



پهنه‌بندی خرداقليمی شهر اصفهان بر اساس نوع پوشش سطح

مهدی قیصری^{۱*}، سید سعید اسلامیان^۲، الهام شفیعیون^۳، علی علیخانی^۴، عباس غفاری ششجوانی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۴

چکیده

شهرنشینی منجر به ایجاد تغییرات مشخصی در محیط زیست شهری نسبت به شرایط طبیعی شده است که نتیجه این تغییرات ایجاد خرداقليم‌های شهری است. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی خرداقليمی شهر اصفهان بر اساس نوع پوشش سطح و بررسی اثر نوع پوشش سطح بر ایجاد خرداقليم‌های شهری می‌باشد. شهر اصفهان به سلول‌هایی با ابعاد ۲۵۰×۲۵۰ متر شبکه‌بندی شد. سطوح مختلف، هر یک به عنوان یک لایه در نرم افزار ArcGIS 9.3 تعریف شدند. درصد مساحت هر لایه در هر سلول مشخص شد. پس از وزن‌دهی به هر لایه، برای صحت‌سنجی وزن لایه‌ها از آمار دمای هوا و درصد رطوبت نسبی ۵ ایستگاه هواشناسی نصب شده در سطح شهر استفاده شد. با وزن‌های ارائه شده برای هر لایه، پهنه‌بندی خرداقليمی شهر انجام شد. نتایج نشان داد کاربری اراضی و نوع پوشش سطح اثر مهمی در وضعیت خرداقليمی شهر دارد. پهنه‌بندی خرداقليمی کارآیی لازم برای تشخیص سلول‌ها با شرایط مختلف دما و رطوبت را دارد. در مرکز شهر که تراکم مناطق مسکونی و گذرگاه‌های شهری زیاد است در مقایسه با حاشیه شهر که تراکم اراضی کشاورزی و باغ‌ها بالا است، کد خرداقليمی کمتر بود. نتایج ارزیابی نشان داد روش استفاده شده در پهنه‌بندی خرداقليمی شهر دقیق بوده و نقشه خرداقليمی قادر به تمایز دما و رطوبت نسبی در سطح شهر است.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، دمای هوا، رطوبت نسبی، کد خرداقليمی

مقدمه

(۱۹۹۸). برهم‌کنش عواملی مانند سطح آسفالت، سطح پوشش گیاهی، سطح آب، سطح کشتزارها و زمین‌های بایر و ساختمان‌ها در سطح شهر باعث ایجاد تغییر در دمای هوا، رطوبت نسبی و دیگر پارامترهای اقلیمی می‌شود. اقلیم محلی به شدت از شرایط فیزیکی سطح زمین تأثیر می‌پذیرد و قلمرو کوچکترین واحد اقلیمی به نام خرداقليم را به وجود می‌آورد (یانسن، ۲۰۰۶). با توجه به اینکه در مناطق مختلف شهری پوشش‌های متفاوتی در سطح زمین وجود دارد، در هر منطقه با توجه به نوع پوشش سطح، خرداقليم‌های متفاوتی نیز پدیدار خواهد شد (اسمیت و اکی، ۱۹۹۸). شهرها عموماً از سطوح مختلفی همچون سطوح نفوذناپذیر، فضای سبز، آبراهه‌ها، ساختمان‌ها و زمین‌های کشاورزی تشکیل شده‌اند. با توجه به تفاوت بودن ضریب سپیدی در اجسام مختلف رفتار سطوح مختلف در شهر در برابر تابش نور خورشید متفاوت خواهد بود (طاها و همکاران، ۱۹۹۸).

فرآیند شهرسازی تغییرات چشمگیری در طبیعت سطح زمین و خصوصیات جوی یک محل به وجود می‌آورد که باعث ایجاد تغییراتی در میزان تشعشع خالص دریافتی سطح زمین، رطوبت نسبی و گرمای محسوس می‌شود (کوتلر،

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(*نویسنده مسئول: gheysari@cc.iut.ac.ir)

^۲ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده

کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۴ کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، مهندسین مشاور هیدراب اندیش،

اصفهان

^۵ کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، شهرداری اصفهان

کلی پایدار بود یا به عبارتی با افزایش ارتفاع دما افزایش می‌یافت. در محوطه ساختمانی شرایط ناپایدار یا به عبارتی کاهش دما با افزایش ارتفاع حاکم بود.

باربیراتو و همکاران (۲۰۰۳) بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای خرداقلیمی در ۸ نقطه بخش مرکزی شهر ماسایو با خصوصیات متفاوتی از نوع پوشش سطح زمین، نوع کاربری اراضی، فضای سبز، ساختمان‌ها و توپوگرافی، به این نتیجه دست یافتند که نقاط با پوشش گیاهی قابل توجه، میانگین دمای پایین‌تر و میانگین رطوبت نسبی بیشتری در مقایسه با سایر نقاط داشتند. در نقاط بدون پوشش گیاهی، حضور توده بزرگ ساختمان‌ها و سطوح آسفالت، بیشترین مقدار دما به خاطر ذخیره‌سازی گرما در طول روز و رهاسازی آن در بعد از ظهر ایجاد شده بود. در یک نتیجه‌گیری کلی، اهمیت سایه در فضاهای شهری و استفاده از اثر خنک‌کنندگی پوشش گیاهی به ویژه در نواحی گرمسیر و مرطوب برای ایجاد خرداقلیم مناسب تأیید شد.

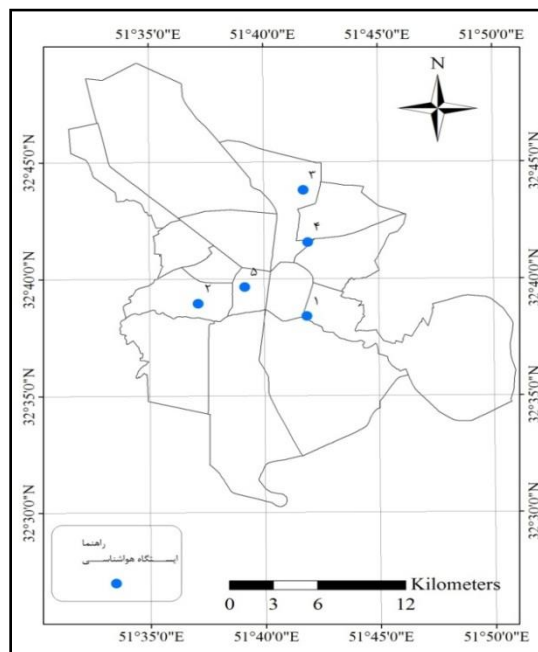
مطالعه‌ای توسط هوانگ و همکاران (۲۰۰۸) در مورد تغییرات روزانه خرداقلیم شهری در ۴ نوع پوشش زمین شامل بتن، درختان، چمن و سطوح آب در شهر نانجینگ چین انجام شد. دمای هوا در روز به ترتیب در بتن، چمن، آب و درختان بیشترین مقدار را داشت. در شب بیشترین مقدار دما در محیط درختان و کمترین مقدار در چمن مشاهده شد. در طول روز بیشترین اختلاف در دمای هوا (در حدود ۰/۷ تا ۵/۳ درجه سانتی‌گراد) بین ۴ نوع پوشش در ساعات ۱۲ تا ۱۴ ظهر رخ داد. در اوایل صبح، قبل از طلوع خورشید، دمای هوا برای هر ۴ نوع پوشش حداقل بود و اختلاف دما بین ۴ نوع پوشش در حدود ۰/۴ تا ۲/۳ درجه سانتی‌گراد بود.

شهر اصفهان دارای تنوع زیادی در نوع پوشش سطح و شرایط محیطی می‌باشد. به طوری که از سمت غرب به باغ‌ها و پارک جنگلی نازوان، از سمت جنوب به پارک کوهستانی صفا و از شمال و شرق به منطقه کویری محدود می‌شود. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌است که دمای هوا و رطوبت نسبی در سطح شهر شدیداً تحت تأثیر نوع پوشش سطح می‌باشد (شفیع‌یون و همکاران، ۱۳۹۲). لذا برای اطلاع از وضعیت آب و هوای هر نقطه از شهر به منظور

سطوح نفوذناپذیر در سطح شهر گسترده‌تری زیاده دارند که باعث ذخیره انرژی گرمایی در سطح می‌شوند (اکبری و کونوپاکی، ۲۰۰۵). با توجه به ویژگی‌های حرارتی سطوح نفوذناپذیر، دمای سطوح پوشیده شده از آسفالت می‌تواند به بیش از ۶۰ درجه سانتی‌گراد برسد (اسایدا و همکاران، ۱۹۹۶). طاه‌ها و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که تغییر در میزان ضریب بازتابش سطوح به میزان ۱ درصد می‌تواند ۰/۲ تا ۰/۲۵ درجه سانتی‌گراد دمای هوا را در ارتفاع متوسط ۵ متری از سطح زمین تغییر دهد. ساختمان‌ها و گذرگاه‌ها با جذب تابش نور خورشید باعث می‌شوند که دمای سطح و اطراف آنها ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای هوای محیط باشد. مالیک و همکاران (۲۰۰۸) دمای سطح زمین را با استفاده از داده‌های سنجنده Landsat-7 ETM+ در شهر دهلی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد پوشش سطح، دمای سطح را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. گذرگاه‌های شهری با پوشش عموماً تیره رنگ دارای ضریب سپیدی کمتری نسبت به سایر سطوح شهری هستند و به ایجاد جزایر گرمایی در شهرها کمک می‌کنند (اکبری و همکاران، ۲۰۰۹). ملک‌پور و طالعی (۱۳۹۰) ارتباط دمای سطح زمین با کلاس‌های پوشش و کاربری زمین شهری را در شهر تهران مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی از داده‌های سنجنده ASTAR استفاده شد. این بررسی نشان داد که برای پوشش‌های مختلف سطح زمین، دمای سطح متفاوت است.

اثر خنک‌کنندگی پوشش گیاهی و فضای سبز بر خرداقلیم‌های شهری توسط طاه‌ها و همکاران (۱۹۸۸)، فرانت و میه‌لاکاکو (۲۰۰۱)، حجازی و آبادی (۱۳۸۱) و کاتمیر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است.

یانسن (۲۰۰۶) خرداقلیم شهری در داخل و اطراف یک پارک با پوشش گیاهی در مرکز شهر استکهلم سوئد را مورد بررسی قرار داد. شاخ و برگ درختان حدوداً ۵۰٪ سطح پارک را می‌پوشاند. اندازه‌گیری دمای هوا در طی سه روز در ماه جولای ۲۰۰۴ انجام گرفت. بیشترین اختلاف روزانه دمای هوا بین فضاهای باز و مناطق با حضور درختان در ارتفاع ۱/۵ متری تا ۲ متری از سطح زمین از ۳ تا ۶ درجه سانتی‌گراد بود. لایه بندی دمای هوا در داخل پارک به طور



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در شهر اصفهان

ایستگاه ۱ در بوستان‌های حاشیه رودخانه زاینده‌رود، ایستگاه ۲ در محدوده باغ‌ها و مزارع غرب اصفهان، ایستگاه ۳ در پارک جنگلی فدک در شمال شرق شهر، ایستگاه ۴ در محدوده مناطق مسکونی مرکز شهر و ایستگاه ۵ در مناطق تجاری و مسکونی شهر نصب شدند (شکل ۱).

از آمار این پنج ایستگاه در فصل‌های بهار و تابستان برای ارزیابی پهنه‌بندی خرداقليمی استفاده شد. از داده‌های ۵ دقیقه‌ای در هر ماه میانگین‌گیری و از متوسط دمای هوا و درصد رطوبت نسبی ماهانه برای ارزیابی پهنه‌های خرداقليمی شناسایی شده استفاده شد. سپس بر اساس پهنه‌بندی جدید محل نصب ایستگاه هواشناسی در مناطقی که از نظر خرداقليمی متفاوت هستند، شناسایی خواهند شد.

تعیین نیاز آبی گیاهان منطقه، تدوین برنامه آبیاری و مدیریت شبکه انتقال آب فضای سبز شهر در نقاط مختلف نیاز به اندازه‌گیری مستقیم پارامترهای هواشناسی در سطح شهر می‌باشد. اندازه‌گیری شاخص‌ها بسیار هزینه بر بوده و عملاً امکان نصب تعداد زیادی ایستگاه هواشناسی در سطح شهر وجود ندارد. لذا در صورتی که خرداقليم‌های مشابه شناسایی شوند، با نصب یک ایستگاه در هر خرداقليم می‌توان وضعیت آب و هوایی مناطق با خرداقليم مشابه را پیش‌بینی نمود. در این راستا ضرورت پهنه‌بندی خرداقليمی شهر اصفهان بر اساس نوع پوشش سطح احساس می‌شود. هدف از این تحقیق ارائه روشی برای پهنه‌بندی خرداقليمی شهر بر اساس نوع پوشش سطح به منظور شناسایی پهنه‌های یکسان در سطح شهر و پهنه‌بندی خرداقليمی شهر اصفهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شهر اصفهان بین ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است. محدوده آن به چهارده منطقه شهری تقسیم می‌شود و در خارج از محدوده شهری نیز از سمت غرب به خمینی‌شهر و نجف آباد، از سمت جنوب به کوه صفه و سپاهان‌شهر و از سمت شمال به شاهین‌شهر و از سمت شرق به منطقه بیابانی سگری منتهی می‌شود. متوسط ارتفاع شهر اصفهان حدود ۱۵۷۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد می‌باشد (آمارنامه شهر اصفهان، ۱۳۸۹).

پنج ایستگاه هواشناسی ثبات در پنج نقطه شهر با درصد پوشش سطوح و کاربری اراضی متفاوت (جدول ۱) به منظور اندازه‌گیری پارامترهای دمای هوا و درصد رطوبت نسبی نصب شدند. اندازه‌گیری پارامترهای مذکور با فاصله زمانی ۵ دقیقه به مدت ۲ سال (۱۳۹۰-۱۳۹۱) انجام شد.

جدول ۱- درصد مساحت نوع پوشش سطوح مختلف تا فاصله ۱۵۰ متری از ایستگاه‌های نصب شده

ایستگاه	سطح گذرگاهها	سطح آب	سطح باغها	سطح کشاورزی	سطح اراضی درختان	تاج پوشش سطح چمن	سطح ساختمان‌ها	سطح اراضی سایر	مجموع سطوح
۱	۲۱/۳	۴/۲	-	-	۲۱/۲	۴۲/۶	۱۰/۷	-	۱۰۰
۲	۲۷/۹	-	۴/۱	۸/۸	۱۸/۴	۲/۱	۳۸/۷	-	۱۰۰
۳	۱۱/۳	-	-	-	۷۱/۱	-	۸/۴	۹/۲	۱۰۰
۴	۲۲	۰/۳	-	-	۱۴/۳	۱/۴	۵۴/۲	۷/۸	۱۰۰
۵	۲۴/۹	-	-	-	۱۲/۲	-	۶۲/۹	-	۱۰۰

گرفته شده برای هر سطح به روش سعی و خطا اصلاح شدند به طوری که داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی واقع در سطح شهر شرایط خرداقلیمی به دست آمده را تأیید کردند.

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خرداقلیمی شهر اصفهان از مدل تهیه شده در نرم افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد. این مدل با استفاده از یک ارزیابی چند متغیره، نقشه پهنه بندی را تولید می‌کند. در این تحقیق، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شامل فضای سبز به تفکیک، شامل فضای سبز شهری (پارک‌ها)، درختان پهن برگ (باغ‌ها، درختان حاشیه خیابان و منازل)، درختان سوزنی برگ (پارک‌های جنگلی) و مزارع کشاورزی، آبراهه‌ها، خیابان‌ها، مناطق مسکونی و تراکم جمعیت به صورت Shape file وارد نرم افزار ArcGIS 9.3 شد. سپس شهر اصفهان به سلول‌هایی با ابعاد ۲۵۰×۲۵۰ متر شبکه‌بندی شد و درصد مساحت هر یک از لایه‌ها در هر سلول به شرح زیر محاسبه گردید.

برای هر سلول درصد مساحت هر لایه در وزن لایه مورد نظر ضرب و جمع جبری حاصل ضرب مذکور به عنوان عدد خرداقلیمی به شرح معادلات ۱ و ۲ محاسبه گردید.

$$a_i = \frac{A_i}{A} \quad (1)$$

$$MC_i = \sum_{i=1}^n (a_i \times w_i) \quad (2)$$

که در آن A_i مساحت لایه مورد نظر در هر سلول، A مساحت کل منطقه مورد مطالعه برابر با سطح سلول، a_i درصد مساحت لایه مورد نظر به مساحت سلول مورد

سطوح مختلف رفتار دمایی متفاوتی را در برابر تابش خورشید از خود نشان می‌دهند که این امر باعث ایجاد خرداقلیم‌ها در سطح شهر می‌شود. در این پژوهش سطوح فضای سبز شهری (پارک‌ها)، درختان پهن برگ (باغ‌ها، درختان حاشیه خیابان و درختان داخل منازل)، درختان سوزنی برگ (پارک‌های جنگلی)، مزارع کشاورزی، گذرگاه‌های شهری، ساختمان‌های شهری، آبراهه‌ها و زمین‌های سایر به عنوان معیاری برای تعیین خرداقلیم‌های شهر در نظر گرفته شدند. هر سطح به عنوان یک لایه در نرم افزار ArcGIS 9.3 تعریف شد. به منظور اعمال اثر هر سطح در پهنه‌بندی، به هر یک از لایه‌ها با توجه به میزان تأثیری که در ایجاد خرداقلیم‌ها دارند وزن مخصوصی داده شد. معیار اصلی تعیین وزن هر لایه، نوع اثر پوشش سطح، ضریب سپیدی و نفوذپذیری سطح بود.

برای لایه‌هایی که تأثیر مثبت در ایجاد خرداقلیم‌ها دارند وزن‌های بیشتر از صفر و برای لایه‌هایی که تأثیر منفی در ایجاد خرداقلیم‌ها دارند وزن‌های کمتر از صفر در نظر گرفته شد. منظور از تأثیر مثبت کاهش دما، افزایش رطوبت نسبی و به عبارتی افزایش لطافت هوا می‌باشد و در مقابل اثر منفی، افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی می‌باشد. در این پژوهش برای زمین سایر وزن صفر در نظر گرفته شد.

برای هر یک از لایه‌ها، با بررسی پژوهش‌های انجام شده، میزان ضریب سپیدی، شرایط نفوذپذیری و در دسترس بودن آب برای تبخیر- تعرق در سطح، یک سری وزن اولیه در نظر گرفته شد. سپس با توجه به ایستگاه‌های موجود در سطح شهر این وزن‌ها صحت‌سنجی شدند. وزن‌های در نظر

شد. با توجه به کدهای خرداقليمی در نظر گرفته شده، هر چه کد خرداقليمی بیشتر باشد منطقه دارای شرایط آب و هوایی بهتری نسبت به سایر مناطق خواهد بود. برای بررسی وضعیت کدهای خرداقليمی شناسی شده در سطح شهر و اطمینان از پهنه‌بندی انجام شده، درصد سطوح مختلف هر سلول با کد خرداقليمی مشخص برای کل سلول‌ها تعیین شد (جدول ۳). نتایج نشان داد، با افزایش کد خرداقليمی درصد مساحت لایه‌های فضای سبز (فضای سبز عمومی، درختان حاشیه خیابان و منازل، مزارع، باغ‌ها و پارک جنگلی) و رودخانه، که تأثیر مثبت در لطافت هوا دارند، افزایش و درصد مساحت لایه‌های منازل مسکونی و گذرگاه‌ها که تأثیر منفی در لطافت هوا دارند، کاهش می‌یابد. مقادیر درصد سطوح مختلف در سطح شهر و مقایسه آن‌ها با کدهای خرداقليمی (جدول ۳) دلالت بر صحت پهنه‌بندی انجام شده دارد. همچنین نتایج نشان داد فضای سبز تأثیر زیادی در افزایش کد خرداقليمی یا به عبارتی افزایش لطافت هوا دارد (جدول ۳). گومز و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که پوشش گیاهی در سطح شهر از طریق تأثیر بر ضریب سپیدی و میزان تابش خورشیدی باعث تعدیل آب و هوا می‌شود. همچنین برای ارزیابی پهنه‌بندی انجام شده، کدهای خرداقليمی تعریف شده، برای تمام ۵ سلولی که در آنها ایستگاه هواشناسی نصب شده بود، با داده‌های دمای هوا و درصد رطوبت نسبی ثبت شده در ایستگاه‌ها برای دو سال مقایسه گردید (جدول ۴ و ۵).

بررسی، i شماره لایه، MC_i عدد خرداقليمی سلول مورد بررسی و W_i وزن اختصاص داده شده برای لایه i ام می‌باشد. برای تعیین صحت وزن لایه‌های مختلف از داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی موجود در داخل شهر اصفهان (شفیعیون و همکاران، ۱۳۹۲) استفاده شد. ابتدا بر اساس وزن‌های پیش فرض برای هر لایه، پهنه‌بندی خرداقليمی شهر اصفهان انجام شد، سپس اعداد خرداقليمی به دست آمده برای سلول‌هایی که ایستگاه‌های هواشناسی در آنها نصب شده بود، ارزیابی شدند. برای ارزیابی از متوسط دمای هوا و درصد رطوبت نسبی ماهانه ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی در فصل‌های بهار و تابستان استفاده شد. با توجه به آمار دمای هوا و درصد رطوبت نسبی ثبت شده در هر ایستگاه، وزن هر لایه به گونه‌ای تغییر داده شد که عدد خرداقليمی بدست آمده معرف شرایط آب و هوایی آن منطقه باشد. این کار به روش سعی و خطا انجام شد و معیار ارزیابی، وجود ارتباط منطقی بین عدد خرداقليمی با مقدار دما و رطوبت نسبی ثبت شده در دو سال و همچنین شرایط پوشش ایستگاه بود.

نتایج و بحث

وزن نهایی بدست آمده برای لایه‌های مورد استفاده در پهنه‌بندی در جدول (۲) آورده شده است. فضای سبز شهری، گذرگاه‌های شهری و اراضی بایر به ترتیب کدهای ۹، ۵- و ۰ را به خود اختصاص دادند. بر اساس وزن نهایی لایه‌های مورد بررسی، شهر اصفهان به ۱۰ خرداقليم تقسیم

جدول ۲- وزن نهایی سطوح مختلف در پهنه‌بندی خرداقليمی در فصل بهار و تابستان

نوع پوشش سطح	فضای سبز عمومی	درختان حاشیه خیابان و منازل	مزارع	باغات	پارک جنگلی	رودخانه	گذرگاهها شهری	منازل مسکونی	زمین بایر
وزن نهایی	۹	۷	۴	۷	۵/۵	۹	-۵	-۲	۰

جدول ۳- متوسط درصد سطوح در هر کد خرداقلیمی پس از پهنه بندی در کل سطح شهر (ارزیابی پهنه بندی)

کدهای خرداقلیمی	پارک جنگلی	باغ	مزارع	گذرگاه ۱	فضای سبز عمومی	رودخانه	درختان حاشیه خیابان و منازل	منازل مسکونی	زمین بایر	جمع کل
۱	۰	۰/۱	۰/۷	۳۵/۹	۰/۱	۰	۴/۷	۵۷/۲	۱/۱	۱۰۰
۲	۰	۰/۳	۲/۰	۳۰/۱	۰/۴	۰	۸/۸	۵۶/۲	۲/۳	۱۰۰
۳	۰	۱/۱	۹/۲	۲۹/۲	۱/۵	۰	۱۱/۱	۴۰/۹	۷/۰	۱۰۰
۴	۰/۲	۳/۴	۲۴/۹	۲۲/۴	۱/۹	۰/۱	۹/۳	۲۵/۴	۱۲/۴	۱۰۰
۵	۰/۴	۵/۹	۴۶/۳	۱۷/۲	۱/۴	۰/۴	۵/۸	۱۳/۴	۹/۰	۱۰۰
۶	۰/۶	۵/۹	۶۳/۰	۹/۶	۰/۶	۰/۴	۳/۱	۵/۰	۱۲/۱	۱۰۰
۷	۰/۳	۵/۳	۸۱/۷	۴/۰	۰/۳	۰/۴	۱/۳	۱/۳	۵/۲	۱۰۰
۸	۰/۷	۲۴/۷	۵۰/۵	۴/۲	۳/۷	۵/۱	۳/۰	۱/۶	۶/۲	۱۰۰
۹	۲/۲	۳۳/۶	۲۳/۴	۶/۳	۱۳/۶	۱۵/۶	۳/۰	۲/۳	۰	۱۰۰
۱۰	۰	۱۰/۳	۶/۲	۶/۱	۳۴/۴	۳۹/۴	۲/۹	۰/۷	۰	۱۰۰

جدول ۴- ارزیابی پهنه بندی انجام شده بر اساس متوسط ماهانه دمای هوا و درصد رطوبت نسبی در ایستگاه های موجود در سطح شهر در

سال ۱۳۹۰

نام ایستگاه	پارامتر های هواشناسی	فروردین	اردبهرشت	خرداد	تبر	مرداد	شهریور	کد خرداقلیمی
۱	متوسط دمای هوا (سانتی گراد)	۱۳/۷	۱۹/۶	۲۵/۵	۲۸/۲	۲۷/۳	۲۲/۷	۸
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۳/۸	۴۸/۲	۲۸/۳	۲۸/۲	۲۰/۲	۳۵/۹	
۲	متوسط دمای هوا (سانتی گراد)	۱۳/۱	۱۹/۴	۲۵/۹	۲۸/۷	۲۷/۸	۲۲/۶	۷
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۳۹/۹	۴۰/۹	۲۴/۸	۲۴/۵	۲۶/۶	۳۱/۸	
۳	متوسط دمای هوا (سانتی گراد)	۱۴/۵	۲۰/۲	۲۶/۹	۲۹/۶	۲۹	۲۳/۹	۵
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۰/۱	۴۱/۱	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۳	۲۸/۳	
۴	متوسط دمای هوا (سانتی گراد)	۱۵/۳	۲۱/۳	۲۷/۹	۳۰/۷	۳۰	۲۵/۳	۴
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۳۰/۸	۳۲/۹	۱۸/۲	۱۸/۵	۱۹/۹	۲۳/۲	
۵	متوسط دمای هوا (سانتی گراد)	۱۵/۷	۲۱/۷	۲۸/۶	۳۱/۳	۳۰/۶	۲۶	۳
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۳۰/۶	۳۲/۴	۱۵/۷	۱۶	۱۷/۱	۲۰	

جدول ۵- ارزیابی پهنه‌بندی انجام‌شده بر اساس متوسط ماهانه دمای هوا و درصد رطوبت نسبی در ایستگاه‌های موجود در سطح شهر در سال ۱۳۹۱

نام ایستگاه	پارامترهای هواشناسی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	کد خرداقلیمی
۱	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)	۱۳/۱	۲۱/۲	۲۳/۷	۲۶/۴	۲۵/۵	۲۳/۱	۸
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۵۴/۴	۵۲/۴	۳۰/۷	۳۲/۷	۳۰/۹	۳۵/۳	
۲	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)	۱۲/۶	۱۸/۷	۲۳/۸	۲۷	۲۵/۸	۲۳/۱	۷
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۹/۹	۴۴/۴	۲۸/۷	۲۸/۱	۲۶/۸	۳۲/۲	
۳	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)	۱۳/۶	۱۹/۶	۲۵/۴	۲۸/۵	۲۷/۷	۲۴/۶	۵
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۸/۸	۴۱/۸	۲۴/۷	۲۴/۵	۲۳/۴	۲۸/۴	
۴	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)	۱۴/۳	۲۰/۵	۲۶/۱	۲۹/۳	۲۸/۵	۲۵/۸	۴
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۴/۶	۳۷/۶	۲۲/۳	۲۱/۹	۱۹/۹	۲۴/۱	
۵	متوسط دمای هوا (سانتی‌گراد)	۱۴/۶	۲۰/۹	۲۶/۴	۲۹/۵	۲۹/۱	۲۶/۵	۳
	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۴۲/۷	۳۳/۶	۱۹/۲	۱۹/۴	۱۶/۵	۲۰/۴	

سطوح بر مقدار رطوبت موجود برای تبخیر از سطح تأثیر می‌گذارد، زیرا سطوح نفوذپذیر با ذخیره رطوبت در خود، آب لازم برای فرآیند تبخیر را در اختیار محیط قرار می‌دهند. به طوری که در ایستگاه ۵ که در مرکز شهر قرار دارد و مجموع سطوح سخت و نفوذناپذیر بیشتر از ۸۵ درصد است، رواناب‌های سطحی سریعاً وارد زهکش شده و در خاک نفوذ نمی‌کند. بنابراین انرژی دریافتی در سطح در فرآیند تبخیر مصرف نشده و صرف گرم کردن سطح و هوا می‌شود. جونز و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند تبخیر-تعرق باعث کاهش دمای سطح می‌شود و سطوح نفوذناپذیر تبخیر-تعرق را کاهش می‌دهند. در ایستگاه ۳ که در یک پارک جنگلی قرار دارد و مجموع سطوح نفوذ پذیر بیشتر از ۷۵ درصد است، نفوذ آب به خاک موجب ذخیره رطوبت در خاک شده و مقدار قابل توجهی از انرژی دریافتی در سطح در فرآیند تبخیر مصرف می‌شود و مقدار کمی از انرژی، صرف گرم کردن سطح و هوا می‌شود در نتیجه مقدار زیادی از انرژی دریافتی، در فرآیند تبخیر و تعرق از فضای سبز مصرف شده و مقدار کمی از انرژی برای گرم کردن هوا باقی می‌ماند، داده‌های دمای هوا و درصد رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در دو سال تأییدی بر تحلیل فوق می‌باشند

همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار متوسط دمای هوا در دو فصل بهار و تابستان در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۱۹/۵، ۲۲/۹، ۲۴، ۲۵/۱ و ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۰ و برابر ۲۲/۲، ۲۱/۸، ۲۳/۲، ۲۴/۱ و ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۱ بوده است. یعنی به ترتیب ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شرایط مطلوب دمایی داشتند و مناطقی با شرایط خرداقلیمی مطلوب هستند، که دقیقاً کدهای خرداقلیمی بدست آمده برای پنج ایستگاه نیز موارد بالا را تأیید می‌نماید. زیرا بیشترین کد خرداقلیمی که برابر ۸ است به ایستگاه ۱ و کمترین کد خرداقلیمی که برابر ۳ است به ایستگاه ۵ داده شده بود. این موضوع توسط داده‌های درصد رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده (جدول ۴ و ۵) نیز تأیید می‌شود. بیشترین مقدار درصد رطوبت نسبی (میانگین فصل‌های بهار و تابستان دو سال ۳۷/۶ درصد) در ایستگاه ۱ و کمترین مقدار درصد رطوبت نسبی (میانگین فصل‌های بهار و تابستان دو سال ۱۲ درصد) در ایستگاه ۵ مشاهده شد.

این نتایج پهنه‌بندی بر اساس اندازه‌گیری‌های زمینی، روش به‌کار گرفته شده برای پهنه‌بندی و پهنه‌های شناسایی شده شهر اصفهان را تأیید می‌کند. نفوذپذیر یا نفوذناپذیر بودن

زاینده‌رود فاقد جریان آب و مزارع تحت کشت (PD²), رودخانه زاینده رود دارای جریان آب و مزارع فاقد کشت (FR³), رودخانه زاینده‌رود فاقد جریان آب و مزارع فاقد کشت (FD⁴), بررسی و نتایج په‌نه‌بندی برای هر یک از حالت‌های بررسی شده در جدول (۶) ارائه شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تغییر شرایط پوشش سطح تأثیر زیادی بر توزیع کدهای خرداقلیمی در سطح شهر اصفهان داشته است. بنابراین نقشه تهیه شده ابزار مفیدی برای بررسی اثر تغییرات پوشش سطح بر شرایط خرداقلیمی نقاط مختلف شهر در برنامه توسعه شهر می‌باشد. مقایسه په‌نه‌ها در دو حالت وجود آب در رودخانه و عدم وجود آب در رودخانه نشان داد بیشترین تغییر در کد خرداقلیمی ۸، ۹ و ۱۰ رخ داده‌است. هنگامی‌که آب در رودخانه وجود داشته باشد اما اراضی کشاورزی آیش باشند، در مقایسه با زمانی‌که اراضی کشاورزی زیر کشت باشند، کدهای خرداقلیمی مطلوب به کدهای خرداقلیمی نامطلوب تبدیل می‌شوند. به عبارتی تعداد سلول‌های با کد خرداقلیمی کمتر افزایش می‌یابند، که نقشه په‌نه بندی خرداقلیمی موقعیت و شدت تغییر آنها را تحلیل می‌کند.

(جدول ۴ و ۵). آرنفیلد (۲۰۰۳) بیان کرد که دمای هوا تحت تأثیر نوع پوشش سطح مجاور و همچنین فرآیندهای جابجایی توده‌های هوا از طریق همرفت قرار دارد و تغییرات دمای هوا نسبت به تغییرات دمای سطح بیشتر است. در ایستگاه ۱ که درصد مساحت فضای سبز بیشتر و سطوح سخت کمتری دارد، دمای هوا کمتر و درصد رطوبت نسبی بیشتر است. در نتیجه ایستگاه ۱ دارای بیشترین کد خرداقلیمی می‌باشد. در ایستگاه ۵ که درصد مساحت فضای سبز کمتر و سطوح سخت بیشتری دارد، دمای هوا بیشتر و درصد رطوبت نسبی کمتر است، در نتیجه ایستگاه ۵ دارای کمترین کد خرداقلیمی می‌باشد. که این نتایج تأییدی بر صحت وزن‌های اختصاص داده‌شده به لایه‌ها و په‌نه‌بندی انجام شده می‌باشد. با توجه به صحت‌سنجی انجام شده په‌نه‌بندی دقت بسیار خوبی دارد. نقشه په‌نه‌بندی برای مدیریت آبیاری فضای سبز شهری، انتقال آب بین مناطق شهری، مدیریت توسعه شهر، شناسایی مناطق بحرانی از نظر شرایط آب و هوایی و پیش‌بینی شرایط آب و هوایی مناطق مختلف قابل استفاده می‌باشد. در این پژوهش چهار حالت شامل رودخانه زاینده رود دارای جریان آب و مزارع تحت کشت (PR¹), رودخانه

جدول ۶- تأثیر تغییرات شرایط پوشش سطح و اثر آن بر تعداد سلول با کد خرداقلیمی مشخص

حالت	کد خرداقلیمی									
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
PR	۱۸۱	۱۱۱۸	۲۹۴۴	۸۱۵	۵۵۰	۶۷۹	۱۰۱۸	۱۸۹	۷۴	۲۳
PD	۱۸۱	۱۱۱۸	۲۹۴۹	۸۲۷	۵۶۴	۶۹۹	۱۰۲۶	۱۶۸	۵۳	۶
FR	۲۱۷	۱۳۴۴	۴۳۵۰	۹۸۴	۲۹۱	۱۶۴	۹۶	۸۵	۴۲	۱۸
FD	۲۱۷	۱۳۴۵	۴۳۶۳	۱۰۰۱	۳۰۸	۱۵۹	۸۴	۸۰	۳۰	۳

PR: مزارع کشت شده و رودخانه دارای جریان آب، PD: مزارع کشت شده و رودخانه خشک، FR: مزارع فاقد کشت و رودخانه دارای جریان آب، FD: مزارع فاقد کشت و رودخانه خشک

¹ Planted and River

² Planted and Dry

³ Fallow and River

⁴ Fallow and Dry

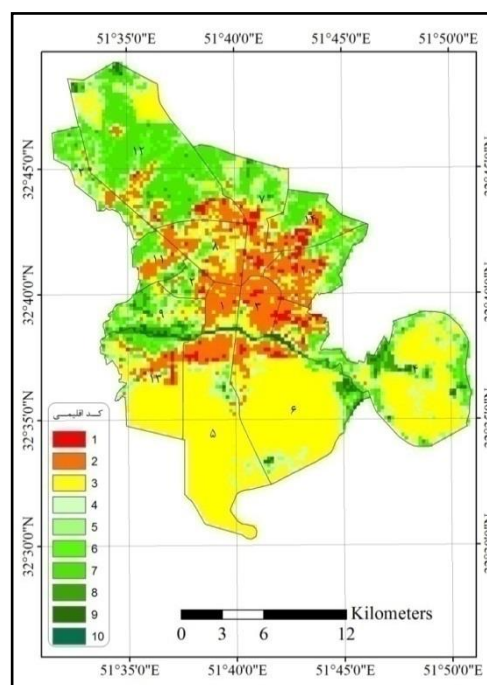
برای توصیف وضعیت دمای هوا و درصد رطوبت نسبی در سطح شهر را دارد. در این پژوهش پهنه‌های شناسایی شده از نظر مقدار دما و درصد رطوبت نسبی هوا متفاوت بودند. ارزیابی پهنه‌بندی انجام شده با دو سال آمار ماهانه دمای هوا و درصد رطوبت نسبی در ۵ ایستگاه واقع در نقاط مختلف شهر اصفهان که از نظر نوع پوشش سطح با هم متفاوت بودند، دقت پهنه‌بندی انجام شده را تأیید نمود. درصد زیاد فضای سبز در سلول‌هایی که دارای کد خرداقلیمی بیشتری هستند نشان دهنده تأثیر پوشش گیاهی بر کاهش دمای هوا و افزایش رطوبت نسبی می‌باشد. در بررسی انجام شده مشخص شد وجود آب در رودخانه زاینده‌رود تأثیر زیادی در اقلیم مناطق مجاور این رودخانه دارد، همچنین کشت شدن اراضی کشاورزی در حاشیه شهر اثر مهمی در اقلیم مناطق مسکونی حاشیه شهر که در مجاورت اراضی کشاورزی قرار دارند، خواهد داشت.

به‌طور کلی پهنه خرداقلیمی تهیه شده ابزار مفیدی برای کارشناسان توسعه شهری، سازمان پارک‌ها و فضای سبز و خدمات شهری جهت تصمیم‌گیری در راستای حفاظت از محیط زیست و ایجاد محیطی شاداب و سالم با رویکرد توسعه شهر می‌باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت شهرداری اصفهان در طرح تحقیقاتی شماره ۹۱/۶۴۲۷ انجام شده‌است. از معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان، معاونت خدمات شهری شهرداری، دانشگاه صنعتی اصفهان و ناظر علمی طرح جناب آقای دکتر منتظر تشکر و قدردانی می‌نماییم.

با توجه به شکل (۲) در مناطق مرکزی شهر که حجم مناطق مسکونی و گذرگاه‌ها زیاد است، در مقایسه با مناطق حاشیه شهر که سطح مزارع کشاورزی و باغ‌ها زیاد است، کد خرداقلیمی کمتر است. همچنین وجود رودخانه زاینده‌رود و پارک‌ها و فضاهای سبز اطراف آن باعث ایجاد مناطقی با کدهای خرداقلیمی مطلوب در مرکز شهر اصفهان شده‌است. یانسن (۲۰۰۶) بیان کرد لایه‌بندی دمای هوا در داخل فضای سبز (پارک) به طور کلی پایدار است یا به عبارتی با افزایش ارتفاع دما افزایش می‌یابد. اما در نواحی ساختمانی شرایط ناپایدار یا به عبارتی کاهش دما با افزایش ارتفاع حاکم است.



شکل ۲- پهنه بندی خرداقلیمی شهر اصفهان در حالت وجود آب در رودخانه و انجام کشت در اراضی کشاورزی حاشیه شهر

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد امکان پهنه‌بندی خرداقلیمی شهرها بر اساس نوع پوشش سطح وجود دارد و روش استفاده شده در این پژوهش کارآیی لازم برای پهنه‌بندی خرداقلیمی شهر بر اساس نوع پوشش سطح را دارد. پهنه ایجاد شده دقت لازم

منابع

- passive techniques on the rehabilitation of historical industrial buildings in urban areas. *Sol. Energy*, 70(3): 245–253.
- Gomez, F., Gil, L., Jabaloyes, J. 2004. Experimental investigation on the thermal comfort in the city: relationship with the green areas, interaction with the urban microclimate. *Build. Environ.*, 39(9): 1077-1086.
- Huang, L., Li, J., Zhao, D., Zhu, J. 2008. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. *Build. Environ.*, 43(1): 7–17.
- Jansson, C. 2006. Urban microclimate and surface hydrometeorological processes. Doctoral Thesis in Land and Water Resources Sciences, Stockholm, Sweden.
- Jones, M. P., Hunt, W. M., Winston, R. J. 2012. Effect of Urban Catchment Composition on Runoff Temperature. *J. Environ. Eng-ASCE*, 138(12): 1231-1236.
- Kottmeier, C., Biegert, C., Corsmeier, U. 2007. Effects of Urban land use on surface temperature in Berlin; case study. *J. Urban Plan. D-ASCE*, 133 (2): 128-137.
- Kuttler, W., 1998. Urban climate. *Urban Ecol.*, 12(2): 113-150.
- Mallick, J., Kant, Y., Bharath, B. D. 2008. Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *J. Indian Geophys. Union*, 12(3):131–140.
- Smith, R. A., Oke, T. R. 1998. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *Int. J. Remote Sens.*, 19(11): 2085–2104.
- Taha, H. G., Akbari, H., Rosenfeld, A. H. 1988. Vegetation canopy micro-climate: a field project in Davis, California. Applied Science Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California-Berkeley.
- Taha, H., Akbari, H., Sailor, D. 1998. On the Simulation of Urban Climates: Sensitivity to Surface Parameters and Anthropogenic Heating. Technical Note, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California.
- آمارنامه شهر اصفهان. ۱۳۸۹. معاونت برنامه ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان. نشر معاونت برنامه ریزی استانداری، اصفهان. ۱۳۵ص.
- حجازی، ر.، آبادی، پ. ۱۳۸۱. تاثیر گیاهان بر محیط اطراف (مطالعه موردی پارک طالقانی)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۰(۱۲): ۶۲-۴۵.
- شفیعیون، ا.، قیصری، م.، مجیدی، م.، م.، عابدی کوپایی، ج.، موسوی، س.، ف.، اسلامیان، س. س. ۱۳۹۲. بررسی اثر نوع پوشش سطح بر میانگین، بیشینه و کمینه دمای هوا در شهر اصفهان، مجله مدیریت آب و آبیاری، ۳(۱): ۹۷-۱۰۹.
- ملک پور، پ.، طالعی، م. ۱۳۹۰. مدل سازی ارتباط کاربری پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده های سنجنده ASTAR، مجله محیط شناسی، ۳۷(۵۸): ۲۹-۴۲.
- Akbari, H., and Konopacki, S. 2005. Calculating Energy-Saving Potentials of Heat-Island Reduction Strategies. *Energy Policy*, 33(6): 721-756.
- Akbari, H., Menon, S., A. Rosenfeld. 2009. Global cooling increasing world-wide urban albedos to offset CO₂. *Clim. Change*, 94(3): 275-286.
- Arnfield, A. J. 2003. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol.*, 23(1): 1-26.
- Asaeda, T., Ca, V. T., Wake, A. 1996. Heat Storage of Pavement and its Effect on the Lower Atmosphere. *Atmos. Environ.*, 30(3): 413-427.
- Barbirato, G. M., Carnaúba Torres, S., Almeida Lisboa, T. 2003. Microclimatic conditions of urban public spaces in a tropical city. Fifth International Conference on Urban Climate, Poland.
- Ferrante A., Mihalakakou, G. 2001. The influence of water, green and selected



Microclimate Zoning of Isfahan City based on Surface Cover Type

M. Gheisari^{1*}, S. S. Eslamian², E. Shafieioun³, A. Alikhasi⁴, A. Ghaffari Sheshjavani⁵

Received: 28 September 2013

Accepted: 4 December 2014

Abstract

Urbanization has led to significant changes in the urban environment than natural conditions that urban microclimates are result of these changes. The purpose of this study is microclimate zoning of Isfahan city based on land cover types and investigating the effect of land cover types on urban microclimates. Isfahan city was divided into cells with dimensions 250×250 m. Different layers were defined in ArcGIS 9.3 software. The area percentage of each layer was determined in each cell. After weighting each layer, air temperature and relative humidity data of the 5 meteorological weather stations installed in Isfahan city were used to verify the layers weights. Microclimate zoning of Isfahan city was performed with weights given to each layer. The results showed that land use and land cover type have a significant effect on urban microclimate. Microclimate zoning is efficient for detection of cells with different temperature and humidity conditions. Microclimate code was lower in downtown where the density of residential areas and city streets are high in comparison with the suburbs where the density of agricultural lands and gardens are high. The evaluation results indicated that the method used in microclimatic zoning of the city was accurate and microclimate map is able to distinguish air temperature and relative humidity in the city.

Key words: Land use, Air temperature, Relative humidity, Microclimate code

¹ Assistant Prof., Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*Corresponding author email address: gheysari@cc.iut.ac.ir)

² Associate Prof., Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

³ M.Sc. graduate, Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

⁴ M.Sc., Irrigation and Drainage, Hydrab Andish Consultant, Isfahan

⁵ M.Sc., Irrigation and Drainage, Isfahan Municipality