



## مدلسازی آسایش دمایی فضاهای سبز مختلف در گرم‌ترین دوره سال در شهر مشهد

\*زهرا کریمیان<sup>۱</sup>، علی تهرانی‌فر<sup>۲</sup>، محمد بنایان اول<sup>۳</sup>، مجید عزیزی<sup>۲</sup>، فاطمه کاظمی<sup>۴</sup>

۱. استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، گروه گیاهان زینتی، دانشگاه فردوسی مشهد [zkarimian@um.ac.ir](mailto:zkarimian@um.ac.ir)

۲. استاد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استاد گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

یکی از روش‌ها تامین آسایش دمایی مطلوب در نواحی گرم و خشک استفاده از پوشش‌های گیاهی می‌باشد. به منظور ارزیابی و شبیه‌سازی اثر انواع فضای سبز بر آسایش دمایی شهروندان در سه سایت شهری در مشهد طی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۱ آزمایشی انجام شد. داده‌های اقلیمی، پوشش گیاهی و ساختمانی ثبت و اندازه‌گیری شده در این سایت‌ها با استفاده از برنامه کامپیوتری ان‌وای‌مت مدلسازی و تجزیه و تحلیل شدند. خروجی‌های مدل نشان داد که رده‌های سنی مختلف در محدوده یکسانی از آسایش دمایی قرار داشتند اما زنان در مقایسه با مردان در شرایط مشابه در معرض تنش حرارتی بیشتری قرار گرفتند. شاخص آسایش PMV به جز در سایت پارک ملت در شبیه‌سازی‌ها و همچنین شرایط واقعی در محدوده تنش حرارتی شدید قرار داشتند. **واژگان کلیدی:** پوشش گیاهی، تنش حرارتی، شبیه‌سازی

### مقدمه

یکی از مشکلات مهم در بحث مدیریت و طراحی شهری در شهرهای بزرگ و پرجمعیت مناطق گرم و خشک در طول ماه‌ها و دوره‌های گرم سال، ایجاد شرایط مناسب جهت تامین آسایش دمایی مطلوب و قابل قبول برای شهروندان و مسافران می‌باشد. در دهه‌های اخیر روند افزایشی بالا رفتن دمای کره زمین در کنار پدیده جزایر گرمایی منجر به افزایش دمای شهرها شده است که به دنبال آن بواسطه وضعیت نامطلوب آسایش دمایی برای انسان با افزایش بیماری‌ها و عوارض جسمی و روانی و گاهی مرگ و میر همراه بوده است.

در مقیاس خرداقلیم، پوشش گیاهی می‌تواند ابزاری فوق‌العاده در کاهش بار دمایی دریافت شده توسط بام ساختمان‌ها، دیوارها و سطوح غیرقابل نفوذ زمین باشد. پوشش گیاهی بویژه درختان می‌توانند آسایش دمایی درون ساختمان‌ها را بهبود بخشند و باعث کاهش مصرف انرژی و گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط مطبوع‌کننده‌های هوا در روزهای گرم تابستان شوند. پوشش‌های

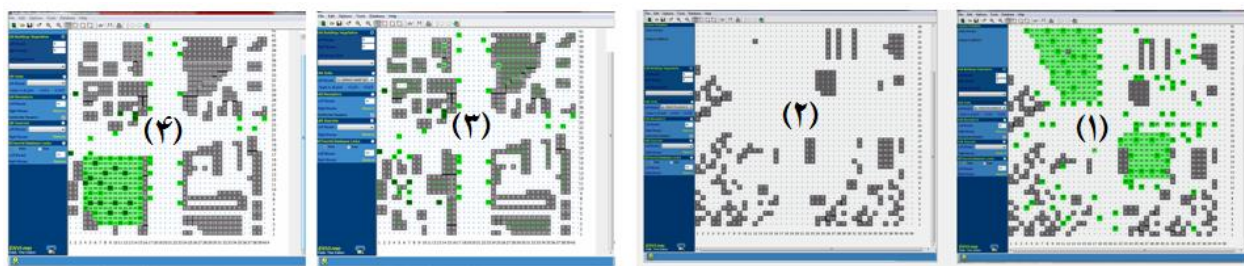


گیاهی به سادگی می‌توانند باعث بهبود آسایش دمایی انسان در محیط‌های پرجمعیت شهری مانند پیاده‌روها، ایستگاه‌های اتوبوس و قطار شهری، زمین‌های بازی کودکان، میدانی شهری و پارکینگ‌های عمومی خودروها شوند (هانتربلاک و همکاران، ۲۰۱۲). در فضاها گرم و خشک شهری مانند مراکز شهرها، خنک‌سازی حاصل از تبخیر و تعرق فضای سبز و درختان می‌تواند به طور چشمگیری باعث بهبود آسایش دمایی انسان شوند مشروط به این که آبیاری کافی در فضای سبز اعمال شود (پیرماتر و همکاران، ۲۰۰۹؛ شاشوآبار و همکاران، ۲۰۱۱). در تحقیقی در شهر تلاویو-فلسطین اشغالی، شاشوآبار و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند سایه درختان خیابانی در مقایسه با خیابان‌های شهری بدون درخت، اثر خنک‌کنندگی معنی‌داری در محیط داشتند و تا حدود ۵۰ درصد از افزایش دما در بازه زمانی آغاز ظهر تا میانه روز جلوگیری کردند. اجزای مدل در این مطالعه نشان می‌دهد که میزان تاثیر خنک‌کنندگی حاصل از پوشش سایه‌دهنده هر درخت متناسب با افزایش عمق خیابان‌ها (بالا بودن نسبت طول به عرض سازه‌های درون خیابان) کاهش می‌یابد زیرا دیوارهای خیابان‌ها خود سایه‌دهی بالایی دارند و با درختان در ایجاد سایه در خیابان‌ها و بنابراین کاهش دمای محیط سهیم هستند.

در مقیاس بزرگ، مطالعات مدل‌سازی معمول‌ترین روش برای بررسی نقش پوشش گیاهی در خنک‌سازی محیط هستند. گیل و همکاران (۲۰۰۸) از یک مدل تبادل انرژی برای تخمین تاثیر افزایش یا کاهش پوشش فضای سبز در ریزاقلیم شهر منچستر-انگلیس استفاده کردند. این مدل نشان داد که علی‌رغم روند افزایش گرم شدن زمین در طول ۸۰-۷۰ سال، با افزایش ۱۰ درصدی در پوشش گیاهی، دمای سطحی در حد معمول خود باقی خواهد ماند. در مطالعات مربوط به تاثیر بام سبز و سامانه‌های سبز عمودی بر تغییرات ریزاقلیمی و آسایش دمایی پربینی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که تفاوت دمای سطحی بین لایه گیاهی و دیوار ساختمان در یک دیوار سبز ۵ درجه‌سنتی‌گراد بود درحالی‌که در نمای سبز یک لایه دمای سطحی ۱/۲ درجه‌سنتی‌گراد و در نمای سبز دو لایه ۲/۷ درجه‌سنتی‌گراد گزارش شد.

## مواد و روش‌ها

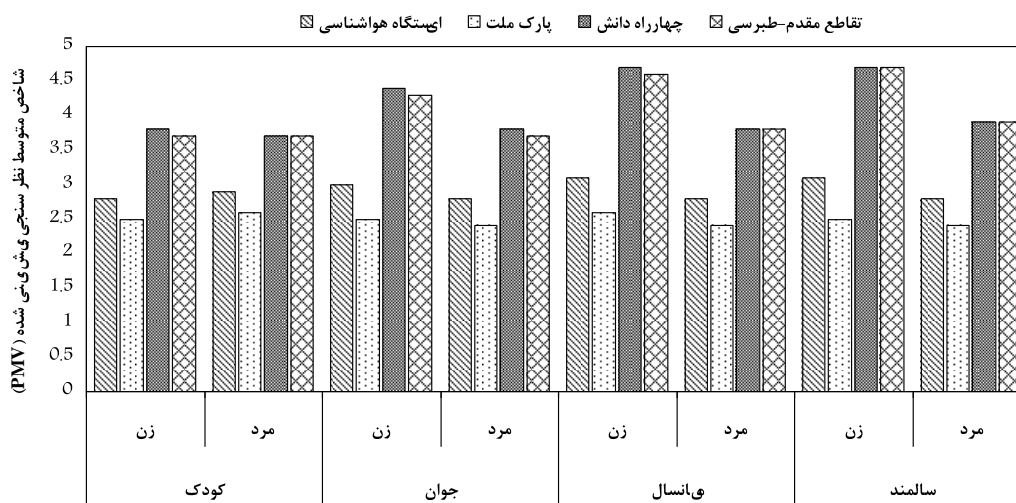
در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۱ و در بازه ساعات ۸-۱۵، سه سایت شهری (پارک ملت، چهارراه دانش و تقاطع چهارراه مقدم-طبرسی) انتخاب شدند و داده‌برداری‌های اقلیمی (دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، تابش و غیره)، پوشش گیاهی (ابعاد گیاهی، نوع گیاه، شاخص سطح برگ و غیره) و سازه‌های پیرامونی (ارتفاع، دمای داخلی و غیره) در آن‌ها انجام شد. شرایط آسایش دمایی در هر سایت به تفکیک جنسیت و سن ارزیابی و سپس با سناریوهای مختلف توسط مدل سه بعدی انوی‌مت شبیه‌سازی شدند. در سایت تقاطع مقدم-طبرسی ۲ وضعیت شبیه‌سازی شامل ۱. سایت مورد نظر بدون پوشش گیاهی و ۲. سایت با پوشش گیاهی (۱۴ درصد پوشش گیاهی لکه‌ای) شبیه‌سازی شدند. سایت چهارراه دانش نیز شامل ۲ حالت ۱. با پوشش گیاهی لکه‌ای روی زمین (۱۲ درصد) و ۲. با پوشش گیاهی بام سبز (۲۰ درصد) شبیه‌سازی شدند (شکل ۱).



شکل ۱. سایت‌های شبیه‌سازی شده تقاطع مقدم-طبرسی: لکه‌ای (۱)، بدون پوشش گیاهی (۲) و چهارراه دانش: بام سبز (۳)، لکه‌ای (۴)

## نتایج و بحث

سایت چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی در هر چهار رده سنی کودکان، جوانان، میانسالان و سالمندان و در هر دو جنس زن و مرد در محدوده تنش گرمایی بسیار شدید و محدوده ایستگاه هواشناسی مشهد نیز در هر سه رده سنی و در دو جنس از نظر محدوده آسایش دمایی در محدوده تنش گرمایی شدید قرار داشتند. در سایت پارک ملت نیز تقریباً هر سه رده سنی و هر دو جنس در محدوده تنش گرمایی متوسط بودند. نتایج این بخش از مطالعه همچنین نشان داد رده‌های سنی مختلف تأثیری بر تغییر محدوده آسایش دمایی ندارند. با بررسی شاخص PMV در جهت تعیین وضعیت آسایش دمایی به تفکیک جنسیت و صرف‌نظر از مکان و رده سنی، مشخص شد که این شاخص در زنان (۳/۶) در مقایسه با مردان (۳/۲) حدود ۰/۵ درجه بالاتر می‌باشد که در شرایط مشابه می‌تواند منجر به تغییر سطح آسایش دمایی به سمت تنش گرمایی بیشتر شود و این به آن معنی است که زنان در مقایسه با مردان در شرایط دمایی مشابه، گرما را بیشتر احساس می‌کنند. هر چند ذوالفقاری (۱۳۸۶) در بخشی از گزارش تحقیق خود با مدل



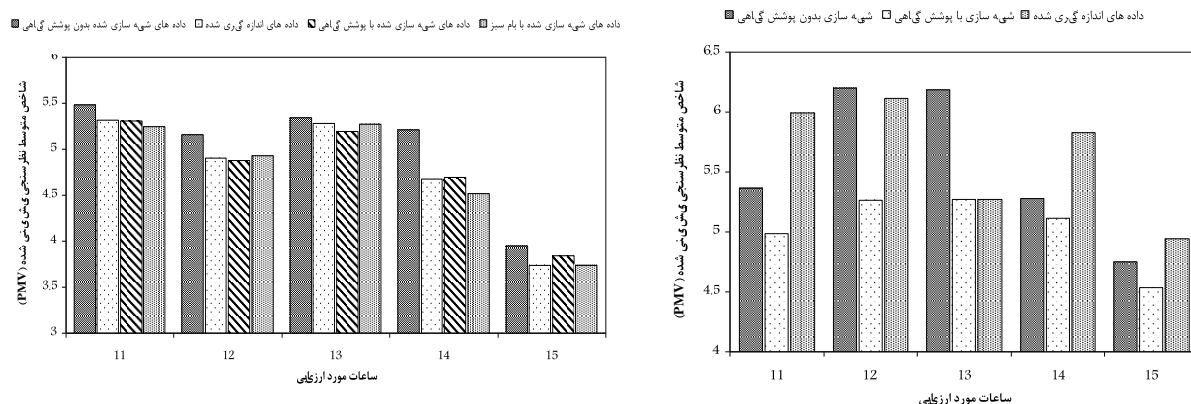
شکل ۱. مقایسه شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV) سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی به تفکیک جنسیت و رده سنی



ریمن بیان می کند بین دو جنس زن و مرد در کار با این مدل تفاوت بسیار ناچیزی وجود دارد که اکثر موارد این اختلاف قابل چشم پوشی است.

در سایت تقاطع مقدم-طبرسی حذف پوشش گیاهی موجود (کمتر از ۱۰ درصد سایت) و اضافه کردن پوشش گیاهی جدید در حدود ۳۰۰۰ متر مربع با ترکیب حدود ۲۰ درصد درخت و ۸۰ درصد پوشش گیاهی علفی، علی رغم تاثیر اندک بر دما و رطوبت نسبی، تاثیری بر آسایش دمایی این سایت که در محدوده بسیار شدید بود، نداشت (شکل ۳).

نتایج شبیه سازی چهارراه دانش نشان می دهد نشان می دهد عملاً اختصاص پوشش گیاهی به صورت بام سبز و یا در سطح سایت و همچنین حذف پوشش گیاهی اندک موجود در سایت چهارراه دانش اثری در محدوده آسایش گرمایی در ساعات و دوره مورد ارزیابی در این تحقیق نداشته است هر چند مطابق شکل ۳ سایت شبیه سازی شده بدون پوشش گیاهی همواره بالاترین میزان PMV را دارا بود. بنابراین این دو سایت جزو جزایر گرمایی شهر مشهد محسوب می شوند. حقیقتات متعددی شان می دهد وجود فضای سبز و پوشش گیاهی نقش مهمی در بهبود عوامل موثر بر خرد اقلیم شهری دارد اما میزان این تاثیر که تعیین کننده تغییر در



شکل ۳. مقایسه شاخص متوسط نظرسنجی پیش بینی شده (PMV) سایت شبیه سازی شده و سایت واقعی با داده های اندازه گیری شده در تقاطع مقدم-طبرسی (راست) و چهارراه دانش (چپ)

میزان شاخص ها و محدوده آسایش دمایی افراد است به مساحت پوشش گیاهی، نوع گونه ها که تعیین کننده سطح برگ آن ها است و همچنین نسبت این گونه های گیاهی در سطح مورد مطالعه وابسته است (اسپیچ و اسپچ، ۲۰۰۲؛ هاردین و جنسن، ۲۰۰۷). بنابراین ممکن است سطح شبیه سازی شده در این سایت ها و همچنین نوع و نسبت گونه های انتخاب شده به منظور کاهش دما و افزایش رطوبت در حدی که بتواند منجر به بهبود آسایش دمایی افراد شود کافی نبوده است. اگرچه عملاً امکان افزایش سطح افقی فضای سبز در دو سایت مذکور به دلایل مختلف مانند قیمت بالای زمین، طرح های عمرانی از پیش اجرا شده و غیره وجود ندارد.



منابع

- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S., Theuray, N. and Lindley, S.J., (2008). Characterising the urban environment of UK cities and towns: A template for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 87(3): 210-22.
- Hardin, P.J. and Jensen, R.R., (2007). The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: a Terre Haute case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6: 63-72.
- Hunter Block, A., Livesley, S.J. and Williams, N.S.J., (2012). Responding to the Urban Heat Island: A Review of the Potential of Green Infrastructure. Literature Review, University of Melbourne, www.vcccar.org.au.
- Pearlmutter, D., Kruger, E.L. and Berliner, P., (2009). The role of evaporation in the energy balance of an open-air scaled urban surface. *International Journal of Climatology*, 29: 911-20.
- Perini, K., Ottele, M., Fraaij, A.L.A., Haas, E.M. and Raiteri, R., (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46(11): 2287-94.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. and Erell, E., (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment, *International Journal of Climatology*, 31(10): 1498-506.
- Shashua-Bar, L., Potchter, O., Bitan, A., Boltansky, D. and Yaakov, Y., (2010). Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 30(1): 44-57.
- Specht, R.L. and Specht, A., (2002). *Australian plant communities: dynamics of structure, growth and biodiversity*, Oxford University Press, South Melbourne.

### Modeling of Thermal Comfort in Different Urban Green Areas during the Hottest Period in Mashhad

\*Zahra Karimian<sup>1</sup>, Ali Tehranifar<sup>2</sup>, Mohammad Bannayan<sup>3</sup>, Majid Azizi<sup>4</sup>, Fatemeh Kazemi<sup>5</sup>

1. \*Assistant prof. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Prof. Department of Horticulture Science, Ferdowsi University of Mashhad
3. Prof. Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
4. Prof. Department of Horticulture science, Ferdowsi University of Mashhad
5. Assistant prof. Department of Horticulture Science, Ferdowsi University of Mashhad

One of the methods to provide of appropriate thermal comfort in dry and hot areas is the use of vegetations. An experiment was conducted to assessment and simulation of the effect of green space types on thermal comfort of urban dwellers in three urban sites during the hottest period of 2012 in Mashhad. Recorded and measured data of climatic, vegetation and buildings data in the sites using computer programs were modeled and analyzed. Model outputs showed that different age groups were in the same range of thermal comfort but in similar circumstances, women compared to men were exposed to more heat stress. Thermal comfort index (PMV) except Melleat Park site, in other simulations and real conditions were in the range of extreme heat stress.

**Keywords:** Simulation, Thermal Stress, Vegetation.