

## سنجش عوامل مؤثر در تاب‌آوری محیطی استفاده از گونه‌های گیاهی برای توسعه فضاهای سبز شهری در مناطق گرم و خشک (مطالعه موردی: شهر قم) (مقاله پژوهشی)

- ۱- حسن دارابی\*، استادیار گروه طراحی محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
darabih@ut.ac.ir
- ۲- یاسر معرب، دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، پژوهشگر دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران
- ۳- جهانبخش بالیست، دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۴- بهروز ناروئی، دانشجوی دکتری آمایش محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی فضای سبز دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۷

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۸

### چکیده

در حال حاضر گسترش فضاهای سبز پایدار در شهرها بدون ارزیابی عوامل مؤثر بر میزان تاب‌آوری گونه‌های گیاهی و به کارگیری این یافته‌ها در ارائه الگوی کشت مناسب از گیاهان ناپایداری را در پی دارد. هدف این پژوهش ارزیابی مؤلفه‌های مؤثر بر میزان تاب‌آوری گونه‌های گیاهی برای توسعه فضای سبز شهری قم و ارائه فهرستی از گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط محیطی خاص و آب و هوای نیمه خشک و بیابانی این شهر بوده است. این تحقیق سعی بر کمی کردن شاخص‌های کیفی خصوصیات گونه‌های گیاهی جهت ارزیابی مقایسه‌ای آنها در ارتباط با معیارهای تاب‌آوری دارد. بدین منظور ابتدا معیارها و زیرمعیارهای تاب‌آوری گیاهان بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی و تجربه نگارندگان تعیین شد. سپس با توجه به معیارهای تاب‌آوری گیاهان نسبت به شرایط خاک، آب، شرایط اقلیمی، آلودگی‌های شهری و شرایط اکولوژیک منطقه، گونه‌های گیاهی توسط فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و FTOPSIS مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گرفتند. یافته‌های تحقیق نشان داد که از دیدگاه کارشناسان مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر تاب‌آوری گیاهان در فضای سبز شهر قم به ترتیب اولویت، شامل آب (۰/۲۷۳)، خاک (۰/۲۵۴)، اقلیم (۰/۱۹۹)، شرایط اکولوژیک (۰/۱۸۰) و آلودگی شهری (۰/۰۹۲) می‌باشند. همچنین مقاومت گیاهان به شوری خاک با امتیاز ۰/۰۷۵، مقاومت به شرایط تبخیر و تعرق با امتیاز ۰/۰۶۹، مقاومت به کمبود آب با امتیاز ۰/۰۶۷، مقاومت به شوری آب با امتیاز ۰/۰۶۷ و مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط با امتیاز ۰/۰۶۳، به عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای تاب‌آوری گیاهان حائز اهمیت شناخته شدند. در نهایت مشخص شد گونه‌های درختی از جمله گزهای (*Tamarix gallica*)، پیده (*Populus euphratica*)، اکالیپتوس آبی (*Eucalyptus globules*)، عرعر (*Aianthus altissima*)، پسته چینی (*Pistacia chinensis*)، کاج مشهدی (*Pinus mugo*) و کاج سیاه (*Pinus nigra*) با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۱۸۹، ۰/۱۸۸، ۰/۱۸۶، ۰/۱۸۵، ۰/۱۸۵ و ۰/۱۸۴ به عنوان مهم‌ترین گونه‌های گیاهی تاب‌آور نسبت به شرایط محیطی شهر قم، قابلیت کاربرد گسترده در فضاهای سبز شهری بر اساس امکانات و شرایط هر منطقه از این شهر را دارا می‌باشند.

واژگان کلیدی: خدمات اکوسیستمی، تنوع زیستی، ساختارهای سبز، پایداری اکولوژیکی

### مقدمه

توانایی ارائه خدمات محیط زیستی همچون کنترل آلودگی هوا، ایجاد خرداقلیم و تاثیرات زیبایی شناختی می‌تواند باعث ایجاد مشکلات برای شهروندان و کاهش کیفیت زندگی آنان شود [۱۳]. مدیریت فضاهای سبز و به

وجود فضای سبز در شهرها، نقشی حیاتی در سکونت‌پذیر بودن شهر و بهبود رفاه و سلامت شهروندان ایفا می‌کند [۲۵]. انتخاب و کاشت گیاهان در فضای سبز شهرها بدون برنامه و شناخت قبلی ویژگی‌های گیاه مانند

کارگیری الگوی طراحی کاشت مناسب از گیاهان در فضاهای سبز شهری نقش مهمی در دستیابی به اهداف مذکور دارند و سبب ارتقاء ساختار، عملکرد و خدمات اکوسیستمی در شهرها می‌شوند [۱۸]. از این رو، انتخاب گیاهان تاب‌آور به شرایط محیطی برای استفاده در فضاهای سبز شهری اهمیت می‌یابد، زیرا گونه‌های گیاهی دارای خصوصیات متنوعی هستند که عدم شناخت درست این ویژگی‌ها و یا نادیده گرفتن بعضی از آنها توسط طراحان در هنگام انتخاب گیاه می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری در طولانی مدت شود [۴۰].

ایجاد فضاهای سبز تاب‌آور و پایدار در ساختار شهری می‌تواند باعث ارتقای کارکردهای اکولوژیک سیستم اکولوژیکی-اجتماعی شهری و در نهایت منجر به بهبود وضعیت تاب‌آوری اکولوژیک در محیط زیست شهری شود [۲]. یکی از عوامل تأثیرگذار در ارتقای میزان تاب‌آوری اکولوژیک شهرها، افزایش میزان انعطاف‌پذیری گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهنده فضاهای سبز و لگه‌های طبیعی موجود در اکوسیستم شهرها در مواجهه با تنش‌های محیطی است. شاخص انعطاف‌پذیری در یک گونه گیاهی بیانگر سازگاری گیاه با محدوده گسترده‌ای از شرایط محیطی و قابلیت گیاه در مدیریت اختلالات و نوسانات محیطی است. هرچه این شاخص در گیاهان افزایش پیدا کند، گیاه نسبت به طیف وسیع‌تری از تغییرات از جمله تغییرات آب و هوایی و شرایط متنوع محیطی پاسخگو خواهد بود و فرصت بیشتری را برای ادامه حیات در محیط خواهد داشت [۱۸]. از دیگر عوامل مؤثر در ایجاد تاب‌آوری فضاهای سبز شهری و لگه‌های طبیعی در شهرها می‌توان به افزایش تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و معرفی گیاهان جدید سازگار به شرایط اقلیمی در اکوسیستم‌های شهری اشاره کرد. این امر به دلیل افزایش فراوانی عملکرد تعداد گونه‌ها و تنوع واکنش گونه‌ها نسبت به تغییرات محیطی است که در افزایش تاب‌آوری ساختارهای سبز شهری مؤثر است [۱۱، ۱۸].

به طور کلی، در فرایند انتخاب گیاهان در معماری فضای سبز فقط جنبه‌های زیبایی‌شناختی و چشمی گیاهان مد نظر قرار نمی‌گیرد، توجه به مجموعه‌ای از

عوامل از قبیل نیازهای اکولوژیکی، خصوصیات عملکردی و زیبایی‌شناختی در امر انتخاب گیاه مناسب برای کشت در فضاهای سبز شهری دارای اهمیت است [۵۰]. در برخی مطالعات با در نظر گرفتن شاخص‌هایی چون تحمل به خشکی و سرما، مقاومت در برابر بیماری‌های گیاهی [۴۲]، سازگاری با تغییرات اقلیمی [۴۰] و یا براساس ویژگی‌هایی چون توانایی گونه گیاهی در جذب ذرات آلاینده [۵۲] به طبقه‌بندی گونه‌های مناسب درختان در محیط‌های شهری پرداخته‌اند. در صورت گزینش و انتخاب گیاهان بدون برنامه‌ریزی و شناخت برای کاشت در محیط شهری، می‌توان انتظار آسیب رسیدن به زیرساخت‌های شهری و تبدیل گیاهان به منابع ایجاد ناراحتی‌های مختلف (ایجاد آلرژی، بوی بد) برای شهروندان را داشت [۴۰، ۲۱]. همچنین با توجه به رخداد تغییر اقلیم در چند دهه اخیر و نیز تأثیراتی که در نتیجه توسعه کالبدی و شبکه‌های ارتباطی در شهرها صورت گرفته، تغییراتی در شرایط ریزاقلیم و زیستی شهرهای امروزی ایجاد شده است [۲۶]. بر این اساس ضروری به نظر می‌رسد که در راستای دستیابی به الگوی کشت پایدار گیاهان در فضاهای سبز شهری، به تدوین روشی پرداخت تا از این طریق بتوان میزان سازگاری گیاهان موجود در محیط شهری را ارزیابی نمود و در آخر به معرفی گونه‌های پیشنهادی مناسب رسید. تدوین روشی جامع در راستای انتخاب گیاهان در فضاهای سبز شهری می‌تواند به طراحان و برنامه ریزان فضای سبز این امکان را بدهد تا با انتخاب گیاهان متناسب با شرایط محیطی هر شهر سبب افزایش پایداری اکولوژیکی در شهرها گردند [۴۵].

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه و مرور منابع موجود، شاخص‌های مختلفی در داخل و در خارج از کشور در زمینه انتخاب گیاهان تاب‌آور در نظر گرفته می‌شود (جدول ۱).

هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارزیابی تاب‌آوری گونه‌های گیاهی مناسب برای استفاده در توسعه فضاهای سبز شهری قم است. شهر قم در اقلیم گرم و خشک ایران قرار گرفته و کمبود شدید فضاهای سبز در بافت شهری آن به چشم می‌خورد.

## جدول ۱- معیارهای اولویت انتخاب گیاهان در مطالعات مختلف

معیارها	پژوهشگر
متغیرهای اولیه (طول عمر، ابعاد و قدرت ریشه، پاکیزگی)، مؤلفه ثانویه (تحمل در برابر خشکی، گرما و سرما، باد، طوفان، وضعیت خاک نامناسب و زهکشی بد، خاک فشرده، تحمل شاخه‌ها به وزن برف)	[۲۰]
شرایط خاک، تحمل گرما و سرما، تحمل سایه، نیاز آبی، مقاومت در برابر آفات، سرعت رشد، اندازه تاج، فرم و حجم و اندازه ریشه	[۲۷]
تحمل سردی، تحمل خاک قلیایی و مقاومت به بیماری‌های محلی	[۲۸]
سازگاری اقلیمی، مقاومت در برابر بیماری‌ها، توانایی رشد در محیط‌های مختلف، عوامل اجتماعی، ویژگی‌های زیبایی، کیفیت ریشه، مقاومت در برابر باد، مقاومت در برابر خشکسالی، مقاومت در برابر شکستگی شاخ و برگ، تحمل آلودگی هوا.	[۴۲]
کنترل فرسایش	[۹]
تنش غیرزنده (تنش اقلیمی، تنش آبی، روشنایی، شرایط خاک، شوری خاک، آلودگی هوا) تنش‌های زنده (مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها)	[۴۳]
مقاومت به خشکی و شوری	[۳۷]
عوامل آب و هوایی، ویژگی‌های خاک، شرایط محیطی، فضای کاشت، محل کاشت، زیبایی‌شناسی، تاثیرات اجتماعی و الزامات نگهداری	[۵۱]
رطوبت خاک، میزان نور خورشید، میزان نمک در خاک، میزان pH	[۶]
تغییر اقلیم، مقاومت به خشکی، مقاومت به سرما، زیبایی‌شناسی، مقاومت به سایه، شرایط خاک	[۴۶]
عوامل غیر زنده (اقلیم، آب، نور خورشید، خاک، شوری، آلودگی هوا، آسیب‌های فیزیکی، معماری خیابان) و عوامل زنده (بیماری‌ها، آفات)	[۸]
سازگاری آب و هوا، مقاومت در برابر بیماری‌ها، فاکتورهای اجتماعی، کیفیت ریشه، مقاومت در برابر شکستگی شاخ و برگ، مقاومت در برابر خشکسالی، مقاومت در برابر باد، تحمل آلودگی هوا، تمرکز بر گیاهان بومی، تحمل شوری، ویژگی‌های زیبایی‌شناسی.	[۴۱]
تحمل به شرایط منطقه (خشکی، سرما، گرما، شوری خاک، قلیائیت خاک، آلودگی هوا، وزش باد، رطوبت زیاد خاک و تحمل به وضعیت گرانشی خاک)، ویژگی‌های رشد (نرخ رشد، طول عمر، مهاجم نبودن سیستم ریشه، قابلیت فرسایش خاک، غیر آلرژیک، غیر سمی، ارزش صنعتی، ظرفیت تولید سایه، جاذبه برای پرندگان، هزینه پایین نهال، تحمل به سایه)، زیبایی (جنبه‌های ظاهری گیاه در زمستان، تابستان، پاییز، بهار)، شرایط نگهداری (تحمل به آفات معمول، تحمل به بیماری‌های شایع، نیاز به هرس کمتر، شاخه‌های محکم، پاکیزگی)	[۳]
سازگاری با آب و هوا، آلودگی، خشکسالی، آفات، شوری، سطح نور	[۴۹]
آسیب‌پذیری نسبت به آفات و بیماری‌ها	[۴۸]
آسیب‌پذیری به آفات و بیماری، گرد و غبار، وزش باد، شرایط آب، مقاوم به خشکی، آلودگی محیطی	[۱۴]
مقاومت به کم آبی و خشکی	[۲۳]
شرایط وابسته به خاک، میزان آب مصرفی، نوع فرم رویشی و چگونگی هرس‌پذیری، مقاومت در برابر آلودگی‌ها	[۲۴]
مقاومت در برابر آلودگی هوا (دی‌اکسید گوگرد، فلورااید، ازن، دود و دوده، ضایعات صنعتی، اکسیدهای ازن، کلر و اسید کلریدریک)، مقاومت در برابر شرایط نامساعد خاک (خاک‌های آهکی، شور، اسیدی خشک، اسید و قلیائی، رسی، شنی، مرطوب و بر بالا)	[۳۶]
شرایط زیستگاه گونه، توقع اکولوژیکی گونه، وضعیت ریشه دوانی، مقاومت در برابر عوامل جوی، مقاومت در برابر آفات، مقاومت در برابر امراض، نیاز نوری، مقاومت در برابر شوری آب و خاک، مقاومت در برابر آلودگی هوا، مقاومت در برابر آلودگی خاک، نوع پوشش، وضعیت تاج درخت، وضعیت استحکام گونه در برابر باد و طوفان، وضعیت گونه از لحاظ انتشار گرده و ذرات آلرژیک، رنگ گونه.	[۵]
عوامل اولیه: زمین‌شناسی و اقلیم (شیب و نوع زمین، روشنایی و نور خورشید، آب و هوا، رطوبت، دما، باران و آلاینده‌های هوا)، ویژگی‌های خاک-شناسی (عامل اسیدی یا قلیایی، شوری، فلزات سنگین و مواد آلی)	[۱]
عوامل ثانویه: چشم انداز منطقه، مقاومت در برابر بیماری‌ها و حشرات، قدرت و چگونگی رشد، در دسترس بودن گیاه، بازدهی اقتصادی، حفاظت از خاک و ذخیره‌سازی آب، جلوگیری از انواع آلودگی‌ها	[۱]
خاک، تشکیلات زمین‌شناسی، عمق، بافت خاک، اقلیم، میزان بارندگی سالانه، پراکنش بارندگی در طول سال، حداکثر و حداقل حرارت گرم‌ترین و سردترین ماه‌ها، ارتفاع، جهت جغرافیایی، شیب	[۳۲]
تحمل در برابر کم آبی، سادگی در ازدیاد، مقاومت به سرما، مقاومت به گرما، مقاومت در برابر امراض و آفات، حداقل خطرات برای زیستگاه انسانی، دارای ارزش زیبانشناختی.	[۱۵]
شاخص‌های محیطی (دما، نور، باد و بارش، محیط کشت، رطوبت و تهویه، ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک، نیاز آبی و مقاومت به خشکی، مقاوم از نظر ظاهری، مقاوم به آفات و بیماری‌ها، مقاوم به آلاینده‌ها، مزایای حیات وحش) شاخص‌های عملکردی (داشتن کارایی بالا، به سادگی رشد نمودن، سرعت رشد، نیاز به مراقبت کمتر، مهاجم نبودن، ریزش کمتر شاخه‌ها، طول عمر، دسترسی به نور خورشید، نداشتن ریشه‌های مهاجم و پاچوش، عدم خسارت به زیرساخت‌ها مانند خطوط انتقال نیرو و تأسیسات زیرزمینی) شاخص‌های زیبایی (ارتباط فرهنگی و تاریخی با گذشته، گستردگی تاج پوشش، همیشه سبز و خزان‌کننده، رنگ رخساره، فرم تاج پوشش، پیوستگی و ریتم، سلسله مراتب عملکردی در انتخاب درختان با توجه به نوع فعالیتی که در اطراف در جریان است).	[۴۷]

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

شهر قم به عنوان مرکز شهرستان و استان قم، با مساحتی حدود ۷۸۵۰ هکتار در مختصات ۵۰ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این شهر در حدود ۱۳۰ کیلومتری جنوب تهران یکی از هفت کلان شهر کشور است. در شعاع حدود ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتری آن شهرهای مهمی همچون ساوه، کاشان و اراک قرار دارند.

شهر قم یکی از گره‌های ارتباطی کشور محسوب شده و راه‌های ارتباطی شمال به جنوب، جنوب غرب، جنوب شرق و غرب کشور، خط آهن شمال به جنوب از آن می‌گذرد. در شرق شهر قم دشت کویر و دریاچه نمک و در غرب آن ارتفاعات زاگرس و جنوب آن رشته کوه‌های منفرد مرکزی قرار دارند. به طور کلی آب و هوای استان قم بر اساس طبقه بندی کوپن، خشک بیابانی است. متوسط بارندگی ۳۰ ساله این شهر ۱۶۳ میلی‌متر بوده و بیش‌ترین و کم‌ترین دمای ایستگاه سینوپتیک قم به ترتیب ۴۶ و ۱۲/۶- درجه سانتیگراد است. همچنین میزان درصد میانگین بیشینه و کمینه رطوبت نسبی به ترتیب برابر با ۵۶/۸ و ۲۴/۱ درصد است. بادهای غالب شهر قم در طول سال بیشتر جهت غربی دارند و جهت‌های شرقی و شمال غربی نیز در درجه بعدی اهمیت قرار می‌گیرند.

### روش تحقیق

روش استفاده شده در این تحقیق ترکیبی از بررسی توصیفی-تحلیلی و برداشت میدانی است. با توجه به هدف پژوهش حاضر که ارائه الگوی کاشت تاب‌آور برای مناطق شهری گرم و خشک است، نخست ارزیابی تاب‌آوری گونه‌های گیاهی بر اساس وضعیت موجود و گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای منطقه شهری قم با جزئیات بیشتری بررسی شد. سپس با کمک کارشناسان شاغل در امر فضای سبز شهری قم، گونه‌های گیاهی موجود و غالب در شهر مورد ارزیابی و شناسایی قرار گرفت و فهرستی از نام‌ها تحت عنوان گونه‌های گیاهی غالب (موجود) تهیه شد. در ادامه گونه‌های گیاهی پیشنهادی که براساس نظر صاحب‌نظران مناسب این نوع

از طرفی موانعی مانند کم‌آبی، گرمای شدید در تابستان، شوری منابع آب و خاک، بافت شنی خاک، ریزگردها، آلودگی‌های شهری و در نظر نگرفتن شرایط محیطی گیاهان این شهر، از عواملی هستند که مانع توسعه فضاهای سبز در سال‌های اخیر شده‌اند. بر این اساس، انتخاب گیاهانی با تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری بالا نسبت به شرایط محیطی شهر قم می‌تواند نقش مهمی در جهت ایجاد و توسعه فضاهای سبز پایدار ایفا کند. بر پایه این روش می‌توان به تعیین شاخص‌های تاب‌آوری و تعیین الگوی کاشت گیاهان مناسب در توسعه فضاهای سبز در این شهر پرداخت به نحوی که امکان بیشترین بازدهی از منابع و شرایط موجود فراهم شود.

در خصوص ابعاد و مؤلفه‌های پیشنهادی برای انتخاب گیاهان در راستای ارتقاء تاب‌آوری، با توجه به بررسی‌های انجام شده در این زمینه و مرور منابع موجود (جدول ۱) برای انتخاب گیاهان تاب‌آور، معیارها و زیر معیارهایی مانند سازگاری گونه‌های گیاهی نسبت به شرایط خاک منطقه (مقاومت به شوری خاک، کمبود رطوبت خاک، کمبود مواد غذایی خاک، بافت و pH قلیایی خاک)، به شرایط آب منطقه (مقاومت به کمبود آب، شوری آب، سختی آب، مقاومت به تغییرات pH آب و تنش آبی)، به شرایط اقلیمی منطقه (مقاومت به شرایط تبخیر و تعرق، وزش باد، تنش دمایی، تابش نور شدید)، به آلودگی‌های شهری (مقاومت به آلودگی آب، گرد و غبار، آلودگی خاک، فلزات سنگین هوا، آلاینده‌های گازی)، و به شرایط اکولوژیک (مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، سازگاری با سایر گونه‌ها) مورد توجه قرار گرفت.

برای تعیین اولویت انتخاب گیاهان برای توسعه فضاهای سبز و جنگل‌کاری‌ها در سطح شهرها توجه به این معیارها و زیرمعیارها از اهمیت بالایی برخوردار است. معیارهای انتخاب گیاهان تاب‌آور جهت کشت در فضاهای سبز شهری در جدول ۲ پیشنهاد شده است.

اقلیم قم، از تنوع گیاهی بیشتری برخوردار هستند. سپس، مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌های اولویت انتخاب گیاهان درختی تاب‌آور با توجه به پژوهش‌های قبلی و جستجوی ادبیات موضوع تعیین گردید.

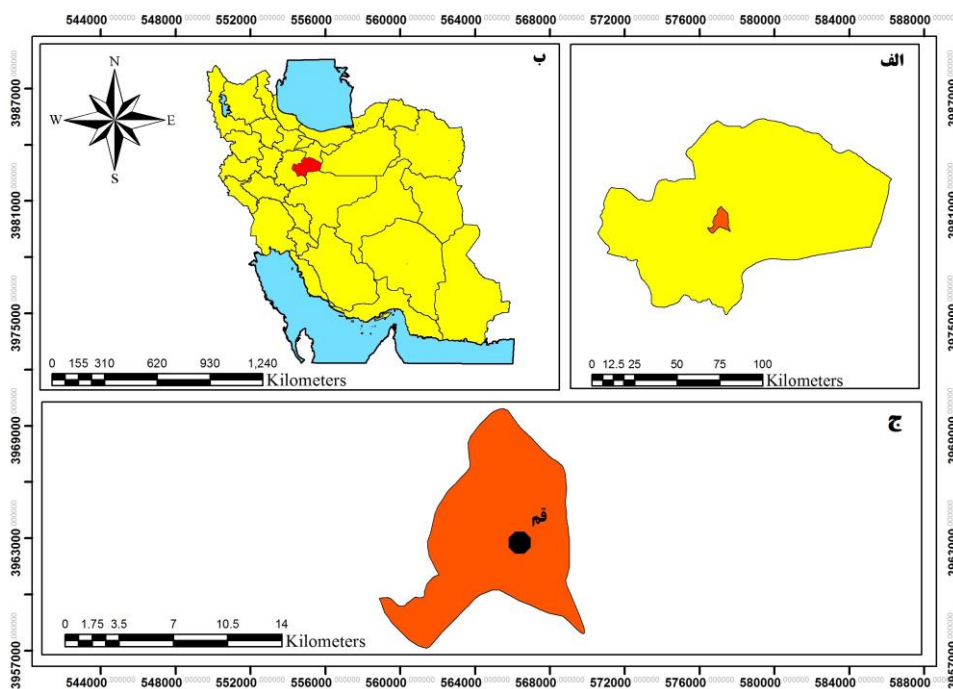
شرایط آب و هوایی بود، شناسایی و ارزیابی شد. برای تعیین گونه‌های پیشنهادی به طور جداگانه گونه‌های گیاهی موجود در شرایط اقلیمی و محیطی سه شهر مشابه با شرایط قم از قبیل کرمان و بیرجند و زاهدان مورد بررسی قرار گرفت. این سه شهر با وجود داشتن شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک مشابه با

جدول ۲- معیارهای انتخاب گیاهان تاب‌آور برای کاشت در فضاهای سبز شهری

منبع	زیر معیار	معیارها
[۲۷]	مقاومت به تنش دمایی (تحمل به حرارت)	اقلیم
[۴۹، ۸، ۶]	مقاومت به شرایط تابش نور شدید	
[۲۰، ۸]	مقاومت به شرایط تبخیر و تعرق	
[۴۲، ۴۱، ۳]	مقاومت به وزش باد	
[۴۰، ۲۰، ۱۳]	مقاومت به بافت نامناسب خاک	خاک
[۱۳، ۸]	مقاومت به کمبود عناصر غذایی خاک	
[۲۸، ۶، ۳]	مقاومت به pH قلیایی خاک (مقاومت به تغییرات pH خاک (اسیدی یا آهکی))	
[۴۹، ۶، ۳]	مقاومت به شوری خاک	
[۳۴، ۶]	مقاومت به کمبود رطوبت خاک	شرایط اکولوژیک
[۴۸، ۱۴، ۱۳]	مقاومت در برابر آفات	
[۱۴، ۱۳، ۴۸]	مقاومت در برابر بیماری‌ها	
[۱۳، ۴۲]	مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)	
[۳]	سازگاری با سایر گونه‌ها (مهاجم نبودن)	آب
[۴۹، ۳۷]	مقاومت به شوری آب	
[۲۳، ۱۴]	مقاومت به کمبود آب (تحمل به خشکی)	
[۸، ۱۴]	مقاومت به تنش آبی	
[۴۲]	مقاومت به سختی آب	آلودگی شهری
[۱۳]	مقاومت به آلودگی خاک	
[۴۳، ۴۹]	مقاومت به آلودگی آب	
[۴۲، ۱۴]	مقاومت به گرد و غبار	
[۴۱، ۳۴]	مقاومت به آلاینده‌های گازی	مقاومت به آلاینده‌های سنگین در هوا
[۳۴]	مقاومت به آلاینده‌های سنگین در هوا	

فازی نشان داد [۷]. به همین دلیل از روش FAHP استفاده شد. در واقع روش FAHP محدوده‌ای از ارزش‌ها برای بیان عدم قطعیت در نظر می‌گیرد و تصمیم‌ساز را قادر می‌سازد تا نظر خود را در قالب کلی به صورت خوشبینانه، بدبینانه، متوسط، کاملاً مربوط و نظیر آن بیان کند [۲۲، ۲۹].

سپس از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) برای تعیین وزن شاخص‌ها و مؤلفه‌های تاثیرگذار در تاب‌آوری استفاده شد. از آنجایی که در AHP مقایسه‌های دوتایی توسط اعداد قطعی بیان می‌شود [۱۰]. گاهی مواقع، نظرهای کارشناسان نمی‌تواند به صورت دقیق و قطعی بیان شود که این عدم قطعیت را می‌توان با منطق



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر قم در الف) کشور، ب) استان و ج) شهرستان قم

به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و اولویت‌بندی گونه‌ها، مقایسات زوجی مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌ها به صورت فازی با استفاده از جدول ۳ به کمک ۱۵ نفر از اعضای هیئت علمی و کارشناسان متخصص در حوزه طراحی فضای سبز و باغبانی مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). از نرم افزار Fuzzy AHP Solver برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

پژوهش‌های متعددی بیانگر کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) برای تعیین اهداف غالب جنگلداری، اولویت بندی اهداف در مدیریت منابع در پارک‌های ملی و انتخاب گیاهان مناسب برای توسعه فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک هستند [۳، ۳۰، ۳۵، ۳۸، ۴۴].

جدول ۳- طیف فازی برای انجام مقایسات زوجی

کد طیف	عبارات کلامی	حد پایین	حد وسط	حد بالا
۱	ترجیح برابر	۱	۱	۱
۲	ترجیح کم تا متوسط	۱	۲	۴
۳	ترجیح متوسط	۱	۳	۵
۴	ترجیح متوسط تا زیاد	۲	۴	۶
۵	ترجیح زیاد	۳	۵	۷
۶	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	۴	۶	۸
۷	ترجیح خیلی زیاد	۵	۷	۹
۸	ترجیح خیلی زیاد یا کاملاً زیاد	۶	۸	۱۰
۹	ترجیح کاملاً زیاد	۷	۹	۱۱

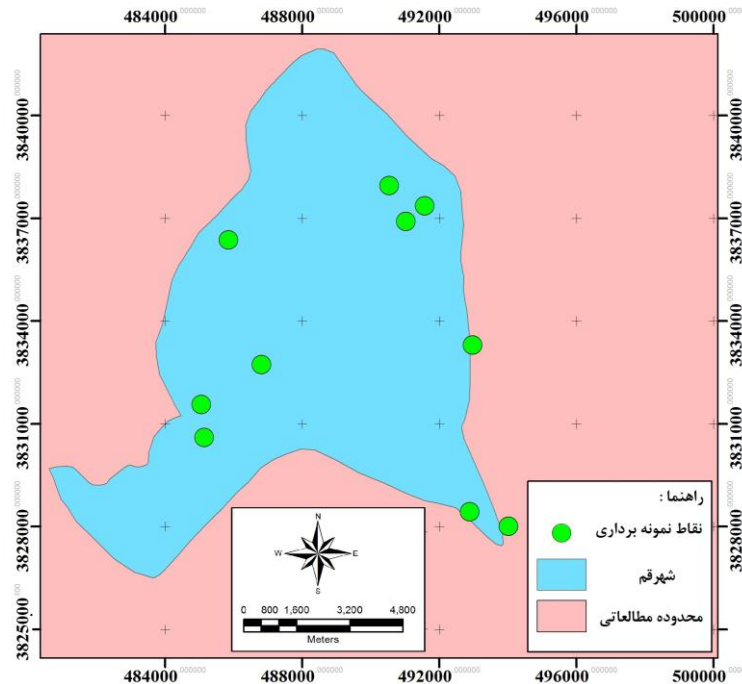
جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها با توجه به نظرات کارشناسان و تکنیک FAHP

مقایسه معیارها	آب	خاک	اقلیم	شرایط اکولوژیک	آلودگی شهری
آب	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۵)	(۱,۳,۵)	(۲,۴,۶)
خاک	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۵)	(۱,۳,۵)	(۱,۲,۴)
اقلیم	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۴)	(۱,۲,۴)
شرایط اکولوژیک	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۳,۵)
آلودگی شهری	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)

طبقات با یکدیگر همپوشانی داشتند نقشه نهایی برای نمونه برداری تهیه شد (شکل ۲).

برای نمونه‌های خاک مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، نمک، مواد آلی کل، بافت، سیلت، رس و شن خاک منطقه مورد بررسی و آزمایش گرفت (جدول ۵).

در مرحله بعد، از خاک منطقه مورد مطالعه نمونه برداری شد. به این منظور، ابتدا نقشه‌های طبقات خاک و طبقات زمین‌شناسی تهیه و در هر یک این نقشه‌ها، مکان‌های نمونه‌برداری مشخص شد. در نهایت با توجه به اینکه



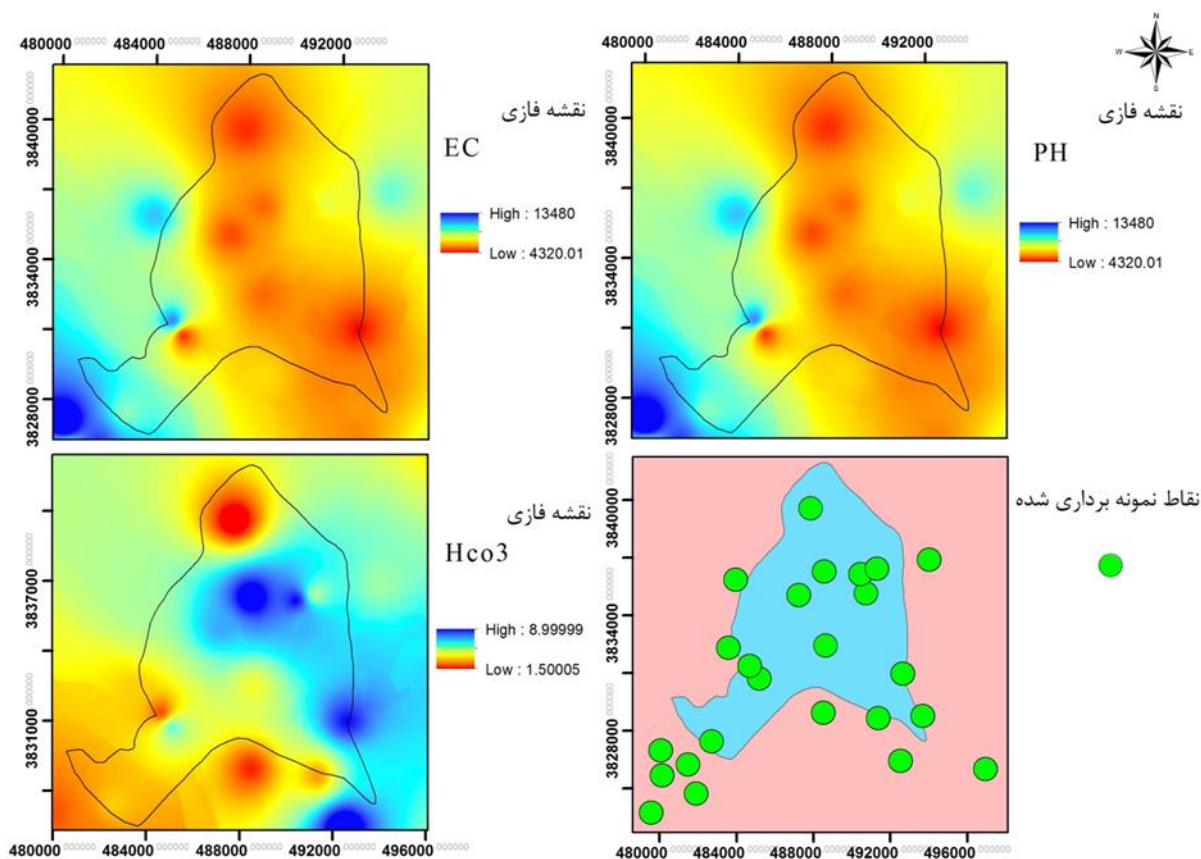
شکل ۲- منطقه‌های نمونه‌برداری شده نهایی خاک

جدول ۵- اطلاعات نقاط نمونه‌برداری و مشخصات خاک

Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	بافت	کل مواد آلی (%)	Salt (%)	EC (ds/m)	pH	ایستگاه نمونه‌برداری
۱۴	۲۸	۵۸	لوم رسی - سیلتی	۰/۶۱	۰/۱۹	۳/۴۹	۸/۰۷	جمکران
۹	۳۳	۵۸	لوم رسی - سیلتی	۰/۷۱	۰/۱۵	۲/۷۴	۸/۰۲	زمین کشاورزی جنوب شرق
۱۵	۲۹	۵۶	لومی رسی - سیلتی	۰/۷۴	۰/۱۵	۲/۸	۷/۹۹	زمین کشاورزی جنوب غرب
۲۴	۲۲	۵۴	لومی - سیلتی	۱/۳۴	۰/۰۳	۰/۶۲۷	۸/۷۷	پارک شهید آخوندی
۳۵	۲۱	۴۴	لومی	۱/۵۹	۰/۰۵	۰/۸۸۳	۸/۵	پارک لاله
۱۰	۲۶	۶۴	لومی - سیلتی	۰/۷۵	۰/۰۶	۱/۲۳	۸/۳۴	پارک مهدی
۴۸	۲۲	۳۰	لومی	۱/۸۱	۰/۰۱	۰/۲۴	۹/۲۶	میدان دفاع مقدس
۲۶	۳۳	۴۱	لومی رسی	۱/۷	۰/۰۴	۰/۷۲	۸/۷۲	دانشگاه حدیث (پارک قرآن)
۲۲	۲۶	۵۲	لومی - سیلتی	۱/۶۵	۰/۰۵	۰/۸۵	۸/۴۵	پارک شهریار
۱۳	۲۵	۶۲	لومی - سیلتی	۱/۹۲	۰/۰۳	۰/۵۵	۸/۸۱	پارک شهید بنیادی

درختی موجود و پیشنهادی، فهرست نهایی گونه‌های گیاهی منتخب برای ارزیابی تاب‌آوری آنها توسط کارشناسان تهیه شد.

در ادامه، نمونه‌برداری pH،  $\text{HCO}_3$  و EC آب منطقه مورد مطالعه، از چاه‌های شهر قم استفاده شد. شکل ۳ نقاط نمونه‌برداری آب شهر قم نشان داده شده است. با استفاده از وضعیت داده‌های حاصل از آنالیز خاک و آب و مطابقت آن‌ها با ویژگی‌های زیست‌پذیری گونه‌های



شکل ۳- نقاط نمونه برداری آب در منطقه مورد مطالعه

و بیشترین فاصله را از پاسخ منفی ایده آل دارد [۴]. در این روش مانند روش AHP گاهی مواقع، نظرات کارشناسان نمی تواند قطعی و دقیق باشد که این عدم قطعیت را می توان با منطق فازی نشان داد بنابراین از روش FTOPSIS استفاده شد. امتیازات داده شده به هر یک از گونه های درختی بر اساس طیف فازی هفت تایی کاتان طراحی شده است و توسط متخصصان این حوزه (طراحی فضای سبز، باغبانی) صورت پذیرفته است (جدول ۶).

در آخر، ارزیابی گونه های درختی با توجه به شاخص ها صورت گرفت. برای این منظور از روش FTOPSIS برای اولویت بندی و ارائه الگوی کشت تاب آور استفاده شد. الگوریتم Topsis یکی از مهم ترین روش های تصمیم گیری چند معیاره محسوب می شود [۱۹]. از این روش برای وزن دهی به معیارها و تعیین اولویت گزینه ها استفاده شد [۳۳]. در واقع روش Topsis یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره است که M گزینه را با توجه به معیار، رتبه بندی می کند. اساس این روش انتخاب گزینه ای است که کمترین فاصله را از پاسخ ایده آل مثبت

جدول ۶- طیف فازی هفت تایی کاتان

حد بالا	حد وسط	حد پایین	عبارات کلامی	کد طیف
۱	۰	۰	خیلی ضعیف	۱
۳	۱	۰	ضعیف	۲
۵	۳	۱	تقریبا ضعیف	۳
۷	۵	۳	متوسط	۴
۹	۷	۵	تقریبا خوب	۵
۱۰	۹	۷	خوب	۶
۱۰	۱۰	۹	خیلی خوب	۷



شده است. در پایان، اولویت‌بندی گونه‌ها برای ارائه الگوی کشت تاب‌آور با استفاده از نرم افزار Fuzzy AHP Solver و Fuzzy TOPSIS Solver صورت گرفت. در جدول ۷ ارتباط بین روش‌های FAHP و FTOPSIS آمده است.

در تدوین گویه‌ها از عبارتهای خیلی ضعیف، ضعیف، تقریباً ضعیف، متوسط، تقریباً خوب، خوب و خیلی خوب (کد طیف ۱ برای گویه خیلی ضعیف و کد طیف ۷ برای گویه خیلی خوب) برای ارزیابی گونه‌های مورد نظر استفاده

جدول ۷- ارتباط بین روش‌های FAHP و FTOPSIS

وزنها	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷	۰/۰۳۱
معیار منفی	خیر	خیر	خیر
گونه / معیار	مقاومت به کمبود آب	مقاومت به شوری آب	مقاومت به تنش آبی
عناص	۵	۶	۴
توت آمریکایی	۵	۶	۴

## نتایج

منطقه مورد مطالعه انتخاب و در آخر با توجه به معیارهای تاب‌آوری گونه‌های درختی شهر قم اولویت‌بندی شدند. با توجه به نظرات کارشناسان و مشخصات گونه‌ها (جدول ۲)، گونه‌های منتخب به منظور اولویت‌بندی در جدول ۱۰ نشان داده شد.

با توجه به نظرات کارشناسان و ویژگی گونه با ترکیب روش‌های FAHP و FTOPSIS به اولویت‌بندی گونه‌های درختی پرداخته شد (جدول ۱۱). این تحقیق رویکردی جامع‌نگر به موضوع تاب‌آوری گیاهان در شرایط محیطی شهر قم دارد تا بتواند در امر انتخاب گیاهان تاب‌آور مؤثر واقع شود. نتایج جدول ۱۱ بیانگر این است که برخی از گیاهان موجود به عنوان تاب‌آورترین گونه‌های گیاهی نسبت به معیارهای آب، خاک، اقلیم، شرایط اکولوژیک، آلودگی‌های شهری ارزیابی شده‌اند، اما این نکته نمی‌تواند بیانگر عدم استفاده از گونه‌های پیشنهادی و جدید در فضای سبز شهر قم باشد. نتایج جدول ۱۱، حاصل بکارگیری یک رویکرد جامع نسبت به تعیین اولویت تاب‌آوری گیاهان است به گونه‌ای که تعداد ۱۵ گونه گیاهی موجود و ۲۸ گونه پیشنهادی در میان فهرست گیاهان درختی با اولویت تاب‌آوری متفاوت وجود دارند که می‌توان از آنها با در نظر گرفتن توانمندی‌های موجود در هر منطقه از شهر قم برای افزایش تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در فضاهای سبز شهری استفاده کرد.

بر طبق یافته‌های حاصل از ارزیابی دیدگاه متخصصان و کارشناسان در حوزه فضای سبز (جدول ۸)، معیارهای آب و خاک از مهم‌ترین عوامل انتخاب الگوی کشت در شهر قم محسوب می‌شوند. معیارهای اقلیم، شرایط اکولوژیک و آلودگی شهری در اولویت‌های بعدی قرار دارند. وزن قطعی معیارهای انتخاب گیاهان تاب‌آور برای کاشت در فضاهای سبز شهری در جدول ۸ نشان می‌دهد که در رابطه با معیار آب زیر مؤلفه مقاومت گیاهان به کمبود آب و شوری آب با امتیاز ۰/۰۶۷، در ارتباط با معیار خاک، زیر مؤلفه مقاومت گیاهان به شوری خاک با امتیاز ۰/۰۷۵، در رابطه با معیار اقلیم، زیر مؤلفه مقاومت گیاهان به شرایط تبخیر و تعرق با امتیاز ۰/۰۶۹، در ارتباط با شرایط اکولوژیک، زیر مؤلفه مقاومت گیاهان به عوامل نامساعد محیطی با امتیاز ۰/۰۶۳ و در رابطه با معیار آلودگی شهری، زیر مؤلفه مقاومت به آلودگی آب و خاک با امتیاز ۰/۰۲۲ به عنوان مهم‌ترین زیر مؤلفه تاب‌آوری گیاهان در هر معیار مورد ارزیابی کارشناسان قرار گرفته‌اند.

جدول ۹ فهرست تعداد زیادی از گونه‌های مطالعه شده برای انتخاب گیاهان تاب‌آور را ارائه داده است. با توجه به معیارهای تاب‌آوری (جدول ۲) گونه‌های مناسب برای

جدول ۸- وزن قطعی معیارهای انتخاب گیاهان تاب‌آور جهت کاشت در فضاهای سبز شهری

وزن قطعی معیارها	وزن زیرمعیار	زیر معیار	وزن معیارها	معیارها
۰/۰۶۷	۰/۲۴۴	مقاومت به کمبود آب		آب
۰/۰۶۷	۰/۲۴۴	مقاومت به شوری آب		
۰/۰۵۹	۰/۲۱۳	مقاومت به تغییرات pH آب	۰/۲۷۳	
۰/۰۴۹	۰/۱۸۳	مقاومت به سختی آب		
۰/۰۳۱	۰/۱۱۳	مقاومت به تنش آبی		
۰/۰۷۵	۰/۲۹۳	مقاومت به شوری خاک		
۰/۰۵۹	۰/۲۳۲	مقاومت به کمبود عناصر غذایی خاک		خاک
۰/۰۵۵	۰/۲۱۶	مقاومت به بافت بد خاک	۰/۲۵۴	
۰/۰۴۳	۰/۱۶۷	مقاومت به pH قلیایی خاک		
۰/۰۲۳	۰/۰۹۰	مقاومت به کمبود رطوبت خاک		اقلیم
۰/۰۶۹	۰/۳۴۳	مقاومت به شرایط تبخیر و تعرق		
۰/۰۵۶	۰/۲۸۱	مقاومت به وزش باد		
۰/۰۴۶	۰/۲۲۹	مقاومت به تنش دمایی	۰/۱۹۹	
۰/۰۳۰	۰/۱۴۶	مقاومت به شرایط تابش نور شدید		
۰/۰۶۳	۰/۳۵۲	مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)		
۰/۰۴۶	۰/۲۵۱	مقاومت در برابر آفات		شرایط اکولوژیک
۰/۰۴۶	۰/۲۵۱	مقاومت در برابر بیماری‌ها	۰/۱۸۰	
۰/۰۲۵	۰/۱۴۴	سازگاری با سایر گونه‌ها		آلودگی شهری
۰/۰۲۲	۰/۲۳۸	مقاومت به آلودگی آب		
۰/۰۲۲	۰/۲۳۸	مقاومت به آلودگی خاک		
۰/۰۱۹	۰/۲۱۳	مقاومت به گرد و غبار		
۰/۰۱۰	۰/۱۰۳	مقاومت به آلاینده‌های سنگین در هوا	۰/۰۹۲	
۰/۰۰۹	۰/۱۰۲	مقاومت به آلاینده‌های گازی		
۰/۰۰۹	۰/۱۰۲	مقاومت در برابر آلودگی‌های هوا		

### بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی در فرآیند انتخاب گیاهان در محیط‌های شهری باید دو گروه از محدودیت‌های ناشی از عوامل غیرزنده (مانند اقلیم، آب، سطح نور، خاک، شوری، آلودگی هوا) و همچنین عوامل زنده (مانند آفات و بیماری‌های گیاهی) مورد توجه قرار گیرند [۴۳، ۸]. در ایران نیز در چند دهه اخیر به دلیل پیچیدگی این فرآیند، انتخاب گونه‌های گیاهی صرفاً به شکل تصادفی و غیرعلمی صورت گرفته است. در واقع بسیاری از طراحان و برنامه‌ریزان امر توسعه فضای سبز تنها با در نظر گرفتن نگرش‌های تک-بُعدی (مانند جنبه‌های زیبایی‌شناختی و یا صرف جنبه‌های اکولوژیک) به انتخاب گیاه مورد نظر برای کشت

برخی از گونه‌های پیشنهادی با وجود در نظر گرفتن همه محدودیت‌ها، بالاترین رتبه را در اولویت تاب‌آوری گیاهی نسبت به شرایط محیطی شهر قم از نظر کارشناسان کسب کرده‌اند که می‌توان از آنها به طور گسترده در فضاهای سبز شهری استفاده نمود. آشکار است که گونه‌هایی که در صدر فهرست قرار دارند و در طبقه بندی اولویت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند، به همان میزان تاب‌آوری بیشتری را نسبت به شرایط محیطی شهر قم دارا هستند.

در طرح‌های فضای سبز اقدام می‌کنند [۱۳، ۱۶، ۴۰، ۴۲]. در این راستا تحقیق حاضر با در نظر گرفتن رویکردی جامع به موضوع تاب‌آوری گیاهان در شرایط

محیطی شهر قم، به ارزیابی گونه‌های گیاهی جهت انتخاب گیاهان تاب‌آور می‌پردازد.

جدول ۹- فهرست برخی از گونه‌های درختی مطالعه شده

ردیف	نام گونه	نام علمی	ردیف	نام گونه	نام علمی	ردیف	نام گونه	نام علمی
۱	پده	<i>Populus euphratica</i>	۲۳	شاه بلوط هندی	<i>Aesculus hippocastanum</i>	۴۵	ماگنولیا سفید	<i>Magnolia Grandiflora</i>
۲	توت آمریکایی	<i>Maclura pomifera</i>	۲۴	گل فردوسی	<i>Erythrina crista galli</i>	۴۶	شب خسب	<i>Albizia julibrissin</i>
۳	گردو	<i>Juglans regia</i>	۲۵	بلوط همیشه سبز	<i>Quercus ilex</i>	۴۷	زیتون تلخ	<i>Melia azedarach</i>
۴	توت سفید	<i>Morus alba</i>	۲۶	عرعر	<i>Aianthus altissima</i>	۴۸	پسته	<i>Pistacia vera</i>
۵	زبان گنجشک	<i>Fraxinus excelsior</i>	۲۷	شاه بلوط	<i>Castanea sativa</i>	۴۹	درخت تا	<i>Celtis caucasica</i>
۶	چینی یا باران طلائی	<i>Koelreuteria paniculata</i>	۲۸	پسته چینی	<i>Pistacia chinensis</i>	۵۰	گز شاهی	<i>Tamarix gallica</i>
۷	چنار	<i>Platanus sp</i>	۲۹	انجیر	<i>Ficus carica</i>	۵۱	کهور	<i>Prosopis cineraria</i>
۸	پر	<i>Cotinus coggygria</i>	۳۰	سیب	<i>Malus domestica</i>	۵۲	کندر	<i>Boswellia Sacra</i>
۹	افاقیا	<i>Robinia Pseudoacacia</i>	۳۱	بادام	<i>Prunus amygdalus</i>	۵۳	نوتل آبی یا نقره‌ای	<i>Picea pungens</i>
۱۰	افاقیا توبی	<i>Robinia Pseudoacacia Umbraculifera</i>	۳۲	زردآلو	<i>Prunus armeniaca</i>	۵۴	کاج مشهدی	<i>pinus Mugo</i>
۱۱	آلبالو	<i>Prunus cerasus</i>	۳۳	گیلاس	<i>Prunus avium</i>	۵۵	پالونیا	<i>Paulownia tomentosa</i>
۱۲	هلو	<i>Prunus Persica</i>	۳۴	کاج بادامی	<i>Pinus pinea</i>	۵۶	بید معمولی	<i>Salix alba</i>
۱۳	بید مجنون	<i>Salix babylonica</i>	۳۵	کاج ایرانی، کاج تهران	<i>Pinus elderica</i>	۵۷	ممرز	<i>Carpinus betulus</i>
۱۴	سرو نقره‌ای، سرو سیمین	<i>Cupressus arizonica</i>	۳۶	کاج سیاه	<i>Pinus nigra</i>	۵۸	آزاد	<i>Zelkova carpinifolia</i>
۱۵	سرو نوش(سرو خمره‌ای)	<i>Thuja orientalis</i>	۳۷	اکالیپتوس آبی	<i>Eucalyptus globules</i>	۵۹	آلو زرد	<i>Syriaca</i>
۱۶	بنه	<i>Pistacia atlantica</i>	۳۸	بید معمولی	<i>Salix alba</i>	۶۰	کینگواچینگواژینکو	<i>Ginkgo biloba</i>
۱۷	سنجد	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	۳۹	انار	<i>Punica granatum</i>	۶۱	لیلکی	<i>Gleditsia triacanthos</i>
۱۸	زربین	<i>Cupressus sempervirens</i>	۴۰	آکاسیا برگ بیدی	<i>Acacia salicina</i>	۶۲	افرای سیاه	<i>Acer negundo</i>
۱۹	نخل بادبزنی	<i>Washingtonia robusta</i>	۴۱	نارون	<i>Ulmus umbraculifera</i>	۶۳	کاج بروسیا	<i>Pinus brutia</i>
۲۰	انجیلی	<i>Parrotia Persica</i>	۴۲	زیتون معمولی	<i>Olea europaea</i>	۶۴	چنار شرقی	<i>Platanus Orientalis</i>
۲۱	سدر اطلس	<i>Cedrus Atlantica</i>	۴۳	لیلکی ایرانی	<i>Gleditsia caspica</i>	۶۵	عناب	<i>Zizyphus Jujuba</i>
۲۲	کاج کلرادو	<i>Pinus Edulis</i>	۴۴	سپیدار	<i>Populus alba</i>	۶۶	.....	.....

شناخته می‌شوند و در موارد خیلی نادر، گونه‌های جدید در توسعه فضاهای سبز شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تحقیق سعی بر آن داشت تا به معرفی گونه‌های تاب‌آور بیشتری از درختان برای افزایش تنوع گونه‌های گیاهی در طرح‌های کاشت فضاهای سبز شهری قم بپردازد.

با توجه به هدف این مطالعه، ارزیابی تاب‌آوری گونه‌های گیاهی بر اساس وضعیت موجود و همچنین گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای منطقه با جزئیات بیشتری بررسی شد. در این بررسی مشاهده شد که گونه‌های گیاهی موجود در شهر قم از تنوع کمی برخوردار بوده و شامل تعدادی از گونه‌های درختی است که به عنوان گونه غالب

فضای سبز شهری قم مشخص شد سپس تاب‌آوری گیاهان نسبت به شرایط خاک منطقه، نسبت به شرایط آب منطقه، شرایط اقلیمی منطقه، آلودگی‌های شهری و به شرایط اکولوژیک توسط فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و FTOPSIS ارزیابی و اولویت بندی شد.

برای این منظور ابتدا گونه‌های گیاهی موجود و غالب در منطقه مطالعاتی شناسایی و فهرست شد. در ادامه گونه‌های پیشنهادی درختی مناسب این نوع شرایط محیطی و با الگو گرفتن از شرایط شهرهای کرمان، زاهدان و بیرجند مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفت. پس از آن گونه‌های درختی موجود و پیشنهادی مناسب برای توسعه

جدول ۱۰- نام علمی گونه‌های انتخاب شده

نام گونه	نام علمی	نام گونه	نام علمی
گز شاهی	<i>Tamarix gallica</i>	زبان گنجشک	<i>Fraxinus excelsior</i>
پده	<i>Populus euphratica</i>	کاج بروسیا	<i>Pinus brutia</i>
اکالیپتوس آبی	<i>Eucalyptus globules</i>	کاج کلرادو	<i>Pinus edulis</i>
عرعر	<i>Aianthus altissima</i>	لیلکی ایرانی	<i>Gleditsia caspica</i>
پسته چینی	<i>Pistacia chinensis</i>	شاه بلوط	<i>Castanea sativa</i>
کاج مشهدی	<i>Pinus mugo</i>	آزاد	<i>Zelkova carpinifolia</i>
کاج سیاه	<i>Pinus nigra</i>	چینی یا باران طلایی	<i>Koelreuteria paniculata</i>
زیتون تلخ	<i>Melia azedarach</i>	شاه بلوط هندی	<i>Aesculus hippocastanum</i>
کهور	<i>Prosopis cineraria</i>	اقاقیا توبی	<i>Robinia pseudoacacia umbraculifera</i>
بنه	<i>Pistacia atlantica</i>	پالونیا	<i>Paulownia tomentosa</i>
کاج ایرانی، کاج تهران	<i>Pinus elderica</i>	درخت تا	<i>Celtis caucasica</i>
سرو نقره‌ای، سرو سیمین	<i>Cupressus arizonica</i>	پر	<i>Cotinus coggygria</i>
کاج چتری یا کاج بادامی	<i>Pinus pinea</i>	بلوط همیشه سبز	<i>Quercus ilex</i>
لیلکی	<i>Gleditsia triacanthos</i>	زربین	<i>Cupressus sempervirens</i>
توت آمریکایی	<i>Maclura pomifera</i>	سرو نوش (سرو خمره‌ای)	<i>Thuja orientalis</i>
کندر	<i>Boswellia sacra</i>	سدر اطلس	<i>Cedrus atlantica</i>
سنجد	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	ممرز	<i>Carpinus betulus</i>
سماق آمریکایی	<i>Rhus typhina</i>	کینگو	<i>Ginkgo biloba</i>
گل فردوسی	<i>Erythrina crista galli</i>	نوئل آبی یا نقره‌ای	<i>Picea pungens</i>
عناب	<i>Zizyphus jujuba</i>	انجیلی	<i>Parrotia persica</i>
اقاقیا	<i>Robinia pseudoacacia</i>	چنار شرقی	<i>Platanus orientalis</i>
توت مجنون	<i>Morus alba</i>		

سال‌های اخیر مورد توجه دست اندرکاران و مسئولین امر قرار گرفته است که می‌تواند به عنوان یک اصل، سبب افزایش میزان تاب‌آوری اکولوژیکی فضاهای سبز شهری شود [۱۸].

بر اساس نتایج این ارزیابی برخی از گیاهان بومی بیش‌ترین امتیاز را در طبقه‌بندی اولویت کشت در شرایط محیطی شهر قم کسب کرده‌اند. به عنوان مثال، درخت گز، پده، اکالیپتوس آبی، عرعر، کاج مشهدی، زیتون تلخ، کاج ایرانی، سرو نقره‌ای، سنجد، اقاقیا و توت مجنون از این قبیل هستند. این گونه‌ها توانایی سازگاری مناسبی با

یافته‌های این تحقیق هم‌راستا با نتایج برخی از مطالعات [۳، ۱۲، ۱۷، ۳۹، ۴۶] نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان خشکی‌پسند و گیاهان بومی در مناطق گرم و خشک می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای به موفقیت طرح‌های توسعه فضاهای سبز شهری و ارتقاء تاب‌آوری کمک نماید. اما این نکته نمی‌تواند بیانگر عدم استفاده از گونه‌های پیشنهادی و جدید در جهت افزایش تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در فضای سبز شهر قم باشد. افزایش تنوع زیستی از گیاهان تاب‌آور، نکته مهم دیگری است که کمتر در تعیین الگوی کشت گیاهان در فضای سبز شهر قم در

شرایط محیطی شهر قم را دارند. برخی از گونه‌های پیشنهادی حاصل که قابلیت کاربرد گسترده در فضای سبز شهری قم را دارند عبارتند از پسته چینی، کاج سیاه، کهور، بنه، کاج چتری، لیلکی، توت آمریکایی، کندر، سماق

آمریکایی، گل فردوسی. آشکار است که گونه‌هایی که در صدر فهرست قرار دارند و در طبقه‌بندی اولویت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند، به همان نسبت میزان تاب‌آوری بیشتری نسبت به شرایط محیطی شهر قم دارا هستند.

جدول ۱۱- اولویت‌بندی گونه‌های درختی منتخب براساس نظرات کارشناسان و ترکیب روش‌های FAHP و FTOPSIS

اولویت گونه	نام گونه	ضریب نزدیکی	نوع	اولویت گونه	نام گونه	ضریب نزدیکی	نوع
۱	گز شاهی	۰/۹۰۵۳	موجود	۲۳	زبان گنجشک	۰/۶۸۱۹	موجود
۲	پده	۰/۸۸۸۳	موجود	۲۴	کاج بروسیا	۰/۶۷۲۵	پیشنهادی
۳	اکالیپتوس آبی	۰/۸۸۴۷	موجود	۲۵	کاج کلرادو	۰/۶۶۳۵	پیشنهادی
۴	عرعر	۰/۸۵۹۱	موجود	۲۶	لیلکی ایرانی	۰/۶۱۶۷	پیشنهادی
۵	پسته چینی	۰/۸۵۲۱	پیشنهادی	۲۷	شاه بلوط	۰/۶۱۵۷	پیشنهادی
۶	کاج مشهدی	۰/۸۴۷۳	موجود	۲۸	آزاد	۰/۶۱۵۷	پیشنهادی
۷	کاج سیاه	۰/۸۴۱۵	پیشنهادی	۲۹	چینی یا باران طلایی	۰/۶۱۳۹	پیشنهادی
۸	زیتون تلخ	۰/۸۴۰۲	موجود	۳۰	شاه بلوط هندی	۰/۶۰۶۹	پیشنهادی
۹	کهور	۰/۸۳۶۲	پیشنهادی	۳۱	اقاقیا تویی	۰/۶۰۴۴	موجود
۱۰	بنه	۰/۸۳۰۸	پیشنهادی	۳۲	پالونیا	۰/۵۹۳۵	پیشنهادی
۱۱	کاج ایرانی، کاج تهران	۰/۸۲۸۱	موجود	۳۳	درخت تا	۰/۵۸۸۸	پیشنهادی
۱۲	سرو نقره‌ای، سرو سیمین	۰/۸۱۴۶	موجود	۳۴	پر	۰/۵۷۴۴	پیشنهادی
۱۳	کاج چتری یا کاج بادامی	۰/۸۰۱۲	پیشنهادی	۳۵	بلوط همیشه سبز	۰/۵۶۳۱	پیشنهادی
۱۴	لیلکی	۰/۷۸۹۵	پیشنهادی	۳۶	زربین	۰/۵۵۳۹	موجود
۱۵	توت آمریکایی	۰/۷۶۹۶	پیشنهادی	۳۷	سرو نوش(سرو خمره‌ای)	۰/۵۵۰۵	موجود
۱۶	کندر	۰/۷۴۵۲	پیشنهادی	۳۸	سدر اطلس	۰/۴۹۵	پیشنهادی
۱۷	سنجد	۰/۷۳۹	موجود	۳۹	ممرز	۰/۴۷۱۲	پیشنهادی
۱۸	سماق آمریکایی	۰/۷۳۲۳	پیشنهادی	۴۰	کینگو	۰/۴۵۷۵	پیشنهادی
۱۹	گل فردوسی	۰/۷۲۰۸	پیشنهادی	۴۱	نوتل آبی یا نقره‌ای	۰/۴۴۸۲	پیشنهادی
۲۰	عنا ب	۰/۷۱۲۹	پیشنهادی	۴۲	انجیلی	۰/۳۷۷۲	پیشنهادی
۲۱	اقاقیا	۰/۷۱۰۵	موجود	۴۳	چنار شرقی	۰/۳۵۸۹	پیشنهادی
۲۲	توت مجنون	۰/۷۰۴	موجود				

با توجه به راهبردهای موجود در زمینه افزایش تاب‌آوری الگوی طراحی کاشت در فضاهای سبز شهری، برخی موارد در راستای پایداری الگوی کاشت تاب‌آور در شرایط محیطی شهر قم پیشنهاد می‌شود:

- به کارگیری اصول برنامه‌ریزی اکولوژی شهری در طرح‌های توسعه‌ای فضاهای سبز شهری؛

- تهیه طرح جامع توسعه فضاهای سبز قم بر اساس امکانات و تسهیلات هر منطقه شهری و تعیین گونه‌های گیاهی درختی سازگار با این مناطق با در نظر گرفتن اولویت تاب‌آوری به منظور افزایش پایداری لکه‌های سبز شهری؛

به منظور جلوگیری از خطر تهاجم گونه‌های جدید توصیه می‌شود تا قبل از کشت آنها در سطح گسترده و قرار گرفتن در فهرست گونه‌های پیشنهادی هر شهر، این گونه‌ها در مکان‌های تحت نظارت سازمان‌های متولی مانند شهرداری‌ها و سازمان پارک‌ها و یا سازمان تحقیقات جنگل‌ها و یا اداره جهاد کشاورزی قرار گرفته و به صورت آزمایشی کشت شود. در صورت اطمینان از سازگاری، تاب‌آور بودن و مهاجم نبودن آنها، به عنوان گونه پیشنهادی در توسعه فضای سبز شهری مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد.

- کاربرد گونه‌های پیشنهادی با قابلیت تاب‌آوری بالا چون کهور، بنه، توت آمریکایی و پالونیا و کاربرد گسترده آنها در طرح‌های درختکاری مانند کمربند سبز و پارک-های جنگلی دست کاشت حاشیه شهر به علت شرایط محیطی دشوارتر و امکان رسیدگی کمتر. همچنین از میان گونه‌های درختی موجود با تاب‌آوری بالا مانند گز، اکالیپتوس آبی، عرعر، کاج ایرانی و کاج مشهدی می‌توان در ترکیب با گونه‌های پیشنهادی مذکور استفاده نمود.

- کاربرد گونه‌های موجود و پیشنهادی در طرح‌های کاشت فضاهای شهری با در نظر گرفتن سایر توانمندی‌های گونه گیاهی مانند ویژگی‌های زیبایی شناختی، جنبه‌های درمانی، مهاجم نبودن ریشه گونه، برگ ریزی، آلرژیک بودن، بوی مطبوع و یا نامطبوع و غیره علاوه بر شرایط تاب‌آوری اکولوژیکی گیاه. به عنوان مثال، گونه درختی عرعر، به علت پراکنش بوی نامساعد در فصل بهار و همچنین توانایی بالا در برابر انواع شرایط نامساعد محیطی، توصیه می‌شود تا در توسعه جنگل‌های دست کاشت و حریم کمربندهای سبز این شهر استفاده گردد و یا برعکس از گونه‌هایی که دارای جنبه‌های زیبایی شناختی و یا عطر مطبوعی هستند (مانند سنجد، افاقیا) می‌توان در فضاهای شهری پر رفت و آمد مانند مراکز اداری، تجاری و یا خیابان‌های شهری استفاده نمود.

### تقدیر و تشکر

مقاله حاضر با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به شماره طرح ۹۷۰۰۱۰۰۷ انجام گرفته است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از صندوق مذکور تشکر و قدردانی نمایند.

### References

- [1]. Alavi, I., Akbari, A., Ataiee, M. & Kiadeliri, H. (2012). Comparison of fuzzy TOPSIS and fuzzy AHP methods for selection and planting of native species (Case study: Sarcheshmeh Copper Mining Area), *Renewable Natural Resources Research Neighborhood*, 2(3): 25-36. (in Farsi).
- [2]. Alberti, M. & Marzluff, J. M. (2004). Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and

اجرای طرح‌های کشت پایلوت از گونه‌های پیشنهادی قبل از کاربرد گسترده در فضاهای سبز شهری به لحاظ اطمینان از سازگاری با سایر گونه‌ها و مهاجم نبودن گونه درختی؛

- ایجاد نهالستان‌ها و مراکز تکثیر و تولید گونه‌های تاب‌آور درختی در شرایط محیطی شهر قم به جهت سازگاری نهال‌های جدید با شرایط محیطی شهر و کاهش هزینه‌های نگهداری فضاهای سبز؛

- تهیه طرح‌های اجرایی کاشت گونه‌های موجود و پیشنهادی به منظور افزایش تنوع گونه‌های درختی در سطح فضاهای سبز شهری؛

- استفاده از گونه‌های درختی سوزنی برگ مانند کاج مشهدی، کاج سیاه، کاج ایرانی، کاج بادامی، سرو نقره‌ای و غیره به علت داشتن رزین در برگ‌ها و ترشح آن به بیرون باعث بالا رفتن میزان جذب گرد و غبار می‌شود. با توجه به این امر سعی شود تا در کمربندهای سبز و ورودی‌های شهر از این گونه‌ها بیش‌تر از دیگر گونه‌های پهن برگ استفاده شود تا در حد امکان از ورود گرد و غبار به شهر جلوگیری شود.

- در نظر گرفتن نقش ارتفاع گونه‌های درختی در راستای ایجاد مانع در برابر وزش باد و پراکنش گرد و غبار و کاربرد در کمربندسبز و مبادی ورودی‌های شهر با آشکوب‌بندی ارتفاعی مختلفی از درختان موجود و پیشنهادی؛ به عنوان مثال، می‌توان از درختان بلند قامتی مانند کاج تهران، کاج مشهدی، کاج سیاه و اکالیپتوس در کمربند سبز استفاده کرد تا باعث کاهش سرعت وزش باد و همچنین پراکنش ریزگردها شد.

- ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7 (3): 241-265.
- [3]. Asgarzadeh, M., Vahdati, K., Lotfi, M., Arab, M., Babaei, A., Naderi, F., Pir Soufi, M. & Rouhani, GH. (2014). Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (a case study of Tehran). *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3), 450-458.
- [4]. Asgharpour, M.J. (2006). Multiple Criteria Decision Making. 5th Edition. *University Tehran Press*. 399. (in Farsi).

- [5]. Bahmanpour, H. & Selajgeh, B. (2009). Climatic species compatible with the climate of Tehran, *Journal of Municipalities*, Ministry of Interior, Organization of Municipalities and Rural Affairs, 9(95): 94-98. (in Farsi).
- [6]. Bassuk, N., Curtis, D F., Marranta, B. Z. & Neal, B. (2009). Recommended urban trees: site assessment and tree selection for stress tolerance. Urban horticulture institute department of horticulture Cornell University Ithaca, New York.
- [7]. Bellman, R.E. & Zadeh, L.A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17: 141-164.
- [8]. Cushing, S.P. (2009). Urban tree selection based on environmental stresses and plant responses: development of a selection guide. A thesis presented to the Faculty of Graduate studies of the University of Guelph.
- [9]. Day, K. (2004). Vegetation Management for Seattle Parks Viewpoints. Department of Parks and Recreation, Seattle.
- [10]. Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons, *International Journal of Approximate Reasoning*, 21: 215-231.
- [11]. Elmqvist, T., Folke, C., Nystrom, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B. & Norberg, J. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1 (9): 488-494.
- [12]. Farrell, C., Mitchell, R. E., Szota, C., Rayner, J.P. & Williams, N.S.G. (2012). Green roofs for hot and dry climates: Interacting effects of plant water use, succulence and substrate. *Ecological Engineering*, 49: 270-276.
- [13]. Florez, N.R., Gómez, P.U. & Méndez, F. F. (2019). Functional diversity criteria for selecting urban trees, *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 38: 251-266.
- [14]. Garcia, M.J.G., Medina, A.S., Corzo, E.A. & Garcia, C.G. (2016). An index to identify suitable species in urban green areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 16: 43-49.
- [15]. Gholamian, F., Keshtkar, S., Kazeruni, H. & Taza, J. (2015). Introducing a number of drought-resistant plants for planting in urban green spaces and parks in Bushehr province. *Second National Congress of Biology and Natural Sciences of Iran*, Tehran, 1-13. (in Farsi).
- [16]. Goodness, J. (2018). Urban landscaping choices and people's selection of plant traits in Cape Town, South Africa, *Journal of Environmental Science & Policy*, 85: 182-192.
- [17]. Helfand, G E., Park, J.S., Nassauer J.I. & Kosek S. (2006). The economics of native plants in residential Landscape designs. *Landscape and Urban Planning*, 78 (3): 29-240.
- [18]. Hunter, M. (2011). Using Ecological Theory to Guide Urban Planting Design An adaptation strategy for climate change. *Landscape Journal*, 30 (2): 173-193.
- [19]. Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application: A State – of –The Art Survey, Berlin, Springer- Verlag.
- [20]. Javanshir, K. ( 1992). Variety of Plant Species in Landscape. A Collection of Scientific Landscape Articles
- [21]. Jeanjean, A.P.R., Buccolieri, R., Eddy, J., Monks, P.S. & Leigh, R.J. (2017). Air quality affected by trees in real street canyons: the case of Marylebone neighbourhood in central London, *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 22: 41-53.
- [22]. Jeganathan, C. (2003). Development of Fuzzy Logic Architecture to Access the Sustainability of the Forest Management. MSc. thesis. Enschede, ITC, 126.132.
- [23]. Kazemi, F., Abolhassani, L., Rahmati, E. A. & Sayyad-Amin, P. (2018). Strategic planning for cultivation of fruit trees and shrubs in urban landscapes using the SWOT method: A case study for the city of Mashhad, Iran. *Land Use Policy*, 70: 1-9.
- [24]. Khajeh al-Din, S. J. D., Golmohammadi, M., Shaban, M. & Rezaei, M. (2006). Development of urban green space and its role in environmental management of metropolitan cities (Case study: green space of Isfahan, Tabriz, Tehran and Mashhad cities), *Proceedings of the Conference on Urban Planning and Management*, 11-14. (in Farsi).
- [25]. Knobel, P., Dadvand, P. & Zaragoza, M.R. (2019). A systematic review of multi-

- dimensional quality assessment tools for urban green spaces, *Journal of Health and Place*, 59:102198.
- [26]. Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B. & Schipperijn, J. (2005). *Urban Forests and Trees*, Berlin: Springer Verlag.
- [27]. Kuhns, M., Rupp, L. (1995). *Selecting and Planting Landscape Trees*. Utah State University Extension.
- [28]. Larry A. & Libbey D. (1996). *Selection and culture of land scape plant in Utah*. Utah State University Extension.
- [29]. Lee, A.H., Chen, W.C. & Chang, C.J. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert Systems with Applications*, 34: 96–107.
- [30]. Lepetu, J. P. (2012). The use of analytic hierarchy process (AHP) for stakeholder preference analysis: A case study from Kasane Forest Reserve, Botswana. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 3(10): 237-251.
- [31]. Leuzinger, S., Vogt, R. & Körner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*; 150: 56–62.
- [32]. Mahmoudkhani, M., Fiqhi, J. & Makhdoom, M. (2015). Selection of species in forestry projects based on ecological assessment in the green belt north of Tehran, *Journal of Environmental Research*, 6(11): 135- 144. (in Farsi).
- [33]. Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York. 340.
- [34]. Mattson, W.J. & Haack, R.A. (1987). The Role of Drought in Outbreaks of Plant-eating Insects. *BioScience*, 37(2): 110-118.
- [35]. Nilsson, H., Nordström, E. & Öhman, K. (2016). Decision Support for Participatory Forest Planning Using AHP and TOPSIS. *Forests*, 7: 100.
- [36]. Nouri, O. (2006). Introduction of trees and ornamental shrubs resistant to air, soil and water pollutants, *the first specialized conference on environmental engineering*, 1-12. (in Farsi).
- [37]. Percival, G. C., Keary, I. P. & AL-Habsi, S. (2006). An assessment of the drought tolerance of Fraxinus genotypes for urban landscape plantings. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5(1): 17-27.
- [38]. Peterson, D.L., Silsbee, D.G. & Schmoltdt, D.L. (1994). A case study of resources management planning with multiple objectives and projects. *Environ. Manage.* 18: 729-742.
- [39]. Razzaghmanesh, M., Beecham, S. & Kazemi, F. (2014). The growth and survival of plants in urban green roofs in a dry climate. *Science of the Total Environment*, 476: 288-297.
- [40]. Roloff, A. Korn, S. & Gillner, S. (2009). The climate-species-matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(4): 295-308.
- [41]. Sadeghian, M, M. & Vardanyan, Z. H. (2013). Criteria for Selecting Trees and Shrubs in Urban Parks of Isfahan, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, Available online at [www.ijagcs.com](http://www.ijagcs.com).
- [42]. Sæbø, A. Benedikz, T. & Randrup, T B. (2003). Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2 (2): 101-114.
- [43]. Sæbø, A. Borzan, Z. Ducatillion, C. Hatzistathis, A. Lagerström, T. Supuka, J. GarcisValdecantos, J L. Rego, F. & Slycken, J V. (2005). The selection of plant materials for street trees, park trees and urban woodlands. *Urban Forests and Trees*, 257-280.
- [44]. Schmoltdt, D.L., Kangas, J., Mendoza, G.A. & Pesonen, M. (2001). *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*, 67–79. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- [45]. Sjöman, H. & Nielsen, A.B. (2010). Selecting trees for urban paved sites in Scandinavia – a review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(4): 281–293.
- [46]. Surrency, D. Owsley, Ch. Kirkland, M. Vanzant L. & Potter, A. (2001). *Native Plant Materials for Urban Landscapes*. USDA-NRCS Plant Materials Program. Athens, Georgia.



- [47].Tadayon, M. S. (2016). Presenting Important Indicators in Urban Forest Planting Design and Ecosystem Resilience, 2nd International Congress on Earth, *Clean Space and Energy*, Tehran, 1-10. (in Farsi)
- [48].Tomlinson, I. Potter, C. & Bayliss, H. (2015). Managing tree pests and diseases in urban settings: The case of Oak Processionary Moth in London, 2006–2012. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(2): 286-292.
- [49].Wei, H. & Huang, Z. (2015). From Experience-Oriented to Quantity-Based: A Method for Landscape Plant Selection and Configuration in Urban Built-Up Areas. *Journal of Sustainable Forestry*, 34: 698–719.
- [50].Williams, N.S.G., Rayner, J.P., & Raynor, K.J. (2010). Green roofs for a wide brown land: opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 9: 245–251.
- [51].Wu, Ch., Xiao, Q. & McPherson, E.G. (2008), A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: A case study of Los Angeles, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 7: 65-76.
- [52].Yang, J., Chang, Y. & Yan, P. (2015). Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM2.5 pollutions. *Atmospheric Pollution Research*, 6(2): 267–277.

## Evaluation of factors affecting resilience cultivation pattern of urban green spaces for arid land (Case study: Qom city)

- 1- Hasan Darabi\*, Department of Landscape Design, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran  
darabih@ut.ac.ir
- 2- Yasser Moarrab, Ph.D. Candidate of Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Researcher of Imam Hossein University, Tehran, Iran
- 3- Jahanbakh Balist, Ph.D. Candidate of Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
- 4- Behroz Naroei, PhD student in environmental planning, Department of Planning and Designing the Environment, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 08 Oct 2020

Accepted: 18 Dec 2020

### Abstract

Develop of sustainable green spaces in cities will lead to unsustainability, if this development is done without evaluating the factors affecting the resilience of plant species and applying inappropriate planting pattern due to ignore the aforementioned factors. The main purpose of this study is to evaluate factors affecting the resilience of plant species for the development of urban green space in Qom and providing a list of plant species compatible with specific semi-arid environmental conditions. This study tries to quantify the qualitative indicators of plant species characteristics to evaluate their comparison in relation to resilience criteria. For this purpose, beforehand the criteria and sub-criteria of plant resilience were determined based on related literature and the authors' experiences. Then, according to the criteria of plant resilience to soil, water, climatic conditions, urban pollution and ecological conditions of the region, plant species is properly evaluated and prioritized by Fuzzy Hierarchical Analysis (FAHP) and FTOPSIS. Consistent findings indicate that from the experts' point of view, the most crucial factors affecting plant resilience in green space of Qom are, water (0.273), soil (0.254), climate (0.199), Ecological conditions (0.180) and urban pollution (0.092) accordingly. Moreover, plants' resistance to soil salinity (0.075), resistance to evapotranspiration conditions (0.069), resistance to water shortage (0.067), resistance to water salinity (0.067) and resistance to adverse environmental factors (0.063), were promptly recognized as the most relevant sub-criteria of plant resilience. Finally, tree species including *Tamarix gallica*, *Populus euphratica*, *Eucalyptus globules*, *Aianthus altissima*, *Pistacia chinensis*, *Pinus Mugo* and *black pine* and *Pinus nigra* are determined as resilient species. The allocated proximity coefficient is 0.90, 0.89, 0.88, 0.86, 0.85, 0.85 and 0.84 respectively. As result, aforementioned species can be widely used in urban green spaces based on the local facilities and conditions of each area of the city.

**Keywords:** Ecosystem services, Biodiversity, Green structures, Ecological sustainability