مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره هشت، آبان ماه ۱۴۰۱ (۱۰۲- ۸۹)

بررسی میزان تاثیرگذاری انواع پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در تنگه‌های شهری در اقلیم گرم و خشک

طاهره کولیوند [1*]

t.koulivand@yahoo.com

نازنین نصراللهی [2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۷**

چکیده

زمینه و هدف: پوشش گیاهی در فرم‌های مختلفی در شهرها و در تنگه‌های شهری بکار گرفته می‌شود و با سایه‌اندازی و یا سرمایش تبخیری به بهبود شرایط دمایی محیط کمک می‌کند. بررسی‌های انجام‌گرفته در شهر اصفهان نشان می‌دهد که چمن، بوته و درخت سه فرم پرتکرار در تنگه‌های این کلان شهر است. هدف این تحقیق انتخاب بهترین فرم پوشش گیاهی در تنگه های شهری اصفهان با توجه به نسبت H/W و جهت گیری های متفاوت است.

روش بر رسی: برای برر سی میزان تاثیرگذاری پو شش گیاهی در تنگه های شهری از نرم افزار Envi-met v4.1 ا ستفاده شده ا ست. با برر سی میدانی شرایط تنگه‌های شهری و پو شش‌های گیاهی پرتکرار در محیط م شخص شد، سپس با شبیه سازی کامپیوتری بهترین فرم پوشش گیاهی در تنگه‌های شهری اصفهان انتخاب و سطح تراکم و نوع آن را در فصل تابستان در تعدادی از تنگه‌های شهری اصفهان مورد بررسی قرارگرفته است.

یافته‌ها : نتایج به د ست آمده از شبیه سازی‌ها م شخص شد که درخت در بین ۵ الگوی پی شنهادی عملکرد منا سب تری از خود ن شان می دهد و درخت در نسبت ارتفاع به عرض ۱ در هر چهار جهت گیری بیشترین کاهش دما در فصل تابستان و در نسبت ارتفاع به عرض۳ باعث ایجاد بهترین شرایط حرارتی شده‌است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاکی از ان ا ست که در میان سناریو های مختلف الگوی درخت به تنهایی نسبت به الگوهای ترکیبی ان با چمن و بوته های کوتاه میزان تاثیر خنک کنندگی بی شتری دارد . این الگو در تمام نسبت ارتفاع به عرض ها و جهتگیری ها بهترین حالت را دارد .

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، آسایش حرارتی، اصفهان، تنگه های شهری،Envi-met.

۱- عضو هیات علمی،گروه ساختمان و معماری، دانشگاه فنی حرفه ای، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار، گروه مهندسی معماری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No.8, November, 2022

The effect of different types of vegetation on thermal comfort in urban gorges in hot and dry climates

Tahereh koulivand [1*]
t.koulivand@yahoo.com
Nazanin nasrollahi [2]

Admission Date:September 8, 2021 Date Received: June 5, 2021

Abstract

Background and Objective: egetation is used in different forms in cities and in urban gorges and it helps to improve the temperature conditions of the environment by shading or evaporative cooling. Surveys conducted in the city of Isfahan show that grass, bushes and trees are the three most frequent forms in the gorges of this metropolis. The purpose of this research is to choose the best form of vegetation cover in Isfahan urban gorges according to the H/W ratio and different orientations.

Material and Methodology: Envi-met v4.1 software was used to check the effectiveness of vegetation in urban gorges. The conditions of urban gorges and frequent vegetation in the environment were determined by field investigation, then the best form of vegetation cover in the urban gorges of Isfahan was selected by computer simulation, and its density level and type were investigated in a number of urban gorges of Isfahan in the summer season.

Finding: The results obtained from the simulations revealed that the tree shows the most appropriate performance among the 5 proposed models and the tree in the ratio of height to width of 1 in all four orientations causes the greatest decrease in temperature in the summer season and in the ratio of height to width of 3 The best thermal conditions have been created.

Discussion & Conclusion: The results of the research indicate that among the different scenarios, the tree pattern alone has a greater cooling effect than the combined patterns with grass and short bushes. This pattern is the best in all the ratio of height to width and orientation.

Keywords: Vegetation, thermal comfort, Isfahan, urban gorges, Envi-met.

1- Academic faculty member, Department of Construction and Architecture, Technical and Vocational University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)

2- Associate Professor, Architectural Engineering Department, Ilam University, Ilam, Iran.

مقدمه

با رشد شهرنشینی و افزایش تراکم ساختمان‌ها، تنگه‌های شهری به وجود می‌آیند که از نظر آلودگی و درجه حرارت با مشکلات فراوانی روبرو هستند، تنش‌های حرارتی شدید در این تنگه‌ها میزان رضایتمندی حرارتی عابران را کاهش داده است(۱). امروزه در کلان شهرهای دارای تنگه‌های عمیق، فعالیت‌های انسانی در سطوح عابر پیاده به واسطه تنش‌های حرارتی و افزایش سطح آلودگی حذف شده‌اند (۲). دلیل اصلی این معضل فقدان یک برنامه‌ریزی آگاهانه است که در آن آسایش حرارتی در فضای باز، مورد توجه قرارگرفته باشد. طراحی درست و آگاهانه خیابان‌ها، عرض پیاده‌روها، انتخاب و جایگذاری مناسب المان‌های سایه‌انداز و سایر موارد اینچنینی می‌تواند بر آ سایش حرارتی عابران تاثیر مثبت بگذارد (۳). گرچه تعداد کمتری از مردم به چگونگی تاثیر پارامترهای محیطی بر شرایط آسایش حرارتی آگاهی دارند؛ اما یک خرده اقلیم آ سایش‌بخش، ا ساس واقعی مکان‌های دو ستدا شتنی و پر رونق در ف ضای باز ا ست. این مساله در شهرهای گردشگری مانند اصفهان اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، چراکه آسایش در فضاهای باز شهری به رونق گرد شگری کمک می‌نماید.تنگه های شهری(خیابان های عمیق و باریک) در شهرها به عنوان نقاط بحرانی حرارتی شناخته میشوند و تحقیقات متفاوتی در بررسی شرایط حرارتی تنگه های شهری صورت گرفته است.

۱. مبانی نظری

در تحقیق پیش رو بر اساس سناریو های تحقیق سه عامل ن سبت ارتفاع به عرض، جهت گیری و الگوی پو شش گیاهی در تنگه های شهری مد نظر ا ست. تحقیقات متعددی در این سه زمینه انجام گرفته که در ادامه به برخی از ان ها اشاره شده است.

- **نسبت ارتفاع به عرض:** یکی از پارامترهای ا سا سی هند سه دره‌های شهری نسبت تنگه‌ها می‌باشد که به ارتفاع بدنه های شهری و عرض معابر بستگی دارد (۴). اگر نسبت دره‌های شهری تا ۱ باشد به آن یکنواخت می‌گویند، اگر کمتر از ۰/۵ با شد کم عمق و اگر این ن سبت بی شتر از ۲ با شد آن را عمیق می‌نامند. (۵). دمای هوا در شب به صورت م ستقیم تحت تاثیر نسبت ارتفاع به عرض قرار دارد به طوری که با افزایش نسبت ارتفاع به عرض، دمای هوا افزایش می‌یابد (۶).ولی این موضوع در دره‌های شهری در طول روز بسیار متفاوت‌تر است. احمد دریافت که ماکزیمم دمای هوا در اقلیم گرم و مرطوب با افزایش نسبت ارتفاع به عرض کاهش می یابد (۵). محقق دیگری با مقایسه شرایط دمایی در ۷ سایت متفاوت دریافت که دمای هوا در سایت‌های با نسبت‌های مختلف حدود ۷ درجه کلوین متفاوت است (۷). در بسیاری از مطالعات ذکر شده است که گشودگی‌ها در دره‌های شهری می‌تواند دمای هوا را در روز در دره شهری افزایش دهد. در مطالعه دیگری ذکر شده که در اقلیم های گرم و خشک مانند شهر فز در موکوکو دمای هوا در دره‌های عمیق ن سبت به دره‌های یک نواخت ب سیار کمتر ا ست (۷). مطالعه ای که در شهر پرتراکم آتن در کشور یونان انجام شده نشان داد که با کاهش نسبت دره‌های شهری میزان بار سرمایشی آن‌ها به میزان زیادی کاهش پیدا می‌کند. تحقیقی که دمای سطوح در ۷ دره شهری با نسبت های متفاوت ۱ تا ۴/۸ را مورد بررسی قرار دادند که نشان داد در دره‌های عمیق‌تر دمای هوا تا ۴ درجه سانتی گراد کمتر دیده می‌شود (۳).

تعدادی از مطالعات به‌صورت مستقیم تاثیر نسبت ارتفاع به عرض تنگه‌های شهری را بر آسایش حرارتی عابران پیاده مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که بهتر است تمامی تاثیرات منفی احتمالی طراحی این تنگه مشخص شود تا نارضایتی حرارتی ایجاد نشود (۸). سایه‌اندازی اصلی‌ترین عامل در کاهش سطح نار ضایتی حرارتی دیده شده که با افزایش سطح ن سبت دره‌های شهری سطح آن بیشتر می‌شود (۹). به صورت کلی ذکر شده است که خیابان‌های عمیق باریک نسبت به خیابان‌های پهن شرایط حرارتی بهتری ایجاد می‌کنند (۱۰). در مطالعه دیگری که در اقلیم گرم و خشک انجام شد نشان داد که در تنگه‌های شهری پهن و عریض درخت بلند به میزان زیادی می‌توانند سطح سایه‌اندازی را افزایش داده و ناراحتی حرارتی را کاهش دهند (۱). در مطالعه‌ای که شرایط حرارتی دره شهری با

نسبت کمتر از ۰/۵ در یک مدل سه بعدی ساخته شده در دره‌های شهری مورد بررسی قرار گرفت، نشان داد با ایجاد سایه‌اندازی بر روی پیاده‌روها و نماها استرس حرارتی کاهش می‌یابد (۱۱).

-**جهت‌گیری تنگه‌های شهری**:تابش خورشید و جابه‌جایی هوا پارامترهای اصلی در تعیین شرایط آسایش حرارتی در مناطق شهری ا ند. جهت‌گیری تنگه های شهری یکی از پارامترهای اصلی است که بر میزان دریافت تابش خورشید و سرعت باد تاثیر می‌گذارد. جهت‌گیری دره‌های شهری یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که بر شرایط حرارتی دره‌های شهری تاثیر می‌گذارد (۱۲)مطالعاتی که برای بررسی شرایط حرارتی دره‌های شهری در مناطق پرتراکم انجام شد نشان داد که میزان دریافت نور خور شید در تغییرات جهت‌گیری موثرترین عامل در تعیین شرایط حرارتی است (۱۳).در مطالعات گسترده ای که در این زمینه صورت گرفته نشان داده شده که دره‌های شرقی-غربی به وا سطه جذب زیاد نور خو شید، بدترین شرایط حرارتی را تجر به می‌کنند. همچنین در تحقیقاتی که در اقلیم گرم و خشک انجام شده نشان می‌دهد که در جهت‌گیری شمالی-جنوبی به خصوص در صبح و ظهر شرایط حرارتی بسیار مناسب‌تر می‌باشند (۱۳) تحقیقات نشان داده است که جهت‌گیری در دره‌های عمیق و باریک بر شرایط حرارتی بسیار تاثیر می گذارد و از طرفی در تنگه های پهن و کم عمق تاثیر چندانی ندارد.

-**پوشش گیاهی:** استراتژی مهم برای مقابله با مساله گرم شدن بیش از حد هوا خصوصاً در مناطق شهری و ایجاد آسایش حرارتی به کار بردن پوشش گیاهی و فضاهای سبز در محیط شهری است (۱۴). پوشش گیاهی به دلیل شرایط مختلف و نوع خاص آن می‌تواند بر دمای محیط تاثیر بگذارد (۱۵). یک فرایند مهم در تاثیرات مثبت فضای سبز بر دمای هوا، تبخیر و تعرق است که بر دمای محیط تاثیر می‌گذارد.گیاهان با جذب گرمای خور شید رطوبت خود را به بخار تبدیل کرده و به محیط ار سال می‌کنند که این مورد باعث می‌شود خود گیاه خنک شود و هوای اطراف آن نیز به تبع آن خنک شود (۱۶). راهکار کلیدی دیگر سایه‌اندازی ا ست که با جلوگیری از تابش خور شید سطح تحت سایه را خنک می‌کند. این اثر خنک کننده یک راهکار مهم در مناطق شهری است و باید توجه داشت که پوشش گیاهی می‌تواند تبادل حرارتی و حرکت هوا را نیز تحت تاثیر قرار دهد. هرچند این تاثیر مطابق با مواردی چون نوع و سایز پوشش گیاهی یا محیط ساخته شده اطراف آن تغییر کند (۱۷). به صورت کلی قابل ذکر است که پوشش گیاهی نقش مثبتی بر کل اکوسیستم در بخش های مختلف دارد. ادبیات مربوطه نشان می‌دهد که استفاده از پوشش گیاهی می‌تواند پارامترهای محیطی خرده اقلیم را مانند: دمای هوا، رطوبت نسبی را تغییر د هد (۱۸). بنابراین همواره پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از استراتژی های مهم و کارا مد در کاهش اثرات پد یده جزیره حرارتی و اثرات منفی افزایش دما بر سلامتی عابران بکارگرفته شود(۱۵).

در مقیاس کوچک مانند پیاده‌روها، فضاهای سبز که عموما درخت در سطح پیاده رو ها مد نظر است، نقش مهمی در بهبود شرایط آسایش حرارتی از طریق سایه‌اندازی و تبخیر و تعرق ایفا می‌کند.(۱۹). درختان با سایه‌اندازی به عنوان محافظ در برابر نور خورشید و جلوگیری از بالا رفتن دمای سطوح محیط را خنک می‌کند.کیفیت سایه‌اندازی به جایگیری درخت ارتفاع تاج و اندازه تاج و ساختار کلی درخت بستگی دارد. در یک نمونه مطالعه انجام شده در این زمینه مشاهده شده که در یک باغ کوچک در لیسبون تفاوت دمایی ۶/۵ درجه در سایت سایه دار در مقای سه با مکانی که در معرض نور خور شید قرار دارد، ایجاد شده است (۲۰). جذب انرژی خورشیدی توسط درختان سبب افزایش گرمای نهان و در نتیجه خنک شدن برگ‌ها و هوای اطراف برگ ها می‌شود (۲۱).این حا لت برای متر یال های نفوذناپذیر ایجاد نمی‌شود که به صورت مستقیم تابش خورشید را جذب و یا انعکاس می‌دهند(۲۱). در یکی از تحقیقات کاهش دمای ۳/۱ درجه در یکی از شهرهای چین م شاهده شده ا ست (۲۲). از طرفی پو شش گیاهی قادر ا ست از باد سرد زم ستانی جلوگیری کند و همچنین الگوی حرکت نسیم خنک در تابستان را تغییر دهد (۲۳) توانایی پوشش گیاهی برای تغییر جهت باد و حرکت آن عمدتاً به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد (۱۷) .به صورتی کلی قابل ذکر ا ست که درختان برگ‌ریز می‌توانند ۳۰-

٪۴۰ سرعت باد را کاهش دهند (۲۴). درختان با استفاده از سایه‌اندازی جلوی تابش خورشید را گرفته و در نتیجه بازتاب از زمین کاهش می یابد و هوا خنک می‌شود (۱۹). از این رو سایه‌اندازی یکی از فاکتورهای کلیدی کاهش دمای هوا است (۲۵) بنابراین افزایش درختان تاثیرات مثبت سایه‌اندازی را نسبت به محیط های بدون سایه آشکار می‌کند (۲۶).در منطقه استوایی هندوستان در خیابان‌های با درخت دمای محیط در حدود ۵/۶ درجه کمتر گزارش شده است (۲۷). پژوهشی که در محوطه دانشگاهی در ژاپن انجام شد،میزان تاثیرگذاری افزودن درخت به محیط را بر دمای هوا اندازه گرفتند و مشخص شد که با افزودن ۲۰٪ درصد به درختان دمای هوا حدود ۲/۲۷ درجه در گرم‌ترین ساعات تابستان کاهش می‌یابد (۲۸).

پس از بررسی مطالعات گذشته شاخص های موثر بر میزان تاثیر گذاری پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در فضای باز مشخص شده است که شامل نوع و میزان پوشش گیاهی، شرایط اقلیمی و فصل مورد مطالعه و همچنین بافت و محیط مصنوع می باشد. چالش باقی مانده در این تحقیق انتخاب پوشش گیاهی متناسب با اقلیم و بافت شهر مربوطه برای کاهش دمای هوا می‌باشد. همانطور که گفته شد تاثیر مثبت پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بر همگان آشکار است ولی در طرح و برنامه‌ها همچنان زیبایی‌شناسی فضاهای سبز، مدنظر قرار نمی‌گیرد. برای پاسخ به این مساله و نحوه و میزان تاثیر گذاری پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی چندین آزمایش و تحقیق متفاوت انجام گرفته است. اما همچنان یک راهکار جامع با هدف بهبود شرایط حرارتی در محیط در دست طراحان و برنامه ریزان شهری قرار ندارد از این رو نیاز است با توجه به بافت و شرایط فیزیکی محیط شهری و نوع پوشش گیاهی بومی و پر کاربرد در محیط اقدام به ارائه یک سری قوانین در نحوه به کار گیری نوع مناسب پوشش گیاهی در هر شرایط فیزیکی محیط شهری ارائه شود که این تحقیق این هدف را پیگیری می‌کند.

۲. روش تحقیق

در مرحله ابتدایی با بردا شت میدانی از سطح شهر ا صفهان و توجه به نقشه های تفضیلی شهر و پر سش از ادارات مربوطه و افراد آگاه در این زمینه مشخص شد که حداکثر نسبت ارتفاع به عرض تنگه های شهری در منطقه ۱ و ۳ ا صفهان مابین نسبت ۰/۵ الی ۳ است. البته محدودیت جهت گیری در آن دیده نمیشود.سپس با توجه به هدف تحقیق از بین این مدل های تنگه شهری موجود در این منطقه ۶ نمونه مطالعاتی انتخاب گردید که این ۶ نمونه دارای نسبت ارتفاع به عرض، جهت گیری و سطح پوشش گیاهی متفاوتی بوده اند و البته هیچ دو تنگه شهری انتخابی با هم شباهتی در جهت گیری ندارند(جدول ۱).

پس از انتخاب تنگه‌های شهری مربوطه اقدام به اندازه گیری پارامتر های اقلیمی در تنگه های شهری گردید. هدف از اینکار بدست آوردن پارامتر های موثر واقعی و نوع پرکاربرد پوشش گیاهی است.

در ادامه با بررسی نقشه های تفضیلی و میانگین ۶ نمونه مطالعاتی عرض ۱۶ الی ۱۸ متر برای تنگه های شهری به عنوان عرض پر تکرار در تنگه ها انتخاب گردید. و در نهایت یک مدل فرضی از تنگه شهری در اصفهان که عرض و مصالح و عرض پیاده روهای آن ثابت بود ساخته شد و سایر پارامتر ها مانند نسبت ارتفاع به عرض، نوع پوشش گیاهی، و جهت گیری متغیر در نظر گرفته شده است.و در نهایت با شبیه سازی کامپیوتری با نرم افزار envi-met حالات مختلف تنگه های شهری مدل سازی شده و شرایط حرارتی آن با انواع پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته است.

- منطقه مورد مطالعه

باتوجه به چهارچوب این تحقیق که در راستای وصول به آسایش حرارتی در فضای باز با استفاده مناسب از پوشش گیاهی است، اصفهان به عنوان شهر در این منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. شاخصه این منطقه رطوبت نسبی پایین در تابستان است. حداکثر رطوبت نسبی در طول بهمن ماه در حدود ۶۰٪ است و در بقیه ایام سال به طور متوسط از ۴۰٪ کمتر است. همچنین متوسط دمای محیط در کلیه اوقات بالای صفر است و به ندرت به زیر صفر می‌رسد (۲۹). شهر اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲

درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شـــمالی از شـــهر های بزرگ و گردشگری ایران است(۲۹).

- **مکان و زمان مطالعات میدانی**

در شهر ا صفهان به عنوان منطقه انتخابی مورد مطالعه در نقاط پرتراکم، خیابان‌های چهار باغ عباسی، خیابان لاهور، خیابان نظر غربی، معابر فرعی ابن سـینا و کسـری و شـهید مختاری برای انجام مطالعات میدانی انتخاب شـدند. دلیل انتخاب این نمونه‌ها تفاوت در هند سه و سطح پو شش گیاهی میان آن‌ها ا ست، از طرفی این مناطق دارای بافت تاریخی هسـتند و محل عبور روزانه گردشـگران به خصـوص در فصـل تابسـتان می‌باشـند (جدول۱). مطالعات میدانی در ۲۱ الی ۲۶ تیر ماه ۹۴ انجام گرفت و متغیرهای اقلیمی مانند دمای هوا و رطوبت نسـبی و سـرعت باد به منظور بررسـی رابطه میان عوامل فیزیکی خرده اقلیم و احسـاس واقعی حرارتی میان اندازه گیری شـده اسـت. ویژگی های ۶ نمونه مطالعاتی در جدول ۲ بیان شـده اسـت. بر اسـاس مطالعات میدانی در این ۶ نمونه مورد مطالعه اطلاعات لازم برای طراحی یک نمونه فرضـی تنگه شـهری برای سـناریو های مختلف تحقیق متناسب با هدف پژوهش مورد برر سی قرار گرفته است.

جدول ۱- شرایط هندسی وپوشش گیاهی نمونه های مورد مطالعه

Table 1. Geometric conditions and vegetation of the studied samples

موارد بررسی شده	چهار باغ عباسی	خیابان لاهور	خیابان نظر غربی	معبرابن سینا	معبر کسری	خیابان شهید مختاری
نسبت‌عرض/ارتفاع	۰/۵	۱	۲	۱/۵	۳	۲/۵
جهت‌گیری	شمالی _جنوبی	شرقی غربی	شمال شرقی_ جنوب غربی	شرقی غربی	شرقی غربی	شمال غربی -جنوب شرقی
ابعاد	۱۰۰/۲۸۰	۱۰۰/۲۸۰	۱۰۰/۲۸۰	۱۰۰/۲۸۰	۱۰۰/۲۸۰	۱۰۰/۲۸۰
سطح پوشش گیاهی	بسیار زیاد	متوسط	اندک	متوسط رو به زیاد	بدون پوشش گیاهی	متوسط رو ب کم

برای ا ندازه گیری د ما، رطو بت و سـر عت باد از دسـتگاه weather meter ا ستفاده شد(شکل ۱- د ستگاه).کوچک بودن د ستگاه این امکان را به محقق می‌دهد که به راحتی آن را در د ست نگه دارد و دما و رطوبت و سرعت باد را اندازه‌گیری و ثبت کند. در این روش ارتفاع انسـانی برای سـنجش آسـایش حرارتی توسـط محقق رعایت شـده که با نتایج شـبیه‌سـازی در ارتفاع مذکور تفاوت ایجاد نکند.جهت کالیبراسـیون دسـتگاه در اندازه گیری میدانی دو مرحله طی شده است.

در مرحله ابتدایی خود دستگاه دارای روند کالیبراسیون است و بر اساس مشخصات مطرح شده در بروشور این دستگاه، میتوان در محدوده ارتفاعی -۶۵۰ الی ۹۰۰۰ از سـطح دریای آزاد از این دسـتگاه اسـتفاده کرد و جهت کالیبراسـیون در هر محیط که تغییر می کند به صـورت دسـتی و با اسـتفاده از قابلیت های موجود در د ستگاه ارتفاع از سطح دریای ازاد شهر ا صفهان وارد شد. سپس دستگاه اجازه میدهد اطلاعات سینوپتیک وارد گردد و سپس بر اساس فشار هوا و ارتفاع شهر اصفهان دستگاه تنظیم گردید.

در مرحله دوم برای کالیبراسـیون دسـتگاه مورد نظر در زمینه دما و رطوبت از د ستگاه دیتا لاگر دارای گواهی کالیبرا سیون از شرکت سازنده در یک نمونه مطالعاتی(خیابان لاهور) در فواصل زمانی مختلف اسـتفاده شـد. نقاط مورد بررسـی در نمونه مورد مطالعه ۴ نقطه در ساعت ۸ صبح -۱۲ ظهر -۴ ع صر -۸ شب بوده اسـت در نهایت میزان خطای اندازه گیری در پارامتر های

مختلف و در ساعات مختلف بر اساس دسته بندی دماهای مختلف محدوده بین ۰,۰۵ الی ۰,۰۷ درصد بوده است.

شکل ۱- دستگاه اندازه‌گیری متغیرهای محیطی (weather meter)

Figure 1. Environmental variables measuring device

معرفی نرم افزار Envi-met

بررسی عملکرد پوشش گیاهی در درههای شهری و همچنین تعیین میزان تأثیرات مثبت و یا منفی آن بر آسایش حرارتی نیازمند مدلسازی عناصر محیط و هندسه پوشش گیاهی، شاخص های مربوط به تراکم برگ نظیر LAD و LAI، و شرایط قرارگیری آن، هندسه دره شهری و...) و حل معادلات تعادل انرژی و انتقال جرم و حرارت است. به این منظور از نرم افزار شبیه سازی محیط شهری که یک نرم افزار دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) می باشد، استفاده شده است. مایکل بروس خالق نرم افزار هر سال آن را بهبود میبخشد در این مطالعه از جدیدترین نسخه این نرم افزار یعنی Envi-met ۴,۰v استفاده شده است. مدل ENVI-MET به این دلیل انتخاب شده است که آن مدل کامل ترین مدل برای محاسبه آ سایش حرارتی ان سان ا ست(۳۰). سهولت مدل سازی پو شش گیاهی و د قت بیشتر در دادن پرو فا یل ورودی دلا یل دیگر انتخاب این نسخه از نرم افزار بوده است (۳۱).

- **اعتبار سنجی نرم افزار:**

بر اساس اطلاعات موجود در سایت Envi-met، تعدادی از محققان تلاش کرده اند تا کارایی ENVI-met را با ا ستفاده از مقایسه نتایج شبیه سازی با داده های میدانی بررسی کنند. ساماالی و همکاران محاسبه شار تابشی در ENVI-met را با دو مدل معتبر و همچنین اندازه گیری های حاصل از برداشت های میدانی ارزیابی کردند. آنها بیان داشتند که شار تابشی طول موج بلند شبیه سازی شده توسط ENVI-met در تاج پوشش گیاهی منطقی است؛ با این حال ضعف در برخی فرضیه ها نظیر غیرمیرایی بودن تابش پراکنده طول موج کوتاه در داخل گیاهان آ شکار گردید. چاو و همکاران، خروجی های ENVI-met را با داده های دمایی مشاهده شده در یک شهر گرم و خشک مقایسه کردند. آنها ن شان دادند که ENVI-met قادر به شبیه سازی داده های دمایی مکانی و زمانی با دقتی قابل قبول ا ست. کروگر و همکاران ، چنین گزارش دادند که، در ارتفاع ۱/۲ متری بالای سطح زمین در داخل تنگه خیابان، سرعت های باد پیش بینی شده توسط ENVI-met به ازای سرعت باد ورودی کمتر از ۲ m/s، مطابق با داده های میدانی بود، اما برای سرعت های باد ورودی بیش از ۲ m/s، سرعت های باد پیش بینی شده را د ست بالا می گیرد. انجی و همکاران ENVI-met را با تمرکز بر روی دمای هوا در یک شهر گرم و مرطوب مورد ارزیابی قرار دادند. آنها ن شان دادند که ضریب همب ستگی (R^2) بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی ها بین ۰,۶۳ و ۰,۷۷ متغیر بود(۳۲).

- **معرفی مدل فرضی برای شبیه سازی**

همانطور که در جدول ۲ آمده است درختان مورد استفاده برای انجام شبیه‌سازی در این تحقیق دو درخت چنار و کاج می باشد. چنار بعنوان درخت برگ ریز غالب و کاج بعنوان درخت همیشه سبز غالب در سطح شهر اصفهان انتخاب شدند. شرایط هندسی این درختان از اطلاعات موجود در آمارهای سازمان پارکها و فضای سبز گرفته‌شده و به این صورت است که درخت چنار با شعاع تاج ۳ متر و ارتفاع ۹ متر و سطح تراکم برگ (LAD) ۱/۱ و درخت کاج با شعاع تاج حد اکثر ۱/۱ متر و ارتفاع ۷ متر و سطح تراکم برگ ۰/۷ در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند. داده های مربوط به آلبدوی سطح برگ برگرفته از پایگاه داده نرم افزار بوده و معادل ۰/۱۸ است. تمام موارد ذکر شده در جدول ۲ مورد استفاده قرار گرفته و یک تنگه شهری (مدل فرضی) بر اساس آن ساخته شده است.ویژگی های بیان شده در جدول ۲ بعضی از مهم ترین ویژگی های تنگه شهری های موجود بیان شده استو برخی از شرایط تنگه شهری مانند میزان ضریب البدو مصالح به عنوان پیش فرض و ثابت فرض شده است.

جدول ۲- ویژگی دره های شهری منطقه ۱و۳ اصفهان

Table 2. Characteristics of urban valleys in Isfahan Region 1 and 3

ویژگی دره های شهری شهر اصفهان طبق برداشت های میدانی				
عرض معابر	**نسبت ارتفاع به عرض**	**جهت گیری معابر**	**طول معابر بدون گشودگی کلان**	**مصالح**
متو سط عرض معابر ۱۲ الی ۱۸ متری	۰/۵ الی ۳	در تمام جهات	۳۰۰ متر الی ۵۰۰	آسفالت و سرامیک. آجر نما
ویژگی لاین های سواره و پیاده				
تعداد لاین های سواره در عرض ذکر شده		تعداد لاین های پیاده در عرض ذکر شده		عرض پیاده رو ها
دو لاین پارک و دو لاین فعال حرکت		۲ لاین در دو طرف		۱/۵ الی ۲/۵ متر
ویژگی پوشش گیاهی شهر اصفهان بر طبق برداشت های میدانی				
انواع غالب پوشش گیاهی	نوع درخت غالب در معابر		ترکیب پیشنهادی مردم	عرض لاین پوشش گیاهی
درخت، چمن	چنار و کاج		درخت و چمن، بوته و چمن	۰/۵ الی ۱ متر

پارامتر های مورد بررسی در شبیه سازی

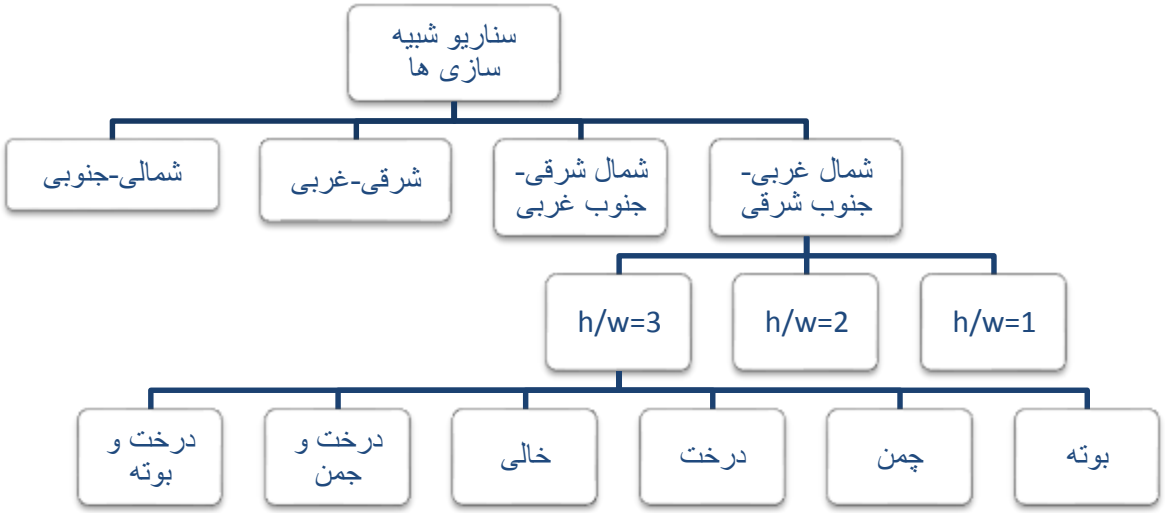
همانطور که ذکر گردید تغییرات نسبت های دره شهری از ۰/۵ الی ۳ است. اگر این تغییرات به صورت ۰/۵ واحد مورد بررسی قرار گیرد تعداد شبیه سازی های مورد تست بسیار زیاد و خارج از حوصله این تحقیق است. از این رو جهت کاهش این شبیه سازی ها این ۶ نسبت مدل سازی شده و شرایط حرارتی آن ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه سازی ۶ دره اصلی و مقایسه میان دمای آن ها مشخص نمود که رفتار حرارتی در دره های شهری از نسبت کم و یا به عبارتی از دره کم عمق به سمت دره عمیق یک روند را مستقیم را طی میکند(جدول 3). تغییرات به صورتی است که اگر سه نسبت انتخاب شود به روند رفتار حرارتی تنگه های شهری خللی وارد نمی‌شود؛ از این رو تعداد نسبت های مورد مطالعه به ۳ نسبت کاهش یافته است. و روند پارامتر ها در نمودار های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه رفتار حرارتی دره های شهری با نسبت های مختلف

Table 3.Comparison of thermal behavior of urban valleys with different ratios

موارد مورد بررسی	H/W3	H/W2/5	H/W2	H/W1/5	H/W1	H/W0/5
میانگین	۳۰/۲۳۱۹	۳۰/۵۲۹۷	۳۰/۹۰۳۸	۳۱/۵۹۴۶	۳۲/۰۷۴۴	۳۲/۸۸۹۲
کمینه	۲۹/۸۰	۲۹/۹۰	۳۰/۴۱	۳۱/۱۴	۳۱/۷۸	۳۲/۶۱
بیشینه	۳۱/۹۱	۳۱/۸۵	۳۱/۹۳	۳۳/۹۳	۳۳/۰۴	۳۲/۵۰

شکل ۲ سناریو شبیه سازی را نشان می دهد. سناریو های شبیه سازی در هر جهت گیری و در هر نسبت ارتفاع به عرض مطابق نمودار ۲ شش الگوی پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته است. هدف انتخاب بهترین نوع و ترکیب پیشنهادی پوشش گیاهی در دره های شهری اصفهان و با نسبت و جهت گیری های متفاوت است.



شکل ۲- سناریو شبیه سازی

Figure 2.Simulation scenario

۳-یافته‌های انتخاب بهترین نوع پوشش گیاهی برای هر جهت گیری

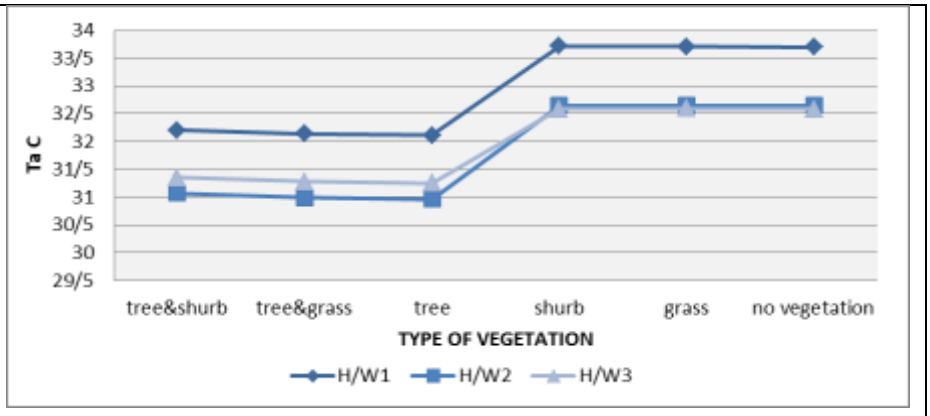
در جهت گیری شمالی-جنوبی ترکیب های مختلف پوشش گیاهی از جمله درخت،بوته، چمن،درخت و چمن، و درخت و بوته، در هر سه نسبت ارتفاع به عرض ۱، ۲ و ۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل زیر میانگین دمای هوا در هر الگو آورده شده ا ست. نتایج تمامی شبیه سازی ها مربوط به تیر ماه، گرم ترین ماه سال و ساعت ۱۴ بعد از ظهر بعنوان گرم ترین ساعت روز میباشد. قابل ذکر است که نتایج در ارتفاع معادل ۱,۱۱۹ متر که معادل مرکز جرم انسان است برداشت شده است.

- **جهت گیری- شمالی جنوبی**

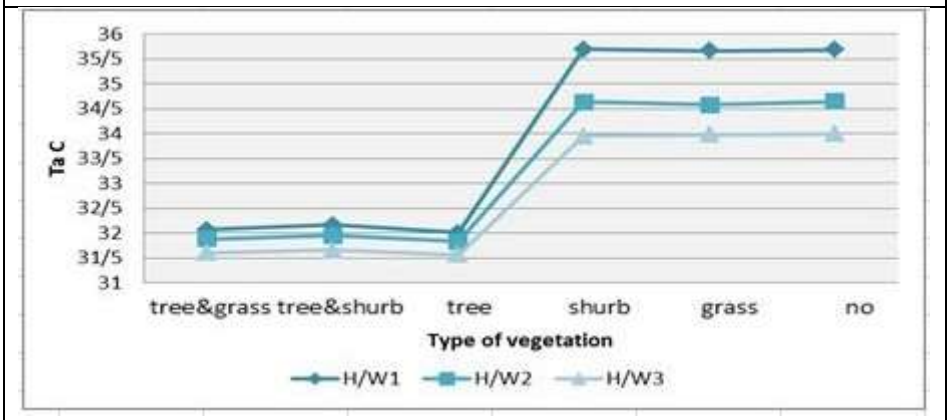
بر اساس شکل ۳ در جهت گیری شمالی جنوبی مابین سناریوهای مورد بررسی، الگوهای ترکیبی با درخت بهترین شرایط دمایی را ایجاد میکنند. در نسبت ارتفاع به عرض ۱ ، سناریو درخت با دمای معادل با ۳۲/۱۱ و کاهش دمای حدود ۱/۵۹ درجه سانتی گراد بهترین عملکرد را در جهت کاهش دمای هوا داشته است. و پس از آن الگوهای ترکیبی درخت وچمن با دمای معادل۳۲/۱۴، درخت و بوته با دمای ۳۲/۲۰ ،چمن با دمای معادل۳۳/۷۱ و بوته با دمای معادل ۳۲/۷۲ درجه سانتی گراد، در رتبه های بعدی قرار میگیرند. قابل ذکر است که در نسبت ارتفاع به عرض ۱، الگوی چمن والگوی بوته نه تنها

تاثیر مثبت ندارند بلکه باعث افزایش دمای حدود ۰/۰۱ درجه سانتی گراد نسبت به شرایط دمایی در معبر بدون پوشش گیاهی دارند.

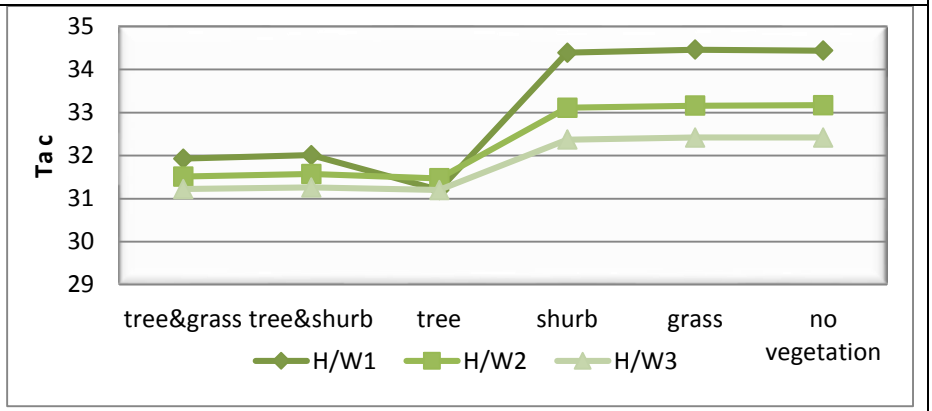
این دو نوع پوشش گیاهی در ترکیب با درخت نیز به سطح کاهش دمای هوا نسبت به درخت کمک چندانی نمیکنند.در نسبت ارتفاع به عرض ۲ و ۳ نیز درخت به ترتیب با کاهش دمای هوا معادل ۱/۶۹ و۱/۳۳ بهترین عملکرد در جهت کاهش دمای هوا نسبت به سایر سناریو ها داشته است. به این ترتیب بیشترین کاهش دمای هوا در نسبت ۲ توسط درخت ایجاد میشود. میزان کاهش دمای کمتر در نسبت ۳ به دلیل سایه اندازی توسط جداره های معابر بر پیاده رو می باشد.



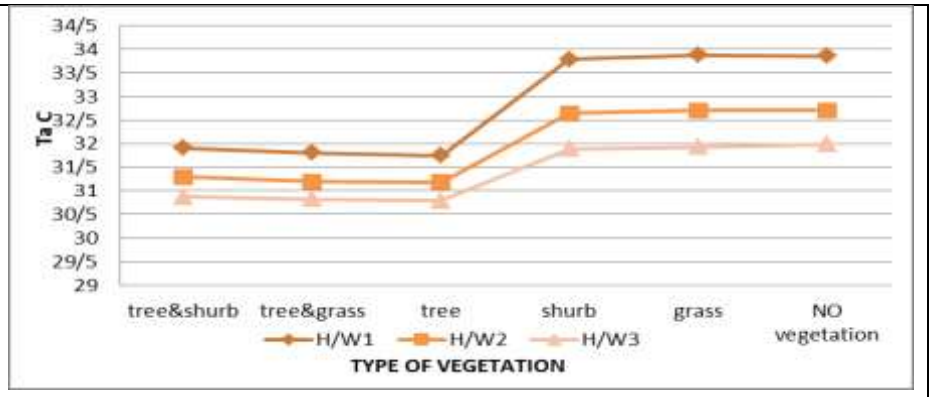
• جهت گیری شمالی- جنوبی



جهت گیری شرقی-غربی



• جهت گیری شمال شرقی-جنوبغربی



• جهت گیری شمال غربی- جنوب شرقی

شکل ۳- انتخاب بهترین نوع پوشش گیاهی درتنگه های شهری با جهت گیری متفاوت در فصل تابستان

Figure 3.Choosing the best type of vegetation in urban straits with different orientations in summer.

- **جهت گیری شرقی- غربی**

در جهت گیری شرقی غربی معبر موازی جریان باد است و باد در تمام طول دره تاثیر میگذارد. ، در جهت گیری شرقی غربی نیز الگو های ترکیبی با درخت بیشترین کاهش دمای هوا را در پی دارند. در مطالعات پیشین ذکر شده که چمن و بوته در ارتفاع نزدیک به خود و حدود ۱۰ الی ۲۰ سانتی متری بهترین تاثیرگذاری را دارد بنابراین در سطح ارتفاع ۱/۱۹ این سناریو ها تاثیرات چشمگیری ندارند. سناریو درخت در نسبت ارتفاع به عرض ۱ با کاهش دمایی حدود۳/۶ درجه سانتی گراد، بهترین عملکرد را نسبت به سناریو درخت در نسبت های ۲ و ۳ به ترتیب با کاهش دمایی حدود ۲/۸ و ۲/۴ درجه داشته است.در این جهت گیری به طور متوسط در معبر با نسبت ارتفاع به عرض ۳ (معبر عمیق تر) شرایط دمایی بهتر است. تفاوت دمایی در معابر با نسبت های مختلف به دلیل سطح دریافت تابش خورشید و به عبارتی سطح سایه اندازی در معبر ایجاد می شود.

- **جهت گیری- شمال شرقی- جنوبغربی**

در جهت گیری شمال شرقی- جنوبغربی با توجه به زاویه قرار گیری ۴۵ درجه آن نسبت به راستای باد ، رفتار دمایی متفاوتی را در ورودی جریان باد نسبت به سایر نقاط تنگه های شهری شاهد هستیم. در عین حال، در معابر با جهت گیری شمالشرقی- جنوب غربی نیز سناریو درخت بهترین عملکرد را در هر سه نسبت دارد. میزان کاهش دمای هوا ناشی از درخت در معابر، به ترتیب به طور میانگین ۳/۳ ، ۱/۷ و ۱/۲۲ درجه سانتیگراد در نسبت های ۱ ، ۲ و ۳ میباشد. به صورت کلی معبر با نسبت ارتفاع به عرض ۳ با سناریو درخت در سراسر معبر بهترین شرایط دمایی را تجربه می کند.

- **جهت گیری- شمال غربی- جنوب شرقی**

در جهت گیری شمال غربی- جنوب شرقی، الگو های ترکیبی با درخت، بهترین شرایط حرارتی را ایجاد می‌کنند. سناریو درخت در تنگه های درخت کاری شده با نسبت ۱ و با دمای معادل با ۳۱/۷۵ و کاهش دمای حدود ۲/۱۱ درجه سانتی گراد به بهتر شدن وضعیت دمایی این تنگه کمک می‌کند. پس از آن الگوی ترکیبی درخت وچمن با کاهش دمای ۲/۰۵، الگوی ترکیبی درخت و بوته با کاهش دمای ۱/۹۵ درجه سانتی گراد در رتبه های بعدی قرار دارند. در نسبت ارتفاع به عرض ۲ و ۳ نیز درخت به ترتیب با کاهش دمای هوا معادل ۱/۵۱ و۱/۲ بهترین عملکرد در جهت کاهش دمای هوا را داشته است. در نسبت ارتفاع به عرض ۱ به دلیل شرایط بدتر و دمای بالاتر میزان کاهش با درخت افزایش مییابد و این مساله تحقیقات گذشته را تایید میکند و نشان میدهد که درخت در جایی که استرس حرارتی زیاد باشد عملکرد بهتری را نشان می دهد.

- **مقایسه نتایج تحقیق با پژوهش های مشابه**

تحقیق حال حاضر در درجه اول بیان میکند که ایجاد سبزینگی در تنگه های شهری باعث کاهش دمای هوا و بهبود شرایط

حرارتی است که این موضوع در تحقیقات متعددی مورد تایید قرار گرفته است.(۳۴ و ۳۵). در این تحقیق نشان داده شده است الگوی درخت بیشترین تاثیر مثبت را دارد نسبت به سایر الگوها اما این میزان تاثیرگذاری به شدت وابسته به جهت گیری و هندسه تنگه های شهری می باشد به صورتی که در نسبت ارتفاع به عرض ۱ به دلیل دریافت تابش خورشید بیشتر در جهت گیری شمال غربی جنوب شرقی با الگوی درخت کاهش دمای دو درجه در سطح عابر پیاده دیده میشود اما در در سایر نسبت های این جهت گیری این کاهش دما کمتر است و از طرفی در جهت گیری های متفاوت نیز کاهش دمای متفاوتی مشاهده میشود. این موضوع در تحقیقات متعددی مورد تایید قرار گرفته است(۳۶، ۲۴،۸).

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که در امر کاهش دما هوا سایه اندازی نقش مهمی را ایفا می کند زیرا در نسبت های بالا که بدنه های ساختمان ها در پیاده رو سایه اندازی ایجاد می کنند و یا در جهت گیری هایی که در طول روز میزان دریافت تابش خورشید در آن ها کمتر است، دمای کمتری تجربه می شود. از طرفی در میان الگوهای مختلف پوشش گیاهی که مورد بررسی قرار گرفته است الگوی درخت به دلیل سایه اندازی و حفظ رطوبت الگوی کاربردی در جهت کاهش دما می باشد که این مساله در مقالات مشابه به مورد تایید قرار گرفته است(۳۷،۳۸،۹). اما در میان تحقیقات گذشته الگوهای ترکیبی درختان با هم در مقایس بزرگ مانند دو منطقه از کلان شهر و در تمام شرایط فیزیکی موجود تنگه های شهری در آن مناطق مورد بررسی قرار نگرفته بوده است که از این جهت این تحقیق خلا مطالعاتی در این زمینه را حل کرده است.

پیشنهاد می شود در تحقیقات آینده شرایط فیزیکی خود درختان(تراکم سطح برگ، عرض تاج و...) و میزان تراکم آن ها در مطالعاتی عددی مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان راهکار های عملی و کاربردی مناسبی به سازمان های مسئول در زمینه بکار گیری فضای سبز ارائه داد.

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش همان گونه که ذکر شد، ارائه الگوی پوشش گیاهی مناسب و راهکار هایی برای استفاده درست پوشش گیاهی در تنگه های شهری، در راستای رسیدن به آسایش حرارتی عابران در شهر اصفهان است. در این تحقیق ابتدا با مطاعات گسترده میدانی و توزیع پرسش نامه شرایط مختلف تنگه های شهری و الگوهای پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت سپس الگوهای مختلف پوشش گیاهی موجود در یک نمونه ایزوله که بر اساس شرایط واقعی تنگه های شهری این دو منطقه وجود داشته است مورد بررسی قرار گرفته است. و در نهایت برای هر جهت گیری و در هر نسبت بهترین الگوی پوشش گیاهی خارج شده است. که قابلیت تعمیم به تنگه های شهری مختلف در دو منطقه مورد بررسی اصفهان را دارد . تعداد مدل های مورد بررسی در این تحقیق که بیش از ۳۲ مدل بود وبا تجزیه تحلیل نتایج به دست آمده از شبیه سازی ها مشخص شد که درخت در بین ۵ الگوی پیشنهادی عملکرد مناسب تری از خود نشان می دهد و درخت در نسبت ارتفاع به عرض ۱ در هر چهار جهت گیری بیشترین کاهش دما در فصل تابستان و در نسبت ارتفاع به عرض۳ باعث ایجاد بهترین شرایط حرارتی شده است.چمن و بوته در شهر اصفهان در معابر بسیار به‌کار برده می‌شود ولی نتایج حاصل نشان داد که چمن و بوته تاثیری بر آسایش حرارتی عابران ندارد. رتبه بندی معابر از لحاظ آسایش حرارتی در چهار جهت گیری در تنگه شمال شرقی – جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی بهتر از سایر معابر است و پس از آن معبر شمالی جنوبی عملکرد بهتری نسبت به معبر شرقی- غربی دارد.

References

1. Bourbia, F. Awbi, H.B. Building cluster and shading in urban canyon, 2004, Renewable Energy, Vol. 29. - pp. 291-301.
2. health and Climate change health and Climate change [Online] // the lancet. - 2009. - http://www.thelancet.com/series/health-and-climate-change.

3. Bourbia, F. Boucheriba, F. Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine), 2010, Renewable Energy, Vol. 35.
4. Oke, R.T et al. Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night part 2: Diagnosis of causation, 1991, Boundary-Layer Meteorology, 4 : Vol. 56.
5. Ahmad, A. Khare, M and Chaudhry, K.K. Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections—a review, 2005, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 93. pp. 697-717.
6. Oke, R.T. Street design and urban canopy layer climate, 1988, Energy and Buildings, 1-3 : Vol. 11.
7. Johansson, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate, 2006, BuildEnviron, Vol. 41.
8. Lin, t. Matzarakis, A. and Hwang, RL. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort, 2010, Building and Environment, Vol. 45
9. Jamei, E et al. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort, 2016, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 54. - pp. 102-117.
10. Matzarakis, A. Rutz, F. and Mayer, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, 2007, Int J Biometeorol,. - Vol. 51.
11. Abreu-Harbich, L.V. Labaki, L.C and Matzarakis, A. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil, 2012, International Conference on Urban Climates, Vol. 8.
12. Herrmann, J. Matzarakis, A. Mean radiant temperature in idealised urban canyons—examples from Freiburg, Germany, 2012, Int J Biometeorol, Vol. 56.
13. Nunez, M. Oke, R.T. Energy balance of an urban Canyon . 1997
14. Gill, SE. et al. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure, 2007, Built Environment, Vol. 33. - pp. 115-133.
15. Givoni, B. Impact of planted areas on urban environmental quality: A review, 1991, Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, 3 : Vol. 25.
16. Grimmond, C.S.B. Oke, T.R. An evapotranspiration-interception model for urban areas, 1991, Water Resour. Res., Vol. 27.
17. Bonan, G.B. Effects of land use on the climate of the united states, 1997, National Center for Atmospheric Research, Vol. 37. - pp. 449-486.
18. Byrne, L. Bruns, M. and Chung Kim, K. Ecosystem Properties of Urban Land Covers at the Above ground-Belowground Interface, 2008, Ecosystems, Vol. 11.
19. Fahmy, M. Sharples, S. and Yahiya, Y. LAI based trees selection for mid latitude urban developments: A microclimatic study in Cairo, Egypt, 2010, Building and Environment, Vol. 45. - pp. 345-357.
20. Oliveira, S. Andrade, H. Vaz, T. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon, 2011, Lisbon : Building and Environment, Vol. 46.
21. Akbari, T. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat, 1997, Energy and Buildings, Vol. 25.

22. Georgi, JN. Dimitriou, D. The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, 2010, Greece, Vol. 45. - pp. 1401-1414.
23. Akbari, T et al. Peak power and cooling energy savings of shade trees, 1997, Energy and Buildings, Vol. 25. - pp. 139-48.
24. Ali-Toudert, F and Mayer H. Effects of asymmetry,galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons, 2007, SolEnergy, Vol. 81.
25. Hien Wong, N. Yu, C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city, 2005, Habitat International, Vol. 29. - pp. 547-558.
26. Sawka M [et al.] Growing summer energy conservation through residential tree planting . Landscape and Urban Planning, 2013. - Vol. 113. - pp. 1-9.
27. Vailshery L, Jaganmohan M and Nagendra H Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city . Urban Forestry & Urban Greening, 2013. - Vol. 12. - pp. 408-415.
28. Srivanit M and Hokao K Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer Building and Environment, 2013. - Vol. 66. - pp. 158-172.
29. I.R. OF IRAN METEOROLOGICAL ORGANIZATION. http://www.esfahanmet.ir/
30. Huttner, S. Bruse, M. Numerical modeling of the urban climate, a preview on Envi-met 4.0, The seventh International Conference on Urban Climate. - Yokohama,Japan : [s.n.], 2009.
31. Rosheidat. A Optimizing the Effect of Vegetation for Pedestrian Thermal Comfort and Urban Heat Island Mitigation in a Hot Arid Urban Environment, 2014
32. Krüger, E. Pearlmutter, D. and Rasia, F. Evaluating the impact of canyon geometry and orientation on cooling loads in a high-mass building in a hot dry environment, 2010, Applied Energy, 6 : Vol. 87.
33. www.envi-met.com
34. Patz, J.A. Campbell-Lendrum, D. Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Impact of regional climate change on human health, 2005, Nature, Vol. 438. - pp. 310–317.
35. Wania A [et al.] Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. Environmental Management, 2012. - Vol. 94.
36. Perini, K. Magliocco, A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort, 2014, Urban Forestry & Urban Greening, 3 : Vol. 13.
37. Leuzinger, S. Vogtb, R. and Körner, CH. Tree surface temperature in an urban environment, 2010, Agricultural and Forest Meteorology, 1 : Vol. 150.
38. Shahidan M [et al.] A comparison of Mesua ferrea L. and Hura crepitans L. for shade creation and radiation modification in improving thermal comfort Landscape and Urban Planning, 2010. - 3 : Vol. 97. - pp. 168-181.