



بررسی تأثیر رود-دره‌ها بر وضعیت حرارتی محیط اطراف در مقیاس خرداقلیم،

(مورد پژوهی: رود-دره درکه تهران)

سید جواد قوامی همدانی¹، هانیه صنایعیان²،³ و عبدالحمید قنبران⁴

تاریخ دریافت: 1400/02/13

تاریخ پذیرش: 1400/05/14

چکیده: ساختارهای طبیعی ضامن کیفیت اکولوژی یک شهر و دارای اثرگذاری جدی بر مسائل مهم شهری نظیر روند توسعه شهری، وضعیت اقلیم و... هستند که یکی از مهمترین آنها در همین رابطه رود-دره‌هاست که در دهه‌های اخیر به دلایل مربوط به توسعه نامتوازن شهری، بخش زیادی از آنها از بین رفته و یا دارای وضعیتی ناهمسامانند. همزمان، شهر تهران با مشکلات مختلف اقلیمی، آلودگی و پیامدهای آنها مواجه شده که می‌توان بخشی از آن را متأثر از زوال زیست‌بوم شهری دانست. لذا این مطالعه به‌عنوان یک پژوهش توصیفی مد نظر دارد تا با شناخت روابط میان رود-دره‌ها و خرداقلیم اطرافشان در بررسی ادبیات موضوع به شناخت کیفیت اثرگذاری رود-دره‌ها بر خرداقلیم محیط و سپس به تحلیل شبیه‌سازی خرداقلیم رود-دره مورد مطالعه (درکه) به کمک نرم‌افزار انوی-مت بپردازد. در این مسیر کیفیت اثرگذاری عناصری نظیر جداره‌های آبی، سبزیگی، فرم زمین و جریان هوا توسط شاخص‌های دمای هوای بالقوه، میانگین دمای تابشی، سرعت باد و رطوبت نسبی ارزیابی می‌شود. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان از اثر خنک‌سازی محدود جداره‌های آبی (به جهت عدم وسعت لازم برای اثرگذاری)، خنک‌سازی هوای اطراف تا 0.5 درجه توسط سبزیگی داشته؛ و همچنین پارامترهای رطوبت نسبی به دلیل همبستگی با سرعت باد، دمای هوا و میزان تابش (بیشینه 6%)؛ میانگین دمای تابشی به دلیل همبستگی با وضعیت تابش و دمای سطحی، با توجه به حضور سبزیگی و سایه اندازی آن (بیشینه 22.5 درجه)؛ و سرعت باد به دلیل ارتفاع و نقش انسدادی سبزیگی و ریخت شناسی رود-دره در سطح سایت (بیشینه 2 m/s) متغیر، اما دامنه تغییرات دمای هوای بالقوه به دلیل تبادل حرارتی نقاط در پهنه سایت اندک (بیشینه 2 درجه) است.

واژگان کلیدی: رود-دره، اکولوژی، آسایش حرارتی، پایداری، انوی-مت.

¹ کارشناسی ارشد، طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

² استادیار، معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

³ آزمایشگاه تحقیقاتی محیط و ساختمان، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

⁴ دانشیار، طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

1- مقدمه

بارزترین شکل حضور آب در شهر تهران که با وجود انبوه ساخت‌وسازها و توسعه شبکه راه‌ها قابل بازخوانی است، رودخانه‌هایی است که از دامنه البرز، رو به جنوب سرازیر شده و پس از طی مسافتی به درون مسیل‌ها هدایت می‌شوند. دره‌های اصلی که جریان‌ات فصلی این آب‌ها را هدایت می‌کنند عبارت از: کن، فرحزاد، درکه، دربند، دارآباد، ولنجک، گلابدره در شمال است (Boomsazegan Paidar Consulting Engineers, 2007; Yazdgerd, 2011). وجود دره‌های سرسبز، آب‌های جاری، دالان‌های هوای خنک کوهستانی، مناظر و چشم‌اندازهای بدیع و دیگر موهبت‌های طبیعی، جایگاه جذاب و هویت‌بخشی را در اختیار توسعه شهر قرار داده و این دره‌ها همواره از مهم‌ترین عناصر پیوند انسان، شهر و طبیعت در دامنه جنوبی البرز بوده‌اند (Pourjaafar et. al., 2014; Pasban Hazrat, 2000). مسیل‌های رودهایی که از ارتفاعات سرچشمه می‌گرفتند لبریز از این باغ‌ها و فضاهای سبز بوده‌اند. در حال حاضر به دلیل تجاوز به حریم رودخانه‌ها، رود-دره‌ها و ساخت‌وساز در این دالان‌های اثری از آن باغ‌های سبز به‌جای نمانده است. ایرانی-بهیمانی و همکاران (2003) در بررسی موردی نمونه‌ای از این رود-دره‌ها اذعان داشته‌اند که: «ساخت‌وساز و توسعه شهر تهران به علت اندک بودن زمین‌های مناسب برای این منظور، سبب تقابل توسعه با ساختار طبیعی شهر شده و عناصر اصلی در ترکیب طبیعی تهران، به سود اماکن و مراکز شهری دچار خسران و نابودی شدند. باغ‌های کهن، مناطق با ارزش کوهپایه‌ای و دره‌ها با تمامی ارزش‌های اکولوژیک خود و خدمات زیست‌محیطی حیاتی که عرضه می‌کنند دستخوش تغییر و تحولاتی جبران‌نشده شدند و در مقابل، توسعه شتابناک شهر بدون تناسب با محیط طبیعی صورت گرفت».

تعریف رود-دره¹ در لغت‌نامه هورنی² به‌صورت زیر است: «دره‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای دالانهای حیاتی آب است. دره‌ها به دلیل اقلیم‌های فرعی بسیار مساعدتر از پیرامون خود، از دیرباز مکان‌هایی مناسب برای اسکان و بهره‌برداری بشر بوده‌اند. پوشش گیاهی خاص دره‌ها، زیستگاه حیات وحش، منابع آب و خاک، همراه با امنیت

نسبی، دره‌ها را مکانی مناسب برای شکل‌گیری مراکز استقرار و توسعه جوامع در کوهستان‌های فلات ایران کرده است. دره‌ها علاوه بر مبادی جریان آب، دالان‌های جریان هوا نیز است. این دالان‌ها شریان‌های حیاتی برای تأمین منابع و همچنین ارتباط و جریان مواد، انرژی، دسترسی، سرمایه و کاربری از بالادست به پایین‌دست و بالعکس است. عوامل طبیعی، ارتفاع و شیب و جهت به دلیل شکل خاص و ریخت‌شناسی کوهستان باعث وجود دما، رطوبت، باد و بارندگی متفاوت در ارتفاع می‌شود که این مسأله ویژگی‌های محیط‌شناسی و پوشش گیاهی متفاوت را موجب و باعث ایجاد اقلیم فرعی در ارتفاعات می‌شود» (Hornby and Cowie, 1995). تهران در داخل یا لبه‌های این دره‌ها ساخته شده است. دره‌های دامنه البرز به دو دسته تقسیم می‌شوند که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند. دره‌هایی که فقط مسیل بوده و در زمان بارش باران و وقوع سیلاب‌ها مسیری برای عبور جریان آب سیلاب هستند. دسته دوم دره‌هایی هستند که رودخانه دائمی در آن‌ها جاری است. یکی از دلایل این نام‌گذاری، جریان رودخانه دائمی با عمق کم در میان این دره‌هاست (Salehi, 2007). هدف از این مطالعه بررسی تأثیر رود-دره‌ها بر وضعیت خرداقلیم³ شهری و غیر شهری (اقلیم یک منطقه شهری و غیر شهری در مقیاس خرد) است. این مطالعه در نظر دارد، با تحلیل رابطه بین رود-دره‌ها و ویژگی‌های محیطی طبیعی آن‌ها و خرداقلیم شهری، نحوه اثرگذاری آن‌ها بر شاخص‌های حرارتی هوا نظیر دمای هوای بالقوه، متوسط دمای تابشی، رطوبت نسبی و سرعت و جهت باد را بررسی نماید.

1-1- ضرورت تحقیق

در سال‌های اخیر اتخاذ سیاست‌های توسعه‌گرا، از نوع افزایش ساخت‌وسازهای بی‌رویه باعث از بین رفتن بسترهای طبیعی شده است. این موضوع در منطقه‌ای مثل شمال تهران که سرچشمه‌ها و محدوده آغازین این رودها را تشکیل می‌دهند، به جهت منفعت‌طلبی و سوداگری ناشی از کیفیت بالای محیط طبیعی و آب‌وهوا، با شدت بیشتری نمود یافته و از بین بردن بسترهای



در رابطه با تأثیر رودخانه کارون به عنوان عامل شکل-دهنده استخوان‌بندی توسعه شهر شوشتر قابل مشاهده است. در تهران نیز این رود-دره‌ها - به‌عنوان بارزترین شکل حضور آب در تهران - عناصر مهمی در شکل‌گیری استخوان‌بندی شهر تهران و عوامل مهمی در نحوه جهت-گیری و هدایت مسیر توسعه شهر هستند (Yazdgerd, 2011). همچنین مسأله رود-دره‌ها از منظر تغییرات اقلیمی نیز قابل اهمیت است، چنان‌که مطالعات مختلفی اذعان دارند که ارزیابی و توسعه استراتژی‌هایی برای کاهش و دگرگونی مسأله تغییرات اقلیمی مسأله مهمی نزد برنامه‌ریزان شهری و متخصصین سلامت است (Rydin, 2012; Smith and Levermore, 2008). بنابراین، وجود رود-دره‌های متعدد در شهر تهران و مزیت‌های ذکر شده‌ی آن‌ها و از طرف دیگر وضعیت موجودشان که بسیاری از پتانسیل‌های آن‌ها را بالقوه داشته، به مطالعه و بررسی آن‌ها در جهت بالفعل کردن مزیت‌های این عناصر زیست‌محیطی حیاتی برای شهری مثل تهران که دارای معضلات جدی در رابطه با اقلیم و کیفیت هوای شهری است، اهمیت دوچندانی می‌بخشد.

1-3- مروری بر پیشینه پژوهشی

بررسی و مطالعه رود-دره‌ها دارای ابعاد مختلف بوده و از منظر گوناگون قابل بررسی است. مطالعات مختلف از جنبه‌های گوناگون زیبایی‌شناسی، احیا و باز-زنده‌سازی، ساماندهی، محیط‌شناختی، سیاست‌گذاری، ریخت‌شناسی به این مسأله پرداخته‌اند. آنچه که در این بخش از پژوهش حاضر و در جدول 1 به آن پرداخته می‌شود، با توجه به موضوع مورد بررسی پژوهش، بیشتر در رابطه با مرور مطالعاتی است که به جنبه‌های اکولوژیکی و اقلیمی رود-دره‌ها و تأثیرات آن‌ها پرداخته‌اند.

با توجه به آنکه پیش از این، مطالعه مدون و دقیقی روی رود-دره‌های شهر تهران از حیث بررسی وضع موجود انجام نشده است، هدف این مقاله بررسی وضعیت موجود و به دست آوردن پارامترهای تأثیرگذار روی شرایط محیطی رود-دره‌ها و بررسی تأثیر آن‌ها بر رفتار حرارتی محیط پیرامون در این حالت است. در بسیاری از پژوهش‌های مرور شده، مطالعات و بررسی‌ها به طور کلی

طبیعی و جایگزینی آن با ساخت‌وسازهای بی‌رویه و غیرمجاز در این بسترها، باعث از بین رفتن بسیاری از عناصر طبیعی نظیر باغ‌ها، پوشش‌های گیاهی، رودها و رود-دره‌ها (که به‌طور خاص در این پژوهش مورد بررسی است) شده است.

«از سوی دیگر مسیل‌ها و رودخانه‌های درون شهری به عنوان یکی از عناصر ساختاری شهر و دالان‌های طبیعی شهری در فراهم کردن منابع زیست‌محیطی شهر نقش مؤثری دارند. امروزه فضای سبز از ارکان اصلی بافت کالبدی شهرها است و نه فقط وسیله‌ای برای ایجاد آرامش» (Farzad Behtash et. al., 2010). همچنین مسیرهای رودخانه‌های شهری می‌توانند در راستای تقویت ارزش‌های زیست‌بوم شهری عمل نمایند، گرچه این موضوع مستلزم طراحی و برنامه‌ریزی مناسب و مطلوب برای سامان‌دهی به آن‌هاست (Farzad Behtash et. al., 2010).

همان‌گونه که اشاره شد، جای تعجب و افسوس است که شهر تهران با وجود داشتن چنین موهبت‌های طبیعی دارای معضلات بسیار جدی در رابطه با اقلیم و کیفیت هوای شهری و به خصوص آلودگی است و نه تنها از این ظرفیت‌ها در راستای کاهش معضلات و افزایش ارزش‌های زیست‌بوم شهری خود بهره نبرده بلکه با مدیریت ناصحیح بخش قابل توجهی از آن‌ها را به زوال و وضعیت نابسمان سوق داده شده است.

1-2- اهمیت تحقیق

از مهم‌ترین فضاهای طبیعی که همواره در معرض آسیب هستند؛ رودخانه‌ها و رود-دره‌های شهری هستند. رودهای شهری به‌دلیل وجود آب، خاک، صخره‌ها و پوشش گیاهی غنی از جمله اکوسیستم‌های طبیعی پایدار به‌شمار می‌آیند که بی‌توجهی در حفاظت آن‌ها می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری را همراه داشته باشد (Alinasab and Suzanchi, 2013). رود-دره‌ها و باغ‌های محیط پیرامونی‌شان نقش مهمی در شکل‌دهی به ریخت‌شناسی شهری و استخوان‌بندی اصلی شهر دارند و از عوامل مهم در پایداری محیطی یک منطقه هستند (Zhen et. al. 2009). برای نمونه، این مسأله به وضوح

اما بداعت این پژوهش در وهله اول در مطالعه جامع تمامی عناصر شاخص محیطی و آب و هوایی رود دره شامل، سبزی‌نگی، جداره‌های آبی، پیکربندی، جریان باد بوده و در وهله دوم بررسی تأثیر رود-دره بر خرداقلیم اطراف با نرم‌افزار انوی-مت به عنوان محدود ابزار شبیه-سازی دقیق فرآیندها و فعل و انفعالات اقلیمی است که قابلیت و امکان شبیه‌سازی در مقیاسی گسترده و شهری را با دقت بالا دارد.

بر روی رود-دره به عنوان عنصری اثر گزار بر خرداقلیم، تنها بر یکی از عناصر رود-دره، برای مثال جداره های آبی و تأثیر آن بر رفتار حرارتی محیط پیرامون انجام گرفته و از طرف دیگر بیشتر بررسی ها نیز بر حسب اندازه‌گیری‌های میدانی است که به دلیل محدودیت، تنها امکان مطالعه و بررسی وضع موجود و اثر آن بر محیط اطراف وجود دارد.

جدول 1- مرور ادبیات و مطالعات پیشین بر تأثیر جداره های آبی شهری و عناصر آن بر خرد-اقلیم

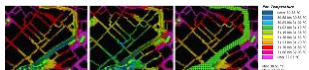
Tab. 1-Review of literature and previous studies on the impact of urban waterbodies and its elements on micro-climate

| اهداف مطالعه | پارامترهای شهری و محیطی | نتایج و روش تحقیق | تصویر |
|--|--|---|---|
| مطالعات مروری انجام شده در رابطه با تأثیر جداره های آبی شهری بر رفتار حرارتی | | | |
| مروری بر تأثیر فضاهای آبی بر خرداقلیم شهری؛ (Ampatzidis and Kershaw, 2020) | | | |
| اهداف مطالعه | اهداف مطالعه | نتایج و روش تحقیق | تصویر |
| <ul style="list-style-type: none"> - ارزیابی اثرات حرارتی جداره‌های آبی ایستا بر اقلیم شهری با تمرکز بر مرور مطالعات سنجش از راه دور | <ul style="list-style-type: none"> - تأثیر اندازه و شکل جداره های آبی در خنک‌سازی محیط‌های شهری - فقدان اتفاق نظر در ادبیات نظری به دلیل نتایج متفاوت ناشی از موقعیت‌ها و اقلیم‌های متفاوت - مطالعات مختلف و فقدان اطلاعات در رابطه با تنوع روزانه و فصلی ساختارها و فرآیندهای مختلف - خنک‌سازی بیشتر جداره‌های آبی گرد در موقعیت‌های با توزیع جهات باد گوناگون و جداره-های کشیده هم‌جهت با جریان باد در موقعیت‌های با جهت باد یکسان به دلیل تعامل بیشتر سطح آب و جریان باد - اثر منفی افزایش بخار آب بر خنک‌سازی محسوس - کاهش آسایش حرارتی و گسترش جزایر حرارتی شهری توسط فضاهای آبی شهری در طول شب | <p>شکل 1- چرخه تبخیری روزانه فضای آبی شهری (Ampatzidis and Kershaw, 2020)</p> | <p>اهداف مطالعه</p> <p>پارامترهای شهری</p> <p>پارامترهای محیطی</p> <p>روش تحقیق</p> |
| تجزیه و تحلیل تطبیقی ادبیات موجود و مرور مطالعات: اندازه‌گیری و آزمایشات میدانی - سنجش از راه دور - شبیه‌سازی عددی | | | |
| جداره‌های آبی، یک خرداقلیم شهری: مرور؛ (Manteghi et al., 2015) | | | |
| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه | روش تحقیق | تصویر |
| <ul style="list-style-type: none"> مرور نظری کیفیت اثرگذاری جداره‌های آبی بر خرداقلیم شهری با تمرکز بر پارامترهای موثر، روش‌های بررسی، گونه‌های جداره های آبی، مقیاس، ناحیه، زمان انتشار و... | <ul style="list-style-type: none"> - عدم بررسی جامع اثرات جداره های آبی بر دمای هوای شهری در مطالعات قبلی خصوصا تفاوت بین اثرات در طول روز و شب و همین‌طور تأثیر طراحی شهری در انتقال اثر خنک‌سازی از جداره های آبی به سمت شهر | <p>روش اسنادی</p> | <p>شکل 2- طبقه‌بندی جنبه‌های موضوعی (Manteghi et al., 2015)</p> |
| پارامترهای شهری | پارامترهای محیطی | روش تحقیق | تصویر |
| <ul style="list-style-type: none"> - جداره‌های آبی شهری | <ul style="list-style-type: none"> - دمای هوا | <p>مرور اسنادی</p> | <p>اهداف مطالعه</p> |
| مطالعات انجام شده با استفاده از انوی-مت به عنوان ابزار شبیه‌سازی | | | |
| آیا جداره‌های آبی واقعا خنک‌کننده هستند؟؛ (Jacobs et al., 2020) | | | |
| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه | | |
| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه | | |



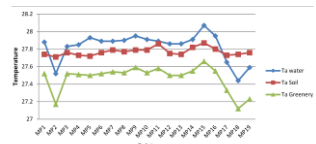
شکل 3- نمونه‌هایی از چهار طبقه‌بندی جداره-های آبی معمول هلند که در پروژه REALCOOL در نظر گرفته شده‌اند (Jacobs et al., 2020)

Fig. 3-Examples of the four categories of typical Dutch water bodies considered in REALCOOL (Jacobs et al., 2020)



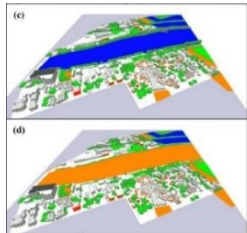
شکل 4- سناریوی جداره آبی موجود، کفسازی و سبزی‌نگی (Manteghi et al., 2016)

Fig. 4- Current waterbodies 2- Pavement 3-Vegetation Scenarios (Manteghi et al., 2016)



شکل 5- مقایسه میانگین نتایج سه سناریوی در نمونه مطالعاتی (Manteghi et al., 2016)

Fig. 5-Comparison of three scenarios average results on June 21 obtained from 19 selected points in case study area (Manteghi et al., 2016)



شکل 6- دیدهای سه‌بعدی از مدل پیکربندی سایت مورد مطالعه در انوی-مت شامل بلوک‌ها، سبزی‌نگی، جداره‌های آبی و متریال سطح زمین، دیوار و بام (Cruz et al., 2021)

Fig. 6-3d ConFigu.ration views of case study in ENVI-met, including blocks, greenery, water surfaces and land, walls and roof materials (Cruz et al., 2021)

- ارزیابی اثرات گرمایی محلی نزدیک به جداره-های آبی تک در قالب تفاوت‌ها در دمای هوا و دمای معادل فیزیولوژیکی
- تشخیص شدت اختلاط آشفته و جذب نور آب از طریق شبیه‌سازی‌های بهبود یافته دمای آب

پارامترهای شهری

- جداره‌های آبی شهری - سبزی‌نگی - فرم، جهت‌گیری و آرایش بلوک‌های شهری

پارامترهای محیطی

- اختلاط آشفته - جذب نور - دمای آب - دمای هوا
- دمای معادل فیزیولوژیکی (PET)

روش تحقیق: شبیه‌سازی نرم‌افزاری

ارزیابی آسایش حرارتی انسان در نزدیکی جداره آبی شهری در طول تابستان؛ Xu et al. (2010)

| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه |
|---|---|
| - بررسی اثرات جداره‌های آبی، سبزی‌نگی و وضعیت باد بر دما و رطوبت در مناطق ساحلی | - اثر چشم‌گیر جداره‌های آبی بر خنک‌سازی نواحی کرانه‌ای از 10 الی 20 متر از لبه ساحل با بیش‌ترین تأثیر |
| پارامترهای شهری | پارامترهای محیطی |
| - جداره‌های آبی شهری - سبزی‌نگی - مساحت جداره‌های آبی - فاصله از جداره‌های آبی | وضعیت باد - دمای هوا - میزان رطوبت |
| روش تحقیق | بر اساس اندازه‌گیری میدانی و شاخص حرارتی محاسبه شده از ناحیه ساحلی سایت موردنظر |

شبیه‌سازی انوی-مت⁵ بر تأثیر خنک‌سازی رود ملاکا؛ Manteghi et al. (2016)

| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه |
|--|---|
| - آنالیز توزیع دما در یک طرح معمول شهری با تعیین سناریوهای وجود و عدم وجود جداره‌های آبی و سبزی‌نگی - بررسی اثر خنک‌سازی جداره‌های آبی شهری بعنوان عاملی برای کاهش دمای محیطی افزایش یافته ناشی از شهرنشینی | - در نظرگیری اثر خنک‌سازی تبخیری جداره‌های آبی به عنوان آلترناتیوی برای خنک‌سازی دمای محیطی - در نظرگیری رودها به عنوان منابع خنک‌سازی برای خرد اقلیم اطرافشان |
| پارامترهای شهری | پارامترهای محیطی |
| - جداره‌های آبی - کف‌سازی - سبزی‌نگی | دمای هوای محیط |

ارزیابی اثر خنک‌سازی فضاهای آبی و سبز بر خرد اقلیم شهری به وسیله شبیه‌سازی عددی: مطالعه موردی رود Esplanade Iloilo، فیلیپین؛ Cruz et al. (2021)

| اهداف مطالعه | نتایج مطالعه |
|---|---|
| بررسی اثر حرارتی، کاهش حرارت و پتانسیل حفظ انرژی درختان و آب در طول رود موردنظر از طریق شبیه‌سازی عددی (به وسیله مدل انوی-مت) | - حداکثر برآورد اثر خنک‌سازی پارک شهری در فصل خشک و گرم 2.63 درجه، در اواسط بعد از ظهر - تأثیر فاصله افقی و عمودی از پارک، جهت باد و پوشش زمین اطراف بر تغییر اثر خنک‌سازی پارک |
| پارامترهای شهری | پارامترهای محیطی |
| - فضاهای آبی شهری - پوشش زمین - سبزی‌نگی - جزایر حرارتی شهری - توزیع فضایی پارک‌های شهری | - جریان باد - دمای هوا - پتانسیل حفظ انرژی |
| | - شبیه‌سازی با مدل انوی-مت و اعتبارسنجی با اندازه-گیری میدان |

مطالعات در رابطه با تأثیر رود-دره به عنوان جداره های آبی شهری بر خنک‌سازی محیط

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p>شکل 7- متوسط اختلاف دماهای میانگین، حداقل و حداکثر روزانه شهری و غیرشهری بین موقعیت‌های ساحلی و غیرساحلی (Tsayi et al., 2017)</p> <p>Fig. 7-Average differences in rural and urban daily mean, maximum and minimum temperatures between riparian and non-riparian locations (Tsayi et al., 2017)</p> | | <p>شرایط حرارتی ساحلی در یک چشم‌انداز مختلط روستایی و شهری (Tsayi et al., 2017)</p> | |
| <p>شکل 8 (a) تصویر و (b) نمای پلانی از مطالعه آزمایشی (Syaffi et al., 2016)</p> <p>Fig. 8-(a) Footage and (b) Plan view of the experiment study (Tsayi et al., 2017)</p> | | <p>اهداف مطالعه</p> <p>ارزیابی تفاوت‌های دمایی بین دالانهای ساحلی و سکونتگاه‌های غیرساحلی مجاور به منظور دریافت تأثیر مشخصات محیطی</p> <p>پارامترهای شهری</p> <p>- جداره های آبی شهری - شاخص شهری (سطوح غیرقابل نفوذ)</p> <p>- شاخص پوشش سایه‌بان (میزان پوشش زمین توسط سایه‌بان درخت)</p> | |
| <p>شکل 9- اختلاف دمای هوا، دمای آب، تابش خورشیدی و شرایط باد (Tsayi et al., 2017)</p> <p>Fig. 9- Temperature differences of air and water temperature with addition of global solar radiation and wind condition (Tsayi et al., 2017)</p> | | <p>روش تحقیق</p> <p>مشاهدات میدانی</p> <p>مطالعه تجربی تأثیر جداره های آبی بر محیط گرمایی در مدل مقیاس فضای باز؛ Syaffi et al. (2016)</p> | |
| <p>نتایج مطالعه</p> <p>- کاهش تنش‌های حرارتی تابستانی در مناطق شهری و غیرشهری توسط سایه‌بان</p> <p>- افزایش شاخص‌های حرارتی توسط میزان بالای شاخص شهری</p> <p>- اثر کاهش‌دهنده قابل توجه رودها بر شرایط حرارتی ساحلی شهری، به خصوص در آب‌وهوای بسیار داغ: 1 درجه خنک‌تر در موقعیت‌های ساحلی نسبت به موقعیت‌های غیرساحلی در فصل تابستان و تا 3 درجه در بعضی سایت‌ها در آب‌وهوای بسیار گرم</p> <p>- گرم‌تر بودن دالانهای ساحلی در فصل زمستان نسبت به موقعیت‌های غیر ساحلی</p> | | <p>اهداف مطالعه</p> <p>- بررسی توانایی جداره‌های آبی شهری در متعادل کردن خرداقلیم و کاهش تأثیر جزایر حرارتی از طریق اثر خنک‌سازی به وسیله تبخیر و انتقال حرارت بین هوا و آب</p> | |
| <p>شهری</p> <p>- فرم شهری - جداره های آبی شهری</p> | | <p>محیطی</p> <p>- دما هوای محیطی - اقلیم زمینه - تابش خورشیدی</p> | |
| <p>روش تحقیق</p> <p>- اندازه‌گیری و آزمایش میدانی مدل فیزیکی کوچک-مقیاس در فضای آزاد با توانایی باز تولید الگوهای حرارتی مشابه شرایط واقعی مطالعات در رابطه با تأثیر رود-دره‌ها با تمرکز بر تعامل عوامل محیطی (جداره های آبی)، فرم شهری و جریان باد بر خنک‌سازی محیط</p> | | | |
| <p>تعامل رودخانه‌ها و فرم شهری در تعدیل اثر جزایر حرارتی شهری: نمونه‌ای موردی در بریتانیا؛ Hathway and Sharples (2012)</p> | | | |
| <p>شکل 10 و 11- تصاویر هر گونه از سایت (راست) دیاگرام سایت مورد مطالعه (چپ) (Hathway and Sharples, 2012)</p> <p>Fig. 10, 11. Images of each site typology (Right) Diagram of the study site (Left) (Hathway and Sharples, 2012)</p> | | <p>اهداف مطالعه</p> <p>- بررسی تأثیر احتمالی رودهای شهری کوچک در کاهش تأثیر جزایر حرارتی شهری و نقش فرم شهری در افزایش و کاهش خنک‌سازی بالقوه کنار یک حاشیه رودخانه</p> | |
| <p>شهری</p> <p>- فرم شهری - تخلخل سطح - جداره های آبی</p> | | <p>محیطی</p> <p>- دمای هوای محیطی - جزایر حرارتی شهری - دمای آب رود - سرعت باد - رطوبت نسبی - تابش نور خورشیدی</p> | |
| <p>مدل‌سازی اثر جداره های آبی در فضای باز بر دمای تابستانی و آسایش حرارتی در شهر؛ Theeuwes and Steenveld (2013)</p> | | | |
| <p>نتایج مطالعه</p> <p>- بستگی غیر خطی اثر خنک‌سازی جداره‌های آبی به پوشش جزئی آب و اندازه آن و توزیع تک دریاچه‌ها در شهر با توجه به جهت باد</p> | | <p>اهداف مطالعه</p> <p>- پیشنهاد جداره‌های آبی روباز در طراحی شهری به عنوان راهکار کاهش اثر جزایر حرارتی شهری</p> | |
| <p>پارامترهای شهری</p> | | <p>روش تحقیق</p> <p>- بررسی و نظارت میدانی</p> | |



| | |
|--|--|
| <p>- در دریاچه‌های نسبتاً بزرگ، اثر دمای بالا نزدیک به مناطق لبه‌ها و در مناطق در مسیر باد</p> <p>- کاهش احتمالی دما ناشی از تبخیر جداره‌های آبی گرچه با افزایش بخار آب و کاهش آسایش</p> <p>- اثر منفی آب گرم‌تر از هوا (در طول پاییز و شب) بر آسایش حرارتی با کاهش خنک‌سازی</p> | <p>- پارامترهای نرم‌افزاری (پوشش سطح، مدل خیمه شهری، لایه مرزی، ناهمواری (زبری) سطح، سپیدایی و فرسودگی) - جزایر حرارتی شهری</p> <p>- پیکربندی (فرم) فضایی - جداره های آبی شهری، پوشش سطح آب، اندازه و میزان توزیع آن</p> |
| روش تحقیق | پارامترهای محیطی |
| <p>- مدل‌سازی عددی به وسیله مدل هواشناسی بزرگ مقیاس WRF و انجام آزمایش‌های حساسیت - سنجش آسایش حرارتی</p> | <p>- دمای هوا - دمای آب - تابش از سطح - شاخص‌های آسایش حرارتی</p> <p>- جریان باد - پارامترهای نرم‌افزاری (تابش‌های کوتاه‌موج و بلند، رطوبت، دمای خاک و...)</p> |

1-4-4-1- چارچوب نظری

1-4-4-1-1- تأثیر رود-دره بر خرداقلیم

در بخش زیر مبحث تأثیر رود-دره‌ها بر خرداقلیم محیط اطرافشان با تفکیک موضوع به پنج بخش کلی مورد بررسی قرار گرفته است: 1- بررسی تأثیر رود-دره به عنوان یکی از انواع سطوح آبی¹⁰ 2- بررسی تأثیر پوشش گیاهی کناره رود-دره بعنوان یکی از انواع دالان‌های سبز¹¹ در امتداد دالان‌های آبی 3- بررسی ناهمواری و مشخصات زمین رود-دره بر اقلیم 4- بررسی تأثیر جریان باد و الگوی آن در تعامل با جداره های آبی 5- بررسی خدمات اقلیمی و محیطی رود-دره‌ها به‌عنوان یکی از انواع سطوح آبی و پوشش‌های گیاهی (دالان‌های سبز) ساحلی¹² به زیست‌بوم اطرافشان.

1-4-4-1-2- تأثیر رود-دره بر اقلیم به عنوان جداره آبی

در صورتی که رود-دره‌ها را به صورت کلی مشمول جداره های آبی در نظر بگیریم، تعداد زیادی از مطالعات ادعا می‌کنند که خنک‌سازی تبخیری¹³، از ویژگی‌های آب یا جداره های آبی، یکی از مهم‌ترین روش‌های خنک‌سازی غیر فعال¹⁴ در فضاهای شهری و در ساختمان‌ها است (Wong et. al., 2012; Krüger and pearlmutter, 2008). جداره های آبی به‌طور خاص به کاهش دمای هوا اطرافشان از طریق تبخیر¹⁵ (Oke, 1992) و همرفت¹⁶ (Spronken-Smith, 2000) کمک می‌کنند. بودجه حرارتی یک رودخانه، به شاره‌های حرارتی¹⁷ محسوس¹⁸، تابشی¹⁹ و تبخیری²⁰ بین رود و محیط اطرافش ارتباط دارد. فرآیندی که به بیشترین تأثیر منجر می‌شود بستگی به وضعیت محیط محلی دارد. جهت شار گرما²¹ در طول چرخه روزانه متغیر است، برای مثال، جذب

تابش خورشیدی در طول روز و تابیدن تابش‌های امواج موج‌بلند²² در طول شب. با این حال به‌نظر می‌رسد که گرمای تابشی²³ که در طول روز توسط رودخانه جذب و تضعیف می‌شود بیش از میزانی است که در طول عصر یا شب در محیط منتشر می‌شود، حداقل برای مناطق غیر شهری (Webb and Zhang, 1997).

میزان خنک‌سازی فضاهای آبی با افت درجه حرارت آب - انتقال آن - به هوا و توازن تابش خالص²⁴ ارتباط مثبت دارد، درحالی که به پتانسیل تبدیل تبخیری²⁵ و تحول جوی²⁶ نیز مرتبط است (Hathway and Sharples, 2012). همراه با تابش، انتقال حرارت تبخیری نیز اثبات شده است که برای حذف گرما از رودخانه مهم است. در کنار کاهش دمای رودخانه به دلیل تبخیر، رطوبت مناطق اطراف آن افزایش خواهد یافت، و تفاوت‌های دمای بالاتر ثبت شده در این وضعیت به معنای آن است که توانایی بالقوه برای خنک‌سازی محسوس هوا نیز افزایش خواهد یافت.

وب²⁷ و ژانگ²⁸ (1997)، این مسأله را دریافتند که شار حرارتی تبخیری، به‌طور قابل ملاحظه‌ای با شرایط آب-هوا متغیر است، به‌طوری که با سرعت بالای باد و رطوبت کم افزایش می‌یابد. همچنین این مسأله دریافت شد گرمایش محسوس²⁹ رودخانه، که به‌طور مستقیم مربوط به خنک‌سازی محسوس هواست، بیش‌ترین اثرات را بر روی دمای رودخانه در مناطق سایه‌دار خواهد داشت، یعنی، جایی که تأثیر محدودی از تابش خورشیدی وجود دارد (Webb and Zhang, 1997).

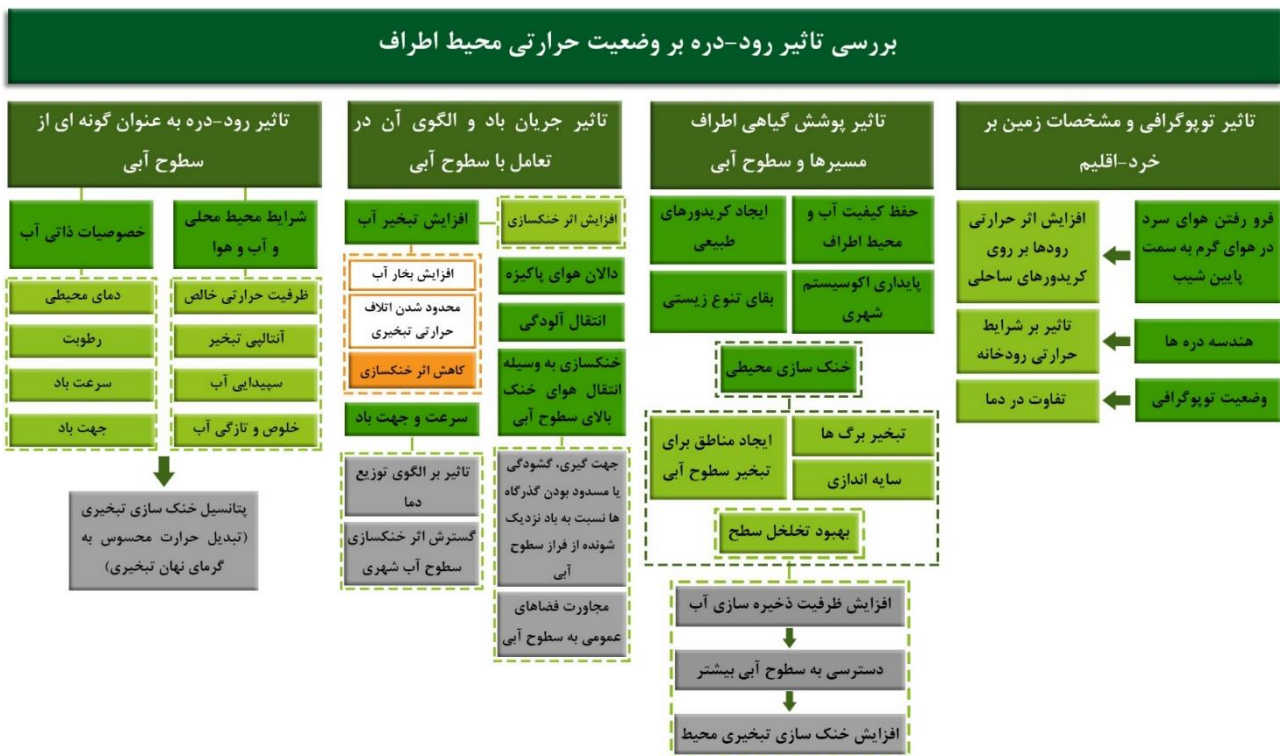
به‌طور کلی توانایی یک جداره آبی در تأثیرگذاری بر محیط شهری اطراف اصولاً وابسته به شرایط محیطی محلی و آب و هوا، مثل دمای محیطی، رطوبت، سرعت

و جهت باد، در کنار ویژگی‌های ذاتی آب، یعنی ظرفیت گرمایی ویژه³⁰، آنتالپی تبخیر³¹ و... است. به طور کلی، یکی از بیشترین اثرات حرارتی ثبت شده در فضاهای آبی پتانسیل خنک‌سازی تبخیری است، به معنی تبدیل گرمای محسوس به حرارت نهان تبخیر³² (Stothopoulos, 2006; Webb and Zhang, 1997) (شکل 13)

1-4-3- تأثیر پوشش گیاهی اطراف دالان‌ها و جداره‌های آبی بر خرد اقلیم
شواهد مربوط به این مسأله که قابلیت خنک‌سازی سبزی‌نگی شهری به اندازه کافی قدرتمند است تا محیط در مقیاس محلی را خنک کند به‌طور خلاصه در مرور ادبیات انجام شده توسط بولر³³ و همکاران بیان شده است (2010-b). از منظر بولر و همکاران (2010)، یکی استراتژی‌های سازگاری به منظور خنک‌سازی شهرها و شهرک‌ها ایجاد سبزی‌نگی در مناطق شهری است.

سبزی‌نگی شهری ظرفیت بالایی برای بهبود اقلیم مناطق شهری به‌وسیله فرآیند تبخیر برگ‌ها، سایه‌اندازی و ارائه سطوح داشته و مناطقی برای تبخیر آب جداره‌های آبی است (Givoni, 1991).

در کنار ایجاد سایه و خنک‌سازی از طریق تبخیر و تعرق از پوشش گیاهی، فضای سبز معمولاً باعث بهبود تخلخل سطح³⁴ شده، بنابراین ظرفیت موجود برای ذخیره‌سازی آب و در نتیجه دسترسی به آب برای خنک‌سازی تبخیری را افزایش می‌دهند. ورود مجدد آب از طریق ادغام حساب شده سطوح متخلخل، برای مثال سنگ‌فرش متخلخل، یا وجود سطوح آبی، مانند حوضچه‌ها یا رودخانه‌ها، پتانسیل کاهش جزایر حرارتی شهری را از طریق بازگرداندن دسترسی به رطوبت سطوح، به‌میزانی شبیه مناطق غیر شهری دارد. در همین رابطه، در پژوهشی، فرآیند تبخیر مورد مطالعه قرار گرفته و سرمایه‌های حاصله برای شهرهای مختلف با مدل‌های اعتبارسنجی شده برای طیف وسیعی از مکان‌ها نشان داده شده است (Grimmond and Oke, 1991).



شکل 13- نمودار یکپارچه چارچوب نظری تأثیر رود-دره بر وضعیت حرارتی محیط اطراف

Fig. 13-Theoretical framework integrated diagram of river-valleys impacts on thermal condition of the surrounding environment



1-4-5- اثر ناهمواری و مشخصات زمین رود دره بر اقلیم

مور³⁷ و همکاران (2005) نشان دادند که دره‌های شیب‌دار ممکن است اثر حرارتی رودها را بر روی دالان‌های ساحلی به دلیل فرو رفتن هوای سرد در هوای گرم در حرکت به سمت پایین شیب افزایش دهد و پیشنهاد می‌دهد که هندسه دره‌ها نیز ممکن است بر روی شرایط حرارتی رودخانه‌ای تأثیرگذار باشد (Moore et. al., 2005). علاوه بر آن بروکس³⁸ و کایکر-اسنومن³⁹ (2009) در مطالعه خود ادعا می‌کنند که دلیل عدم تفاوت در دمای بین موقعیت‌های ساحلی و غیر ساحلی در مطالعه‌شان، احتمالاً به جهت ناهمواری صاف زمین سایت‌شان بوده است (با شیب رود-دره 0/8) (Brooks and Kyker-Snowman, 2009) (شکل 13).

1-4-6- خدمات رودها به اکوسیستم اطرافشان (از نگاه پایداری زیست‌محیطی)

ساختارهای طبیعی درون شهری نقش کلیدی در آفرینش فضاهای سبز شهری پایدار ایفا می‌کنند؛ این ساختارهای طبیعی نظیر رود-دره‌ها، دریاچه‌ها، جنگل‌ها ضامن تحمل پذیری، پایداری، دیرپایی کیفیت طبیعی شهر هستند و پتانسیل‌های گردشگری درون شهری را برای چنین فضاهایی رقم می‌زنند (Micarelli et. al., 2007). فضاهای سبز و سبز-راه‌ها همچنین موجب ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی می‌شوند و برای نگهداری از کیفیت زیست‌محیطی ضروری هستند. این امر در خصوص رودخانه‌ها و مسیل‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد. سبز راه‌های طبیعی در امتداد رودخانه‌ها و مسیل‌ها، دالان‌هایی تشکیل می‌دهند که بیشترین نقش را در حفاظت از کیفیت آب دارا هستند. ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی و ایجاد پیوستگی‌های منطقی میان این دالان‌ها برای حفاظت از گونه‌های گیاهی و حیات وحش ضروری است (Shabani, 2006).

دالان‌های سبز در طول نهرها، رودخانه‌ها و رود-دره‌ها، دالان‌های طبیعی را شکل می‌دهند که نقش بسیار حیاتی در حفظ کیفیت آب و افزایش کیفیت محیطی دارند. علاوه بر این، ارتباط میان این دالان‌ها، برای بقای

مطالعه تسای و همکاران (2017) نه تنها مسأله اثر سرمایشی بلکه اثر گرمایشی را نیز در دالان‌های ساحلی زمانی که دمای هوا خیلی سرد است مطرح می‌کند، به ویژه زمانی که هوا به کمتر از 0 درجه سانتیگراد می‌رسد. این اثر گرمایشی بر خلاف سایت‌های غیر شهری در سایت‌های شهری مشهود بود. دامنه حرارتی روزانه رودخانه‌ها از دمای هوای اطراف کمتر است، زیرا آب دارای ظرفیت گرمایی ویژه نسبتاً بالایی است (Steenveld et. al., 2014; Tsai et. al., 2017) (شکل 13).

1-4-4- تأثیر جریان باد و الگوی آن در تعامل با جداره های آبی

رود-دره‌ها همچنین، دالان‌های جریان هوا و آب هستند که در کاهش آلودگی هوا، یا بالعکس انتقال آلودگی هوا در صورت حضور منبع آلاینده در مسیر بالادست، بسیار مؤثرند (Irani Behbahani et. al., 2012). جهت و سرعت باد در گسترش اثر خنک‌سازی جداره‌های آبی شهری حیاتی هستند. شرایط باد می‌تواند الگوهای متنوعی برای توزیع دما ایجاد کند (Kim et. al. 2008). بادی که در بالای یک دریاچه به سمت محیط اطراف حرکت می‌کند، تلی از هوای گرم‌تر یا خنک‌تر هم جهت با خودش در شهر یا در مناطق غیر شهری ایجاد می‌کند. به همین جهت، به‌عنوان مثال خیابان‌هایی که در جهت مسیر باد هستند یا یک میدان عمومی که در مجاورت فضای یک جداره آبی است وضعیت حرارتی بهتری نسبت به خیابان‌های مسدود به آن پیدا می‌کند (Han et. al., 2011; Hathway and Sharples, 2012; Theeuwes et. al., 2013). افزایش ظرفیت ذخیره حرارتی آب می‌تواند شار تبخیری³⁵ را به خوبی در شب حفظ کند. بادهای نسبتاً شدید بالای سطح آب تبخیر را افزایش داده و ممکن است اثر خنک‌سازی را افزایش داده، درحالی‌که افزایش مقدار بخار آب باعث محدود شدن اتلاف حرارت تبخیری³⁶ شده و ممکن است باعث کاهش اثر خنک-سازی شود (Stathopoulos, 2006; Webb and Zhang, 1997) (شکل 13).

تنوع زیستی و به همان میزان پایداری اکوسیستم شهری حیاتی است (Valencia-Sandoval et. al., 2010; Ustundag et. al., 2011). در قدم اول این مطالعه در نظر دارد تا تأثیرگذاری رود دره‌ها را به‌عنوان یکی از مهمترین سرمایه‌های طبیعی در یک کلان شهر - به‌ویژه شهر تهران با توجه به معضلات اقلیمی و کیفیت نامطلوب هوای آن - از منظر اهداف زیست‌محیطی توسعه پایدار مورد بررسی قرار داده و دریابد که این رود-دره‌ها تا چه میزان در دستیابی به هدف بهبود شرایط اقلیمی در محیط اطراف خود و یا بیشتر اثرگذاری دارند. در نهایت آنچه که در رابطه با افزایش پایداری زیست‌محیطی در مناطق مورد نظر خود، در غایت اهداف خود به دنبال آن است، تأثیرگذاری و بهبود کیفیت خرداقلیم محیط اطراف این رود-دره‌ها، از طریق بیان اهمیت احیای ارزش‌های طبیعی و اکولوژیک از دست‌رفته و زائل شده آن‌هاست، تا بتواند با بیان اثرات اقلیمی احیای ارزش‌های زیست‌محیطی و بوم‌شناختی آن‌ها، به هر دو هدف خود یعنی احیای رود-دره‌ها و تأثیر مثبت بر پارامترهای اقلیمی محیط اطراف آنها در راستای نیل به کیفیت هوا و کیفیت زیست‌محیطی بهتر دست پیدا کند.

1-5-5- معرفی نمونه مطالعاتی

1-5-1- رود-دره درکه

رودخانه درکه (شکل 14)، جاری در قعر دره درکه، واقع در شمال تهران، از کوه‌های شمال تهران و از ارتفاعات شاه‌نشین سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه در فصل بهار بسیار آبدیده بوده، اما با افزایش دمای هوا به تدریج از میزان آب آن کاسته می‌شود. این رود فصلی نبوده و به دلیل بارش‌های فراوان در بالادست تقریباً در تمام فصول سال جاری است. با این تفاسیر اگر در فصل زمستان و اوایل فصل بهار بارندگی‌ها غالب به صورت برف باشد، رودخانه در تابستان هم جوشان و خروشان است ولی بالعکس اگر در زمستان بارش کم و جنب حاره به منطقه نزدیک باشد و در اواخر اسفند باران در ارتفاعات ببارد، احتمال آن هست که برف کوه‌ها به سبب باران حاصل شده به صورت سیل طغیان کرده و به پایین‌دست جاری شود. در تابستان نیز گرچه رود درکه مانند آبراهه‌ای باریک در پایین دست نمایان می‌شود اما کماکان باقیست.

1-5-2- حوضه آبخیز درکه

مساحت این حوزه در محدوده کوهستانی 25.5 و در محدوده شهری (زیرحوضه درکه پایین) 12.5 کیلومتر مربع است. رودخانه درکه پس از گذر محدوده کوهستانی به پهنای تقریبی 10 متر و عمق متوسط 4 متر وارد محدوده شهری شده و به‌وسیله کانال بتنی با عرض بین 7 متر تا 3.5 متر (جنوب بوستان گفت‌وگو) از کنار بزرگراه چمران تا کوی نصر ادامه مسیر داده، وارد کانال سیل برگردان غرب می‌شود. میزان رسوب رودخانه در حدود 50 تا 90 هزارتن در سال برآورد شده است. گستردگی و شیب حوضه زهکشی این رودخانه به گونه‌ای است که می‌تواند طغیان‌های بزرگی ایجاد کند (Moghimi and Safari, 2010).



شکل 14- رود-دره درکه

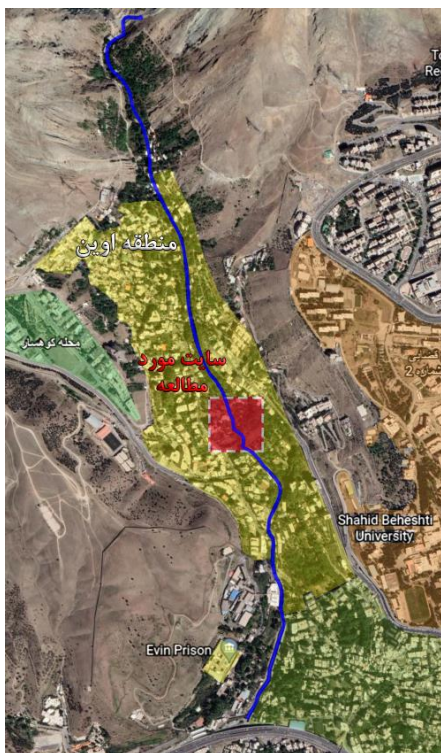
Fig. 14- Darakeh River-Valley

2- روش تحقیق

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر عوامل محیطی و طبیعی رود-دره بر خرداقلیم و به‌ویژه شاخص‌های حرارتی آن انجام گرفته است. اطلاعات با استفاده از روش روش اسنادی (تکیه بر منابع کتابخانه‌ای) و بررسی میدانی جمع‌آوری شده است. در تحقیق حاضر چهار عامل طبیعی عمده محیط رود-دره‌ها یعنی جداره‌های آبی، سبزی‌نگی، جنس خاک و مصالح، ناهمواری، جریان باد به عنوان متغیرهای مستقل و تعدادی از شاخص‌های مربوط به رفتار حرارتی خرداقلیم نظیر دمای هوای

مطالعه موردی با مختصات 35.80 شمالی و 51.38 شرقی انتخاب شد.

محدوده انتخاب شده در شمال شرق منطقه 2 شهرداری تهران (مرز میان منطقه 1 و 2)، یک بافت شهری با کاربری مسکونی-تفریحی، به طول 240*240 متر بوده و به جهت شیب تند آن دارای وضعیت ناهمواری و کدهای ارتفاعی متنوعی است که در بازه 1650 متر از سطح صفر دریا تا 1680 متر در بخش‌های مسکونی شمال شرقی آن متغیر است (شکل 15).



شکل 15- موقعیت محدوده مطالعاتی در منطقه و بخش انتخاب شده از رود-دره در مقایسه با کل مسیر و همجواری‌های آن

Fig. 15- Location of the study area in the region and the selected part of the river-valley in comparison with the whole route and its neighborhoods

3-2- دلایل انتخاب نمونه مطالعاتی

سایت انتخاب شده برای شبیه سازی بخش کوچکی از بستر رود-دره درکه و محدوده بلافاصل آن است (شکل 15 و 16) و دلایل انتخاب سایت مورد نظر به شرح زیر است:

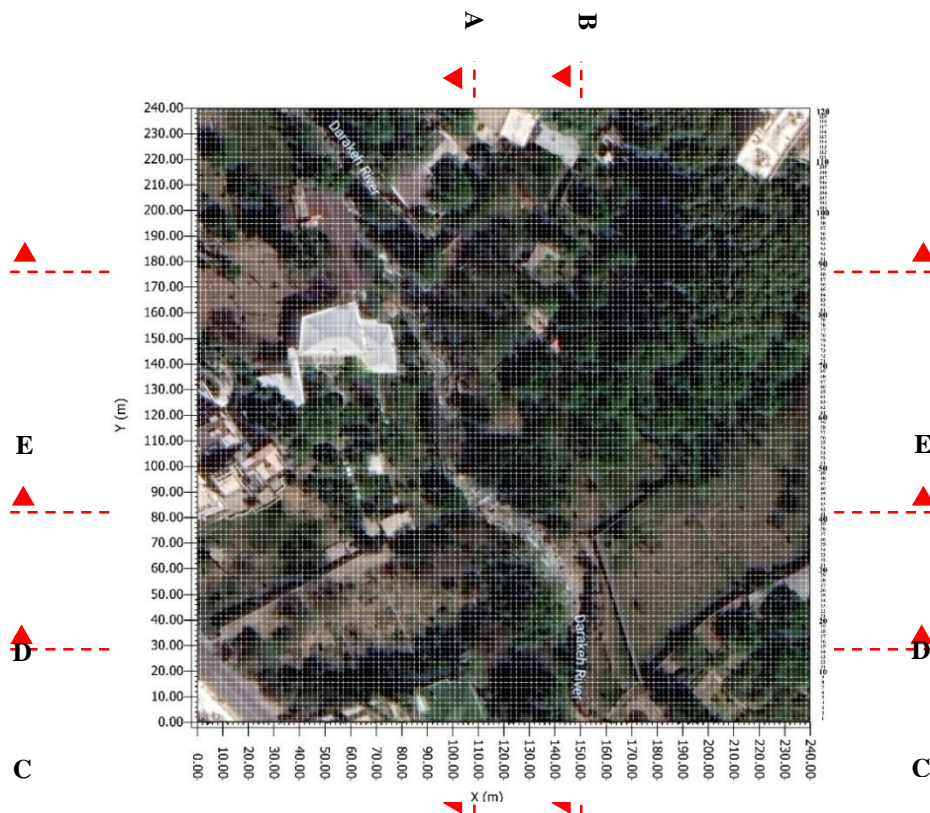
بالقوه، میانگین دمای تابشی، رطوبت نسبی، سرعت باد به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده‌اند. در تحقیق حاضر از مدل انوی-مت به عنوان ابزار پژوهش و به منظور سنجش تأثیر عناصر محیطی رود-دره بر شاخص‌های حرارتی اقلیمی از طریق شبیه‌سازی محیط رود-دره و خرداقلیم آن استفاده شده است. انوی-مت، مدل شبیه‌سازی خرداقلیم است که در آن همه عواملی که بر آسایش حرارتی مانند سرعت و جهت باد، میانگین-دمای تابشی، دمای هوا و... تأثیر می‌گذارند، به منظور استخراج شاخص‌های آسایش حرارتی شبیه‌سازی می‌شوند. همچنین این نرم‌افزار به‌طور گسترده برای شبیه‌سازی اقلیم خرد (Ali-Toudert and Mayer, 2006; Dimoudi and Nikolopoulou, 2003) و در رابطه با یکی از موضوعات مورد بررسی در این پژوهش یعنی اثرات حرارتی جداره‌های آبی (Jacobs et. al., 2020) مورد استفاده قرار گرفته است. انوی-مت به یک فایل ورودی منطقه سه بعدی و یک فایل پیکربندی که شامل پارامترهای ورودی می‌شود، احتیاج دارد (Wang et. al., 2016).

2-1- اعتبارسنجی نرم‌افزار

دقت نتایج انوی-مت (Bruse, 2014) در تعداد زیادی از مطالعات به وسیله مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی و اندازه‌گیری‌های میدانی ارزیابی شده است. این مطالعات نشان داده‌اند که انوی-مت قادر به شبیه‌سازی عددی محیط حرارتی فضای باز مدل‌های اقلیمی است و دقت بالایی نیز دارد (Taleb and Abu-Hijleh, 2013; Taleghani et. al., 2015; Wong et. al., 2007; Srivanit and Hokao, 2013; Farhadi et. al., 2018; Jacobs et. al., 2020; Di Giuseppe et. al., 2021). انوی-مت امکان آنالیز تأثیرات تغییرات کوچک-مقیاس در طراحی شهری (به طور مثال، درختان، فضای سبز حیاط، دسته ساختمان‌های جدید برجسته) بر روی خرداقلیم تحت وضعیت‌های میان مقیاس متفاوت را می‌دهد.

2-2- معرفی نمونه مطالعاتی

به منظور انجام مطالعات، بخشی از سایت منطقه رود-دره "اوین-درکه" در شمال شهر تهران به عنوان



شکل 16- عکس هوایی از محدوده سایت (محیط کالبدی) موردنظر منطبق بر مش بندی اعمال شده در محیط مدل سازی نرم افزار (Google Earth)

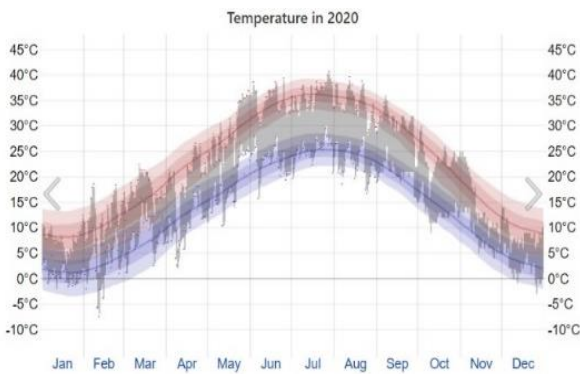
Fig. 16- Satellite image of site area (physical environment) matched to the modelling grids set. in ENVI-metamodeling tool (Spaces) Environment

رود، جنس خاک، جریان آب (گرچه متغیر) حفظ شده است، که این مسأله با توجه به ضرورت وجود وسعتی کافی از عناصر طبیعی به منظور اثرگذاری بر محیط، حائز اهمیت است.

منطقه مورد نظر بخشی از محدوده رود-دره در که است که به دلیل قرارگیری در محدوده تفرجی و مسیر تفریحی و کوهنوردی رود-دره، به میزان بسیار زیادی مورد استفاده کاربران به ویژه عابرین پیاده است. به همین دلیل سامان دهی این محدوده از لحاظ بهبود آسایش حرارتی- که به دلیل افزایش عناصر طبیعی، بهبود کیفیت منظر طبیعی محدوده را نیز در پی دارد- از اهمیت و اولویت بالایی برخوردار است. همچنین همان طور که در شکل 15 مشخص است، این سایت بخشی از مسیر رود-دره است که به طور تقریبی در میانه مسیر در منطقه اوین و مهمتر از آن تقریباً در مرکزیت بافت پیرامون یعنی محله

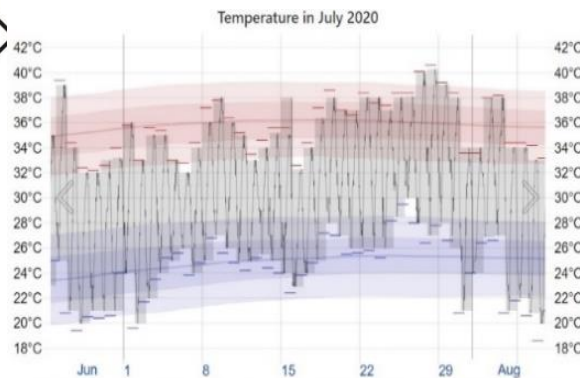
مهم ترین ویژگی محدوده مورد نظر موقعیت قرارگیری آن در محدوده شهری است که به عبارت دیگر در این محدوده تلفیق ویژگی های طبیعی رود-دره و محیط مصنوع شهری، امکان مشاهده و بررسی نحوه اثرگذاری پارامترهای اقلیمی ناشی از حضور رود-دره بر روی خرداقلیم محیط شهری را فراهم کرده است که همان طور که در بخش مبانی نظری ذکر شد، تلفیق ساختار طبیعی رود-دره و بافت شهری، موقعیت ویژه و کمیابی به این محدوده از شهر تهران با توجه به ویژگی های اقلیم غالب مناطق و شهرهای مختلف کشور بخشیده است.

علاوه بر ویژگی قرارگیری در بافت شهری یا همجواری با آن، سایت مورد نظر از معدود مناطق در بستر رود-دره مورد نظر است که زمین آن از لحاظ تغییرات ناشی از توسعه شهری به نسبت، دچار تغییرات کمتری شده و عناصر و ویژگی های طبیعی آن شامل سبزیگی، بستر



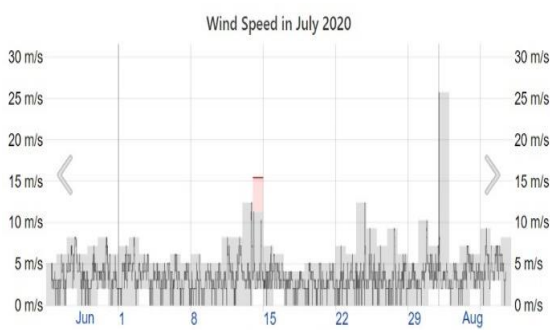
شکل 17 - نمودار ماهانه میانگین دمای هوای تهران در سال 2020 (Weather Spark)

Fig. 17- Monthly graph of average air temperature in Tehran in 2020



شکل 18 - نمودار روزانه میانگین دمای هوای تهران در ماه جولای به عنوان گرم‌ترین ماه

Fig. 18- Daily chart of average temperature in Tehran in July as the hottest month during 2020



شکل 19 - نمودار روزانه میانگین سرعت باد در تهران در ماه جولای 2020 (Weather Spark)

Fig. 19- Daily chart of average wind speed in Tehran in July 2020

اوین قرار دارد و همجوار با محله کوهسار در غرب و مجموعه دانشگاه شهید بهشتی در شرق است. به دلیل قرارگیری این بخش از رود-دره درکه در میان بافت شهری مسکونی و یکپارچگی بیشتر با آن به نسبت دیگر بخش‌ها و وجود زمین‌های ساخته نشده (و یا ساخته شده با سطح اشغال پایین) و زمین‌های بکر باقی‌مانده در اطراف رود-دره که امکان برنامه‌ریزی مداخله و طراحی برای احیای محیط طبیعی رود-دره را فراهم می‌آورد، این بخش به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد.

2-4- فرآیند انجام شبیه‌سازی‌ها

2-4-1- جمع‌آوری اطلاعات اقلیمی

به منظور دریافت اطلاعات اقلیمی مورد نیاز برای اقلیم‌شناسی و تنظیمات مربوط به شبیه‌سازی، در مقیاس‌های کلان اتمسفری و زمانی (سالانه) از آرشیو داده‌های اقلیمی و هواشناسی سایت‌های معتبر هواشناسی نظیر Weather Spark به منظور انجام تحلیل‌های اقلیمی کلی و برای جمع‌آوری داده‌های محلی نیز از آرشیو داده‌های ایستگاه سینوپتیک شمیران به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به سایت مورد نظر استفاده شد. بر این اساس، با انجام تحلیل تغییرات میانگین کلی دمای سالانه تهران در سال 2020 مشخص شد که ماه جولای در این سال گرم‌ترین ماه سال (شکل 17) و روز 28 ام ماه نیز با حداکثر دمای 38 درجه سانتی‌گراد، گرم‌ترین روز در ماه جولای (شکل 18) و سال 2020 بوده است. همچنین با بررسی نمودار میانگین سرعت باد (شکل 19 و شکل 20) در طول روز که از جمله داده‌های موردنیاز ورودی نرم‌افزار است، سرعت 2 m/s به عنوان میانگین کل ساعت‌ها و پرتکرارترین سرعت در طول روز انتخاب شد، جهت باد نیز متناسب با اقلیم کلی تهران از غرب به شرق (زاویه 270 درجه) تعیین شد.

دستی و ساعتی، برای ساعات مختلف بازه شبیه‌سازی وارد شد.

جدول 2 - داده‌های ورودی و تنظیمات اولیه نرم‌افزار برای شبیه‌سازی

Tab. 2-Input data and basic software settings for simulation

| داده‌های ورودی شبیه‌سازی | | | |
|--------------------------|-----------------|---------|-------------------------------|
| تاریخ | 2020/07/28 | جهت باد | m/s 2 |
| زمان | 05:00 الی 20:00 | رطوبت | Simple روش (ورود) |
| دما | Simple روش | نسبی | Forcing دستی داده‌های (ساعتی) |

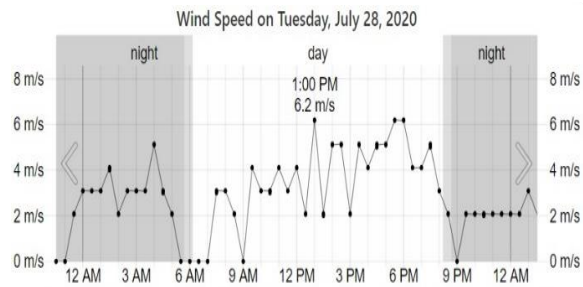
2-5-2- پیکربندی

اولین مرحله تحلیل نرم‌افزاری، مرحله پیکربندی است که در ابعاد مختلف زیر روند آن شرح داده خواهد شد:

2-5-3- سبزی‌نگی

با توجه به وجود طیف گسترده‌ای از انواع پوشش گیاهی در سایت مورد نظر و از سوی دیگر محدودیت‌های نرم‌افزار انوی-مت در ارائه تعدادی محدود از انواع درختان و گیاهان و با در نظرگیری این نکته که این پوشش گیاهی غالب در سطح سایت، بر خلاف نرم‌افزار، نه تنها دارای یک مقیاس و مشخصات نبوده (شامل ارتفاع، عرض تاج و...) بلکه شامل گوناگونی قابل توجهی از لحاظ رشد، مقیاس، اندازه، عرض، ارتفاع و نظیر آن‌ها است؛ همانند روش اتخاذ شده در پژوهش‌های مشابه که از این نرم‌افزار استفاده کرده‌اند، به منظور مدل‌سازی سبزی‌نگی، از پوشش گیاهی غالب منطقه، یعنی درختان چنار که دارای فراوانی غالب توجهی در مقایسه با دیگر انواع درختان در منطقه است، استفاده شد.

در این بخش نیز با توجه به مشاهدات میدانی و به جهت محدودیت نرم‌افزاری و با در نظرگیری این نکته که اصلاح درختان باید تنها در چارچوب حفظ ویژگی‌های کلی آن‌ها و عدم تغییر ویژگی‌های اصلی و ماهیتی‌شان باشد (که در غیر این صورت اثرات آن در ابعاد مختلف بر خرداقلیم نیز تغییر خواهد کرد)، درختان چنار در مدل (با اسم علمی پلاتانوس⁴⁰) در سه مقیاس مختلف، به طور



شکل 20- نمودار ساعتی میانگین سرعت باد در تهران در روز 28 جولای 2020 (Weather Spark)

Fig. 20-Hourly average wind speed chart in Tehran on July 28, 2020

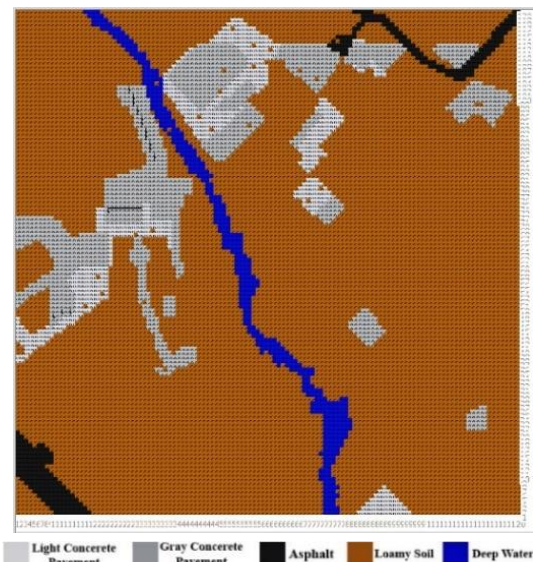
2-5-5- تحلیل نرم‌افزاری

به منظور انجام تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌های اقلیمی از نرم‌افزار انوی-مت استفاده شد، که می‌توان آن را مناسب‌ترین نرم‌افزار آنالیز اقلیمی، در مقیاس وسیع دانست، از آن جهت که انوی-مت جزو محدود مدل‌هایی است که امکان تحلیل‌های اقلیمی را در این مقیاس فراهم کرده و نتایج آن نیز بر اساس اعتبارسنجی‌های انجام شده در پژوهش‌های پیشین که مورد استفاده قرار گرفته است، در صورت صحت داده‌های ورودی و درستی تنظیمات بر اساس شرایط محیط مورد نظر، قابل اعتماد است. تحلیل نرم‌افزاری شامل سه مرحله کلی تنظیمات و داده‌های ورودی، مدل‌سازی، شبیه‌سازی و استخراج نتایج است.

2-5-1- تنظیمات اولیه

به منظور انتخاب تاریخ و زمان انجام شبیه‌سازی، با رویکرد انتخاب بحرانی‌ترین گزینه در رابطه با آسایش حرارتی، روز 7 مرداد (07/28/2020) به عنوان گرم‌ترین روز سال و ساعت 12 ظهر با بالاترین دمای هوای این روز به‌منظور مشاهده حداکثر تأثیر رود-دره در خنک‌سازی بحرانی‌ترین روز از لحاظ دمایی و آسایش حرارتی به عنوان روز مورد نظر انتخاب شد. بخشی از داده‌های ورودی به عنوان تنظیمات نرم‌افزار در جدول 2 قابل مشاهده است. همچنین داده‌های مورد نیاز شبیه‌سازی اتمسفر نظیر درصد رطوبت نسبی و دمای هوا، از طریق آرشیو داده‌های ایستگاه هواشناسی شمیران، قابل دسترسی در سایت هواشناسی کشور، برای ساعات مختلف روز مورد نظر جمع‌آوری و به صورت

ماهواره‌ای به کار برده شده است و نیز برای جلوگیری از تعدد متغیرهای مورد بررسی، مصالح ساختمان‌ها مشابه یکدیگر در نظر گرفته شد (شکل 22).



شکل 22- مصالح و جنس خاک سطح در مدل‌سازی

Fig. 22- pavement and soil materials image of input file

2-5-6- ناهمواری

از جمله ویژگی‌های اصلی رود-دره‌ها وجود ناهمواری و اختلاف ارتفاعی در سطح زمین است و در بررسی آن‌ها از لحاظ اقلیمی، این ویژگی به جهت اهمیت و مقیاس اثرگذاری آن حتماً باید در نظر گرفته شود. سایت مورد نظر نیز به جهت قرارگیری در موقعیت رود-دره درکه دارای این اختلاف ارتفاعی در تراز مربوط به سطح زمین در سراسر سایت بوده و فارغ از اهمیت آن به عنوان ویژگی ماهوی رود-دره، مقیاس این اختلاف ارتفاعی به میزانی است که آن را غیر قابل چشم‌پوشی کرده و عدم در نظرگیری آن فارغ از موضوع مورد بررسی (رود-دره یا هر نوع فضای دیگر)، به معنی عدم در نظرگیری اثرات آن در تعاملات شبیه‌سازی خرداقلیم بوده که در نتیجه، منجر به استخراج نتایج نادرست و غیر دقیق خواهد شد. به همین جهت، ناهمواری زمین در نرم‌افزار مدل‌سازی شده و برای این منظور و تعیین مشخصات ناهمواری، از اطلاعات سایت Google Earth به منظور تعیین تراز هر قطعه زمین (که مرز هر قطعه به‌عنوان یک شبکه بر اساس وضعیت شبکه‌بندی مدل در محیط مدل‌سازی

خلاصه شامل، نوع اول با ارتفاع 15 متر و عرض تاج 13 متر، نوع دوم با ارتفاع 10 و عرض تاج 9 متر و نوع سوم با ارتفاع و عرض تاج 7 متر دسته‌بندی شدند. به منظور جلوگیری از نکته مذکور، این تغییرات تنها با تغییر مقیاس خودکار درختان توسط تنظیمات خود نرم‌افزار انجام شده است (شکل 21). لازم به ذکر است که انتخاب درخت چنار به جهت مشاهده غلبه آن از لحاظ تعدد در سایت، در بررسی میدانی بود.



شکل 21 - وضعیت موجود سبزی‌نگی مدل شده در

انوی-مت

Fig. 21- vegetation situation image of input file

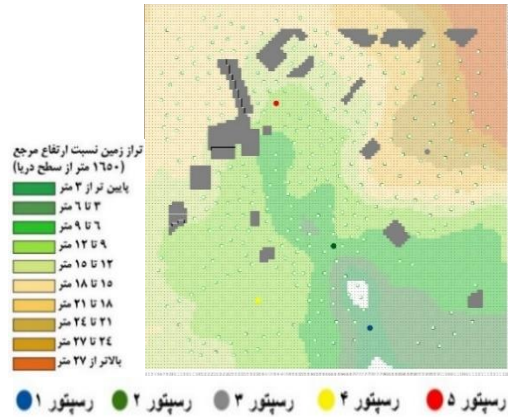
2-5-4- جداره های آبی

اصلی‌ترین ویژگی یک رود-دره وجود یک مسیر آبی یعنی رود است، به‌همین دلیل طبعاً حضور یا عدم حضور جداره آبی می‌بایست به عنوان یکی از متغیرهای موردنظر به‌منظور بررسی و شبیه‌سازی اثر آن بر میکرو-اقلیم در نظر گرفته شود. همچنین باتوجه به اهمیت و تأثیرات اقلیمی مترتب بر حضور جداره آبی که در بخش مبانی نظری مورد تأکید قرار گرفته است، اهمیت لحاظ این عامل را دو چندان می‌کند (شکل 22).

2-5-5- ساختمان ها و مصالح کف

به منظور مدل‌سازی ساختمان‌ها و تعیین متریکال کف و موقعیت آن‌ها در محیط مدل‌سازی، دو روش مشاهده و بررسی میدانی و همچنین استفاده از عکس‌های

از آن‌ها در گیرنده 4 انجام شده است. همچنین، موقعیت و مشخصات این گیرنده‌ها در مدل، در شکل 24 و جدول 3 به طور خلاصه ارائه شده است.



شکل 24 - وضعیت ناهمواری و جایگاه گیرنده‌ها در مدل به

همراه مش بندی محیط مدل سازی

Fig. 24- Topographic situation and receptors locations image in the input file with grid arrays

جدول 3- جزئیات گیرنده‌ها (گیرنده‌ها) در مدل

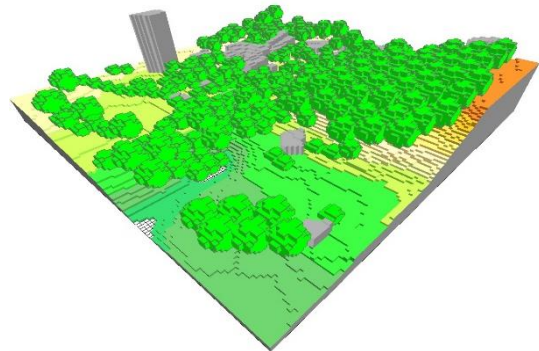
Tab. 3- Receptors profiles in the model

| گیرنده-ها | ارتفاع از سطح دریا (1650 متر از سطح دریا) | ارتفاع از سطح دریا (متر از مدل) | ارتفاع تراز پیاده نسبت به تراز صفر مدل | ارتفاع تراز پیاده نسبت به تراز صفر مدل |
|-----------|---|---------------------------------|--|--|
| گیرنده 1 | 1651 | 1 متر | 2.5 متر | |
| گیرنده 2 | 1657 | 7 متر | 8.5 متر | |
| گیرنده 3 | 1671 | 21 متر | 22.5 متر | 1.5 متر |
| گیرنده 4 | 1660 | 10 متر | 11.5 متر | |
| گیرنده 5 | 1661 | 11 متر | 12.5 متر | |

2-8-5- اعتبارسنجی مدل انوی-مت

در تعداد زیادی از مطالعات قبلی، اعتبارسنجی نتایج انوی-مت به وسیله مقایسه نتایج شبیه‌سازی و اندازه-گیری میدانی انجام شده است. نتایج این تحقیقات گویای آن است که نرم‌افزار، وضعیت محیطی را با دقت بالایی شبیه‌سازی می‌کند (Nasrollahi et. al., 2017; Taleghani et. al., 2015). یانگ و همکاران (2013) نیز در مطالعه خود اندازه‌گیری‌های میدانی رفتارهای حرارتی

نرم‌افزار در نظر گرفته شده است) بر اساس ارتفاع آن از سطح صفر دریا، استفاده شد. در شکل 24 نقشه وضعیت ناهمواری و در شکل 23 تصویر سه بعدی مدل شده آن به صورت کامل مشخص است.



شکل 23 - تصویر سه بعدی از مدل در محیط مدل سازی

Fig. 23- 3D view image of the model

2-5-7- گیرنده‌ها (گیرنده‌ها)

انتخاب موقعیت گیرنده‌ها با چند هدف صورت گرفت: موقعیت‌یابی گیرنده‌ها در رودکنار در سه موقعیت (از بالای شیب) ابتدا، اواسط و انتهای مسیر رود برای گیرنده-های 1، 2 و 5 مدنظر بود تا از این طریق علاوه بر سنجش میزان خنک‌سازی هوا توسط جریان آب رود، احتمال تفاوت کیفیت اثرگذاری این پارامتر در سه ارتفاع گوناگون بررسی شود.

علاوه بر آن در جانمایی گیرنده 5 علاوه بر مجاورت رود، قرارگیری آن در فضای میان ساختمان‌ها، در گیرنده 2 قرارگیری آن در سایه درختان به منظور مشاهده تأثیر همزمان سایه و آب در خنک‌سازی و در گیرنده 1 برای مشاهده تأثیر ناهمواری و فرم پیکربندی رود-دره در قعرترین نقطه مدل بر دمای آب و دمای هوا و همچنین کیفیت گردش هوا در نظر گرفته شد.

همچنین در موقعیت‌یابی گیرنده‌های 3 و 4 نیز بر خلاف سه گیرنده قبلی بررسی موقعیتی غیر رودکنار و به دور از جریان آب و به دور از تندى شیب، یکی در موقعیت سبزی‌نگی متراکم (گیرنده 3) و دیگری (گیرنده 4) در فضای باز بدون سبزی‌نگی به منظور مقایسه تفاوت‌های آن‌ها و همچنین مشاهده بررسی تأثیر صرف سبزی‌نگی در گیرنده 3 و شعاع تأثیرات عوامل خنک‌سازی در موقعیتی به دور



پارامتر به‌طور کلی به منظور بررسی تأثیر عوامل طبیعی و مصنوعی موجود در سایت بر دمای هوا مورد تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین این عامل یکی از چند پارامتر اصلی مؤثر در محاسبه و تعیین میزان آسایش حرارتی، احساس آن توسط افراد و شاخص‌های آن است.

2-5-9-3- جریان باد

همانطور که در بخش مرور ادبیات اشاره شد، جریان باد چه بطور مستقیم و چه در تعامل حرارتی با عنصری دیگر در محیط (همانند جداره‌های آبی)، از جمله عوامل مؤثر در خنک‌سازی محیط است. بنابراین اصلی‌ترین شاخص آن، یعنی سرعت باد یا جریان‌هوا، نیز در مجموعه پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش برای بررسی آسایش حرارتی و میزان تأثیر آن در خنک‌سازی محیط قرار می‌گیرد.

2-5-9-4- رطوبت نسبی⁴⁵

رطوبت غلظت بخار آب موجود در هوا است. سه روش اصلی برای اندازه‌گیری رطوبت به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد: مطلق، نسبی و خاص. رطوبت مطلق محتوای آب هوا را توصیف می‌کند و به هر دو صورت گرم در مترمکعب یا گرم در هر کیلوگرم بیان می‌شود. رطوبت نسبی که به‌صورت درصد بیان می‌شود، نشان‌دهنده وضعیت فعلی رطوبت مطلق نسبت به حداکثر رطوبت با در نظرگیری دمای مشابه است. این پارامتر نیز به دلیل اهمیت نقش آن در پروسه‌ی خنک‌سازی (تبادل حرارت) و در نظرگیری آن در مطالعات به عنوان شاخص و عاملی مؤثر در ایجاد آسایش حرارتی، در میان دیگر پارامترهای مورد مطالعه در این پژوهش مورد تحلیل قرار خواهد گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج

نتایج شامل داده‌ها و نمودارهای وضعیت گیرنده‌ها در رابطه با پارامترهای تحلیل مذکور، نقشه‌های مربوط به معیارها در تراز پیاده، مقاطع عرضی گذرنده از قسمت‌های جداره‌های آبی و سبزیگی است. لازم به ذکر

چندین سطوح زمین مختلف را با داده‌های حاصل از یک مدل انوی-مت مقایسه می‌کنند. نتایج نشان داد که مدل انوی-مت قادر به مدلسازی معقول رفتار حرارتی روزانه سطوح مختلف زمین و تأثیرات آن‌ها بر دمای هوا و رطوبت محلی است. مقایسه توزیعات فضایی دما و رطوبت هوا نشان می‌دهد که نقاط گرم‌تر/خشک‌تر و نقاط سردتر/مرطوب‌تر که توسط انوی-مت پیشبینی شده‌اند بطور کلی با مشاهدات مطابقت دارد. همچنین ارزیابی کمی نشان می‌دهد که مدل انوی-مت قادر به پیشبینی خرداقلیم در رابطه با متغیرهای مختلف با دقت مناسب است (Yang et. al., 2013).

2-5-9- پارامترهای تحلیل

2-5-9-1- متوسط دمای تابشی⁴¹

تعریف پارامتر متوسط دمای تابشی را می‌توان به این صورت شرح داد: "دمای یک‌نواخت یک محفظه فرضی، که در آن انتقال حرارت تابشی از بدن انسان برابر با انتقال حرارت تابشی در یک محفظه غیر یک‌نواخت واقعی است. متوسط دمای تابشی مفهومی است که از این واقعیت برخاسته است که مبادله خالص انرژی تابشی بین دو جسم تقریباً متناسب با اختلاف درجه حرارت آنها ضرب در توانایی آنها در حذف یا جذب حرارت (ضریب انتشار یا گسیلندگی) است. میانگین دمای تابشی تأثیر شدیدی بر روی شاخص‌های آسایش ترموفیزیولوژی (همان آسایش حرارتی) همچون «PET»⁴² و «PMV»⁴³ دارد. میانگین دمای تابشی (MRT) ابزاری برای بیان تأثیر دمای سطح بر آسایش حرارتی ساکنین است به همین علت بیشتر در ارتباط و تعامل با دمای سطوح در یک فضا مطرح می‌شود، تا دمای هوا در آن. در این پژوهش نیز، این پارامتر در ارتباط با بیان تأثیر حرارتی دمای سطوح در ارتباط با تبادل حرارتی آن و تأثیر آن بر آسایش حرارتی مورد تحلیل قرار گرفته است.

2-5-9-2- دمای هوای بالقوه (مطلق)⁴⁴

در تحلیل‌های حرارتی نرم‌افزاری انوی-مت، این پارامتر نشان دهنده، دمای هوای بالقوه (احتمالی)، در فشار مرجع تنظیم شده است که برای مدل‌های سه‌بعدی، می‌توان آن را همانند دمای هوای مطلق در نظر گرفت. این

است که به منظور سهولت درک نقشه‌های معیارهای مختلف، امکان تطابق محیط کالبدی عینی با آن و محیط مدل‌سازی نرم‌افزار و نیز مقایسه و کشف ارتباط بین معیارها و نحوه تأثیرگذاری احتمالی آن‌ها بر یکدیگر، نقشه‌ها در کنار یکدیگر و همراه با عکس هوایی از محدوده سایت شبیه‌سازی شده (شکل 16، 40 و 47) ارائه شده‌اند که برای تطابق با محیط عینی به طور دقیق با محدوده شبیه‌سازی شده هماهنگ و شامل مش‌بندی نرم‌افزاری و جزئیات آن است.

همچنین داده‌های گیرنده‌ها، پلان‌ها و مقاطع به منظور امکان مقایسه با یکدیگر در یک تراز ارتفاعی مشابه نسبت به سطح مرجع ارائه شده‌اند (1560 متر از سطح دریا به عنوان ژرفترین نقطه مدل)؛ قسمتی از تراز مربوطه به دلیل وجود ناهمواری و تقاطع با سطوح زمین با کد ارتفاعی بالاتر از خود، فاقد داده بوده و در نقشه‌ها نیز با رنگ قهوه‌ای مشخص است. با وجود ارائه داده‌ها و نقشه‌ها در تراز ارتفاعی مشابه، به دلیل وجود ناهمواری نقاطی که در یک تراز مشابه نسبت به سطح مرجع قرار دارند لزوماً دارای ارتفاع مشابه نسبت به سطح زمین نیستند.

3-1-1-1-دمای هوای بالقوه

بررسی میانگین دمای گیرنده‌ها با مقادیر 33.45، 33.75، 33.53، 33.35، 33.62 درجه سانتی‌گراد (به ترتیب از گیرنده‌های 1 الی 5) نشان می‌دهد که در این معیار، تفاوت میان گیرنده‌ها با دامنه تغییرات کم‌تر از 0.5 درجه، قابل توجه نبوده و همین مسأله کمابیش در رابطه با داده‌های ساعتی نیز صدق می‌کند. بیشترین مقدار ثبت شده در داده‌های همه گیرنده‌ها مربوط به بازه 15:00 الی 16:00 است و در میان این بازه نیز بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به گیرنده‌های شماره 2 و 3 با 36.44 و 36.24 درجه است. کمترین دمای هوا برای تمام گیرنده‌ها نیز مربوط به ساعت 8:00 با دامنه نوسان بین 28.52 الی 28 درجه بوده که کمترین رقم، مربوط به گیرنده شماره 3 (28 درجه) است.

3-1-2-متوسط دمای تابشی

برخلاف نمودار دیگر معیارها که با وجود تفاوت‌های عددی میان گیرنده‌های مختلف دارای روندی مشابه و فاقد نوسانات ناگهانی هستند، نمودار داده‌های میانگین دمای تابشی (جدول 4)، در طول بازه شبیه‌سازی و در تمامی گیرنده‌ها دارای دامنه نوسانات شدید، ناگهانی، غیر مشابه و متعدد است که ناشی از همبستگی این معیاره با دمای سطوح (در این تحقیق سطح زمین) است. برای این معیاره بیشترین مقدار ثبت شده چه به صورت میانگین کل بازه و چه در اکثر ساعات بازه که تابش وجود دارد (جز ساعات 11 تا 13) مربوط به گیرنده شماره 4 با میانگین دمای 58.79 و با بیشینه دمای 71.72 و 71.98 درجه به ترتیب در ساعات 15 و 16 در طول مدت شبیه‌سازی است. مقدار کمینه نیز مربوط به گیرنده شماره 3 با میانگین 40.56 درجه و کمینه مقدار آن نیز رقم 25.42 و 26.39 درجه به ترتیب در هنگام غروب آفتاب در ساعت 20:00 و 19:00 (آخرین ساعت وجود تابش) است. همچنین تغییرات ناگهانی ناشی از قرارگیری موقعیت در سایه در ساعات مختلف با توجه به کیفیت تابش می‌شود.

3-1-3-سرعت باد

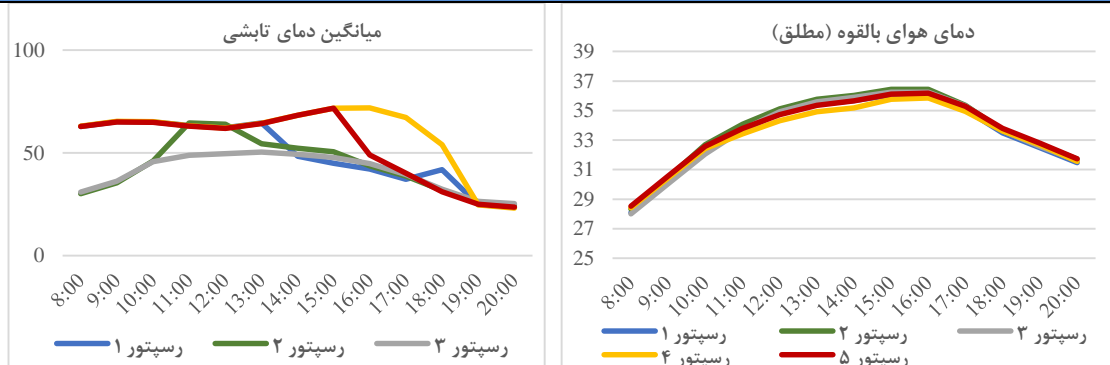
نمودار سرعت باد (جدول 4) در میان تمامی معیاره‌ها دارای کمترین میزان دامنه نوسان در تمامی گیرنده‌ها، فارغ از تفاوت مقداری میان آن‌هاست. داده‌های گیرنده‌ها برای این معیاره، نشان‌دهنده بیشترین سرعت باد برای گیرنده 4 با میانگین سرعت 1.6 m/s است و در مراتب بعدی گیرنده‌های 2، 3، 1 و 5 به ترتیب با میانگین‌های 0.94، 0.70، 0.45، 0.24 m/s قرار می‌گیرند. بالاترین سرعت ثبت شده مربوط به گیرنده شماره 4 با مقدار 1.73 در ساعت 8:00 صبح و کمترین میزان نیز مربوط به شماره 5 با مقدار 0.21 m/s در ساعت 20:00 است.



جدول 4- نمودار داده‌های خروجی شبیه‌سازی از وضعیت پارامترهای تحلیل (دمای هوای بالقوه، متوسط دمای تابشی، تغییرات سرعت باد، میزان تغییرات دمای هوا نسبت به ساعت قبل و درصد رطوبت نسبی) در موقعیت گیرنده‌ها در ساعت 12 بعد از ظهر در تراز 1.5 متر از سطح زمین با پیروی از کد ارتفاعی زمین

Tab. 4- The charts of hourly results of analysis parameters obtained from receptors location at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (following terrain height)

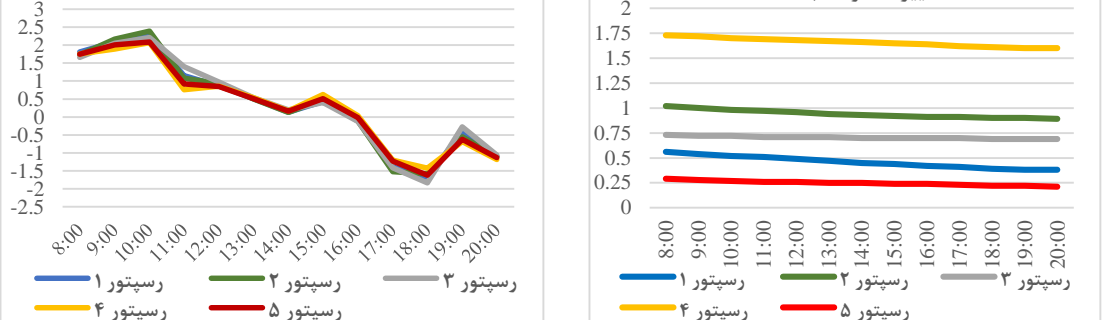
نمودار وضعیت پارامترهای حرارتی در موقعیت گیرنده‌ها



شکل 26-نمودار مقایسه وضعیت میانگین دمای تابشی گیرنده‌های مختلف
Fig. 26-Mean Radiant Temperature condition coparison chart for different receptors

شکل 25-نمودار مقایسه وضعیت دمای هوای بالقوه گیرنده‌های مختلف
Fig. 25-Potential Air Temperature condition coparison chart for different receptors

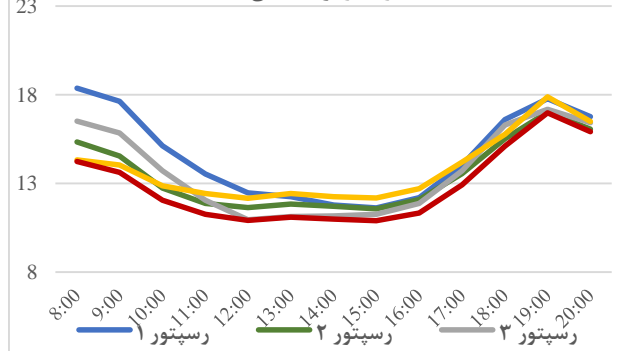
تغییرات سرعت باد



شکل 28-نمودار مقایسه وضعیت تغییرات دمای هوا گیرنده‌های مختلف
Fig. 28-Air Temperature change (from the previous hour) condition coparison chart for different receptors

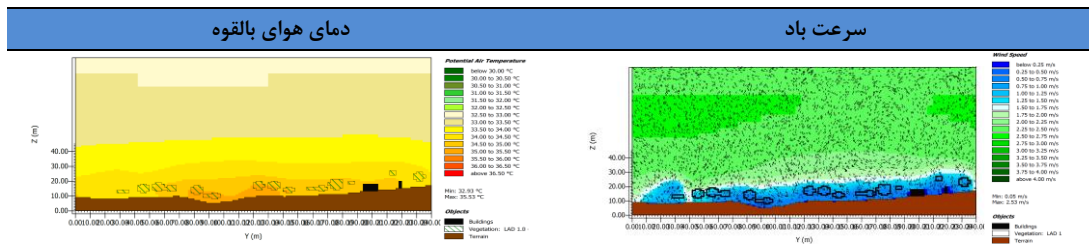
شکل 27-نمودار مقایسه وضعیت سرعت باد گیرنده‌های مختلف
Fig. 27-Wind Speed condition coparison chart for different receptors

درصد رطوبت نسبی



شکل 29-نمودار مقایسه وضعیت درصد رطوبت نسبی گیرنده‌های مختلف
Fig. 29-Relative Humidity Percentage condition coparison chart for different receptors.

جدول 5 - نقشه‌های مقاطع خروجی شبیه‌سازی از میزان سرعت و جهت باد و دمای هوای بالقوه در محور Y-Z (شرقی-غربی) گذرنده از موقعیت‌های دارای سبزی‌نگی (بالا) و بخشی از جداره‌های آبی (رودخانه) (پایین) در ساعت 12 بعد از ظهر
Tab. 5- Simulation output cross section maps of wind speed and direction (Right Column) and potential air temperature (Left Column) on the Y-Z axis (north-south) passing through vegetation (top row) and waterbodies (Bottom Row) areas at 12:00

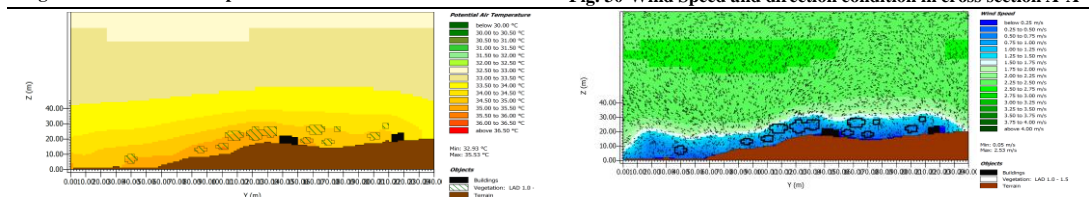


شکل 31- وضعیت دمای هوا در مقطع عرضی A-A

شکل 30- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی A-A

Fig. 31- Potential Air Temperature condition in cross section A-A

Fig. 30- Wind Speed and direction condition in cross section A-A



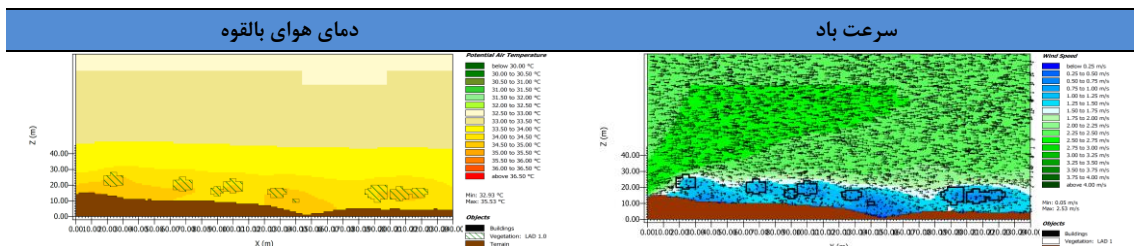
شکل 33- وضعیت دمای هوا در مقطع عرضی B-B

شکل 32- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی B-B

Fig. 33- Wind Speed and direction condition in cross section B-B

Fig. 32- Wind Speed and direction condition in cross section B-B.

جدول 6 - نقشه‌های مقاطع خروجی شبیه‌سازی از میزان سرعت و جهت باد و دمای هوای بالقوه در محور X-Z (شمالی-جنوبی) گذرنده از سه گیرنده رودکنار 1 (بالا)، 2 (میانی) و 3 (پایین) در ساعت 12 بعد از ظهر
Tab. 6- Simulation output cross section maps of wind speed and direction (Right) and potential air temperature (Left) on the Y-Z axis (north-south) Passing through the locations of the three receptors adjacent to the river (Receptor 1: top row, Receptor 2: middle row, receptor 3: bottom row) at 12:00 pm

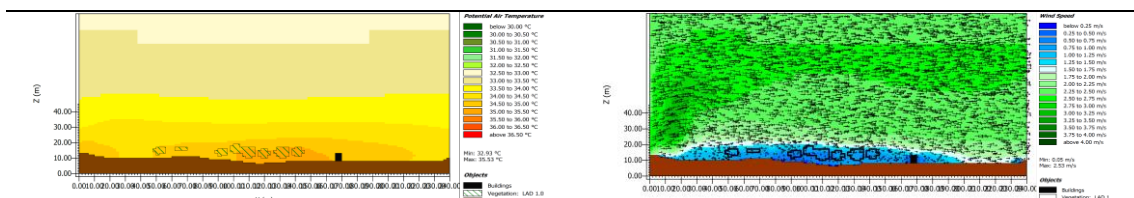


شکل 35- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی C-C

شکل 34- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی C-C

Fig. 35- Wind Speed and direction condition in cross section C-C

Fig. 34- Wind Speed and direction condition in cross section C-C

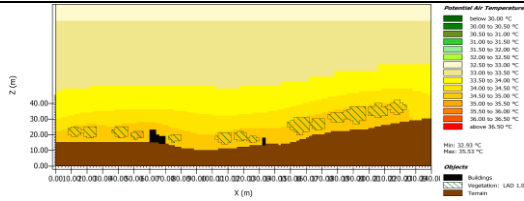


شکل 37- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی D-D

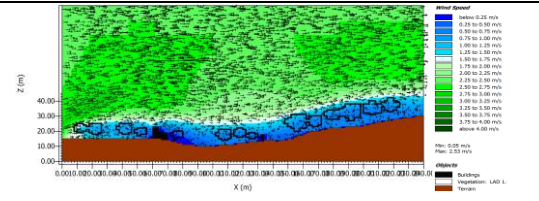
شکل 36- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی D-D

Fig. 37- Wind Speed and direction condition in cross section D-D

Fig. 36- Wind Speed and direction condition in cross section D-D



شکل 39- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی E-E
Fig. 39- Wind Speed and direction condition in cross section E-E



شکل 38- وضعیت سرعت و جهت باد در مقطع عرضی E-E
Fig. 38- Wind Speed and direction condition in cross section E-E

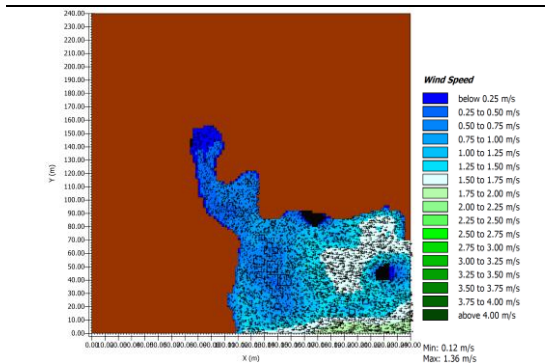
جدول 7 - نقشه‌های دمای هوای بالقوه و سرعت و جهت باد خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 بعد از ظهر در ترازهای مربوط به جمع‌آوری داده‌های گیرنده‌ها (1.5 متر از سطح زمین معادل 8.5، 12.5 و 22.5 متر از تراز صفر مرجع مدل به ترتیب مرتبط با گیرنده‌های 1، 2، 3 و 5) در تراز ثابت (برش زمین به جای پیروی از ناهمواری)⁴⁶

Tab. 7- Potential air temperature (Right) and Wind speed and direction (Left) maps at 12:00 pm at the level of 1.5 m above the land surface

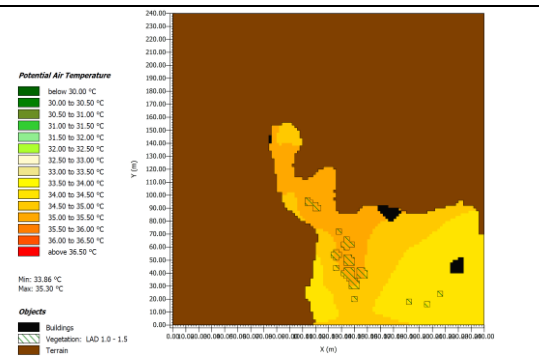


شکل 40- عکس‌هوایی از محدوده سایت (محیط کالبدی) موردنظر منطبق بر مش‌بندی اعمال شده در محیط مدل‌سازی نرم‌افزار (Google Earth)

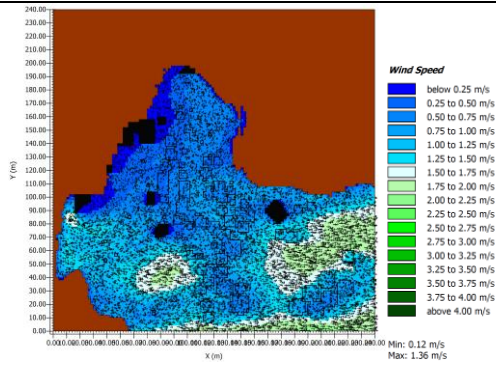
Fig. 40- Satellite image of site area (Physical environment) Matched to the modelling grids set. in ENVI-met, modelling tool (Spaced Environment)



شکل 42- نقشه وضعیت سرعت و جهت باد در تراز 8.5 متر از سطح زمین مرجع
Fig. 42. Wind Speed and Direction map in the height level of 8.5 m from Reference Surface level

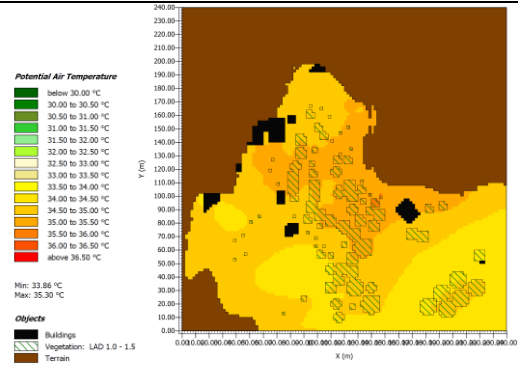


شکل 41- نقشه وضعیت دمای هوای بالقوه در تراز 8.5 متر از سطح زمین مرجع
Fig. 41- Potential Air Temperature map in the height level of 8.5 m from Reference Surface level



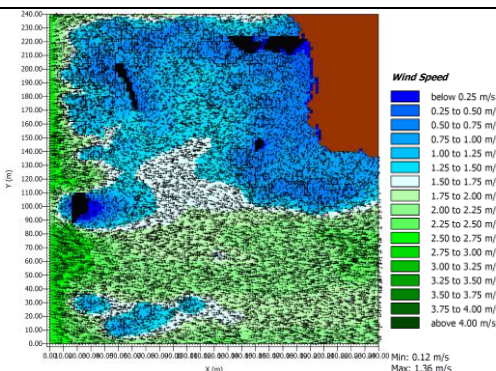
شکل 44- نقشه وضعیت سرعت و جهت باد در تراز 12.5 متر از سطح زمین مرجع

Fig. 44- Wind Speed and Direction map in the height level of 12.5 m from Reference Surface level



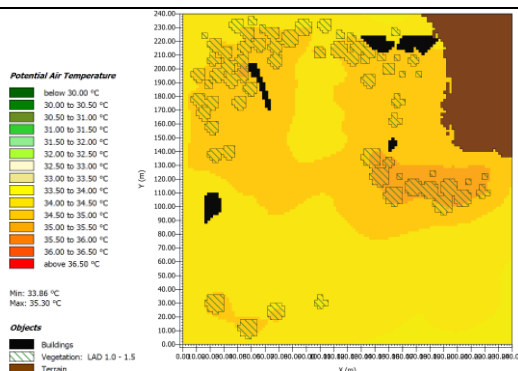
شکل 43- نقشه وضعیت دمای هوای بالقوه در تراز 12.5 متر از سطح زمین مرجع

Fig. 43- Potential Air Temperature map in the height level of 12.5 m from Reference Surface level



شکل 46- نقشه وضعیت سرعت و جهت باد در تراز 22.5 متر از سطح زمین مرجع

Fig. 46- Wind Speed and Direction map in the height level of 22.5 m from Reference Surface level



شکل 45- نقشه وضعیت دمای هوای بالقوه در تراز ارتفاعی 22.5 متر از سطح زمین مرجع

Fig. 45- Potential Air Temperature map in the height level of 22.5 m from Reference Surface level

3-2- بحث

3-2-1- وضعیت متوسط دمای تابشی (Mean Radiant Temperature)

دلیل تغییر ناگهانی متوسط دمای تابشی به جهت تأثیر شدید دمای سطح (در اینجا زمین) است که خود نیز متأثر از موقعیت قرارگیری آن در مواجهه با تابش آفتاب و یا در سایه در ساعات مختلف روز است (شکل 48). بنابراین با توجه به همبستگی کاهش دمای متوسط تابشی با قرارگیری در سایه درختان در ساعاتی که کیفیت تابش خورشیدی، موقعیت مربوطه را در سایه درختان قرار می دهد، می توان به صورت منطقی انتظار داشت که در صورت افزایش سبزی‌نگی در این منطقه، کاهش بیشتر متوسط دمای تابشی اتفاق افتاده و با توجه به اثر بالای این پارامتر در احساس آسایش حرارتی و یا شاخص PET، آسایش حرارتی در فصول گرم سال افزایش یابد.

3-1-4- رطوبت نسبی

در رابطه با این آماره نتایج حاصل، نشان از بالاترین میزان رطوبت نسبی به صورت میانگین به ترتیب برای گیرنده- های 1 با 14.63٪، گیرنده 4 با 13.82٪، گیرنده 3 با 13.70٪، گیرنده 2 با 13.50٪ و گیرنده 5 با 12.87٪ دارد. داده‌ها و نمودار نشان می دهند که با حرکت از بازه زمانی صبح به ظهر و با افزایش تابش و دمای هوا، رطوبت نسبی کاهش یافته و با عبور از این بازه به سمت ساعات غروب و شب، افزایش دوباره آن که طبیعی نیز به نظر می رسد، قابل مشاهده است. در بررسی داده‌های ساعتی نیز همانند مقادیر میانگین، بالاترین میزان درصد رطوبت نسبی برای گیرنده 1 با مقدار 18.37٪ در ساعت 8:00 و کمترین درصد نیز برای گیرنده 5 در ساعت 15:00 با میزان 10.91٪ به دست آمد.



ناحیه‌ها به سمت طیف نارنجی رنگ یعنی دمای هوای بیشتر مشخص است.

در رابطه با گیرنده‌های با موقعیت رودکنار (گیرنده‌های 1، 2 و 5) می‌توان مشاهده نمود که گیرنده شماره 2 (گیرنده در میانه شیب) به جهت قرارگیری در سایه درختان تحت تأثیر خنک‌سازی مربوط به آن‌ها، دمایی به میزان 0.5 درجه کمتر به نسبت دو گیرنده دیگر تجربه می‌کند، اما تفاوت آنچنان که مدنظر بود قابل ملاحظه نیست. همچنین در این رابطه تفاوتی میان دو گیرنده دیگر احساس نمی‌شود و وضعیت آن‌ها کاملاً شبیه به یکدیگر است. اما نکته غیر منتظره مربوط به گیرنده شماره 3 و 4 است، که با وجود قرارگیری گیرنده شماره 3 در مرکز ناحیه‌ای از سایت که شامل درختان انبوه است، اما با نزدیک شدن به ساعت ظهر و عصر، دمای به دست آمده از گیرنده 3 به میزان تقریباً 0.5 درجه در کل بازه زمانی بیش از گیرنده شماره 4 با موقعیتی در فضای باز و در معرض نور خورشید، است (جدول 4).

3-2-4- وضعیت رطوبت نسبی

در رابطه با تفاوت میزان رطوبت نسبی میان گیرنده‌ها عوامل مختلفی دخیل است، اما همان‌طور که در نقشه مربوط به مقادیر این معیاره در تراز پیاده (1.5 متر از سطح زمین، همان تراز جمع‌آوری داده‌های گیرنده‌ها) در شکل 51 مشخص است، بیشترین همبستگی میان تغییرات رطوبت نسبی در سراسر سایت، با تغییرات معیاره سرعت جریان باد مشاهده شد. به این ترتیب که در هر بخشی از سایت با افزایش جریان هوا، رنگ نقشه در آن بخش به سمت سبز (رطوبت نسبی بالاتر) متمایل شده است. بنابراین می‌توان در رابطه با این پژوهش تغییرات رطوبت نسبی را متأثر از تغییرات سرعت جریان باد دانست. همچنین به نظر می‌رسد که در بخش‌های با تراز سطح پایینتر سایت یا همان قعر دره، به دلیل محاصره شدن توسط زمین‌های با تراز ارتفاعی بالاتر، دسترسی جریان باد و طبعاً سرعت جریان هوا در آنجا کاهش یافته و فرم زمین و ناهمواری (با توجه به تأثیر مذکور گردش هوا بر رطوبت نسبی) به طور غیر مستقیم بر رطوبت نسبی اثرگذار بوده است.

3-2-2- تأثیر فرم طبیعی رود-دره

مسئله فرم و ناهمواری در بررسی میزان سرعت باد، به ویژه در تراز پیاده یکی از عوامل اثرگذار اصلی است به این صورت که فرم ناهمواری رود-دره مانع دسترسی جریان باد به تعدادی از نقاط و یا باعث کاهش سرعت باد در آنها می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان به نتایج گیرنده 5 و نقشه‌ای (جدول 7) که سرعت باد را در تراز جمع‌آوری داده‌های گیرنده 5 (با کمترین جریان باد در میان دیگر گیرنده‌ها) نشان می‌دهد، اشاره کرد. همان‌گونه که در این تصاویر مشخص است، گیرنده 5 به دلیل مجاورت موقعیت مکانی خود با لایه ناهمواری با کد ارتفاعی بالاتر، متأثر از نقش مانعی این لایه در برابر جریان باد شده و عملاً در محدوده‌ای خنثی از لحاظ گردش هوایی قرار گرفته است.

در بررسی تصاویر مربوط به تراز دیگر گیرنده‌ها نیز مشاهده می‌شود که با نزدیک شدن به لایه ناهمواری در تراز ارتفاعی مربوطه، رنگ نشانگر سرعت باد از سبز (سرعت بالا) به آبی تیره به معنای انسداد کامل در مجاورت لبه‌ی لایه میل می‌کند. البته کاهش اختلاف ارتفاعی بین تراز جمع‌آوری داده با سطح زمین با نزدیک‌تر شدن به لایه ناهمواری مربوطه نیز در این مسئله موثر است. در مجموع می‌توان فرم و پیکربندی زمین رود-دره را از عوامل اثرگذار بر آسایش حرارتی از طریق تأثیر بر جریان هوا عنوان کرد.

3-2-3- وضعیت دمای مطلق

به نظر می‌رسد که با وجود تفاوت‌ها در ویژگی‌های نقاط مختلف سایت، نهایتاً تمامی بخش‌ها در رابطه با این معیاره در تعامل و تبادل حرارتی با یکدیگر به یک تعادل دمایی در سرتاسر سایت می‌رسند. با این حال در بررسی علت این تفاوت‌ها، بررسی نقشه یکپارچه دمای هوای بالقوه در تراز 1.5 متر از سطح زمین (با پیروی از ناهمواری زمین و نه قطع آن) (شکل 50) نشان می‌دهد که مناطقی از سایت که به جهت داشتن تراکمی از پوشش گیاهی و یا به جهت قرارگیری در قعر ناهمواری رود-دره، گردش هوا در آن‌ها کاهش یافته، دارای دمای هوای بالاتری هستند. این مسئله با همبستگی کاهش طول کانتورهای سرعت باد و گرایش رنگ نقشه در آن

3-2-5- تأثیر جریان باد

قبلا و در بخش بررسی ناهمواری و فرم زمین رود-دره، به تأثیر این عامل در رفتار جریان باد و شرح همبستگی افزایش ارتفاع از سطح زمین، (به دلیل وجود ناهمواری) با افزایش سرعت جریان باد در موقعیت مربوطه و حتی در ارتفاعی یکسان از سطح مرجع پرداخته شد. حال با لحاظ این نکته، همان طور که در نقشه‌های مربوط به دمای مطلق در سطح سایت (جدول 7 و شکل 50) مشخص است، با افزایش اختلاف ارتفاعی بین نقطه جمع‌آوری داده‌ها و سطح زمین، علاوه بر افزایش جریان هوا و سرعت باد، دمای مطلق هوا (گرچه به میزانی اندک) نیز در آن کاهش یافته و این مسأله به معنی آن است که با وجود سرعت کم و ناکافی باد به منظور تأثیرگذاری لازم بر آسایش حرارتی، می‌توان جریان باد را از این طریق هر چند با نقش احتمالا کوچک در کاهش دمای هوا با افزایش ارتفاع، مرتبط دانست.

همچنین در بررسی نقشه‌های مقطع عرضی مربوط به تغییرات پارامتر سرعت باد (جدول 4 و جدول 7) نیز به نظر می‌رسد که جریان هوا و سرعت باد با رسیدن به تراز مربوط به سبزیگی و درختان، دچار کاهش سرعت قابل ملاحظه‌ای به میزان تقریبا 0.25 m/s در کمترین حالت و 1.25 m/s در بیشترین حالت در نزدیکی تراز صفر زمین می‌شود که می‌توان این مسأله را علاوه بر رابطه مستقیم کاهش طبیعی سرعت باد با کاهش ارتفاع از سطح زمین، ناشی از تأثیر سبزیگی به عنوان نقش مانع در کاهش سرعت جریان باد دانست. از چالش‌های کلیدی در رابطه با افزایش تعداد درختان به منظور بهبود آسایش حرارتی کاهش سرعت باد است. توصیه شده است که فضای کافی بین درختان باید برای تهویه وجود داشته باشد (Müller et. al., 2014).

3-2-6- تأثیر سبزیگی

با مشاهده نقشه مقاطع عرضی گذرنده از مناطق شامل پوشش گیاهی (جدول 5 و 6) و نقشه پلان دمای هوای بالقوه در تراز پیاده (شکل 50 و جدول 7) به صورت کامل مشخص است که جریان هوای اطراف اغلب سبزیگی‌ها و درختان چنار به عنوان پوشش گیاهی غالب در مناطقی

که دارای دارای وسعت و تراکم کافی برای اثرگذاری هستند را تا شعاعی تقریبا معین، جریان هوایی که تحت-تأثیر تبادل حرارتی و خنک‌سازی سبزیگی تا 0.5 درجه نسبت به مناطق فاقد سبزیگی مجاور خنک‌تر است، تشکیل می‌دهد. نکته‌ای که در رابطه با نقش سبزیگی در رود-دره در که (و تمام رود-دره‌های تهران) حائز اهمیت است، نقش حیاتی این عناصر در خنک‌سازی محیط اطراف رود-دره در فصول گرم، با در نظرگیری این نکته است که جریان آب رود-دره‌ها حتی با وجود دائمی بودن، تحت تأثیر وضعیت اقلیم غالب تهران در اکثر دهه-های اخیر، در اکثر مقاطع فصول گرم دچار کاهش جدی خواهد شد و عملا با کاهش همین میزان تأثیرگذاری اندک این متغیر نقش آن تقریبا غیرقابل ملاحظه شده، و در این شرایط نقش متغیر سبزیگی در جبران این مسأله اهمیت دو چندانی می‌یابد.

در مطالعات قبلی نظیر فرهادی و همکاران (2019)، با استفاده از نرم‌افزار انوی-مت، بیشترین کاهش در متوسط دمای تابشی (MRT) به میزان 26.27 درجه به-طور میانگین و بهترین وضعیت آسایش حرارتی با کاهش دمای فیزیولوژیک به میزان 9.36 درجه در سناریوی مربوط به افزایش سبزیگی تنها به میزان 10% در مقایسه با دیگر سناریوها مشاهده شد، که رقم قابل توجهی از این حیث محسوب می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد، سایه‌اندازی حاصل از درختان با بیشترین کاهش در تابش‌ها تأثیر به‌سزایی بر روی بهبود آسایش حرارتی دارد. گرچه افزایش تأثیر افزایش سبزیگی بر روی کاهش دما قابل توجه نبود. (Farhadi et. al., 2019). استفاده از سبزیگی به منظور تأمین سایه اندازی مؤثر قبلا در پژوهشی با استفاده از درختان خیابانی تصدیق و تأیید شده است، با تأکید مجدد بر این مسأله که آسایش حرارتی به‌دست آمده از افزایش سطح سایه، لزوما همراه با کاهش دمای قابل توجه نبوده است (Li et. al., 2018). ارتباط قوی بین کاهش دمای سطحی و بهبود آسایش حرارتی می‌تواند به جهت تأثیر زیاد تابش‌ها بر روی دمای سطحی و تأثیر دمای دمای سطحی بر تابش‌های موج بلند باشد (Santamouris, 2013). علاوه بر آن منطقی و همکاران، با استفاده از نرم‌افزار انوی-مت، تأثیر



این نکته در میزان اثرگذاری نمونه مورد مطالعه این تحقیق نیز دخیل است. همچنین، به نظر می‌رسد که وسعت و عرض کم رودخانه مورد مطالعه نیز در میزان اثرگذاری پایین آن بر خنک‌سازی دخیل بوده و نهایتاً میزان اثرگذاری آن را در حد تراز پیاده و در شعاع چند متری آن محدود کرده است. نتایج مطالعات جیکوبز و همکاران (2020)، به عنوان یکی از جامع‌ترین مطالعات در رابطه با بررسی تأثیر جداره‌های آبی بر خنک‌سازی با استفاده از شبیه‌سازی انوی-مت، به این مسأله اشاره می‌کند که جداره‌های آبی کوچک، اثر خنک‌سازی محلی نسبتاً کوچکی بر روی دمای هوا و دمای فیزیولوژیک در طول روز و حتی تأثیر گرمایش کمتری در طول شب دارند که به دلیل اینرسی⁴⁷ حرارتی وسیع آب مورد توقع است. در نتایج شبیه‌سازی آن‌ها، تأثیر خنک‌سازی جداره‌های آبی بر دمای هوا در طول روز به میزان 0.1-0.08 درجه بر فراز آب و 0.6-0.00 در تراز خیابان اطراف مورد مطالعه مشاهده شد.

در مطالعه آنها متوسط اثر خنک‌سازی 0.5 درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد که در آن 70% جداره‌های آبی در نظر گرفته شده اثر خنک‌سازی‌ای زیر 1 درجه ایجاد می‌کردند. همچنین میزان گرمایش آب در شب نیز کمتر از 0.3 به‌دست آمد که کوچک‌تر از آن بود که به عنوان عامل گرمایش مطرح شود. در نهایت اثر حرارتی به‌دست آمده در مطالعه مذکور بر دمای فیزیولوژیک (PET) نیز در تطابق خوبی با دامنه ارقام گزارش شده از ادبیات علمی برای جداره‌های آبی مشابه از نظر نوع و اندازه، بین 5.3 درجه گرمایش در مطالعه کلوک⁴⁸ و همکاران (2019) و 5.0 درجه سرمایش در مطالعه گومز⁴⁹ و همکاران (2013) به‌دست آمد.

خنک‌سازی آب و سبزی‌نگی مورد تأیید قرار داده و تأثیر آن دو را به شدت همبسته با فاصله بین این عوامل با منطقه مورد بررسی می‌دانند و بهترین اثر خنک‌سازی را نیز همانند پژوهش فرهادی مربوط به استفاده از سبزی‌نگی با 0.3 درجه دمای کمتر نسبت به سناریوهای دیگر (سبزی‌نگی و وضع موجود) می‌دانند، با این تفاوت که حضور سبزی‌نگی و جداره‌های آبی را همراه با کاهش دما در نظر می‌گیرند که در آن، کاهش فاصله از این عوامل، رابطه مستقیمی با شدت کاهش دما در محیط خواهد داشت. 0.5 درجه تفاوت نیز بین میانگین دمای نقاط اطراف سبزی‌نگی و نقاط اطراف جداره‌های آبی به نفع سبزی‌نگی به‌دست آمد (Manteghi et. al., 2016).

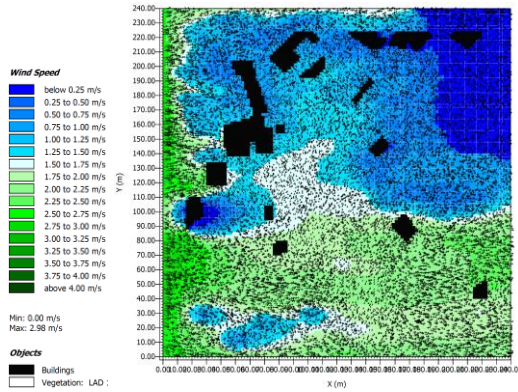
3-2-7- تأثیر سطوح آب

کیفیت تأثیر جداره‌های آبی و شعاع اثر آن به عنوان یک متغیر خنک‌کننده ذکر شده در مرور ادبیات را می‌توان در مقاطع گذرنده شده از این سطوح در اشکال جدول 5 مورد بررسی قرار داد. آنچه که در تحلیل نقشه‌های مقاطع مربوط به دمای هوا در قسمت‌های گذرنده از این سطوح مشاهده می‌شود، نشان می‌دهد که با وجود آنکه فرض بر تأثیر زیاد تبادل حرارتی و خنک‌سازی تبخیری جداره‌های آبی بر روی دمای هوای اطراف رودخانه بود، اما همان‌طور که در مرور ادبیات تعدادی از پژوهش‌های گذشته بدان اشاره شده بود، تأثیر این فاکتور در خنک‌سازی دما و تعدیل حرارتی محیط اطراف خود کم و غیر قابل ملاحظه بود، اگرچه اثر اصلی آن در رابطه با تبادل حرارتی مربوط به حفظ گرمای مورد نیاز در هنگام شب بر قوت خود باقی است. به نظر می‌رسد با توجه به نکات ذکر شده در مرور ادبیات در رابطه با تأثیر وضعیت عوامل محلی بر میزان اثرگذاری جداره‌های آبی بر خنک‌سازی،

جدول 8- نقشه‌های وضعیت پارامترهای تحلیل خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 بعد از ظهر در ترازهای مربوط به جمع‌آوری داده‌های گیرنده‌ها (1.5 متر از سطح زمین) در تراز ثابت (با پیروی از ناهمواری و تراز زمین به جای برش آن)
Tab. 8-Analysis parameters simulation output map at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (Following terrain height)

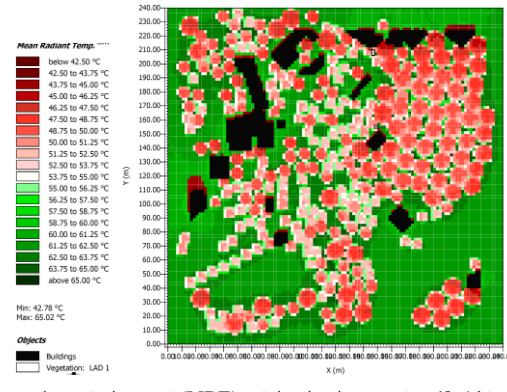
شکل 47- عکس هوایی از محدوده سایت (محیط کالبدی) مورد نظر منطبق بر م‌ش‌بندی اعمال شده در محیط مدل‌سازی نرم‌افزار (Google Earth)

Fig. 47-Satellite image of site area (Physical environment) matched to the modelling grids set. in ENVI-metmodelling tool (Spaces Environment)



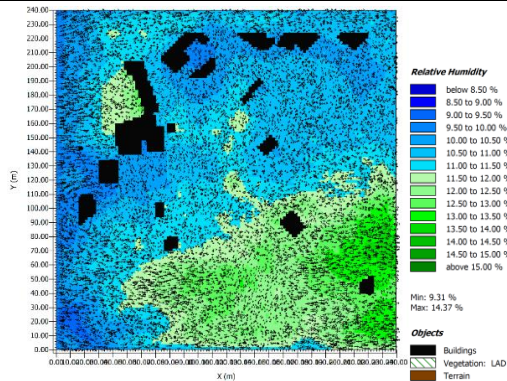
شکل 49- نقشه سرعت و جهت باد خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 ب.ظ. در تراز 1.5 متر از سطح زمین با پیروی از ناهمواری و تراز زمین به جای برش آن

Fig. 49- Wind Speed and Direction simulation output map at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (following terrain height)



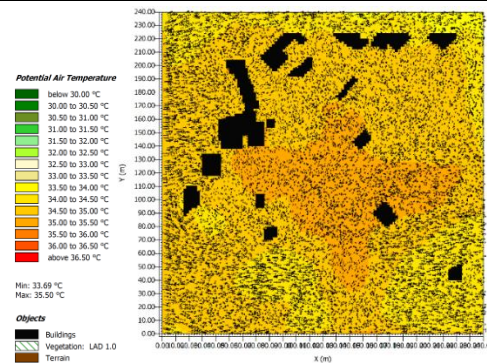
شکل 48- نقشه متوسط دمای تابشی (MRT) خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 ب.ظ. در تراز 1.5 متر از سطح زمین با پیروی از ناهمواری و تراز زمین به جای برش آن

Fig. 48- Mean Radiant Temperature simulation output map at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (following terrain height)



شکل 51- نقشه رطوبت نسبی خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 ب.ظ. در تراز 1.5 متر از سطح زمین با پیروی از ناهمواری و تراز زمین به جای برش آن

Fig. 51- Wind Speed and Direction simulation output map at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (following terrain height)



شکل 50- نقشه دمای بالقوه هوای بالقوه خروجی از شبیه‌سازی در ساعت 12 ب.ظ. در تراز 1.5 متر از سطح زمین با پیروی از ناهمواری و تراز زمین به جای برش آن

Fig. 50- Potential air temperature simulation output map at 12 pm at the level of 1.5 m above the land surface (following terrain height)



4- نتیجه گیری

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر رود-دره‌ها بر وضعیت میکرو-اقلیم شهری و غیر شهری از طریق تحلیل رابطه بین رود-دره‌ها و ویژگی‌های محیطی طبیعی آنها و خرداقلیم شهری، در پی بررسی کیفیت اثرگذاری آنها بر شاخص‌های حرارتی هوا نظیر دمای هوای بالقوه، متوسط دمای تابشی، رطوبت نسبی و سرعت و جهت باد است. به این منظور، تأثیر رود-دره‌ها بر میکرو-اقلیم اطرافشان با تفکیک موضوع به پنج بخش کلی مورد بررسی قرار گرفته است:

بررسی 1- تأثیر رود-دره به عنوان یکی از انواع جداره‌های آبی 2- تأثیر پوشش گیاهی کناره رود دره به عنوان یکی از انواع مسیرهای سبز در امتداد مسیرهای آبی 3- تأثیر ناهمواری و مشخصات زمین رود-دره بر اقلیم 4- تأثیر جریان باد و الگوی آن در تعامل با جداره‌های آبی 5- خدمات اقلیمی و محیطی رود-دره‌ها به عنوان یکی از انواع جداره‌های آبی و پوشش‌های گیاهی (مسیرهای سبز) ساحلی به اکوسیستم اطرافشان. به منظور بررسی نمونه موردی، بخشی از مناطق بلافصل رود-دره در که به دلیل همجواری و درهم آمیختگی محیط طبیعی روددره با محیط مصنوع شهری در بخش‌هایی از آن انتخاب شد و جهت انجام تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌های اقلیمی از نرم‌افزار انوی-مت، به عنوان مناسب‌ترین نرم-افزار آنالیز اقلیمی برای محیط‌های بزرگ مقیاس شهری استفاده شد.

در رابطه با تأثیر جداره‌های آبی باوجود فرض اولیه مبنی بر تأثیر زیاد جداره‌های آبی بر روی دمای هوای اطراف رودخانه از طریق خنک‌سازی تبخیری، اما در تأیید نتایج تعدادی از مطالعات قبلی، میزان تأثیر این فاکتور در خنک‌سازی دما و تعدیل حرارتی محیط اطراف خود کم بود، اگرچه اثر اصلی آن در رابطه با تبادل حرارتی مربوط به حفظ گرمای موردنیاز در هنگام شب بر قوت خود باقی است، به نظر می‌رسد با توجه به نتایج دسته‌ای دیگر از مطالعات مبنی اثرگذاری این عامل بر خنک‌سازی بر خلاف نتایج این تحقیق، عواملی محلی در تعامل با جداره‌های آبی در میزان اثرگذاری آن بسیار دخیل هستند.

هوای اطراف اغلب سبزی‌نگی‌ها به‌عنوان پوشش گیاهی غالب در مناطقی که دارای دارای وسعت و تراکم کافی برای اثرگذاری هستند را تا شعاعی تقریباً معین، هوایی که تحت تأثیر خنک‌سازی سبزی‌نگی تا 0.5 درجه سانتی-گراد خنک‌تر است، تشکیل می‌دهد. همچنین اهمیت این عناصر در خنک‌سازی محیط اطراف رود-دره، با در نظرگیری این نکته که جریان آب رود-دره‌ها حتی با وجود دائمی بودن تحت تأثیر وضعیت اقلیم غالب تهران، در اکثر مقاطع فصول گرم دچار کاهش جدی خواهد شد و عملاً همین تأثیرگذاری اندک این متغیر کاهش خواهد یافت، اهمیت چندانی می‌یابد.

با وجود تفاوت‌ها در ویژگی‌های نقاط مختلف سایت رود-دره مورد نظر، نهایتاً تمامی قسمت‌ها در تعامل و تبادل حرارتی با یکدیگر به یک تعادل دمایی بالقوه در سرتاسر سایت می‌رسند. با این حال در بررسی علت این تفاوت‌ها، مناطقی از سایت که به جهت داشتن تراکمی از پوشش گیاهی و یا قرارگیری در ژرفای ناهمواری رود-دره گردش هوا در آن‌ها کاهش یافته است، دمای هوای بالقوه بالاتری را تجربه می‌کنند. در همین رابطه، با کم شدن سرعت باد، دمای هوای بالقوه متمایل به افزایش می‌شود، در شرایطی که سرعت باد خود نیز در یک رابطه مستقیم (به‌ویژه در تراز پیاده) متأثر از ارتفاع و همچنین متأثر از نقشی که فرم طبیعی رود-دره بر اساس وضعیت ناهمواری آن علاوه بر وجود سبزی‌نگی (درختان) بعنوان مانع برای این جریان‌ها و کاهش سرعت آن‌ها ایفا می‌کنند، می‌شود.

افزایش ارتفاع نسبت به سطح زمین همراه با کاهش دمای هوا در این نقاط است؛ همچنین شرایط دمایی در این ارتفاع به دلیل همجواری با تراز نزدیک به سطح زمین‌های با کد ارتفاعی بالاتر مجاور، بر روی دمای هوای نزدیک به سطح آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد و در واقع دمای هوای خنک در ارتفاع بالای یک کد ارتفاعی باعث خنک-سازی دمای هوا در تراز پیاده یک زمین مرتفع‌تر مجاور می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ساختار پیکره-بندی رود-دره‌ها بر روی احساس آسایش حرارتی در تراز پیاده مؤثر است. بدیهی است که این تبادل حرارتی تنها

در نقاط مجاور با اختلاف ارتفاعی بالا به گونه‌ای که تفاوت دما قابل توجه باشد، امکان پذیر خواهد بود.

متوسط دمای تابشی در طول بازه شبیه‌سازی در تمام گیرنده‌ها دارای دامنه نوسانات شدید، ناگهانی، غیر مشابه و متعدد بوده که دلیل آن مربوط به همبستگی شدید این پارامتر با دمای سطح است که آن نیز متأثر از موقعیت آن در مواجهه با تابش آفتاب و یا قرارگیری در سایه عوامل دیگر در ساعات مختلف روز است. بنابراین با توجه به افت قابل توجه این معیاره در ساعاتی که کیفیت تابش خورشیدی، موقعیت مربوطه را در سایه درختان قرار می‌دهد، در صورت افزایش سبزی‌نگی، می‌توان کاهش بیشتر متوسط دمای تابشی را انتظار داشت که با توجه به اثر بالای این پارامتر در احساس آسایش حرارتی و یا شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، افزایش آسایش حرارتی را در فصول گرم سال به همراه خواهد داشت. در بررسی نتایج، با افزایش تابش و دمای هوا روند درصد رطوبت نسبی بصورت کلی کاهش یافته و با کاهش دو عامل شاهد افزایش دوباره آن هستیم که این مسأله دلالت بر تصدیق ادعای تأثیر میزان تابش و دمای هوا بر رطوبت نسبی است. بیشترین همبستگی میان تغییرات رطوبت نسبی، با تغییرات معیاره سرعت جریان باد مشاهده شد. همچنین به نظر می‌رسد فرم زمین و ناهمواری (با توجه به تأثیر مذکور گردش هوا بر رطوبت نسبی) به‌طور غیر مستقیم، از طریق کاهش دسترسی و سرعت جریان هوا با محاصره بخش‌های با ارتفاع پایینتر توسط زمین‌های بلندتر، بر رطوبت نسبی اثر می‌گذارد.

در بررسی مطالعات و تحلیل‌های انجام شده بر نتایج شبیه‌سازی‌ها، نکته‌ای که بیش از همه دارای اهمیت است، بدین ترتیب است که متغیرها و عناصر مختلف اقلیمی در محیط رود-دره‌ها، نه تنها به صورت مستقیم بر تبادل حرارتی محیط در مقیاس اطراف خود تأثیر گذاشته، بلکه در روندی همزمان و البته مؤثرتر، به صورت غیر مستقیم، در پی تعامل حرارتی میانشان، ویژگی‌های تأثیرگذار اقلیمی متناسب با هر متغیر از یکدیگر متأثر شده و در نهایت ماحصل این تعامل به عنوان اثر برآیند در مقیاس کلی بر وضعیت حرارتی محیط مورد نظر مؤثر هستند. لذا بررسی جداگانه تأثیر هر عامل در صورتی که

در تعامل با دیگر عوامل مورد بررسی نگیرد، نهایتاً محدود به شعاع محدودی، مرتبط با همان عامل بوده و در مقیاس وسیع‌تر در تناقض احتمالی با نتایج دیگر عوامل، دقیق و کارساز نخواهد بود.

پی‌نوشت

- River-Valley
 - ² Micro-Climata
 - ³ Hornby Dictionary
 - ⁴ Tsai
 - ⁵ ENVImet.
 - ⁶ Evapotranspiration
 - ⁷ Xu
 - ⁸ Murakawa
 - ⁹ Syafii
 - ¹⁰ Waterbodies
 - ¹¹ Greenways
 - ¹² Riparian
 - ¹³ Evaporative Cooling
 - ¹⁴ Passive Cooling
 - ¹⁵ Evaporation
 - ¹⁶ Convection
 - ¹⁷ Heat Fluxes
 - ¹⁸ Sensible
 - ¹⁹ Radiative
 - ²⁰ Evaporative
 - ²¹ Direction of Heat Flux
 - ²² Long Wave Radiation
 - ²³ Radiative Heat
 - ²⁴ Net. -Radiation Balance
 - ²⁵ Potential of Evaporative Conversion
 - ²⁶ Atmospheric Advection
 - ²⁷ Webb
 - ²⁸ Zhang
 - ²⁹ Sensible Heating
 - ³⁰ Specific Heat Capacity
 - ³¹ Enthalpy of Vaporization
 - ³² Latent Heat of Vaporization
 - ³³ Bowler
 - ³⁴ Surface Porosity
 - ³⁵ Evaporative Flux
 - ³⁶ Evaporative Heat Loss
 - ³⁷ Moore
 - ³⁸ Brooks
 - ³⁹ Kyker-Snowman
 - ⁴⁰ Platanus
 - ⁴¹ Mean Radiant Temperature (MRT)
 - ⁴² Physiological equivalent Temperature (PET.)
 - ⁴³ Predicted Mean Vote (PMV)
 - ⁴⁴ Potential (Absolut) Air Temperature
 - ⁴⁵ Relative Humidity
- ⁴⁶ از ارائه نقشه‌های تراز مربوط به جمع‌آوری داده‌های گیرنده 4، یعنی 11.5 متر از صفر مرجع مدل، به جهت نزدیکی کد ارتفاعی (اختلاف 1 متر) و شباهت نتایج آن با نتایج گیرنده 5، صرف نظر شد.



Shabani, N. (2006). Green way planning: Campiling of recreation and protection in urban landscape Darrakeh River Valley as a Case Study. *Environmental Sciences*, 11 (3), 65-76. [In Persian]

Yazdgerd, F. (2011). Recreation of Sustainability with an Emphasis on the role of the nature in the skeletal structure of iranian-islamic cities (a case study: Magsoud Beik River Valley, Tehran). *Journal of Studies on Iranian Islamic City*, 2 (5), 79-94. [In Persian]

Ali-Toudert, F., and Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street. canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and environment*, 41(2), 94-108.

Ampatzidis, P. and Kershaw, T. (2020). A review of the impact of blue space on the urban microclimate. *Science of the Total Environment*. 730, 139068.

Bowler, D., Buyung-Ali, L., Knight, T., and Pullin, A.S. (2010a). How effective is 'greening' of urban areas in reducing human exposure to land level ozone concentrations, UV exposure and the 'urban heat island effect'? *CEE review 08-004 (SR41). Environmental Evidence*.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. and Pullin, A. S. (2010b). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97 (3), 147-155.

Brooks, R. T., and Kyker-Snowman, T. D. (2009). Forest-floor temperatures and soil moisture across riparian zones on first- to third-order headwater streams in southern New England, USA. *Forest Ecology and Management*, 258 (9), 2117-2126.

Chen, Z., Zhao, L., Meng, Q., Wang, C., Zhai, Y., and Wang, F. (2009). Field measurements on microclimate in residential community in Guangzhou, China. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 3(4), 462-468.

Coutts, A.M., Tapper, N.J., Beringer, J., Loughnan, M. and Demuzere, M. (2013). Watering our cities, the capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. *Progress in Physical Geography*, 37 (1), 2-28.

⁴⁷ Inertia

⁴⁸ Klok

⁴⁹ Gomez

منابع

Alinasab, M. A., and Suzanchi, K. (2013). Sustainable development of urban river valley based on ecological assessment (Case study: Darabad River Valley, Tehran). *Naghsh-e Jahan*, 3 (2), 51-61. [In Persian]

Boomsazegan Paidar, Consulting Engineers. (2006). *Tarh-e rahbordi-sakhtari-ye tosee-ye shahr-e Tehran: tarh-e jame-e Tehran, kholase gozash-e nahaei-ye tarh* [Strategic Structural Development Plan of the City of Tehran: Tehran Comprehensive Plan, Summary of Project, Final Report (First Edition). Tehran: The Institute of Management and Planning Urban Development Plans in Tehran.

Farzad Behtash, M. B., Aqababaei, M. T., and Mohammad Amini, M. (2010). Study of status of Farahzad River Valley (Before and after organization). *Tehran Urban Research and Planning Center (Danesh Shahr)*, 15 (1), 1-40. [In Persian]

Irani Behbahani, H., Faryadi, S., and Mohebbali, G. (2012). Conservation and Rehabilitation of Darband River-Valley Landscape Based on the Behavioral Pattern of Uses. *Journal of Environmental Studies*, 38 (2), 127-134. [In Persian]

Irani Behbahani, H., Zandi, S., and Abarkar, M. (2003). Survival of natural environment within urban space and its optimal use. (Case study: Farah-zad Valley). *Journal of Environmental Studies*, 28 (30), 43-54. [In Persian]

Moghimi, E., and Safari, A. (2010). Geomorphologic assessment of urban development in the territory surface of drainage basins case study: Tehran metropolis. *Spatial Planning (Modares Human Sciences)*, 14 (1(65)), 1-31. [In Persian]

Pasban Hazrat, G. (2000). River-valleys of the cities in Iran: A context of integration of human beings, city and nature. *Iranian Journal of Architecture and Urbanism*, 58-59 (9), 56-61. [In Persian]

Salehi, M. (2007). *Ecological Design of Riparian Parks*. Unpublished master's thesis, Tehran University, Tehran. [In Persian]



Jacobs, C., Klok, L., Bruse, M., Cortesão, J., Lenzholzer, S and Kluck, J. (2020). Are urban water bodies really cooling? *Urban Climate*, 32, pp. 100607.

Kim, Y. H., Ryoo, S. B., Baik, J. J., Park, I. S., Koo, H. J., and Nam, J. C. (2008). Does the restoration of an inner-city stream in Seoul affect local thermal environment? *Theoretical and applied climatology*, 92 (3), 239-248.

Klok, L., Rood, N., Kluck, J. and Kleerekoper, L. (2019). Assessment of thermally comfort urban spaces in Amsterdam during hot summer days. *International Journal of Biometeorology*, 63(2), 129-141.

Krüger, E. and Pearlmutter, D. (2008). The effect of urban evaporation on building energy demand in an arid environment. *Energy and buildings*, 40 (11), 2090-2098.

Li, X., Ratti, C. and Seiferling, I. (2018). Quantifying the shade provision of street trees in urban landscape: A case study in Boston, USA, using Google Street View. *Landscape and Urban Planning*, 169, 81-91.

Manteghi, G., Lamit, H.B. and Remaz, D. (2015). Water bodies and urban microclimate: A review. *Modern Applied Science*, 9(6), 1-12.

Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D., and Aflaki, A. (2016). ENVI-Met. simulation on cooling effect of Melaka River. *International Journal of Energy and Environmental Research*, 4(2), 7-15.

Micarelli, R.H., Irani Behbahani, H., and Shafie, B. (2007). River-valleys as an Intra-City Natural Feature. *International Journal of Environmental Research*. 1 (3), 204-213.

Moore, R. D., Spittle house, D. L., and Story, A. (2005). Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: A review. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(4), 813-834.

Müller, N., Kuttler, W., and Barlag, A. B. (2014). Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1-2), 243-257.

Murakawa, S., Sekine, T., Narita, K. and Nishina, D. (1991). Study of the effects of a river on the

Cruz, J.A., Blanco, A.C., Garcia, J.J., Santos, J.A. and Moscoso, A.D. (2021). Evaluation of the cooling effect of green and blue spaces on urban microclimate through numerical simulation: A case study of Iloilo River Esplanade, Philippines.

Dimoudi, A. and Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69-76.

Di Giuseppe, E., Ulpiani, G., Cancellieri, C., Di Perna, C., D'Orazio, M. and Zini, M. (2021). Numerical modelling and experimental validation of the microclimatic impacts of water mist cooling in urban areas. *Energy and Buildings*, 231, 110638.

Farhadi, H., Faizi, M. and Sanaieian, H. (2019). Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101448.

Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. *Atmospheric Environment, Part B. Urban Atmosphere*, 25(3), 289-299.

Gomez, F., Cueva, A.P., Valcuende, M. and Matzarakis, A. (2013). Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET.). *Ecological Engineering*, 57, 27-39.

Grimmond, C. S. B. and Oke, T. R. (1991). An evapotranspiration-interception model for urban areas. *Water Resources Research*, 27 (7), 1739-1755.

Han, G., Chen, H., Yuan, L., Cai, Y. and Han, M. (2011). Field measurements on micro-climate and cooling effect of river wind on urban blocks in Wuhan city. 2011 International Conference on Multimedia Technology, 4446-4449.

Hathway, E.A, and Sharples, S. (2012). The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. *Building and Environment*, 58, 14-22.

Hornby, A. S., and Cowie, A. P. (1995). *Oxford Advanced Learner's Dictionary* (Vol. 1430). Oxford: Oxford university press.



Steenefeld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G. and Theeuwes, N. E. (2014). Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape and Urban Planning*, 121, 92-96.

Syafii, N.I., Ichinose, M., Wong, N.H., Kumakura, E., Jusuf, S.K. and Chigusa, K. (2016). Experimental study on the influence of urban water body on thermal environment at outdoor scale model. *Procedia Engineering*, 169, 191-198.

Taleb, D. and Abu-Hijleh, B. Urban heat islands: potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE. *Renewable Energy*, 50 (2013), pp. 747-762.

Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M. and Van Den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and Environment*, 83, 65-78.

Theeuwes, N., Solcerová, A. and 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.

Tsai, C., Young, T., Warren, P.H. and Maltby, L. (2017). Riparian thermal conditions across a mixed rural and urban landscape. *Applied Geography*, 87, 106-114.

Ustundag, A. and Serdar Kilinc, M. (2011). Fuzzy Multi-Criteria Selection of Science Parks for Start-up Companies. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4(2), 217-227.

Valencia-Sandoval, C., Flanders, D. N. and Kozak, R. A. (2010). Participatory landscape planning and sustainable community development. *Landscape and Urban Planning*, 94(1), 63-70.

Wang, Y., Berardi, U. and Akbari, H. (2016). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings*, 114, 2-19.

Webb, B.W. and Zhang Y. (1997). Spatial and seasonal variability in the components of the river heat budget. *Hydrological Process*, 11(1), 79-101.

thermal environment in an urban area. *Energy and Buildings*, 16(3-4), 993-1001.

Nasrollahi, N., Hatami, Z., and Taleghani, M. (2017). Development of outdoor thermal comfort model for tourists in urban historical areas; a case study in Isfahan. *Building and Environment*, 125, 356-372.

Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H., and Kimoto, S. (1998). Novel water facilities for creation of comfortable urban microclimate. *Solar Energy*, 64(4-6), 197-207.

Oke, T. R. (1992). *Boundary layer climates*: Psychology Press.

Rydin, Y., Bleahu, A., Davies, M., Davila, J. D. and ... (2012). Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. *Lancet*, 379(9831), 2079-2108.

Saaroni, H. and Ziv, B. (2003). The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: the case of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Biometeorology*, 47(3), 156-165.

Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island-A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224-240.

Smith, C. and Levermore, G. (2008). Designing urban spaces and buildings to improve sustainability and quality of life in a warmer world. *Energy Policy*, 36(12), 4558-4562.

Spronken-Smith, R. A., Oke, T. R. and Lowry, W. P. (2000). Advection and the surface energy balance across an irrigated urban park. *International Journal of Climatology*, 20(9), 1033-1047.

Srivani, M. and Hokao, K. (2013). Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. *Journal of Building and Environment*, 66, 158-172.

Stathopoulos, T. (2006). Pedestrian level winds and outdoor human comfort. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 94 (11), 769-780.

Zhen, L., Cao, S., Wei, Y., Dilly, O., Liu, X., Li, F., Koenig, H., Tscherning, K. and Helming, K. (2009). Comparison of sustainability issues in two sensitive areas of China. Environmental Science & Policy, 21(18), 1153-1167.

- <https://earth.google.com/>
- <https://weatherspark.com/>
- <https://www.irimo.ir/>

Wong, N.H., Tan, C.L., Nindyani, A.D.S., Jusuf, S.K. and Tan, E. (2012). Influence of water bodies on outdoor air temperature in hot and humid climate. ICSDC 2011: Integrating Sustainability Practices in the Construction Industry - Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Construction, 81-89.

Xu, J., Wei, Q., Huang, X., Zhu, X. and Li, G. (2010). Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. Building and Environment, 45(4), 1072-1080.



سال نهم / شماره اول / بهار و تابستان 1400



204