

مطالعه تأثیر پوشش گیاهی و سطوح سخت شهری بر ریزاقلیم و آسایش دمایی مشهد

زهرا کریمیان^{۱*}، علی تهرانی فر^۲، محمد بنایان اول^۳، مجید عزیزی^۴ و فاطمه کاظمی^۵

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵. دانشجوی سابق دکتری، استاد، دانشیار، استاد و استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰)

چکیده

ایجاد آسایش دمایی مطلوب در دوره‌های گرم سال با توجه به جمعیت بالا و اقلیم گرم و خشک بیشتر شهرهای ایران ضروری است. آزمایشی به منظور بررسی تأثیر درصد پوشش گیاهی و سطوح سخت بر تغییرات دما، رطوبت نسبی و آسایش دمایی شهروندان در سه سایت شهری و ایستگاه هواشناسی مشهد انجام گرفت. داده‌های اقلیمی دریافتی و ثبت شده از ایستگاه هواشناسی و سایت‌های چهارراه دانش، تقاطع مقدم طبرسی و پارک ملت که از نظر درصد پوشش گیاهی و سطوح سخت متفاوت بودند، با یکدیگر مقایسه شدند. شاخص‌های آسایش دمایی شهروندان و محدوده آن‌ها نیز در این سایت‌ها در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰ به تفکیک رده‌های سنی و جنسیتی مشخص شد. نتایج آنالیزهای آماری و خروجی مدل ریمن نشان دادند دما و رطوبت نسبی چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی نسبت به ایستگاه هواشناسی و به‌ویژه پارک ملت به ترتیب به‌طور معناداری بالاتر و پایین‌تر بودند. شاخص‌های آسایش دمایی گرم‌ترین دوره سال نشان دادند که روزهای این دوره برای شهروندان به ترتیب در محدوده تنش گرمایی اندک، شدید و بسیار شدید قرار داشتند و به ترتیب پارک ملت و ایستگاه هواشناسی نسبت به چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی از نظر ایجاد آسایش دمایی برای مردم مناسب‌تر بودند.

واژه‌های کلیدی: جزایر گرمایی، دما، رطوبت، شاخص‌های آسایش دمایی، فضای سبز.

مقدمه

یکی از مشکلات شهرهای مدرن و بزرگ دنیا در دهه‌های اخیر، وجود پدیده‌ای به نام جزایر گرمایی^۱ است. جزایر گرمایی پس از پدیده گرمایش جهانی که از قرن نوزدهم به بعد آغاز شد، مهم‌ترین دلیل افزایش دما در شهرهاست (Karl et al., 1988). وجود سطوح دست‌ساز و تیره (آسفالت، سنگ‌فرش‌ها و غیره)، جایگزینی سازه‌های شهری با درختان و پوشش‌های سبز و به‌طور کلی، تغییر در کاربری زمین منجر به تغییر اقلیم محلی، به‌ویژه افزایش فزاینده دمای محیط شده است. افزایش دما و ایجاد جزایر گرمایی در شهرها در نتیجه

کاهش میزان تبخیر و تعرق از سطوح، افزایش جذب پرتوهای خورشیدی و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی ناشی از مصارف خانگی و شهری است (Cheng & Byun, 2008; Bloomer et al., 2009).

پژوهش‌های مختلف، اختلاف دمایی ۲- ۱۵ درجه سانتی‌گراد را بین جزایر گرمایی موجود در مناطق مسکونی و محیط‌های پیرامون آن نشان می‌دهد (Jahangiri, 1997). اثرات منفی جزایر گرمایی منجر به استرس‌های حرارتی به‌ویژه در تابستان‌ها و همچنین افزایش غلظت آلاینده‌های محیطی می‌شود و به دنبال آن تأثیرات بسیار نامطلوبی بر تأمین آسایش دمایی و

پیش‌بینی شده یا PMV^۴ را دارند. این شاخص‌ها مرتبط با فیزیولوژی انسان هستند و از معادلهٔ بیلان انرژی بدن مشتق شده‌اند و امروزه در مطالعات زیست‌اقلیم انسانی جایگاه ویژه‌ای دارند (Bruse, 2007; Matzarakis, 2001). ماتزاراکیس (طراح مدل ریمن) در پژوهش‌های مختلف کاربرد مدل ریمن را در بررسی آسایش دمایی انسان گزارش کرده است (Matzarakis et al., 2006). Toy et al. (2010) نیز از مدل ریمن به‌منظور تعیین آسایش دمایی در اماکن تفریحی شهر ارزوروم در ترکیه استفاده کردند. همچنین این مدل در ایران توسط Zolfaghari (2008) در تبریز و Esmaili et al. (2010) به‌منظور مطالعات گردشگری در چند شهر ایران استفاده شده است.

به‌رغم گزارش مطالعات علمی فراوان مبنی بر تأثیر پوشش‌های گیاهی در کاهش جزایر گرمایی در شهرها، گزارش مکتوب و قابل استنادی در این زمینه در ایران ارائه نشده است. در مورد اثر جزایر گرمایی بر نزولات جوی و بررسی محدودهٔ مکانی آن، مطالعاتی توسط Ramezanifar & Gazanfari et al. (2010) و همچنین Dokhtmohammad (2010) به‌ترتیب در شهرهای مشهد و رشت صورت گرفته است. شهر مشهد به‌عنوان دومین کلان‌شهر ایران با جمعیت ثابت ۲/۸ میلیون نفر و ۱۴ میلیون نفر زائر در سال و به‌ترتیب ثبت میانگین و بیشترین دما ۳۲ و ۴۳ درجهٔ سانتی‌گراد در گرم‌ترین دورهٔ سال (National weather service, 2013; Afsharkohan et al., 2011) از نقطه‌نظر بررسی وضعیت جزایر گرمایی و فضای سبز و نقش آن بر آسایش دمایی شهروندان و مسافران در جایگاه حساسی قرار گرفته است. همچنین این مسئله که بیشترین جمعیت زائران بارگاه امام رضا^(ع) در فصل تابستان به این شهر سفر می‌کنند اهمیت این نوع مطالعات را در این شهر دوچندان می‌کند.

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تأثیرات درصد پوشش گیاهی و سطوح سخت و نفوذناپذیر گرمایی و رطوبتی بر ریزاقلیم و همچنین تعیین وضعیت آسایش دمایی شهر مشهد و سایت‌های مطالعه‌شده در گرم‌ترین دورهٔ سال است.

سلامت شهروندان خواهد داشت (Jacob & Winer, 2009). مرگومیر صدها نفر در اروپا در نتیجهٔ موج گرمایی سال ۲۰۰۳ (Fischer et al., 2004) و افزایش ۶ برابری مراجعات اورژانس به‌دلیل گرم‌زدگی در سال‌های اخیر در ایران، از نمونه‌های بارز اثرات زیان‌بار افزایش دما در شهرهاست.

وجود پوشش‌های گیاهی و فضای سبز به‌ویژه درختان در نتیجهٔ عمل تبخیر و تعرق و همچنین ایجاد سایه و جلوگیری از انتشار پرتوهای خورشیدی، سبب تغییر در دما، رطوبت و سرعت باد در محیط می‌شوند (Sterling & Matzarakis, 2003; Yilmaz et al., 2010; Fahmy et al., 2007). پژوهش‌ها نشان می‌دهد استفاده از برخی گونه‌های درختی سبب جذب حدود ۵۰ درصد از تشعشع خورشیدی و کاهش میانگین دمای تابشی و به دنبال آن بهبود آسایش دمایی افراد می‌شود (Fahmy et al., 2010). همچنین یک پارک می‌تواند دمای هوای پیرامون خود را تا ۲ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش دهد (Ca et al., 1998). مهم‌ترین اثرات گزارش‌شدهٔ فضای سبز مربوط به تأثیر آن بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی و درنهایت بهبود آسایش دمایی است (Nowak, 1995; Toy & Yilmaz, 2010). بنابراین، نقش مثبت فضای سبز در کاهش جزایر گرمایی و به دنبال آن بهبود آسایش دمایی شهروندان در مطالعات مختلف اثبات شده است. میزان تأثیر فضای سبز بر کاهش جزایر گرمایی در شهرها به عوامل مختلفی بستگی دارد. شهرهای مختلف دنیا با توجه به موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی و اقلیم منطقه، سطح و نوع پوشش گیاهی غالب، ساختار و سازه‌های شهری، منطقهٔ شهری مطالعه‌شده و غیره از نظر میزان تأثیرگذاری در این زمینه متفاوت‌اند.

برای بررسی آسایش دمایی می‌توان از مدل‌های نرم‌افزاری مختلف مانند ریمن^۱ و ان‌وای‌مت^۲ استفاده کرد که توانایی محاسبه و پیش‌بینی مهم‌ترین شاخص‌های آسایش دمایی نظیر شاخص دمای فیزیولوژیک یا PET^۳ و شاخص متوسط نظرسنجی

-
1. RayMan
 2. Envi-met
 3. Physiological Equivalent Temperature

مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌برداری از سطح شهر مشهد، طی گرم‌ترین دوره سال برابر با ۱۵ تیر الی ۱۵ مرداد ماه (براساس داده‌های بیست‌ساله ایستگاه هواشناسی مشهد) در سال ۱۳۹۰ انجام شد. فایل داده‌های هواشناسی نیز از ایستگاه هواشناسی مشهد دریافت شد. شهر مشهد با وسعتی بالغ بر ۲۰۰ کیلومترمربع در ۱۵ دقیقه و ۵۹ درجه تا ۳۶ دقیقه و ۶۰ درجه طول جغرافیایی و ۴۳ دقیقه و ۳۵ درجه تا ۸ دقیقه و ۳۷ درجه عرض جغرافیایی قرار گرفته است و حدود ۹۷۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (Hoseini, 2009). جمعیت مشهد براساس آمار نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، ۲/۸ میلیون نفر است. مطابق داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه هواشناسی مشهد، میانگین و بیشترین دمای درازمدت در فصل تابستان به ترتیب ۳۲ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارش سالانه این شهر ۲۴۱ میلی‌متر و حداقل میزان بارندگی آن صفر میلی‌متر (در اواسط تیر تا اواسط مرداد) است. میانگین و حداقل رطوبت نسبی این شهر نیز در فصل تابستان به ترتیب ۳۶ و ۲ درصد بوده است (National weather service, 2013).

در همین راستا سه سایت شهری شامل یک پارک، یک چهارراه و یک تقاطع در محدوده شهر مشهد انتخاب و داده‌برداری از آن‌ها ۱۳۹۰ انجام شد، همچنین از داده‌های ایستگاه هواشناسی مشهد به‌منزله سایت شاهد برای مقایسه با سایت‌های دیگر استفاده شد.

بررسی وضعیت داده‌های دما و رطوبت نسبی در سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی

یکی از این سایت‌های انتخاب‌شده به این منظور، پارک ملت مشهد بود که بزرگ‌ترین پارک و یکی از فضاهای سبز شاخص موجود در این شهر با مساحت ۷۲ هکتار است که با آنالیز عکس‌های هوایی مشخص شد حدود ۷۰ درصد آن را پوشش گیاهی و کمتر از ۱۰ درصد آن را سطوح سخت و غیرقابل نفوذ دمایی و رطوبتی تشکیل می‌دهند. همچنین این پارک روزانه مورد بازدید و استفاده جمعیت زیادی از شهروندان و مسافران قرار می‌گیرد. سایت دیگر، چهارراه دانش در مجاورت بارگاه امام رضا^(ع) است که در مقیاس مشابه با پارک ملت،

کمتر از ۱۰ درصد آن را پوشش گیاهی و بیش از ۷۰ درصد آن را سطوح سخت و نفوذناپذیر گرمایی و رطوبتی در بر می‌گیرد. سایت تقاطع مقدم- طبرسی نیز در مساحت مشابه با دو سایت دیگر کمتر از ۱۰ درصد پوشش گیاهی و بیش از ۶۰ درصد سطوح سخت و نفوذناپذیر دمایی و رطوبتی دارد. دو سایت اخیر با تراکم جمعیتی بالا، ترافیک سنگین خودروها و ساخت‌وساز فشرده شهری مواجه‌اند و به‌واسطه پوشش گیاهی اندک و وجود درصد بالایی از سطوح سخت و نفوذناپذیر گرمایی و رطوبتی و همچنین تردد سنگین وسایل نقلیه در تعریف و مفهوم جزایر گرمایی شهری قرار می‌گیرند (شکل ۱).

در هر سه سایت به‌طور هم‌زمان در بازه زمانی ۸ صبح الی ۱۸ بعدازظهر دستگاه‌های ثبت‌کننده دما و رطوبت^۱ در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین نصب شدند. ارتفاع ۱/۵ متر، به‌منزله میانگین تقریبی ارتفاع شهروندان است که در محدوده سایت‌ها در شرایط نشسته یا ایستاده قرار می‌گیرند و شرایط دمایی و رطوبتی را به‌خوبی حس می‌کنند. این دستگاه‌ها، دما و رطوبت نسبی را در بازه زمانی ذکرشده به‌صورت هر ۵ ثانیه یک بار ثبت کردند و سپس با انتقال داده‌ها به کامپیوتر، میانگین روزانه دما و رطوبت نسبی منطبق با داده‌برداری استاندارد در ایستگاه‌های هواشناسی محاسبه شد.

برای بررسی وضعیت دما و رطوبت نسبی اندازه‌گیری‌شده در مقایسه با داده‌های ایستگاه هواشناسی، فایل دما و رطوبت نسبی سال ۱۳۹۰ از این ایستگاه دریافت و با داده‌های دما و رطوبت نسبی ثبت‌شده در این سه سایت برای مقایسه آنالیز شدند. تجزیه واریانس با استفاده از الگوریتم GLM یا مدل خطی عمومی در نرم‌افزارهای SPSS و Minitab انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

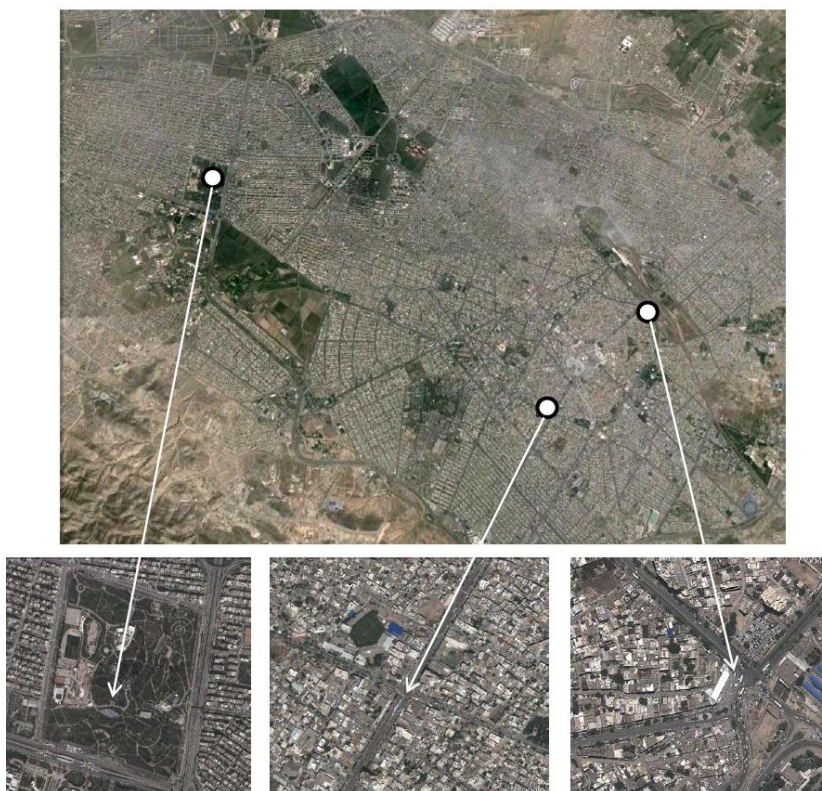
تعیین وضعیت آسایش دمایی شهر مشهد و سایت‌های شهری مطالعه‌شده در گرم‌ترین دوره سال

به این منظور داده‌های دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار بخار و میزان ابرناکی آسمان که در سال ۱۳۹۰ در ایستگاه هواشناسی مشهد و در سایت‌های مطالعه‌شده

1. Data Logger-Standard ST-171

۳/۵- (سرد) تا ۳/۵+ (گرم) در مورد PMV و ۴ (سرد) تا ۴۱ (داغ) در مورد شاخص PET متغیر است. صفر در این مقیاس بیانگر احساس حرارتی خنثی است (جدول ۱) (Matzarakis *et al.*, 1999).

ثبت و محاسبه شده بودند استفاده شدند. برای محاسبه مقادیر شاخص‌های آسایش دمایی PET و PMV از مدل نرم‌افزاری ریمن استفاده شد. این دو شاخص نوعی تقسیم‌بندی احساس حرارتی هستند که دامنه آن‌ها از



شکل ۱. به ترتیب از سمت راست به چپ: تقاطع مقدم طبرسی، چهارراه دانش و پارک ملت (Google earth, 2012)

جدول ۱. مقادیر آستانه شاخص‌های PMV و PET در درجات مختلف حساسیت انسان

PMV	PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
-۳/۵	۴	سرد	تنش سرمایی شدید
-۲/۵	۸	خنک	تنش سرمایی متوسط
-۱/۵	۱۳	کمی خنک	تنش سرمایی اندک
-۰/۵	۱۸	راحت	بدون تنش سرما
۰/۵	۲۳	کمی گرم	تنش گرمایی اندک
۱/۵	۲۹	گرم	تنش گرمایی متوسط
۲/۵	۳۵	خیلی گرم	تنش گرمایی شدید
۳/۵	۴۱	داغ	تنش گرمایی بسیار شدید

(جنس، سن، قد و وزن افراد) و در نهایت ۴. متغیرهای مربوط به پوشش و فعالیت افراد است. پوشش برحسب واحد کلو و فعالیت برحسب وات مشخص می‌شود (جدول ۲) (Matzarakis, 2007).

برای تعیین وضعیت آسایش دمایی، از میانگین روزانه

متغیرهای مورد نیاز در این مدل برای محاسبه PET و PMV شامل: ۱. متغیرهای موقعیتی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع شهر از سطح دریا)، ۲. متغیرهای هواشناسی (دمای هوای خشک، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار بخار هوا و میزان ابرناکی آسمان)، ۳. متغیرهای فردی

شهر مشهد (۱۳۸۵) مقادیر مربوط به هر گروه سنی و جنسی مطابق جدول ۳ به مدل وارد شدند. از آنجایی که به جز رده سنی کودکان، سایر رده‌های سنی مطالعه شده در این مقاله به قد نهایی و ثابت خود رسیده‌اند، میانگین قدی آن‌ها براساس گزارش Haghdoost *et al.* (2008) در ایران، برای زنان و مردان به ترتیب ۱/۶۰ و ۱/۷۴ متر و متوسط وزن آن‌ها براساس پژوهش‌ها Hadaegh *et al.* (2008) در ایران، به ترتیب ۶۸ و ۷۵ کیلوگرم برای زنان و مردان در نظر گرفته شد. میانگین قدی و وزنی کودکان نیز برای سن ۱۱ سال که میانگین گروه سنی کودکان (۵-۱۷ سال) بود براساس گزارش‌های Mohammad *et al.* (2007) به ترتیب برای دختران و پسران، ۱۴۰ و ۱۳۸ سانتی‌متر و ۳۳ کیلوگرم در هر دو رده جنسی لحاظ شد. با در نظر گرفتن فصل تابستان در مورد پوشش از ۰/۹ کلو (جدول ۲) و در مورد میزان فعالیت از مقدار ۸۰ وات استفاده شد.

پارامترهای هواشناسی ذکر شده در بالا در ساعت‌های ۱۸-۹ (بازه زمانی که شهروندان و مسافران بیشترین حضور را در سطح شهر دارند) در این مدل استفاده شد. برای تعیین مقادیر شاخص‌های آسایش دمایی در سه سایت مطالعه شده از مدل ریمن و به منظور مقایسه این شاخص‌ها در سایت‌های مختلف، الگوریتم GLM یا مدل خطی عمومی در نرم‌افزار Minitab به کار گرفته شد.

با در نظر گرفتن این مسئله که متغیرهای مربوط به فیزیولوژی و فعالیت افراد می‌توانند بسیار متنوع باشند لذا براساس توصیه طراح این مدل می‌توان از موارد میانگین یا استاندارد در هر جامعه استفاده کرد. برای مثال معمولاً قد ۱/۷۵ سانتی‌متر، وزن ۷۵ کیلوگرم، سن ۳۵ سال و جنسیت مرد در نظر گرفته می‌شود. اما در این پژوهش به منظور مطالعه محدوده آسایش دمایی در گروه‌های سنی غالب در دو جنس زن و مرد با مراجعه به کتاب آمارنامه

جدول ۲. آمار جمعیت (سال ۱۳۸۵) و میانگین قد و وزن به تفکیک جنسیت و رده‌های سنی در شهر مشهد

رده سنی	جمعیت زن	جمعیت مرد	جمعیت کل	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
۱۸-۳۵ (جوان)	زن	۴۶۶۰۲۶	۹۲۳۱۲۳	۱/۶۰	۶۳
	مرد	۴۵۷۰۹۷		۱/۷۴	۷۱
۳۶-۵۵ (میانسال)	زن	۲۵۹۰۱۸	۵۲۵۰۷۲	۱/۶۰	۷۱
	مرد	۲۶۶۰۵۴		۱/۷۴	۷۵
۵۶ به بالا (سالمند)	زن	۹۸۸۲۳	۲۰۲۶۲۹	۱/۶۰	۶۷
	مرد	۱۰۳۸۰۶		۱/۷۴	۷۴

جدول ۳. ارزش نارسایی پوشاک مختلف مورد استفاده انسان

ردیف	مجموعه پوشاک	ارزش نارسایی به کلو ^۱
۱	برهنه	۰
۲	شلوار کوتاه	۰/۱
۳	لباس زیر نازک پنبه‌ای و آستین کوتاه، شلوار بلند و نازک، جوراب پنبه ای	۰/۳۵
۴	مانند بالا+پیراهن آستین کوتاه و یقه باز	۰/۵
۵	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند، کت	۱
۶	مانند بالا- پالتو پنبه‌ای	۱/۵
۷	لباس مخصوص مناطق قطبی	۳/۵

نتایج و بحث

بررسی وضعیت داده‌های دما و رطوبت نسبی در سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی نتایج آنالیز آماری داده‌های دما و رطوبت نسبی ثبت شده در سایت‌های مطالعه شده و دریافت شده از ایستگاه هواشناسی

از آنالیز آماری داده‌های به دست آمده از سه سایت شهری و همچنین فایل داده‌های دریافتی از ایستگاه هواشناسی مشهد نتایج زیر به دست آمد.

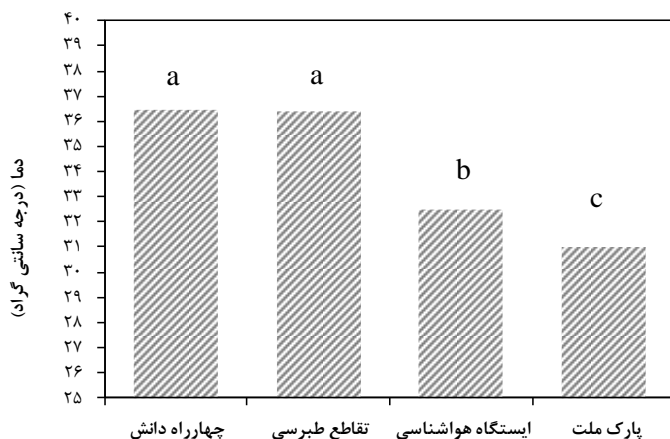
پدیده بر سایر عوامل اقلیمی نظیر رطوبت نسبی نیز تأثیرگذار است. رطوبت نسبی هوا با دما رابطه عکس دارد و عامل اصلی تغییر رطوبت نسبی روزانه، تغییر دماست (Alizadeh, 2000). بنابراین، با افزایش دما کاهش میزان رطوبت نسبی را خواهیم داشت. نتایج مطالعات متعدد نیز با این رابطه و همچنین با نتایج به دست آمده در این پژوهش که نشان می‌دهد میزان رطوبت نسبی جزایر گرمایی چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی نسبت به نواحی اطراف خود کمتر است هم‌راستا است (Chen *et al.*, 2009; Esteban Cunsulo *et al.*, 2009). علت بررسی عامل رطوبت نسبی در کنار دما در این مطالعه نقش بسیار مهم آن در ارزیابی آسایش دمایی انسان است.

نتایج به دست آمده در مورد تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی محیط با نتایج حاصل از مطالعات Shashua-Bar & Haffman (2004)، Toy & Yilmaz (2007) و Fahmy *et al.* (2010) مطابقت داشت. کشت گیاهان به‌منزله یکی از روش‌های مؤثر بهبود اقلیم در نظر گرفته می‌شود و در عمل ثابت شده است که درخت محیط پیرامون خود را از طریق کاهش سرعت باد، جلوگیری از نور خورشید و سایه‌دهی و تعدیل رطوبت هوا تحت تأثیر قرار می‌دهد (Spangenberg *et al.*, 2008). در واقع درختان اجزای بیولوژیکی هستند که با محیط پیرامون خود از طریق تبادل گرما و بخار آب برهم‌کنش دارند (Azad, 1993). رطوبت نسبی درون یک فضای سبز تا ۱۱ درصد بیش از محیط خارج آن اندازه‌گیری شده است (Ali Toudert, 2003).

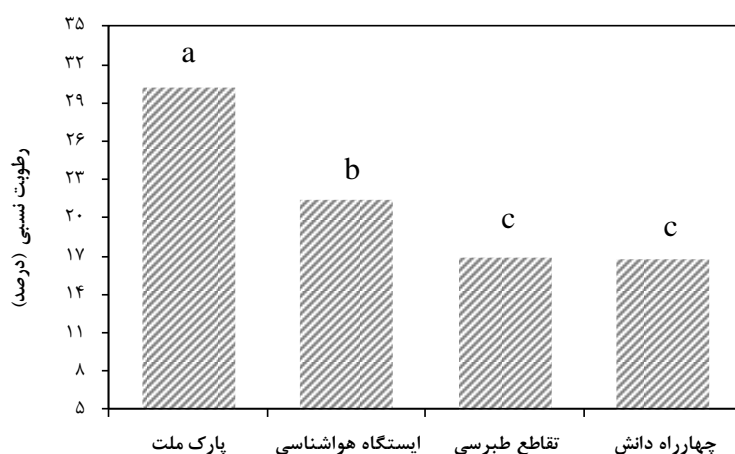
مشهد در جدول ۴ ارائه شده است. آنالیزها نشان دادند بین دما و رطوبت نسبی ثبت‌شده در پارک ملت، چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی و همچنین داده‌های دما و رطوبت نسبی به دست آمده از ایستگاه هواشناسی اختلاف معنادار وجود دارد ($P < 0.05$) اما بین چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی تفاوت معناداری مشاهده نشد. اختلاف دمای ثبت‌شده در چهارراه دانش (۳۶/۵ درجه سانتی‌گراد) و تقاطع مقدم طبرسی (۳۶/۴ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب حدود ۵/۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد بیشتر از پارک ملت و ایستگاه هواشناسی بود. همچنین دمای ثبت‌شده در پارک ملت حدود ۱/۵ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از ایستگاه هواشناسی بود (شکل ۲). رطوبت نسبی ثبت‌شده در پارک ملت (۳۰/۲۳ درصد) نسبت به ایستگاه هواشناسی (۲۱/۳۸ درصد) و چهارراه دانش (۱۶/۸۸ درصد) و تقاطع مقدم طبرسی (۱۶/۷۳ درصد) به ترتیب ۸/۹ و ۱۳/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۳). نتایج این بخش از پژوهش با مطالعات Santamouris (2006) و Ramezanifar & Dokht mohammad (2010) در مورد بالابودن دمای بعضی نقاط شهر (با درصد پوشش گیاهی کمتر و سطوح سخت و نفوذناپذیر دمایی و رطوبتی بیشتر) نسبت به محیط‌های پیرامون آن که مبین مفهوم جزایر گرمایی است مطابقت داشت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی واقع در بخش‌های قدیمی شهر مشهد از جزایر گرمایی این شهر محسوب می‌شوند. هرچند مهم‌ترین عامل اقلیمی در پدیده جزایر گرمایی افزایش دما نسبت به محیط‌های پیرامونی خود است این

جدول ۴. آنالیز واریانس GLM (مدل خطی عمومی) داده‌های دما و رطوبت نسبی سایت‌های چهارراه دانش، تقاطع مقدم- طبرسی، پارک ملت و ایستگاه هواشناسی مشهد در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع	
۱۲۱/۹۶*	۲۲۹/۹۸۵	۳	سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی	دما
۴/۶۸*	۸/۸۳۰	۲۹	روز	
-	۱/۸۸۶	۸۷	خطا	
-	-	۱۱۹	کل	
۱۶۰/۶۰*	۱۱۹۳/۱۳	۳	سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی	رطوبت نسبی
۵/۰۱*	۳۷/۲۰	۲۹	روز	
-	۷/۴۳	۸۷	خطا	
-	-	۱۱۹	کل	



شکل ۲. مقایسه دمای ثبت شده در سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی مشهد در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰



شکل ۳. مقایسه رطوبت نسبی ثبت شده در سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی مشهد در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰

تعیین وضعیت آسایش دمایی شهر مشهد و سایت‌های

شهری مطالعه شده در گرم‌ترین دوره سال

نتایج حاصل از داده‌های ورودی به مدل ریمن برای محاسبه PET و PMV و همچنین تعیین محدوده آسایش دمایی افراد با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود. براساس این شکل‌ها و همچنین جدول ۱، روز ۲۲ تیر در محدوده تنش گرمایی اندک، روزهای ۲۱، ۲۳ تا ۲۷ تیر، ۳۱ تیر تا ۴ مرداد و ۱۵ مرداد در محدوده تنش گرمایی متوسط و روزهای ۱۰-۱۳ مرداد در محدوده تنش گرمایی بسیار شدید قرار گرفتند.

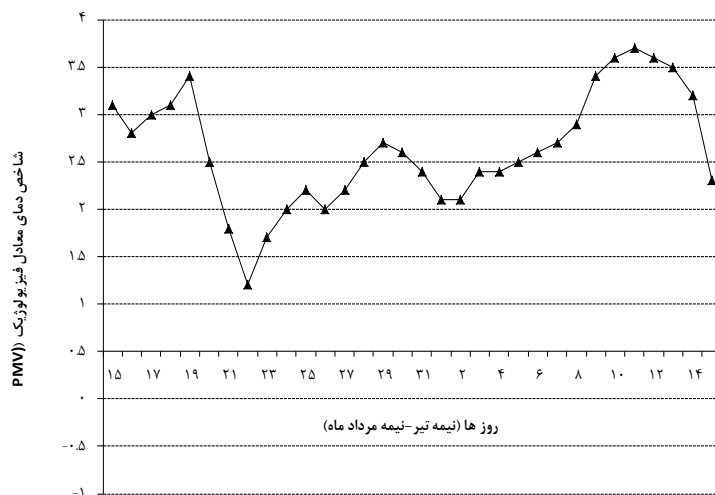
مقایسه شاخص‌های آسایش دمایی PET و PMV بین سایت‌های مطالعه شده و ایستگاه هواشناسی براساس تفکیک جنسیتی و رده سنی در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است.

این شکل‌ها نشان می‌دهند که چهارراه دانش

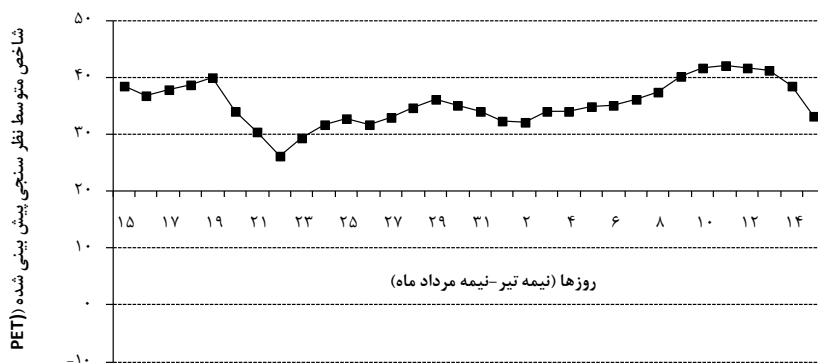
همچنین نتایج حاصل از این پژوهش در مورد تأثیر جزایر گرمایی بر تغییرات دما و رطوبت نسبی با مطالعات پژوهشگران متعددی در گذشته هم‌راستا است (Akbari *et al.*, 2001; Santamouris, 2006; Chen *et al.*, 2009; Ramezanifar & Dokht mohammad, 2010). طی فصل تابستان، در کنار فرایند جذب پرتو فرابنفش و مادون قرمز، در هر منطقه، سقف ساختمان‌ها، خیابان‌ها و سطوح تیره‌رنگ، گرما را جذب کرده و با طول موج بالا به هوا گسیل می‌کنند. با توجه به اینکه تقریباً تمامی سقف‌ها و خیابان‌ها در شهرهای بزرگ تیره‌رنگ هستند و حدود نیمی از مساحت شهر را در بر می‌گیرد، این سطوح، گرمای گسیل شده از سوی خورشید را جذب می‌کنند و در خود نگاه می‌دارند. این پدیده سبب افزایش دمای مناطق مسکونی از ۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌شود و این همان پدیده جزیره گرمایی است (Ng, 2009) که تا کنون بحث شده است.

با PMV و PET برابر با ۲/۹ و ۳۶ در محدوده تنش گرمایی شدید و پارک ملت به‌منزله شاخص فضای سبز مشهد به‌ترتیب با PMV و PET برابر با ۲/۴ و ۳۳/۸ در محدوده تنش گرمایی متوسط قرار دارند (شکل ۸).

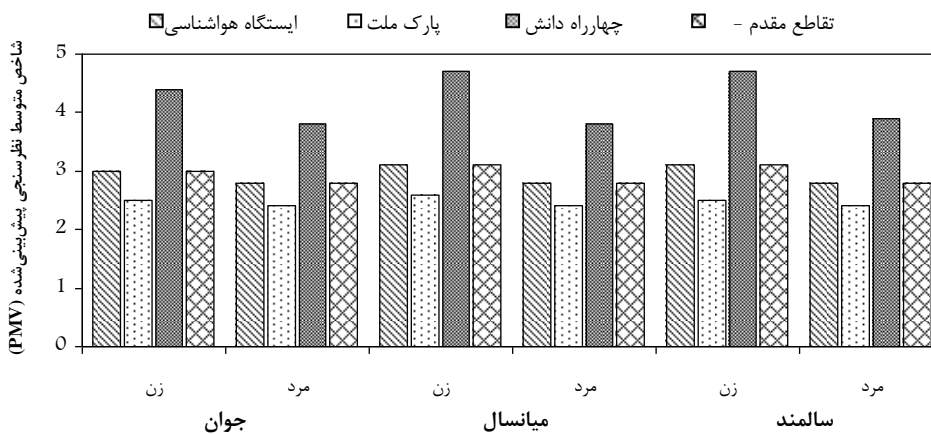
به‌ترتیب با PMV و PET برابر با ۴/۲ و ۴۲/۴ و تقاطع مقدم طبرسی به‌ترتیب با PMV و PET برابر با ۴/۲ و ۴۲/۳ به‌منزله جزایر گرمایی در محدوده تنش گرمای بسیار شدید، محدوده ایستگاه هواشناسی مشهد به‌ترتیب



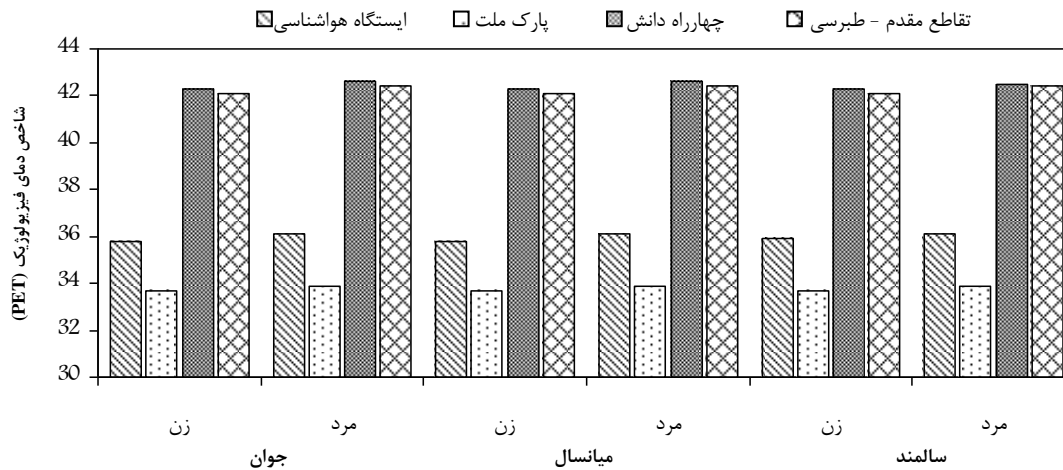
شکل ۴. تغییرات مقادیر PMV طی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰ در مشهد



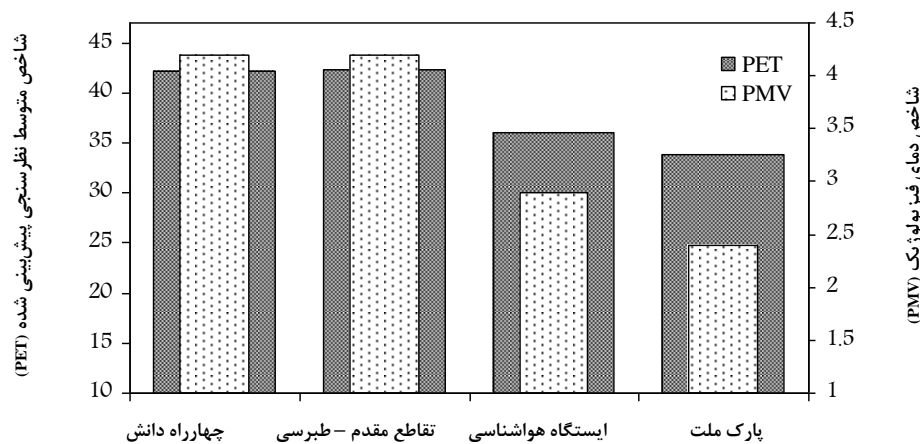
شکل ۵. تغییرات مقادیر PET طی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰ در مشهد



شکل ۶. مقایسه شاخص آسایش دمایی PMV سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی به تفکیک جنسیت و رده سنی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰



شکل ۷. مقایسه شاخص آسایش دمایی PMV سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی به تفکیک جنسیت و رده سنی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰

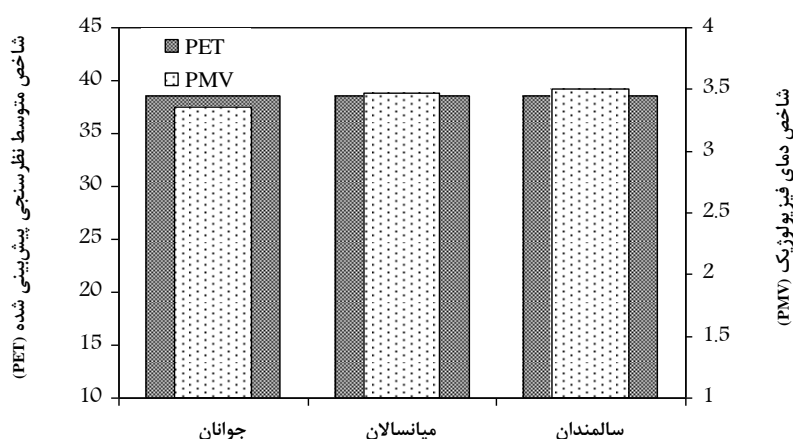


شکل ۸. مقایسه شاخص آسایش دمایی PMV و PET در سایت‌های شهری و ایستگاه هواشناسی گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰

اختصاری انگلیسی بر روی نمودارها خودداری شده است. با بررسی شاخص‌های PET, PMV در راستای تعیین وضعیت آسایش دمایی به تفکیک جنسیت و صرف نظر از مکان و رده سنی، مشخص شد که شاخص آسایش دمایی PMV در زنان (۳/۷) در مقایسه با مردان (۳/۲) حدود ۰/۵ درجه بالاتر است که در شرایط مشابه می‌تواند به تغییر سطح آسایش دمایی به سمت تنش گرمایی بیشتر منجر شود و این به آن معناست که زنان در مقایسه با مردان در شرایط مشابه، گرما را بیشتر احساس می‌کنند. هرچند Zolfaghari (2008) در بخشی از گزارش پژوهش خود با مدل ریمن بیان می‌کند بین دو جنس زن و مرد در کار با این مدل تفاوت بسیار ناچیزی وجود دارد که بیشتر موارد این اختلاف قابل چشم‌پوشی است.

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 که رده‌های سنی مختلف تأثیری بر تغییر محدوده آسایش دمایی ندارند (شکل ۹).

از آنجایی که در بررسی و مقایسه شاخص‌های آسایش دمایی مقدار آن‌ها نشان‌دهنده محدوده تنش گرمایی است و معنادار بودن یا نبودن آن‌ها از نظر آماری اهمیت ندارد بنابراین از گذاشتن علامت بار یا حروف



شکل ۹. مقایسه شاخص آسایش دمایی PMV و PET به تفکیک رده سنی در گرم‌ترین دوره سال ۱۳۹۰

سطوح جایگزین‌شده از یک طرف نسبت به تبخیر سطحی مقاوم است و یک لایه غیرقابل نفوذ به آب ایجاد می‌کنند و از طرف دیگر به دلیل رنگ‌های غالباً تیره و عدم انعکاس نور خورشید منجر به گرم‌شدن محیط می‌شوند و جزایر گرمایی را به وجود می‌آورند (Grimmond & Oke, 1999). یکی از تبعات جزایر گرمایی تأثیر منفی آن بر سلامت شهروندان است. جزایر گرمایی به واسطه افزایش دمای محیط از یک سو سبب ایجاد استرس‌های حرارتی و بروز بیماری‌های ناشی از بالا رفتن دما نظیر دهیدراسیون و گرم‌زدگی می‌شود و از سوی دیگر به دلیل افزایش غلظت آلاینده‌های محیطی مانند اوزون، مونو اکسیدکربن، اکسیدهای ازت و دی‌اکسید گوگرد در شیوع بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا نظیر مشکلات تنفسی، قلبی-عروقی و غیره (Luber & McGeehin, 2008; Jones et al., 1982) نقش دارند. بنابراین، جلوگیری از آثار نامطلوب جزایر گرمایی و همچنین تأمین آسایش دمایی شهروندان از ضرورت‌های شهرهای بزرگ و پرجمعیت نظیر مشهد است. هرچند در بروز و ایجاد جزایر گرمایی در شهرها عوامل متعددی چون پوشش گیاهی، طراحی شهری، وضعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه، فعالیت‌های انسانی و غیره نقش دارد (Ichinose et al., 1999; Robitu et al., 2006) اما تأثیر پوشش گیاهی و فضای سبز به دلیل اثرات چندجانبه آن بر زندگی شهری و همچنین به‌منزله بخش طبیعی و همگن با محیط زیست از اهمیت دوچندانی برخوردار است. از دیگر جنبه‌های مفید فضای سبز

این بخش از نتایج که نشان می‌دهد مناطق دارای فضای سبز در مقایسه با جزایر گرمایی در محدوده آسایش دمایی مطلوب‌تری در دوره‌های گرم سال قرار می‌گیرند با نتایج پژوهش‌های Streiling & Matzarakis (2003) و Yilmaz et al. (2007) مطابقت دارد. آسایش دمایی محیط بیرون تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر ساخت‌وسازهای شهری، گرمای حاصل از فعالیت‌های انسانی (Ichinose et al., 1999)، پوشش‌های سطح زمین، تبخیر و تعرق گیاهان (Robitu et al., 2006) و سایه ایجادشده توسط درختان یا عناصر شهری است (Lin et al., 2010). در مناطق گرم، پوشش‌های گیاهی یکی از عناصر مهم شهری در تأثیرگذاری بر آسایش دمایی انسان هستند (Marques & Peinado, 2009) و گیاهان با تعدیل دو عامل دما و باد در فضای سبز، ریزاقليمی به وجود می‌آورند که آسایش فیزیکی مناسبی برای زیست انسان در پی دارد (Ali Toudert, 2005). از طرف دیگر عوامل اقلیمی نظیر دما، رطوبت نسبی، فشار بخار، سرعت باد و سایه‌دهی که در محیط زیست توسط پوشش گیاهی قابل تغییر است همان عواملی است که در مدل‌های مختلف ریمن و ان‌وای‌مت برای محاسبه شاخص‌های آسایش دمایی و درنهایت تعیین محدوده آسایش دمایی انسان مورد نیاز است (Bruse, 2007; Matzarakis, 2001). جزایر گرمایی عمدتاً زمانی به وجود می‌آیند که سطوح طبیعی و دارای پوشش گیاهی با سطوح فاقد قابلیت انعکاس نور خورشید (آسفالت، سنگ‌فرش‌ها و غیره) جایگزین می‌شوند (Taha, 1997).

این‌چنینی از وجود بام‌ها و دیوارهای سبز و فضاهای سبز عمودی که مشکل محدودیت فضا را تا حد بسیار زیادی حل می‌کنند استفاده کرد (Alexandri & Jones, 2006; Onishi *et al.*, 2010).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به یافته‌های این مطالعه، شهروندان و مسافران شهر مشهد مستقل از جنسیت و سن آن‌ها طی دوره‌های گرم سال با تنش حرارتی قابل توجهی به‌ویژه در مناطق مرکزی و شلوغ شهر مواجه‌اند. میزان این تنش در دو جنس زن و مرد متفاوت است به‌طوری‌که زنان در مقایسه با مردان به اصطلاح عامیانه گرمایی‌تر بودند. از طرف دیگر مدل‌ها و پژوهش‌های اقلیمی سال‌های اخیر نشان می‌دهد تغییرات دمایی و رطوبتی در مشهد به‌ترتیب روند افزایشی و کاهش‌ی داشته است و در سال‌های آینده نیز این روند ادامه خواهد داشت، همچنین میزان تبخیر و تعرق سالانه در مشهد تقریباً برابر و گاهی بیش از بارش سالانه آن است (National weather service, 2013; Davoodi *et al.*, 2009) که خود نشان‌دهنده میزان خشکی و دمای بالا در فصل تابستان است که نیاز مبرم این شهر به وجود فضای سبز مطلوب از منظر تغییر ریزاقلیم شهری در اماکن مختلف را نشان می‌دهد.

بررسی وضعیت دیگر نقاط مهم شهر مشهد از نظر درصد پوشش گیاهی و سطوح نفوذناپذیر دمایی و رطوبتی بر تغییرات ریزاقلیمی، تعیین محدوده آسایش دمایی این مناطق در دوره‌های گرم و سرد سال و همچنین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی فضای سبز برای برآورد میزان تغییرات ریزاقلیمی و محدوده آسایش دمایی افراد که قابلیت شبیه‌سازی پوشش گیاهی با سطوح و تنوع مختلف را داشته باشد در حل این مشکل می‌تواند راهگشا باشد.

می‌توان به احساس شادی و آرامش ناشی از زیبایی منظر و فیتونسید تولیدی توسط درختان، کاهش جرایم اجتماعی، تأثیر بر سلامتی جسمی و روانی افراد اشاره کرد (Cao, 2007; Hall *et al.*, 2008).

از آنجایی که جزایر گرمایی چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی در مجاورت و در مسیر تردد خودروها به سمت بارگاه مطهر امام رضا^(ع) قرار گرفته‌اند و همچنین به‌دلیل وجود هتل‌ها و اماکن پذیرایی فراوان در محدوده این جزایر گرمایی، این مناطق جمعیت ثابت و سیال فراوانی را در طول سال به‌ویژه در دوره‌های گرم سال که هم‌زمان با ایام تعطیلات مدارس و سفرهای تابستانه است در خود جای می‌دهند بنابراین، وجود طرح‌ها و برنامه‌هایی که بتواند در کاهش جزایر گرمایی و تأمین آسایش دمایی افراد در این نواحی و همچنین دیگر مناطق شهر مؤثر باشد بسیار حائز اهمیت به نظر می‌رسد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است محدوده جزایر گرمایی چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی از نظر پوشش گیاهی ضعیف هستند و با توجه به مستندات و گزارش‌های ارائه‌شده در بخش‌های مختلف این پژوهش این مسئله دلیل کاملاً آشکاری بر بروز و ایجاد جزایر گرمایی در این مناطق است. هرچند در حال حاضر به‌دلیل کمبود زمین، هندسه خیابان‌ها، بافت شهری و نوع ساخت‌وسازهای فشرده، جزایر گرمایی چهارراه دانش و تقاطع مقدم طبرسی از نظر استقرار و ارائه فضای سبز با محدودیت مواجه‌اند اما وجود فضاهای سبز و حضور پوشش‌های گیاهی مختلف (درخت، درختچه و علفی) با در نظر گرفتن این موانع به‌ویژه همگام با برنامه‌های عمرانی در سال‌های آتی غیرقابل چشم‌پوشی است. با فرض عدم تغییر بافت و نوع ساخت‌وسازهای شهری در این مناطق در سال‌های آینده و با پذیرفتن این محدودیت‌ها می‌توان در جزایر گرمایی

REFERENCES

1. Afsharkohan, J., Balali, A. & Ghodsi, M. (2010). Investigation of social aspects of problem of urban traffic (Case study: Mashhad), *Urban Studies*, 4(2), 50-90. (In Farsi).
2. Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, T. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295-310.
3. Alexandri, E. & Jones, P. (2008). Temperature decrease in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, *Building and Environment*, 43, 480-493.
4. Ali Toudert, F. (2005). *Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate*, Ph.D. Thesis. Berichte des Meteorologischen Institutes, Universität Freiburg, Germany.
5. Alizadeh, A. (2000). *Principles of applied hydrology*. Ferdowsi University OF Mashhad Press, pp. 622.

6. Azad, R.S. (1993). *Atmospheric Boundary Layer for Engineers*, Kluwer Academic Prees, Dordrecht. pp. 565.
7. Bloomer, B. J., Stehr, J.W., Piety, C.A., Salawitch, R. J. & Dickerson, R.R. (2009). Observed relationships of ozone air pollution with temperature and emissions, *Geophysical Research Letters*, 36, 1-5.
8. Bruse, M. (2007). *ENVI-met v. 3.0.*, <http://www.envi-met.com>>Accessed 1 July 2007.
9. Ca, V.T., Aseada, T. & Abu, E.M. (1998). Reduction in air conditioning energy caused by a nearby park, *Energy and Buildings*, 29, 83-92.
10. Cao, X., Onishi, A., Chen, J. & Imura, H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape & Urban Planning*, 96(4), 224-31.
11. Chen, Z., Krarti, M., Zhai, Z., Meng, Q. & Zhao, L. (2009). Sensitive analysis of landscaping effects on outdoor thermal environment in a residential community of hot-humid area in china. In: *Proceeding of The seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
12. Cheng, Y.Y. & Byun, D.W. (2008). Application of high resolution land use and land cover data for atmospheric modeling in the Houston-Galveston metropolitan area, part I: Meteorological simulation results, *Atmospheric Environment*, 42, 7795-7811.
13. Davoodi, M., Mohammadi, H. & Bay, N. (2009). Analysis and prediction some Mashhad climatic elements. *Nivar Science and Technology Journal*, 71, 35-46. (In Farsi).
14. Esmaili, R., Gandomkar, A. & Habibi Nokhandan, M. (2010). Assessment of Comfortable Climate in Several Main Iranian Tourism Cities Using Physiologic Equivalence Temperature Index, *Physical Geography Research Quarterly*, 75, 1-18. (In Farsi).
15. Esteban Cunsulo, M., Papparelli, A., Kurban, A. Montilla, E. & Rios, E. (2009). Measurement of the urban heat island and humidity depression in a city of arid zone, *The 7th International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
16. Fahmy, M., Sharples, S. & Yahiya, M. (2010). LAI based trees selection for mid latitude urban developments: A microclimatic study in Cairo, Egypt. *Building and Environment*, 45, 345-357.
17. Fischer, P. H., Brunekreef, B. & Lebet, E. (2004). Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 38, 1083-1085.
18. Ghazanfari, M. S., Alizadeh, A., Naseri, M. & Farid Hosseini, A. (2010). Evaluating the Effects of UHI on Mashhad Precipitation. *Journal of Water and Soil*, 24(2), 359-366.
19. Grimmond, C.S.B. & Oke, T.R. (1999). Rates of evaporation in urban areas. Impacts of Urban Growth on Surface and Ground Waters. *International Association of Hydrological Sciences Publication*, 259, 235-243.
20. Hadaegh, F., Zabetian, A. & Azizi, F. (2008). Effects of weight change on creation of metabolic syndrome in Iranian men and women, Prospective investigation. *Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders*, 9(1), 53-63. (In Farsi)
21. Haghdoost, A., Mirzazadeh, A. & Alikhani, S. (2008). Secular Trend of Height Variations in Iranian Population Born between 1940 and 1984. *Iranian Journal of Public Health*, 37(1), 1-7.
22. Hoseini, S.A. (2000). *Investigation of horizontal expansion of Mashhad city in recently decades and the effect of it on water and soil sources*. M.Sc. thesis of Geograpy, Tehran University, Iran.
23. Ichinose, T., Shimodozno, K. & Hanaki, K. (1999). Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. *Atmospheric Environment*. 33, 3897-909.
24. Jacob, D. J. & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality, *Atmospheric Environment*, 43, 51-63.
25. Jahangiri, Z. (1997). *The two-dimensional numerical mol among scale of Tehran urban mixed layer*, Master Thesis. Tehran University, Iran. (In Farsi).
26. Jones, T.S., Liang, A.P. & Kilbourne, E.M. (1982). Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City. *Journal of the American Medical Association*, 247, 3327-3331.
27. Karl, T.R., Diaz, H.F. & Kukla, G. (1988). Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record. *Journal of Climate*, 11(8), 1099-1123.
28. Lin, T.P., Matzarakis, A. & Hwang, R.L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 45(1), 213-21.
29. Luber, G. & McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat events. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 429-435.
30. Marques, M. L. & Peinado, A. (2009). The impact of vegetation on outh door therma comfort on urban space. In: *Proceeding the seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
31. Matzarakis, A. (2001). Climate and Bioclimatic Information for the Tourism in Greece. *Proceedings of the 1st International workshop on climate, tourism and recreation*. International society of biometeorology, commission on climate, tourism and recreation. <http://www/mif.uni-freiburg.de/rayman>
32. Matzarakis, A., Mayer, H. & Iziomon, M.G. (1999). Applications of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 78-84.

33. Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. (2006). Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. *Passive and Low Energy Architecture*, 2, 449-453.
34. Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments-application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323-334.
35. Mayer, M. & Matzarakis, A. (2006). Impact of street trees on the thermal comfort of people in summer, a case study in Freiburg (Germany). *Merchavim*, 6, 285-300.
36. Mohammad, K., Hoseini, M. & Noorbala, A. (2007). The growth trend of 2-18 years old children and adolescents during one decade (1991-2000). *Hakim Medical Journal*, 9(1), 1-10.
37. National weather service, Retrieved August 1. (2013). from <http://www.weatherbase.com>.
38. Ng, E. (2009). Policies and Technical Guidelines for Urban Planning of High Density Cities–Air Ventilation Assessment (AVA) of Hong Kong, *Building and Environment*, 44, 1478-1488.
39. Nowak, D.J. (1995). *Trees pollute? A TREE” explains it all*. In: Kollin, C., Barratt, M. (eds) Proceedings of the 7th National Urban Forest Conference, American Forests, Washington, DC, pp. 28-30.
40. Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F. & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat islands mitigation by greening parking lots. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9, 323-332.
41. Ramezanifar, B. & Dokhtmohammad, S. (2009). Understanding the spatial scope of creating of the urban heat island in the city of Rasht. *Research and Urban Planning*, 1(1), 49-64. (In Farsi).
42. Robitu, M., Musy, M. Inard, C. & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy*, 80,435-47.
43. Santamouris, M. (2006). *Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*, Earth scan in the UK and USA, pp. 352.
44. Shashua-Bar, L. & Hoffman, M.E. (2004). Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer, case study: urban streets and courtyards with trees. *Building and Environment*, 39, 1087-1099.
45. Spangenberg, J., Shinzato, P., Johansson, E. & Duarte, D. (2008). Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo. *Revista SBAU, Piracicaba*, 3(2), 1-19.
46. Streiling, S. & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. *Journal of Arboriculture*, 26(6), 309-316.
47. Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25, 99-103.
48. Toy, S. & Yilmaz, S. (2010). Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 101, 329-343.
49. Toy, S., Yilmaz, S. & Yilmaz, H. (2007). Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment*, 1315-1318.
50. Zolfaghari, H. (2008). Determine an appropriate schedule for truism in Tabriz by Physiological equivalent temperature and Predicted Mean Vote indexes. *Geographical researches*, 62, 129-141. (In Farsi)