نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال سوم/ شماره مسلسل دوازدهم/ زمستان ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۰۸-۹۱

DOI: 10.30488/CCR.2023.384906.1113

تعدیل اثرات تغییرات آب و هوایی با ارتقاء الگوی کشاورزی شهری پایدار با استفاده از روش‌های BWM و ARAS (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ شهرداری تهران)

علیرضا رحمتی[۱]، احمد نوحه گر[۲*]، غلامرضا نبی بیدهندی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری رشته برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۳] استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲

چکیده

تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت شهرها سبب بروز مشکلات متعدد محیط زیستی شده است. کاهش کارکرد کشاورزی شهری نیز کارایی زیر ساخت‌های سبز و خدمات اکوسیستمی آنها را به‌طور طبیعی ناکارآمد کرده است. هدف از این پژوهش ارائه الگوی کشت پایدار گیاهان مثمر در شهرها جهت تعدیل اثرات تغییرات آب و هوایی و کاربری اراضی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران می‌باشد. در این مطالعه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، تهیه شد. سپس با مدل LCM به پیش بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۵۰ پرداخته شد. برای بررسی تغییرات اقلیمی سناریوهای RCP شبیه سازی گردید. برای به‌دست‌آوردن وزن معیارهای انتخاب گیاهان مثمر از ۴ معیار و ۲۱ زیرمعیار و روش بهترین- بدترین (BWM) و از روش ارزیابی نسبت تجمعی (ARAS) برای رتبه‌بندی این گیاهان مثمر استفاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که فضاهای سبز و کشاورزی به ترتیب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ مقدار ۱۲٪ و ۴,۵٪- تغییر خواهند داشت. ریسک تغییرات اقلیمی نیز گرمایش ۱,۳۲ تا ۲,۲۷ درجه را پیش بینی کرد. بر همین اساس نقشه تناسب منطقه برای کشاورزی شهری و مساحت طبقات تناسب با توجه به معیار سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه (با وزن ۰/۴۷۲)، شرایط اکولوژیک (۰,۲۶۸)، سازگاری با محیط‌زیست شهری (با وزن ۰/۱۷۹) و زیبایی- شناختی (با وزن ۰/۰۸۱) تهیه گردید. بر اساس نظرکارشناسان گونه‌های گیاهی مثمر، بنه، کنار، بادامک، پسته و زیتون خوراکی بالاترین اولویت جهت کشت در مقیاس کلان و متوسط شهری را پیدا کرده‌اند. حدود ۴۰ درصد منطقه دارای تناسب خوب و بالا برای کاشت این گیاهان می باشد.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی شهری، گیاهان مثمر، RCP، BWM، تناسب کشاورزی شهری

مقدمه

در چند دهه گذشته شاهد رشد روزافزون جمعیت جهان با بهبود وضع بهداشت و شرایط زندگی بویژه در کشورهای جهان سوم می باشیم. این افزایش جمعیت شهرها به این معنی است که به فضای بیشتر برای کار و زندگی نیاز است، بنابراین بر ساختمان‌سازی، جاده‌سازی و توسعه شهرها روز به روز افزوده خواهد شد. با افزایش ساخت و سازها در شهرها و توزیع نامتوازن ساختارهای شهری سیستم اکولوژی شهری آسیب دیده و اثر جزایرگرمایی و انواع آلودگی‌ها تشدید می‌شود (غلامعلی فرد و همکاران، ۱۳۹۱؛ تنهایی و مفاخر، ۱۳۹۴). گیاهان مورد استفاده در فضاهای سبز شهری می‌توانند با تأثیر بر رطوبت نسبی، کاهش دما و سرعت باد و ایجاد انحراف در مسیر حرکت امواج صوتی سبب کاهش انرژی و جذب امواج صوتی و کاهش دما شوند (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸؛ اصغری، ۱۳۹۹).

*نویسنده مسئول: nohegar@ut.ac.ir

از دیدگاه شهرسازی، فضای سبز شهری عبارت است از بخشی از استخوان‌بندی و مورفولوژی شهر که تعیین کننده اندام و به طور کلی سیمای شهر می‌باشد. (فیلیپس، ۱۴۰۰؛ Smit et al., 2001). فضای سبز، برخی خدمات ارزشمند را به شکلی مستقیم و غیر مستقیم به محیط پیرامونی خود عرضه می‌کند. این خدمات از ارائه مکان و فرصت‌های تفریحی گرفته تا ایجاد مسیل، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، تولید اکسیژن و جذب دی‌اکسید کربن، کنترل تشعشعات و بازتاب نور، کنترل باد، ذخیره انرژی، کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی و کاهش در فشار هوا و همچنین مزایای مربوط به کاهش تراکم مسکن و حفظ تعادل محیط زیست شهری را شامل می‌شود (Rasidia et al., 2012; Panduro and Veie, 2013؛ خلیل نژاد و همکاران، ۱۴۰۰).

در این میان کشاورزی شهری به عنوان یکی از الگوهای فضاهای سبز شهری می‌تواند در تعادل اکولوژیکی و همچنین پایداری شهر نقش اساسی ایفا کند.(حمیدی و یعقوبی، ۱۳۹۴؛ ولی پور و همکاران، ۱۳۹۲). هدف کلی کشاورزی شهری احترام به پتانسیل زندگی سالم و طبیعت در شهر است و برای رسیدن به این منظور سه هدف دنبال می‌شود: بهبود و حفاظت ساختار اکولوژیک سرزمین، استحکام روح و مکان فرهنگی و تاریخی با بازآفرینی اجتماع و مشارکت اجتماعی و اقتصادی شهری (فیلیپس، ۱۴۰۰؛ محمدی و ابراهیمی‌نیا، ۱۳۹۸؛ Hodgson et al., 2011). کشاورزی شهری به کلیه فعالیت‌های کشاورزی اعم از باغبانی، زراعت، دامداری، پرورش آبزیان و جنگل کاری اطلاق می شود که در داخل و پیرامون شهرها انجام می گیرند. (ملکی نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). این نوع از کشاورزی که با عناوینی همچون مزرعه شهری، باغ‌های اجتماعی و باغ‌های پشت بام نیز شناخته می‌شود (Smit et al., 2001). کشاورزی شهری به عنوان یکی از پرکاربردترین راهبردهای پایداری شهری می‌تواند در اجرای برنامه های پایداری نقش مهمی ایفا کند (حمیدی و یعقوبی، ۱۳۹۴). مهم‌ترین ویژگی کشاورزی شهری، ادغام آن در نظام اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی شهری است (Dieleman, 2017). آن می‌تواند در شکل‌ها و مقیاس‌های مختلف طراحی شود تا طیف متنوعی از مزایا برای شهروندان فراهم گردد (Lovell, 2010). از مقیاس‌های کشاورزی شهری می‌توان به مقیاس کوچک (گلدان لبه پنجره، تراس)، مقیاس متوسط(پشت بام، حیاط، باغچه) و مقیاس بزرگ (پارک‌ها، زمین‌های بایر، فضاهای باز عمومی) اشاره کرد (فیلیپس، ۱۴۰۰؛ میرترابی و همکاران، ۱۳۹۷؛ محمدی و ابراهیمی‌نیا، ۱۳۹۸؛ Shackleton et al., 2009). قابل توجه ترین ویژگی کشاورزی شهری که آن را از کشاورزی روستایی متمایز می کند، این است که با اقتصاد و محیط زیست شهری یکپارچه شده و در تعامل با اکوسیستم شهری است. کشاورزی شهری چیزی نیست که با گسترش شهرها محو شود؛ بلکه با رشد شهرها افزایش می یابد. همچنین کشاورزی شهری به وسیله روستاییان به شهر آورده نشده که با گذشت زمان حالت روستایی خود را از دست داده باشد، بلکه بخش جدایی ناپذیر سیستم شهری است (تنهایی و مفاخر، ۱۳۹۴). علیرغم نقش مهم کشاورزی شهری به عنوان یک استراتژی در مقابل با تهدیدات ناپایدارکننده چندجانبه شهری، نقش آن در سلامت شهر و خدمات بوم شناختی آن قابل توجه می باشد. کاشت گیاهان شهری در شهرها گزینه ای ارزشمند بلحاظ اقتصادی هم برای شهرداری‌ها و هم برای مردم محلی است (خلیل نژاد و همکاران، ۱۴۰۰؛ Ustaoglu et al., 2021). اما توسعه کشاورزی در جوامع شهری نیازمند برنامه ریزی و شناخت نقاط ضعف، نقاط قوت، فرصت‌ها و تهدیدهای آن در این جوامع است (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸). تولید محصول کشاورزی در شهر، در بستر شرایط بومی و الزامات خاص هر منطقه شهری تعریف و توجیه می‌شود (ربیعی صادق‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۹). نکته مهم این است که مقصود از کشاورزی در شهر لزوماً زراعت و کشت و کار به معنای عمومی آن نیست بلکه با توجه به ویژگی اکولوژیکی و اقتصادی هر منطقه

تعاریف متعددی در رابطه با کشاورزی شهری آورده شده است (Hosseinpour et al., 2021).

مطالعات طیف وسیعی از گونه‌های مختلف را برای این منظور پیشنهاد داده است. از درختان و درختچه‌های میوه و زینتی تا گیاهان دارویی، بوته ای، سبزی و صیفی جات و .... (فیلیپس، ۱۴۰۰؛ Artmann and Breuste, 2020). گیاهان مثمر و زینتی می‌توانند به زیبایی در باغی با طراحی زیبا حضور داشته باشند. گیاهان خوراکی را می‌توان به روش‌های خلاقانه با سایر گیاهان زینتی ترکیب کرده و همان اصول طراحی که برای مناظر زینتی استفاده می‌شود برای گیاهان مورد استفاده قرار داد (Baker, 2011). میوه‌ها (سیب، گیلاس، انجیر، گلابی، توت‌فرنگی، توت فرنگی، توت سیاه، کیوی و غیره)، سبزی‌ها (گوجه‌فرنگی، فلفل، بادمجان، لوبیا، کاهو و غیره)، گیاهان دارویی و معطر (ژرانیم، نعناع، آویشن، رزمای و غیره) می‌توانند در هر گونه سبک طراحی مورد استفاده قرار گیرند (خلیل نژاد و شوکتی، ۱۳۹۷؛ Lovell, 2010). اما در واقعیت دستیابی به نتیجه قابل قبول بدون طراحی دقیق، انتخاب درست گیاه و توجه به عادت و نیازهای رشد هر گیاه آسان نیست. انتخاب گونه با هدف دستیابی به گونه‌های مناسب و سازگار به شرایط محیطی برای یک منطقه معین، بخشی از برنامه‌ریزی، مدیریت و نگهداشت فضاهای سبز شهری می‌باشد (Gholamian Moghaddam and Hanaee, 2018). در این راستا، بسیاری از محققین شاخص‌های متعددی را که پوشش‌دهنده جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در فرآیند انتخاب گیاهان فضای سبز هستند را پیشنهاد داده‌اند (Li et al., 2011).

استفاده از گیاهان مثمر، در زیرساخت‌های سبز شهری نیازمند توجه به بستر شرایط بومی و الزامات خاص هر منطقه شهری و الزامات خاص این گیاهان، تعریف و توجیه می‌شود. در عصر حاضر و بخصوص در کشور ما بسیاری از گیاهان مثمر بدون توجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی هر منطقه در مکان‌های نامناسب کشت می‌شوند. انتخاب مکان‌های مناسب کشت نیز چالش برانگیز می باشد (Ahmad et al., 2017; Özkan et al., 2020). مطالعات در مورد نوع محصول مناسب کشاورزی شهری با توجه به مکان اجرا، توصیه‌هایی با در نظر گرفتن تحمل شرایط آب و هوایی گیاه دارند (Specht et al., 2014؛ ربیعی صادق‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۹).

امروزه شهرهای ایران با مسائل و معضلات چندبعدی درگیر هستند که می توان آنها به دو گروه تقسیم کرد: مسائل اقتصادی-اجتماعی؛ و مسائلی که با موضوع‌های محیط زیستی مرتبط بوده و وابسته به مکان هستند. یک راه حل اساسی و مشترک این مشکلات می تواند کشاورزی شهری و باغبانی شهری باشد (خلیل نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). در شهرهای ایران درختان بسیاری به عنوان فضای سبز شهری کاشته می شوند. هزینه زیادی صرف این درختان می شود. در شرایطی که کشور با کمبود آب مواجه است آب زیادی صرف آبیاری این درختان می شود. نیروی انسانی زیادی در فضای سبز شهرداری‌ها مشغول بکار هستند که عمده فعالیت آنها مربوط به درختان فضای سبز است. این درحالی است که کشور با کمبود بودجه مواجه است (اصغری، ۱۳۹۹). خشکسالی و کم‌آبی می‌تواند باعث نابودی درختان شود. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در فعالیت انسانها به ویژه در بخش کشاورزی، آب و هوا است به طوری که هر کشتی در هر منطقه ای باید با توجه به شرایط اقلیمی آن منطقه و الگوهای رفتاری بلند مدت عوامل اقلیمی صورت پذیرد و در غیر این صورت عملیات کشاورزی ممکن است با شکست مواجه شود. در گام بعدی لازم است منطقه مناسب کشت گیاهان مثمر شناسایی و در نهایت گیاهان سازگار با آن اقلیم انتخاب شوند. اجرای اصولی این چهارچوب خود باعث ایجاد کشاورزی پایدار و تولید محصولات کشاورزی سالم خواهد شد (شوکتی و همکاران (۱۳۹۷). انتخاب مکان برای محصولات کشاورزی شهری نیز یک حوزه تحقیقاتی مهم است بخصوص در در زمان کنونی که فشار زیادی بر زمین وجود دارد و کالایی محدود است. تعیین مناطق دقیق برای رشد موفق محصولات و برای کشاورزی پایدار ضروری است (Selim et al., 2018).

یافتن مکان‌های مناسب بویژه با در نظر گرفتن تغییرات کاربری اراضی و تغیرات اقلیمی آینده در منطقه بسیار می تواند کارا باشد (Quinta-Nova and Ferreira, 2020؛ بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸). اما همچنان نگاه سنتی در بدنه شهرداری‌ها و دفاع از گیاهان غیربومی، نبود تنوع پوشش گیاهی و عدم انتخاب علمی مناطق کاشت از سوی دیگر همواره محل بحثی بین نهادهای درگیر و فعالان شهری می باشد. در ایران مطالعاتی پراکنده و محدودی در مورد کشاورزی شهری و انتخاب گونه مناسب توسط (ملکی نژاد و همکاران، ۱۳۹۹)، شوکتی و همکاران (۱۳۹۷)، بازگیر و همکاران (۱۳۹۸)، ولی پور و همکاران (۱۳۹۲)، ربیعی صادق آبادی و همکاران (۱۳۹۹)، محمدی و ابراهیمی نیا (۱۳۹۸) انجام شده است.

شهر تهران به عنوان یکی از شهرهای بزرگ ایران با مسائل و آسیب‌پذیری‌های متعددی در ابعاد فضایی-کالبدی، محیط‌زیستی، حمل و نقل و مدیریتی مواجه است. از جمله خطراتی که تهران را تهدیدی می‌کند تغییرات آب و هوایی و تغییرات کاربری اراضی در جهت تخریب فضاهای سبز می باشد. تغییر اقلیم یا تغییرات آب و هوایی به تغییر در توزیع آماری الگوهای اقلیمی یا آب و هوایی گفته می‌شود (سلیقه، ۱۳۹۴). پیش بینی‌های آب و هوایی بلندمدت نشان می‌دهد که در تهران در طی ۳۰ تا ۴۰ سال آینده، افزایش دما، با شدت بیشتری ادامه خواهد داشت. گرم شدن سطح زمین و جزایر حرارتی نمونه‌هایی از تغییرات اقلیمی ناخواسته متأثر از تغییرات سطح و اتمسفر زمین ناشی از فرآیند شهرنشینی بنفع کاربری شهری و کاهش فضاهای سبز می‌باشد. همچنین نگرانی‌های موجود در مورد اثرات منفی شهرنشینی بر محیط زیست، ویژگیهای مناطق شهری شامل میزان فضای سبز و انواع کاربریها را به طور فزاینده‌ای در برنامه‌ریزی و عمران شهری بویژه در شهرهای پرتراکم، با اهمیت کرده است. شهر تهران در سی سال اخیر با افزایش چشمگیر تراکم در نواحی مختلف مواجه بوده و این روند در ۲۰ سال گذشته با اعطای اضافه تراکم تشویقی تشدید نیز شده است به‌طوری که کالبد شهر را شدیداً دچار تغییرات مختلفی نموده است. بنابراین دغدغه ایجاد محیط‌های شهری با کیفیت‌تر و اهمیت برنامه‌ریزی برای این محیط‌ها بسیار مهم شده است. با توجه به آن که کشاورزی شهری یکی از زیرشاخه‌های توسعه درونزا و یکی از مؤلفه‌های مهم و اساسی شهرهای پایدار محسوب می‌شود به نظر می‌رسد کشاورزی شهری و انتخاب گیاهان مناسب برای آن باید به عنوان یکی از راه‌های رسیدن به این پایداری در کلانشهر تهران مورد توجه قرار گیرد. با توجه به مسائلی که مطرح شده ضرورت پرداختن به منطقه ۲۲ به عنوان یکی از مناطق مهم و بزرگ شهر تهران بیش از پیش مشهود به نظر می‌رسد. اهداف مطالعه حاضر به شرح زیر است:

-تعیین معیارها و زیرمعیارها متناسب جهت انتخاب گیاهان مناسب برای کشاورزی شهری در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

-وزن دهی به آنها جهت انتخاب گیاهان مناسب با استفاده از BWM

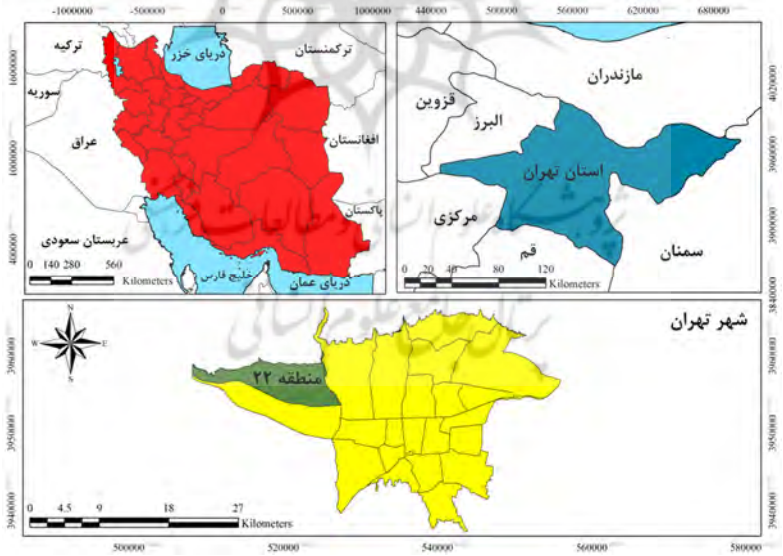
-تولید نقشه مناطق متناسب کشاورزی شهری با توجه به اوزان معیارهای مرحله قبل و تغییرات اقلیمی تا سال ۲۰۵۰

-اولویت‌بندی گیاهان مناسب برای آن با استفاده از روش‌های BWM و ARAS

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه ۲۲ شهرداری تهران جدیدترین منطقه شهری تهران بوده که در شمال غرب این شهر واقع‌شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به منطقه ۵ شهرداری تهران، از غرب به محدوده وردآورد شمالی و از جنوب به آزادراه تهران-کرج محدود می‌گردد. مساحت این منطقه حدود ۶۲۰۰ هکتار می باشد که از این مساحت بیش از ۱۳۰۰ هکتار متعلق به فضاهای سبز می‌باشد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۴۰ متر است. شیب عمومی منطقه از شمال به جنوب است. باد غالب منطقه باد غربی ست. میزان کلی بارندگی ۲۸۱ میلی‌متر در سال بوده که بیشترین آن

در فصل زمستان می‌بارد. این منطقه در پایین دست حوضه آبریز رودخانه کن واقع شده است. رودخانه کن که از شمال به جنوب جریان دارد و پذیرنده آب‌های سطحی حوزه‌های شرقی است. رودخانه وردآورد نیز در امتداد شمالی جنوبی و به موازات رودخانه کن جریان دارد و در پائین دست، حد غربی محدوده طرح را تشکیل می‌دهد. فاصله متوسط این دو رودخانه از یکدیگر در حدود ۱۰ کیلومتر است. از لحاظ زمین‌شناسی از رسوبات غیر متراکمی به وجود آمده که از دامنه جنوبی کوه‌های البرز حمل و ته‌نشین شده‌اند و در ضخامت رسوبات آبرفتی این ناحیه یک سفره آب زیرزمینی گسترده وجود دارد. پارک جنگلی چیتگر بزرگترین فضای سبز طبیعی منطقه است. پوشش گیاهی منطقه ۲۲ تنوع بوده و انواعی از درختان سوزنی برگ و پهن برگ را در بر می گیرد. سرونقره ای، کاج الداریکا، سرو خمره ای، اقاقیا، افرای زینتی، زبان گنجشک، پلت، ارغوان، ایلان، داغداغان، نارون چتری و انواع بلوط از درختان عمده کاشته شده در پارک جنگلی چیتگر می‌باشد که نه تنها سبب بهبود شاخص آلایندگی هوا در منطقه می‌گردد بلکه به خنک تر شدن و لطافت هر چه بیشتر هوای منطقه کمک می کند. منطقه ۲۲ در سطح تهران و منطقه فرا شهری از قابلیت دسترسی مطلوبی برخوردار است. این منطقه در طرح تفصیلی تهران به‌عنوان قطب گردشگری تهران مطرح شد تا نیازهای رفاهی شهر تهران را برطرف سازد که بر همین اساس پروژه‌های بسیاری ازجمله آبشار تهران، دریاچه مصنوعی چیتگر، محور چهارباغ، بوستان جوانمردان ایران، شهربازی هزارویک شهر (تهران لند)، تهران مال، پارک آبی چیتگر، ایران مال، مجتمع تجاری اداری آرتمیس، پردیس سوارکاری، تله کابین و مونوریل چیتگر در این منطقه در حال ساخت و تکمیل می‌باشند. باوجود پارک‌های جنگلی چیتگر، وردآورد، خرگوش دره، لتمال کن و جهت وزش باد در تهران که عموماً غربی-شرقی است، این منطقه از آب‌وهوای پاکیزه و مطلوب‌تری نسبت به دیگر مناطق تهران برخوردار است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ۲۲ شهرداری تهران

روش تحقیق

۱) مدل تغییرات آب و هوایی آینده: در این مطالعه از سری سناریوهای جدید RCPs به عنوان نماینده خط سیر کلیدی گازهای گلخانه ای و سه سناریوی RCP8.5 و RCP4.5 و RCP2.5 استفاده شد. سناریوهای RCPs در سال ۲۰۱۰ توسط یک کمیته علمی و زیر نظر هیئت بین دول تغییرات اقلیمی با هدف مهیا نمودن مجموعه ای از اطلاعات که از نتایج

آن بتوان عوامل اصلی تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود و نتایج آن را بتوان برای مدل‌های اقلیمی اعمال کرد، ارائه شده است (کوزه گران و همکاران، ۱۳۹۹). سناریوی خانواده RCP شامل ۴ سناریوی مختلف است که این سناریوهای عبارتند از: ۸٫۵، ۶، ۴٫۵ و ۲٫۵ که بر اساس مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، خط مشی‌ها در آینده است که در هر شرایط می تواند منجر به سطح انتشار متفاوت گازهای گلخانه ای و تغییرات اقلیمی گردد. در روش‌های مبتنی بر سوگیری، تفاوت بین مدل تغییرات آب و هوایی و داده‌های مشاهده ای در طول زمان ثابت باقی می ماند. در روش‌های مبتنی بر تغییرات، عامل تغییر فرض بر این است که میزان تغییر داده‌ها در پارامترهای اقلیمی مشاهده شده برابر با میزان تغییر در مدل تغییرات آب و هوایی است و احتمال بارش در این روش تغییر نمی کند (کوزه گران و همکاران، ۱۳۹۹). روش مبتنی بر سوگیری به عنوان یک سوگیری بر اساس نسبت متوسط بارندگی بلند مدت مدل تغییرات آب و هوایی و داده‌های مشاهده ای است. به عنوان مثال در معادله ۱، بارش مشاهده ای (pr_{obs}^{f}) (پیش بینی شده برای آینده منطقه) به ترتیب برابر با بارش مدل آینده در آن ایستگاه (pr_{GCM}^{f}) ضرب در نسبت میانگین بارش مشاهده ای در دوره پایه (μ_{obs}^{p}) به بارش مدل (μ_{GCM}^{p}) است. دما در این روش به وسیله معادله ۲ تصحیح می‌شود. جایی که دمای ایستگاه مورد نظر در آینده (T_{obs}^{f})، از جمع دمای خروجی مدل آب و هوایی آینده (T_{GCM}^{f})، میانگین دمای مشاهده ای در ایستگاه مورد مطالعه (μ_{obs}^{p}) و میانگین دمای مدل در ایستگاه مورد نظر در دوره پایه (μ_{GCM}^{p}) بدست می‌آید (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶؛ کوزه گران و همکاران، ۱۳۹۹). از داده‌های ایستگاهی محلی و یا داده‌های پایگاه اقلیمی ECMWF و محیط نرم افزار LARS-WG جهت ریز مقیاس سازی داده‌های مدل گردش عمومی جو CanESM2 استفاده گردید. در ادامه برای پیش‌بینی مولفه‌های اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی‌های واداشت تابشی تغییر اقلیم ذکر شده استفاده شد.

معادله ۱ $$pr_{obs}^{f} = pr_{GCM}^{f} \times \frac{\mu_{obs}^{p}}{\mu_{GCM}^{p}}$$

معادله ۲ $$T_{obs}^{f} = T_{GCM}^{f} + + \mu_{obs}^{p} + \mu_{GCM}^{p}$$

۲) مدلسازی تغییرات کاربری اراضی با مدل LCM: برای بررسی پویایی و تغییر پوشش زمین باید نقشه‌هایی تهیه کرد که وضعیت زمین را در زمان‌های مختلف نشان دهد. در این تحقیق به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی، از تصاویری سنجنده‌های OLI و TM ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ با بزرگنمایی ۳۰ متر استفاده شد. طبقه بندی پوشش زمین به ۶ طبقه (کشاورزی دیم، مسکونی یا شهری، پارک جنگلی و مناطق مشجر (فضاهای سبز)، مراتع و بوته زارها، خاک لخت و اراضی بایر، پهنه‌های آبی) در نرم افزار ECognition Developer 9.01 انجام شد. برای تفسیر و تأیید صحت نقشه طبقه بندی شده، از ۱۰۰ نقطه کنترلی تصادفی استفاده شد. ضریب کاپا بالای ۷۸ درصد و دقت کلی بالای ۹۰ درصد برای هر نقشه محاسبه شد.

مدل‌ساز تغییر زمین، الگوریتم LCM (Land Change Modeler) برای مدلسازی تغییرات پوشش اراضی استفاده شد. مراحل این روش مدل‌سازی در ۴ مرحله انجام می‌شود: ۱- بررسی تغییرات؛ ۲- مدل‌سازی نیروی انتقال؛ ۳- مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و ۴- ارزیابی صحت مدل‌سازی (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۵). مدلLCM به دو نقشه پوشش سرزمین متعلق به زمان‌های گوناگون به‌عنوان ورودی نیاز دارد. در این تحقیق، کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به‌صورت نقشه با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی گردید (غلامعلی فرد و همکاران، ۱۳۹۷).

پس از ارزیابی صحت نقشه سال ۲۰۲۰، نقشه سال ۲۰۵۰ شبیه سازی گردید. همانطور که در معادله ۳ نشان داده شده است برای تأیید صحت از ضریب کاپا استفاده شد. در این معادله p_0: پیکسل‌های به درستی مشاهده شد و p_c: توافق مورد انتظار است.

معادله ۳ $$kappa = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c} \times 100$$

۳) تولید نقشه مناطق دارای تناسب کشاورزی شهری و تعیین گیاهان مثمر مناسب: برای انتخاب گیاهان مناسب برای کشاورزی شهری در مقیاس متوسط و بزرگ، معیارها و زیر معیارهایی مانند سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه شامل میزان تحمل کم آبی (تحمل خشکی)، میزان تحمل بادهای شدید، میزان تحمل شوری خاک و ...، معیار شرایط اکولوژیک شامل سرعت رشد بالا، طول عمر بالا، آشغال ریز نبودن و ...، معیار سازگاری با محیط‌زیست شهری (میزان تحمل آلودگی خاک، میزان تحمل آلودگی آب، میزان تحمل سایه و....) و معیار زیبایی‌شناختی (دارا بودن جذابیت زیباشناختی برای فضای سبز) مورد توجه قرار گرفت. در جدول ۱ به صورت جامع معیارها و زیرمعیارهای انتخاب گیاهان مناسب برای کشاورزی شهری در منطقه مطالعه آورده شده است (آقاجانی بزازی و همکاران، ۱۴۰۱؛ ربیعی صادق‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۹؛ نارویی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Radhakrishnan et al., 2019).

جدول ۱- معیارهای انتخاب گیاهان برای استفاده در کشاورزی شهری

معیارها	زیر معیارها	
سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه	میزان تحمل کم آبی(تحمل خشکی)	میزان تحمل بادهای شدید
	مقاومت در برابر تغییرات PH آب (قلیایی- اسیدی)	میزان تحمل شوری خاک
	میزان تحمل شوری آب (EC بالا)	مقاومت در برابر تغییرات PH خاک(قلیایی- اسیدی)
	میزان تحمل سختی آب (TH بالا)	میزان تحمل تنش‌های آبی
	میزان تحمل تغییرات تنش دمایی (تحمل گرما زیاد و سرما و یخبندان)	
شرایط اکولوژیک	سرعت رشد بالا	مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها
	طول عمر بالا	آشغال ریز نبودن
	سازگاری با سایر گونه‌ها (مهاجم نبودن)	نیاز به نگهداری پایین (عدم نیاز به هرس زیاد و کوددهی بالا)
	مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)	
سازگاری با محیط‌زیست شهری	میزان تحمل آلودگی هوا (آلاینده‌های سنگین هوا)	میزان تحمل آلودگی خاک
	میزان تحمل آلودگی آب	میزان تحمل سایه
زیبایی‌شناختی	دارا بودن جذابیت زیباشناختی برای فضای سبز	

با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان و مرور مطالعات صورت پذیرفته، گیاهان مناسب کشاورزی شهری برای منطقه ۲۲ مشخص گردید. در ادامه به منظور جمع آوری اطلاعات مورد نیاز و بدست آوردن وزن معیارها و زیرمعیارها، مقایسات زوجی با استفاده از روش بهترین- بدترین (BWM[1]) صورت پذیرفت. روش BWM نخستین بار توسط Rezaei (۲۰۱۵) برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه توسعه یافت. این روش مبتنی بر مقایسات زوجی بوده و جهت بدست آوردن وزن معیارها و زیرمعیارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش به کمک ۱۰ نفر از اعضای هیات علمی و کارشناسان متخصص که در حوزه‌ی طراحی فضای سبز و باغبانی تخصص داشته‌اند، مقایسات زوجی صورت پذیرفت.

معیارهای با امتیاز بالاتر با روش AHP رویهم گذاری شده و نقشه تناسب منطقه برای کشاورزی شهری تهیه گردید. ارزیابی گیاهان مثمر با توجه به معیارها و زیرمعیارها صورت گرفت. برای این منظور از تکنیک ارزیابی نسبت تجمعی (ARAS[2]) برای اولویت‌بندی و ارائه الگوی کشت پایدار گیاهان مناسب

۱. Best- Worst method

2. Additive Ratio Assessment

برای کشاورزی شهری استفاده شد. روش ARAS، نیز یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به منظور رتبه‌بندی، با استفاده از یک تابع بهینگی، میزان کارایی نسبی گزینه‌ها را بر حسب میزان تاثیرگذاری نسبی وزن معیارها مشخص می‌کند. این روش که توسط Zavadskas & Turskis (۲۰۱۰) طراحی شد. تا کنون به عنوان یکی از جدیدترین، موثرترین و در عین حال ساده‌ترین روش‌ها، در تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار گرفته است (شفیعی نیک آبادی، ۱۳۹۴). لازم به ذکراست امتیازات داده شده به هر یک از گیاهان مثمر بر اساس طیف ده امتیازی (کمترین=۱ و بیشترین=۱۰) طراحی شده و توسط متخصصان این حوزه (۱۰ نفر طراح فضای سبز و باغبان) این امر صورت پذیرفته است. جهت اولویت‌بندی گیاهان برای استفاده در مقیاس بزرگ و متوسط کشاورزی شهری منطقه ۲۲ از ترکیب دو روش BWM و ARAS استفاده شد. در جدول ۲ ارتباط بین تکنیک BWM و ARAS آورده شده است.

جدول ۲- ارتباط بین BWM و ARAS

جنس معیارها	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	.....
وزن معیارها	۰/۰۴۹	۰/۰۹۹	۰/۰۲۴	۰/۰۶۷	....
گونه / معیار	سرعت رشد بالا	طول عمر بالا	آشغال ریز نبودن	نیاز به نگهداری پایین	....
آلبالو	۵/۶	۷	۶/۲	۷/۴	....
انجیر	۸	۸	۶/۶	۶/۸	....
....	....	....	....	....	....

یافته‌های تحقیق

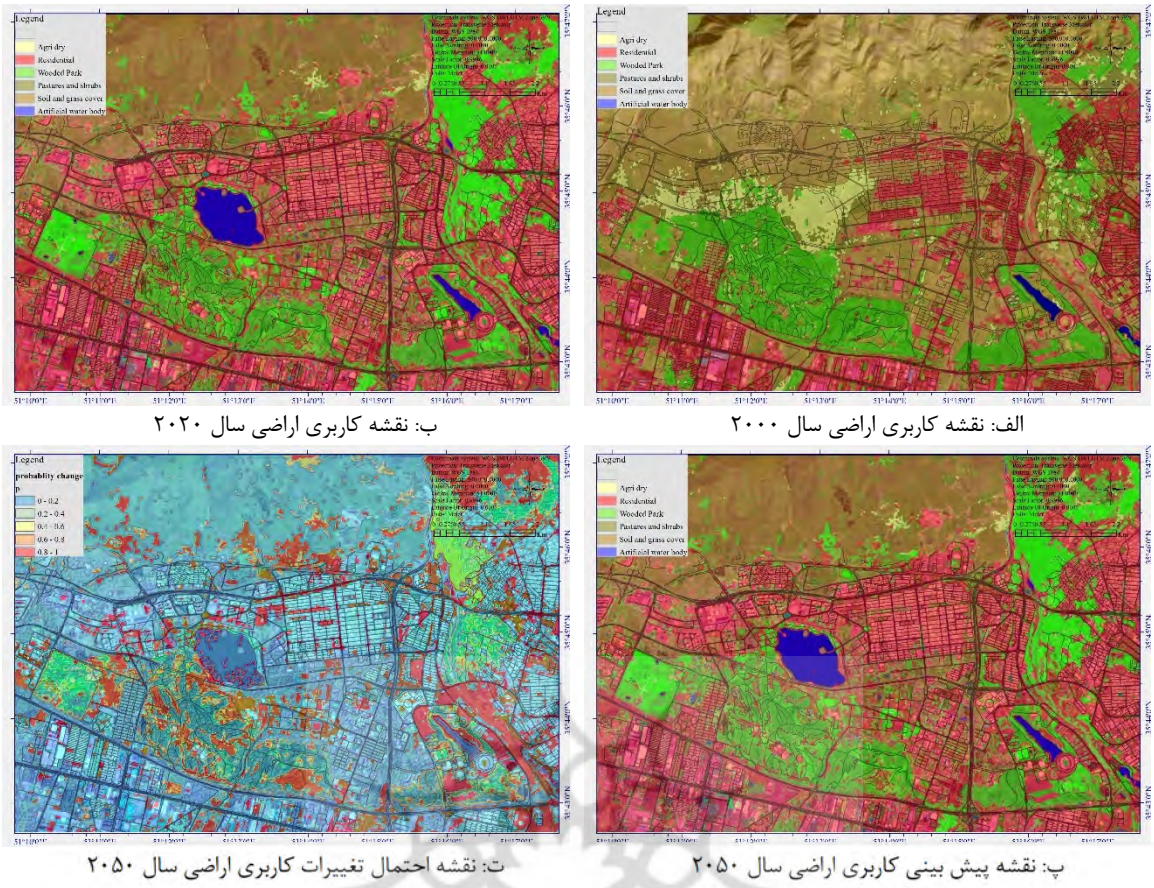
نتایج تغییرات کاربری اراضی نشان داد که از سال پایه ۲۰۰۰ سهم چشم انداز منطقه عمدتاً اراضی بایر بوده است که در سال ۲۰۰۰ از ۵۵ درصد سهم به ۴۴/۴۴ درصد برای سال ۲۰۲۰ تغییر داشته است. بر اساس نتایج، بیشتر تغییرات این پوشش به کاربری شهری و پارک تبدیل شده است. منظر شهری منطقه ۲۲ در سال ۲۰۰۰ نشان می دهد که ۲۱ درصد از سیمای شهر کاربری مسکونی بوده و در سال ۲۰۲۰، این کاربری با رشدی معادل ۸,۲۰٪ به مساحت ۲۹,۲٪ از مساحت کل منطقه مطالعه رسیده است. با این حال، پیش بینی برای سال ۲۰۵۰ نشان داد که ۴۵,۴۷٪ از چشم انداز، کاربری مسکونی و شهری خواهد بود. در ۳۰ سال آینده نرخ رشد شهری شدیدتر خواهد بود و به نرخ رشد ۱۶ درصدی خواهد شد. در سال ۲۰۵۰، تنها ۴۳ هکتار در مناطق دور افتاده شهری برای کاربری کشاورزی باقی خواهد ماند. این میزان تخریب سطح پوشش را به سمت مناطق سخت تر و خشک تر هدایت می کند. پارک‌ها و فضاهای سبز شهری هماهنگ با رشد مناطق مسکونی مورد نیاز جامعه رشد می کنند که بر اساس تحلیل نتایج مدلسازی از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، پارک‌ها و فضاهای سبز شهری منطقه از ۱۳/۲۲ درصد به ۱۹/۶ درصد افزایش یافته است. اما با توجه به برنامه ریزی‌های کلان شهر، مدل LCM پیش بینی می کند که این نرخ رشد به ۴/۲۶ درصد کاهش یابد. با ایجاد دریاچه مصنوعی خلیج فارس در نزدیکی پارک چیتگر، رشد پهنه‌های آبی در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به ۱,۲۳ درصد رسیده است. امروزه در محدوده مورد مطالعه، سه مجموعه آبی عمده به مساحت ۱۴۹,۹۴ هکتار قابل مشاهده است. این منطقه ۱,۵ درصد از کل چشم انداز سرزمینی را به خود اختصاص داده است. (جدول ۳).

جدول۳- آمار تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

پوشش زمین	مساحت (هکتار)			درصد از کل منطقه			درصد تغییرات	
	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۵۰	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۵۰	سال ۲۰۲۰-۲۰۰۰	سال ۲۰۵۰-۲۰۲۰
کشاورزی دیم	۴۲۰/۲۳	۸۱/۶۳	۴۳/۰۷	۴/۲۰	۰/۸۲	۰/۴۳	-۳/۳۹	-۰/۳۹
مناطق شهری	۲۱۰۳/۸۵	۲۹۲۳/۴۱	۴۵۴۷/۵۶	۲۱/۰۴	۲۹/۲۳	۴۵/۴۷	۸/۲۰	۱۶/۲۴
مناطق مشجر و پارک‌ها	۱۳۲۲/۴۶	۱۹۶۳/۵۸	۲۳۸۹/۸۴	۱۳/۲۲	۱۹/۶۳	۲۳/۶۰	۶/۴۱	۴/۲۶
مراتع و بوته زارها	۶۱۹/۲۰	۴۳۷/۵۱	۶۰۷/۶۴	۶/۱۹	۴/۳۷	۶/۰۸	-۱/۸۲	۱/۷۰
اراضی بایر	۵۵۰۸/۰۰	۴۴۴۴/۶۳	۲۲۶۲/۳۵	۵۵/۰۸	۴۴/۴۴	۲۲/۶۲	-۱۰/۶۳	-۲۱/۸۲
پهنه‌های آبی	۲۶/۹۶	۱۴۹/۹۴	۱۵۰/۲۵	۰/۲۷	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۲۳	۰/۰۰

تحلیل مکانی تغییرات پوشش کاربری بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی و مدل‌های تغییرات ساخت و ساز LCM نشان می دهد که توسعه شهری و مسکونی در اطراف بزرگراه کرج با شدت بالایی ادامه خواهد داشت. نتایج بررسی روند مناطق مشجر و فضاهای سبز برای سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰ نشان داد که توسعه پارک‌های جنگلی در مرکز منطقه مورد مطالعه و غرب دریاچه خلیج فارس ایجاد شده، در عوض تخریب درختان حاشیه بزرگراه کرج و کاهش درختان پارک جنگلی چیتگر به‌دلیل خشکسالی شدید در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ اتفاق افتاده است. مدل‌های زنجیره مارکوف نشان داده است که با توجه به طرح شهرداری، تراکم کاربری شهری در اولویت است. نقشه سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد که ساخت و ساز شهری در شمال منطقه ۲۲ کاهش نرخ رشد داشته است. اما در قسمت جنوبی و با توجه به سیاست‌های شهرنشینی، تراکم سکونتگاه‌ها افزایش می یابد. بنابراین بر اساس نقشه تغییرات پوشش گیاهی به دست آمده از مدل مارکوف، احتمالاً طرح درختکاری و پارک کوهستانی تهران (کمربند سبز شهری با ترویج کاشت درختان غیر بومی و پارکی) احتمالاً با موفقیت چندانی مواجه نخواهد شد. عوامل توپوگرافی از جمله ارتفاع زیاد، جهت شیب جنوبی که تبخیر و تعرق را افزایش می دهد در این امر دخیل است. همچنین وسعت زیاد منطقه مدیریت آن را تهدید می کند. طبق نقشه احتمالاً ۳۲۰۰۰ هکتار از منطقه با ۸۰ تا ۱۰۰ درصد احتمال تغییر خواهد داشت. توسعه مسکونی از توسعه فضاهای سبز پیشی خواهد گرفت. این مناطق عمدتاً مراتع و پارک‌های جنگلی هستند که به دلیل طرح‌های شهری، خشکسالی و کم آبی، آلودگی هوا و عوامل دیگر در معرض نابودی قرار دارند. بر اساس نقشه احتمال تغییرات، پارک جنگلی چیتگر در چند نقطه خطر جدی تخریب و نابودی درختان را دارد. این مناطق ۲۶ هکتار وسعت دارند. بیشتر گونه‌ها درختان کاج ۴۰ تا ۶۰ ساله هستند. پوشش گیاهی بلوارهای خیابانی نیز به دلیل آلودگی هوا شادابی خود را از دست داده و دچار مرگ می شوند. (شکل ۲).

بر اساس مدلسازی سه سناریوی RCP در منطقه ۲۲ مشخص گردید، تغییرات اقلیمی در این منطقه در هر صورت اتفاق خواهد افتاد بر اساس سناریوی RCP2.5، تا ۳۰ سال آینده میانگین دمای سالانه از ۱۸/۲۱ درجه سانتی‌گراد حال حاضر به ۱۹/۲۶ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت و یخ بندان تقریباً به زیر سه روز در سال خواهد رسید. در سناریوی میانه یعنی RCP 4.5، از سال ۲۰۳۷ بر اساس مدلسازی‌های انجام شده یک جهش شدید دمایی اتفاق خواهد افتاد و سالانه ۰/۱ درجه افزایش دما دیده خواهد شد. نهایتاً در سناریوی بدبینانه ترین حالت ممکن یعنی RCP 8.5 بالاترین جهش دمایی در دهه‌های آینده بوجود خواهد آمد. تحت این سناریو دمای ۲۰/۳۱ درجه سانتی‌گراد یعنی؛ ۲/۱۱ درجه افزایش میانگین سالانه و تعداد روزهای گرم با کران بالای ۴/۷ درجه سانتی گراد اتفاق خواهد افتاد (شکل ۳).



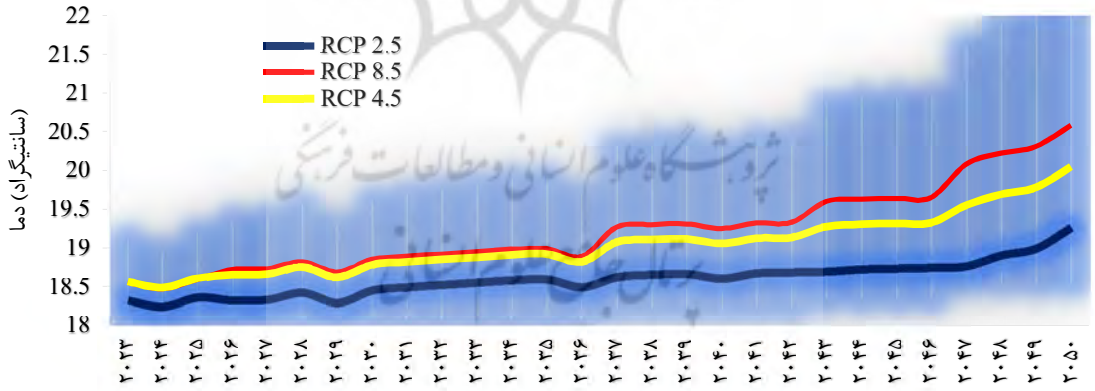
الف: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰

ب: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰

پ: نقشه پیش بینی کاربری اراضی سال ۲۰۵۰

ت: نقشه احتمال تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۵۰

شکل ۲- نقشه تغییرات مکانی کاربری‌های منطقه ۲۲ در سال‌های مختلف مطالعه



شکل ۳- نمودار سناریوهای تغییرات اقلیمی برای سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۵۰ در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

با توجه به تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی محتمل در منطقه مورد مطالعه و بر اساس نتایج جدول ۴ و نظریه کارشناسان معیار سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه در اولویت اول با وزن ۴۷,۲٪ اهمیت فوق العاده ای دارد. بر اساس نتایج کارشناسی شرایط اکولوژیک بهینه وابسته به شرایط محیط زیستی منطقه، سازگاری با محیط‌زیست شهری و معیار زیبایی شناختی در اولویت‌های بعدی قرار دارند. وزن قطعی زیرمعیارهای انتخاب گیاهان مثمر جهت کاشت در فضاهای سبز مقیاس بزرگ و متوسط منطقه ۲۲ در جدول ۴ نشان می‌دهد که در رابطه با معیار شرایط اکولوژیک منطقه زیر معیار مقاومت در

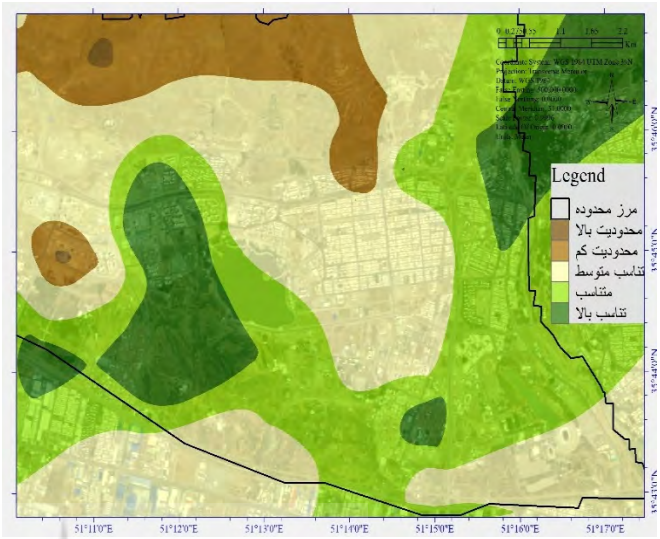
برابر آفات و بیماری‌ها با امتیاز ۰/۱۵۶، در ارتباط با معیار سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه، زیر معیار میزان تحمل کم آبی با امتیاز ۰/۰۹۳، در رابطه با معیار سازگاری با محیطزیست شهری، زیر معیار میزان تحمل آلودگی هوا (آلاینده‌های سنگین هوا) با امتیاز ۰/۰۸۷، در ارتباط با معیار زیبایی‌شناختی، زیر معیار زیبایی شناختی با امتیاز ۰/۰۸۱ به عنوان مهم‌ترین زیر معیارهای انتخاب گیاهان مثمر در هر معیار بدست آمدند.

جدول ۴- وزن قطعی معیارها و زیرمعیارهای انتخاب گیاهان مثمر جهت ارتقاء کشاورزی شهری

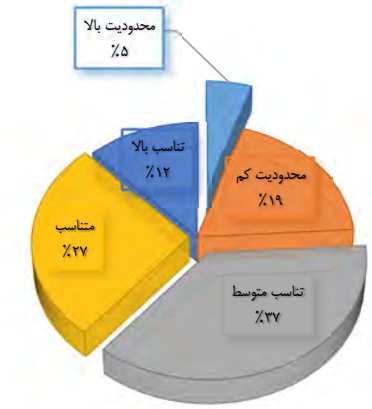
معیارها	وزن معیارها	زیر معیار	وزن زیرمعیار	وزن قطعی معیارها
سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه	۰/۴۷۲	میزان تحمل کم آبی	۰/۲۷۲	۰/۰۹۳
		میزان تحمل بادهای شدید	۰/۰۳۶	۰/۰۰۹
		میزان تحمل شوری آب	۰/۱۶۸	۰/۰۵۶
		میزان تحمل سختی آب	۰/۰۶۷	۰/۰۱۸
		میزان تحمل تنش‌های آبی	۰/۱۱۱	۰/۰۲۹
		مقاومت در برابر تغییرات PH آب	۰/۰۸۴	۰/۰۲۲
		میزان تحمل شوری خاک	۰/۱۱۱	۰/۰۳۹
		مقاومت در برابر تغییرات PH خاک	۰/۰۸۴	۰/۰۲۲
		میزان تحمل تغییرات تنش دمایی	۰/۰۶۷	۰/۰۱۸
شرایط اکولوژیک	۰/۲۶۸	سرعت رشد بالا	۰/۱۰۴	۰/۰۴۹
		طول عمر بالا	۰/۲۰۹	۰/۰۲۹
		سازگاری با سایر گونه‌ها (مهاجم نبودن)	۰/۰۸۳	۰/۰۳۹
		مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها	۰/۳۳۱	۰/۱۵۶
		مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)	۰/۰۸۴	۰/۰۲۰
		آشغال ریز نبودن	۰/۰۴۹	۰/۰۲۴
		نیاز به نگهداری پایین (عدم نیاز به هرس زیاد و کوددهی بالا)	۰/۱۴۰	۰/۰۲۷
سازگاری با محیط-زیست شهری	۰/۱۷۹	میزان تحمل آلودگی هوا (آلاینده‌های سنگین هوا)	۰/۴۸۵	۰/۰۸۷
		میزان تحمل آلودگی آب	۰/۱۴۵	۰/۰۲۶
		میزان تحمل آلودگی خاک	۰/۲۹۱	۰/۰۵۲
		میزان تحمل سایه	۰/۰۷۹	۰/۰۱۴
زیبایی شناختی	۰/۰۸۱	دارا بودن جذابیت زیباشناختی برای فضای سبز	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱

بر اساس نقشه حاصل از روی هم گذاری معیارهای تصمیم گیری با بیشترین امتیاز، منطقه مورد مطالعه دارای ۵٪ محدودیت بالا است که در دو لکه در ارتفاعات دیده می شود و ۱۹٪ منطقه محدودیت کمی برای کشاورزی شهری پایدار با توسعه گیاهان مثمر دارد، این منطقه در جهت جنوبی و ارتفاعات کوه‌های البرز که دارای محدودیت‌های اکولوژی است دیده می شود. در ادامه همین بحث در کل منطقه ۲۲ مساحت ۳۷٪ از کل منطقه تناسب متوسط با هدف مورد نظر داردکه بیشتر در بخش‌های ساخته شده و مسکونی است. اما بخش قابل اتکاتر برای توسعه در ۲۷٪ منطقه (متناسب یا دارای تناسب خوب) تا ۱۲٪ منطقه

(تناسب بالا) می باشد که بصورت نواری از دره کن تا شمال پارک جنگلی کشیده شده است، بر همین اساس حدود ۴۰٪ منطقه می تواند برای کشاورزی شهری با گیاهان مثمر در نظر گرفته شود (شکل ۴).



الف: نقشه مناطق مناسب کشاورزی شهری با گیاهان مثمر



ب: نمودار درصد فراوانی طبقات تناسب کشاورزی شهری

شکل ۴- نقشه مناطق مناسب کشاورزی شهری با گیاهان مثمر و فراوانی طبقات تناسب

جدول ۵- اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی منتخب براساس نظرات کارشناسان و ترکیب تکنیک BWM و ARAS

اولویت گونه	نام گونه	مقدار بهینگی گزینه‌ها (S_i)	درجه‌سودمندی گزینه‌ها (K_i)	اولویت گونه	نام گونه	مقدار بهینگی گزینه‌ها (S_i)	درجه سودمندی گزینه‌ها (K_i)
۱	بنه	۰/۰۴۲	۰/۹۳۲	۱۴	توت سفید	۰/۰۳۶	۰/۸۱۷
۲	کنار	۰/۰۴۱	۰/۹۲۲	۱۵	انار	۰/۰۳۶	۰/۸۱۰
۳	بادامک	۰/۰۴۱	۰/۹۱۵	۱۶	توت سیاه	۰/۰۳۶	۰/۸۰۶
۴	پسته	۰/۰۴۰	۰/۹۰۸	۱۷	انگور	۰/۰۳۶	۰/۸۰۲
۵	زیتون خوراکی	۰/۰۳۹	۰/۸۸۲	۱۸	خرمالو	۰/۰۳۵	۰/۷۸۶
۶	سماق	۰/۰۳۹	۰/۸۷۹	۱۹	زالزالک	۰/۰۳۴	۰/۷۶۶
۷	انجیر	۰/۰۳۹	۰/۸۷۲	۲۰	به	۰/۰۳۳	۰/۷۵۲
۸	انچوچک	۰/۰۳۹	۰/۸۷۱	۲۱	آلبالو	۰/۰۳۳	۰/۷۵۱
۹	سنجدخوراکی	۰/۰۳۹	۰/۸۷۰	۲۲	گردو	۰/۰۳۳	۰/۷۴۳
۱۰	زرشک خوراکی	۰/۰۳۹	۰/۸۶۵	۲۳	ازگیل	۰/۰۳۲	۰/۷۲۴
۱۱	شاه توت	۰/۰۳۸	۰/۸۶۰	۲۴	گلابی	۰/۰۳۱	۰/۷۰۴
۱۲	عناب	۰/۰۳۷	۰/۸۴۲	۲۵	تمشک	۰/۰۳۱	۰/۶۹۶
۱۳	بادام	۰/۰۳۷	۰/۸۳۱	۲۶	توت فرنگی	۰/۰۲۵	۰/۵۶۶

در نهایت با توجه به معیارها و زیرمعیارهای انتخاب گیاهان مثمر، این گیاهان اولویت‌بندی شدند. در جدول ۵ با توجه به نظرات کارشناسان و ویژگی‌های گیاهان با ترکیب تکنیک BWM و ARAS به اولویت‌بندی گیاهان مثمر پرداخته شد. همانطور که در این جدول آورده شده است گیاهانی که در صدر لیست جدول قرار دارند و در طبقه بندی اولویت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند، به همان میزان شرایط مناسب‌تری جهت کاشت در منطقه ۲۲ شهرداری تهران را دارا می‌باشند. گون‌های بنه، کنار،

بادامک، پسته و زیتون خوراکی بالاترین امتیاز را آورده اند. باید این نکته را یادآور شد از آنجایی که این ۲۶ گیاه مثمراولویت‌بندی شده قابلیت کاشت در فضاهای مختلف منطقه مورد مطالعه را دارد لذا با توجه به محل و مکان کشت و نظر کارشناسان ممکن است برخی از گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

بحث و نتیجه گیری

با افزایش جمعیت و توسعه شهری بویژه در کشورهای جهان سوم، بسیاری از زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی و شهرک‌های صنعتی تبدیل شده اند. چنین رشد شهری مستلزم ایجاد استراتژی‌ها و اشکال نسبتاً جدید در پارک‌های شهری و فضاهای سبز برای برآوردن نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی امروزی به سمت توسعه پایدار است. کشاورزی شهری یکی از راهبردهای دستیابی به این توسعه پایدار و ایجاد چشم اندازهای چند منظوره است. به نظر می رسد چنین رویکردی تا حدی مشکل کاهش و تخریب زمین‌های کشاورزی را نیز حل کند (Kazemi and Hosseinpour, 2022؛ تنهایی و مفاخر، ۱۳۹۴). کشاورزی شهری یک کاربری جایگزین برای ادغام عملکردهای متعدد در مناطق پرجمعیت ارائه می دهد. در این مناطق، کشاورزی شهری مرزهای جدیدی را برای برنامه‌ریزان کاربری زمین و طراحان منظر ارائه می‌کند (حمیدی و یعقوبی، ۱۳۹۴). عموماً چالش (و فرصت) طراحی فضاهای کشاورزی شهری به گونه ای است که چند منظوره باشد، با نیازها و ترجیحات خاص ساکنان محلی مطابقت داشته باشد و در عین حال از محیط زیست نیز محافظت کند (Lovell, 2010).

در این مطالعه این مقوله در منطقه ۲۲ شهرداری تهران مورد کنکاش قرار گرفته است. دو مقوله بسیار مهمی که شهر تهران با آن مواجه هست یعنی تغییرات اراضی و تغییرات اقلیمی در انتخاب گونه‌های مناسب و پهنه بندی منطقه بمنظور کشف مناطق دارای تناسب کشاورزی شهری در این مطالعه لحاظ شده است. تغییرات کاربری و پوشش زمین نقش مهمی درتوسعه پایدار در مناطق شهری دارد. در منطقه ۲۲ تهران نتایج حاکی از افزایش مساحت کاربری شهری و مساحت مناطق مشجر، فضاهای سبز و پارک‌های جنگلی داشته است. بیشتر توسعه پارک‌های جنگلی در مرکز منطقه ۲۲ و غرب دریاچه خلیج فارس بوده، این روند افزایشی در کاربری شهری تا سال ۲۰۵۰ با نرخ بیشتری ادامه خواهد داشت. این توسعه بیشتر در امتداد بزرگراه کرج می باشد. اما نرخ رشد در مورد پارک‌ها و فضاهای سبز شهری بسیار کندتر خواهد بود. کاهش مساحت زمین‌های تحت کشاورزی دیم، مراتع و بوته زارها و زمین‌های بایر در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مشاهده شده است. روند کاهشی کاربری کشاورزی دیم تا سال ۲۰۵۰ نیز ادامه خواهد یافت. اراضی بایر، کاربری شهری و پارک‌ها و فضای سبز بیشترین تغییرات مساحت را تا سال ۲۰۵۰ تجربه خواهند نمود. توسعه مسکونی از توسعه فضاهای سبز پیشی خواهد گرفت. این مناطق عمدتاً مراتع و پارک‌های جنگلی هستند که به دلیل طرح‌های شهری، خشکسالی و کم آبی، آلودگی هوا و عوامل دیگر در معرض نابودی قرار دارند. در کنار این موضوع تمام سناریوهای تغییرات اقلیمی بکارگرفته شده نیز جهش دمایی در دهه‌های آینده را نشان می دهد. این افزایش دما با خشکسالی‌ها همراه می باشد. با توجه به این شرایط آب و هوایی کاشت گیاهان و توسعه فضای سبز باعث تعدیل دما و بویژه در ماه‌های گرم سال می‌شود. آگاهی از مناسب بودن و انعطاف پذیری گیاهان برای رفع نیاز به لزوم سازگاری با تغییرات آب و هوایی و انتخاب مکان‌های مناسب برای کاشت انها ضروری است.

در مطالعه حاضر حدود ۲۵ درصد مساحت منطقه دارای محدودیت (بالا و کم) برای کشاورزی شهری بدلایل توپوگرافی در ارتفاعات کوه‌های البرز تشخیص داده شد. حدود ۴۰ درصد منطقه دارای تناسب خوب و بالا است که بیشتر در قسمت‌های دره کن تا شمال پارک جنگلی قرار دارد. نتایج پژوهش Kazemi and Hosseinpour (۲۰۲۲) با هدف شناسایی مکان‌های مناسب برای کشاورزی شهری در شهر مشهد با

استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اهمیت معیارهای کاربری اراضی برای توسعه کشاورزی شهری را نشان داده است. نتایج این مطالعه مناسب‌ترین مناطق برای توسعه کشاورزی شهری را حومه شهر به‌ویژه شمال شرق و جنوب شرق مشهد نشان داده است. نتایج مطالعه انتخاب مکان مناسب برای کشت آووکادو با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی در آنتالیای ترکیه با هفت عامل مهم برای رشد درختان آووکادو توسط Selim و همکاران (۲۰۱۸) انجام شده نتایج نشان داده است که امکان رشد بسیار بالا در شرایط منطقه ای هم در استان و هم در منطقه مدیترانه وجود دارد. تجزیه و تحلیل مکانی برای یافتن مکان‌های مناسب برای آگروفارستری گونه Pinus merkusii در یک روستا در اندونزی با مرجع و معیارهای تناسب زمین مرکز تحقیقات خاک و اقلیم کشاورزی بوگور-اندونزی و سیستم GIS توسط Frastika and Rauf (۲۰۱۹) مساحت طبقات تناسب واقعی زمین برای گونه یاد شده را در این منطقه نسبتاً مناسب (S2) (۹۷,۲۶٪) و مناسب حاشیه (S3) (۲,۷۴٪درصد) گزارش نموده است. دما (tc) و خطر فرسایش (h) از عوامل محدودکننده غالب در این منطقه بودند. تفاوت این مطالعه با مطالعات یاد شده در انتخاب معیارها بر اساس تغییرات کاربری اراضی در دوره مطالعه، پیش بینی وضعیت آینده و تغییرات اقلیمی محتمل می باشد که در ساخت نقشه تناسب دخیل بوده است.

تحقیق حاضر با در نظر گرفتن رویکردی جامع به موضوع استفاده گیاهان مثمر در منطقه ۲۲ شهرداری تهران به ارزیابی و انتخاب گونه‌های گیاهی مثمر پرداخته است. هدف این مطالعه، ارائه الگوی کشت پایدار گیاهان مثمر جهت ارتقاء کشاورزی شهری بوده است. این تحقیق سعی بر آن داشته تا به رتبه‌بندی گیاهان مثمر جهت استفاده در طرح‌های کاشت مقیاس متوسط و بزرگ شهرداری منطقه ۲۲ بپردازد. بر اساس نتایج حاصل از نظرات کارشناسان، معیار سازگاری با شرایط محیط زیستی منطقه بیشترین اهمیت را دارد. زیرمعیار میزان تحمل کم آبی نیز بالاترین وزن را گرفته است. تعیین آستانه کم آبی و تغییرات دمایی از اولویت‌های کشاورزی شهری پایدار است. در رابطه با معیار سازگاری با محیط‌زیست شهری، زیر معیار میزان تحمل آلودگی هوا (آلاینده‌های سنگین هوا) به عنوان مهم‌ترین زیر معیار در انتخاب گیاهان مثمر بدست آمده است. کارایی روش BWM که در این مطالعه بکار رفته در مطالعه Wu و همکاران (۲۰۱۹) برای تصمیم گیری در مورد مکان پروژه آگروفارستری در چین با استفاده از سه معیار اصلی شامل نیازهای اجتماعی، تامین منابع و عوامل اقتصادی نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل از این ارزیابی برخی از گیاهان بیش‌ترین امتیاز را در طبقه‌بندی اولویت کشت در شرایط محیطی منطقه ۲۲ کسب کرده‌اند. به ترتیب بنه، کنار، بادامک، پسته و زیتون خوراکی در این لیست هستند. آشکار است که گونه‌هایی که در صدر لیست جداول قرار دارند و در طبقه‌بندی، اولویت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند و به همان نسبت میزان پایداری بیشتر و سازگاری بهتری جهت کاشت در منطقه دارند. اما تحلیل فضایی شرایط محیطی کشاورزی شهری در منطقهٔ ۵ تهران توسط بازگیر و همکاران (۱۳۹۴) با معیارهای مختلف نشان داده است که معیارهای شیب، فاصله دسترسی به چاه‌های آب، معیارهای مهم در این موضوع می باشند. آنها برای فصول بهار و پاییز کشت محصولات سایه دوست مانند کاهو، کاسنی، نعناع و کلم برگ و در فصول بهار و تابستان محصولات آفتاب پرست مانند گوجه، ذرت، خیار، بادمجا و فلفل را پیشنهاد می دهند. در انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب با تاکید بر تغییر اقلیم در شهر تهران توسط ربیعی صادق آبادی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش شد که بسیاری از گونه‌های غالب فضای سبز تهران، گیاهان مناسب (از نظر عامل‌هایی که بررسی شده اند) نیستند و گیاهان جدید مناسبی (با توجه به عامل‌های بررسی شده و امتیاز کسب شده توسط گیاهان) برای کاشت وجود دارد که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. به عنوان نمونه از گونه‌های

درختی مناسب به خرنوب، لیلکی بی خار و خاردار، عناب، گز، بارانک، پسته چینی، بلوط قرمز، بلوط خاکستری، داغداغان، بلوط همیشه سبز و ... و از گونه‌های درختچه ای مناسب به ارغوان، زرشک زینتی، سنجد زینتی، انگور فرنگی، طاووسی، گل نار، سماق و پیروکانتا اشاره شده است. نتایج تحقیق شوکتی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که دامنه وسیعی از گیاهان دارویی بسته به شرایط هر منطقه در تهران قابلیت کشت دارند. گیاهانی مانند به لیمو، گل راعی، زوفا، سنبل الطیب، سیاهدانه، بادرنجبویه، گل گاوزبان، اسطوخودس، خرفه و مریم گلی قابل کشت هستند. این نشان می دهد به دلیل اقلیم نیمه خشک تهران و معیارهای متفاوت که قابلیت بکارگیری در مطالعات را دارند، چالش‌های زیادی برای انتخاب گیاهان مناسب برای کشاورزی شهری در تهران وجود دارد. البته تنش‌های محیطی دیگری مانند آلودگی هوا، خاک‌های سنگین و فاقد زهکشی، شوری آب، دمای بالای هوا، خشکی زمین و خاک قلیایی ازجمله معضلات فضای سبز تهران است. اما در نهایت توضیه می شود که از کاشت این گیاهانی مانند توت سیاه، سفید، تمشک، توت فرنگی و شاه توت در محل‌های شلوغ و پر رفت و آمد و با آلودگی بیشتر جلوگیری به عمل آید. گیاهانی همچون زرشک خوراکی، سنجد و عناب که دارای خار می‌باشند در پارک‌های کودکان استفاده نشوند. اگر چه این مطالعه در مقیاس یک منطقه صورت گرفته است اما می تواند الگویی برای مناطق دیگر تهران و کشور نیز باشد. نتایج این مطالعه همچنین می تواند موجب رونق کشت و کار گیاهان مثمر، تغییر الگوی طراحی فضای سبز رایج و استفاده بهتر از اراضی حاشیه ای و بایر باشد.

از آنجایی که گیاهانی همچون توت سیاه، سفید، تمشک، توت فرنگی و شاه توت در معرض آلودگی هوای بیش‌تری قرار دارند لذا پیشنهاد می‌گردد از کاشت این گیاهان در محل‌های شلوغ و پر رفت و آمد جلوگیری به عمل آید. گیاهانی همچون زرشک خوراکی، سنجد و عناب دارای خار می‌باشند لذا از کاشت این گیاهان در پارک‌های که کودکان استفاده می‌کنند خودداری به عمل آید. مطالعه در زمینه آللوپاتی یا دگر مسمومی گیاهان مثمر در فضاهای سبز شهری (اثر ترشحات سمی یک گونه بر سایر گونه‌ها) و اتو توکسیتی یا خودمسمومی گیاهان مثمر در فضاهای سبز شهری (اثر ترشحات سمی یک گونه بر همان گونه) نیز پیشنهاد می گردد.

منابع

اصغری، علی (۱۳۹۹). لزوم کاشت درختان مثمر در فضای سبز شهری. دهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. ۷ صص.

آقاجانی بزازی، عباس، ادیب، احمد، شاپوری، مریم، فرجودی آهنگری، محمد علی، بانگیان تبریزی، امیر حسین (۱۴۰۱). انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سونگون با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره ترکیبی AHP-SMARTER-TOPSIS، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۱۸۵-۱۹۸.

بازگیر، سعید، فیروزی، زهرا، شمسی‌پور، علی‌اکبر، مقبل، معصومه (۱۳۹۸). تحلیل فضایی شرایط محیطی کشاورزی شهری در کلان شهر تهران (مطالعه موردی: منطقه ۵)، پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۷، شماره ۱، صص ۱۱۱-۱۲۵.

تنهایی، لیلا، و مفاخر، فرشاد (۱۳۹۴). کشاورزی شهری راهکاری برای سرزندگی شهری و پایداری شهری. سومین کنگره بین المللی عمران ، معماری و توسعه شهری، تهران. ۱۲ صص.

حمیدی، کلثوم و یعقوبی، جعفر (۱۳۹۴). جایگاه و اهمیت توسعه فعالیت‌های کشاورزی شهری در عصر جدید. فصلنامه علمی ترویج علم. دوره ۶، شماره(؛ ۹ پیاپی، صص ۸۳-۷۵.

خلیل نژاد، محمدرضا، فرزین، سامان، ظهوریان، مریم (۱۴۰۰). قابلیت سنجی باغ‌های تاریخی برای توسعهٔ کشاورزی شهری در بیرجند. نشریهٔ علمی باغ نظر. دوره ۱۸، شماره ۱۰۱، صص ۵۱-۶۶.

ربیعی صادق‌آبادی، مالک، نوری، امید، دیهیم‌فرد، رضا (۱۳۹۹). انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای فضای سبز شهرهای نیمه خشک با تاکید بر تغییر اقلیم(مورد مطالعه:

شهر تهران)، فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۱، صص ۲۱۹- ۲۳۶.

رضوی، سید مهدی، بزرگ اصل، موسی، امیری، میثم (۱۴۰۰). تخصیص دارایی صندوق‌های بازنشستگی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه‌ریزی سناریو- مبنا و روش بهترین – بدترین، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۱۲، شماره ۴۶، صص ۹۸-۱۲۱.

سلیقه، م. (۱۳۹۴). تغییر آب و هوا و مخاطرات آب و هوایی شهر تهران. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. دوره ۲، شماره ۳، صص ۱۵-۳۲.

شفیعی، نیک آبادی، محسن، حسینی، سید محمد حسن، شفیعی نیک‌آبادی، مجتبی (۱۳۹۴). تعیین سبد بهینه پروژه‌های عمرانی، مبتنی بر رویکرد تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و ارزیابی نسبت تجمعی (مورد مطالعه: معاونت مهندسی و مجری طرح‌های عمرانی یک رده نظامی)، فصلنامه مدیریت نظامی، شماره ۵۹، صص ۱-۳۱.

شوکتی، بهزاد، شریفی، حسین، سرداری، مهدی، شریفی علون آبادی، احدرضا (۱۳۹۷). بهزاد ضرورت حفظ سلامت افراد جامعه با استفاده از پایش تولید گیاهان دارویی با تأکید بر اجرای پدافند زیستی. مجله طب نظامی. دوره ۲۰، شماره ۱، صص ۱۰۵-۱۱۵.

غلامعلی فرد، مهدی، جورابیان شوشتری، شریف، حسینی کهنوج، سیدحمزه، ح.، میرزایی، محسن (۱۳۹۱). مدل سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS. محیط شناسی، دوره ۳۸، شماره ۴، صص ۱۰۹-۱۲۴.

غلامی، عباس، شاهدی، کاکا، حبیب نژاد روشن، محمود، وفاخواه، مهدی، سلیمانی، کریم (۱۳۹۶).پیش بینی و مقایسه تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف در حوزه آبخیز تالار استان مازندران. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۷۰، شماره ۱، صص ۹۶-۱۸۱.

فلاحتکار، سامره، حسینی، سید محسن، سلمان ماهینی، سلمان ماهینی، ایوبی، شمس اله (۱۳۹۵). پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM. پژوهش‌های محیط زیست. دوره ۷، شماره ۱۳، صص ۱۶۳-۱۷۴.

فیلیپس، آوریل (۱۴۰۰). طراحی کشاورزی شهری: راهنمای کامل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز، نگهداری، و مدیریت چشم‌اندازهای طبیعی و خوراکی. مترجمان :فاطمه مهسا کارآموزیان و دکتر امید نوری، دانشگاه شهید بهشتی. ۳۶۴ ص.

کوزه گران، سعید، موسوی بایگی، محمد، بابائیان، ایمان (۱۳۹۹). پیش نگری نمایه‌های حدی دما بر اساس سناریوهای RCP در شمال شرق کشور. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). دوره ۳۴، شماره ۶، صص ۱۳۵۱-۱۳۶۶.

محمدی، مریم، ابراهیمی‌نیا، دلارام (۱۳۹۸). کاربست اصول کشاورزی شهری در مقیاس محلات نمونه موردی: محله امامزاده یحیی در تهران، محله منظر، دوره ۱۱، شماره ۴۶، صص ۲۴-۳۹.

ملکی نژاد، حسین، محمدزاده، فاطمه، طاهرپور، مهشید (۱۳۹۹). جایگاه کشاورزی شهری در ارتقاء بهره وری کشاورزی و امنیت غذایی. نشریه سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دوره ۸، شماره ۳(پیاپی ۲۶)، صص ۴۳-۵۸.

میرترابی، مهدیه السادات، رضوانفر، احمد، موحد محمدی، حمید، حسینی، سید محمود (۱۳۹۷). تحلیل سطح تمایل به کشاورزی شهری تاثیر آن بر پیامدهای مورد انتظار در میان شهروندان در کلانشهر تهران،اولین همایش ملی کشاورزی شهری، تهران، ۱۴ ص.

نارویی، بهروز، معرب، یاسر، دارابی، حسن (۱۳۹۹). ارزیابی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تاب آوری الگوی کشت فضاهای سبز شهری در مناطق گرم و خشک (مورد شناسی: شهر زاهدان). فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه ای، سال دهم، شماره ۳۴، صص ۲۳-۴۴.

ولی پور، سجاد، اکبری، محمدرضا، ذاکر حقیقی، کیانوش (۱۳۹۲). برنامه ریزی استراتژیک در راستای توسعه کشاورزی شهری با روش SWOT. فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، دوره ۵، شماره ۱۵، صص ۵۴-۵۷.

Ahmad, F., Goparaju, L. and Qayum, A. (2017). Agroforestry suitability analysis based upon nutrient availability mapping: a GIS based suitability mapping. AIMS Agriculture and Food. 2(2): 201-220.

Artmann, M. and Breuste, J.H. (2020). Urban agriculture more than food production. In: Breuste, J.H., Artmann, M., Ioja, C. and Qureshi, S. (Eds.), Making Green Cities. Switzerland: Springer International Publishing.

Baker, S.E. (2012). Evaluating the Feasibility of Urban Agriculture on Oakland's Private Land (Doctoral

ecosystem. Scientific reports. 10(1), p.22074.

Panduro, T.E., and Veie, K.L. (2013). Classification and valuation of urban green spaces – A hedonic house price valuation. Landscape and Urban Planning. 120: 119–128.

Quinta-Nova, L.C. and Ferreira, D. (2020). Land suitability analysis for emerging fruit crops in central Portugal using GIS. Agriculture and Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo. 66(1): 41-48.

Radhakrishnan, M., Kenzhegulova, I., Eloffy, M.G., Ibrahim, W.A., Zevenbergen, C. and Pathirana, A. (2019). Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore. Sustainable Production and Consumption. 20: 316-325.

Rasidia, M.H., Jamirsahb, N., and Saidc, I. (2012). Urban green space design affects urban residents' social interaction. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 68: 464–480.

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega. 53: 49-57.

Selim, S., Koc-San, D., Selim, C. and San, B.T. (2018). Site selection for avocado cultivation using GIS and multi-criteria decision analyses: Case study of Antalya, Turkey. Computers and electronics in agriculture. 154: 450-459.

Shackleton, C.M., Pasquini, M.W. and Drescher, A.W. eds. (2009). African indigenous vegetables in urban agriculture. Routledge. published by Earthscan in the UK and USA. 339 pp.

Smit, J., Nasr, J. and Ratta, A. (2001). Urban agriculture: food, jobs and sustainable cities. New York, USA. 2: 35-37.

Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H. & Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on dissertation, Bachelor's thesis). University of Berkeley.

Dieleman, H. (2017). Urban agriculture in Mexico City; balancing between ecological, economic, social and symbolic value. Journal of Cleaner Production. 163: S156-S163.

Frastika, S. and Rauf, A. (2019). August. Spatial analysis for Pinus merkusii land suitability at agroforestry land in Telagah Village Sumatera Utara Indonesia. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 593, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Gholamian Moghaddam, I. and Hanaee, T. (2018). The Meta-synthesis of Dimensions and Challenges of Urban Agriculture. Creative City Design. 1(2): 30-41.

Hodgson, K., Campbell, M.C. and Bailkey, M. (2011). Urban agriculture: Growing healthy, sustainable places. American Planning Association. 151 pp.

Hosseinpour, N., Kazemi, F. and Mahdizadeh, H. (2022). A cost-benefit analysis of applying urban agriculture in sustainable park design. Land Use Policy. 112, p.105834.

Kazemi, F. and Hosseinpour, N. (2022). GIS-based land-use suitability analysis for urban agriculture development based on pollution distributions. Land Use Policy. 123, p.106426.

Li, Y.Y., Wang, X.R., Huang, C.L. (2011). Key street tree species selection in urban areas. African J. Agric. Res. 6: 3539–3550.

Lovell, S.T. (2010). Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. Sustainability. 2(8): 2499-2522.

Mendes, W., Balmer, K., Kaethler, T. and Rhoads, A. (2008). Using land inventories to plan for urban agriculture: experiences from Portland and Vancouver. Journal of the American Planning Association. 74(4): 435-449.

Özkan, B., Dengiz, O. and Turan, İ.D. (2020). Site suitability analysis for potential agricultural land with spatial fuzzy multi-criteria decision analysis in regional scale under semi-arid terrestrial

buildings. Agric Hum Values. 31: 33–51.

Turskis, Z., & Zavadskas, E.K. (2010). A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location. Transport. 25(4): 423- 432.

Ustaoglu, E., Sisman, S. and Aydınoglu, A.C. (2021). Determining agricultural suitable land in peri-urban geography using GIS and Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) techniques. Ecological Modelling. 455, p.109610.

Wu, Y., Yan, Y., Wang, S., Liu, F., Xu, C. and Zhang, T. (2019). Study on location decision framework of agroforestry biomass cogeneration project: A case of China. Biomass and Bioenergy. 127, p.105289.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی