه SVF به‌وسیله GIS ارائه می‌کنند که وجود پایگاه داده‌ای از ساختمان‌های سه‌بعدی، لازمه‌ی انجام آن است. همچنین در این پژوهش، مبنایی برای محاسبه SVF بر اساس FE ارائه می‌کنند. مقایسه بین دو روش، تفاوت‌هایی را در محاسبات نشان می‌دهد، که عموماً به دلیل وجود گیاهان در اطراف سایت‌ها است. به‌غیر از

به‌عنوان داده‌های ورودی استفاده می‌کند. وی و همکارانش پایگاه داده سه‌بعدی ساختمان را با پایگاه داده توپوگرافی برای ایجاد یک لایه DEM که نشان‌دهنده ارتفاع سطح شهری است، ادغام کردند. تصویرسازی این الگوریتم در شکل ۷ نشان داده شده است.

پیدا کرده است. برای این منظور، یک برنامه کامپیوتری با زبان برنامه‌نویسی VBA نگاشته و به صورت یک دستور^{۳۰} در ArcGIS اجرا شده است. این الگوریتم ترکیبی، تنظیمات هندسی و پایه نظری یکسانی با روش برداری که توسط گال و همکاران (Gál, Lindberg, & Unger, 2008) پیشنهاد شده بود، دارد. اما از DEM با وضوح بالا

شکل ۷: تصویرسازی الگوریتم محاسبه SVF



(Chen et al., 2012)

کاهش زمان محاسبه، قابلیت توسعه و همچنین هزینه‌ی پایین آن است.

مدل «اسکای هلیوس» امکان مدل کردن محیط‌های پیچیده مانند درختان و سقف‌های غیر مسطح را داراست، این در حالی است که در رویکردهای «زستر پایه» این امکان وجود ندارد. همچنین یکی از توانایی‌های این مدل، دقت بالا بدون افزایش زمان اجرا است (Matzarakis & Matuschek, 2011; Matzarakis, Mayer, & Chmielewski, 2010, pp. 534-539).

علاوه بر به‌کارگیری نرم‌افزارهای مذکور در محاسبه و تخمین SVF، نرم‌افزارهای دیگری نیز در ترکیب با آن‌ها و یا حتی جداگانه استفاده شده‌اند؛ به‌طور نمونه، دیباگ (Debbage, 2013) در مطالعات خود به ارزیابی توزیع فضایی مقادیر SVF در دسته‌بندی‌های مختلف کاربری زمین (مرکز شهر، تجاری، مسکونی، مناطق روستایی و باز) شهر آتن پرداخته است. وی با استفاده از ابزار Magic Wand در نرم‌افزار فتوشاپ، مقادیر SVF را از عکس‌های کروی استخراج کرده و سپس با وارد کردن مختصات نقاط عکس برداری شده در نرم‌افزار ArcMap و به‌کارگیری ابزار IDW، مقادیر SVF مناطق مرکزی شهر و همچنین محدوده مسکونی را تخمین زد.

در کنار استفاده از عکس‌های واقعی برای محاسبه SVF، مدل‌هایی که می‌توانستند SVF را از مدل‌های دیجیتالی محیطی استخراج کنند توسعه پیدا کردند. یکی از این مدل‌ها، «ریمن»^{۳۵} است. این رویکرد بر پایه داده‌های دیجیتالی در هر دو فرم برداری و رستری استوار است و توانایی محاسبه سریع SVF در مناطق مختلف را دارد (Matzarakis & Matuschek, 2011). آساوا و همکاران

در مطالعه‌ای دیگر «چون و گلدمن»^{۳۱} (Chun & Guld-mann, 2014) با استفاده از داده‌های سه‌بعدی و دوبعدی ضمن تحلیل آماری-فضایی و همچنین شبیه‌سازی جزیره گرمایی مرکز شهر اوهایو^{۳۲}، اذعان می‌کنند که نتایج تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده با مطالعات پیشین سازگار است. از جمله متغیرهایی که آن‌ها اندازه‌گیری کرده‌اند متغیر LST و TSVF است. مطالعات نشان می‌دهد که افزایش TSVF، کاهش LST را به دنبال دارد. اگرچه GIS با قابلیت‌های بی‌نظیر خود در پردازش داده‌های برداری و رستری موفق عمل کرده است اما ماتزاراکیس و ماتوسچک (Matzarakis & Matuschek, 2011; Matzarakis & Matuschek, 2011) در مطالعات خویش در نقد به‌کارگیری GIS در محاسبه SVF، سه معضل را بیان می‌کنند: یکی این‌که نرم‌افزار GIS و «اکستنشن تحلیل سه‌بعدی»^{۳۳} قیمت بالایی دارند (گران هستند)، دوم این‌که نیاز به دانش تخصصی و زمان قابل توجه برای تکمیل کار نقشه‌ها صرف می‌شود و سوم این‌که برای اجرای برخی ویژگی‌های شهری مانند بازتابش چند سطح و همچنین مدل‌سازی درخت، GIS با مشکل روبه‌رو است، چراکه اساساً GIS برای انجام چنین اهدافی طراحی نشده است. بر این اساس ماتزاراکیس و ماتوسچک (Matzarakis & Matuschek, 2011) در مطالعات خود اشاره می‌کنند که مدل‌ها و رویه‌های قدرتمندی برای محاسبه SVF وجود دارد، اما این مدل‌ها و رویه‌ها برای محاسبه نمونه‌های موردی مختلف گاهی بسیار آهسته و استفاده از آن‌ها پیچیده است. لذا «مدل اسکای هلیوس»^{۳۴} برای شبیه‌سازی CSVF و محاسبه DSVF در محیط‌های پیچیده را ارائه می‌کنند. از جمله مزیت‌های این مدل،

روش بر اساس عکس‌های ماهواره «لندست ۵» تی‌ام^{۴۶} و داده‌های لیدار انجام شده‌است. اساس این روش مبتنی بر «پرداخت سایه» است. همچنین رابطه بین SVF و نسبت سایه (SP)^{۴۷}، در چهار شهر آمریکا نیز سنجیده شده است. نتایج حاکی از رابطه معکوس و ضریب همبستگی ۰.۸۵، بین SVF و SP دارد.

اگرچه روش‌های نرم‌افزاری خود دسته‌ای از روش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند، اما در هر حال نرم‌افزارها به‌طور عمده یا برای تسهیل روش‌های دیگر بوده و یا ورودی داده‌های آن‌ها، تصویر یا داده‌های سه‌بعدی است، به‌طور مثال: در پژوهشی که با عنوان «مقایسه‌ای از مدل‌های محاسباتی ضریب دید به آسمان، مورد استفاده در تحقیقات اقلیم شهری» که در مجارستان انجام شد، شش مدل بر اساس FET مورد بررسی قرار گرفتند:

۱. مدل استین^{۴۸} (Steyn, 1980)، ۲. مدل ریمن^{۴۹}، ۳. بی‌ام‌اسکای‌ویو^{۵۰}، ۴. اسکای‌هلیوس^{۵۱}، ۵. اکستنشن محاسبه SVF در آرک‌ویو^{۵۲} و ۶. مدل سالویگ^{۵۳}. از شش مدل مذکور، سه مدل اول مبتنی بر تصویر عمل می‌کنند و سه مدل دوم، با اضافه شدن پایگاه داده‌ی ساختمان‌های سه‌بعدی، خروجی می‌دهند (Hämmerle, Gál, Unger, & Matzarakis, 2011).

۲-۳-۴- روش GPS

در مقایسه با روش‌های ذکر شده در بالا که بر اساس محاسبه مستقیم SVF هستند، روش GPS با استفاده از داده‌های پروکسی، برای اولین بار توسط چپمن و همکاران (Chapman, Thornes, & Bradley, 2002) توسعه داده شد. بر این اساس چپمن و تورنس (Chapman & Thornes, 2004) دو مسئله در خصوص جمع‌آوری داده‌های SVF را دنبال کرده‌اند: یکی این‌که با وجود روش‌های متعدد، هیچ روشی برای محاسبه SVF «لحظه‌ای^{۵۴}» ارائه نشده است^{۵۵}. دوم، نیازی که به گسترش فضای نقشه‌برداری در شرایط غیر ایده‌آل وجود داشته‌است. لذا با استفاده از سه تکنیک GPS، FET و مدل ANN، روشی قابل قبول جهت پیش‌بینی SVF ارائه کردند^{۵۶}. همچنین چپمن و همکاران (Chapman, Thornes, & Bradley, 2001; Chapman, Thornes, & Bradley, 2002) در مطالعاتشان SVF را از طریق GPS محاسبه کرده‌اند. همچنین برای صحت پژوهششان، مقایسه‌ای با FET انجام داده‌اند که همبستگی داده‌های آن‌ها در مناطق شهری ۸۸ درصد، مناطق روستایی ۷۲ درصد و حومه‌ها ۵۲ درصد بوده که عمده تغییرات به دلیل پوشش گیاهی، تاج و ارتفاع درختان بوده است. همچنین باید به این نکته توجه داشت که روش GPS عموماً در ترکیب با FET استفاده می‌شود، لذا برادلی (Bradley, Thornes, & Chapman, 2001) در مطالعاتی که برای شهر بیرمنگام انجام داده است با استفاده از FET و به کمک GPS و با نصب دوربین دیجیتال بر روی خودرو،

(Asawa, Hoyano, & Nakaohkubo, 2008) نیز برای برنامه‌ریزی در فضای خارجی یک «بزار طراحی حرارتی^{۴۶}» را توسعه دادند. این امر به‌وسیله شبیه‌سازی تعادل گرمایی سطوح شهری (ساختمان‌ها، زمین و سطوح سبز) به‌وسیله سیستم 3D-CAD که می‌تواند بر روی کامپیوتر شخصی نیز اجرا گردد، محقق می‌شود. علاوه بر این، روشی را برای شبیه‌سازی ردیابی چندگانه^{۴۷} محاسبه SVF و انتقال حرارت تابشی، معرفی کردند. ویبرا و همکارش (Vieira & Vasconcelos, 2003) نیز هر دو متغیر SVF و تراکم شهری را با استفاده از معادله رگرسیون چندگانه^{۴۸} و به‌وسیله نرم‌افزار IDRISI مقایسه کردند. جوسوف و همکارانش (Jusuf, Ignatius, Wong, & Tan, 2017) با استفاده از پلت فرم نرم‌افزار اسکچ‌آپ^{۴۹}، افزونه‌ای^{۴۰} طراحی کردند (STEVE Tool)^{۴۱} که توانایی محاسبه SVF و برخی دیگر از شاخص‌های اقلیمی را داراست.

در بررسی روش‌های نرم‌افزاری بسته به انواع پایگاه داده‌های مورد استفاده، دو رویکرد اصلی برای این روش وجود دارد: روش برداری^{۴۲} و روش رستری^{۴۳} (Chen et al., 2012). از طرفی تکنیک «پرداخت سایه^{۴۴}»، یکی از رویکردهای نسبتاً جدید ساخت پایگاه داده رستر پایه برای محاسبه SVF است. خروجی این تکنیک تصویری سیاه‌وسفید است که مقدار نور و سایه برای هر نقطه را نشان می‌دهد. این روش، بسیار سریع بوده و می‌تواند در یک‌زمان محدود، مناطق بزرگی از یک شهر را پردازش کند، اما پایگاه داده‌های اولیه باید رزولوشن یا وضوح بسیار دقیقی (۲ مگابایت/ پیکسل) داشته باشند (Unger, Ratti, 2009). این تکنیک به‌وسیله راتی (Ratti & Richens, 1999, 2004) معرفی شد. در ادامه لیندبرگ (Lindberg, 2005) در پژوهش خود با استفاده از SCA و با داده‌های DEM، «ضریب دید به آسمان» را در محدوده‌ای حدوداً ۲ کیلومترمربعی محاسبه کرد. همچنین به‌منظور آزمون دقت SVF، مقایسه‌ای با مقادیر برداشت‌شده به روش FET انجام داده است. اگر داده‌های ۴ نقطه که در پارک‌های شهر بوده است حذف گردد نتایج پژوهش بیانگر رابطه بسیار قوی بین داده‌های دو روش است (R²=0.95)، چراکه عکس‌های گرفته‌شده در فصل سبز درختان بوده و مقادیر SVF، کمتر از حالت معمولی به‌دست آمده است. همچنین در پژوهشی دیگر (Lindberg & Grimmond, 2010) لیندبرگ و گریموند SVF پیوسته را با استفاده از داده‌های DEM، و به‌وسیله SCA تخمین زده‌اند. آن‌ها روش خود را با روش‌های پیشین مبتنی بر «پرداخت سایه»، که توسط دیگر پژوهشگران (Ratti, Ratti & Richens, 1999, 2004) معرفی شده، مقایسه کرده‌اند. آن‌ها اشاره می‌کنند که «میانگین اختلاف مطلق^{۴۵}» بین این دو روش چیزی در حدود ۰.۰۰۲ است. علاوه بر این هُدول و همکاران (Hodul, Knudby, & Ho, 2016) روشی برای تخمین CSVF ارائه کرده‌اند. این

که با پدیده جزایر گرمایی دارد همواره مورد توجه اقلیم شناسان بوده است. همچنین لزوم شناساندن این پارامتر به شهرسازان (طراحان، برنامه‌ریزان و مدیران شهری) امری لازم و ضروری است.

بر اساس مروری بر ادبیات، روش‌های زیادی برای محاسبه و تخمین SVF وجود دارد. برآورد SVF با روش‌های هندسی و عکاسی شروع و با به‌کارگیری روش‌های مبتنی بر نرم‌افزار و GPS ادامه پیدا کرده است. «روش‌هایی نظیر روش تحلیلی، برای ساختارهای ساده مناسب هستند و می‌توان از آن‌ها برای آزمایش الگوریتم و آنالیز پارامتری استفاده کرد» (Chen et al., 2012). روش عکاسی نیز به دلیل برخی محدودیت‌های محیطی در جمع‌آوری اطلاعات پایه‌ای، باعث شده که روش مناسبی در تحلیل محدوده‌های بزرگ نبوده و هزینه و وقت زیادی را تلف می‌کند، اگرچه با استفاده از فنون جدیدی نظیر «پانورامای خیابانی» این نقیصه، تا حدودی برطرف شده است. در مقابل، ظهور نرم‌افزارهای گوناگون و به‌کارگیری آن‌ها در محاسبه SVF نقش تعیین‌کننده‌ای در بالا بردن دقت، صحت و کاهش زمان محاسبات داشته است. از جمله این موارد GIS بوده است. «ابزار GIS 3D، نه تنها به دلیل تجزیه و تحلیل مستقیم و سریع هندسه شهری، بلکه به دلیل پیش‌بینی SVF با توجه به ساختمان‌هایی که در آینده قرار است ساخته بشوند سودمندی زیادی دارد. این قابلیت در کنار حذف هزینه‌های معمول دوربین و پردازش تصویر بر مزیت آن افزوده است» (Souza, Ro- drrigues, & Mendes, 2003a). اما مواردی همچون گرانی اکستنشن‌های مربوطه و مشکل در تحلیل بازتابش سطح و مدل‌سازی درختان، از جمله ضعف‌های آن بشمار می‌رود. «روش GPS نیز ساده و ارزان است» (Chapman, Thornes, & Bradley, 2001; Chapman, Thornes, & Bradley, 2002) و به پارامترهای جوی وابستگی ندارد؛ اما از معایب آن عدم دقت کافی این روش است. در یک نگاه کلی جدول ۱ مروری بر سابقه SVF، روش و تکنیک‌های محاسبه و نرم‌افزارهای مورداستفاده را به همراه اطلاعات تفصیلی‌تر ارائه می‌کند.

و ثبت و ضبط عکس‌ها به فاصله‌ی هر ۲۰ متر، در شش حوزه‌ی مختلف شهر که شامل، مرکز شهر، نقاط مسکونی پرتراکم و کم تراکم، مناطق صنعتی و در نهایت مناطق باز بوده، اقدام به سنجش SVF کرده است. وی اشاره می‌کند که این روش علاوه بر سریع بودن، اقتصادی و قابل تکرار نیز هست.

در یک جمع‌بندی باید اشاره کرد که این روش در محیط‌های شهری نتایج خوبی را نشان می‌دهد، اما قدرت توضیحی مناسبی در محیط حومه و روستایی را ندارد، چراکه تغییر در پوشش درخت باعث ایجاد نویز در پردازش سیگنال می‌شود. همچنین GPS با یک عدسی FE جهت ثبت و پردازش تصاویر بر روی یک «پلت فرم همراه»^{۵۷} ادغام می‌شود تا محاسبه و تخمین هم‌زمان SVF لحظه‌ای را ارائه دهد.

علاوه بر این، چندین ویژگی است که روش GPS را جذاب‌تر از روش‌های سنتی می‌سازد:

۱- این روش‌ها سریع و نسبتاً ارزان هستند؛ ۲- این نوع پژوهش برخلاف روش‌های عکاسی به شرایط جوی وابسته نیست؛ ۳- در این نوع روش می‌توان به راحتی با پلت فرم GIS ارتباط داشت. با این حال محدودیت‌هایی نیز در استفاده از این روش وجود دارد: نخست این که این روش ذاتاً روش دقیقی نیست و در جاهایی که دقت نیاز است، روش مناسبی نیست. دوم این که معادله پیش‌بینی، بستگی به تجهیزات GPS دارد، بنابراین به دست آوردن یک معادله جهانی غیرممکن است و سوم این که، عملکرد این روش فقط برای مناطق شهری مناسب است (Chen et al., 2012).

۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این پژوهش ضمن ارائه تعاریف SVF و معرفی انواع آن بر اساس پراکندگی و مکان اندازه‌گیری، روش‌های گوناگون تخمین SVF را بررسی و تحلیل کرده است. بر اساس مروری بر ادبیات انجام‌شده، SVF از جمله پارامترهای هندسی شهر است و به میزان آسمان قابل مشاهده از نقطه‌ای بر روی زمین اشاره دارد. این شاخص به دلیل کاربرد فراوان در مطالعات اقلیم شهری و همچنین رابطه‌ای

1. Sky View Factor (Svf)
2. Local Thermal Performance

۳. سایر شاخص‌های محیطی: درجه حرارت هوا، سرعت باد و رطوبت است.

4. Matzarakis
5. Seen
6. Analytical (Geometrical)
7. Elevation
8. Azimuth Angles of a Building
9. Radiation Exchange Model

۱۰. ایلیاسون (Eliasson, 1992) بانام روش گرافیکی (Graphical Method) از آن یاد می‌کند.

11. Photographic
12. View Factor
13. Equiangular Projection
14. Polar Coordinate Graph Paper
15. Fortran Program
16. Leaf Area Index (شاخص سطح برگ)
17. Plant Canopy Analyzer
18. Diffuse Non-Interceptance Light
19. Converted Fisheye Images
20. Thermal Fish-Eye Photography
21. Unequiangular
22. Automatic Sky View Factor Estimation from Street View Photographs—A Big Data Approach

۲۳. LiDAR (Light Detection and Ranging): یکی از فناوری‌های سنجش از راه دور است که از طریق روشن کردن هدف با لیزر و تجزیه و تحلیل نور منعکس شده، فاصله‌ها را اندازه‌گیری می‌کند (Wikipedia, 2018).

24. Oblique Airborne Photogrammetry

۲۵. خدمات «نمای خیابان گوگل» (Google Street View-GSV) شبکه‌ای از عکس‌های پانورامای جهانی است، اما چین و چندین کشور دیگر را حمایت نمی‌کند. باین وجود دو سرویس دیگر بانام‌های «نمای خیابان بایدو» (Baidu Street View-BSV) و «نمای خیابان تنسنت» (Tencent Street View-TSV)، تمام تمرکز و تلاش‌هایشان را در چین به‌کار گرفته و صدها شهر را در پوشش خود درآورده‌اند. (Liang et al., 2017).

26. Digital Surface Model
27. 3D City Model
28. Delineation
29. Szeged
30. Macro
31. B. Chun, J.M. Guldmann
32. Ohio
33. 3D Analyst Extension
34. Skyhelios Model
35. RayMan Model
36. Thermal Design Tool
37. Multi-Tracing
38. Multiple Regression Equation
39. Sketch Up
40. Plugin

41. Screening Tool for Estate Environment Evaluation
42. Vector
43. Raster
44. Shadow Casting
45. Absolute Mean Difference
46. Landsat 5 TM
47. Shadow Proportion
48. Implemented in a GIS-Script
49. Rayman Model
50. BMSkyView
51. Sky Helios(Vector & Raster)
52. ArcView SVF Extension
53. SOLWEIG Model
57. Real Time

۵۵. مزایای پردازش در لحظه از طریق یک پلت فرم همراه شامل افزایش سرعت جمع‌آوری داده و حداقل ذخیره‌سازی داده‌ها است. این کار باید با استفاده از یک الگوریتم محاسبه عینی (Objective Calculation Algorithm) و یک پردازنده با سرعت بالا امکان‌پذیر باشد (Chapman & Thornes, 2004).

۵۶. ANN، مجموعه داده‌های غیرخطی و نامنظم را بهتر از تکنیک‌های رگرسیون ساده انجام می‌دهد (Debbage, 2013).

57. Mobile Platform

پیوست ۱: نام‌گذاری (اختصارات)

معادل فارسی	اختصار	معادل لاتین
شبکه عصبی مصنوعی	ANN	Artificial Neural Network
شیب‌سنج یا دوربین تئودولیت	COT	Clinometer or Theodolite
ضریب دید به آسمان پیوسته	CSVF	Continuous SVF
مدل رقومی ارتفاع	DEM	Digital Elevation Model
مدل رقومی سطح	DSM	Digital Surface Model
ضریب دید به آسمان منقطع	DSVF	Discontinued SVF
چشم ماهی	FE	Fish Eye
تکنیک چشم ماهی	FET	Fish Eye Technique
سیستم اطلاعات جغرافیایی	GIS	Geographic Information System
سیستم موقعیت‌یاب جهانی	GPS	Global Positioning System
ضریب دید به آسمان از زمین	GSVF	Ground Sky View Factor
نسبت ارتفاع به عرض	H/W	Height/Width
معکوس فاصله وزن دهی شده	IDW	Inverse Distance Weighted
دمای سطح زمین	LST	Land Surface Temperature
شاخص سطح برگ	LAI	Leaf Area Index
ارتفاع ضریب دید به آسمان	(HSVF) m	(Height of SVF) Meter
میانگین دمای تابشی	MRT	Mean Radiant Temperature
میانگین ضریب دید به آسمان	MSVF	Mean SVF
تکنیک پیمایش متحرک	MST	Mobile Survey Technique
سنجش‌ازدور	RS	Remote Sensing
ضریب دید به آسمان از پشت‌بام	RSVF	Roof Sky View Factor
الگوریتم پرداخت سایه	SCA	Shadow Casting Algorithm
به‌اندازه ارتفاع شانه	Sh	Shoulder Height
ضریب دید به آسمان	SVF	Sky View Factor
پانورامای خیابانی	SVP	Street View Panorama
فن پیمایش در مکان	STS	Surveying Techniques by Sites
ضریب دید به آسمان کل	TSVF	Total Sky View Factor
جزیره گرمایی شهری	UHI	Urban Heat Island
ضریب دید	VF	View Factor
یک نوع زبان برنامه‌نویسی	VBA	Visual Basic for Applications

REFERENCES

- Anderson, M.C. (1964). Studies of the Woodland Light Climate: I. The Photographic Computation of Light Conditions. *The Journal of Ecology*, 25(1), 27-41. <https://www.jstor.org/stable/2257780?seq=1>
- Asawa, T., Hoyano, A., & Nakaohkubo, K. (2008). Thermal Design Tool for Outdoor Spaces Based on Heat Balance Simulation Using a 3D-CAD System. *Building and Environment*, 43(12), 2112-2123. [doi:10.1016/j.buildenv.2007.12.007](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.12.007)
- Bärning, L., Mattsson, J.O., & Lindqvist, S. (1985). Canyon Geometry, Street Temperatures and Urban Heat Island in Malmö, Sweden. *International Journal of Climatology*, 5(4), 433-444. <https://doi.org/10.1002/joc.3370050410>
- Behzadfaz, M., & Monam, A. (2012). The Impact of Sky View Factor on Outdoor Thermal Comfort; Case Study: Tehran Urban Parks. *ARMANSHAH*, 3(5), 23-34. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=247369>
- Bottyán, Z., & Unger, J. (2003). A Multiple Linear Statistical Model for Estimating the Mean Maximum Urban Heat Island. *Theoretical and Applied Climatology*, 75(3), 233-243. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-003-0735-7>
- Bourbia, F., & Boucheriba, F. (2010). Impact of Street Design on Urban Microclimate for Semi Arid Climate (Constantine). *Renewable Energy*, 35(2), 343-347. [doi:10.1016/j.renene.2009.07.017](https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.07.017)
- Bradley, A., Thornes, J., & Chapman, L. (2001). A Method to Assess the Variation of Urban Canyon Geometry From Sky View Factor Transects. *Atmospheric Science Letters*, 2(1-4), 155-165. <https://doi.org/10.1006/asle.2001.0031>
- Chapman, L., & Thornes, J. (2004). Real-Time Sky-View Factor Calculation and Approximation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21(5), 730-741. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2004\)021<0730:RSF-CAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2004)021<0730:RSF-CAA>2.0.CO;2)
- Chapman, L., Thornes, J., & Bradley, A. (2001). Rapid Determination of Canyon Geometry Parameters for Use in Surface Radiation Budgets. *Theoretical and Applied Climatology*, 69(1), 81-89. <https://link.springer.com/article/10.1007/s007040170036>
- Chapman, L., Thornes, J. E., & Bradley, A. V. (2002). Sky-View Factor Approximation Using GPS Receivers. *International Journal of Climatology*, 22(5), 615-621. [doi:10.1002/joc.649](https://doi.org/10.1002/joc.649)
- Chapman, L., Thornes, J.E., Muller, J.P., & McMuldroch, S. (2007). Potential Applications of Thermal Fisheye Imagery in Urban Environments. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(1), 56-59. https://www.researchgate.net/publication/3449816_Potential_Applications_of_Thermal_Fisheye_Imagery_in_Urban_Environments
- Chen, L., & Ng, E. (2011). Quantitative Urban Climate Mapping Based on a Geographical Database: a Simulation Approach Using Hong Kong as a Case Study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(4), 586-594. [doi:10.1016/j.jag.2011.03.003](https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.03.003)
- Chen, L., Ng, E., An, X., Ren, C., Lee, M., Wang, U., & He, Z. (2012). Sky View Factor Analysis of Street Canyons and Its Implications for Daytime Intra-Urban Air Temperature Differentials in High-Rise, High-Density Urban Areas of Hong Kong: a GIS-Based Simulation Approach. *International Journal of Climatology*, 32(1), 121-136. [doi:10.1002/joc.2243](https://doi.org/10.1002/joc.2243)
- Chun, B., & Guldmann, J.M. (2014). Spatial Statistical Analysis and Simulation of the Urban Heat Island in High-Density Central Cities. *Landscape and Urban Planning*, 125, 76-88. [doi:10.1016/j.landurbplan.2014.01.016](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.016)
- De Souza, L.C.L., & Da Silva, A.N.R. (2006). Applying GIS Tools for Analysing Urban Thermal Environment. Paper Presented at the PLEA 2006-23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings.
- Debbage, N. (2013). Sky-View Factor Estimation: A Case Study of Athens, Georgia. *The Geographical Bulletin*, 54(1), 49. https://www.researchgate.net/publication/277891280_Sky-View_Factor_Estimation_A_Case_Study_of_Athens_Georgia
- Dos Santos, I.G., De Lima, H.G., & De Assis, E.S. (2003). A Comprehensive Approach of the Sky View Factor and Building Mass in an Urban Area of the City of Belo Horizonte, Brazil. The Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Drezner, T.D., & Shaker, R.R. (2010). A New Technique for Predicting the Sky-View Factor for Urban Heat Island Assessment. *The Geographical Bulletin*, 51(2), 85. https://www.researchgate.net/publication/278677643_A_New_Technique_for_Predicting_the_Sky-View_Factor_for_Urban_Heat_Island_Assessment
- Eliasson, I. (1992). Infrared Thermography and Urban Temperature Patterns. *International Journal of Remote Sensing*, 13(5), 869-879. <https://doi.org/10.1080/01431169208904160>
- Eliasson, I. (1996). Urban Nocturnal Temperatures, Street Geometry and Land Use. *Atmospheric Environment*, 30(3), 379-392. [doi:10.1016/1352-2310\(95\)00033-x](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00033-x)
- Gál, T., Lindberg, F., & Unger, J. (2008). Computing Continuous Sky View Factors Using 3D Urban Raster and Vector Databases: Comparison and Application to Urban Climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1-2), 111-123. [doi:10.1007/s00704-007-0362-9](https://doi.org/10.1007/s00704-007-0362-9)

- Gál, T.M., 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, 17-26. https://www.researchgate.net/publication/255579829_Comparison_between_sky_view_factor_values_computed_by_two_different_methods_in_an_urban_environment
- Grimmond, C., Potter, S., Zutter, H., & Souch, C. (2001). Rapid Methods to Estimate Sky View Factors Applied to Urban Areas. *International Journal of Climatology*, 21(7), 903-913. <https://doi.org/10.1002/joc.659>
- Gustavsson, T. (1995). A Study of Air and Road Surface Temperature Variations During Clear Windy Nights. *International Journal of Climatology*, 15(8), 919-932. <https://doi.org/10.1002/joc.3370150806>
- Hämmerle, M., Gál, T., Unger, J., & Matzarakis, A. (2011). Comparison of Models Calculating the Sky View Factor Used for Urban Climate Investigations. *Theoretical And Applied Climatology*, 105(3-4), 521-527. [doi:10.1007/s00704-011-0402-3](https://doi.org/10.1007/s00704-011-0402-3)
- Hodul, M., Knudby, A., & Ho, H. (2016). Estimation of Continuous Urban Sky View Factor from Landsat Data Using Shadow Detection. *Remote Sensing*, 8(7). [doi:10.3390/rs8070568](https://doi.org/10.3390/rs8070568)
- Holmer, B. (1992). A Simple Operative Method for Determination of Sky View Factors in Complex Urban Canyons From Fisheye Photographs. *Meteorol. Z.*, NF, 1, 236-239. https://www.researchgate.net/publication/292755076_A_simple_operative_method_for_determination_of_sky_view_factors_in_complex_urban_canyons_from_fisheye_photographs
- Johnson, D. (1985). Urban Modification of Diurnal Temperature Cycles in Birmingham, UK. *International Journal of Climatology*, 5(2), 221-225. <https://doi.org/10.1002/joc.3370050208>
- Johnson, G.T., & Watson, I.D. (1984). The Determination of View-Factors in Urban Canyons. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23(2), 329-335. <https://www.jstor.org/stable/26181335?seq=1>
- Jusuf, S.K., Ignatius, M., Wong, N.H., & Tan, E. (2017). Steve Tool Plug-in for SketchUp: A User-Friendly Microclimatic Mapping Tool for Estate Development. In *Sustainable Building and Built Environments to Mitigate Climate Change in the Tropics* (113-130): Springer.
- Li, W., Putra, S., & Yang, P. (2004). GIS Analysis for the Climatic Evaluation of 3D Urban Geometry. Paper Presented at the Proceeding of Seventh International Seminar on GIS in Developing Countries (GISDECO).
- Liang, J., Gong, J., Sun, J., Zhou, J., Li, W., Li, Y., Liu, J., & Shen, S. (2017). Automatic Sky View Factor Estimation from Street View Photographs—A Big Data Approach. *Remote Sensing*, 9(5). [doi:10.3390/rs9050411](https://doi.org/10.3390/rs9050411)
- Lindberg, F. (2005). Towards the Use of Local Governmental 3-D Data Within Urban Climatology Studies. *Mapping and Image Science*, 2, 32-37. https://www.researchgate.net/publication/229421427_Towards_the_use_of_local_governmental_3-D_data_within_urban_climatology_studies
- Lindberg, F., & Grimmond, C.S.B. (2010). Continuous Sky View Factor Maps From High Resolution Urban Digital Elevation Models. *Climate Research*, 42(3), 177-183. [doi:10.3354/cr00882](https://doi.org/10.3354/cr00882)
- Matuschek, O., & Matzarakis, A. (2011). A Mapping Tool for Climatological Applications. *Meteorological Applications*, 18(2), 230-237. [doi:10.1002/met.233](https://doi.org/10.1002/met.233)
- Matzarakis, A., & Matuschek, O. (2011). Sky View Factor as a Parameter in Applied Climatology Rapid Estimation by the Skyhelios Model. *Meteorologische Zeitschrift*, 20(1), 39-45. [doi:10.1127/0941-2948/2011/0499](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2011/0499)
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Chmielewski, F.M. (2010). Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Retrieved from
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2000). Estimation and Calculation of the Mean Radiant Temperature within Urban Structures. Paper Presented at the Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium (ed. by RJ de Dear, JD Kalma, TR Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC.
- Oke, T.R. (1981). Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island Comparison of Scale Model and Field Observations. *Journal of Climatology*, 1, 237-254.
- Oke, T.R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), 103-113. [doi:10.1016/0378-7788\(88\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6)
- Park, H.S. (1987). City Size and Urban Heat Island Intensity for Japanese and Korean Cities. *Geographical Review of Japan*, 60, 238-250.
- Ratti, C. (2001). Urban Analysis for Environmental Prediction. University of Cambridge.
- Ratti, C., & Richens, P. (1999). Urban Texture Analysis with Image Processing Techniques. In *Computers in Building* (49-64): Springer.
- Ratti, C., & Richens, P. (2004). Raster Analysis of Urban Form. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(2), 297-309. [doi:10.1068/b2665](https://doi.org/10.1068/b2665)
- Souza, L.C.L., Rodrigues, D.S., & Mendes, J.F. (2003a). A 3D-Gis Extension for Sky View Factors Assessment in Urban Environment.
- Souza, L.C.L., Rodrigues, D.S., & Mendes, J.F. (2003b). Sky View Factors Estimation Using a 3D-GIS Extension.

- Steyn, D.G. (1980). The Calculation of View Factors From Fisheye Lens Photographs: Research Note. *Atmosphere-Ocean*, 18(3), 254-258. doi:10.1080/07055900.1980.9649091
- Steyn, D.G., Hay, J., Watson, I.D., & Johnson, G.T. (1986). The Determination of Sky View-Factors in Urban Environments Using Video Imagery. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 3(4), 759-764. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1986\)003<0759:TDOSVF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1986)003<0759:TDOSVF>2.0.CO;2)
- Svensson, M.K. (2004). Sky View Factor Analysis – Implications For Urban Air Temperature Differences. *Meteorological Applications*, 11(3), 201-211. doi:10.1017/s1350482704001288
- Unger, J. (2004). Intra-Urban Relationship between Surface Geometry and Urban Heat Island: Review and New Approach. *Climate Research*, 27(3), 253-264. https://www.researchgate.net/publication/269824081_Intra-urban_relationship_between_surface_geometry_and_urban_heat_island_Review_and_new_approach
- Unger, J. (2009). Connection between Urban Heat Island and Sky View Factor Approximated by a Software Tool on a 3D Urban Database. *International Journal of Environment and Pollution*, 36(1-3), 59-80. https://www.researchgate.net/publication/228717732_Connection_between_urban_heat_island_and_sky_view_factor_approximated_by_a_software_tool_on_a_3D_urban_database
- Upmanis, H., & Chen, D. (1999). Influence of Geographical Factors and Meteorological Variables on Nocturnal Urban-Park Temperature Differences—a Case Study of Summer 1995 in Göteborg, Sweden. *Climate Research*, 13(2), 125-139. https://www.researchgate.net/publication/250221501_Influence_of_geographical_factors_and_meteorological_variables_on_nocturnal_urban-park_temperature_differences-a_case_study_of_summer_1995_in_Goteborg_Sweden
- Upmanis, H., Eliasson, I., & Lindqvist, S. (1998). The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, 18(6), 681-700. <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%291097-0088%28199805%2918%3A6%3C681%3A%3AA-ID-JOC289%3E3.0.CO%3B2-L>
- Vieira, H., & Vasconcelos, J. (2003). Urban Morphology Characterisation to Include in a GIS for Climatic Purposes in Lisbon. Discussion of Two Different Methods. Paper Presented at the Proc 5th Int Conf on Urban Climate.
- Watson, I., & Johnson, G. (1987). Graphical Estimation of Sky View Factors in Urban Environments. *International Journal of Climatology*, 7(2), 193-197. <https://doi.org/10.1002/joc.3370070210>
- Wikipedia. (2018, 25 January 2018 18:43 UTC). Lidar. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lidar&oldid=822323709>
- 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* (1967), 20(4), 681-686. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(86\)90182-4](https://doi.org/10.1016/0004-6981(86)90182-4)

نحوه ارجاع به این مقاله

ظریفیان مهر، عبدالحسین؛ جهانشاهلو، لعلا؛ علیجانی، بهلول و ذبیحی، حسین. (۱۳۹۹). مروری بر تعاریف و روش‌های محاسبه شاخص ضریب دید به آسمان. نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۱۳(۳۱)، ۲۰۷-۲۲۳.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.132007.1537

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_113271.html



