

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۰

## بررسی میزان تأثیر وجود رودخانه و فضای سبز اطراف آن در منطقه شهری بر شرایط حرارتی محیط مطالعه موردی: شهرستان دره شهر

طاهره کولیوند<sup>۱</sup>

### چکیده

افزایش زیاد دمای هوا امروزه یکی از معضلات اساسی در شهر است که بر آسایش حرارتی عابران تأثیر میگذارد. از این رو طراحان و برنامه ریزان شهری باید به تأثیر عناصر مختلف شهری مانند عناصر آبی بر آسایش حرارتی توجه کنند. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پوشش گیاهی و سطوح آب بر آسایش حرارتی عابران پیاده در شهر از نرم افزار محیطی Envi-met استفاده شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که پوشش گیاهی و آب همزمان با هم تأثیر گذاری بهتری دارند نسبت به زمانی که این به صورت تنها به کار روند و در حدود ۰/۵-۱ درجه در میزان تأثیر گذاری آن ها تفاوت وجود دارد. و قابل ذکر است که پوشش گیاهی راهکار قدرتمندتری برا کاهش دمای هوا در فصول گرم سال است. میزان این اثرات سرمایه‌ی حاصل از پوشش گیاهی و سطوح آبی به فاصله از آن ها بستگی دارد. شعاع اثرگذاری این دو عنصر بر دمای هوا تا ۲۰۰-۳۰۰ متری قابل مشاهده است. سطح آب زمانی که به هم سطح شدن زمین نزدیک باشد تأثیر گذاری بهتری دارد و این تأثیرات به محیط مصنوع اطراف آن مانند ارتفاع و تراکم ساختمان های اطراف نیز بستگی دارد.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، دمای هوا، پوشش گیاهی، واحد آب، Envi-met.

<sup>۱</sup> عضو هیات علمی گروه ساختمان و معماری، دانشگاه فنی حرفه ای، ایلام، ایران، پست الکترونیک: t.koulivand@yahoo.com

## مقدمه

تغییرات پیش‌بینی نشده محیط زیست از جمله تغییر در دما و سطح بارش، عواقب گسترده‌ای در پی دارد که به صورت مستقیم و غیرمستقیم سلامتی انسان و محیط زیست را به خطر انداخته است (Patz, et al, 2005). این تغییرات باعث افزایش سطح گرما و انتشار بیش از حد امواج حرارتی در فضای شهری شده است که مرگ میر را افزایش داده است (Stott, et al, 2003). به طور مثال در دوره بحرانی افزایش دما در فرانسه ۱۵۰۰۰ مورد تلفات بیشتر از امار طبیعی سالانه گزارش شده است (Fouillet, et al, 2003). تغییرات دمای در شهرها بیشتر خود را نشان می‌دهد، زیرا در شهرها سطح دریافت و بازتاب تابش خورشید تغییرات کرده است، این مسئله تعادل انرژی در شهر را به هم زده است دلایل متعددی موجب پدید آمدن این مسأله می‌شوند، از جمله می‌توان به مصالح مورد استفاده در شهرها، هندسه شهری، خشکی شهرها، کاهش سطح فضای سبز و سطوح آبی و ... می‌توان اشاره نمود (Taha, 1997).

راهکارهای متعددی برای کاهش آثار زیان بار این مشکل، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند که کارآمدترین این راهکارها استفاده از پوشش گیاهی بیشتر و بکار بردن بهتر سطوح آبی در شهرها است (Gill, et al, 2007). برای درک بهتر این مسئله و همچنین شناخت میزان تأثیرگذاری راهکارهای ذکر شده نیاز است که مطالعات پیشین مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. تحقیقات در این زمینه به دو دسته تقسیم شده‌اند؛ بخش اول به بررسی مطالعاتی که تأثیرگذاری پوشش گیاهی در کاهش دمای شهر را مورد بررسی قرار داده‌اند و در بخش دوم به راهکار مؤثر آب برای حل این مشکل پرداخته شده است.

همانطور که بیان شد یک استراتژی مهم برای مقابله با این وضعیت بحرانی استفاده از پوشش گیاهی و فضای سبز در محیط شهری است (Avissar, 1996). میزان و چگونگی اثرگذاری فضای سبز بر شرایط آزاردهنده فضای شهری، از دهه ۱۹۹۰ مورد تحقیق قرار گرفته است. تحقیقات انجام شده، بر اثرات سرمایشی فضای سبز در فصول گرم سال متمرکز بوده است. میزان اثر سرمایشی حداکثر تا ۴ درجه کاهش دما اطراف فضای سبز در مقایسه با سایت بدون پوشش گیاهی است (Akbari, et al, 2001). از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیقات اکبری و همکارانش اشاره نمود که بیان نموده است اثرات سرمایشی درختان می‌تواند بار سرمایشی در ساختمان‌ها در کالیفرنیا را ۲۱ تا ۵۳ درصد کاهش دهند. پوشش گیاهی از دو راه باعث کاهش دمای محیط می‌شود راه اول سایه‌اندازی و راه دوم سرمایش تبخیری است (Sawka, et al, 2013).

بدنه‌های آبی و رودخانه‌ها همانند پوشش گیاهی می‌تواند بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد (Santamouris, 2001). تحقیقات زیادی با مدل‌های عددی سعی در نشان دادن تأثیرگذاری واحدهای آبی بر محیط بوده‌اند (Theeuwes, et al, 2013). برخی از محققان با اتکا به تحقیقاتی که انجام داده‌اند. ذکر کردند که سطوح آبی می‌توانند قوی‌ترین راه حل برای کاهش دمای محیط در روزهای گرم تابستان باشد (Wong, et al, 2012). سطوح آبی مانند یک منبع سرمایش در محیط کار می‌کنند که دمای بالای سطوح آبی نسبت به زمین بسیار خنک‌تر است زیرا آب یکی از جذب‌کننده‌های بسیار قوی گرما است ولی باید گفت آب نمی‌تواند پاسخ مناسبی برای گرمای کل منطقه باشد و شعاع تأثیرگذاری آن محدود است (Oke, 1992). از جنبه دیگر، توانایی نامحدود منابع آبی برای کاهش دمای محسوس از طریق جذب گرما و سرمایش تبخیری باعث می‌شود دمای سطوح همجوار آب نسبت به سطوح همجوار زمین بسیار کمتر باشد (Krüger, & Pearlmutter, 2008). اثر سرمایشی آب بر دمای محیط توسط محققان زیادی ذکر شده است (Sun & Chen, 2012).

محققان در پژوهش‌های گوناگون با هدف مشخص نمودن میزان تأثیرگذاری آب بر دمای هوا گزارش کردند که دمای هوا در نزدیکی منابع آبی حدود ۱ الی ۲ درجه خنک‌تر از دمای اطراف آن است (Yahia & Johansson, 2013). دمای هوا در بالای یک دریاچه نسبت به دمای اطراف چمن کنار آن کمتر است و این کاهش دما در هر دو هوای شرجی و گرم و خشک مشاهده شده است (WMO, 2010). در تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ انجام شد نشان داد که واحدهای کوچک آبی اثر موقتی بر کاهش دمای محیط اطراف خود دارند (Völker & Kistemann, 2013). بیشترین میزان تأثیرگذاری در معابر اتفاق می‌افتد زمانی که از واحدهای آبی در معابر استفاده می‌شود دمای هوا چندین درجه کاهش می‌یابد (Völker & Kistemann, 2011). در تحقیقات ذکر شده سرمایه‌ش تبخیری آب مدنظر بوده است، در تحقیقات بعدی محققان بر ظرفیت حرارتی بالای آب برای کاهش دما تأکید کرده‌اند (Shashua-Bar et al, 2012). محققان گزارش کردند ظرفیت حرارتی آب به حدی است که می‌تواند سه برابر خاک گرما را به خود جذب کند (Schwarz, et al, 2012). سطوح آبی به عنوان جاذب گرما به کاهش دمای محیط کمک می‌کنند که این امر شامل رودخانه‌ها نیز می‌شود. در تحقیقی در آمریکا ذکر شد که وجود رودخانه در شهر دمای اطراف آن را چندین درجه کاهش می‌دهد و این کاهش در بهار بسیار زیاد و در ماه ژون بسیار کم است (Santamouris & Asimakopoulos, 2001).

#### معرفی محدوده مورد مطالعه

این تحقیق در شهرستان دره شهر در استان ایلام، به طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۶۳۰ متر است. دره شهر به صورت نوار باریکی بین کبیرکوه و رودخانه سیمیره در رشته کوه زاگروس واقع است. این نوار باریک که در امتداد شمال غربی به جنوب شرقی کشیده شده دارای ۱۴۳۵ کیلومترمربع مساحت و طول ۱۶۰ کیلومتر و عرض ۹ کیلومتر می‌باشد. اقلیم این شهرستان گرم و تا حدی خشک است. تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های معتدل از ویژگی‌های آب و هوایی این شهر می‌باشد. میانگین دمای هوا در تابستان بین ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد و در زمستان بین ۱۵ تا ۲۴ درجه سانتیگراد می‌باشد (سایت آب و هواشناسی ایلام). بخشی از شهرستان به طول ۴۵۰ و عرض ۲۵۰ متر که در محدوده احتمالی توسعه آینده شهر قرار دارد برای شبیه‌سازی انتخاب گردیده است. شکل (۱) محدوده انتخابی را نشان می‌دهد. این بخش، تمام عوامل موردنظر در تحقیق مانند پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی و نیز وجود رودخانه را داراست.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

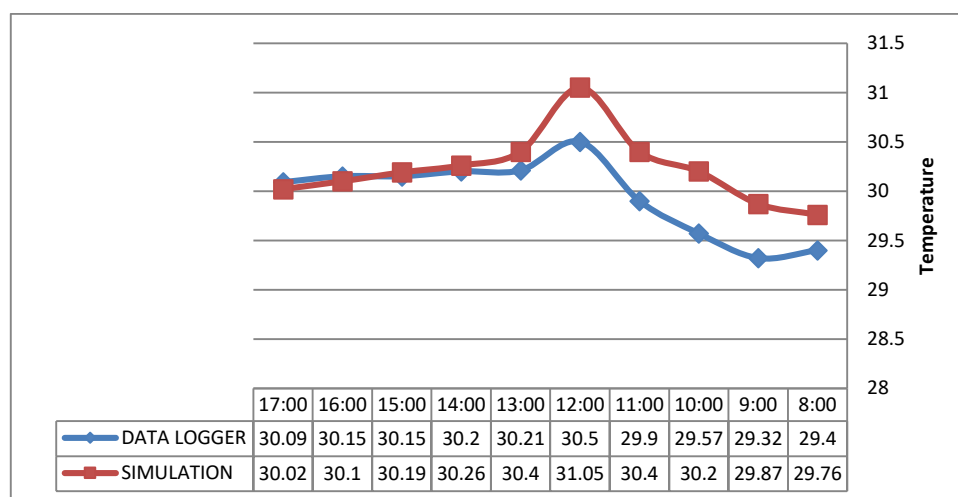
همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود منطقه مورد مطالعه بخشی از شهر است که در مجاورت رودخانه و پارک قرار دارد. برای بررسی این محدوده انتخاب شده فرضیات در دو مرحله تدوین شده‌اند. در مرحله اول پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی و عمق آب رودخانه را به عنوان پارامترهای متغیر در نظر گرفته شده‌اند. در مرحله بعدی عمق آب رودخانه ثابت و علاوه بر پوشش گیاهی و تراکم ساختمان‌های اطراف ارتفاع ساختمان‌ها را به عنوان عامل متغیر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- داده های آب و هوای شهرستان دره شهر

زاویه غالب جهت باد	سرعت باد	رطوبت		دما	
۲۸۰	۵ m/s	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل
		۳۳درصد	۱۰درصد	۳۶C	۱۶C

### روش پژوهش

در این مقاله برای بررسی خرد اقلیم در مقیاس شهری از نرم افزار شبیه سازی ENVI-MET3.1 BETA V استفاده شده است. نرم افزار Envi Met یکی از نرم افزارهای قدرتمند در زمینه محاسبه تأثیر پارامترهای مختلف بر جزیره حرارت شهری و آسایش حرارتی محیط‌های بیرونی است. این نرم افزار با دارا بودن قابلیت شبیه سازی گیاهان و هوا و سطوح، برای بررسی خرد اقلیم در فضای سه بعدی کاربرد دارد. دقت این نرم افزار از ۰/۵ متر تا ۱۰ متر و بر حسب زمانی در فواصل زمانی ۱۰ ثانیه یک بار است. این نرم افزار می‌تواند تأثیرات پوشش گیاهی و سایر فاکتورهای مؤثر در دمای شهر را نشان دهد.



شکل ۲- مقایسه میان داده‌های برداشت میدانی و داده‌های شبیه‌سازی

در جدول (۱) فرضیات مختلف بکار رفته در شبیه‌سازی نشان داده شده است. شکل شماره (۲) تصویر بخشی از فضای مدل‌سازی در شبیه‌سازی‌های مختلف را نشان می‌دهد، نقاط انتخابی برای مقایسه نتایج تحلیل‌ها در شکل با نقاط قرمز مشخص شده است.

## جدول ۲- فرضیات تحقیق

مرحله اول (عوامل متغیر: عمق آب، پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی)					
شبییه سازی ۱	شبییه سازی ۲	شبییه سازی ۳	شبییه سازی ۴	شبییه سازی ۵	شبییه سازی ۶
آب در عمق ۳ متری	آب در عمق ۳ متری	آب در عمق ۳ متری	آب در عمق ۳ متری	آب در سطح زمین	آب در سطح زمین
عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا
عدم تراکم ساختمانی	عدم تراکم ساختمانی	تراکم ساختمانی بالا	تراکم ساختمانی بالا	عدم تراکم ساختمانی	عدم تراکم ساختمانی
شبییه سازی ۷	شبییه سازی ۸	شبییه سازی ۹	شبییه سازی ۱۰	شبییه سازی ۱۱	شبییه سازی ۱۲
آب در سطح زمین	آب در سطح زمین	عدم وجود آب	عدم وجود آب	عدم وجود آب	عدم وجود آب
عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی بالا
تراکم ساختمانی بالا	تراکم ساختمانی بالا	عدم تراکم ساختمانی	عدم تراکم ساختمانی	تراکم ساختمانی بالا	تراکم ساختمانی بالا
مرحله دوم (عوامل متغیر: پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی، ارتفاع ساختمان، عمق آب ثابت)					
شبییه سازی ۱	شبییه سازی ۲	شبییه سازی ۳	شبییه سازی ۴	شبییه سازی ۵	شبییه سازی ۶
عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی نوع ۱	پوشش گیاهی نوع ۲	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی نوع ۱	پوشش گیاهی نوع ۲
ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع ثانویه (۲)	ارتفاع ثانویه (۲)	ارتفاع ثانویه (۲)
تراکم اولیه (۱)	تراکم اولیه (۱)	تراکم اولیه (۱)	تراکم اولیه (۱)	تراکم اولیه (۱)	تراکم اولیه (۱)
شبییه سازی ۷	شبییه سازی ۸	شبییه سازی ۹	شبییه سازی ۱۰	شبییه سازی ۱۱	شبییه سازی ۱۲
عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی نوع ۱	پوشش گیاهی نوع ۲	عدم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی نوع ۱	پوشش گیاهی نوع ۲
ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع اولیه (۱)	ارتفاع ثانویه (۲)	ارتفاع ثانویه (۲)	ارتفاع ثانویه (۲)
تراکم ثانویه (۲)	تراکم ثانویه (۲)	تراکم ثانویه (۲)	تراکم ثانویه (۲)	تراکم ثانویه (۲)	تراکم ثانویه (۲)

جدول (۲) فرضیات مورد استفاده در شبیه سازی در این جدول پوشش گیاهی نوع ۱ افزایش درخت و چمن در فضاهای خالی پوشش گیاهی نوع ۲ اضافه شدن بام سبز به پوشش گیاهی نوع ۱ و همچنین ارتفاع ثانویه افزایش ارتفاع ساختمان- های موجود تا صد درصد و تراکم ثانویه افزایش سطح ساخته شده تا حد امکان در منطقه است.



شکل ۳- بخشی از فضای مدل شده در نرم افزار Envi-met

مرحله اول (عوامل متغیر: عمق آب، پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی)

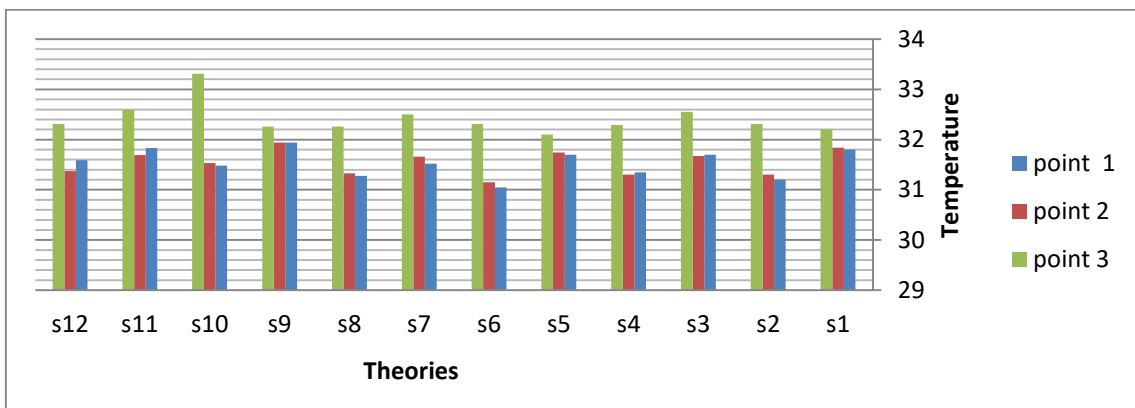
#### -دمای هوا

دمای هوا یکی از عوامل مؤثر در آسایش حرارتی و کیفیت شرایط محیطی در فضاهای شهری است. نتایج از شبیه‌سازی‌های انجام شده در مرحله اول در شکل (۴) گزارش شده است. این نتایج را می‌توان در سه بخش تقسیم کرد. در بخش اول به میزان تأثیرگذاری تغییرات عمق آب توجه کرد و در نهایت با حالت بدون آب مقایسه کرد. مقایسه میان دمای سه نقطه مشخص شده در چهار شبیه‌سازی اول در مقایسه با چهار شبیه‌سازی دوم نشان می‌دهد که دما هوا در هر سه نقطه انتخابی یعنی در کنار رودخانه و در فضای پارک کنار رودخانه و در مناطق مسکونی ایجاد شده، در زمانی که سطح آب هم سطح زمین است کمتر است و این به این دلیل اتفاق می‌افتد که زمانی که آب در سطح زمین سرمایش تبخیری بیشتری صورت می‌گیرد و جریان هوا به انتشار این سرمایش و افزایش سطح آن کمک می‌کند، همانطور که در مطالعات پیشین هم ذکر شده بود این سرمایش در نزدیکی سطوح آبی بیشتر دیده می‌شود که در این شبیه‌سازی نیز این مورد تایید می‌شود. اما مقایسه میان دو حالت تغییر عمق آب با حالت بدون آب، آشکار می‌سازد که آب حتی در عمق بیشتر باز تأثیر سرمایشی خود را نشان می‌دهد و این کاهش تأثیرات سرمایشی هیچ‌گاه به حالت بدون وجود آب نمی‌رسد. در شکل (۴) واضح است که زمانی که آب برداشته می‌شود و به جای آن خاک در نظر گرفته می‌شود دمای آن بسیار زیاد می‌شود چون جذب دمایی خاک بسیار زیاد است و از طرفی در آن نقاط هیچ‌گونه سایه‌اندازی وجود ندارد.

برای دیدن تأثیر پوشش گیاهی در مرحله اول می‌توان گفت که همانطور که در تحقیقات پیشین ذکر شد پوشش گیاهی باعث کم شدن دمای محیط تا ۲ درجه می‌شود که این میزان تغییرات نیز به دوری و نزدیک سطوح آبی و همچنین سایه‌اندازی خود پوشش گیاهی بستگی دارد و کمترین کاهش دما در تراکم ساختمانی و در حدود ۰/۴ درجه دیده می‌شود.

تأثیر تراکم ساختمانی برعکس حالت‌های قبل باعث افزایش دمای هوا می‌شود و زمانی که پوشش گیاهی وجود ندارد و رودخانه در عمق پایین‌تر قرار دارد و یا رودخانه حذف می‌شود بدترین حالت را ایجاد می‌کند و اما در مقایسه سه نقطه انتخابی مشاهده می‌شود که دمای در حدود ۰/۰۱ تفاوت دارد که بسیار ناچیز است دلیل این امر نبود پوشش گیاهی در این سه حالت است که اندک تفاوت موجود هم به خاطر آب ایجاد می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که قدرت پوشش گیاهی نسبت به آب در کاهش دما بسیار بیشتر است.

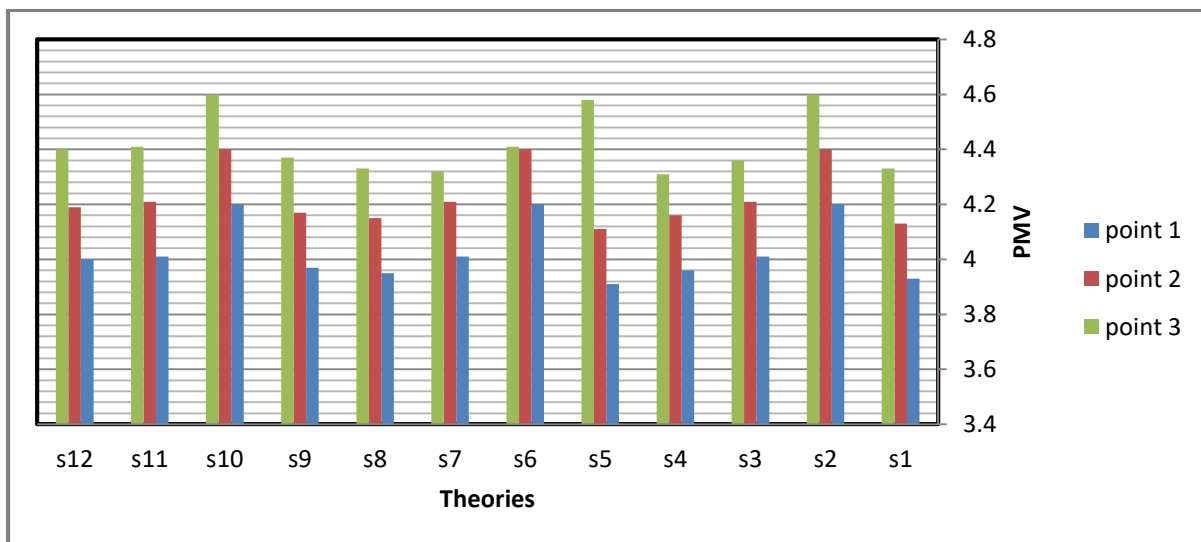
نتایج شبیه‌سازی در فصل زمستان نشان می‌دهد که وجود رودخانه باعث کاهش دمای هوا در حدود یک درجه سانتیگراد می‌شود. این کاهش دما نمی‌تواند تأثیرات منفی زیادی بر شهر داشته باشد زیرا در این فصل از فضای سبز برای فعالیت‌های مختلف بسیار کمتر استفاده می‌شود. همانطور که در شکل (۲) دیده می‌شود دمای هوا در شرایطی که ارتفاع آب هم سطح زمین باشد بهترین حالت را به وجود می‌آورد و تأثیر بیشتری بر خنکی هوا دارد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأثیرات سرمایشی پوشش گیاهی بسیار بیشتر از تأثیرات سرمایشی رودخانه است (شکل ۲). در شرایطی که هر دو عامل در ترکیب با یکدیگر استفاده شوند بهترین اثر سرمایشی را بر جای می‌گذارند.



شکل ۴- تغییرات دمای هوا در ۱۲ فرضیه مورد بررسی در نقاط ۱ (نزدیک رودخانه)، ۲ (در فضای سبز پارک)، و ۳ (در فضای شهری با تراکم ساختمانی بالا)

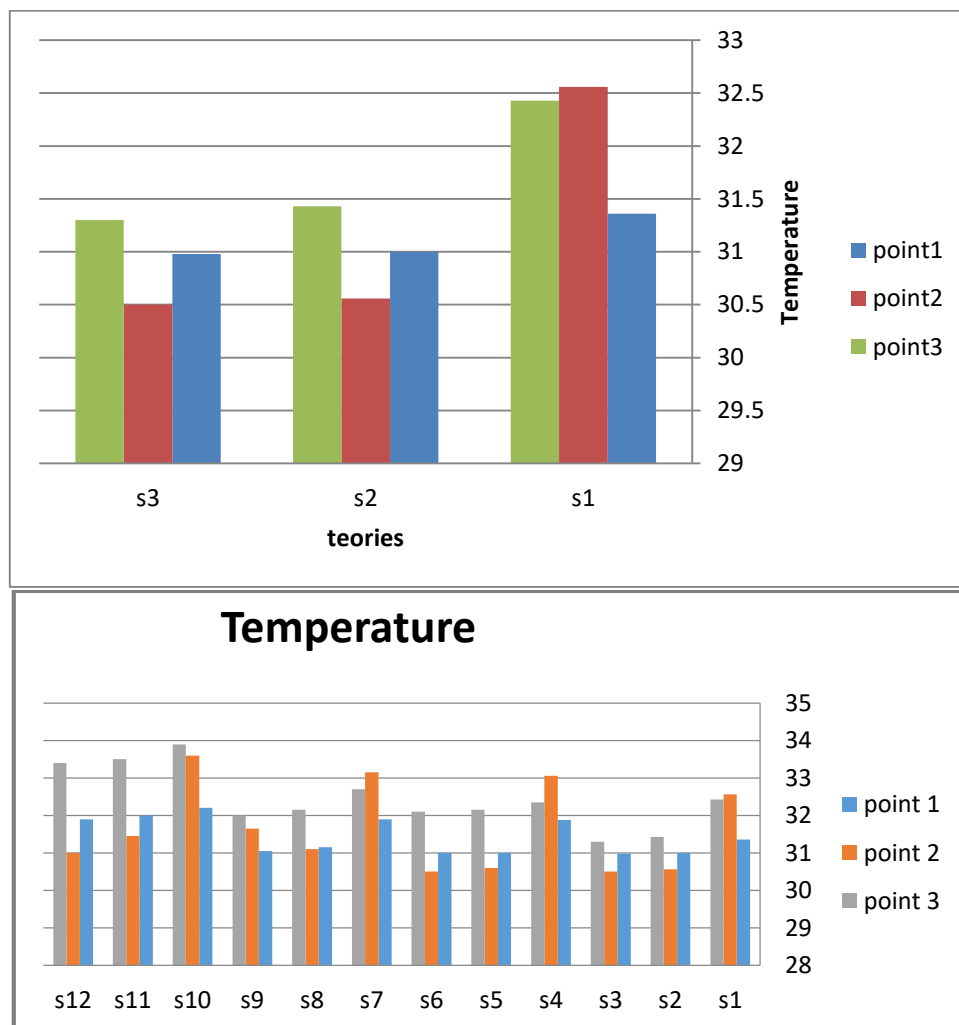
### آسایش حرارتی

بررسی اطلاعات خروجی از نرم افزار در ساعت ۱۱ صبح نشان می‌دهد که بیشترین درصد نارضایتی حرارتی مربوط به حالتی است که از پوشش گیاهی کمتری در محیط استفاده شده است. در مواردی که پوشش گیاهی بدون تغییر باشد، زمانی که تراکم کمتر و ارتفاع بیشتر باشد، به دلیل سایه‌اندازی، محدوده شاخص 3.5 pmv است. تغییرات این شاخص در حالت‌های مختلف در شکل (۳) آمده شده است. همانطور که در بررسی تغییرات دمای هوا و دمای تابشی، افزایش پوشش گیاهی باعث بهبود شرایط محیطی در مدل‌سازی شده بود، در بررسی شاخص pmv نیز این نکته مشهود است. میزان آسایش حرارتی تا حد بسیار زیادی به ارتفاع ساختمان‌ها در آن منطقه بستگی دارد. بدترین حالت در شرایط مختلف مربوط به ساختمان‌هایی با ارتفاع زیاد است. گمان می‌رود دلیل این امر ورود باد گرم تابستانی به داخل معبر و به دام افتادن این گرما در شهر می‌باشد.



شکل ۵- تغییرات آسایش حرارتی در شبیه‌سازی‌های مختلف در مرحله اول مدل‌سازی‌ها در نقطه ۱ (نزدیک رودخانه) نقطه ۲ (در فضای سبز کنار پارک) نقطه ۳ (در پیاده‌رو در دل تراکم ساختمانی دور از رودخانه و پوشش گیاهی)

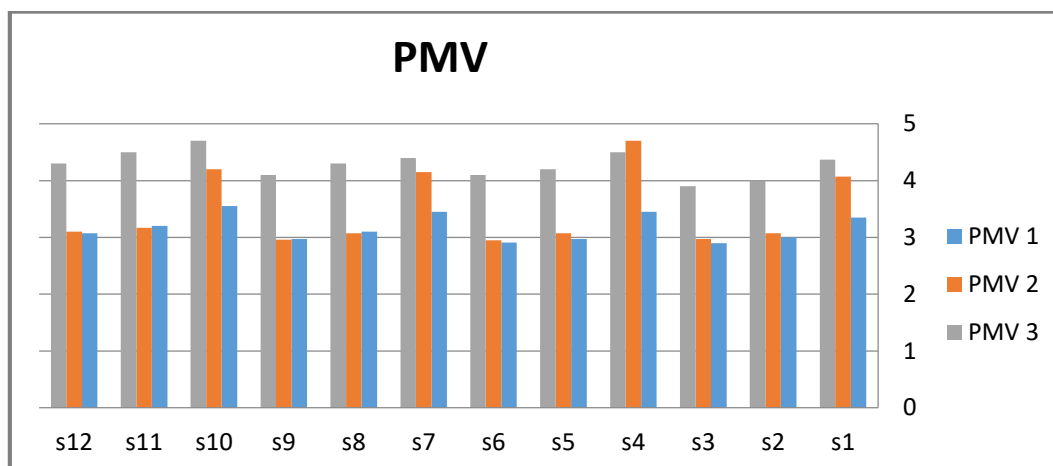
مرحله دوم (عوامل متغیر: پوشش گیاهی، تراکم ساختمانی، ارتفاع ساختمان، عمق آب ثابت) تأثیر پوشش گیاهی بر دمای هوا به میزان سطوح پوشیده شده از گیاه مربوط است. به عبارت دیگر، هرچه مساحت پوشش گیاهی افزایش یابد میزان تأثیرگذاری افزایش می‌یابد. از طرفی نوع پوشش گیاهی نیز در تغییرات دمایی محیط بسیار مؤثر است. در مقایسه بین دو نقطه که یکی در سایه درخت و دیگری در سطح چمن قرار دارد، نشان داده شد که درختان با توجه سایه‌اندازی اثر سرمایشی بیشتری دارند. بام سبز اثر سرمایشی چندانی در شهر ایجاد نمی‌کند. وجود پوشش گیاهی نوع ۲ یا همان بام سبز شاید بتواند بر سرمایش ساختمانی که در آن قرار دارد تأثیر مستقیم بگذارد ولی به بهبود شرایط آسایش حرارتی در محدوده حضور عابران پیاده کمک قابل توجهی نمی‌کند.



شکل ۶- تغییرات دمای هوا در مرحله دوم شبیه‌سازی‌ها در نقطه ۱ (نزدیک رودخانه) نقطه ۲ (در فضای سبز کنار پارک) نقطه ۳ (در

پیاده رو در دل تراکم ساختمانی دور از رودخانه و پوشش گیاهی)



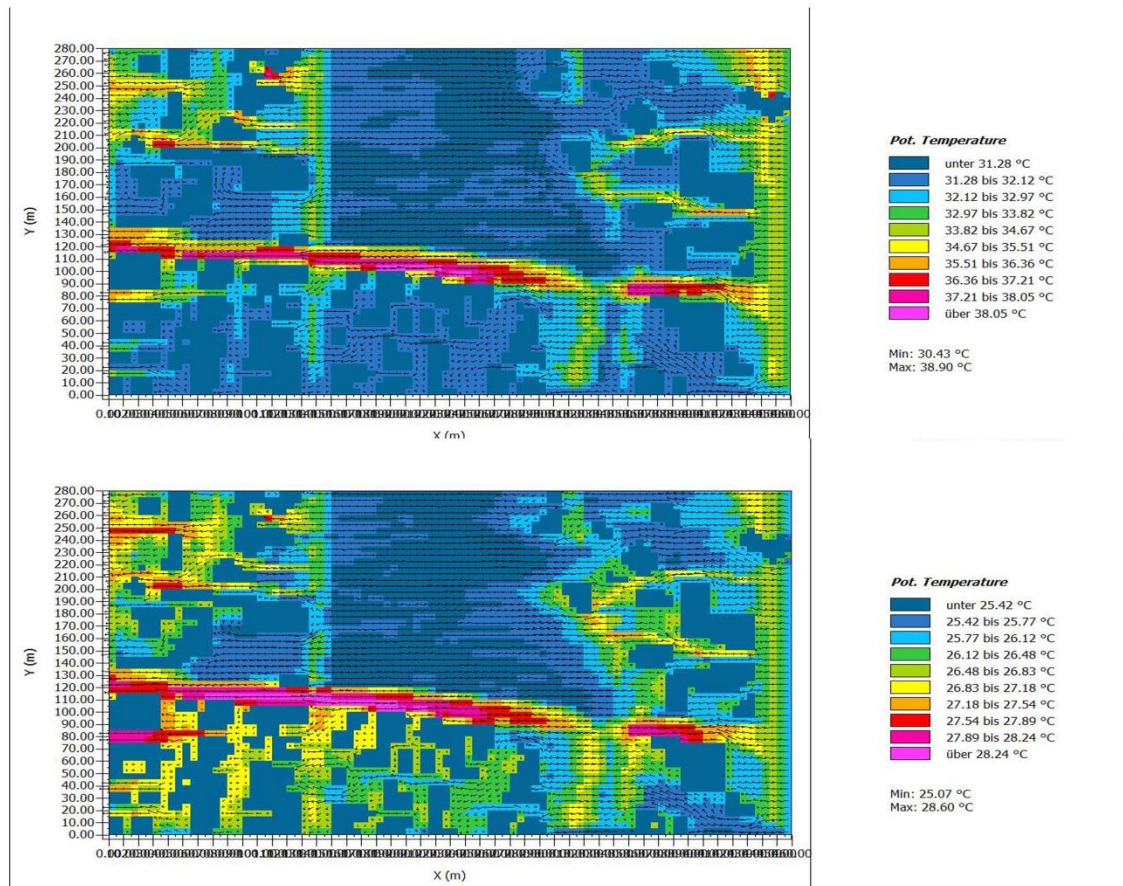


شکل ۷- تغییرات آسایش حرارتی در شبیه‌سازی‌های مختلف در مرحله اول مدل‌سازی‌ها در نقطه ۱ (نزدیک رودخانه) نقطه ۲ (در فضای سبز کنار پارک) نقطه ۳ (در پیاده‌رو در دل تراکم ساختمانی دور از رودخانه و پوشش گیاهی)

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود شرایط آسایش حرارتی در نقاط نزدیک به رودخانه بالاترین کیفیت، و در نقطه ۳ در بیشترین تراکم ساختمانی، کمترین کیفیت را داراست. همچنین می‌توان از شکل ۵ دریافت که تراکم و ارتفاع ساختمان‌ها تأثیر منفی بر آسایش حرارتی دارند. بدترین حالت مربوط به مدل شماره ۱۰ می‌باشد که در این حالت تراکم و ارتفاع در بالاترین حد قرار دارد و پوشش گیاهی حذف شده است. تأثیر استفاده از بام سبز نسبت به پوشش گیاهی در سطح زمین، بیشتر است ولی میزان این اثرگذاری بسیار اندک می‌باشد. با در نظر گرفتن هزینه بالای اجرای بام سبز و تفاوت اندک شاخص آسایش حرارتی آن نسبت به فضای سبز سطحی، استفاده از بام سبز به جای سطوح سبز مقرون به صرفه نمی‌نماید.

#### مقایسه میان شرایط حرارتی در شهر در شب و روز

برای بررسی شرایط حرارتی در روز و شب نقشه حرارتی منطقه در ساعت ۴ صبح و ۱۱ ظهر با هم مقایسه شده است. همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود، در طول شب به دلیل عدم وجود تابش خورشید، تنها عامل حرارتی، گرمای نهان ذخیره شده در سطوح مختلف است. در مناطق پر تراکم و نیز نقاطی که معابر آسفالتی وجود دارد، برگشت گرما از ساختمان به محیط بسیار بیشتر دیده می‌شود. در طول روز دمای بعضی از سطوح به دلیل قرارگیری در سایه ساختمان‌های مقابل، کاهش یافته است. از طرف دیگر در طول روز در نقاطی که سایه‌اندازی وجود ندارد، به دلیل دریافت تابش یکسان، تفاوت دمایی در آن نقاط دیده نمی‌شود.



شکل ۸- مقایسه میان شرایط دمایی در و روز در محدوده مورد مطالعه، عکس بالا نشان‌گر روز و عکس پایین نشان‌گر شب است

### نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌های انجام شده بر الگوهای مدل‌سازی شده و مقایسه این الگوها از نظر شاخص‌های حرارتی و اثرات سرمایه‌ی آنها، نتایج زیر به عنوان محصول تحقیق ارائه می‌گردد.

- تراکم و ارتفاع ساختمان‌ها بر دمای هوا و دمای تابشی و شاخص pmv مؤثر است. هرچه تراکم افزایش یابد، میزان دمای هوا و دمای تابشی جذب شده افزایش می‌یابد که دمای هوا را گرم‌تر می‌کند.

با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در صورتی که در نقطه موردنظر سایه وجود نداشته باشد، افزایش دمای هوا و دمای تابشی و افزایش ۴۰ درصد نارضایتی حرارتی در پی خواهد داشت، ولی در صورت سایه‌اندازی، افزایش ارتفاع باعث بهبود شرایط آسایش حرارتی در آن نقطه می‌شود. زمانی که ارتفاع ساختمان زیاد باشد، پوشش گیاهی بیشترین تأثیر مثبت را بر دمای هوا می‌گذارد و باعث بهبود شرایط آسایش حرارتی می‌شود.

- تأثیر پوشش گیاهی بر دمای هوا به میزان سطوح پوشیده شده از گیاه مربوط است. به عبارت دیگر، هرچه مساحت پوشش گیاهی افزایش یابد میزان تأثیرگذاری افزایش می‌یابد. از طرفی نوع پوشش گیاهی نیز در تغییرات دمایی محیط بسیار مؤثر است. در مقایسه بین دو نقطه که یکی در سایه درخت و دیگری در سطح چمن قرار دارد، نشان داده شد که

درختان با توجه سایه‌اندازی اثر سرمایشی بیشتری دارند. وجود بام سبز شاید بتواند بر سرمایش ساختمانی که در آن قرار دارد تأثیر مستقیم بگذارد ولی به بهبود شرایط آسایش حرارتی در محدوده حضور عابران پیاده کمک قابل توجهی نمی‌کند.

- در مورد تأثیر رودخانه در شهر می‌توان گفت که وجود رودخانه از ۰/۱ تا ۱ درجه سانتیگراد در کاهش دمای هوا مؤثر است. با نزدیکتر شدن به رودخانه اثرات سرمایشی آن مشهودتر خواهد بود.

- در مقایسه بین حالتی که آب رودخانه در کانال تدارک دیده شده در شهر با عمق ۳ الی ۴ متر جریان داشته باشد و حالتی که آب رودخانه در ارتفاعی برابر با سطوح اطراف جریان داشته باشد، مشخص شد که اثر سرمایشی رودخانه زمانی بیشتر است که آب هم‌سطح با فضای اطرافش جریان یابد.

## منابع

– سایت آب و هوا شناسی استان ایلام.

- Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H., (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy* 70, 295–310.
- Avissar, R. (1996). Potential effects of vegetation on the urban thermal environment. *Atmospheric Environment*, 30(3), 437-448.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavilion, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyaux, C., et al., (2006). Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *Int. Arch. Occ. Environ. Health* 80, 16–24.
- Gill, S., Handley, J., Ennos, R., Pauleit, S., (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built. Environ.* 30, 97–115.
- Krüger, E., & Pearlmutter, D. (2008). The effect of urban evaporation on building energy demand in an arid environment. *Energy and buildings*, 40(11), 2090-2098.
- Oke, T. R. (1992). *Boundary layer climates*: Psychology Press.
- Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., Foley, J.A., (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438, 310–317.
- Santamouris, M., (2001). The canyon effect. In: Santamouris, M. (Ed.), *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. James & James, London, pp. 69–96.
- Sawka M, Millward AA, McKay J, Sarkovich M. (2013). Growing summer energy conservation through residential tree planting. *Landsc Urban Plan*, 113:1–9.
- Santamouris, M., & Asimakopoulos, D. (2001). *Energy and climate in the urban built environment*.
- Schwarz, N., Schlink, U., Franck, U., & Großmann, K. (2012). Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—an application for the city of Leipzig (Germany). *Ecological Indicators*, 18, 693-704.
- Shashua-Bar, L., Tsiros, I. X., & Hoffman, M. (2012). Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions. *Building and Environment*, 57, 110-119.
- Stott, P.A., Stone, D.A., Allen, M.R., (2004). Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature* 432, 610–614.
- Sun, R., & Chen, L. (2012). How can urban water bodies be designed for climate adaptation? *Landscape and Urban Planning*, 105(1–2): 27-33.
- Taha, H., (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energ. Buildings* 25, 99–103.
- Theeuwes, N., Solcerová, A., & Steeneveld, G. (2013). Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (16), 8881-8896.
- Völker, S., & Kistemann, T. (2013). I'm always entirely happy when I'm here!, Urban blue enhancing human health and well-being in Cologne and Düsseldorf, Germany. *Social Science & Medicine*, 78, 113-124.
- Völker, S., & Kistemann, T. (2011). The impact of blue space on human health and well-being—Salutogenetic health effects of inland surface waters: A review. *International journal of hygiene and environmental health*, 214(6), 449-460.
- WMO (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION). (2010). *Guide to climatological practices WMO-No. 100* (third edition). Retrieved from <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/documents/Guidefulltext.pdf> (Date: 20.11.2013)
- Wong, N. H., Tan, C. L., Nindyani, A. D. S., Jusuf, S. K., & Tan, E. (2012). Influence of water bodies on outdoor air temperature in hot and humid climate. Paper presented at the Reston, VA: ASCE copyright Proceedings of the 2011 International Conference on Sustainable Design and Construction | d 20120000.
- Yahia, M. W., & Johansson, E. (2013). Influence of urban planning regulations on the microclimate in a hot dry climate: The example of Damascus, Syria. *Journal of Housing and the Built Environment*, 1-15.