دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 1, 2026, Pages 275-301

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

The Potential Contribution of The Development of Edible Parks in Providing Thermal Comfort in Cities

Zahra Nobar[1] , Akbar Rahimi[2]*

Received: 07 August 2024	Accepted: 28 November 2024

1-PhD Student of Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran
2- Assoc. Prof., Dept. of Urban and Regional Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Corresponding Author E-mail: akbar.rahimi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Expansion and industrialization in cities cause challenges, including sustainable food supply and ecological needs, particularly in developing cities. In recent years, Edible Parks have been implemented to address a portion of these ecological, environmental, and social needs through green infrastructure, thereby contributing significantly to urban sustainability.

Materials and Methods: This study was conducted through a combination of field investigation, analytical assessment, and quantitative evaluation. In the first phase, the physical and microclimatic characteristics of the site—including topography, vegetation cover, and surface material composition—were systematically monitored. To assess the impact of different planting configurations on thermal comfort conditions, a comparative scenario analysis approach was employed. Accordingly, seven distinct planting scenarios, comprising various combinations of deciduous trees, evergreen trees, and shrubs, were developed and implemented on a fixed study site.
To accurately analyze the microclimatic performance of each scenario, simulations were carried out using ENVI-MET 4 and RayMan for calculating thermal comfort indices. All scenarios were simulated over an 8-hour period, from 10:00 to 18:00, on 30 June 2020, identified based on meteorological data as one of the hottest days of the year. Input data, including air temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, and atmospheric boundary conditions, were obtained from the nearest meteorological station and incorporated into the simulation models

Results and Discussion: The implementation of planting scenarios consisting of deciduous trees, evergreen trees, and shrubs within urban agricultural lands demonstrated a substantial impact on improving microclimatic conditions and enhancing thermal comfort. Analysis of the Predicted Mean Vote (PMV) index revealed that the presence of multilayer vegetation reduced PMV values by 1/5 units compared to the non-vegetated surface and by 1/4 units relative to the cultivated simulated surface, indicating a marked decrease in heat stress during peak daytime hours. Similarly, the assessment of the Physiological Equivalent Temperature (PET) index confirmed the significant effectiveness of the planting configurations, as PET values decreased by 6°C relative to bare ground and by 5/57°C compared to the cultivated surface scenario. These reductions are primarily attributed to enhanced shading, increased evapotranspiration, and the attenuation of incoming solar radiation provided by the vegetative layers. Furthermore, the ambient air temperature exhibited an average reduction of 0/49°C under the planting scenarios, which, although modest in magnitude, plays a meaningful role in mitigating localized urban heat accumulation.

Conclusion: The findings of this study clearly demonstrate that integrating tree plantings—including both deciduous and evergreen species—with agricultural crops within a defined site can serve as an effective strategy for the development of edible parks. Analysis of thermal comfort indices indicates that the presence of multilayer vegetative structures significantly improves microclimatic conditions through increased shading, reduced surface temperatures, and enhanced relative humidity. Moreover, the application of well-designed and principled planting configurations within the proposed scenarios not only systematizes and optimizes the climatic modifications induced by vegetation but also contributes to the restoration of abandoned or degraded agricultural lands. This integrated approach supports both ecological revitalization and the sustainable enhancement of multifunctional urban green infrastructures.

Keywords: Edible Park, PMV Index, Simulation, Thermal Comfort, Urban Climate

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Akbar Rahimi E-mail: akbar.rahimi@tabrizu.ac.ir

https://doi.org/ 10.22034/saps.2024.62865.3263

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۳۰۱-۲۷۵

دانش کشاورزی و تولید پایدار

ارزیابی نقش توسعه ادیبل پارک‌ها در تامین آسایش دمایی در شهرها

زهرا نوبر [۱]، اکبر رحیمی*[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۷	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸

۱-دانشجوی دکتری برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز،تبریز، ایران
۲-دانشیار گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز،تبریز، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: گسترش و صنعتی شدن در شهرها سبب ایجاد چالش هایی اعمم از تامین پایدار غذا و نیازهای اکولوژیکی، در شهرهای در حال توسعه احساس می شود؛ ادیبل پارک ها در سالهای اخیر به‌منظور تامین بخشی از نیازهای اکولوژیکی، زیست محیطی و اجتماعی با رویکرد زیرساخت های سبز درتامین بخش وسیعی از نیاز ها در شهرها می باشد.

مواد و روش ها : این پژوهش به‌صورت میدانی، تحلیلی و سنجشی ، در مرحله نخست با پایش ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی سایت شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی و جنس مصالح سطحی صورت گرفت است. به‌منظور ارزیابی تأثیر الگوهای مختلف کاشت بر شرایط آسایش حرارتی، از روش تحلیل تطبیقی سناریوها بهره‌گیری شد. در این راستا، هفت الگوی کاشت متفاوت متشکل از ترکیب‌های گوناگون درختان برگریز، همیشه‌سبز و درختچه‌ها طراحی و در یک سایت ثابت پیاده‌سازی گردید. برای تحلیل دقیق شرایط خرداقلیمی هر سناریو، فرایند شبیه‌سازی با استفاده از دو نرم‌افزار ENVI-MET 4 و RayMan برای محاسبه شاخص‌های آسایش حرارتی انجام گرفت. تمامی سناریوها در بازه زمانی ۸ ساعته، از ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۸:۰۰ در تاریخ ۱۰ تیرماه ۱۳۹۹—که بر اساس داده‌های هواشناسی به‌عنوان یکی از گرم‌ترین روزهای سال شناسایی شد—مورد شبیه‌سازی قرار گرفتند. داده‌های ورودی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خورشیدی و شرایط مرزی جوی، از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی استخراج و در مدل‌های شبیه‌سازی بازتعریف شد.

نتایج و بحث: بهره گیری از سناریوهای کاشت متشکل از درختان برگریز، همیشه‌سبز و درختچه‌ها در اراضی کشاورزی شهری، اثر قابل توجهی بر بهبود شرایط خرداقلیمی و ارتقای آسایش حرارتی دارد. بررسی شاخص PMV نشان می‌دهد که حضور پوشش گیاهی چندلایه ، به مقدار ۱.۵ نسبت به سطح بدون کشت و به مقدار ۱.۴ ، نسبت به سطح زراعی‌شده کاهش دهد؛ موضوعی که بیانگر کاهش محسوس تنش گرمایی در ساعات گرم روز است. تحلیل شاخص PET نیز اثربخشی قابل ملاحظه الگوهای کاشت را تأیید می‌کند، به‌گونه‌ای که مقدار PET در سناریوهای گیاهی ۶ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمین فاقد پوشش و ۵.۵۷درجه سانتی‌گراد نسبت به سطح زراعی‌شده کاهش یافته است. این کاهش عمدتاً ناشی از افزایش سایه‌اندازی، تبخیر–تعرق و تعدیل تابش خورشیدی توسط عناصر گیاهی است. افزون بر این، دمای هوای محیط نیز تحت تأثیر الگوهای کاشت به‌طور میانگین۰.۴۹ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته که هرچند محدود به‌نظر می‌رسد، اما در مقیاس شهری نقش مهمی در کاهش گرمایش موضعی ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش به‌وضوح نشان می‌دهد که ترکیب‌سازی کاشت درختان، شامل گونه‌های برگریز و همیشه‌سبز، همراه با محصولات زراعی در یک سایت مشخص، می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در توسعه ادیبل‌پارک‌ها مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل شاخص‌های آسایش حرارتی نشان می دهد که حضور ساختارهای گیاهی چندلایه، با ایجاد سایه، کاهش دمای سطح و افزایش رطوبت نسبی، منجر به بهبود قابل توجه شرایط خرداقلیمی می‌شود. از طرف دیگر

به‌کارگیری الگوهای اصولی کاشت در قالب سناریوهای طراحی‌شده، نه‌تنها موجب مدیریت و جهت‌دهی سیستماتیکِ اثرات اقلیمی شده، بلکه به احیای اراضی کشاورزی رها شده یا در معرض تخریب نیز کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آسایش حرارتی، اقلیم شهری، ادیبل پارک، شاخصPMV ، شبیه سازی

مقدمه

گسترش شهرنشینی در چند دهه اخیر اثرات منفی متعددی بر محیط زیست شهری گذاشته است. از جمله این اثرات، افزایش دما و تغییرات اقلیمی است که به دلیل انتشار گرمای زیاد، افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات در کاربری زمین رخ می‌دهد. این چالش‌ها سبب شده‌اند که شهرها به مرکز بحران‌های اقلیمی بدل شوند (رحیمی نوبر ۲۰۲۴). پایداری یک مفهوم قابل بحث با دامنه ی گسترده ای از معانی است، به معنای حفظ و بهبود سیستم‌های طبیعی و اجتماعی است که تأثیرات مثبت بر زندگی انسان و محیط زیست دارد(مورء و کلئون ۲۰۲۲). در یک سطح انتزاعی و ذهنی، پایداری با حفاظت و بهبود سیستم های یکپارچه‌ی طبیعی که در کل، زندگی در روی زمین را شامل می شود، ارتباط دارد. نقطه‌ی مرکزی پایداری، جمعیت انسانی است که تحت تأثیر محدودیت‌های طبیعی و انتخاب‌های اقتصادی و فرهنگی قرار دارد. بنابراین ظرفیت قابل تحمل انسانی زمین، متغیر، پویا و نا مطمئن است(کوهن ۱۹۹۵).

استراتژی های جدید در پایداری شهرها، با ایجاد وابستگی مکانی، منحصر به فرد کردن یک مکان خاص، برقراری پیوند اجتماعی و ارتباط تجربی انسان با محیط طبیعی و تشکیل پیوند های اجتماعی سبب ایجاد مکانی برای تفریح، تامین امنیت غذایی و افزایش جذابیت شهر می شود(آرتمن و همکاران ۲۰۲۰)و در نهایت سبب پیدایش فرصت برای ساکنان شهری، که با مشارکت در توسعه و مدیریت شهر با یکدیگر همکاری کنند(سارتیسون و آرتمن ۲۰۲۰). در این میان، پایداری اکولوژیکی به معنای حفظ و ارتقای کیفیت زیستی و منظر طبیعی شهر به‌عنوان یک راهکار مهم در توسعه پایدار مطرح می‌شود. فضاهای سبز و کشاورزی شهری نقش مهمی در تنظیم رطوبت و بهبود شرایط اقلیمی دارند و در واقع اکوسیستم‌های شهری با استفاده از این فضاها می‌توانند به نوعی تعادل طبیعی دست یابند (رحیمی و نوبر ۲۰۲۳ ، رحیمی و نوبر ۲۰۲۴، گوما و همکاران ۲۰۲۴ ، هازمان و همکاران ۲۰۲۱)، چراکه دغام گیاهان در محیط های شهری به طور قابل توجهی شرایط حرارتی و آسایش محیطی را افزایش می دهد. مطالعات مختلف اثربخشی استراتژی های مختلف سبز سازی مانند کاشت درخت، سقف های سبز و نما را در کاهش تنش گرمایی و بهبود آسایش حرارتی را بطور کلی برجسته می کند. لین و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعات خود نشان دادند ، موثرترین عامل در کاهش دمای فضای باز کاشت درختان می باشد چراکه با کاهش بالقوه دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) تا ۴.۸ درجه سانتیگراد را سبب می شود چراکه کاشت درخت با تأمین سایه، آسایش حرارتی را افزایش می دهد، و انتخاب گونه ها در ارتباط با تراکم شهری بر اثربخشی هرچه بیشتر تأثیر می گذارد. درختان بلند با تراکم سایه پایین برای دره های عمیق تر توصیه می شوند(لاء و همکاران ۲۰۲۳). ترکیب کاشت درختان و درختچه ها همچنین می تواند با کاهش سرعت باد و میانگین دمای تابشی، به ویژه در صبح، تنش گرمایی را به طور موثر کاهش دهید(هی و رئیتو ۲۰۲۳ ، خلیفا و همکاران ۲۰۲۴).همچنین در پژوهشی در جهت ارزیابی آسایش حرارتی و بهبود شرایط زیست‌محیطی، رحیمی و نوبر(۲۰۲۳) با تأکید بر کاشت گیاهان در فضاهای شهری به اهمیت باززنده سازی اراضی کشاورزی شهری به تاثیر نقش آن ها کاهش اثرات جزایر گرمایی و بهبود آسایش حرارتی اشاره می کنند، زیرا گیاهان، به‌ویژه درختان با سایه‌اندازی و فرایندهای تبخیری، می‌توانند به کاهش دما کمک کنند .

در سال های اخیر کشاورزی شهری به عنوان یک راه حل ضروری در تاب آوری شهری و پایداری جهانی در رسیدن به شهرهای پایدار، مطرح شده است(لانگ مایر و همکاران ۲۰۲۱) اما ادیبل یک موضوع جدید و مستقل

در مبحث کشاورزی شهری را مطرح می‌کند، گامی فراتر و قدرتمندتر در ابعاد اجتماعی–فرهنگی، اجتماعی–اقتصادی یک راه‌حل ابتکاری و نو برپایه ی طبیعت(سارتیسون و آرتمن ۲۰۲۰) ، ادیبل از جمله راه‌حل هایی مبتنی بر طبیعت[۱](NBS)که سبب مشارکت فعال شهروندان می شود(سارتیسون و آرتمن ۲۰۲۰) ، توسعه رویکرد ادیبل پارک در شهر می‌توان علاوه بر عملکرد پارک که جنبه فراغتی و تفریحی دارد، و به عنوان عاملی برای انسجام اجتماعی، آموزش محیط زیست و سرگرمی تفریحی در سراسر جهان مطرح کرد؛ توجه به این‌که، یک پایه ی مهم برای امنیت غذایی و معشیت فقرنشینان جهانی است، فراتر از پارک های شهری سبب ایجاد جذابیت بصری و ادراکی، با بهره‌گیری از ابتکارات محوطه سازی خوراکی، با در نظر گرفتن مقیاس و نوع گیاهان خوراکی، در پی بهره‌مندی از ویژگی های مهم در طراحی فضاهای بازشهری می باشد(آرتمن و همکاران ۲۰۲۰). این مفهوم عمدتا بر فضاهای عمومی و خصوصی تمرکز دارد و سبب ایجاد زیرساخت های پایدار شهری شده و تعریف مجدد از کاربری های فضاهای باز شهری را بیان می کند. البته تنها محل استقرار ادیبل پارک ها نیست که آنها را از کشاورزی شهری و روستایی جدا می‌کند، بلکه مهم‌تر از آن، تعامل و کنار آمدن با اکوسیستم شهری است. ایده کشاورزی شهری در قالب ادیبل پارک ها[۲]به عنوان راهکار نوین در پایداری و تاب‌آوری شهری می تواند امنیت غذایی را تامین کند بلکه سبب ایجاد ارتباطی نزدیک میان انسان و طبیعت در فضاهای شهری می شود. بر اساس یافته‌های نوبر(۲۰۲۳) و رحیمی و نوبر(۲۰۲۳)،نوبر و همکاران(۲۰۲۵) با شبیه سازی در نرم افزار های میکرو اقلیم نشان دادند کاشت گونه‌های بومی در ادیبل پارک‌ها در مناطق شهری، باعث ارتقای آسایش محیطی می‌شود و می‌تواند راهبردی بهتر درجهت مدیریت چالش‌های رشد شهری ارائه دهد.

این پژوهش با هدف توسعه استراتژی‌های توسعه ی شهرهای هوشمند، از منظر طراحی فضاهای عمومی و سیستم‌های غذایی پایدار، صورت گرفته است. در این چارچوب، ادیبل پارک ها، که به‌طور مشترک توسط نهادهای دولتی شهری و جامعه مدنی اجرا می‌شوند، پتانسیل چشمگیری در تقویت سرمایه اجتماعی، مشارکت جمعی و ارتقاء سیستم‌های غذایی پایدار شهری دارند. این طرح‌ها نه تنها در ارتقای امنیت غذایی مؤثر هستند، بلکه نقش کلیدی در بازآفرینی اکولوژیکی و بهبود پایداری زیست محیطی ایفا می‌کنند. برهمین اساس با هدف ارزیابی تأثیرات میکرواقلیمی ادیبل پارک ها بر آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری، هفت سناریو طراحی و با استفاده از نرم‌افزار ENVI-MET و ماژول پیشرفته Bio-MET مدل‌سازی شده است. ماژول Bio-MET به‌طور خاص برای محاسبه شاخص‌های بیومتئورولوژیکی مانندPMV [۳] استفاده می‌شود که ارزیابی جامع آسایش حرارتی در محیط‌های باز را تسهیل می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۲; شوچنکو و همکاران، ۲۰۱۹). قابلیت‌های پیشرفته موجود در ماژول Bio-MET درجهت تحلیل آسایش حرارتی به‌ویژه برای محیط‌های پیچیده و دینامیک شهری طراحی شده است. سیستم مدل‌سازی ENVI-MET با استفاده از این ماژول، محدودیت‌های مدل‌های بیومتئورولوژیکی سنتی را با در نظر گرفتن همزمان عوامل اقلیمی، اکولوژیکی و معماری در محیط‌های شهری برطرف می‌کند(ییلماز و همکاران ۲۰۲۳). با این وجود، شایان ذکر است که مدل‌های میکرواقلیمی از جمله ENVI-MET، دارای محدودیت‌هایی همچون دقت پایین در شبیه‌سازی برخی از شرایط واقعی می‌باشند و نیاز به اعتبارسنجی مداوم دارند تا نتایج به‌دست‌آمده به‌طور بهینه تطبیق داده شوند(ژانگ و همکاران ۲۰۲۲ و کاتارکار و دانگرسون ۲۰۲۴).بر همین اساس استفاده از نرم افزار Ray_Man در جهت افزایش اعتبار داده های حاصل حائز اهمیت می باشد چراکه به طور موثر شاخص های حرارتی ، از

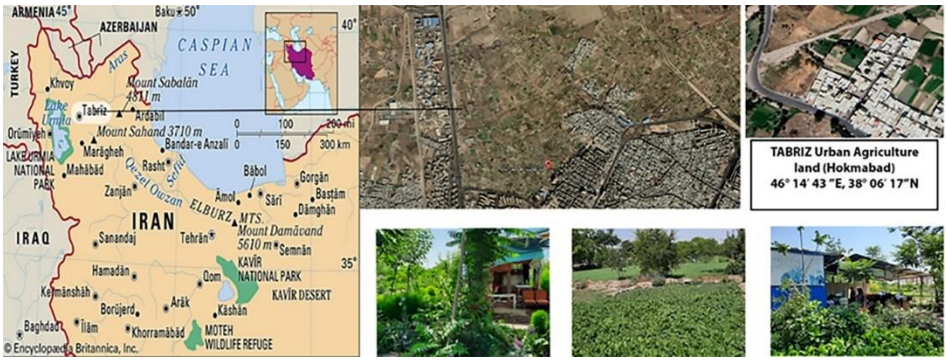
[۱] Nature-based solutions
[2] Edible Parks
[3] Predicted Mean Vote

جمله[1] UTCI و[2] PET را محاسبه می کند و تجزیه و تحلیل دقیق آسایش حرارتی در محیط شهری ارائه می دهد(ماتزاراکیس و همکاران ۲۰۲۱). این مطالعه در جهت پاسخ به این سوالات است که؛چگونه می‌توان از ادیبل پارک‌ها به عنوان یک راهکار پایدار در مقابله با چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و افزایش دما در شهرها استفاده کرد؟ و کدام استراتژی‌ها و مدل‌های میکرواقلیمی می‌توانند به بهبود آسایش حرارتی و کاهش اثرات جزایر گرمایی در مناطق شهری کمک کنند؟ نتایج حاصل از این پژوهش می تواند راهنمایی برای طراحان منظر و برنامه‌ریزان شهری در جهت مدیریت چالش‌های رشد شهرنشینی و احیای اراضی کشاورزی شهری باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه برای شبیه سازی منطقه مورد مطالعه از مدل ENVI-MET برای شبیه سازی میکرواقلیم استفاده شده است(شکل۱). اعتبارسنجی مدل برای مقایسه مقادیر پارامترهای خروجی مدل با اندازه‌گیری‌های میدانی انجام گرفته است. در نهایت از مدل برای شبیه سازی سناریوهای پیشنهادی استفاده شده است. این اطلاعات در نرم افزار RAY-MAN برای ارزیابی PET مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، بهترین سناریوهایی را که بر آسایش حرارتی تأثیر گذاشته اند، شناسایی شدند.



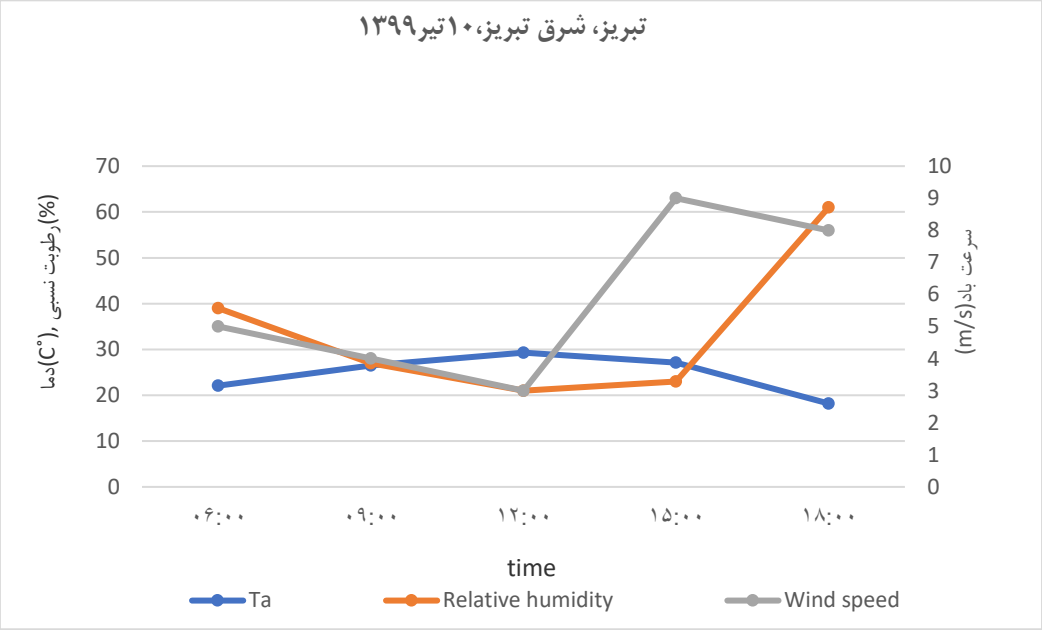
شکل۱-:منطقه مورد مطالعه

این سایت در حکم آباد(منطقه کشاورزی شهری)، تبریز، استان آذربایجان شرقی، در شمال غربی ایران، بین رشته کوه عینالی و سهند قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۱۳۲۰ تا ۳۷۱۰ متر است(فاضل پور و همکاران ۲۰۱۴ ، صدر موسوی و رحیمی ۲۰۰۸). میانگین دمای تابستان بین ۱۴ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و دمای زمستان بین ۵ تا ۴-درجه سانتیگراد متغیر است(رحیمی و نوبر ۲۰۲۳). در منطقه مورد مطالعه، میانگین بارندگی سالانه ۳۰۰ میلی متر است که اکثر آن در ماه های آوریل و می و تنها حدود ۱۰۰ میلی متر در زمستان می باشد(فیضی زاده و بلاشکه ۲۰۱۴). شهرستان تبریز دارای ضروری ترین سکونتگاه های جمعیتی در استان آذربایجان شرقی و همچنین مراکز صنعتی و کشاورزی پیشرو بوده وکشاورزی یکی از منابع اولیه درآمد جمعیت است (فیضی زاده ۲۰۰۷ ،رحیمی ۲۰۱۴).

برای شبیه سازی، ۱۰تیرماه سال ۹۹ ، به عنوان یکی از گرم ترین روزهای سال انتخاب شد. ایستگاه هواشناسی شرق تبریز داده های هواشناسی از قبیل حداقل و حداکثر دما و همچنین رطوبت نسبی، سرعت باد در ۱۰ متر و جهت باد را ارائه می دهد. اطلاعات وارد شده به نرم افزار ENVI-met در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر اندازه گیری شده ۳ ساعته Ta، رطوبت نسبی و فشار بخار آب در ایستگاه هواشناسی "شرق تبریز" در روز شبیه سازی در شکل۲ نشان داده شده است.

[1] universal thermal climate index

[2] Physiologic Equivalent Temperature



شکل۲- داده های هواشناسی هر ۳ ساعت در ارتفاع ۱۰ متری

مدل شبیه سازی

ENVI-Met، یک مدل سه بعدی که برهم کنش‌های سطح، پوشش گیاهی و جو را مطالعه می‌کند و شبیه‌سازی‌هایی را برای ابعاد میکرواقلیم ارائه می‌کند، یکی از شناخته‌شده‌ترین ابزارها برای مدل‌سازی اقلیم شهری است (گوسون و دوارته ۲۰۱۶). این ابزار امکان تحقیق و نظارت بر اثرات طراحی و معماری شهری بر اقلیم‌های کوچک فضای باز را فراهم می‌کند(رحیمی و نوبر ۲۰۲۴) به دلیل توانایی خود در پیش بینی تغییرات تابش خورشیدی با ایجاد ساختمان ها و مواد در زمینه یک مکان خاص شناخته شده است (میدل و همکاران ۲۰۱۴). این نرم‌افزار همچنین اثرات پوشش گیاهی مانند دمای بالقوه برگ ها را با در نظر گرفتن نرخ فتوسنتز، رطوبت خاک و میزان تبخیر محاسبه می کند (بروس ۲۰۰۴). یکی از مزایای مهم آن، بازتولید فرآیندهای اصلی جوی که بر ریزاقلیم تأثیر می‌گذارند، مانند باد، آشفتگی، شار تابش، دمای هوا و رطوبت نسبی، با استفاده از قوانین بنیادی ترمودینامیکی و مکانیک سیالات، بررسی می‌کند(مک ری و همکاران ۲۰۲۰). از دیدگاه ریزاقلیم، شبیه‌سازی‌های انوی مت چرخه‌های روزانه را در ساختارهای پیچیده شهری، از جمله ساختمان‌ها و گیاهان با اشکال و اندازه‌های مختلف در نظر می‌گیرند(کاردناس سلیس و همکاران ۲۰۱۸)، در مطالعات اخیر برای پیش‌بینی دمای هوای نزدیک به زمین ودرک تأثیر مورفولوژی شهر بر اقلیم های کوچک استفاده شده است(اسلم و رعنا۲۰۲۲ و تسوکا و همکاران ۲۰۱۸).

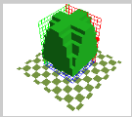
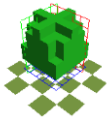
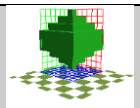
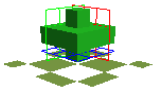
برای شبیه سازی، چهار گروه از گونه‌های گیاهی که بومی منطقه شمالغرب کشور، مرتبط با نقش های موثر در جهت نیل به احیای اراضی کشاورزی شهری با رویکرد ادیبل پارک، برای شبیه‌سازی انتخاب شده است. این گونه های گیاهی شامل درختان، درختچه ها و محصولات زراعی می باشد که متشکل از گروه های گیاهی بوده اند: ۱-محصولات زراعی (شبیه سازی منطقه کشاورزی شهری با محصولات زراعی). ۲-درختان سایه انداز (همیشه سبز و برگریز). ۳- بوته ها(جدول ۲). برای این امر از مدل فرعی Leonardo V4.4 برای استخراج نقشه های دو بعدی و داده های آب و هوا تولید شده توسط نرم افزار ENVI-met V4.4.6 و شاخص PMV با استفاده از مدل فرعی Biomet V1.5.exe استخراج شد؛ همچنین دمای معادل فیزیولوژیکی(PET) به عنوان یک شاخص حرارتی مفید برای تجزیه و تحلیل اجزای محیط انتخاب شده در فضای باز تمرکز دارد(

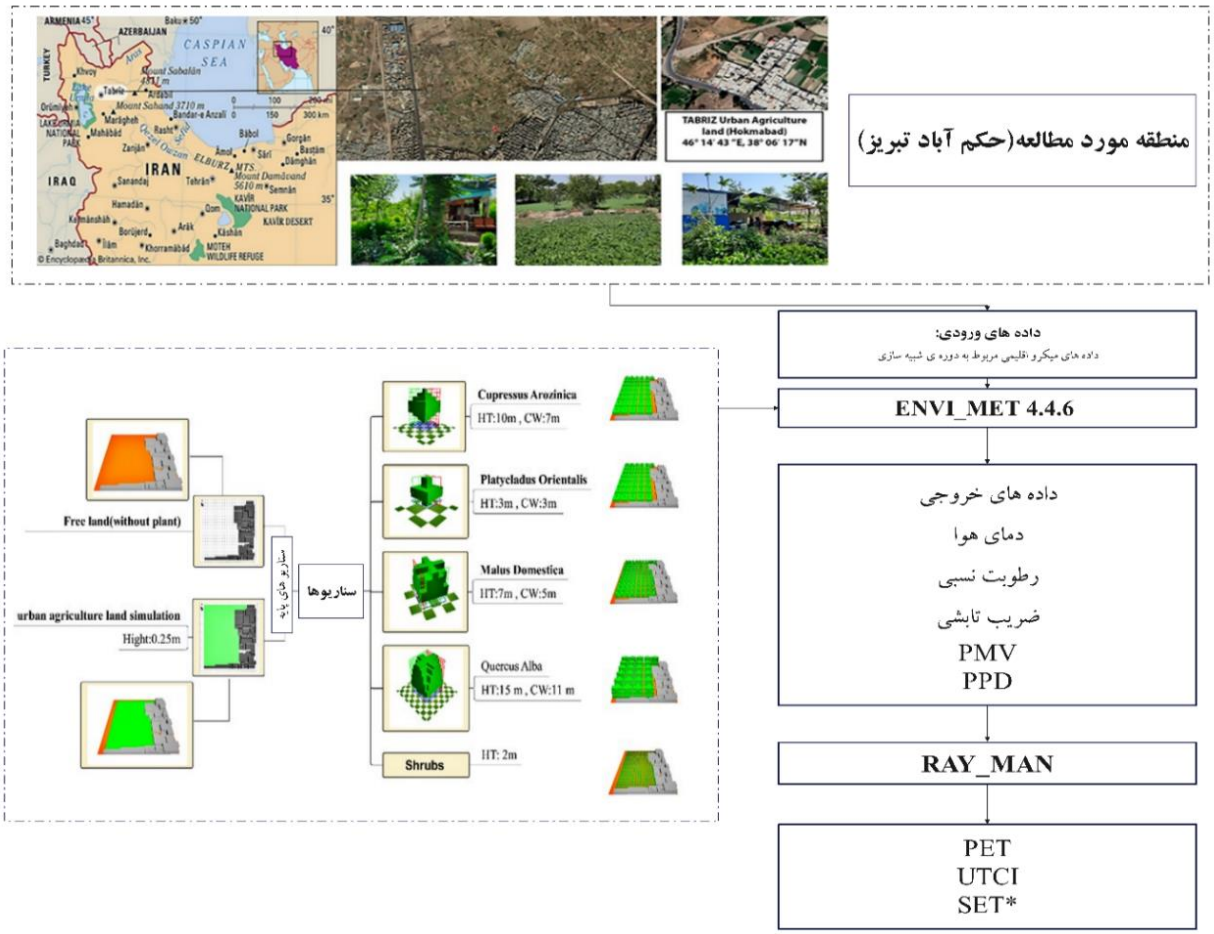
هوپ ۲۰۰۲). برای ارائه و محاسبه این داده ها از نرم افزار Rayman 3.1 بهره گرفته شده است(ماتزاراکیس و همکاران، ۲۰۰۰ و ماتزاراکیس و همکاران، ۲۰۰۷)(جدول ۲)(شکل ۳).

فروزنده و همکاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۶)، لوپز-کابزا و همکاران (۲۰۱۸)، سالاتا و همکاران (۲۰۱۵)، و طالقانی و همکاران (۲۰۱۴)، رحیمی و نوبر (۲۰۲۳)و در تحقیقات خود از مدل ENVI-Met، برای مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری‌های میدانی تأیید کردند. علاوه بر این، موراکینیو و همکاران (۲۰۱۷)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۸)، ژائو و فونگ (۲۰۱۷)، رحیمی و نوبر (۲۰۲۴) از شاخص رطوبت نسبی با هدف اعتبارسنجی، در تحقیقات خود اندازه‌گیری و شبیه‌سازی کردند. این مطالعه به بررسی اهمیت احیای زمین کشاورزی شهری با استفاده از رویکرد ادیبل پارک در مدیریت چالش‌های شهرنشینی و کاهش اثرات جزیره گرمایی می‌پردازد.

در ۱۰تیر ۱۳۹۹، از ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۸:۰۰ در نقطه (۲۳،۲۳)، در مکان انتخاب شده شبیه سازی صورت گرفت؛ فن و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که الگوهای پوشش گیاهی خوشه ای دمای سطح را به طور موثرتری نسبت به الگوهای تکه تکه کاهش می دهد. برای بررسی پیامدهای ریز هواشناسی پوشش گیاهی، شبیه‌سازی در شرایط با پیکربندی‌های متفاوت نسبت به محیط تایید شده به کار گرفته شد.آلبریدیسی و همکاران (۲۰۱۶)، سودودی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات قبلی برای ارزیابی پتانسیل خنک کنندگی هر یک از الگوهای کاشت که درمحیط وجود نداشتند به عنوان سناریو طراحی شده استفاده کردند. برای بررسی پیامدهای ریز هواشناسی پوشش گیاهی، شبیه‌سازی در شرایط با پیکربندی‌های متفاوت نسبت به محیط تایید شده به کار گرفته شدند.

جدول۲- گونه‌های بومی انتخاب شده برای طراحی سناریوها

شکل گرافیکی	تاج(متر)	ارتفاع(متر)	بافت شاخ‌وبرگ	براقیت شاخ و برگ	نام علمی
	11	15	درشت	براق	Quercus Alba
	5	7	متوسط	مات	Malus Domestica
	7	10	متناسب	مات	Cupressus Arozinica
	3	3	متناسب	مات	Platycladus Orientalis
		0/25		Vegetable	
		2		Shrub	

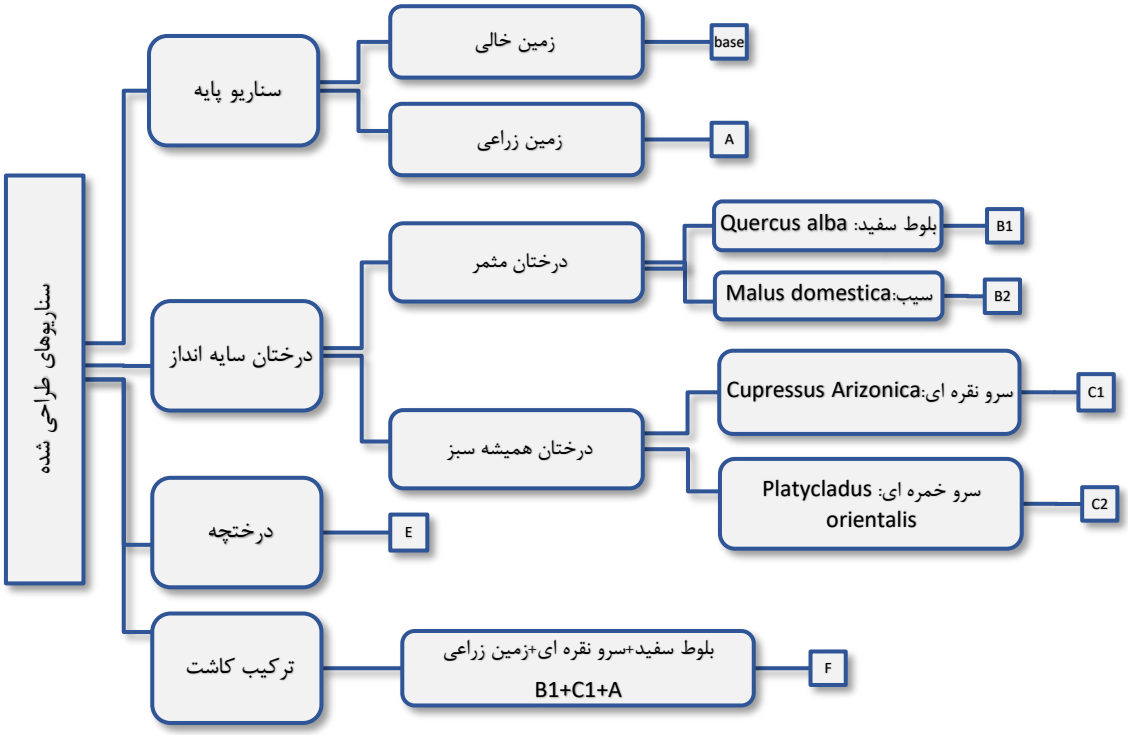


شکل ۳- مدل مفهومی پژوهش

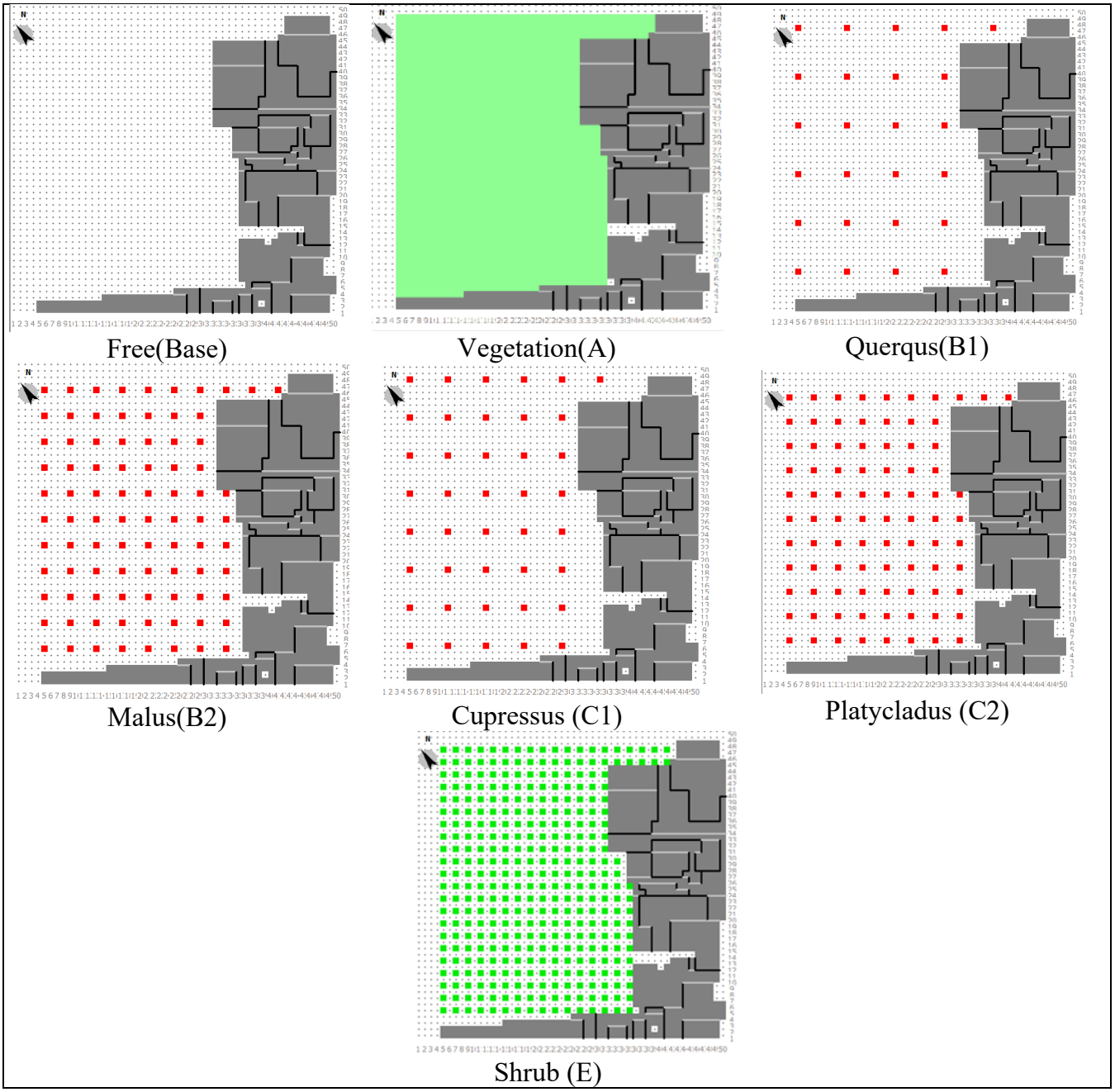
طراحی سناریو

با توجه به مبانی مطرح شده در ادیبل پارک ها و نقش درختان در تامین آسایش محیطی و با تاکید بر استفاده از گونه های بومی به دلیل ویژگی های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آنها که شرایط آب و هوایی را بهبود می بخشد و باعث پایداری شهری می شوند. سناریوهای ذیل طراحی شدند در این تحقیق به طور کلی با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و منطقه ی مورد مطالعه به سه گروه گیاهی تقسیم شدند. شش نوع مختلف از گونه‌ها را در سه گروه مختلف قرار گرفته اند، که شامل زمین زراعی (A) با در نظر گرفتن هدف اولیه ی اراضی کشاورزی، تولید محصولات کشاورزی می باشد در نظر گرفته شده است. درختان سایه انداز، شامل درختان برگ‌ریز(درختان برگ‌ریز با عملکرد خوراکی)، با هدف سایه اندازی و تولید محصولات مرتبط با اهداف ادیبل پارک(Quercus Alba(B1 از خانواده ی Fagaceae و Malus Domestica (B2)از Rosaceae، از گروه درختان همیشه سبز با هدف سایه اندازی با ایجاد مناطقه ای دنج برای ایجاد ارتباط اجتماعی مرتبط با اهداف ادیبل پارک Cupressus Arozinica(C1)از Cupressaceae، Platycladus Orientalis(C2)از Cupressaceae، و درختچه ها (E) که هم جنبه ی زینتی و هم دارویی و گیاهی می باشد(شکل۴). این سناریوها با هفت درخت مختلف طراحی شدند. شش سناریوی اول (A، B1، B2، C1، C2، و E) ،گونه ها و تاثیرات شرایط محیطی را تجزیه و تحلیل می کنند. در مقابل، سناریوی هشتم عملکرد بهینه ترکیب گونه-محصول که باعث بهبود آسایش حرارتی می شود و تمام اهداف ایجاد ادیبل پارک را پوشش می دهد. علاوه

بر این، این الگوهای کاشت به صورت متراکم با شکاف بین تاج‌پوش‌های درخت طراحی شده‌اند تا امکان جریان باد را امکان‌پذیر سازد. یک سناریوی پایه که فاقد درخت و سناریوی پوشش سبز(A) (شبیه سازی زمین کشاورزی با محصولات زراعی)می باشد. فایل های خروجی شبیه سازی به برنامه BIOMET، که ابزاری در نرم افزار Envi-met است، برای تعیین شاخص آسایش حرارتی PMV و سایر پارامترها وارد شدند (شکل ۵). این الگوها و ترکیبات کاشت از الگوهای موجود در کشاورزی شهری و گیاهان طبیعی در منطقه انتخاب شده اند. اثرات هر یک از این الگوها و گونه ها قبلاً بررسی نشده است.



شکل۴-:سناریوهای طراحی شده



شکل۵- شکل گرافیکی،سناریوهای طراحی شده

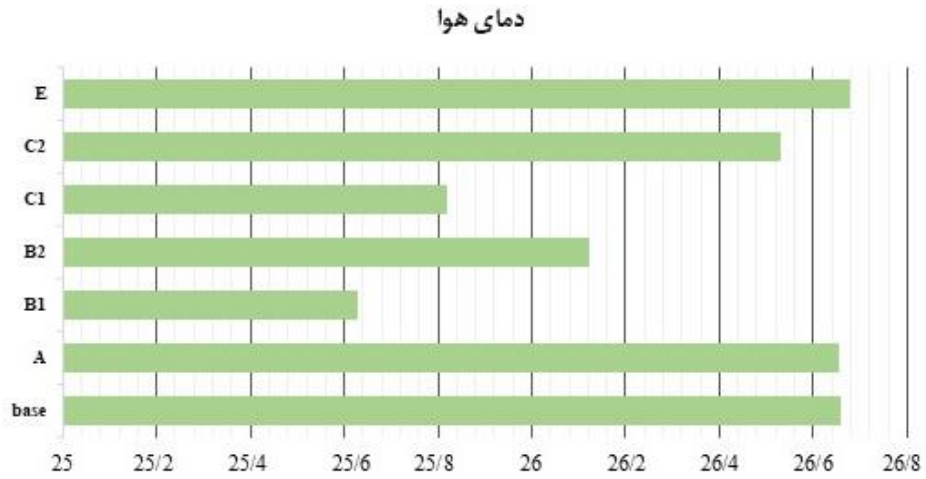
نتایج

شبیه سازی هفت سناریو کاشت در هشت ساعت، از ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۸:۰۰ انجام شد. نتایج نشان داد که در تمام سناریوها، کاهش میانگین Ta، شاخص PMV ، باعث بهبود شرایط آسایش حرارتی در مقایسه با سناریوی پایه (بدون گیاه و محصول کشاورزی) شد. علاوه بر این، سبب کاهش دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) در ناحیه اطراف می شود. پارامترهای خروجی حاکی از این است که گونه‌های موفقی که آسایش حرارتی را ارتقا می‌دهند دارای سطح برگ وسیع و ارتفاع بلندی می باشند. همچنین تاج وسیع در جهت کمک به جذب پرتوهای خورشید و گردش جریان هوا موثرمی باشد، بر این اساس درختان برگریز عملکرد بهتری نسبت به درختان همیشه سبز دارند. نتایج حاصل مرتبط با شبیه سازی در گرم ترین روز سال می باشد. علاوه بر این، هر گروه گیاهی شامل دو نوع

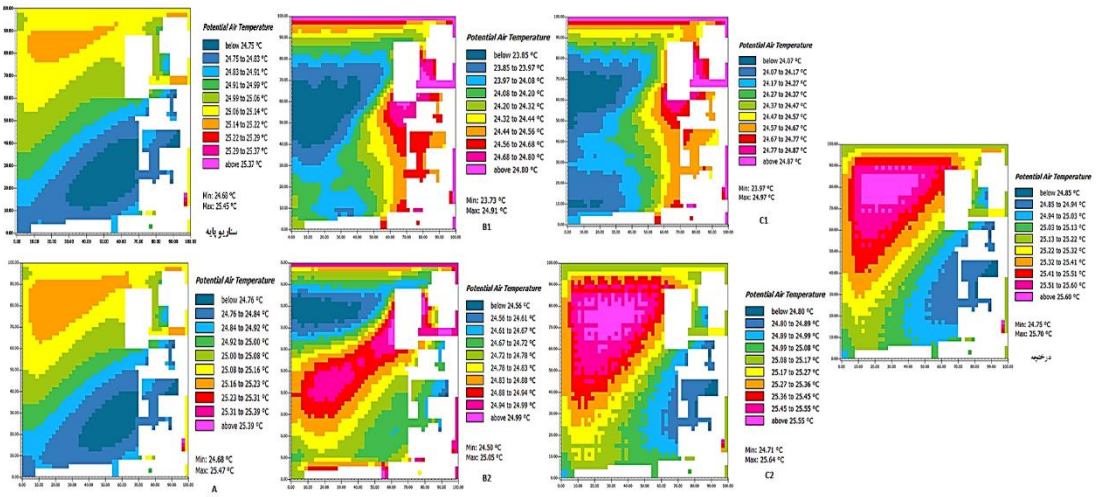
گونه بوده که در نهایت، بهترین گونه از هر گروه انتخاب شد و با در نظر گرفتن نتیجه، یک سناریوی ترکیبی متشکل از ترکیب A، B1 و C1 طراحی شده است.

دمای هوا (Ta)

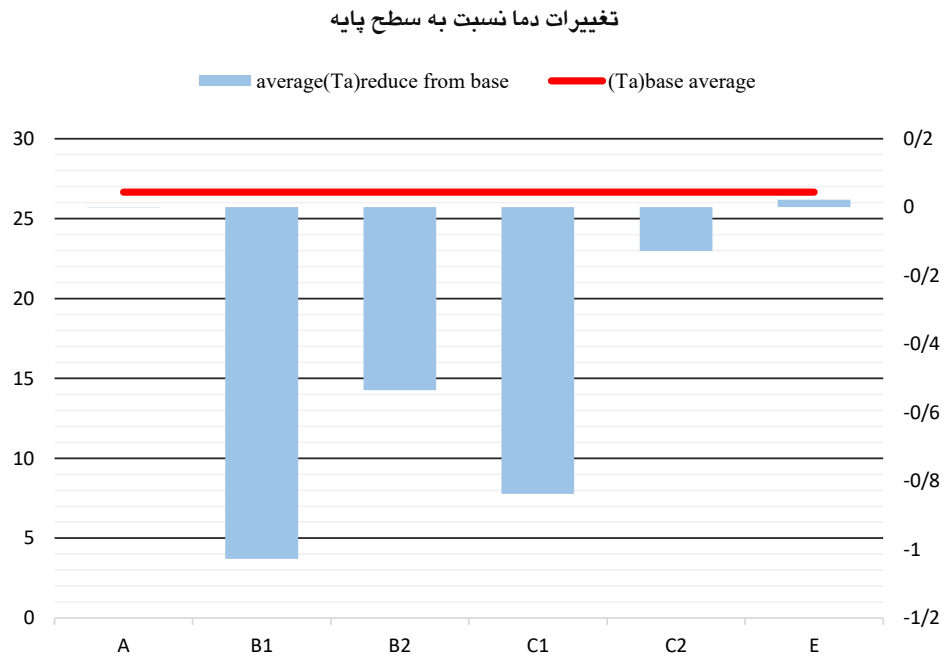
نتایج شبیه‌سازی دما در ۷ سناریوی طراحی شده نشان می‌دهد که در تمام سناریوها، در مدت ۸ ساعت شبیه سازی، دما پایین تر از حالت پایه (بدون گیاه و در سناریوی A (شبیه‌سازی زمین کشاورزی)) بوده است (شکل۶)(شکل۷)، در سناریوی B1، درخت برگریز از گروه درختان مثمر بیشترین کاهش Ta (۱.۰۲ درجه سانتیگراد) را از سناریوی پایه (بدون گیاه) و به مقدار (۰.۰۲۶۶ درجه سانتیگراد) از سناریوی A دارد. گونه ی C1 با کاهش ۰.۸۳۷۵ درجه سانتی گراد از سناریوی پایه و ۰.۸۳۷ درجه سانتی گراد از سناریوی Aرا سبب شده است. لازم به ذکر است که بوته ها با عملکرد ضعیف همراه بوده و تنها موفق شده اند ۰.۰۲۲۲۵ درجه سانتیگراد از سناریوی پایه و ۰.۰۲۲۷۵ درجه سانتیگراد از سناریوی A را کاهش دهند (شکل۸).



شکل۶- تغییرات دما در تمامی سناریوها به مدت ۸ساعت شبیه سازی،ارتفاع۱.۸سانتی متری

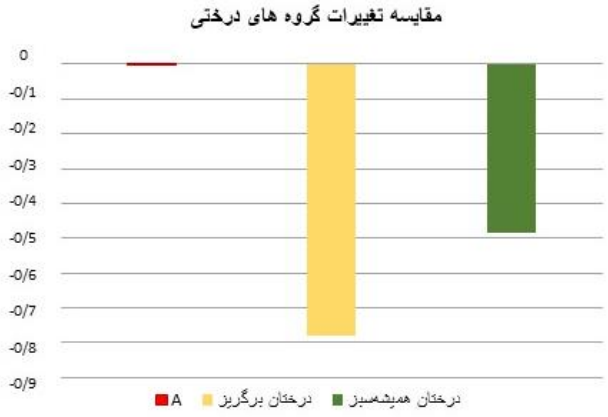


شکل ۷- تغییرات دما در تمامی سناریوها به مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری

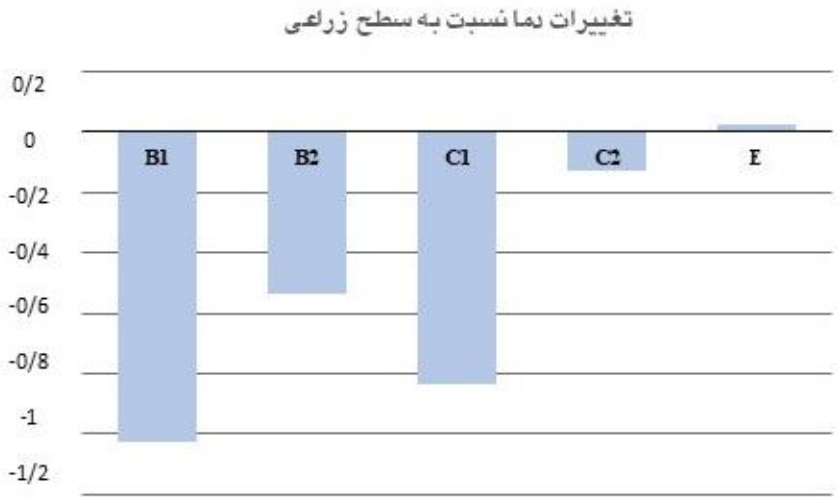


شکل۸- نمودار تغییرات دما در تمامی سناریو ها،نسبت به سطح پایه،به مدت۸ ساعت شبیه‌سازی،ارتفاع۱.۸ سانتی متر

درختان برگریز عملکرد بهتری نسبت به درختان همیشه سبز داشته اند (شکل۹)، چراکه درختان برگ ریز موفق به کاهش معنا دار میانگین دما به مقدار ۰.۷۸ درجه سانتی گراد و درختان همیشه سبز ، کاهش ۰.۴۸ درجه سانتی گراد از سناریوی پایه را سبب شده اند، که نشات گرفته از ویژگی های ساختاری آن ها در شرایط آب و هوایی حاکم مربوط می شود. در بررسی تغییرات درجه ی دما در نتیجه ی عملکرد گونه های درختی، گونه ی درختی(B1)درخت بلوط بهترین عملکرد در بین درختان مثمر داشته و از بین درختان سایه انداز همیشه سبز درخت (C1)، سرو نقره ای بهترین عملکرد در بین درختان همیشه سبز را داشته است(شکل۱۰).

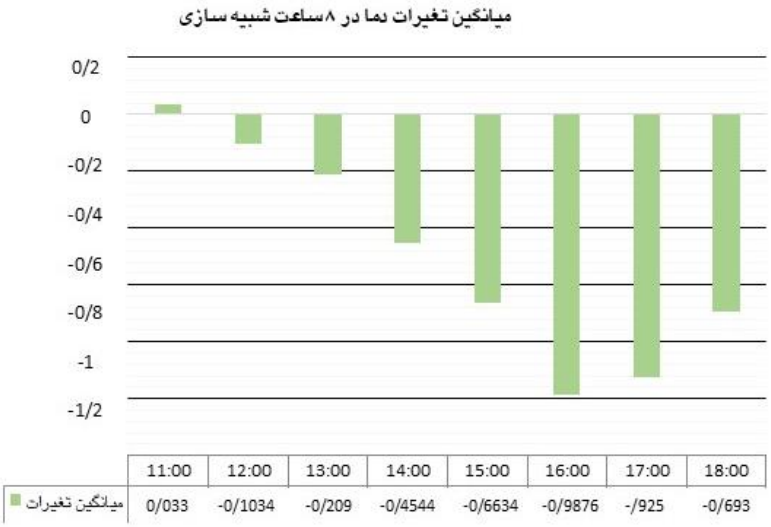


شکل۹- نمودار تغییرات دما،در گروه درختان،به مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری



شکل۱۰- نمودار تغییرات دما در تمامی سناریو ها،نسبت به سطح پایهٔ زراعی،به مدت۸ ساعت شبیه‌سازی،ارتفاع۱.۸ سانتی متر

در بررسی ساعات موثر در عملکرد اکولوژیکی گیاهان، به آنالیز عملکرد گونه ها در مقایسه با زمین کشاورزی پرداخته شده است میانگین دمایی در ساعات۱۳:۰۰،۱۲:۰۰،۱۱:۰۰درختان عملکرد ضعیفی در کاهش دما داشته و در ساعات، ۱۶:۰۰،۱۷:۰۰ ،۱۸:۰۰عملکرد قوی و مثبت کاهش در دما را دارد و بهترین عملکرد اکولوژیکی را در این ساعات صورت گرفته است(شکل۱۱).



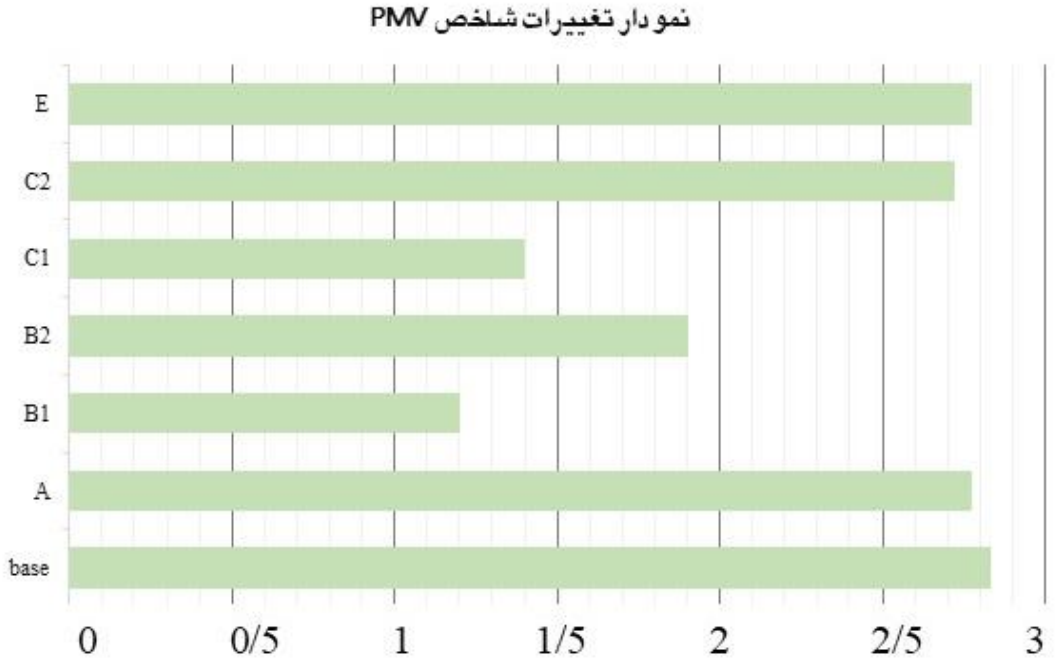
شکل۱۱- میانگین تغییرات دما نسبت به ۸ساعت شبیه سازی در ارتفاع۱.۸ سانتی متر

شاخص PMV [1](آسایش دمایی)

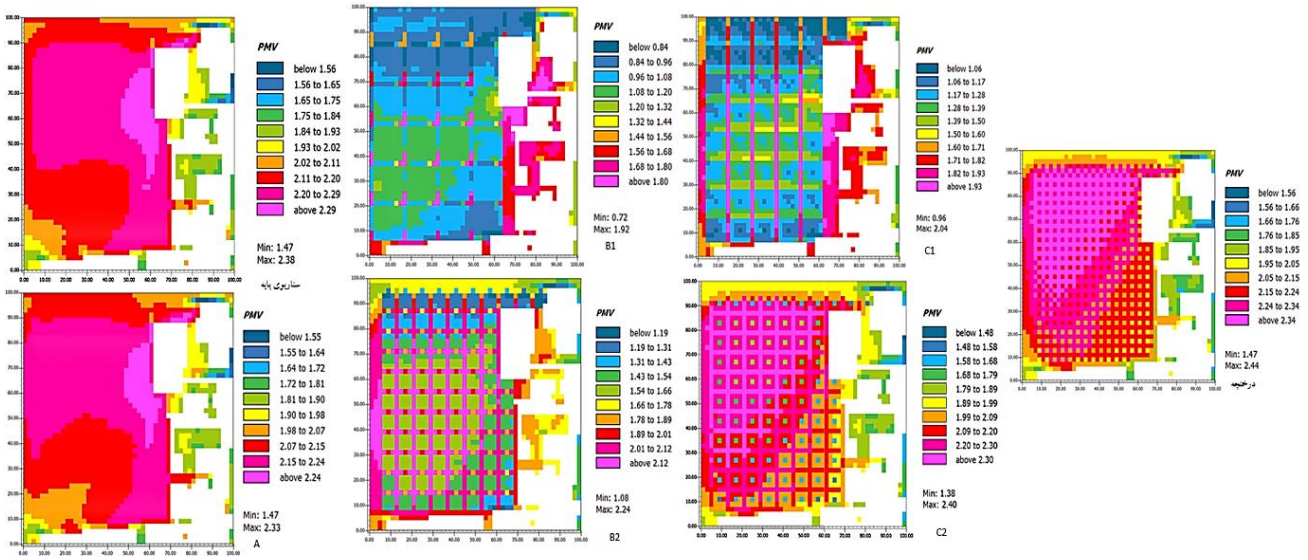
نتایج شبیه‌سازی شاخص آسایش دمایی نشان می‌دهد که مردم در تمام سناریوها در مقایسه با حالت پایه (بدون گیاهان و در سناریوی A (زمین کشاورزی شبیه‌سازی)) احساس راحتی بیشتری می‌کنند (شکل۱۲) (شکل۱۳). در سناریوی B1، درخت برگریز از گروه

1 predict the mean value

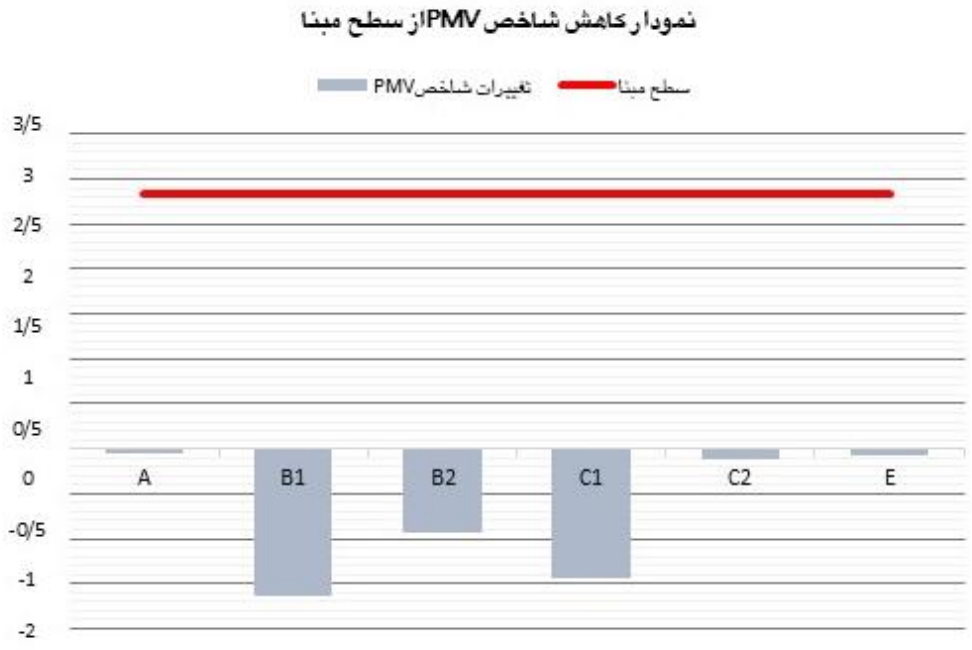
درختان گروه مثمر دارای بیشترین کاهش شاخص PMV (۱.۶۳) از سناریوی پایه (بدون گیاه) و (۱.۵۷) از سناریوی A است. علاوه بر آن، در بین درختان سایه انداز بهترین گونه مربوط به، سناریوی C1 سبب کاهش شاخص آسایش دمایی به مقدار (۱.۴۳) از سناریوی پایه و (۱.۳۷)از سناریوی A است. ضعیف ترین عملکرد مربوط به درختچه ها است، تنها سبب کاهش مقدار آسایش حرارتی به مقدار(۰.۰۶۳)از سناریوی پایه و(۰.۰۰۴۴)از سناریوی A منجر شده است(شکل۱۴)(شکل۱۵). طبق گفته فانگر ،۱۹۷۰، شاخص PMV بین ۳ و -۳ است، با مقادیر کمتر از ۳ -بسیار سرد و مقادیر بیش از ۳+ بسیار گرم است. و همچنین ۱ کمی گرم و ۲ گرم است. در سناریوی پایه که شامل هیچ درختی نمی‌شود، مقدار PMV در تمام زمان‌های دوره مطالعه بسیار گرم بود که در آن بسیاری از سناریوها به محدوده گرم و گاهی به محدوده کمی گرم کاهش می‌یابد.



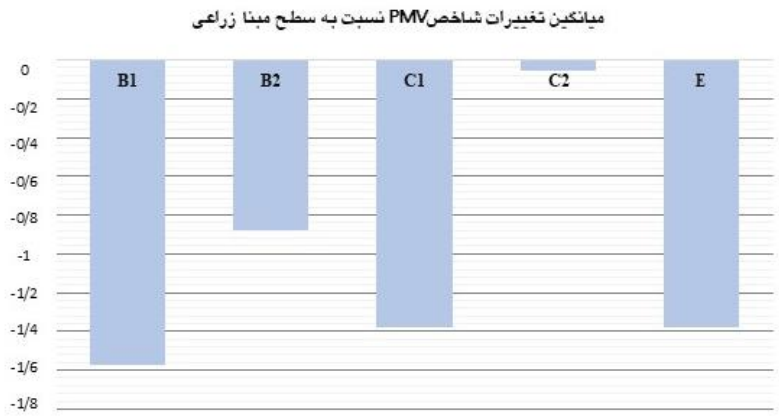
شکل ۱۲- نمودار تغییرات PMV،در تمامی سناریوها به مدت ۸ ساعت شبیه سازی،ارتفاع ۱.۸ سانتی متر



شکل۱۳- شکل تغییرات شاخص PMV،در تمامی سناریوها به مدت ۸ ساعت شبیه سازی،ارتفاع ۱.۸سانتی متری



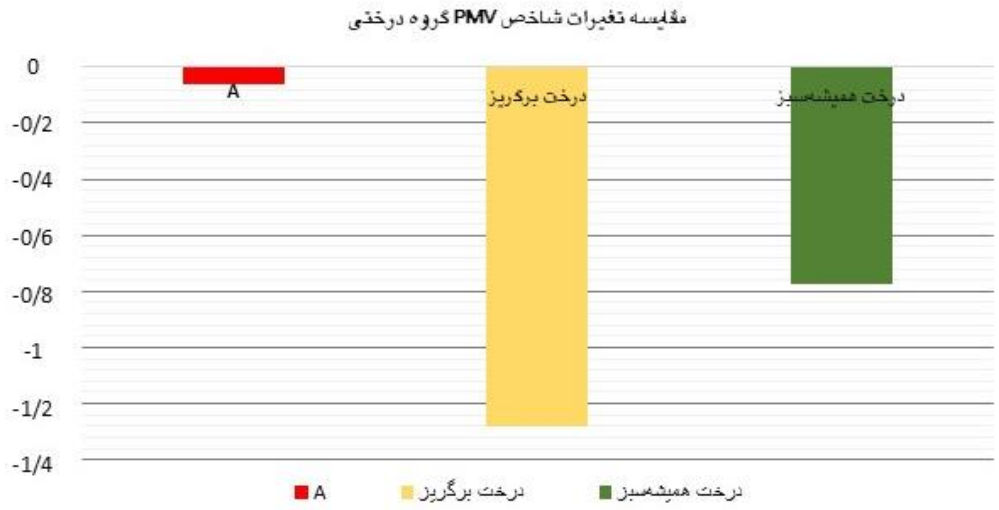
شکل۱۴- نمودار تغییرات شاخص PMV،نسبت به سطح مبنای پایه،در مدت ۸ ساعت شبیه سازی درارتفاع ۱.۸ سانتی متری



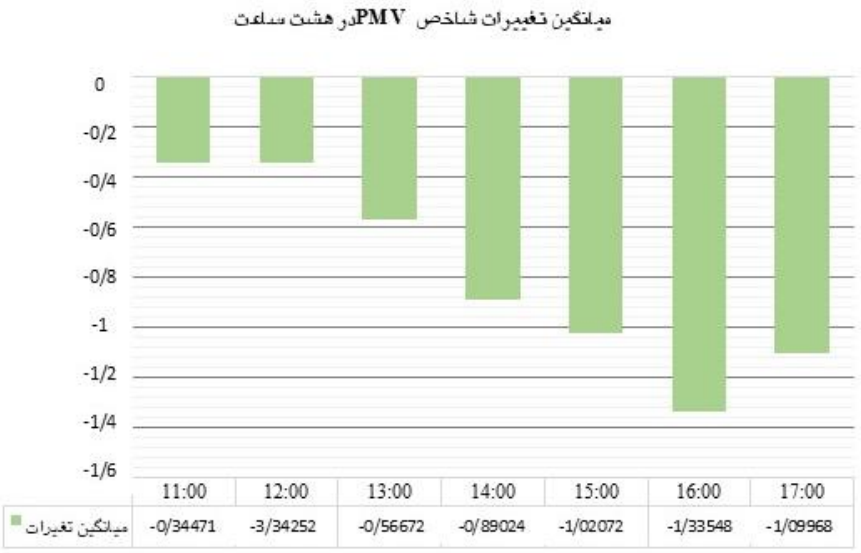
شکل۱۵- نمودار تغییرات شاخص PMV،نسبت به سطح مبنای زراعی،در مدت ۸ ساعت شبیه سازی درارتفاع ۱.۸ سانتی متری

درختان برگریز عملکرد موثرتری نسبت به درختان همیشه سبز دارند. درختان برگریز منجر به کاهش (۱.۲۸) و درختان همیشه سبز منجر به کاهش (۰.۷۷) از سناریوی A شده است. که این فرآیند مربوط به خصوصیات مورفولوژی آنها در این شرایط اقلیمی نام برده می باشد (شکل۱۶).

در بررسی عملکرد اکولوژیکی گیاهان در ۸ ساعات شبیه سازی در شکل۱۶، موید این است که، شاخص آسایش‌دمایی در ساعات۱۱:۰۰،۱۲:۰۰،۱۳:۰۰عملکرد گروه های گیاهی در بهبود آسایش دمایی ضعیف می باشد. و در ساعات،۱۵:۰۰،۱۶:۰۰،۱۷:۰۰ عملکرد گروه های گیاهی در بهبود آسایش دمایی موثرتر است . بااین‌احتساب در بهترین ساعات عملکرد گروه‌های گیاهی، شاخص آسایش‌دمایی به مقدار (۱.۱۵۱)، کاهش یافته است در حالی که در ضعیف‌ترین ساعات عملکردی تنها این شاخص به میزان (۰.۴۱)، کاهش یافته است؛ به طور کلی در بهترین وضعیف‌ترین ساعات عملکرد گروه‌های گیاهی تفاوت شاخص آسایش دمایی برابر با ۰.۷۴۱ می‌باشد.



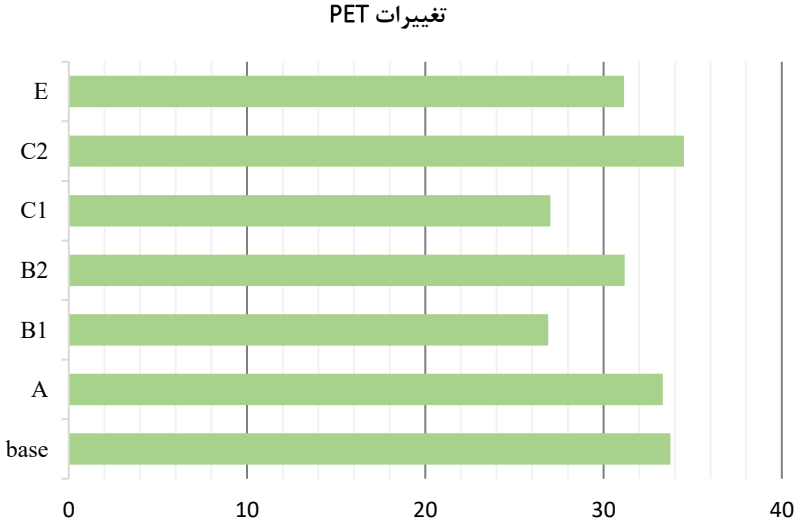
شکل ۱۶-نمودار تغییرات شاخص PMV،در گروه های درختی،در مدت ۸ ساعت شبیه سازی،ارتفاع۱.۸ سانتی متری



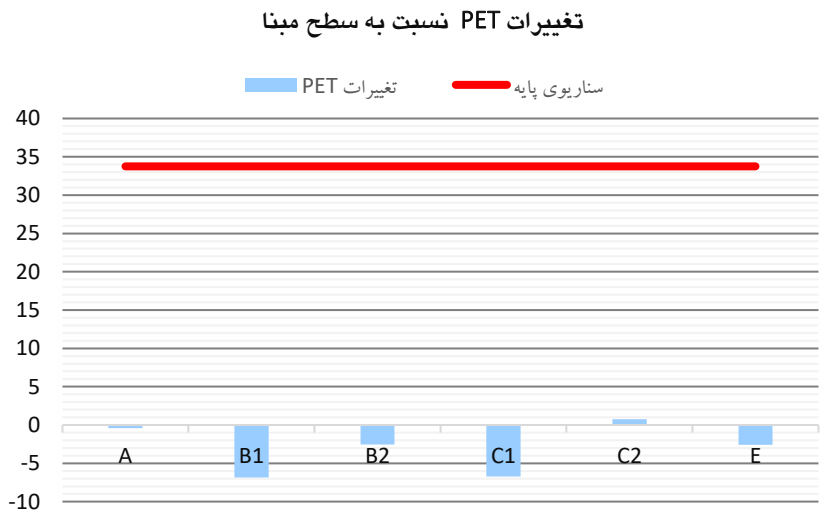
شکل ۱۷-نمودار تغییرات نسبت به ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری

شاخص PET (دمای معادل فیزیولوژی بدن):

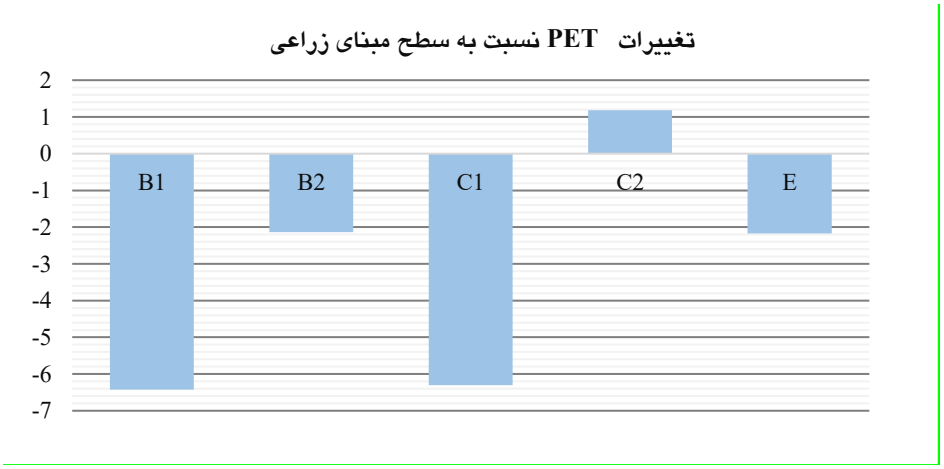
نتایج شبیه‌سازی دما در ۷ سناریوی طراحی شده نشان می‌دهد که در تمام سناریوها، دمای معادل فیزیولوژیکی بدن پایین تر از حالت پایه (بدون گیاه و در سناریوی A (شبیه‌سازی زمین کشاورزی) بوده است (شکل۱۸)در سناریوی B1، درخت برگریز از درختان گروه مثمر بیشترین کاهش شاخص PET(۶.۸۵درجه سانتیگراد) را از سناریوی پایه (بدون گیاه) و (۶.۴۲ درجه سانتیگراد) از سناریوی A دارد. همچنین گونه ی C1با کاهش ۶.۷۲ درجه سانتی گراد از سناریوی پایه و ۶.۳ درجه سانتی گراد از سناریوی A صورت می گیرد. لازم به ذکر است که بوته ها با عملکرد ضعیف همراه هستند.و موفق شده اند تنها ۲.۶ درجه سانتیگراد از سناریوی پایه و ۲.۱۷ درجه سانتیگراد از سناریوی A را کاهش دهند(شکل۱۹،شکل۲۰).



شکل۱۸- نمودار تغییرات PET،در تمامی سناریوها به مدت ۸ ساعت شبیه سازی،در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری



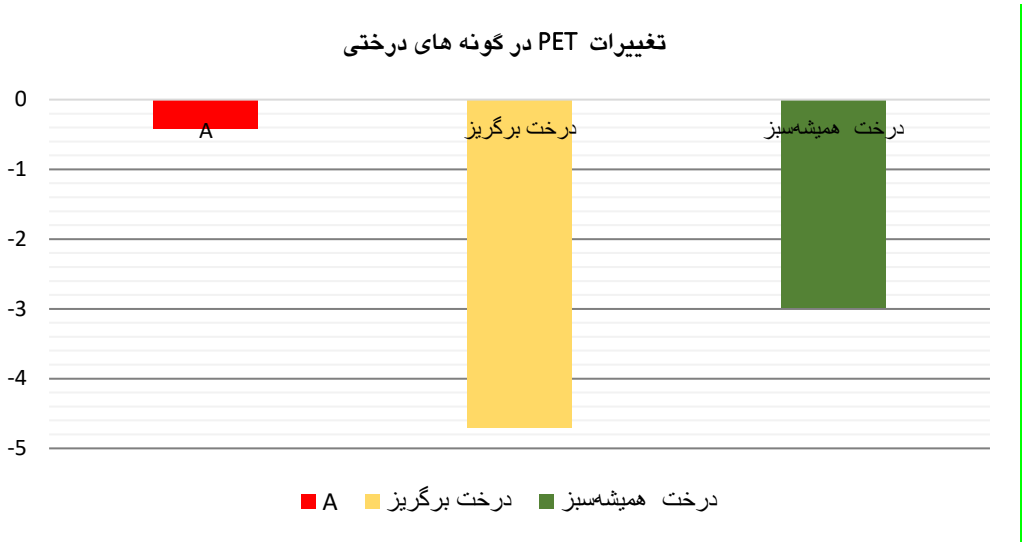
شکل۱۹:نمودار تغییرات PET،نسبت به سطح مبنا ،به مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری



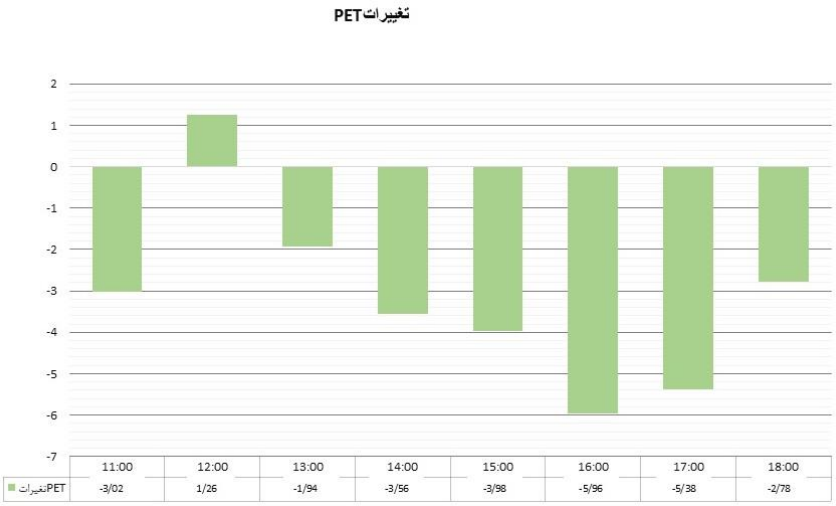
شکل۲۰: نمودار تغییرات PET،نسبت به سطح مبنا زراعی ،به مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری

در شکل۲۱، درختان برگریز عملکرد بهتری نسبت به درختان همیشه سبز داشته‌اند، چراکه درختان برگ ریز با کاهش میانگین دمای فیزیولوژیکی بدن به مقدار ۴.۷۰ درجه سانتی گراد منجر شده‌است، دراین بین درختان همیشه سبز ضعیف‌تر از درختان برگریز عمل کرده و منجر به کاهش میانگین دمای فیزیولوژیکی بدن به‌مقدار ۲.۹۰ درجه سانتی گراد از سناریوی پایه شده‌است. بااین احتساب، درختان برگ‌ریز نسبت به درختان همیشه سبز با تفاوت ۱.۸۰ درجه سانتی‌گراد کاهش دمای فیزیولوژیکی موفق تر در بهبود اکولوژیک منطقه ی مورد مطالعه عمل کرده است.

در بررسی ساعات موثر در عملکرد اکولوژیکی گیاهان، با توجه به نتایج حاصل در شکل ۲۲، به آنالیز عملکرد گونه ها در مقایسه با زمین کشاورزی پرداخته شده است؛ درختان در ساعات ۱۳:۰۰،۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰ عملکرد ضعیفی در کاهش مقدار میانگین دمای فیزیولوژیکی بدن داشته‌اند این مقدار برابر با ۱.۱۵ درجه‌ی سانتی گراد می باشد؛ در این میان، ساعات، ۱۵:۰۰ ،۱۶:۰۰، ۱۷:۰۰ عملکرد بهتری در جهت تغییرات PET داشته‌اند ، و باعث کاهش دمای فیزیولوژیکی به مقدار ۵.۱۰درجه ی سانتی گراد شده است، با این احتساب گونه های گیاهی در بهترین ساعات عملکرداشان باعث کاهش دمای فیزیولوژیکی به مقدار۳.۹۵ درجه ی سانتی گراد شده اند.



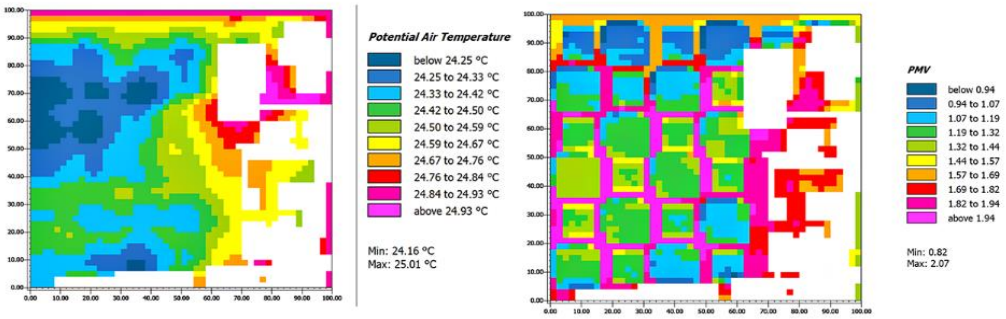
شکل۲۱-نمودار تغییرات PET،گروه درختی،به مدت ۸ ساعت شبیه سازی،در ارتفاع۱.۸ سانتی متری



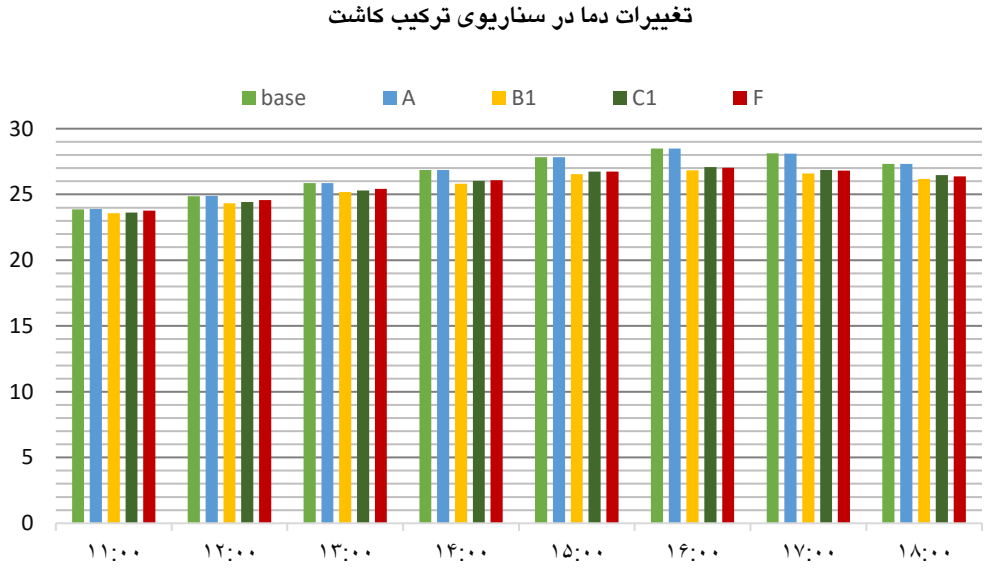
شکل۲۲- نمودار تغییرات PET،نسبت به ۸ساعت شبیه سازی در ارتفاع۱.۸ سانتی متری

سناریوی ترکیب کاشت

نتایج به دست آمده از بررسی های صورت گرفته حاکی از این مسئله است که کاشت محصولات زراعی در کشاورزی شهری برای احیا و بازآفرینی اکولوژیکی منطقه اهمیت دارد. با توجه به تئوری و ضرورت احیای منطقه، شبیه سازی ترکیبی با گونه‌هایی که بهترین عملکرد (D2، B1، A) را در بهبود اکولوژی منطقه باعث شده اند صورت گرفته است. این سناریو به طور موثر بر کاهش Ta، شاخص PMV، و PPD، PET، همچنین آسایش حرارتی را بهبود بخشد(شکل۲۳). کاهش Ta (°C)۰.۴۹۹۸ از پایه و ۰.۴۹۹۳ (C°) از سناریوی A بود(شکل۲۴). شاخص PMV به میزان (۱.۵۰) از پایه و (۱.۴۵) از سناریوی A (شکل۲۵)کاهش یافت. PET (°C) در طراحی این کارخانه، ۶ (C°) از پایه و ۵.۵۷ از سناریوی A(شکل۲۶).

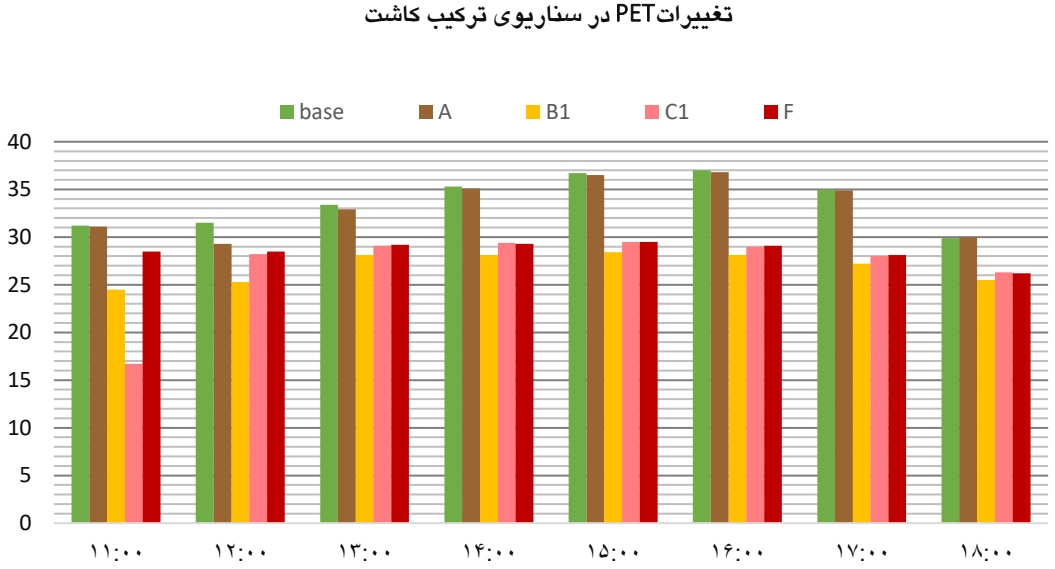


شکل۲۳: نتیجه مقایسه بین PMV، PET هنگامی که شاخص PMV کاهش می یابد، PET(c°) کاهش می یابد، LST (۱۸-۱۰:۰۰) ۱.۸ متر، ۸ ساعت



شکل۲۴- تغییرات دما،در سناریوی ترکیب کاشت در مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری

شکل۲۵-نمودار تغییرات شاخص PMV، در سناریوی ترکیب کاشت در مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری



شکل۲۶- نمودار تغییرات شاخص PET، در سناریوی ترکیب کاشت در مدت ۸ ساعت شبیه سازی در ارتفاع ۱.۸ سانتی متری

بحث و نتیجه گیری کلی

با توجه به روند جهانی تغییرات اقلیمی و کمبود منابع، چالش های عمده ای در برابر شهر ها قرار دارد، در حالی که باید برای ساکنان خود قابل زندگی باشد و بتواند فرصت های اجتماعی و اقتصادی را برای جامعه ارائه دهد (آرتمن و سارتیسون ۲۰۱۸) با توجه به این که، از دهه ی ۱۹۷۰ میلادی، کشاورزی‌شهری در جامعه به بیان اتکا و اعتماد به خود در واکنش به افزایش قیمت مواد غذایی و نگرانی در مورد تاثیر مخرب فناوری های کشاورزی و محیط زیست و پیآمد های بهداشتی، سموم دفع آفات بر مواد غذایی بیان می شود، در واقع، نوعی از فعالیت شهری، که مقاومت در برابر زوال شهر را نشان می دهد (لاوسون ۲۰۰۵)، به همین سبب اتصال مجدد مواد غذایی به شهرها گامی مهم و اساسی در تحولات جهانی می باشد.

ادیبل یک راه حل ابتکاری بر پایه طبیعت برای تحول پایدار شهری را بیان می‌کند که از جمله روش های توسعه طراحی شهری که محیط فیزیکی را تغییر نمی دهد ولی توانایی شهر برای حفظ ساختار ها نقش آفرین است(ولی زاده، داداش پورمقدم۲۰۱۹). با توسعه دادن پروژه های سبز شهری در تمام ابعاد شهر از سطوح کوچک و جزئی همانند بام های سبز، محیط داخلی منازل،.....و در سطح وسیع، شامل فضاهای سبز شهری، فضاهای رها شده در سطح شهر،...که دارای پتانسیل سرمایه گذاری وگسترش هستند می تواند به عنوان زیرساخت های سبزشهری در توسعه پایدار جامعه و تغییر فعالانه شهری، در جهت بهبود الگوی سبک زندگی شهری را موجب شود.

الگوی کاربری زمین نقش مهمی در پایداری اجتماعی دارد،نظریه ی نقش اجتماعی زمین از نظرارزش و نقش اجتماعی در آسایش، امنیت، زیبایی، رفاه و کیفیت زندگی بشر تاثیرات اساسی دارد(نصیری،۲۰۱۳)

شبیه‌سازی میکرواقلیم در این مطالعه نشان می‌دهد که کاشت درخت در منطقه ی کشاورزی شهری باعث کاهش Ta و بهبود شرایط آسایش حرارتی در فضای باز در طول روز می‌شود.با توجه به قرار گرفتن منطقه ی کشاورزی شهری حکم آباد در نزدیکی شهر تبریز، تاثیرات میکرواقلیمی بر آسایش حرارتی در شهر تبریز نیز تاثیر می گذارد. تحقیقات محدودی در خصوص تاثیرات زیست محیطی ادیبل پارک ها صورت گرفته است، در حالی که در این پژوهش اثر زیست محیطی ادیبل پارک ها در استراتژی احیای اراضی کشاورزی شهری را مورد بررسی قرار می دهد، با این حال در چندین مطالعه قبلی به بررسی تاثیرات آسایش محیط بیرونی انجام شده است(هایسلر ۱۹۸۹، ویلشری و همکاران۲۰۱۳ ،سان و همکاران ۲۰۱۷، ژانگ و همکاران ۲۰۱۸). بر اساس یافته های این مطالعه، فضای سبز شهری باعث افزایش آسایش حرارتی می شود. جین و همکاران (۲۰۱۷) و لی و مایر (۲۰۱۸) نیز تأثیرات فضای سبز شهری را بر تنش گرمایی روز در مکان‌های مختلف ارزیابی کرده اند. مطالعات نشان می دهد که استراتژی‌های مختلف کاشت درختان در ترکیب با گونه‌های بومی، تأثیر قابل توجهی بر کاهش شاخص Ta ، PMV و بهبود دمای معادل فیزیولوژیکی می‌گذارد همچنین سناریوهای متشکل از گونه های درختی ، با افزایش پوشش درخت (تا ۷۵٪) منجر به کاهش دمای هوا از ۰.۲ تا ۰.۹۲ درجه سانتیگراد می شود و سبب کاهش میانگین ۷.۵ درجه سانتیگراد در دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) می شود (گوما و همکاران ۲۰۲۴) در این میان ، درختان برگریز تأثیر بیشتری بر راحتی حرارتی نشان دادند و میانگین دمای تابشی (MRT) را تقریباً تا ۶۰ درجه سانتیگراد کاهش دادند(واتنی و همکاران ۲۰۲۴). در مطالعه ای که توسط رحیمی و نوبر (۲۰۲۳)، صورت گرفته است به تاثیرات باززنده سازی اراضی کشاورزی در منطقه حکم آباد با استفاده از ترکیب گونه های درختان همیشه سبز ، میوه دار و محصولات کشاورزی می پردازد، نتایج این پژوهش حاکی از کاهش دمای هوا و افزایش آسایش محیطی می باشد. به طور کلی پیکربندی جوامع گیاهی، مانند ترکیبات درخت-علفزار، با بهبود اثرات خنک کنندگی و افزایش رطوبت ، سبب بهبود آسایش حرارتی می شود. بائو و همکاران (۲۰۲۲)،نیز در مطالعات خود به بررسی حضور پوشش گیاهی در پارکهای شهری و تاثیرات آن در بهبود دما و رطوبت با تاکید بر تراکم بهینه سایه اندازی و حجم سبز سه بعدی پرداخته اند. پوشش گیاهی می تواند دمای هوا را کاهش و سطح رطوبت را افزایش دهد، به ویژه در محیط های متراکم ساخته شده. هی و رئتو(۲۰۲۳) در مطالعات خود نشان می دهند که سایه ی حاصل از حضور درختان و درختچه ها به طور موثر استرس گرمایی را به ویژه در صبح ها که درجه حرارت به اوج خود می رسد کاهش می دهند.

در این میان ادیبل پارک ها به عنوان روشی سیستماتیک در منظرشهری ، برای تولید مواد غذایی وگامی مهم در جهت پایدارتر کردن زندگی در شهر های سالم است که با فعالیت ها و خدمات خود ، جوامع محلی را قادر می سازد که با پویایی فراگیر و مشارکتی خود بر فواصل اجتماعی فائق آیند و مشاغل جدید سبز را ایجاد کنند و از این طریق رشد اقتصادی و محلی را سبب

شده و انسجام اجتماعی را تقویت کند. به عنوان شبکه ی کاملا باز و مشارکتی در شهر ها در جهت قدرت دادن به ساکنان آن‌ها با استفاده از یک روش معمول با مزایای قابل توجه در سطح فردی، آموزش مهارت های زندگی و تکنیک های پرورش مواد غذایی؛ چرا که غذا جزء موضوعات محبوب در مکالمات است و سبب اتصال افراد به همدیگر می شود (ساموئل و همکاران ۲۰۱۹)؛ این استراتژی این اطمینان را به ما می دهد که ساکنان شهری روزانه به صورت ایده آل ساعاتی را با دنیای طبیعی در تماس باشند(بئتلی ۲۰۱۹)، مردم در زمین‌های کشاورزی تجمع و مشارکت می‌کنند که مکرراً هویت اجتماعی و فرهنگی جامعه شهری را بهبود می‌بخشد و در نهایت کشاورزی شهری نقش اساسی در پایداری محیط شهری دارد (حسین پور و همکاران ۲۰۲۲). ادیبل پارک ها به عنوان نوعی زیرساخت سبز مولد، به کاهش جزایر گرمایی شهری و کاهش دمای هوا و دمای فیزیولوژی کمک شایانی می کنند. در نتیجه، برای به حداکثر رساندن استفاده از درختان در ترکیب با محصولات زراعی، گونه‌های درختی با دقت بیشتری انتخاب شده‌اند. نتایج نشان می دهد که درختان در زمین‌های زراعی زمانی که به‌عنوان گیاهان برگریز سایه انداز برای تهیه میوه استفاده می‌شوند، دارای مزایایی هستند که سبب کاهش Ta، PMV می‌شوند. همچنین یکی از راه‌های احیای اراضی کشاورزی شهری استفاده از عملکردهای مختلف درختان در آن است که می تواند تاثیرات جزایر گرمایی شهری را با ترکیب محصولات و درختان در زمین‌های کشاورزی کاهش می‌دهد.

در نهایت معماران و شهرسازان با توجه نتایج حاصل، می توانند با ارائه ی طرح‌های منظر، رویکردهای توسعه شهری پایدار و احیای زمین‌های کشاورزی شهری با ادغام فضاهای سبز خوراکی در فضاهای باز شهری، شهری مقاوم‌تر، پایدارتر و دلپذیرتر برای زندگی بسازند. چراکه اجرایی این راهکارها به‌طور خاص در مناطق مستعد دمای بالا و مناطق پرجمعیت تاثیرات قابل توجهی خواهند داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از اداره کل هواشناسی استان آذربایجانشرقی جهت ارائه اطلاعات لازم در این تحقیق تقدیر و سپاسگزاری میگردد.

منابع مورد استفاده

Ackerman K, Conard M, Culligan P, Plunz R, Sutto M and Whittinghill L. 2014. Sustainable food systems for future cities: The potential of urban agriculture. Economic and Social Review, 45(2):189–206. https://www.esr.ie/article/view/136

Artmann M, Sartison K and Vavra J. 2020. The role of edible cities supporting sustainability transformation–A conceptual multi-dimensional framework tested on a case study in Germany. Journal of Cleaner Production, 255: 120220. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120220

Aslam A and Rana I. 2022. The use of local climate zones in the urban environment: A systematic review of data sources, methods, and themes. Urban Climate, 42: 101120.

https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101120

Aslam A and Rana I. 2022. The use of local climate zones in the urban environment: A systematic review of data sources, methods, and themes. Urban Climate, 42: 101120.

https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101120

Bahram Soltani K. 2005. Grounds for Urban Green Space Architecture. Publication of Center for Urban Studies and Research. (In Persian) https://lib.isfahan.ir/dL/search/default.aspx?Term=100774&Field=0&DTC=101

Balany F, Ng A, Muttil N, Muthukumaran S and Wong M. 2020. Green infrastructure as an urban heat island mitigation strategy—a review. Water, 12(12): 3577. https://doi.org/10.3390/w12123577

Barakat A, Ayad H and El-Sayed Z. 2017. Urban design in favor of human thermal comfort for hot arid climate using advanced simulation methods. Alexandria Engineering Journal, 56(4): 533-543. https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.008.

Bruse M. 2000. Assessing thermal comfort in urban environments using an integrated dynamic microscale biometeorological model system. In Third Symposium on the Urban Environment ,159-160.

Bruse M. 2004. ENVI-met 3.0: updated model overview. Publication of University of Bochum. http://www.envi-met.net/documents/papers/overview30.pdf

Bruse M. 2004. ENVI-met 3.0: updated model overview. University of Bochum. Retrieved from: https://www.envi-met.com

Burgin S. 2018. Back to the future? Urban backyards and food self-sufficiency. Land Use Policy 78: 29-35. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.012

Cárdenas Celis A and Silva C. 2018. Protocolo de elaboração de arquivo climático de cidades brasileiras para software ENVI-met 4.0. https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.03

Cárdenas Celis A and Silva C. 2018. Protocolo de elaboração de arquivo climático de cidades brasileiras para o software ENVI-met 4.0. https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.03

Cheung P and Jim C. 2018. Comparing the cooling effects of a tree and a concrete shelter using PET and UTCI. Building and Environment, 130:49-61. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.013

Coccolo S, Kämpf J, Scartezzini J and Pearlmutter D. 2016. Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. Urban Climate, 18: 33-57. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.08.004.

Cohen J. 1995. Population growth and earth's human carrying capacity. Science, 269(5222): 341-346. DOI: 10.1126/science.7618100

Coutts A, White E, Tapper N, Beringer J, Livesley S. 2016. Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments. Theor. Appl. Climatol. 124:55–68. https://doi.org/10.1007/s00704-015-1409-y

Crank P, Sailor D, Ban-Weiss G and Taleghani M. 2018. Evaluating the ENVI-met microscale model for suitability in analysis of targeted urban heat mitigation strategies. Urban climate, 26: 188-197. https://10.1016/j.uclim.2018.09.002

Crank P, Sailor D, Ban-Weiss G, Taleghani M. 2018. Evaluating the ENVI-Met Microscale Model for Suitability in Analysis of Targeted Urban Heat Mitigation Strategies. Urban Clim. 26:188–197. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.09.002

De Dear R. 1998. A global database of thermal comfort field experiments. ASHRAE transactions, 104: 1141. ASHRAE Transactions, 104: 1141-1152

Duarte D, Shinzato P, dos Santos Gusson C and Alves C. 2015. The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance-built density in a subtropical changing climate. Urban Climate, 14:224-239. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.006

Dyvia H and Arif C. 2021. Analysis of thermal comfort with predicted mean vote (PMV) index using artificial neural network. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 622: 1012019. https://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012019.

El-Bardisy W, Fahmy M and El-Gohary G. 2016. Climatic sensitive landscape design: Towards a better microclimate through plantation in public schools, Cairo, Egypt. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 216: 206-216. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.029

Fabbri K. 2013. Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. Building and Environment, 68: 202-214. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.07.002

Fan C, Myint S and Zheng B. 2015. Measuring the spatial arrangement of urban vegetation and its impacts on seasonal surface temperatures. Progress in physical geography, 39(2): 199-219. https://doi.org/10.1177/0309133314567583

Fanger P. 1970. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. Thermal comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. https://dio.org/10.1016/s0003-6870(72)80074-7

Fazelpour F, Soltani N, Soltani S and Rosen M. 2015. Assessment of wind energy potential and economics in the north-western Iranian cities of Tabriz and Ardabil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45: 87-99. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.045.

Fazelpour F, Soltani N, Soltani S and Rosen M. 2015. Assessment of wind energy potential and economics in the north-western Iranian cities of Tabriz and Ardabil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45: 87-99. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.045

Forouzandeh A. 2018. Numerical modeling validation for the microclimate thermal condition of semi-closed courtyard spaces between buildings. Sustainable cities and society, 36: 327-345. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.025.

Forouzandeh A. 2018. Numerical modeling validation for the microclimate thermal condition of semi-closed courtyard spaces between buildings. Sustainable Cities and Society, 36:327-345. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.025

Gomaa M, El Menshawy A, Nabil J and Ragab A. 2024. Investigating the Impact of Various Vegetation Scenarios on Outdoor Thermal Comfort in Low-Density Residential Areas of Hot Arid Regions. Sustainability, 16:10- 3995. https://doi.org/10.3390/su16103995

Gusson C and Duarte D. 2016. Effects of built density and urban morphology on urban microclimate-calibration of the model ENVI-met V4 for the subtropical Sao Paulo, Brazil. Procedia Engineering, 169:2-10. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.001

Gusson C and Duarte D. 2016. Effects of built density and urban morphology on urban microclimate-calibration of the model ENVI-met V4 for the subtropical Sao Paulo, Brazil. Procedia Engineering, 169: 2-10. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.001

Haaland C and Den Bosch C. 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. Urban forestry & urban greening, 14(4): 760-771. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009

Hazeman H, Hashim N, Salim M, Ibrahim I and Salleh A. 2021. Quantifying the Air Temperature Reduction with Greenery in UiTM Shah Alam: A Microscale Study. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science ,767:1- 012004. https://doi.org/10.1088/1755-1315/767/1/012004

He Q and Reith A. 2023. A study on the impact of green infrastructure on microclimate and thermal comfort. Pollack Periodica, 18:1- 42-48. https://doi.org/10.1556/606.2022.00668

Herath P, Thatcher M, Jin H and Bai X. 2021. Effectiveness of urban surface characteristics as mitigation strategies for the excessive summer heat in cities. Sustainable Cities and Society, 72: 103072. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103072

Herholz K, Hölzer T, Bauer B, Schröder R, Voges J, Ernestus R, Mendoza G, Weber-Luxenburger G, Löttgen A, Wienhard K and Heiss W. 1998. 11C-methionine PET for differential diagnosis of low-grade gliomas. Neurology, 50(5): 1316-1322. https://doi.org/10.1212/WNL.50.5.1316

Hosseinpour N, Kazemi F and Mahdizadeh H. 2022. A cost-benefit analysis of applying urban agriculture in sustainable park design. Land Use Policy, 112: 105834. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105834

Jin C, Bai X, Luo T and Zou M. 2018. Effects of green roofs' variations on the regional thermal environment using measurements and simulations in Chongqing, China. Urban Forestry & Urban Greening, 29:223-237. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.002

Karakounos I, Dimoudi A and Zoras S. 2018. The influence of bioclimatic urban redevelopment on outdoor thermal comfort. Energy and Buildings, 158: 1266-1274. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.035

Khelifa F, Mahimoud A, Alkama D and Hanafi A .2024. The role of trees in enhancing outdoor thermal comfort during warm season in a sub-humid climate. Case: Souk Ahras City. Glasnik Srpskog geografskog drustva, 104:1- 239-254. https://doi.org/10.2298/GSGD2401239K

Langemeyer J, Madrid-Lopez C, Beltran A and Mendez G. 2021. Urban agriculture—A necessary pathway towards urban resilience and global sustainability? Landscape and Urban Planning, 210:104055. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104055

Lau K, Tan Z, Morakinyo T, Ren C, Lau K, Tan Z and Ren C .2022. Effect of Tree Species on Outdoor Thermal Comfort. Outdoor Thermal Comfort in Urban Environment: Assessments and Applications in Urban Planning and Design, 101-123. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5245-5_7

Lee H, Mayer H and Schindler D. 2014. Importance of 3-D radiant flux densities for outdoor human thermal comfort on clear-sky summer days in Freiburg, Southwest Germany. Meteorologische Zeitschrift, 23(3): 315-330. https://10.1127/0941-2948/2014/0536

Lin C, Wu Z, Li H, Huang J and Huang Q. 2024. Comprehensive analysis on the thermal comfort of various greening forms: a study in hot-humid areas. Environmental Research Communications, 6:2- 025010. http://doi.org/10.1088/2515-7620/ad277e

Lu T C, Chen S W, Wu T T, Tu P M, Chen C K, Chen C H, Li Z, Kuo H and Wang S C. 2010. Continuous-wave operation of current injected GaN vertical-cavity surface-emitting lasers at room temperature. Applied Physics Letters, 97(7): 071114. https://doi.org/10.1063/1.3483133.

Masnavi M. 2004. Textbook of Design Principles and Basics. Publication of University of Tehran. (In Persian). https://doi.20.1001.1.10258620.1386.33.43.13.5

Matzarakis A and Mayer H. 2000. Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas. The 11th Seminar on Environmental Protection Environment and Health. 20-23. http://hdl.handle.net/11191/5643

Matzarakis A, Mayer H and Iziomon M G. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. International journal of biometeorology, 43(2): 76-84. https://doi.org/10.1007/s004840050119

Matzarakis A, Rutz F and Mayer H. 2007. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the Rayman model. International journal of biometeorology, 51(4): 323-334. https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8.

Matzarakis A, Rutz F and Mayer H. 2007. Modeling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the Rayman model. International journal of biometeorology, 51(4): 323-334. https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8

McRae I, Freedman F, Rivera A, Li X, Dou J, Cruz I, Ren C, Dronova I, Fraker H & Bornstein R. 2020. Integration of the WUDAPT, WRF, and ENVI-met models to simulate extreme daytime temperature mitigation strategies in San Jose, California. Building and Environment, 184:107180. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107180

Middel A, Häb K, Brazel A, Martin C and Guhathakurta S. 2014. Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. Landscape and Urban Planning, 122: 16-28. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004

Moore A and Kleon M. 2022. Urban Sustainability. In The Routledge Companion to Environmental Ethics, 397-411. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315768090-40/urban-sustainability-steven-moore-meghan-kleon

Morakinyo T E, Kong L, Lau K K L, Yuan C and Ng E. 2017. A study on the impact of shadow-cast and tree species on in-canyon and neighborhood's thermal comfort. Building and Environment, 115: 1-17. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.005

Nasiri Hendeh Khaleh E, Esmail F, Younesi Sandi R and Nezafat Takleh H. 2022. Assessing the social sustainability of urban neighborhoods with an emphasis on composition of land use (Case study of 15th district of Tehran). Scientific Journal of Geography and Planning, 25(78):363-376. (In Persian) https://doi.org/10.22034/gp.2021.42922.2744

Nasrollahi N, Ghosouri A, Khodakarami J and Taleghani M. 2020. Heat-mitigation strategies to improve pedestrian thermal comfort in urban environments. Sustainability, 12(23):10000. https://doi.org/10.3390/su122310000

Nasrollahi N, Hatami M, Khastar S R and Taleghani M. 2017. Numerical evaluation of thermal comfort in traditional courtyards to develop a new microclimate design in a hot and dry climate. Sustainable Cities and Society, 35: 449-467. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.017

Nobar Z. 2023. The role of Edible parks in urban sustainability (case study: Tabriz city), Master's thesis, University of Tabriz.

Nobar Z, Rahimi A, Russo A. 2025.Assessing the Potential of Revegetating Abandoned Agricultural Lands Using Nature-Based Typologies for Urban Thermal Comfort. Land, 14: 1938. https://doi.org/10.3390/land14101938

Partalidou M and Anthopoulou T. 2017. Urban allotment gardens during precarious times: from motives to lived experiences. Sociologia ruralis, 57(2): 211-228. https://doi.org/10.1111/soru.12117

Perini K and Magliocco A. 2014. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. Urban Forestry & Urban Greening, 13(3): 495-506. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.003

Rahimi A and Nobar Z. 2023. The impact of planting scenarios on agricultural productivity and thermal comfort in urban agriculture land (case study: Tabriz, Iran). Frontiers in Ecology and Evolution, 11-1048092. (in Persian).https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1048092

Rahimi A and Nobar Z. 2024. Investigating the role of cover plants (grass) in improving the physiological equivalent temperature and relative humidity (study area: Tabriz University Stadium). Journal of agricultural science and sustainable production, *34*:1- 187-204. https://doi.org/10.22034/saps.2023.53515.2930

Rahimi A. 2014. Modeling of Tabriz Expansion in 2031 using Land Transformation model. Journal of Urban Ecology Researches, 5:10- 99-110. https://doi.org/20.1001.1.25383930.1393.5.10.6.6

Raymond C M, Frantzeskaki N, Kabisch N, Berry P, Breil M, Nita M R, Geneletti D and Calfapietra C. 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. Environmental Science & Policy, 77:15-24. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008

Rezaei Rad H, Khodaee Z, Ghiai M M, Tabe Arjmand J and El Haj Assad M. 2021. The quantitative assessment of the effects of the morphology of urban complexes on the thermal comfort using the PMV/PPD model (a case study of Gheytariyeh neighborhood in Tehran). International Journal of Low-Carbon Technologies, 16(2): 672-682. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaa100

Rezaei Rad H, Khodaee Z, Ghiai M, Tabe Arjmand J and El Haj Assad M. 2021. The quantitative assessment of the effects of the morphology of urban complexes on the thermal comfort using the PMV/PPD model (a case study of Gheytariyeh neighborhood in Tehran). International Journal of Low-Carbon Technologies, 16(2): 672-682. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaa100

Sadr Mousavi, MS, Rahimi, A. 2008. The application of artificial neural networks in prediction of CO concentration: a case study of Tabriz. Physical Geography Research Quarterly, 71:65-72 .(in Persian)

Salata F, Golasi I, Lieto Vollaro A and Lieto Vollaro R. 2015.How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study. Energy and Buildings, 99: 32-49. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.010

Salata F, Golasi I, Lieto Vollaro R and Lieto Vollaro A. 2016. Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. Sustainable Cities and Society, 26: 318-343. https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.005

Sartison K and Artmann M. 2020. Edible cities–An innovative nature-based solution for urban sustainability transformation? An explorative study of urban food production in German cities. Urban Forestry & Urban Greening, 49: 126604. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126604

Sartison K and Artmann M. 2020. Edible cities–An innovative nature-based solution for urban sustainability transformation? An explorative study of urban food production in German cities. Urban Forestry & Urban Greening, 49: 126604. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126604

Shan X, Luo N, Sun K, Hong T, Lee Y K and Lu W Z. 2020. Coupling CFD and building energy modelling to optimize the operation of a large open office space for occupant comfort. Sustainable Cities and Society, 60: 102257. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102257

Sharafkhani R, Khanjani N, Bakhtiari B, Jahani Y, Tabrizi J S and Tabrizi F M. 2019. Diurnal temperature range and mortality in Tabriz (the northwest of Iran). Urban Climate, 27:204-211. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.11.004

Shevchenko O, Snizhko S and Matviienko M .2019. Simulation of the thermal comfort conditions of urban areas: a case study in Kyiv. Vysnik Hark's ingotkogo nazonalnogo unversionitu "Men" VN Karasna, sira" Geologist. The geographer. Ecologistia, 51. https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-13

Simon H. 2016. Modeling urban microclimate: development, implementation, and evaluation of new and improved calculation methods for the urban microclimate model ENVI-met. PhD. University of Mainz. http://doi.org/10.25358/openscience-4042

Tsoka S, Tsikaloudaki A and Theodosiou T. 2018. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications–A review. Sustainable cities and society, 43: 55-76. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.009

Vatani M, Kiani K, Mahdavinejad M and Georgescu M. 2024. Evaluating the effects of different tree species on enhancing outdoor thermal comfort in a post-industrial landscape. Environmental Research Letters, 19:6- 064051. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad49b7

Yılmaz S, Kurt A and Gölcü M. 2023. ENVI-met Simulations of the Effect of Different Landscape Design Scenarios on Pedestrian Thermal Comfort: Haydar Aliyev Street. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 33-3: 338-353. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1265752

Zhang Y, Lin Z, Fang Z and Zheng Z. 2022. An improved algorithm of thermal index models based on ENVI-met. Urban Climate, *44*, 101190. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101190