

مدیریت هزینه فضای سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)

جعفر معصومزاده
مرتضی رحمانی*
عزیزالله جعفری

دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، تهران، ایران
دانشیار پژوهش جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، تهران، ایران
دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه علم و فرهنگ، تهران، ایران

دریافت: ۹۵/۰۲/۰۸ پذیرش: ۹۵/۰۶/۰۷

چکیده: فضای سبز شهری با توجه به کارکردهای اجتماعی و محیط‌زیستی و نیز جنبه‌های مالی و اقتصادی خود، یکی از مؤلفه‌های مهم در مدیریت شهری و توسعه شهرها است. گونه‌های مختلف گیاهان در چهار گروه درخت، درختچه، گیاهان پوششی و گل‌ها یا گیاهان فصلی، دارای ویژگی‌های خاصی، از حیث سازگاری با اقلیم تهران و نیاز آبی و همچنین دارای نقش‌های متفاوتی در برآورده کردن کارکردهای موردانتظار از فضای سبز شهری، به‌ویژه زیباسازی و کاهش آلودگی هوا با تولید اکسیژن هستند. از این رو مقاله پیش‌رو، به بررسی معیارهای انتخاب و ارزیابی گونه‌های گیاهی و تعیین معیارهای مناسب برای فضای سبز شهر تهران و سپس تعیین وزن نسبی هر یک از این معیارها، با نظرسنجی از ۳۵ خبره در قالب روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی گروهی، پرداخته است. اوزان به‌دست آمده، ابزاری برای ارزش‌گذاری ۶۰ گونه گیاهی اصلی شهر تهران هستند که با دو روش ارزش‌دهی ساده (خطی) و TOPSIS انجام شد. نتایج تحقیق نشان دادند که در میان درختان، بلوط همیشه‌سبز، نارون و سرو نقره‌ای، ارزشمندترین گونه‌ها هستند. رتبه‌های گونه‌های گیاهی در هر یک از چهار گروه، با دو روش بیان شده، به‌دست آمدند که تقریباً با یکدیگر مطابقت داشتند. استفاده از این رتبه‌بندی‌ها در برنامه‌ریزی‌های مناطق شهرداری، علاوه بر افزایش رضایت شهروندان و عمر گونه‌های گیاهی، بهره‌وری هزینه فضای سبز شهری را حداقل ۳۳ درصد افزایش خواهد داد که این امر در راستای اقتصاد مقاومتی می‌باشد.

واژگان کلیدی: فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی، فضای سبز شهری، مدیریت هزینه،

مدل TOPSIS

طبقه‌بندی JEL: C۴۴, R۱۵, M۰۰, C۵۴

فصلنامه علمی - پژوهشی

اقتصاد و مدیریت شهری

شاپا: ۲۳۴۵-۲۸۷۰

نماینده در SID, Econbiz, ISC,

Ensani, Magiran, Noormags

Civilica, RICeST

www.Iueam.ir

سال چهارم، شماره سوم (پیاپی ۱۵)

صفحات ۱۱۱-۱۲۵

تابستان ۱۳۹۵

۱- مقدمه

فضاهای سبز در شهرها به منظور زیباسازی، اکسیژن‌دهی، جذب ذرات معلق (و در نتیجه کاهش آلودگی هوا)، تلطیف و خنک‌سازی هوا، آرامش‌بخشی و رفع استرس، ایجاد فرصت برای تقویت تعاملات اجتماعی، کنترل سیلاب، حفاظت از زیستگاه‌های حیات وحش، آلرژی‌زدایی، انتشار رایحه خوش، کاهش مصرف انرژی (سرمایش و گرمایش)، پوشش مناظر نامطلوب (از جمله اجسام نامتناسب؛ مانند دکل مخابراتی) و ... ایجاد می‌شوند. گونه‌های گیاهی فضای سبز شهری، در چهار گروه درخت، درختچه، گیاه پوششی، گل یا گیاه فصلی هستند. واحد شمارش درخت و درختچه، اصله، واحد شمارش گیاه پوششی، مترمربع و واحد شمارش گل‌گلدان است.

کارکردها و خدمات فضای سبز شهری بر اساس نظریات تعداد زیادی از محققان طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ عبارتند از: افزایش رواج فعالیت‌های فیزیکی، تفریح خارج از خانه، سلامت، خدمات اجتماعی، خدمات اقتصادی، جداکننده و منعکس‌کنندگی مؤثر عایق‌کاری در برابر تشعشعات خورشیدی موج کوتاه، بهبود انرژی گرمایی، کاهش درجه حرارت داخلی، صرفه‌جویی حرارتی، کاهش آلودگی هوا، کاهش کیفیت بد هوا با جذب آلاینده‌های گازی (مانند ازن و دی‌اکسید نیتروژن)، جلوگیری از ذرات معلق (مانند ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون نظیر: گردوغبار، خاکستر و گرده گیاهان)، انتشار اکسیژن، تعدیل درجه حرارت هوای محلی، کاهش فراوانی شرایط شکل‌گیری ازن در سطح زمین، کاهش ریسک بیماری‌های مرتبط با گرما، کاهش تنش، استرس‌زدایی، کاهش میزان طغیان آب هنگام

طوفان، بهسازی هوا و گرمایش، سد کردن و ذخیره‌سازی باران، کاهش مقادیر طغیان و تأخیر در شروع اوج جریان آب، کاهش سیل، شست‌وشوی آلاینده‌های سطح و گرفتن آلاینده‌های رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، افزایش جذابیت اجتماعات، کاهش سر و صدا، بهبود سکونتگاه و پناهگاه حیات وحش، فراهم کردن فرصت‌های تفریحی، افزایش مطلوبیت محله، تصفیه هوا و آب، فیلتر کردن باد و سروصدا، تثبیت خرد اقلیم، خدمات روان‌شناسانه، ارتقای ارزش‌های زیبایی‌شناختی، پشتیبانی از تنوع زیستی، ایجاد احساس صلح و آرامش، افزایش قیمت خانه‌های اطراف (Laghai & Bahmanpour, ۲۰۱۲).

شهر تهران در حدود ۷۰۰ کیلومترمربع مساحت دارد و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است. متوسط میزان بارندگی سالانه تهران ۲۲۰ میلی‌متر است (www.tehran.ir). تهران، بیست‌وپنجمین شهر پرجمعیت جهان و بزرگ‌ترین کلان‌شهر در کشور و خاورمیانه است. در حال حاضر، جمعیت ثابت تهران حدود ۹ میلیون نفر است که با احتساب جمعیت شناور مربوط به میهمانان، مسافران و کارگران ساکن حومه، به ۱۴ میلیون نفر هم می‌رسد. شهر تهران ۲۲ منطقه و ۱۲۳ ناحیه دارد. در این پژوهش، شرایط اقلیمی مناطق، یکسان در نظر گرفته شده است. هزینه احداث و نگهداری فضای سبز و مساحت قابل‌کاشت (درختان معابر، پارک‌ها، جنگل‌کاری داخل شهری، لچکی‌ها و قطعات فضای سبز، رفیوژها و میادین) شهرداری تهران در سال ۱۳۹۴ به تفکیک مناطق، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- هزینه فضای سبز (میلیارد تومان) و مساحت قابل کاشت (هکتار) شهرداری تهران در ۱۳۹۴ به تفکیک مناطق

منطقه	هزینه	مساحت	منطقه	هزینه	مساحت	منطقه	هزینه	مساحت	منطقه	هزینه	مساحت
۱	۶۵	۸۲۵	۷	۹/۵	۱۲۵	۱۳	۱۲/۹	۲۸۵	۱۹	۳۴/۴۵	۶۵۴
۲	۳۲/۴	۱۳۹۰	۸	۷/۸۸	۱۷۱	۱۴	۹/۹	۳۵۱	۲۰	۲۵/۲	۶۱۱
۳	۱۵/۷	۴۸۸	۹	۱۰/۴	۲۸۲	۱۵	۲۳	۱۰۱۸	۲۱	۲۴/۴	۶۴۷
۴	۳۶/۲	۱۹۷۱	۱۰	۶/۸۹	۷۹	۱۶	۱۶/۷	۳۰۰	۲۲	۳۹	۹۰۰
۵	۲۰/۲	۱۲۳۵	۱۱	۱۰/۹	۱۳۵	۱۷	۱۱/۳	۸۸	جمع	۴۷۰	۱۲۵۵۹
۶	۱۲/۱	۳۰۵	۱۲	۱۸/۳	۱۴۱	۱۸	۲۷/۸۵	۵۵۶	میانگین	۲۱/۳۷	۵۷۱

منبع: (www.tehran.ir)

موجب افزایش عمر مفید گونه‌ها و در نتیجه، کاهش هزینه واکاری فضای سبز خواهد شد.

برای مدیریت هزینه، تعاریف متعددی بیان شده است. در یک تعریف عام، مدیریت هزینه، فرایند برنامه‌ریزی و کنترل بودجه یک کسب‌وکار است. در مدیریت هزینه، توجه به بهره‌وری هزینه، اهمیت بسیاری دارد. به صورت کلی، بهره‌وری، متشکل از اثربخشی و کارایی است. بهره‌وری هزینه در هر موضوع، نسبت عواید حاصله (سود، ارزش، رضایت‌مندی و ...) به مخارج و متشکل از اثربخشی و کارایی هزینه است. شهرداری‌ها برای اداره و توسعه یک شهر، متحمل انواع هزینه‌های جاری و عمرانی می‌شوند که در ساختار شکست‌پذیر هزینه باید آنها را در موضوعات عمده؛ نظیر حقوق و مزایای کارکنان، حامل‌های انرژی، آسفالت و جدول، فضای سبز، رفت و روب و ... دسته‌بندی کرد.

عمده‌ترین آلاینده‌های گازی که گیاهان نقش عمده‌ای در کاهش آنها دارند، عبارتند از: مونواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ازن و ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون (McPherson et al., ۱۹۹۷). طبق نظر مشاور وزیر بهداشت در سال ۱۳۹۰، تلفات جانی ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران، ۴۴۶۰ نفر بوده که حدود ۲۳۱۸ مرگ مربوط به ذرات معلق کوچک‌تر از

استانداردهای مختلفی، برای تعیین مساحت فضای سبز شهری وجود دارند. طبق توصیه سازمان بهداشت جهانی، برای زندگی سالم، حداقل ۲۰ مترمربع فضای سبز (به ازای هر شهروند ساکن) باید وجود داشته باشد. همچنین استاندارد پیشنهادشده توسط دفتر سلامت عمومی و وزارت مسکن ایالات‌متحده، ۱۸ مترمربع و استاندارد پیشنهادشده توسط بخش محیط‌زیست سازمان ملل متحد، ۳۰ مترمربع است (Laghai & Bahmanpour, ۲۰۱۲).

مسئله مقاله پیش‌رو، این است که آیا انواع گونه‌های گیاهی اصلی فضای سبز شهر تهران، ارزش‌های متفاوتی ایجاد می‌کنند و ارزش‌گذاری گونه‌هایی که بر مدیریت هزینه فضای سبز شهری مؤثر هستند، چگونه انجام می‌شود؟ فرضیه این تحقیق، این است که با اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی برای کاشت و نگهداری، می‌توان کارایی هزینه فضای سبز شهری را افزایش داد؛ به صورتی که با سقف بودجه مشخص، بیشترین بازدهی و کیفیت از نظر دو کارکرد اصلی فضای سبز (زیباسازی، اکسیژن‌دهی و بازده اکولوژیک؛ از جمله تلطیف و خنک کردن هوا) ایجاد می‌شود و همچنین باعث کاهش مصرف آب فضای سبز می‌گردد و سرجمع میزان سازگاری گونه‌های گیاهی با اقلیم کل شهر، حداکثر می‌شود که

خبرگان صورت گرفت. در مطالعه آنان، معیارهای اصلی عبارت بودند از: مقاومت در برابر تنش‌های محیط‌های شهری، ویژگی‌های منظره، آثار اکولوژیک و عوامل اقتصادی. سپس، ارزش ارزیابی ترکیبی برای ۶۸ گونه درختی محاسبه شد. با مرتب کردن آنها به صورت نزولی، ۱۸ گونه درختی ارزشمندتر، شناسایی شدند که ارزشمندترین درخت، گونه‌ای از چنار (چنار دورگه یا لندنی) بود.

ب) پژوهش‌های داخلی

آزادی نجات و همکارانش (۱۳۸۸) در پژوهشی، فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی را در ارزیابی جنگل‌کاری‌های شهری به‌منظور انتخاب گونه درختی مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به کار گرفتند. معیارهای اصلی عبارت بودند از: ۱- زیباشناختی؛ شامل زیرمعیارهای قابلیت دید درون جنگل، فرم و ساختار درخت، تنوع رنگی برگ ۲- اکولوژیکی؛ شامل زیرمعیارهای بهبود خاک (ضخامت لاش‌برگ-نسبت کربن به ازت: C/N)، پوشش علفی، دیرزیستی، سازگاری (شادابی، زادآوری، زنده‌مانی) ۳- حفاظتی؛ شامل زیرمعیارهای کاهش فرسایش، کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا ۴- اقتصادی (بدون زیرمعیار). به اعتقاد آنها می‌توان با توجه به پیچیده بودن مسائل انتخاب گونه و سایر موارد تصمیم‌گیری در جنگل‌کاری‌های شهری، از روش AHP فازی استفاده کرد. سایر روش‌های تصمیم‌گیری مانند: روش کارکرد ارزش چندمعیاره، روش برنامه‌ریزی آرمانی و روش TOPSIS^۵ نیز می‌توانند برای اولویت‌بندی‌ها و انتخاب‌های متفاوت استفاده شوند. از مقایسه نتایج این روش‌های تصمیم‌گیری می‌توان بهترین روش را در مورد

۲/۵ میکرون و ۲۱۴۲ مرگ مربوط به ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون بوده است.

آلودگی شدید هوا در پایتخت و بسیاری از کلان‌شهرها، کم‌آبی شدید در سطح کشور و شهر تهران و کمبود سرانه فضای سبز، اهمیت و ضرورت انجام پژوهش در مورد بهره‌وری و مدیریت هزینه در حوزه فضای سبز شهری را توجیه می‌کند که بزرگی رقم بودجه فضای سبز شهری نیز مؤید این اهمیت و ضرورت است.

۲- پیشینه تحقیق

الف) پژوهش‌های خارجی

جیمینز^۱ و همکارانش (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای، به بررسی معیارهای انتخاب گونه‌های گیاهی برای توسعه در بام‌های سبز با کارایی گرمایی (تبادل حرارتی و خنک‌سازی) در منطقه کلان‌شهر مکزیکوسیتی پرداختند. ۳۱ گونه به نمایندگی از حداقل ۹۷ گونه محلی و ۳۰ گونه بومی شده، بررسی شدند. معیارهای بقا (در حال تکامل- احیاشده)، وضعیت مهاجرت به محل (بومی، خارجی یا جهانی بودن)، چرخه عمر (دائمی یا سالانه یا فصلی بودن)، نیاز آبی، قابلیت رشد در خاک ضعیف، جذابیت (زیبایی، رنگ گل‌ها، دوره گل‌دهی) در نظر گرفته شدند. در نهایت برای هر معیار، تعدادی گونه مناسب، تشخیص داده شد و چهار گونه نیز از تمامی جنبه‌ها، برای اقلیم منطقه، مناسب شناخته شدند.

لی^۲ و همکارانش (۲۰۱۱) در پژوهشی، جنبه‌های روش‌شناسانه یک فرایند پیشنهادی برای انتخاب گونه‌های درختی کلیدی خیابان‌های شهر هفئی^۳ چین را ارائه کردند. یک انتخاب بین گزینه‌های موجود گونه‌های درختی با استفاده از روش AHP^۴ و رویکرد دانش

۱- Jiménez

۲- Li

۳- Hefei

۴- Analytic Hierarchical Process

۵- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

حل مسئله انتخاب گونه برای جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شناسایی و استفاده کرد.

محمدی و لیمائی (۲۰۱۴) در پژوهشی، به بررسی معیارهای مناسب انتخاب گیاه برای کاشت در فضای سبز شهری و ارجحیت مکان‌های کاشت نسبت به یکدیگر از حیث معیارهای مزبور پرداختند. این کار به کمک طراحی و توزیع ۱۹ پرسشنامه بین کارشناسانی از شهرداری اصفهان، دانشگاه اصفهان و اداره منابع طبیعی اصفهان و تکمیل آن با مصاحبه حضوری و سپس اجرای روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی گروهی با نرم‌افزار Expert Choice انجام شد. معیارها به چهار دسته اصلی: اکولوژیک (شامل زیرمعیارهای ایمنی، کاهش آلودگی صوتی، حیات‌وحش)، اقتصادی (شامل زیرمعیارهای صرفه‌جویی انرژی، تولید غذا و انرژی، تولید چوب)، اجتماعی (شامل زیرمعیارهای ارزش‌های تفریحی، آرامش‌بخشی) و زیبایی‌شناختی (شامل زیرمعیار منظر)، تقسیم شدند. از میانگین هندسی ۱۹ عدد نظر خبرگان استفاده شد و در نهایت، اوزان معیارها و زیرمعیارها به شرح زیر به دست آمدند: اکولوژیک: ۰/۶۲۳ (ایمنی: ۰/۴۰۳، کاهش آلودگی صوتی: ۰/۱۸۲، حیات وحش: ۰/۰۵۰)، اقتصادی: ۰/۰۸۲ (صرفه‌جویی انرژی: ۰/۰۳۱، تولید غذا و انرژی: ۰/۰۵۳، تولید چوب: ۰/۰۲۴)، اجتماعی: ۰/۲۱۶ (ارزش‌های تفریحی: ۰/۰۶۶، آرامش‌بخشی: ۰/۱۴۰) و زیبایی‌شناختی (منظر: ۰/۰۵۱). نرخ ناسازگاری برای چهار معیار اصلی، ۰/۰۷ و برای زیرمعیارها، ۰/۰۸ به دست آمد. همچنین، اوزان گزینه‌ها (محل‌های کاشت) به شرح زیر به دست آمدند: پارک‌های بزرگ: ۰/۳۰۲، رودخانه‌ها: ۰/۲۷۶، مرکز شهر: ۰/۱۴۴، حومه: ۰/۱۴۰ و خیابان‌ها: ۰/۱۳۹. نرخ ناسازگاری برای اوزان گزینه‌ها، ۰/۰۸ به دست آمد.

عسگرزاده و همکارانش (۲۰۱۴) در پژوهشی، شیوه انتخاب گیاه برای مناظر شهری شهرهای نیمه‌خشک

(مطالعه موردی تهران) را بررسی و مدلی ریاضی برای آن ارائه کردند. بعد از گروه‌بندی گیاهان، پارامترهای انتخاب برای هر گروه از گیاهان، تعریف شد. سپس گونه‌های گیاهی به صورت مقایسه‌ای برای هر پارامتر و توسط یک کارگروه، متشکل از هشت متخصص رتبه‌بندی شدند. از دو روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی و تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی، برای یافتن سازگارترین گونه‌های گیاهی برای محدوده مطالعه و بر اساس پارامترهای عمده انتخاب (حد تحمل و دوام ناحیه، شرایط شهری، جنبه زیبایی‌شناختی، نگهداری، ویژگی‌های رشد گیاه و سایر عوامل خاص)، استفاده شد. بسیاری از گیاهان جدید در جداول نهایی در رتبه بالاتر قرار گرفتند که نشان‌دهنده آن بود که منظر شهری تهران، از پتانسیل بالایی برای داشتن چشم‌انداز فضای سبز جذاب‌تر، آلرژی‌زایی کمتر، هزینه پایین‌تر و مصرف آب کمتر، برخوردار است.

۳- مبانی نظری

معیارهای انتخاب گونه‌های گیاهی در فضای سبز شهری، از موضوعات اصلی پژوهش حاضر است. در یک منطقه کم‌آب، گیاهانی باید کاشته شوند که آبیاری حداقل و دوره‌های خشک‌سالی طولانی را تحمل کنند. در مناطق دارای خاک‌های PH بالا، گیاهانی باید کاشته شوند که به کلریدهای آهن، حساس نباشند. همچنین گیاهان باید بر مبنای مقاومتشان به بیماری‌های محلی و معضلات حشرات و آفات، انتخاب شوند (Rupp & Libbey, ۱۹۹۶). در حالی که به طور سنتی، زیباسازی، مهم‌ترین استدلال برای کاشت گیاهان در شهرها و شهرک‌ها بوده، در دهه‌های اخیر، گزارش‌های متعددی از تأثیرات درختان که بر کیفیت زندگی در مناطق شهری سودمند هستند، مشاهده شده است. به هر حال، تأمین کارکردهای زیبایی، اجتماعی و

اقلیمی ذکر شده، فقط با ذخایر حیاتی درخت شهری ممکن است (Sjöman, ۲۰۱۲).

به طور کلی، معیارهای انتخاب برای درختان در خیابان‌ها عبارتند از: سازگاری اقلیمی، مقاومت در برابر امراض، قابلیت رشد و تکثیر زیاد، ویژگی‌های زیبایی‌شناختی، عوامل اجتماعی، کیفیت ریشه، شکل و پتانسیل رشد، مقاومت در برابر باد، مقاومت در برابر خشکی، مقاومت در برابر شکست شاخه و تحمل آلودگی هوا. همچنین معیارهای خاصی مانند: توجه به جنبه‌های تاریخی، فرهنگی و طبیعی درخت، شکل شاخه و برگ‌ها، برگ‌ریزی و خزان کردن در برابر همیشه‌سبزی، آلرژی‌زا بودن، سقوط برگ و میوه، آسیب به سنگفرش و پیاده‌رو نیز وجود دارند (Gul et al., ۲۰۱۲).

فرایند انتخاب گونه‌های گیاهی برای مصارف شهری می‌تواند از طریق به‌کارگیری مدل انتخاب گونه‌ها که میلر^۱ در سال ۱۹۹۷ ارائه کرده است، تسهیل شود. عوامل مهم در این مدل، دربرگیرنده عوامل محلی (شامل محدودیت‌های محیط‌زیستی و فرهنگی)، عوامل اقتصادی (شامل هزینه‌های کاشت، نگهداشت و برچیدن) و عوامل اجتماعی (شامل محله، ارزش‌های اجتماعی، دسترسی‌ها و تسهیلات کارکردی، زیبایی‌شناختی‌های گونه‌ها، ایمنی عمومی و هزینه‌های منفی اجتماعی) هستند. محدودیت‌های محیط‌زیستی به حشرات، بیماری‌ها، اقلیم، اقلیم‌چهارها و خاک‌ها و محدودیت‌های فرهنگی، به محدودیت‌های فیزیکی ناشی از ساختار و فعالیت انسان برمی‌گردد، ولی میلر، اولویت‌بندی بین عوامل را انجام نداده است (Sæbø et al., ۲۰۰۳).

صادقیان و وردانیان (۲۰۱۳) معیارهای انتخاب درخت و درختچه در پارک‌های شهری اصفهان را به سه دسته، تقسیم‌بندی کردند که عبارتند از: ۱- ویژگی‌های اساسی درختان؛ یعنی سازگاری با اقلیم، تحمل امراض و

آفات، قابلیت رشد و تکثیر ۲- تحمل تنش‌های موقعیت‌های شهری ۳- معیارهای مربوط به ارزش‌های رفاهی و کارکردهای درختان در مناطق شهری.

بهمن‌پور و سلاجقه (۱۳۸۸) برای شناسایی گونه‌های گیاهی سازگار با آب‌وهوای شهر تهران، ابتدا از طریق فن دلفی و با مراجعه به آراء کارشناسان، شاخص‌های انتخاب گونه را تعیین کردند. آنها معیارهای اصلی را به دو دسته اکولوژیک و اجتماعی-کارکردی، تقسیم کردند. زیرمعیارهای اکولوژیک عبارت بودند از: شرایط زیستگاه (نیاز آبی)، توقع اکولوژیک، وضعیت ریشه‌دوانی، مقاومت در برابر عوامل جوی، مقاومت در برابر آفات و امراض، نیاز نوری، مقاومت در برابر آب و خاک، آلودگی هوا و خاک، نوع پوشش (خزان‌پذیری یا همیشه‌سبزی)، وضعیت تاج درخت. همچنین، زیرمعیارهای اجتماعی-کارکردی عبارت بودند از: سایه‌اندازی، وضعیت استحکام در برابر باد و طوفان، وضعیت از لحاظ انتشار گرده و ذرات آلرژی‌زا، رنگ (رنگارنگی گونه)، کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا و رویش سالیانه.

ضرورت و حداقل تنوع گونه‌های گیاهی در شهر
می‌توان فرض کرد که استفاده از تنوع زیاد گونه‌ای، منجر به تغییرات زیباشناختی بزرگ‌تر و درختان سالم‌تر در مناطق شهری می‌شود. افزایش تعداد گونه، منجر به افزایش تنوع و کیفیت زیبایی جنگل‌های شهری و تقویت احساس هویت و متمایز بودن در شهرها خواهد شد (Sæbø et al., ۲۰۰۳).

برخی از مطالعات، به افزایش تنوع گونه‌های درخت شهری، توصیه کرده‌اند. بارکر^۲ (۱۹۷۵) یکی از پیشگامانی بود که پیشنهاد استفاده از دامنه وسیعی از گونه‌ها را داد و توصیه کرد که یک گونه داده‌شده نباید بیش از ۵ درصد جمعیت درخت را تشکیل دهد.

اسمایلی^۱ و همکارانش (۱۹۸۶) و میلر و میلر (۱۹۹۱) توصیه کردند که حداکثر نسبت هر گونه باید کمتر از ۱۰ درصد از کل جمعیت باشد. گری و دنکه^۲ (۱۹۸۶) دیدگاه مشابهی را ارائه کردند؛ برای مثال، یک گونه نباید بیش از ۱۰ تا ۱۵ درصد از جمعیت کلی را تشکیل دهد. مال^۳ در یک مدل پالایش شده، (۱۹۸۹) توصیه کرد که هیچ گونه‌ای نباید از پنج درصد درختان شهر تجاوز کند و علاوه بر آن، هیچ دسته‌ای نباید نماینده بیشتر از ۲۰ درصد و هیچ خانواده‌ای نباید نماینده بیشتر از ۳۰ درصد کل جمعیت باشد (Sjöman, ۲۰۱۲). همچنین میلر (۱۹۹۷) برای اطمینان از حداکثر محافظت در برابر آفات و امراض، پیشنهاد کرد که جنگل‌های شهری نباید دربرگیرنده بیش از ۱۰ درصد از هر گونه منفرد، بیش از ۲۰ درصد از گونه‌های یک دسته و بیش از ۳۰ درصد از گونه‌های یک خانواده گیاه باشند (Santamour Jr, ۲۰۰۴).

روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی

روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی، یکی از مهم‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که توسط ساعتی^۴ در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این روش، یک نظریه اندازه‌گیری از طریق مقایسات زوجی است و بر قضاوت‌های خبرگان برای استخراج مقیاس‌های ارجحیت تکیه دارد. اولین قدم در فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسأله است که در آن، هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. روش ساختن یک سلسله‌مراتب، به نوع تصمیم اتخاذشده، بستگی دارد (قدسی‌پور، ۱۳۸۵).

مائو کریمینس^۵ و همکارانش (۲۰۰۵) مراحل فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی را با توجه به نظر ساعتی به شرح زیر ارائه کردند: ۱- ایجاد ساختار مسئله به صورت سلسله‌مراتبی ۲- انتخاب گزینه‌ها و قضاوت راجع به ارجحیت‌های نسبی تصمیم‌گیرندگان (با مقایسات زوجی) ۳- استفاده از اعداد برای محاسبه ارجحیت‌های هر معیار و زیرمعیار در سلسله‌مراتب و محاسبه سازگاری و وزن‌های نسبی ۴- ترکیب نتایج (وزن‌های نسبی در سطوح مختلف) برای به‌دست آوردن وزن نهایی و تعیین بهترین گزینه.

اگر برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها فقط یک تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، از روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی معمولی و اگر چند تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، از روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی گروهی استفاده می‌شود. در روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی گروهی، برای هر معیار یا گزینه، از میانگین هندسی اعداد مربوط به قضاوت‌های خبرگان، استفاده می‌شود.

آکزل^۶ و ساعتی در سال ۱۹۸۳ نشان دادند که میانگین هندسی، بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی گروهی است (قدسی‌پور، ۱۳۸۵)، زیرا در این میانگین، خاصیت عکس‌پذیری مقایسات حفظ می‌شود (اصغرپور، ۱۳۸۵).

مقایسات، با استفاده از یک مقیاس قضاوت‌های کامل بنا می‌شوند که نشان می‌دهد با توجه به یک ویژگی، چقدر یک عنصر بر دیگری غلبه دارد. قضاوت‌ها، می‌توانند ناسازگار باشند. اینکه چگونه ناسازگاری را اندازه‌گیری کنیم و هنگامی که به‌دست آوردن سازگاری

۱- Smiley
۲- Grey and Deneke
۳- Moll
۴- Saaty

۵- Mau-Crimmins
۶- Aczel

۴- روش تحقیق

برای تعیین معیارها و زیرمعیارهای مناسب برای فضای سبز تهران، ضمن توجه به ادبیات موضوع و مبانی نظری و الگوبرداری، با توجه به شرایط اقلیمی خاص تهران، از نظریات خبرگان فضای سبز شهرداری تهران استفاده شد. نتیجه با سلسله‌مراتب آنها، در نمودار ۲، نشان داده شده است. معیارها یا زیرمعیارهای دیگر، هر یک به دلیلی در این تحقیق، بررسی نشدند؛ برای مثال، برخی از معیارها در شهر تهران کاربرد ندارند یا فاقد اهمیت کافی هستند (مانند مقاومت در برابر بادهای شدید)؛ برخی نیز خاص یک گروه هستند و در مورد همه گروه‌ها مصداق ندارند (مانند سایه‌اندازی که مربوط به درخت است). آزمون استقلال معیارهای اصلی، با روش آماری کای-اسکوئر انجام شد که نشان داد در سطح تشخیص ۱۰ درصد، معیارها از هم مستقل هستند.

در این تحقیق، ابتدا از روش توصیفی-پیمایشی استفاده شده است. پس از تعریف مسئله و معرفی پیش‌فرض‌ها، معیارها و زیرمعیارهای انتخاب‌گونه‌های گیاهی در تهران، با استفاده از پژوهش‌های قبلی و مرور ادبیات و همچنین با بهره‌گیری از نظر خبرگان، تعیین شدند. سپس از طریق طراحی و توزیع یک فرم جمع‌آوری داده‌ها بین ۳۵ نفر از صاحب‌نظران حوزه فضای سبز شهری (شامل ۲۵ مدیر اجرایی یا کارشناس مسئول حوزه فضای سبز در شهرداری تهران و ۱۰ کارشناس فضای سبز با مرتبه علمی و دانشگاهی)، نظرسنجی درباره اهمیت و وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها با روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی گروهی انجام شد. همچنین نمونه‌گیری به روش غیرتصادفی و با توجه به خبره بودن مدیران و کارشناسان انجام شده است که با توجه به بیشتر از ۳۰ نفر بودن جامعه نمونه و

بهتری، ممکن باشد، قضاوت‌ها را بهبود بخشیم، دغدغه روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی است (Saaty, ۲۰۰۸).
رحمانی و همکارانش (۱۳۸۸) با توجه به اهمیت سازگاری در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، الگوریتم حداقل مربعات برای محاسبه بردار اولویت را تعمیم دادند و روش ساده‌ای به‌منظور تشخیص عامل ناسازگاری و اصلاح آن در ماتریس مقایسات زوجی ارائه کردند.

روش TOPSIS

یکی از ضعف‌های فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی، سختی کار در هنگامی است که تعداد مقایسات زوجی بالا می‌رود. برای برطرف کردن این ضعف باید از روش TOPSIS استفاده کرد. این روش، یکی از روش‌های معروف تصمیم‌گیری چندشاخصه است که برای اولین بار توسط هوآنگ و یون^۱ در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. مبنای روش تاپسیس، انتخاب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (Hwang & Yoon, ۲۰۱۲).
الگوریتم روش TOPSIS شامل گام‌های زیر است:

- ۱- تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده (با استفاده از نرم اقلیدسی)
- ۲- ایجاد ماتریس بی‌مقیاس موزون (با مفروض بودن بردار وزن) به‌عنوان ورودی
- ۳- مشخص کردن راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی
- ۴- محاسبه اندازه جدایی (فاصله) گزینه‌ها با راه‌حل‌های ایده‌آل (با استفاده از روش اقلیدسی)
- ۵- محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل
- ۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها طبق ترتیب نزولی نزدیکی نسبی.

۱- Hwang & Yoon

قضیه حد مرکزی، نتایج می‌توانند قابل اطمینان باشند. طبق اعلام سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، در حدود ۱۸۵ گونه گیاهی، سابقه کاشت در این شهر را داشتند. در این تحقیق، ۶۰ گونه (۱۵ گونه در هر گروه) که به تشخیص خبرگان، پرستفاده‌تر هستند و قابلیت کاشت در همه مناطق را دارند، به‌عنوان گونه‌های اصلی، مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجا که همین تعداد از اهم گونه‌های گیاهی تهران نیز زیاد است، گونه‌ها از نظر هر معیار یا زیرمعیار، با هم مقایسه زوجی نشدند؛ بلکه همزمان، با یک فرم دیگر، از همان افراد خبره، نمره هر

یک از گونه‌های فضای سبز از حیث هر یک از زیرمعیارها و معیارها براساس طیف لیکرت ۹ دامنه (اعداد ۱ تا ۹) اخذ گردید (جدول ۲). همچنین فرم‌های مزبور، از جنس پرسشنامه نبودند و بنابراین نیاز به آزمون روایی و پایایی نداشتند؛ بلکه ابزار جمع‌آوری نظریات، در قالب جداول هستند که با توجیه خبرگان درباره نحوه درج ارجحیت بین دو معیار یا زیرمعیار و همچنین نحوه درج نظر خود درباره نمره یک گونه گیاهی از حیث یک معیار یا زیرمعیار بر اساس طیف لیکرت ۹ دامنه، داده‌های لازم به‌دست آمدند.

جدول ۲- طیف لیکرت ۹ دامنه

ارزش	ترجیح یکسان	بینابین	کمی مرجح	بینابین	بهتر	بینابین	خیلی بهتر	بینابین	کاملاً بهتر
اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

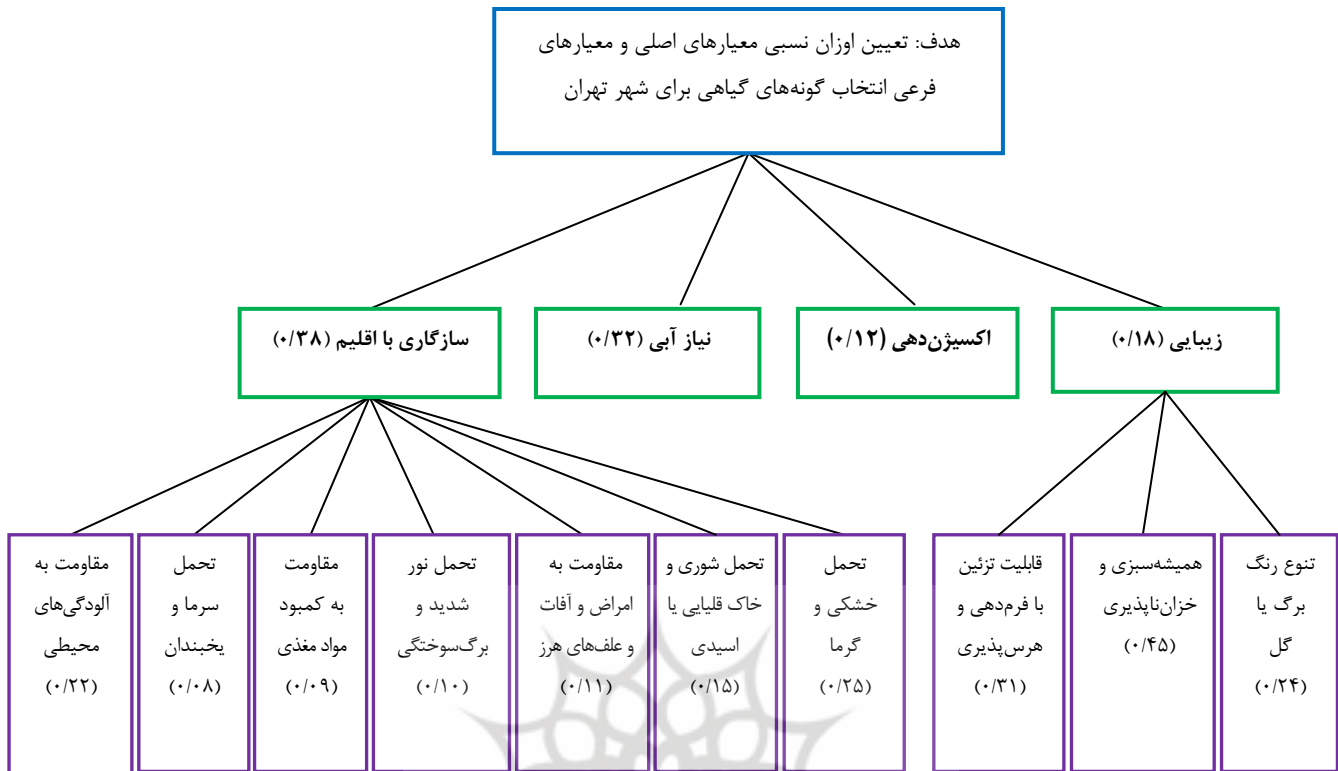
منبع: (www.ariamodir.com)

دلیل استفاده از روش کیفی و قضاوتی به جای روش کمی و عینی این است که درباره برخی معیارها مانند: اکسیژن‌دهی (جذب کربن و بازده اکولوژیک) و نیاز آبی و برخی زیرمعیارهای سازگاری با اقلیم، پژوهش‌های کمی انجام شده و آنها هم عمدتاً درباره یک یا چند گونه گیاهی خاص بوده‌اند. همچنین، آزمایشگاه‌های فعال در این زمینه نیز بسیار معدود و انحصاری هستند و از نظر اقتصادی نیز امکان سفارش کار برای ارائه داده‌ها و اطلاعات کمی و دقیق از ۶۰ گونه گیاهی مختلف وجود نداشت. البته نرخ‌های ناسازگاری بسیار کوچکی در فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی به دست آمدند که بیانگر نزدیک بودن نظرات خبرگان و قابل اطمینان بودن آن است.

در این تحقیق، از خروجی روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی، به عنوان ورودی روش تاپسیس استفاده شده است. در واقع، اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی شهر تهران، با تلفیق دو روش بیان شده، به دست آمدند.

۵- یافته‌های تحقیق

ساختار سلسله‌مراتبی هدف، معیارهای اصلی و معیارهای فرعی مسئله، به صورت نمودار ۲ تعریف شده‌اند. میانگین هندسی اعداد نظریات ۳۵ خبره درباره وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار، وزن هر یک از معیارهای اصلی و معیارهای فرعی (زیرمعیارها) محاسبه شد که این اوزان در نمودار ۲، در داخل پرانتز ذکر شده‌اند.



نمودار ۲- ساختار سلسله‌مراتبی و اوزان نسبی معیارها و زیرمعیارهای مسئله

منبع: (یافته‌های نگارندگان)

با توجه به این‌که معمولاً در روش AHP برای مقایسات زوجی، از طیف ۹ دامنه‌ای استفاده می‌شود، طیف لیکرت برای نمره‌دهی به گونه‌های گیاهی از حیث هر معیار یا زیرمعیار نیز ۹ دامنه در نظر گرفته شد که دقت بالاتری برای تبدیل یک موضوع توصیفی به کمی دارد. معیار نیاز آبی، جنبه منفی دارد؛ لذا برای هر گونه، از حاصل تفریق نمره نیاز آبی آن از عدد ۹ (سقف نمره) استفاده شد.

برای حل مسئله پژوهش حاضر با مدل TOPSIS، به جای محاسبه اوزان معیارها با روش‌های غیرمبتنی بر نظریات خبرگان (مانند روش آنترپوی شانون)، مستقیماً از وزن‌های به‌دست‌آمده از روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی استفاده می‌کنیم. نتیجه (*CL یا نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل برای هر یک از گونه‌های گیاهی و رتبه آنها)، در جدول ۴ آورده شده است.

نرخ ناسازگاری برای چهار معیار اصلی، سه زیرمعیار زیبایی و هفت زیرمعیار سازگاری با اقلیم، به ترتیب ۰/۰۰۳، ۰/۰۲۴ و ۰/۰۳۲ محاسبه شد و چون هر سه، از ۰/۱ کوچک‌تر هستند، نتایج، قابل اطمینان هستند. با اعمال اوزان معیارها و زیرمعیارها بر نتایج فرم دوم، برای هر گونه گیاهی، یک نمره ارزش (بین ۱ تا ۹) به‌دست آمد که نتایج، در جدول ۳ آمده است.

بیان ریاضی روش ارزش‌دهی ساده (خطی) با اندیس‌های W : وزن، O : اکسیژن‌دهی، B : زیبایی، M : سازگاری با اقلیم، L : نیاز آبی و C_i : نمره ارزش گونه i ، به شرح زیر است:

$$W = W_O + W_B + W_M + W_L = 1$$

$$C_i = W_O * O_i + W_B * B_i + W_M * M_i + W_L * (9 - L_i)$$

جدول ۳- نمره ارزش گونه‌های گیاهی اصلی فضای سبز شهر تهران و رتبه آنها با روش ارزش دهی ساده خطی

گل فصلی			گیاه پوششی			درختچه			درخت						
رتبه	ارزش	نام گونه	ردیف	رتبه	ارزش	نام گونه	ردیف	رتبه	ارزش	نام گونه	ردیف	رتبه	ارزش	نام گونه	ردیف
۸	۴/۰۶	بنفشه	۴۶	۱	۵/۵۶	چمن	۳۱	۵	۴/۴۴	ژونی پیروس	۱۶	۷	۴/۵۰	توت کاکوزا	۱
۲	۴/۲۰	جعفری	۴۷	۷	۴/۱۱	سدوم	۳۲	۱۱	۴/۱۵	سدروس	۱۷	۱۵	۳/۹۲	کاج تهران	۲
۱۱	۴/۰۲	همیشه‌بهار	۴۸	۸	۴/۰۵	رزماری	۳۳	۲	۴/۷۷	ترون	۱۸	۴	۴/۶۱	چنار	۳
۱۵	۳/۶۵	اطلسی	۴۹	۶	۴/۱۳	آتریپلکس	۳۴	۴	۴/۴۷	خرزهره	۱۹	۱۲	۴/۰۸	زیتون	۴
۶	۴/۱۰	کلم زینتی	۵۰	۱۵	۳/۳۷	فرانکینیا	۳۵	۱	۵/۰۰	پیراکانتا	۲۰	۱۰	۴/۲۳	زبان گنجشک	۵
۴	۴/۱۶	داوودی	۵۱	۱۴	۳/۶۴	فالاریس	۳۶	۶	۴/۴۰	بوداغ	۲۱	۲	۵/۰۰	نارون	۶
۱۳	۳/۸۲	شب‌بو	۵۲	۱۱	۳/۸۴	ابری نقره‌ای	۳۷	۷	۴/۳۶	شیرخشت	۲۲	۱۴	۳/۹۶	نرگس درختی	۷
۹	۴/۰۶	میمون	۵۳	۴	۴/۲۱	لیزوماکیا	۳۸	۸	۴/۳۶	زرشک زینتی	۲۳	۵	۴/۵۲	اقاقیا پیوندی	۸
۱	۴/۲۳	کوکب کوهی	۵۴	۵	۴/۱۹	فستوکا	۳۹	۱۴	۴/۰۴	سوداغ	۲۴	۶	۴/۵۰	توت پیوندی	۹
۱۰	۴/۰۲	آشلاتوس	۵۵	۲	۴/۵۶	پاپیتال	۴۰	۱۵	۳/۹۱	تاغ	۲۵	۸	۴/۴۶	پائولینا	۱۰
۱۲	۴/۰۱	ناز آفتابی	۵۶	۱۲	۳/۷۷	لاوان	۴۱	۱۰	۴/۲۷	شب‌خسب	۲۶	۳	۴/۹۲	سرو نقره‌ای	۱۱
۷	۴/۱۰	کروپسیس	۵۷	۱۰	۴/۰۱	آجوکا	۴۲	۱۳	۴/۰۷	طاووسی	۲۷	۹	۴/۴۴	زیتون تلخ	۱۲
۳	۴/۲۰	رعنا زیبا	۵۸	۳	۴/۳۵	پیچ امین‌الدوله	۴۳	۱۲	۴/۱۲	ارغوان	۲۸	۱	۵/۰۷	بلوط همیشه‌سبز	۱۳
۵	۴/۱۲	گازانیا	۵۹	۱۳	۳/۶۶	نازگوشتی	۴۴	۳	۴/۵۳	یوکا	۲۹	۱۳	۴/۰۵	داغداغان	۱۴
۱۴	۳/۷۰	تاج خروس	۶۰	۹	۴/۰۵	ساجینا	۴۵	۹	۴/۳۰	به ژاپنی	۳۰	۱۱	۴/۱۸	اقاقیا معمولی	۱۵
۴/۰۲۹		میانگین		۴/۱۰۰		میانگین		۴/۳۴۶		میانگین		۴/۴۲۸		میانگین	

منبع: (یافته‌های نگارندگان)

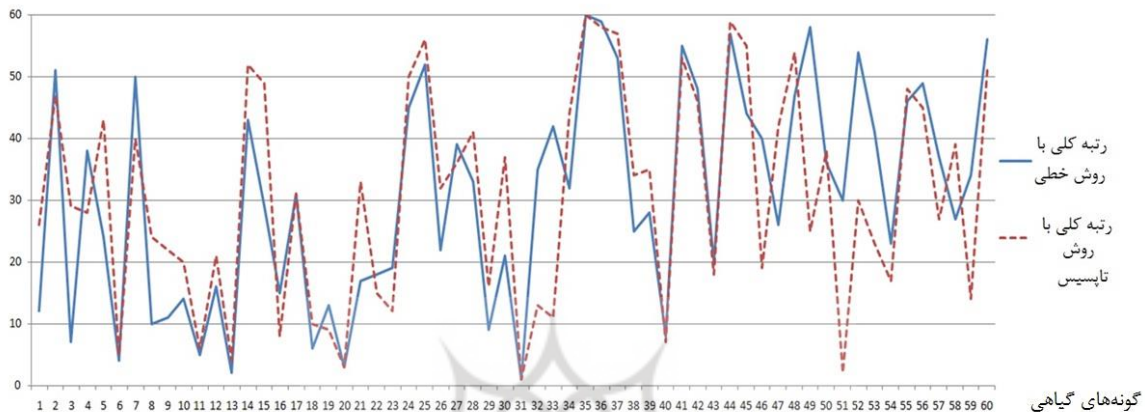
جدول ۴- نمره ارزش هر یک از گونه‌های گیاهی اصلی فضای سبز شهر تهران و رتبه آنها با روش تاپسیس

رتبه	CL*	نام گونه	ردیف	رتبه	CL*	نام گونه	ردیف	رتبه	CL*	نام گونه	ردیف	رتبه	CL*	نام گونه	ردیف
۴	۰/۳۶۸	بنفشه	۴۶	۱	۰/۹۶۸	چمن	۳۱	۲	۰/۵۴۸	ژونی پیروس	۱۶	۸	۰/۲۹۲	توت کاکوزا	۱
۱۱	۰/۱۱۳	جعفری	۴۷	۴	۰/۴۷۲	سدوم	۳۲	۸	۰/۲۳۸	سدروس	۱۷	۱۳	۰/۰۹۰	کاج تهران	۲
۱۵	۰/۰۵۵	همیشه‌بهار	۴۸	۳	۰/۴۸۴	رزماری	۳۳	۴	۰/۵۲۸	ترون	۱۸	۱۰	۰/۲۵۰	چنار	۳
۶	۰/۳۰۷	اطلسی	۴۹	۸	۰/۱۰۱	آتریپلکس	۳۴	۳	۰/۵۳۷	خرزهره	۱۹	۹	۰/۲۶۰	زیتون	۴
۹	۰/۱۵۷	کلم زینتی	۵۰	۱۵	۰/۰۲۳	فرانکینیا	۳۵	۱	۰/۹۰۶	پیراکانتا	۲۰	۱۲	۰/۱۱۲	زبان گنجشک	۵
۱	۰/۹۲۸	داوودی	۵۱	۱۳	۰/۰۲۶	فالاریس	۳۶	۱۰	۰/۲۲۰	بوداغ	۲۱	۲	۰/۸۱۵	نارون	۶
۸	۰/۲۳۹	شب‌بو	۵۲	۱۲	۰/۰۳۵	ابری نقره‌ای	۳۷	۶	۰/۴۳۸	شیرخشت	۲۲	۱۱	۰/۱۱۹	نرگس درختی	۷
۵	۰/۳۲۴	میمون	۵۳	۶	۰/۱۹۷	لیزوماکیا	۳۸	۵	۰/۴۷۴	زرشک زینتی	۲۳	۷	۰/۳۱۲	اقاقیا پیوندی	۸
۳	۰/۴۰۸	کوکب کوهی	۵۴	۷	۰/۱۷۳	فستوکا	۳۹	۱۴	۰/۰۸۳	سوداغ	۲۴	۶	۰/۳۴۸	توت پیوندی	۹
۱۳	۰/۰۸۹	آشلاتوس	۵۵	۲	۰/۶۷۲	پاپیتال	۴۰	۱۵	۰/۰۴۵	تاغ	۲۵	۴	۰/۳۵۲	پائولینا	۱۰
۱۲	۰/۱۰۱	ناز آفتابی	۵۶	۱۰	۰/۰۶۱	لاوان	۴۱	۹	۰/۲۳۲	شب‌خسب	۲۶	۳	۰/۷۷۶	سرو نقره‌ای	۱۱
۷	۰/۲۷۸	کروپسیس	۵۷	۹	۰/۰۹۷	آجوکا	۴۲	۱۱	۰/۱۶۸	طاووسی	۲۷	۵	۰/۳۵۱	زیتون تلخ	۱۲
۱۰	۰/۱۲۴	رعنا زیبا	۵۸	۵	۰/۳۷۵	پیچ امین‌الدوله	۴۳	۱۳	۰/۱۱۹	ارغوان	۲۸	۱	۰/۸۹۶	بلوط همیشه‌سبز	۱۳
۲	۰/۴۶۰	گازانیا	۵۹	۱۴	۰/۰۲۵	نازگوشتی	۴۴	۷	۰/۴۲۹	یوکا	۲۹	۱۵	۰/۰۶۴	داغداغان	۱۴
۱۴	۰/۰۷۱	تاج خروس	۶۰	۱۱	۰/۰۴۹	ساجینا	۴۵	۱۲	۰/۱۵۹	به ژاپنی	۳۰	۱۴	۰/۰۸۸	اقاقیا معمولی	۱۵
۰/۲۶۸		میانگین		۰/۲۵۱		میانگین		۰/۳۴۲		میانگین		۰/۳۴۲		میانگین	

منبع: (یافته‌های نگارندگان)

گیاهی که با دو روش ارزش‌دهی ساده (خطی) و تاپسیس به دست آمده‌اند، تقریباً با یکدیگر مطابقت دارند.

اگر رتبه‌های کلی هر یک از ۶۰ گونه گیاهی بر اساس دو روش ارزش‌دهی ساده (خطی) و تاپسیس را با توجه به جداول ۳ و ۴ در نظر بگیریم، می‌توان نمودار ۳ را ترسیم کرد. با توجه به نمودار ۳، رتبه‌های گونه‌های



نمودار ۳- مقایسه رتبه‌های کلی گونه‌های گیاهی با دو روش ارزش‌دهی ساده (خطی) و تاپسیس

منبع: (یافته‌های نگارندگان)

Z : نمره ارزش کل ایجادشده در شهر توسط فضای سبز.

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^{22} C_i X_{ij}$$

S.t.:

$$E_j = \sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^{22} e_i X_{ij}$$

$$A_j = \sum_{i=1}^{60} \sum_{j=1}^{22} a_i X_{ij}$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$i=1, 2, \dots, 60 \quad \& \quad j=1, 2, \dots, 22$$

E_j ها و A_j ها براساس واقعیات و طبق جدول ۱ هستند. e_i ها و a_i ها توسط خبرگان تعیین شدند. گونه‌های غالب در هر منطقه، مشخص هستند اما آمار دقیق تعداد گونه‌های فعلی هر منطقه در دست نیست؛ بنابراین X_{ij} ها هم به صورت برآوردی در محاسبات وارد شدند و بر آن اساس، نمره کل ارزش ایجادشده در شهر تهران توسط فضای سبز فعلی، حدود ۳۱ میلیون (که البته عددی بی‌مقیاس است)، تخمین زده شد. به طور

برای اثبات فرضیه تحقیق باید بیشتر بودن میزان بهره‌وری هزینه فضای سبز شهری با روش پیشنهادی نسبت به وضع فعلی را نشان دهیم. در مورد فضای سبز شهری، شاخص بهره‌وری هزینه، نسبت نمره کل ارزش ایجاد شده در شهر به کل هزینه احداث و نگهداشت است. ابتدا، مدل ساده برنامه‌ریزی خطی زیر را در نظر می‌گیریم:

i : گونه گیاهی

j : منطقه

C_i : ارزش گونه گیاهی i

e_i : هزینه کاشت و نگهداشت سالانه هر واحد از گونه i

E_j : بودجه سالانه فضای سبز منطقه j

a_i : مساحت مورد نیاز هر واحد از گونه i

A_j : مساحت قابل کاشت در منطقه j

X_{ij} : تعدادی از گونه i که در منطقه j کاشته

شده‌اند.

برای تهران، بیش از ۱۵۵ میلیارد تومان کاهش هزینه، در پی خواهد داشت.

به طور خلاصه، روش پیشنهادی، شامل گام‌های زیر می‌باشد: ۱- تعیین معیارهای انتخاب گونه برای شهر مورد نظر، دسته بندی و تعیین سلسله مراتب آنها ۲- نظرسنجی از خبرگان برای تعیین گونه‌های قابل کاشت و نمره هر کدام، از حیث هر یک از معیارها ۳- نظرسنجی از خبرگان برای تعیین وزن هر یک از معیارهای منتخب با استفاده از روش فرایند سلسله مراتبی تحلیلی گروهی ۴- ارزش گذاری و رتبه بندی گونه‌ها با دو روش ارزش دهی ساده (خطی) و تاپسیس (با قید استفاده از اوزان نسبی معیارها از گام ۳ به عنوان ورودی مدل) ۵- تعیین ترکیب بهینه گونه‌ها در مناطق و استفاده از نتایج گام‌های سه و چهار در برنامه‌های کاشت یا واکاری فضای سبز شهر مورد نظر.

در مجموع، درختان، نسبت به درختچه‌ها، گیاهان پوششی و گل‌ها یا گیاهان فصلی، ارزش بیشتری در شهر ایجاد می‌کنند. مکمل این پژوهش، تحقیق درباره چیدمان مناسب گونه‌های گیاهی در فضاهای سبز موجود شهر به منظور متناسب سازی تعداد/مقدار آنها در مناطق، نواحی و محلات با توجه به جمعیت، آلودگی هوا و سرانه فضای سبز آنها و در نظر داشتن توزیع مناسب کارکردهای اصلی در راستای عدالت اجتماعی خواهد بود. از این رو، پیشنهاد می‌گردد در قالب یک طرح جامع، در مناطق مختلف شهر تهران و با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه و مساحت قابل کاشت (پارک‌ها، جنگل کاری‌های شهری، فضای سبز محلی، رفیوژها و میادین و ...) در مرحله واکاری، کاشت گونه‌های گیاهی براساس ارزش آفرینی خود در شهر (از حیث زیبایی، اکسیژن دهی، سازگاری با اقلیم و نیاز آبی کمتر)، بر اساس نتایج این تحقیق، صورت گیرد. به منظور تنوع و زیباسازی بیشتر و همچنین برای اطمینان از حداکثر

فضای قابل کاشت هر منطقه را با گونه‌هایی به ترتیب اولویت CL^* طبق جدول ۴ پُر می‌کنیم. این کار با در نظر گرفتن محدودیت‌های هزینه کاشت و نگهداشت سالیانه و مساحت مورد نیاز هر گونه و تخصیص تعداد (X_{ij}) ها به نسبت CL^* هر گونه به مجموع CL^* ها انجام می‌شود. حال نمره کل ارزش ایجاد شده را محاسبه می‌کنیم. نمره کل ارزش ایجاد شده در شهر توسط فضای سبز، حدود ۴۱/۲۵ میلیون به دست آمد که بیش از ۳۳ درصد نسبت به وضعیت فعلی، بیشتر است.

۶- نتیجه گیری و پیشنهاد

اخبار جدید، حاکی از توجه به مقوله هزینه فضای سبز شهری است. برای مثال، در اردیبهشت ۱۳۹۴ شهردار ورامین، از برنامه شهرداری برای توسعه فضای سبز و افزایش سه برابری بودجه این حوزه خبر داد و در دی ماه همان سال، مدیرعامل سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تبریز، سال ۱۳۹۵ را سال اولویت فضای سبز و مشهود بودن آن در بودجه مناطق، بیان کرد.

اجرای فضای سبز با روش پیشنهادی مقاله، حداقل ۳۳ درصد، بهره‌وری هزینه را افزایش خواهد داد؛ برای مثال اگر در وضع فعلی تهران، نمره کل ارزش ایجاد شده توسط فضای سبز (از حیث زیباسازی، تلطیف و کاهش آلودگی هوا، سازگاری با اقلیم و ماندگاری، صرفه جویی در آب) با ۴۷۰ میلیارد تومان حاصل می‌شود، با اجرای روش پیشنهادی، با همین بودجه، نمره ارزش کل مزبور حداقل ۱/۳۳ برابر خواهد شد که مصداق مدیریت هزینه است. در واقع، در صورت استفاده نکردن از روش پیشنهادی، برای رسیدن به ارزش کل ۱/۳۳ برابر وضع فعلی باید بیش از ۶۲۵ میلیارد تومان برای فضای سبز شهر تهران هزینه کنیم؛ یعنی اجرای روش پیشنهادی

اصغریور، محمدجواد. (۱۳۸۵). *تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.*

بهمن‌پور، هومن؛ سلاجقه، بهرنگ. (۱۳۸۸). *گونه‌های گیاهی سازگار با آب‌وهوای شهر تهران، ماهنامه شهرداری‌ها (ماهنامه برنامه‌ریزی و مدیریت شهری)، ۹(۹۵)، ۹۴ - ۹۸.*

رحمانی، مرتضی؛ نویدی، حمیدرضا؛ زمانیان، مصطفی. (۱۳۸۸). *روشی برای بهبود ناسازگاری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، دوماهنامه علمی-پژوهشی دانشور رفتار، ۱۶(۳۵)، ۹۰ - ۸۳.*

قدسی‌پور، سیدحسن. (۱۳۸۵). *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. چاپ پنجم، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.*

Asgarzadeh, M., Vahdati, K., Lotfi, M., Arab, M., Babaei, A., Naderi, F., ... & Rouhani, G. (۲۰۱۴). *Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (a case study of Tehran). Urban Forestry & Urban Greening, ۱۳(۳), ۴۵۰-۴۵۸.*

Gul, A, Kamil O.O., Eraslan S. (۲۰۱۲). *Design of the Urban Street Trees and Problems in Turkey. Miestų želdynų formavimas ۱(۹), P۴۳-۵۳.*

Hwang, C. L., & Yoon, K. (۲۰۱۲). *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey (Vol. ۱۸۶). Springer Science & Business Media.*

Jiménez, E. I. T., Castrejón, A. F., & Sánchez, M. G. (۲۰۱۴). *Criteria for Selection of Plant Species for its Deployment in Thermally Efficient Architectural Green Roofs in the Metropolitan Area of Mexico City: Methodological Guidelines. Energy Procedia, ۵۷, ۱۷۹۸-۱۸۰۷.*

Laghai, H. A., & Bahmanpour, H. (۲۰۱۲). *GIS application in urban green space per capita evaluation:(Case study: City of Tehran). Annals of Biological Research, ۳(۵), ۲۴۳۹-۲۴۴۶.*

Li, Y. Y., Wang, X. R., & Huang, C. L. (۲۰۱۱). *Key street tree species selection in urban areas. African Journal of Agricultural Research, ۶(۱۵), ۳۵۳۹-۳۵۵۰.*

محافظت گونه‌های گیاهی در برابر آفات و امراض (جلوگیری از اتلاف سهم بزرگی از گیاهان در شهر، از هر گروه، در اثر آفات و امراض یک گونه خاص)، با توجه به مطالعات قبلی و شرایط تهران، بهتر است در هر ناحیه و هر محله این شهر، حداقل هفت نوع درخت، هفت نوع درختچه، شش نوع گیاه پوششی و هشت نوع گل فصلی کاشته شود.

در صورت برخورداری از آمار و اطلاعات دقیق از تعداد و نوع گونه‌های فعلی کاشته‌شده در هر یک از مناطق شهر تهران و عمر باقی‌مانده هر کدام، در پژوهش‌های آینده، می‌توان با مدل‌سازی مسئله در قالب برنامه‌ریزی خطی و حل آن با نرم‌افزارهای تحقیق در عملیات، به جواب بهینه نیز رسید. البته خروجی این مدل برای شهر تهران بلافاصله قابل اجرا نخواهد بود؛ زیرا بدیهی است که کندن و برچیدن یک‌باره گونه‌های فعلی که با خروجی مدل منطبق نباشند، غیراقتصادی خواهد بود. در واقع، در این مقطع زمانی، خروجی مدل برای شهر تهران فقط می‌تواند اولویت جایگزینی گیاهان در مناطق مختلف در مرحله واکاری (پس از اتمام عمر یک گیاه) را مشخص نماید. نویسندگان مقاله عقیده دارند که روش ریاضی این مقاله، برای طراحی فضای سبز یک شهر جدید با اقلیم نزدیک به اقلیم شهر تهران، می‌تواند به کار گرفته شود. همچنین، در واکاری گیاهان فضای سبز شهرهای فعلی، می‌توان از این روش استفاده کرد.

۷- منابع

آزادی نجات، سعید؛ جلالی، سیدغلامعلی؛ قدسی‌پور، سیدحسن. (۱۳۸۸). *کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در ارزیابی جنگل‌کاری‌های شهری به منظور انتخاب گونه درختی مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مجموعه مقالات سومین همایش ملی جنگل.*

- Mau-Crimmins, T., de Steiguer, J. E., & Dennis, D. (۲۰۰۵). AHP as a means for improving public participation: a pre-post experiment with university students. *Forest policy and economics*, ۱(۴), ۵۰۱-۵۱۴.
- McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (۱۹۹۷). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban ecosystems*, ۱(۱), ۴۹-۶۱.
- Mohammadi, Z., & Limaie, S. M. (۲۰۱۴). Selection of appropriate criteria in urban forestry (Case study: Isfahan city, Iran). *J. For. Sci.*, ۶۰(۱۲), ۴۸۷-۴۹۴.
- Rupp, L. A., & Libbey, D. (۱۹۹۶). *Selection and Culture of Landscape Plants in Utah*.
- Saaty, T. L. (۲۰۰۸). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, ۱(۱), ۸۳-۹۸.
- Sadeghian, M. M., & Vardanyan, Z. H. (۲۰۱۳). Criteria for Selecting Trees and Shrubs in Urban Parks of Isfahan. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, ۶(۸), ۴۲۴.
- Sæbø, A., Benedikz, T., & Randrup, T. B. (۲۰۰۳). Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban Forestry & Urban Greening*, ۲(۲), ۱۰۱-۱۱۴.
- Santamour Jr, F. S. (۲۰۰۴). Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. C. Elevelitch, *The Overstory Book: Cultivating connections with trees*, ۳۹۶-۳۹۹.
- Sjöman, H. (۲۰۱۲). *Trees for tough urban sites*, ۲۰۱۲(۷).
- www.ariamodir.com
www.tehran.ir