

ارزیابی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تاب‌آوری الگوی کشت فضاهای سبز شهری در مناطق گرم و خشک (مورد شناسی: شهر زاهدان)

بهروز نارویی* (دانشجوی دکتری آمایش محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه سیستان و بلوچستان)

یاسر معرب (دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران)

حسن دارابی (استادیار گروه مهندسی طراحی محیط، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران)

چکیده

ایجاد فضاهای سبز پایدار در شهرها بدون انتخاب گیاهان مناسب و تاب‌آور نسبت به شرایط محیطی، امکان‌پذیر نیست. هدف این پژوهش ارائه روشی مدون برای کمک به متخصصان حوزه فضای سبز شهری در جهت انتخاب گونه‌های گیاهی تاب‌آور نسبت به شرایط محیطی خاص هر منطقه است. تحقیق حاضر تلاش بر کمی کردن پارامترهای کیفی خصوصیات گونه‌های گیاهی به منظور ارزیابی مقایسه‌ای آن‌ها در ارتباط با شاخص‌های تاب‌آوری را دارد؛ بنابراین در ابتدا شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری گیاهان (مانند سازگاری به شرایط خاک، آب، اقلیم، آلودگی‌های شهری و شرایط اکولوژیک) براساس مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی تعیین شد. پس از آن گونه‌های درختی و درختچه‌ای موجود (غالب) و پیشنهادی مناسب برای توسعه فضای سبز شهری زاهدان براساس مطالعات مختلف و نظرات متخصصان مشخص شد. در این تحقیق از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP برای به‌دست آوردن وزن هر یک از شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری گیاهان و همچنین از مدل TOPSIS برای رتبه‌بندی تاب‌آوری گونه‌های گیاهی درختی و درختچه‌ای بومی و پیشنهادی در ارتباط با شاخص‌ها و مؤلفه‌های تاب‌آوری از دیدگاه ۱۵ کارشناس در حوزه فضای سبز و باغبانی شهری زاهدان استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که از دیدگاه کارشناسان، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری گیاهان در فضاهای سبز شهری زاهدان به ترتیب اولویت، تحت تأثیر شاخص آب (۰/۳۶۵)، خاک (۰/۲۷۶)، اقلیم (۰/۱۷۹)، شرایط اکولوژیک (۰/۱۱۸) و آلودگی شهری (۰/۰۶۲) هستند. همچنین مقاومت گیاهان به کمبود آب با امتیاز ۰/۱۶۹، مقاومت گیاهان به شوری خاک با امتیاز ۰/۱۱۸، مقاومت گیاهان به شرایط تبخیر و تعرق با امتیاز ۰/۰۸۷، مقاومت گیاهان به عوامل نامساعد محیطی با امتیاز ۰/۰۷۰ و مقاومت به آلودگی آب با امتیاز ۰/۰۲۲ به ترتیب اولویت، به‌عنوان مهم‌ترین زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری گیاهان در الگوی کشت فضاهای سبز شهری زاهدان اهمیت می‌یابند. در نهایت رتبه‌بندی از میزان تاب‌آوری گونه‌های گیاهی بومی و پیشنهادی به‌منظور استفاده در فضای سبز شهری زاهدان صورت پذیرفت.

تاریخ دریافت: ۷ خرداد ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۱۲ دی ۱۳۹۸

صفحات: ۲۳-۴۴



کلید واژه‌ها:

فضاهای سبز پایدار، تاب‌آوری اکولوژیک، مناطق گرم و خشک، شهر زاهدان

* نویسنده مسئول: بهروز نارویی

پست الکترونیک: b_naroei@sbu.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر یکی از چالش‌های پیش‌روی طراحان و برنامه‌ریزان محیطی در جهت توسعه فضاهای سبز شهری، ارائه الگوی کشت تاب‌آور و سازگار نسبت به شرایط محیطی و چالش‌های موجود در مناطق شهری است. فضاهای سبز، بخشی از فضاهای باز با عرصه‌های طبیعی یا مصنوعی هستند که در مناطق مختلف شهری تحت پوشش درختان و درختچه‌ها، گل‌ها، گیاهان پوششی و یا دیگر گیاهان زینتی قرار گرفته‌اند. از مزایای ایجاد فضاهای سبز پایدار در شهرها می‌توان به کاهش آلودگی هوا، تقلیل آلاینده‌های صوتی، تأثیر مثبت آن‌ها بر سلامت روان شهروندان، کاهش خشونت در جوامع، کاهش جزایر گرمایی شهری، کاهش سیلاب در محیط شهری، کاهش سطوح سخت و کنترل فرسایش خاک و... اشاره کرد (Rabbani KheirKhah and Kazemi, 2015: 217). مدیریت فضاهای سبز و به‌کارگیری الگوی طراحی کاشت مناسب از گیاهان در فضاهای سبز شهری، نقش مهمی در دستیابی به اهداف مذکور دارند و سبب ارتقای ساختار، عملکرد و خدمات اکوسیستمی در شهرها می‌شوند (Hunter, 2011: 174)؛ از این رو انتخاب گیاهان تاب‌آور نسبت به شرایط محیطی در جهت کاربرد در فضاهای سبز شهری اهمیت می‌یابند، زیرا نگهداری از گیاهان نامناسب در مناظر شهری برای متولیان امر بسیار چالش برانگیز و پرهزینه است (Asgarzadeh et al, 2014: 1).

انتخاب گیاهان تاب‌آور در جهت توسعه فضاهای سبز پایدار در شهرها بایستی براساس یک رویکرد سیستمی، جامع‌نگر و چندبُعدی با در نظر گرفتن جنبه‌های اکولوژیک، عملکردی و زیبایی‌شناختی صورت گیرد. این در حالی است که در اغلب موارد انتخاب گونه‌های گیاهی صرفاً براساس تجارب شخصی و مشاهدات کیفی افراد شاغل در این امر، بدون در نظر گرفتن یافته‌های علمی حاصل از بررسی‌های

واکنش گیاهان به پارامترهای استرس‌زای محیط شهری صورت می‌گیرد (Sjöman and Nielsen, 2010: 281). این موضوع سبب شده تا در اکثر سازمان‌های متولی امر نگهداری فضای سبز شهری و یا شهرداری‌ها، لیست گیاهان سازگار به شرایط محیطی بومی و محلی، براساس تجربه حاصل از کاشت این گیاهان در محل تهیه شود و روش علمی واضحی برای فرایند انتخاب گیاهان وجود نداشته باشد. از طرفی دیگر هر منطقه شهری، دارای پارامترهای انتخاب گیاهان مختص به شرایط محیطی خودش است و این پارامترها به دلیل تفاوت‌های محیطی برای شهرهای دیگر یکسان نبوده و قابل تعمیم جهت کاربرد در فضای سبز سایر شهرها نیستند. به‌عنوان مثال در شهر سیاتل آمریکا تأکید بر انتخاب گیاهان برای افزایش ظرفیت کنترل فرسایش خاک وجود دارد و یا در ایالت یوتا در آمریکا اغلب درختان در فضاهای سبز شهری به‌طور غالب براساس اولویت تحمل به شرایط خشکی و پس از آن تحمل به دمای انجماد، خاک قلیایی و بیماری‌های محلی انتخاب می‌شوند (Asgarzadeh et al, 2014: 2). همچنین پیگاه‌های موجود داده و اطلاعات برای انتخاب شاخص‌ها و دستورالعمل‌های کشت گیاهان، در ارتباط با توسعه جنگل‌کاری‌ها تهیه شده‌اند و در دسترس هستند (Sjöman and Nielsen, 2010: 284)؛ بر این اساس به‌کارگیری یک سیاست مدون برای انتخاب گیاهان تاب‌آور به‌منظور کاربرد در فضاهای سبز شهرها امری ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به گسترش سریع شهرهای در حال توسعه در مناطق گرم و خشک در ایران، نیاز به احداث فضاهای سبز پایدار و تاب‌آور بیش از گذشته ضرورت یافته است. به‌منظور تحقق این هدف، شناخت و ارزیابی گونه‌هایی که توان گذر از حوزه تغییرات و یا هرگونه اختلال در شرایط محیطی شهری را داشته باشند،

گونه‌های گیاهی مناسب برای بازسازی فضای سبز محوطه معدن مس سرچشمه به روش AHP فازی پرداختند (علوی و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر آن در مطالعه Alavi & Alinejad Rokny (2011)، بررسی مقایسه‌ای از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی فازی AHP و فازی TOPSIS، برای انتخاب گونه‌های گیاهی مقاوم به منطقه معدنی سونگون در ایران صورت گرفته است (Ibid, 2011). همچنین در تحقیقی دیگر سلیمی سبحان و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی گونه‌های گیاهی و اثربخشی آن در برنامه‌ریزی شهری (مطالعه موردی: خیابان‌های شهر زاهدان) با هدف تعیین گونه‌های گیاهی مناسب برای پیاده‌روهای شهر و فضاهای عمومی شهری به کمک روش فرایند سلسله‌مراتبی TOPSIS پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر استفاده از گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط اقلیمی شهر زاهدان در راستای کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری و مواظبت از فضاهای سبز در مدیریت شهری است (سلیمی سبحان و همکاران، ۱۳۹۷).

هدف اصلی از انجام این پژوهش، ارزیابی تاب‌آوری از گونه‌های گیاهی متناسب در جهت استفاده در فضای سبز شهری زاهدان است، چراکه شهر زاهدان به‌عنوان مرکز استان سیستان و بلوچستان در منطقه گرم و خشکی از ایران قرار گرفته و کمبود شدید فضاهای سبز در بافت شهری آن به چشم می‌خورد. از طرفی موانعی از قبیل کم‌آبی، گرمای شدید در تابستان، شوری منابع آب و خاک، بافت شنی خاک، ریزگردها، آلودگی‌های شهری و عدم گزینش متناسب گیاهان با شرایط محیط از عواملی هستند که مانع توسعه فضاهای سبز متناسب با ساختار توسعه فیزیکی و جمعیتی شهر در سال‌های اخیر شده‌اند. براین‌اساس انتخاب گیاهانی با تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری بالا نسبت به شرایط محیطی شهر زاهدان می‌تواند نقش مهمی در جهت ایجاد و توسعه فضاهای سبز پایدار ایفا

اهمیت می‌یابد (Chapin et al., 2009: 41; Folke, 2006: 255). نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان خشکی‌پسند و گیاهان بومی در مناطق گرم و خشک می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به موفقیت پروژه‌های توسعه فضاهای سبز شهری در این مناطق کمک کند (Razzaghmanesh et al, 2014; Farrell et al, 2012; Helfand et al, 2006; Surrency, 2001). علاوه بر آن برخی از مطالعات نیز توجه کارشناسان را برای انتخاب گونه‌های گیاهی در فضای سبز شهری مناطق گرم و خشک به در نظر گرفتن شاخص‌هایی چون تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های شهری، کمبود منابع آب، بیماری‌ها، آفات، شوری خاک، سطح نور و سایر استرس‌های محیطی شهری جلب می‌کنند (Percival et al, 2006; Saebo et al, 2005; Wei & Huang, 2015). از این رو در پژوهش حاضر سعی بر توسعه روشی مدون و کاربردی است که به کمک آن بتوان به تعیین اولویت‌های انتخاب گیاهان در فضای سبز شهری مناطق گرم و خشک بر پایه روش شناسی مبتنی بر فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی^۱ AHP و^۲ TOPSIS پرداخت و پارامترهای تأثیرگذار بر افزایش تاب‌آوری گیاهان از طریق سنجش اطلاعات کیفی و کمی را مورد ارزیابی قرار داد. پژوهش‌های متعددی بیانگر کاربرد روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در جهت تعیین اهداف غالب جنگل‌داری، اولویت‌بندی اهداف در مدیریت منابع در پارک‌های ملی و انتخاب گیاهان مناسب برای توسعه فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند (Peterson et al, 1994; Schmoldt et al, 2001; Lepetu, 2012; Asgarzadeh et al, 2014; Nilsson et al, 2016). در پژوهشی دیگر، علوی و همکاران (۱۳۸۹) به انتخاب

1. Analytic Hierarchy Process

2. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

کند؛ از این رو شهر زاهدان به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد تا برپایه این روش بتوان به تعیین شاخص‌های تاب‌آوری و تعیین الگوی کاشت گیاهان مناسب در جهت توسعه فضاهای سبز در این شهر پرداخت تا امکان بیشترین بازدهی از منابع و شرایط موجود فراهم شود. این تکنیک‌ها به کارشناسان امر این امکان را می‌دهد تا بتوانند به ارزیابی تاب‌آوری گیاهان نسبت به شرایط محیط با استفاده از چندین پارامتر به صورت همزمان بپردازند.

مبانی نظری تحقیق

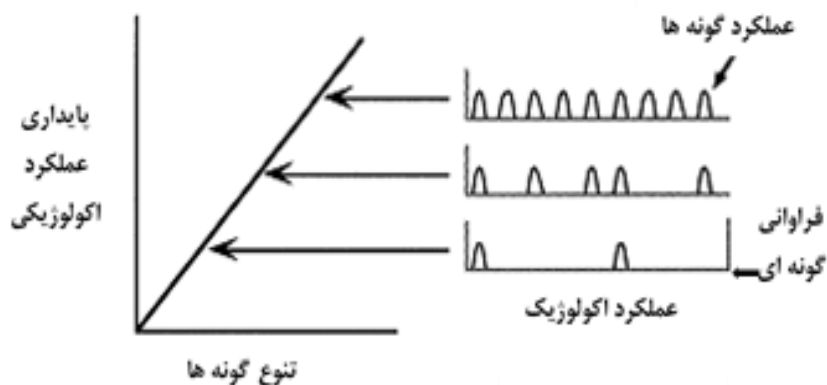
مفهوم تاب‌آوری^۱ برای نخستین بار در سال ۱۹۷۰ برای مطالعه سیستم‌های اکولوژیکی مطرح شد (Holling, 1973: 6). تاب‌آوری به معنی قابلیت یک اکوسیستم برای جذب اختلالات، سازماندهی مجدد و احیای عملکرد خود در مواجهه با تغییرات و آشفتگی‌های محیط است (Folke, 2006: 254; Elmqvist et al, 2003: 17; Holling, 1973: 17). از نظر فولک^۲، تاب‌آوری همیشه بازگشت سیستم به گذشته یا وضعیت تعادل قبل از اختلال نیست، بلکه به احتمال انطباق و دگرگونی در وضعیت موجود و ایجاد شرایط بقا و تغییرات سیستم در آینده نیز دلالت دارد (Folke et al, 2010: 2). در حال حاضر واژه تاب‌آوری به جای اینکه تنها به‌عنوان یک مفهوم یا یک تعریف بیان شود، به‌عنوان یک رویکرد و تفکر شناخته‌شده در رشته‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Folke, 2006: 3; Brand and Jax, 2007: 255)؛ از این رو در حوزه مطالعات محیطی و برنامه‌ریزی شهری، شهرها به‌عنوان سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی تلقی می‌شوند که از تلفیق طبیعت و جامعه انسانی با بازخوردها و وابستگی‌های درونی متقابل شکل گرفته‌اند (Alberti

از دیدگاه این حوزه تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی برای جذب اختلالات و حفظ بازخوردها، فرایندها و ساختارهای ذاتی سیستم تعریف شده‌است (Neil et al, 2005: 1036). ایجاد فضاهای سبز تاب‌آور و پایدار در ساختار شهری می‌تواند سبب ارتقای کارکردهای اکولوژیکی سیستم اکولوژیکی-اجتماعی شهری شود و در نهایت منجر به بهبود وضعیت تاب‌آوری اکولوژیکی در محیط زیست شهری شود (Alberti & Marzluff, 2004: 252). یکی از عوامل تأثیرگذار در ارتقای میزان تاب‌آوری اکولوژیکی شهرها، افزایش میزان انعطاف‌پذیری گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهنده فضاهای سبز و لکه‌های طبیعی موجود در اکوسیستم شهرها در مواجهه با اختلالات 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 (Hunter, 2011: 174). مطالعات متعددی نشان‌دهنده نقش مؤثر انعطاف‌پذیری در گیاهان، از نظر سازگاری سریع با تغییرات محیط در نتیجه تغییر در صفات ظاهری (Berg and Ellers, 2010; Nicotra et al, 2010)، مقاومت به دماهای بالا و تحمل شرایط خشکی در اثر کاهش هدررفت آب از طریق روزنه‌های برگ در فرایند تعرق و دسترسی بیشتر به منابع آب و مواد غذایی موجود در خاک از طریق گسترش شبکه ریشه‌ای (Markesteijn and Poorter, 2009) هستند. به‌طور کلی انعطاف‌پذیری ریشه در تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها دارد. در بستر شهری انعطاف‌پذیری گونه‌های گیاهی با چندین شاخص قابل اندازه‌گیری است؛ از جمله

1. Resilience
2. Folke

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 (Hunter, 2011: 175; Elmqvist et al, 2003: 488) (شکل ۱).

سازگاری به تغییرات دما، رطوبت خاک، تحمل به آلودگی شهری، سیلاب و خشکسالی، نمونه‌هایی از این شاخص‌ها هستند (Hunter, 2011: 174). از دیگر عوامل مؤثر در ایجاد تاب‌آوری فضاهای سبز شهری و لکه‌های طبیعی در شهرها می‌توان به افزایش تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و معرفی گیاهان جدید سازگار



شکل ۱. افزایش پایداری عملکرد اکولوژیک در نتیجه افزایش تنوع گونه‌ای در یک اکوسیستم (منبع: Peterson et al, 1998: 7).

فضای سبز شهرها که در سال ۲۰۱۰ توسط Sjöman and Nielsen صورت گرفت، مشخص شد که اطلاعات در دسترس برنامه‌ریزان برای انتخاب گیاهان مناسب، بیش از حد عمومی و یا غیرقابل‌تعمیم و در برخی موارد متناقض هستند. به‌عنوان مثال برای توسعه کمربند سبز شهر تهران نتایج یک پژوهش، بر شاخص‌هایی چون میزان آب مورد نیاز گیاه و مقاومت گیاه به سرما تأکید دارد، در حالی که در پژوهشی دیگر شرایط خاک منطقه و استفاده از گونه‌های گیاهی بومی به‌عنوان مبنایی برای انتخاب گیاهان اهمیت می‌یابند (Asgarzadeh et al., 2014: 2). در بررسی دیگر در کلان‌شهرها با در نظر گرفتن اولویت ظرفیت حیات و دوام گیاهان در شرایط سخت آب و هوایی بر مصرف کمتر منابع آب تأکید شده است (Jiménez et al, 2014). همچنین در پژوهشی دیگر شاخص‌های انتخاب درختان زینتی مناسب برای کاربرد در مناظر

به‌طور کلی بایستی در فرایند انتخاب گیاهان تاب‌آور در محیط‌های شهری دو گروه از محدودیت‌های ناشی از عوامل غیرزنده (مانند اقلیم، آب، سطح نور، خاک، شوری، آلودگی هوا) و همچنین عوامل زیستی (مانند آفات، بیماری‌های گیاهی، علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم) مورد توجه قرار گیرند (Sæbø et al, 2005: 262). در برخی مطالعات صرفاً با در نظر گرفتن شاخص‌هایی چون مقاومت به خشکی و سرما، مقاومت در برابر بیماری‌های گیاهی (Sæbø et al, 2003)، سازگاری با تغییرات اقلیمی (Roloff et al, 2009) و یا براساس ویژگی‌هایی چون توانایی گونه گیاهی برای جذب ذرات آلاینده (Yang et al, 2015) به طبقه‌بندی گونه‌های مناسب درختان، در جهت کاربرد در محیط‌های شهری پرداخته‌اند.

در یک بررسی سیستماتیک از مرور ادبیات اکولوژیک در زمینه شاخص‌های انتخاب گیاهان برای کاشت در

داده‌اند که معمولاً قابل مقایسه هستند. در برخی از مهم‌ترین این مطالعات از جمله، کتاب جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران تألیف ثابتی (۱۳۸۷)، راهنمای انتخاب و کاشت درختان زینتی در فضای سبز، تألیف روحانی (۱۳۸۸)، درختان و درختچه‌های ایران، تألیف مظفریان (۱۳۸۳)، گیاهان پهن برگ مقاوم به شرایط نامساعد، نشر سازمان و پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران (یارابی، ۱۳۷۴)، طراحی باغ و پارک، تألیف حکمتی (۱۳۸۲) به صراحت به شرایط محل‌های کاشت گیاهان و نیازهای اکولوژیک آن‌ها اشاره شده‌است که می‌توانند راهنمای بسیار کاربردی برای تعیین اولویت‌های انتخاب گیاهان در مناطق مختلفی از ایران برای برنامه‌ریزان و طراحان فضای سبز شهری باشند. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه و مرور منابع موجود، شاخص‌های مختلفی در داخل و در خارج از کشور در زمینه شاخص‌های اولویت انتخاب گیاهان تاب‌آور در نظر گرفته می‌شود که در (جدول ۱) به برخی از این مطالعات اشاره شده‌است.

شهری شامل در نظر گرفتن ویژگی‌های زیبایی‌شناختی، میزان مرگ و میر و شاخص آلرژیک بودن گیاه هستند (Manzano et al, 2017). علاوه بر آن در برخی منابع جلوگیری از آسیب ریشه‌ای درختان به زیربناها و تأسیسات شهری مانند خطوط انتقال نیرو و سیستم فاضلاب شهری از شاخص‌های انتخاب درختان هستند (Asgarzadeh et al, 2014: 2). محدودیت در بسیاری از مطالعات فوق این است که به روش مدونی برای تعیین اولویت‌بندی شاخص‌ها برای انتخاب گیاهان اشاره نشده‌است و ارائه پیشنهادات بیشتر بر مبنای تجربیات شخصی نویسندگان در ارتباط با مؤلفه‌های شناخت از گیاهان صورت گرفته است. در ایران نیز در چند دهه اخیر به دلیل پیچیدگی این فرایند، انتخاب گونه‌های گیاهی به شکل تصادفی و غیرعلمی صورت گرفته است و بسیاری از طراحان صرفاً با در نظر گرفتن نگرش‌های تک‌بعدی به انتخاب گیاه مورد نظر برای کشت در پروژه‌های فضای سبز اقدام می‌کنند (تقی‌زاده و مینایی، ۱۳۹۱: ۱۲۸). مطالعات و کتاب‌های مرجع متعددی به زبان فارسی، فهرستی از شاخص‌های کیفی انتخاب درختان را ارائه

جدول ۱. شاخص‌های اولویت انتخاب گونه‌های گیاهی در مطالعات مختلف

شاخص‌ها	پژوهشگر
پارامترهای اولیه (طول عمر گونه گیاهی، ابعاد و قدرت رشد ریشه، مقاومت به آفات و بیماری‌ها)، پارامترهای ثانویه (مقاومت در برابر خشکی، گرما و سرما، باد، طوفان، وضعیت خاک و زهکشی، رقابت با سایر گونه‌ها)	(Ware, 1994)
تحمل به سرما، تحمل به خاک قلیایی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها	(Rupp and Libbey, 1996)
استرس‌های غیرزنده (تحمل به تغییرات اقلیم، تحمل به خشکی، نیاز نوری، شرایط خاک، شوری خاک، آلودگی هوا) استرس‌های زنده (مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، مقاومت در برابر سایر گونه‌های مهاجم)	(Saebo et al, 2005)
مقاومت به خشکی و شوری	(Percival et al, 2006)
رطوبت خاک، نیاز نوری، میزان نمک در خاک، میزان PH	(Bassuk et al, 2009)
آسیب‌پذیری نسبت به آفات و بیماری‌ها	(Tomlinson et al, 2015)
آسیب‌پذیری آفات و بیماری، مقاوم به شرایط خاک، طوفان، آب، مقاوم به خشکی، آلودگی محیطی	(Garcia et al, 2016)
مقاومت به کم‌آبی و خشکی	(Kazemi et al., 2018)
شرایط زیستگاه گونه، توقع اکولوژیک گونه، وضعیت ریشه‌دوانی، مقاومت در برابر عوامل جوی، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، نیاز نوری، مقاومت در برابر شوری آب و خاک، مقاومت در برابر آلودگی هوا، مقاومت در برابر آلودگی خاک، وضعیت تاج درخت، وضعیت استحکام گونه در برابر باد و طوفان، آلرژی‌زا بودن،	(بهمن‌پور و سلاجقه، ۱۳۸۸)

زیبایی شناختی	
(علوی و همکاران، ۱۳۸۹)	عوامل اولیه: اقلیم، پارامترهای خاک شناسی. عوامل ثانویه: چشم‌انداز منطقه، مقاومت در برابر بیماری‌ها و حشرات، قدرت و چگونگی سرعت رشد گونه، سهولت تکثیر، بازدهی اقتصادی، حفاظت از خاک و ذخیره‌سازی آب، جلوگیری از انواع آلودگی‌ها
(غلامیان و همکاران، ۱۳۹۴)	مقاومت در برابر کم‌آبی، سهولت تکثیر، مقاومت به سرما، مقاومت به گرما، مقاومت در برابر امراض و آفات، آلرژیک‌بودن، ارزش زیبایی شناختی
(نوری، ۱۳۹۶)	تحمل در برابر خشکی، تحمل در برابر خاک شور و قلیا، تحمل در برابر سرما و گرما، سازگاری با بافت خاک، تحمل در برابر آلودگی هوا، تحمل در برابر وزش باد، تحمل در برابر رطوبت بالا، تحمل در برابر سنگلاخی‌بودن خاک، تحمل در برابر سایه، منظر بهاره، منظر تابستانه، منظر پاییزه، منظر زمستانه، معطر‌بودن، تحمل در برابر آفات و بیماری‌ها، سرعت رشد، طول عمر، آلرژیزا و سمی‌نبودن، ارزش صنعتی، سایه‌اندازی، قابلیت جلب پرندگان، تهاجمی‌نبودن ریشه، قابلیت کنترل فرسایش

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

خاک)، به شرایط اکولوژیک (مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی، مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها، سازگاری با سایر گونه‌ها)، به شرایط آب منطقه (مقاومت به کمبود آب، شوری آب، سختی آب و تنش آبی) و به آلودگی‌های شهری (مقاومت در برابر آلودگی آب، گرد و غبار، آلودگی خاک، فلزات سنگین هوا، آلاینده‌های گازی)، به‌منظور تعیین اولویت انتخاب گیاهان برای توسعه فضاهای سبز و جنگل‌کاری‌ها در سطح شهرها از اهمیت بالایی برخوردار هستند و در این تحقیق به‌صورت جامع مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

ابعاد و مؤلفه‌های پیشنهادی برای انتخاب گیاهان در راستای ارتقای تاب‌آوری به‌منظور کاربرد در فضای سبز شهری

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه و مرور منابع موجود (جدول ۲) شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌هایی مانند سازگاری گونه‌های گیاهی نسبت به شرایط اقلیمی منطقه (مقاومت در برابر شرایط تبخیر و تعرق، وزش باد، تنش دمایی، تابش نور شدید)، به شرایط خاک منطقه (مقاومت به شوری خاک، کمبود رطوبت خاک، کمبود مواد غذایی خاک، بافت و pH قلیایی

جدول ۲. شاخص‌های انتخاب گیاهان تاب‌آور به‌منظور توسعه فضاهای سبز شهری

منبع	زیرمؤلفه	شاخص‌ها	منبع	زیرمؤلفه	شاخص‌ها
(قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶) (Percival, 2006)	مقاومت در برابر شوری آب	آب	(Leuzinger et al., 2010) (غلامیان و همکاران، ۱۳۹۴)	مقاومت در برابر تنش دمایی	اقلیم
(Niinemets and Valladares, 2006) (Kazemi et al, 2018)	مقاومت در برابر کمبود آب		(Bassuk et al, 2009)	مقاومت در برابر شرایط تابش نور شدید	
(Wei and Huang, ۲۰۱۵) (Kazemi et al, 2018)	مقاومت در برابر تنش آبی		(Kazemi et al., 2018)	مقاومت در برابر شرایط تبخیر و تعرق	
(قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶)	مقاومت در برابر سختی آب		(حسنی و سینکی، ۱۳۹۰) (Saebo et al, 2003)	مقاومت در برابر وزش باد	

مقاومت در برابر آلودگی خاک (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)	مقاومت در برابر آلودگی شهری	(نوری، ۱۳۹۶) (Roloff, 2009)	مقاومت در برابر بافت شنی خاک	خاک
مقاومت در برابر آلودگی آب (Wei and Huang, 2015)		(Bassuk et al, 2009)	مقاومت در برابر کمبود عناصر غذایی خاک	
مقاومت در برابر گرد و غبار خاک (Garcia et al, 2016)		(Larry and Libbey, 1996) (Bassuk et al, 2009) (تدین، ۱۳۹۵)	مقاومت در برابر PH قلیایی خاک	
مقاومت در برابر آلاینده‌های گازی (Mattson and Haack, 1987)		(نوری، ۱۳۹۶) (بهمن‌پور و سلاجقه، ۱۳۸۸) (Percival, 2006)	مقاومت در برابر شوری خاک	
مقاومت در برابر آلاینده‌های سنگین در هوا (Mattson and Haack, 1987) (بهمن‌پور و سلاجقه، ۱۳۸۸)		(Mattson and Haack, 1987) (Bassuk et al, 2009)	مقاومت در برابر کمبود رطوبت خاک	
		(Tomlinson, 2015) (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)	مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها	شرایط اکولوژیک
		(Saebo et al, 2005) (تدین، ۱۳۹۵)	مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)	
		(Saebo et al, 2005)	سازگاری با سایر گونه‌ها	

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

مواد و روش‌ها

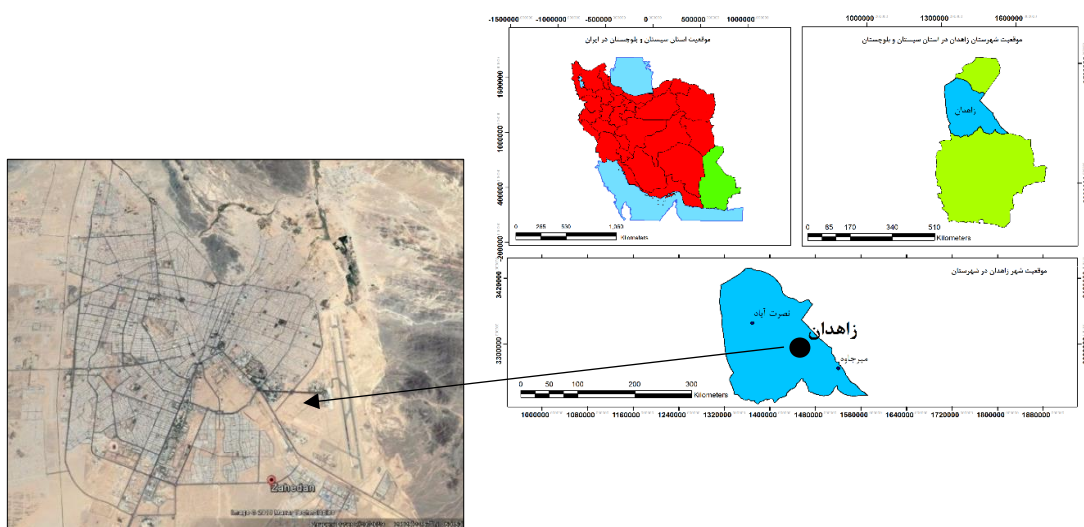
الف - منطقه مورد مطالعه

محسوب می‌شود. میانگین سالانه دمای هوا در شهر زاهدان ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد است. به‌طور کلی شهر زاهدان دارای آب و هوای گرم و خشک است و یکی از کم‌باران‌ترین شهرهای ایران محسوب می‌شود، میانگین بارش سالانه این شهر حدود ۷۵ میلی‌متر است و عمدتاً در زمستان و بهار است (سلیمی سبحان و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۹). براساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۵۹۲۹۶۸ نفر اعلام شده است (سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۵). کمبود سرانه فضاهای سبز و پراکندگی نامناسب آن‌ها در شهر زاهدان امری مشهود است، به‌گونه‌ای که منطقه سه شهر زاهدان با دارا بودن ۲/۷ مترمربع سرانه فضای سبز (ابراهیم‌زاده و عبادی جو کندان، ۱۳۸۷: ۳۹)، دارای بیشترین میزان فضای سبز و پس از آن منطقه دو شهر با میزان ۱/۵۴ مترمربع سرانه فضای سبز (محمدی و پرهیزگار، ۱۳۸۸: ۲۴) در جایگاه دوم

برای مشخص کردن شاخص‌های انتخاب گیاهان تاب‌آور براساس یک محیط شهری واقعی، شهر زاهدان برای این پژوهش انتخاب شد. شهر زاهدان در مرکز استان سیستان و بلوچستان به‌عنوان یکی از پهناورترین استان‌های کشور در جنوب شرقی ایران قرار گرفته است (شکل ۲). ارتفاع شهر زاهدان از سطح دریا ۱۳۷۳ متر است. مساحت محدوده قانونی شهر زاهدان ۶۴۱۳ هکتار است. زاهدان در دشت کوچکی قرار گرفته است که توسط کوه‌ها احاطه شده است و از موقعیت مناطق بیابانی و خشک برخوردار است. مجاورت با کویر لوت و دشت سیستان، دوری از دریا، اثر بادهای ۱۲۰ روزه، تأثیر بسیاراندک بارندگی‌های موسمی و گرمای تابستان، چاله زاهدان را جزو مناطق خشک قرار داده است. از نظر دمایی، شهر زاهدان جزو مناطق گرم

۱۳۹۸، سرانه فضای سبز موجود در شهر زاهدان رقمی کمتر از ۱ مترمربع است (خبرگزاری تسنیم، ۱۳۹۸). بدون تردید با افزایش روزافزون جمعیت و گسترش افقی شهر زاهدان در جهت جنوب و جنوب غرب در سال‌های اخیر، ضرورت توسعه فضاهای سبز پایدار و تاب‌آور نسبت به شرایط محیطی موجود امری الزامی است.

و منطقه یک شهری با مقدار ۰/۹ مترمربع سرانه فضای سبز (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۱) در رتبه بعدی قرار می‌گیرند که این ارقام در مقایسه با سرانه پیشنهادی فضای سبز توسط وزارت مسکن و شهرسازی در کشور (به میزان ۷ الی ۱۲ مترمربع) قابل‌تأمل است (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۴). براساس آمار ارائه‌شده توسط شهرداری زاهدان در سال



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر زاهدان در ایران
(منبع: نگارندگان)

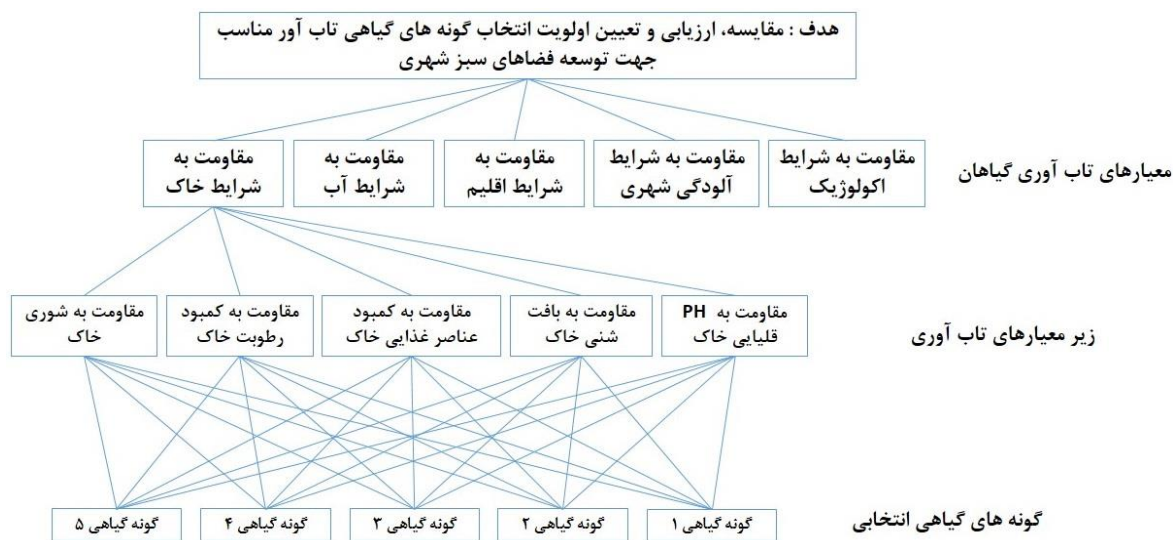
قطعی صورت می‌گیرد. همچنین این روش یک روش کمی و کیفی است که به کمک آن می‌توان از انحراف ناشی از ارزیابی‌های ذهنی دوری گزید (Krohling and Campanharo, 2011: 4193). در این روند گام اول شناسایی هدف برای استفاده از تکنیک AHP و تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی است. هدف پژوهش حاضر، مقایسه، تعیین اولویت‌ها و رتبه‌بندی گونه‌های گیاهی تاب‌آور شامل درختان و درختچه‌های مورد استفاده در توسعه فضای سبز شهری زاهدان با توجه به ظرفیت‌ها و محدودیت‌های محیطی شهر است. این هدف در بالای ساختار سلسله‌مراتبی قرار دارد (شکل

ب- روش تحقیق

روش استفاده‌شده در این تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی است. در ابتدا چارچوب نظری این تحقیق از طریق جمع‌آوری اطلاعات از منابع کتابخانه‌ای، مقالات و منابع اینترنتی انجام شد. سپس در این پژوهش از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در جهت تعیین وزن شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تأثیرگذار بر تاب‌آوری استفاده شد. در ادامه نرم‌افزار Expert choice 11 در جهت تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. روش AHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در آن مقایسات زوجی، به صورت دوجه‌دو و توسط اعداد

قبلی و منابع تألیفی متخصصان در این زمینه مراجعه شد و با جست‌وجوی ادبیات موضوع برخی از مهم‌ترین شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری برای انتخاب گیاهان شناسایی شد (جدول ۲).

۳. در تکامل روش تحقیق، گام دوم تعیین شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های انتخابی است که به هدف تعریف‌شده منجر شوند. از آنجایی که نمی‌توان استاندارد برای روش انتخاب گیاه در جهت توسعه فضاهای سبز در مناطق شهری در ایران یافت، به برخی از پژوهش‌های



شکل ۳. ساختار سلسله‌مراتبی برای انتخاب گیاهان

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

تعیین اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده شده‌است. این روش قابلیت رتبه‌بندی M گزینه با توجه به N شاخص را به‌طور همزمان دارا است. اساس این روش انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را از جواب منفی ایده‌آل دارد (Asgharpour, 2006). در واقع امتیازات داده‌شده به هر یک از گونه‌های گیاهی درختان و درختچه‌ها که در نرم افزار TOPSIS SOLVER داده شده‌است براساس طیف لیکرت^۱ بوده است، لازم به ذکر است که امتیازات داده‌شده توسط متخصصان این حوزه با توجه به هر یک از شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری مذکور (جدول ۲) صورت گرفت. دلیل

در ادامه به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، مقایسات زوجی شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌ها (نمونه‌ای از آن در جدول ۳ آورده شده‌است) به کمک ۱۵ نفر از اعضای هیئت علمی و کارشناسان متخصص (جدول شماره ۴) که در حوزه فضای سبز و باغبانی فعالیت داشته‌اند، انجام گرفت که مبنای ارزش‌گذاری آن‌ها براساس تجربیات و مطالعات علمی افراد است، سپس به ارزیابی گونه‌های گیاهی درختان و درختچه‌ها با توجه به شاخص‌های مذکور پرداخته شد. برای این منظور از تکنیک TOPSIS برای اولویت‌بندی و ارائه الگوی کشت تاب‌آور استفاده شد. تاپسیس (TOPSIS) نیز یکی دیگر از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره محسوب می‌شود (Hwang & Yoon, 1981). از روش تاپسیس برای وزن‌دهی به شاخص‌ها و

1. likert

مورد شناسایی قرار گرفت و فهرستی از نام‌های این گیاهان تحت‌عنوان گونه‌های گیاهی غالب تهیه شد. در ادامه گونه‌های پیشنهادی درختان و درختچه‌ها، براساس نظر صاحب‌نظران و کارشناسان امر که قابلیت سازگاری با شرایط آب و هوایی شهر زاهدان را دارا بودند شناسایی شدند.

انتخاب این طیف آن بود که امکان اندازه‌گیری تفاوت‌ها، میزان و شدت اختلاف خصیصه‌ها را فراهم آورده و در تدوین گویه‌های آن در ارتباط با ارزیابی تاب‌آوری گونه‌های گیاهی از عبارات خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم (امتیاز ۱ برای گویه خیلی کم و امتیاز ۵ برای گویه خیلی زیاد) استفاده شده است. برای تعیین نوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای، ابتدا گونه‌های درختی و درختچه‌ای موجود در شهر زاهدان

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها براساس روش AHP

شاخص‌ها	خاک	آب	اقلیم	آلودگی شهری	شرایط اکولوژیک
خاک	۱	-	-	-	-
آب	-	۱	-	-	-
اقلیم	-	-	۱	-	-
آلودگی شهری	-	-	-	۱	-
شرایط اکولوژیک	-	-	-	-	۱

اهمیت مساوی (۱) / اهمیت اندکی بیشتر (۳) / اهمیت بیشتر (۵) / اهمیت خیلی بیشتر (۷) / اهمیت مطلق (۹) - ۲,۴,۶,۸ اعداد مابین

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۴. محل کار و حوزه تخصصی ۱۵ نفر از کارشناسان

پست سازمانی	اعضای هیات علمی	کارشناسان امر نظارت بر اجرا و نگهداری فضای سبز شهری	کارشناسان فضای سبز شاغل در شرکت‌های پیمانکار نگهداری فضای سبز شهری	کارشناسان اداره نگهداری فضای سبز محوطه دانشگاه سیستان و بلوچستان
تعداد	۴	۴	۳	۴

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

یافته‌های تحقیق

شاخص‌ها و معیارهای مرتبط با توسعه فضای سبز شهری کمتر در تعیین الگوی کشت گیاهان در نظر گرفته شوند. اولویت‌بندی زیرمؤلفه‌های مؤثر در شاخص آب، خاک، اقلیم، آلودگی شهری، شرایط اکولوژیک براساس وزن قطعی هر زیرمؤلفه (جدول ۵) نشان‌دهنده اهمیت هریک از زیر شاخص‌ها در انتخاب گیاهان تاب‌آور برای توسعه فضای سبز شهری زاهدان هستند. به‌عنوان مثال یافته‌های تحقیق بیانگر این موضوع است که در تعیین الگوی کشت تاب‌آور گیاهان در فضاهای سبز شهری زاهدان در ارتباط با شاخص

بر طبق یافته‌های حاصل از ارزیابی دیدگاه ۱۵ نفر متخصص و کارشناس در حوزه فضای سبز (شکل ۴، جدول ۵)، شاخص آب و زیرمؤلفه‌های مرتبط با آن (مانند کمبود آب، شوری، سختی، تنش) از مهم‌ترین عوامل محدودکننده انتخاب الگوی کشت گیاهان در فضای سبز شهر زاهدان محسوب می‌شوند. این عامل سبب شده تا صرفاً در سال‌های اخیر دغدغه متولیان امر توسعه فضای سبز شهری، توجه به رفع مسائل مرتبط با کمیت و کیفیت شاخص آب باشد و دیگر

به عوامل نامساعد محیطی با امتیاز ۰/۰۷۰ و در رابطه با شاخص آلودگی شهری، زیرمؤلفه مقاومت به آلودگی آب با امتیاز ۰/۰۲۲ به‌عنوان مهم‌ترین زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری گیاهان به‌شمار می‌روند. براین‌اساس سایر زیرمؤلفه‌ها در بحث ارزیابی اولویت شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی ارزیابی شده‌اند.

آب، زیرمؤلفه مقاومت گیاهان به کمبود آب و تحمل خشکی با امتیاز ۰/۱۶۹، در ارتباط با شاخص خاک، زیرمؤلفه مقاومت گیاهان به شوری خاک با امتیاز ۰/۱۱۸، در رابطه با شاخص اقلیم، زیرمؤلفه مقاومت گیاهان به شرایط تبخیر و تعرق با امتیاز ۰/۰۸۷، در ارتباط با شرایط اکولوژیک، زیرمؤلفه مقاومت گیاهان



شکل ۴. اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری با استفاده از نرم‌افزار Expert choice

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۵. وزن قطعی شاخص‌های انتخاب گیاهان تاب‌آور به‌منظور کاشت در فضاهای سبز شهری

وزن شاخص‌ها	وزن زیرشاخص	زیرشاخص	وزن شاخص‌ها	شاخص‌ها
۰/۱۶۹	۰/۴۶۴	مقاومت به کمبود آب	۰/۳۶۵	آب
۰/۰۹۲	۰/۲۵۴	مقاومت به شوری آب		
۰/۰۶۸	۰/۱۸۴	مقاومت به سختی آب		
۰/۰۳۵	۰/۰۹۷	مقاومت به تنش آبی		
۰/۱۱۸	۰/۴۳۰	مقاومت به شوری خاک	۰/۲۷۶	خاک
۰/۰۶۰	۰/۲۲۱	مقاومت به کمبود رطوبت خاک		
۰/۰۵۰	۰/۱۸۴	مقاومت به کمبود عناصر غذایی خاک		
۰/۰۳۲	۰/۱۱۶	مقاومت به بافت شنی خاک		
۰/۰۱۳	۰/۰۴۹	مقاومت به pH قلیایی خاک	۰/۱۷۹	اقلیم
۰/۰۸۷	۰/۴۹۱	مقاومت به شرایط تبخیر و تعرق		
۰/۰۴۸	۰/۲۶۹	مقاومت به وزش باد		
۰/۰۲۶	۰/۱۴۶	مقاومت به تنش دمایی		
۰/۰۱۶	۰/۰۹۴	مقاومت به شرایط تابش نور شدید	۰/۱۱۸	شرایط اکولوژیک
۰/۰۷۰	۰/۵۹۴	مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیط (علف‌های هرز و گونه‌های مهاجم)		
۰/۰۲۹	۰/۲۴۹	مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها		
۰/۰۱۸	۰/۱۵۷	سازگاری با سایر گونه‌ها		
۰/۰۲۲	۰/۳۶۸	مقاومت به آلودگی آب	۰/۰۶۲	آلودگی شهری
۰/۰۱۷	۰/۲۷۷	مقاومت به گرد و غبار خاک		
۰/۰۱۱	۰/۱۸۰	مقاومت به آلودگی خاک		
۰/۰۰۶	۰/۱۰۷	مقاومت به آلاینده‌های سنگین در هوا		
۰/۰۰۴	۰/۰۶۷	مقاومت به آلاینده‌های گازی		

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

گونه‌های مهاجم حذف شده‌اند. به‌عنوان مثال درخت اوکالیپتوس^۱ به علت ریشه‌های مهاجم و محدودیت رشد برای گیاهان زیرآشکوب در نتیجه برگ‌ریز زیاد و رقابت برای جذب آب موجود در خاک و شکننده‌بودن شاخه‌های آن‌ها در هنگام وزش باد و همچنین پایه نر درخت عرعر^۲ یکی دیگر از گونه‌های درختی به علت تولید بوی نامطبوع در فصل بهار و فصل گرده‌افشانی، علی‌رغم رشد مناسب در شرایط محیطی زاهدان به‌عنوان گیاهان پیشنهادی در نظر گرفته نشده‌اند. لازم‌به‌ذکر است که امتیازات داده‌شده به هریک از گونه‌های گیاهی درختان و درختچه‌ها که براساس طیف لیکرت طراحی شده‌است (جدول ۶).

در شرایط اقلیمی زاهدان وجود شرایط نامساعد محیطی از قبیل گرد و غبار در نتیجه وزش طوفان در برخی مواقع از سال به‌خصوص در فصل تابستان و همچنین پایین‌بودن رطوبت نسبی هوا و منابع آب در دسترس به‌عنوان پارامترهای اصلی محدودکننده در تعیین گونه‌های پیشنهادی مدنظر قرار گرفت. در نهایت پس از بررسی گونه‌های غالب (موجود) و پیشنهادی از مجموع ۵۰ گونه درختی، ۴۵ گونه درختچه‌ای حدود ۲۵ گونه درختی و ۲۰ گونه درختچه‌ای براساس شرایط اقلیمی مناطق مشابه و نظر کارشناسان انتخاب شد. البته در معرفی گونه‌های پیشنهادی توسط کارشناسان، شاخص‌های منفی از جمله تهاجمی‌بودن گونه نیز مورد نظر بوده است و

جدول ۶. ارزیابی گونه‌ها براساس طیف لیکرت

شاخص / گونه	مقاومت به کمبود آب	مقاومت به شوری آب	مقاومت به سختی آب	مقاومت به تنش آبی	....
بید مجنون	۱/۳۳	۱/۵	۱/۸۳	۱/۳۳	....
توت سفید	۳/۵	۳/۵	۲/۸۳	۳/۳۳	....
نخل خرما	۴/۳۳	۴	۳/۵	۴/۱۶	....
سنجد	۳/۸۳	۳/۶۶	۳	۳/۶۶	....
....

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۷. ارتباط بین AHP و TOPSIS

وزن‌ها	۰/۱۶۹	۰/۰۹۲	۰/۰۶۷	۰/۰۳۵	....
شاخص منفی	خیر	خیر	خیر	خیر	....
گونه / شاخص	مقاومت به کمبود آب	مقاومت به شوری آب	مقاومت به سختی آب	مقاومت به تنش آبی	....
بید مجنون	۱/۳۳	۱/۵	۱/۸۳	۱/۳۳	....
توت سفید	۳/۵	۳/۵	۲/۸۳	۳/۳۳	....
نخل خرما	۴/۳۳	۴	۳/۵	۴/۱۶	....
سنجد	۳/۸۳	۳/۶۶	۳	۳/۶۶	....
....

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

1. Eucalyptus spp
2. Ailanthus altissima

در پایان، اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی تاب‌آور در شهر زاهدان براساس ارتباط بین AHP و TOPSIS در محیط نرم‌افزار Expert choice 11 صورت گرفت (جدول ۷ و ۸).

جدول ۸. اولویت‌بندی گونه‌های درختی و درختچه‌ای براساس نظر کارشناسان و ترکیب تکنیک AHP و TOPSIS

اولویت‌بندی گونه‌های درختی									
اولویت گونه	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	نوع	اولویت گونه	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	نوع
۱-	گزشاهی	Tamarix gallica	۰/۹۵۹۴۵۱	موجود	۱۴-	شب خسب	Albizia julibrissin	۰/۵۲۰۷۰۴	پیشنهادی
۲-	درخت پده	Populus euphratica	۰/۷۷۶۰۵۲	موجود	۱۵-	کاج تویی	Pinus mugo	۰/۴۹۷۱۹۴	پیشنهادی
۳-	نخل خرما	Phoenix dactylifera	۰/۷۷۳۲۶۱	موجود	۱۶-	کاج تهران	Pinus eldarica	۰/۴۷۵۲۸۷	موجود
۴-	عرعر	Ailanthus altissima	۰/۷۵۴۶۲۸	پیشنهادی	۱۷-	زبان گنجشک	Fraxinus excelsior	۰/۴۴۵۰۵۹	پیشنهادی
۵-	زیتون معمولی	Olea europaea	۰/۷۱۲۶۴۴	پیشنهادی	۱۸-	نارون	Ulmus umbraculifera	۰/۴۳۸۴۶۲	موجود
۶-	زیتون تلخ	Melia azedarach	۰/۶۷۶۷۳۱	پیشنهادی	۱۹-	اقاقیای تویی	Robinia pseudoacacia	۰/۴۳۶۸۴۷	پیشنهادی
۷-	اقاقیای معمولی	Robinia pseudoacacia	۰/۶۷۳۲۸۶	پیشنهادی	۲۰-	سرو نقره‌ای	Cupressus arizonica	۰/۴۱۰۷۹۷	پیشنهادی
۸-	توت آمریکایی	Maclura pomifera	۰/۶۵۶۰۷۱	پیشنهادی	۲۱-	سرو خمره‌ای	Thuja spp	۰/۴۰۷۵۰۱	پیشنهادی
۹-	نخل بادبزی	Washingtonia robusta	۰/۶۵۳۵۸۴	موجود	۲۲-	افرای سیاه	Acer negundo	۰/۳۸۳۸۷	پیشنهادی
۱۰-	انار	Punica granatum	۰/۶۲۱۹۶۱	موجود	۲۳-	سرو لائوسون	Chamaecypariss lawsoniana	۰/۲۰۴۷۸۹	پیشنهادی
۱۱-	سنجد	Elaeagnus angustifolia	۰/۶۱۶۷۸۶	موجود	۲۴-	بید معمولی	Salix alba	۰/۱۷۴۱۶۶	موجود
۱۲-	آکاسیای برگ بیدی	Acacia salicina	۰/۶۱۴۷۹۹	پیشنهادی	۲۵-	بید مجنون	Salix babylonica	۰/۰۱۳۵۲۷	موجود
۱۳-	توت سفید	Morus alba	۰/۶۰۲۳۹۸	پیشنهادی					
اولویت‌بندی گونه‌های درختچه‌ای									
اولویت گونه	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	نوع	اولویت گونه	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	نوع
۱-	شاهپسند	Lantana camara	۰/۹۰۶۱۶۱	موجود	۱۱-	زرشک زینتی	Berberis thunbergii	۰/۴۹۹۰۱۴	پیشنهادی
۲-	ابریشم مصری	Caesalpinia gilliesii	۰/۷۷۱۵۸۵	موجود	۱۲-	خرزهره	Nerium oleander	۰/۳۹۲۷۶۶	موجود
۳-	طاووسی	spartium junceum	۰/۷۶۲۰۳۳	پیشنهادی	۱۳-	گل کاغذی	Bougainvillea glabra	۰/۳۷۱۳۶۴	پیشنهادی
۴-	یوکا	Yucca filamentosa	۰/۶۹۲۱۹۹	پیشنهادی	۱۴-	ارغوان	Cercis siliquastrum	۰/۳۵۶۵۹۷	موجود
۵-	شیشه‌شور	Callistemon citrinus	۰/۵۸۲۰۶۵	پیشنهادی	۱۵-	توری	Lagerstroemia indica	۰/۳۴۲۶۹۴	پیشنهادی
۶-	ارس	Juniperus	۰/۵۸۱۳۷۴	پیشنهادی	۱۶-	ختمی	hibiscus	۰/۲۷۷۸۵۲	پیشنهادی

		syriacus	درختچه‌ای			horizontalis	خزنده	
پیشنهادی	۰/۲۷۵۷۹۷	ligustrum texanum	یاس هلندی	-۱۷	پیشنهادی	۰/۵۵۸۵۹۳	Cotoneaster nummularia	شیرخشت
پیشنهادی	۰/۲۲۵۶۵۱	Euonymus japonicus	شمشاد	-۱۸	موجود	۰/۵۱۹۵۷۱	Rosa damascena	گل محمدی
موجود	۰/۱۲۱۱۰۴	Ligustrum vulgare	برگ نو	-۱۹	موجود	۰/۵۱۵۰۷۹	Lonicera caprifolium	پیچ امین‌الدوله
پیشنهادی	۰/۰۸۲۸۴۴	Chaenomeles japonica	به زاپنی	-۲۰	پیشنهادی	۰/۵۰۵۷۰۱	Pyracantha coccinea	پیراکانتا

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸)

اما این موضوع نمی‌تواند بیانگر عدم استفاده از گونه‌های پیشنهادی و جدید در فضای سبز شهر زاهدان باشد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۸ بیانگر به‌کارگیری ۱۵ گونه گیاهی پیشنهادی درختی و ۱۳ گونه پیشنهادی درختچه‌ای در میان لیست گیاهان درختی و درختچه‌ای با اولویت تاب‌آوری متفاوت است که می‌توان از آن‌ها با در نظر گرفتن پتانسیل‌های موجود در هر منطقه از شهر زاهدان به‌منظور افزایش تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در فضاهای سبز شهری استفاده کرد. افزایش تنوع زیستی از گیاهان تاب‌آور، نکته مهم دیگری است که کمتر در تعیین الگوی کشت گیاهان در فضای سبز شهر زاهدان در سال‌های اخیر مورد توجه دست‌اندرکاران و مسئولان امر قرار گرفته است که می‌تواند به‌عنوان یک اصل، سبب افزایش میزان تاب‌آوری اکولوژیکی فضاهای سبز شهری شود (Hunter, 2011: 175).

برخی از گونه‌های پیشنهادی حاصل از ارزیابی نتایج در جدول ۸، علی‌رغم در نظر گرفتن همه محدودیت‌ها، بالاترین رتبه را در اولویت تاب‌آوری گیاهی نسبت به شرایط محیطی شهر زاهدان از نظر کارشناسان کسب کرده‌اند که می‌توان از آن‌ها در جهت کاربرد گسترده در فضاهای سبز شهری استفاده کرد. از آن جمله می‌توان به گونه‌هایی مانند عرعر^۶، زیتون معمولی^۷،

مطالعه حاضر حاصل رویکردی جامع‌نگر به موضوع تاب‌آوری اکولوژیک گیاهان در شرایط محیطی شهر زاهدان است. نتایج حاصل از جدول ۸ که در نتیجه ارزیابی گونه‌های گیاهی درختی، درختچه‌ای توسط کارشناسان امر به‌دست آمده است، نشان می‌دهد که گیاهان بومی و غالب، به‌عنوان تاب‌آورترین گونه‌های گیاهی نسبت به شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های آب، خاک، اقلیم، شرایط اکولوژیک، آلودگی‌های شهری ارزیابی شده‌اند. همچنین نتایج برخی از مطالعات دیگر نیز به استفاده از گیاهان بومی منطقه به جهت تاب‌آوری بیشتر آن‌ها نسبت به شرایط محیطی در مناطق گرم و خشک تأکید دارند (Almas and Conway, 2016; Asgarzadeh et al., 2014). براساس نتایج حاصل از این ارزیابی برخی از گیاهان بومی بیشترین امتیاز را در طبقه‌بندی اولویت کشت در شرایط محیطی شهر زاهدان کسب کرده‌اند؛ به‌عنوان مثال درخت گز شاهی^۱، درخت پده^۲، نخل خرما^۳ و همچنین گونه‌های بومی و موجود درختچه‌ای مانند شاهپسند^۴ و ابریشم مصری^۵ از این قبیل هستند. این گونه‌ها توانایی سازگاری مناسبی با شرایط محیطی زاهدان را دارند و غالب آن‌ها در فضاهای شهری گواه بر این ویژگی است،

1. Tamarix gallica
2. Populus euphratica
3. Phoenix dactylifera
4. Lantana camara
5. Caesalpinia gilliesii

6. Ailanthus altissima
7. Olea europaea

تلخ^۱، افاقایای معمولی^۲، طاووسی^۳ و یوکا^۴ اشاره کرد. آشکار است که گونه‌هایی که در صدر لیست جدول قرار دارند و در طبقه‌بندی اولویت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند و به همان نسبت میزان تاب‌آوری بیشتری نسبت به شرایط محیطی را دارا هستند (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

افزایش سرانه فضای سبز در شهر زاهدان متناسب با رشد و گسترش مساحت شهر در سال‌های اخیر، همواره به‌عنوان یکی از چالش‌های پیش‌روی مسئولان و کارشناسان فضای سبز مطرح بوده است. این پژوهش بر مبنای مسائل فعلی شهر و ارزیابی تجارب کارشناسان از طریق کمی‌کردن پارامترهای کیفی خصوصیات گونه‌های گیاهی به منظور ارزیابی مقایسه‌ای آن‌ها در ارتباط با شاخص‌های تاب‌آوری انجام شده است. هدف از این تحقیق ارائه الگوی کاشت گیاهان تاب‌آور به منظور توسعه فضاهای سبز مناسب در این شهر است. ضرورت پرداختن به این موضوع در ارتباط با مطالعه و روش‌شناسی صحیح انتخاب گیاهان تاب‌آور برای کشت در مناطق گرم و خشک، اهمیت پیدا می‌کند.

برای این منظور در پژوهش حاضر شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌های تاب‌آوری گیاهان بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی تعیین شد. پس از آن گونه‌های درختی و درختچه‌ای غالب و پیشنهادی مناسب برای توسعه فضای سبز شهری زاهدان با توجه به مطالعات و نظرات کارشناسان و متخصصان مختلف مشخص شد و تاب‌آوری گیاهان نسبت به شرایط خاک منطقه، نسبت به شرایط آب منطقه، شرایط اقلیمی منطقه،

آلودگی‌های شهری و به شرایط اکولوژیک توسط فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و (TOPSIS) مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گرفت. نتایج این تحقیق در ارتباط با میزان تاب‌آوری گیاهان نسبت به شرایط محیطی شهر زاهدان قابل استناد است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان بومی منطقه به جهت تاب‌آوری بیشتر آن‌ها نسبت به شرایط محیطی در مناطق گرم و خشک در اولویت قرار دارند و علاوه بر آن استفاده از گیاهان پیشنهادی تاب‌آور و سازگار با شرایط منطقه نقش بسزایی در افزایش تنوع زیستی و بالابردن قابلیت تاب‌آوری در فضاهای سبز شهری دارند.

اما توجه به این نکته نیز حائز اهمیت است که دانش طراحان فضای سبز راجع به فیزیولوژی و شرایط زیستی و زیبایی‌شناختی هرگونه گیاهی می‌تواند نقش قابل‌توجهی را در ارتباط با جانمایی و ترکیب صحیح گونه‌های گیاهی با یکدیگر داشته باشد و در هنگام استفاده از این روش برای انتخاب گیاه مناسب، صرفاً در نظر گرفتن فهرست گیاهان تاب‌آور و رتبه‌بندی آن‌ها نمی‌تواند راه‌گشای مسائل باشد، اما می‌تواند فرایند تصمیم‌گیری را برای برنامه‌ریزان و طراحان فضای سبز شهری تسهیل کند؛ بنابراین در این راستا طراح بایستی به‌صورت جامع و با در نظر گرفتن تمامی اولویت‌ها، شرایط و امکانات سایت به انتخاب گونه گیاهی مورد نظر بپردازد؛ به‌طور مثال ممکن است گونه گیاهی دارای بالاترین امتیاز تاب‌آوری در فهرست گیاهان انتخابی باشد، اما در شرایطی خاص برای طرح‌های کاشت انتخاب نشود، زیرا طراح فضای سبز به دنبال گونه گیاهی‌ای است که علاوه بر ویژگی تاب‌آوری نسبت به شرایط محیطی، دارای جنبه زینتی در زمستان هم باشد، در این موضوع لازم است که علاوه بر امتیاز کلی تاب‌آوری اولویت زیبایی آن گونه را نیز مدنظر قرار داد. بر این اساس از میان ۱۰ گونه

1. Melia azedarach
2. Robinia pseudoacacia
3. Spartium junceum
4. Yucca filamentosa

به کارگیری دانش خود و با در نظر گرفتن تمامی جوانب و مقاصد کاربردی (اعم از زیبایی‌شناختی، اقتصادی، فرهنگی و...) و در نظر گرفتن وزن و امتیاز آن‌ها در رابطه با ویژگی‌های مربوطه علاوه بر امتیاز تاب‌آوری آن‌ها به مقایسه گونه‌های مورد نظر و انتخاب بهترین گزینه تاب‌آورترین گونه‌های گیاهی موجود برای اهداف طراحی کاشت در شرایط محیطی زاهدان پرداخته و وزن و امتیاز هر گونه گیاهی برای اقلیم و شرایط محیطی شهر زاهدان قابل تأیید است. از طرفی کاربرد این روش برای تعیین فهرست گونه‌های تاب‌آور برای سایر شهرهای ایران نیز قابل استفاده است. همچنین در پایان می‌توان توصیه کرد که به منظور جلوگیری از خطر تهاجمی بودن گونه‌های جدیدی که برای نخستین بار و یا به صورت محدود به مناطق شهری برای توسعه فضاهای سبز وارد می‌شوند، قبل از کشت آن‌ها در سطح گسترده و قرار گرفتن در فهرست گونه‌های پیشنهادی هر شهر، ابتدا این گونه‌ها را در مکان‌هایی که تحت کنترل کافی توسط سازمان‌های متولی مانند شهرداری‌ها و سازمان پارک‌ها و یا سازمان تحقیقات جنگل‌ها و یا جهاد کشاورزی قرار دارند، به صورت آزمایشی کشت کرده و در صورت اطمینان از سازگاری، تاب‌آور بودن و مهاجم نبودن آن‌ها به عنوان گونه پیشنهادی برای توسعه فضای سبز شهری مورد بررسی دقیق‌تر و استفاده کاربردی توسط متخصصان امر و طراحان فضای سبز شهری قرار گیرند.

منابع

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ سرایانی، اعظم؛ عرفانی، محمد. (۱۳۹۱).
تحلیلی بر توزیع فضایی - مکانی کاربری فضای سبز و مکان‌یابی بهینه آن در منطقه یک شهر زاهدان، فصلنامه آمایش محیط، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۱۳۱-۱۵۱.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=179731>

درختی با قابلیت تاب‌آوری بالا، گونه‌های پیشنهادی مانند درخت عرعر^۱، زیتون تلخ^۲، اقاقای معمولی^۳ و توت آمریکایی^۴ قابلیت کاربرد گسترده در طرح‌های درختکاری مانند کمربند سبز و پارک‌های جنگلی دست‌کاشت حاشیه شهر به علت شرایط محیطی دشوارتر و امکان رسیدگی کمتر در ترکیب با سایر گونه‌ها را دارند. از سایر گونه‌های پیشنهادی درختی مانند آکاسیای برگ بیدی^۵، شب‌خسب^۶ کاج توپی^۷، زبان گنجشک^۸، اقاقای توپی^۹، سرو خمره‌ای^{۱۰}، سرو لاوسون^{۱۱} و... می‌توان با در نظر گرفتن اصول طراحی کاشت و قابلیت تاب‌آوری متناسب با کاربری‌های مختلف فضای سبز شهری مانند پارک‌ها و خیابان‌های شهری که امکان رسیدگی بیشتری وجود دارد، استفاده کرد. چالشی که در ارتباط با گونه‌های پیشنهادی ممکن است پیش‌روی سازمان‌های متولی فضای سبز شهر زاهدان باشد، دسترسی به نهال‌ها و تهیه و تکثیر آن‌هاست که تولید انبوه این گیاهان را می‌توان با سیاست‌های بلندمدت، سرمایه‌گذاری‌ها و قراردادهای تولید توسط بخش خصوصی در شهر زاهدان تشویق کرد.

این تحقیق صرفاً توصیه‌هایی را برای اولویت انتخاب گونه‌های گیاهی اعم از درخت و درختچه در شرایط محیطی زاهدان ارائه می‌دهد، اما اینکه چگونه و در چه مکانی در ترکیب با چه گونه‌هایی و در چه مقیاسی مورد استفاده کاربردی قرار بگیرند را پاسخگو نیست. برای رفع این مسئله طراحان فضای سبز بایستی با

1. *Ailanthus altissima*
2. *Melia azedarach*
3. *Robinia pseudoacacia*
4. *Maclura pomifera*
5. *Acacia salicina*
6. *Albizia julibrissin*
7. *Pinus mugo*
8. *Fraxinus excelsior*
9. *Robinia pseudoacacia*
10. *Thuja spp*
11. *Chamaecyparis lawsoniana*

<https://www.tasnimnews.com/fa/news/1398/02/29/2015016>

سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان. (۱۳۹۵). سازمان برنامه و بودجه کشور، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان سیستان و بلوچستان، معاونت آمار و اطلاعات.

http://www.mpo-sb.ir/?page_id=1606

سلیمی سبحان، محمدرضا؛ منصوری، کامران؛ یغفوری، حسین. (۱۳۹۷)، ارزیابی گونه‌های گیاهی و اثربخشی آن در برنامه‌ریزی شهری (مطالعه موردی: خیابان‌های شهر زاهدان)، فصلنامه مهندسی جغرافیایی سرزمین، انجمن جغرافیایی ایران، دوره دوم، شماره ۳، صص ۷۳-۸۴.

http://www.jget.ir/article_65574.html

روحانی، غزاله. (۱۳۸۸). راهنمای انتخاب و داشت درختان زینتی در فضای سبز، تهران: نشر آبیژ.

علوی، ایرج؛ اکبری، افشین؛ پارسایی، محمود. (۱۳۸۹). انتخاب گونه گیاهی مناسب برای بازسازی معدن مس سرچشمه به روش AHP فازی، فصلنامه علمی- تخصصی مهندسی معدن بلور، انجمن علمی دانشجویی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دوره ۱۵، شماره ۲۹، صص ۱-۸.

http://jest.srbiau.ac.ir/article_8509.html

غلامیان، فاطمه؛ کشتکار، سردار؛ کازرونی، حسن؛ تازا، جواد. «معرفی تعدادی از گیاهان مقاوم به خشکی در جهت کاشت در فضای سبز شهری و پارک‌های استان بوشهر». دومین کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم طبیعی ایران، تهران (۱۳۹۴).

https://www.civilica.com/Paper-BSCONF02-BSCONF02_106=%D9%85%D8%B9%D8%B1%D9%81%DB%8C-%D8%AA%D8%B9%D8%AF%D8%A7%D8%AF%DB%8C-%D8%A7%D8%B2-%DA%AF%DB%8C%D8%A7%D9%87%D8%A7%D9%86-%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%88%D9%85-%D8%A8%D9%87-%D8%AE%D8%B4%DA%A9%DB%8C-%D8%AC%D9%87%D8%AA-%DA%A9%D8%A7%D8%B4%D8%AA-%D8%AF%D8%B1-%D9%81%D8%B6%D8%A7%DB%8C-%D8%B3%D8%A8%D8%B2-%D8%B4%D9%87%D8%B1%DB%8C-%D9%88-%D9%BE%D8%A7%D8%B1%DA%A9-%D9%87%D8%A7%DB%8C-

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ عبادی جوکندان، اسماعیل. (۱۳۸۷). تحلیلی بر توزیع فضایی- مکانی کاربری فضای سبز در منطقه ۳ شهری زاهدان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شماره ۱۱، صص ۳۹-۵۸.

http://gdij.usb.ac.ir/article_1615_218.html

بهمن پور، هومن؛ سلاجقه، بهرنگ. (۱۳۸۸). گونه‌های گیاهی سازگار با آب و هوای شهر تهران، ماهنامه شهرداری‌ها، وزارت کشور، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، سال نهم، شماره ۹۵، صص ۹۴-۹۸.

<http://ensani.ir/file/download/article/20120426122949-3090-288.pdf>

تدین، محمد سعید. «ارائه شاخص‌های مهم در طراحی کاشت جنگل‌های شهری و تاب‌آوری زیست‌بوم». دومین کنگره بین‌المللی زمین، فضا و انرژی پاک، تهران (۱۳۹۵).

http://fars.areeo.ac.ir/fars/Documents/%D9%85%D8%AD%D9%85%D8%AF%D8%B3%D8%B9%DB%8C%D8%AF%20%D8%AA%D8%AF%DB%8C%D9%86_20171203_143448.pdf

تقی‌زاده، کتایون؛ مینایی، عباس. (۱۳۹۱). نحوه انتخاب گیاهان در برنامه‌ریزی و معماری فضاهای سبز شهری در ایران (ارائه روشی با استفاده از منطق و نظریه مجموعه‌ها در ریاضیات)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دانشگاه تهران، دوره ۴۴، شماره ۸۱، صص ۱۲۷-۱۴۰.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=167036>

ثابتی، حبیب‌الله. (۱۳۸۷). جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. یزد: انتشارات دانشگاه یزد.

حکمتی، جمشید. (۱۳۸۲). طراحی باغ و پارک. تهران: نشر فرهنگ جامع.

حسنی، نصرت‌الله؛ جعفر، مسعود سینکی. (۱۳۹۰). بررسی توانایی گونه‌های مختلف درختی در کاهش تنش مکانیکی باد در مناطق خشک. مجله دانش زراعت، دانشگاه شاهد، سال چهارم، شماره ۶، صص ۶۵-۷۷.

https://iranjournals.nlai.ir/2327/article_559757.html

خبرگزاری تسنیم، «فضای سبز زاهدان ۳۰ برابر افزایش پیدا می‌کند»، نشست خبری شهردار زاهدان (۱۳۹۸)، برگرفته از لینک:

Alberti, M., Marzluff, J. M. (2004). Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, Vol. 7, No 3, p 241–265.

<https://link.springer.com/article/10.1023/B:UECO.000044038.90173.c6>

Almas, D.A., Conway, T.M. (2016). The role of native species in urban forest planning and practice: A case study of Carolinian Canada. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol 17, No ۱, p 54–62.

<https://www.researchgate.net/publication/301269917>
The role of native species in urban forest planning and practice A case study of Carolinian Canada

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*, Volume 13, Issue 3, p 450-458.

[https://www.semanticscholar.org/paper/lant-selection-method-for-urban-landscapes-of-\(a\)-Asgarzadeha-Vahdati/f1e6c6ca46f3f07b2f6dc2d64497150954fbfe2e](https://www.semanticscholar.org/paper/lant-selection-method-for-urban-landscapes-of-(a)-Asgarzadeha-Vahdati/f1e6c6ca46f3f07b2f6dc2d64497150954fbfe2e)

Asgharpour, M.J. (2006). *Multiple Criteria Decision Making*. 5th Edition. University Tehran Press, Pp 399 (In Persian).

Bassuk, N., Curtis, D F., Marranca, 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.

<http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/recurbtrees/pdfs/~recurbtrees.pdf>

Berg, M.P., Eilers J. (2010). Trait plasticity in species interactions: a driving force of community dynamics. *Evolutionary Ecology*, Volume 24, Issue 3, p 617–629 .

<https://www.researchgate.net/publication/225822651>
Trait plasticity in species interactions A driving force of community dynamics

Brand, F.S., Jax, k. (2007). Focusing the meaning of Resilience: Resilience as a Descriptive Concept and a Boundary Object. *Ecology and Society*, Vol. 12, No. 1, p 1-16.

<https://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art23/>

<https://www.researchgate.net/publication/301269917>
The role of native species in urban forest planning and practice A case study of Carolinian Canada

قاسمی، محسن؛ عابدی کویایی، جهانگیر؛ حیدرپور، منوچهر؛ دیناری، محمد. (۱۳۹۶). تأثیر کربن فعال تولیدشده از مخروط‌های درخت کاج در کاهش پارامترهای شوری آب آبیاری، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دانشگاه تهران، دوره ۴۸، شماره ۵، صص ۱۱۰۷-۱۰۹۷*.

https://ijswr.ut.ac.ir/article_64766.html

محمدی، مهدی؛ پرهیزگار، علی‌اکبر. (۱۳۸۸). تحلیل توزیع فضایی و مکان‌گزینی پارک‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهر زاهدان)، *دو فصلنامه مدیریت شهری، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، دوره ۷، شماره ۲۳، صص ۱۷-۲۷*.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=114735>

مظفریان، ولی‌الله. (۱۳۸۳). درختان و درختچه‌های ایران، تهران: نشر فرهنگ معاصر. نوری، امید «انتخاب گونه‌های گیاهی تاب‌آور در برابر تغییرات اقلیمی برای فضای سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)». *پانزدهمین همایش ملی ارزیابی اثرات محیط زیستی ایران، تهران (۱۳۹۶)*.

https://www.civilica.com/Paper-IRANEIA15-IRANEIA15_006.html

یارایی، رامتین. (۱۳۷۴). گیاهان پهن برگ مقاوم به شرایط نامساعد، تهران: نشر سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران. حوزه معاونت خدمات شهری.

<https://www.noandishaan.com/30696/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-%DA%AF%DB%8C%D8%A7%D9%87%D8%A7%D9%86-%D9%BE%D9%87%D9%86-%D8%A8%D8%B1%DA%AF-%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%88%D9%85/>

Alavi, I., Alinejad Rokny, H. (2011). Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Plant Species Selection (Case study: Reclamation Plan of Sungun Copper Mine; Iran). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 5, No 12, p 1104-1113.

<https://pdfs.semanticscholar.org/e7cd/9d5c1128dfc1bcee45b2e5ede494188b79c4.pdf>

- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 4, p 1-23.
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Hunter, M. (2011). Using Ecological Theory to Guide Urban Planting Design An adaptation strategy for climate change. *Landscape Journal*, Vol 30, No 2, p 173-193.
https://www.researchgate.net/publication/235792437_Using_Ecological_Theory_to_Guide_Urban_Planting_Design_An_adaptation_strategy_for_climate_change
- Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application: A State – of –The Art Survey, Berlin, Springer-Verlag.
<https://www.springer.com/gp/book/9783540105589>
- Jiménez, E. I. T., Castrejón, A. F., Sánchez, M.G. (2014). 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*, Vol 57, P 1798-1807.
<https://cyberleninka.org/article/n/573721>
- 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*, Vol. 70, P 1-9.
<http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/05/E7273-IranArze-1.pdf>
- Krohling, R. A., Campanharo, V. C. (2011). Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea. *Expert Systems with Applications*, Vol 38, Issue 4, P 4190-4197.
<https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.eswa.2010.09.081>
- 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* Vol, 3, No 10, p 237-251.
https://www.researchgate.net/publication/308032292_The_use_of_analytic_hierarchy_process_AHP_for_stakeholder_preference_analysis_A_case_study_from_Kasane_Forest_Reserve_Botswana
- Chapin, F. S., Kofinas, G. P., Folke, C., Chapin, M. C. (2009). Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world. Springer Science & Business Media, LLC.
<https://www.springer.com/gp/book/9780387730325>
- 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*, Volume1, Issue9, p 488-494 .
[https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0488:RDECAR\]2.0.CO;2](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.0.CO;2)
- 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*, Vol 49, p 270-276.
https://www.researchgate.net/publication/233823422_Green_roofs_for_hot_and_dry_climates_Interaction_effects_of_plant_water_use_succulence_and_substrate
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, Vol 16, Issue 3, P 253-267.
<https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/resilience-the-emergence-of-a-perspective-for-social-ecological-It0dnUgs1G>
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., Rockstrom, J. (2010). Resilience thinking: integratng resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, Vol. 15, No. 4, p 1-9.
<https://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>
- 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*, Vol 16, P 43-49.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716000066>
- 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*, Vol 78, Issue 3, P 229-240.
https://www.researchgate.net/publication/222417537_The_Economics_of_Native_Plants_in_Residential_Landscape_Designs

- <https://www.researchgate.net/publication/47533167>
Plant phenotypic plasticity in a changing climate
- Niinemets, U., Valladares, F. (2006). Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs*, Vol 76, issue 4, pp 521-547.
- <https://www.researchgate.net/publication/228630930>
Tolerance to shade drought and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs
- Nilsson, H., Nordström, E. M., Öhman, K. (2016). Decision Support for Participatory Forest Planning Using AHP and TOPSIS. *Forests*, Vol 7, No 5. p 1-17.
- [https://pub.epsilon.slu.se/14238/1/nilsson et al 170420.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/14238/1/nilsson_et_al_170420.pdf)
- Peterson, G., Allen, C., Holling, C. S. (1998). Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, Vol 1, pp. 6-18.
- <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1003&context=nfwrustaff>
- Peterson, D. L., Silsbee, D. G., Schmoltdt, D. L. (1994). A case study of resources management planning with multiple objectives and projects. *Environmental Management*, Vol 18, No. 5, pp. 729-742.
- <https://www.fs.usda.gov/pnw/publications/case-study-resources-management-planning-multiple-objectives-and-projects>
- 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*, Vol 5, Issue 1, P 17-27.
- <https://www.researchgate.net/publication/229411110>
An assessment of the drought tolerance of *Fraxinus* genotypes for urban landscape plantings
- Rabbani KheirKhah, S. M., Kazemi, F. (2015). Investigating strategies for optimum water usage in green spaces covered with lawn. *Desert*, Vol 20, No 2, P 217-230.
- <https://www.researchgate.net/publication/326439096>
Investigating strategies for optimum water usage in green spaces covered with lawn
- Razzaghamanesh, M., Beecham, S., Kazemi, F. (2014). The growth and survival of plants in urban
- Leuzinger, S., Vogt, R., Körner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*; Vol 150, p 56-62.
- <https://www.researchgate.net/publication/222033569>
Tree surface temperature in an urban environment
- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, New York. p 340.
- <https://www.wiley.com/en-us/GIS+and+Multicriteria+Decision+Analysis-p-9780471329442>
- Markesteyn, L., Poorter, L. (2009). Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. *Journal of Ecology*, Vol 97, Issue2, P 311-325.
- <https://www.researchgate.net/publication/228051737>
Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance
- Manzano, J.M.M., Rodríguez, S.F., Colín, A.M., Palacios, I.S., Molina, R.T., Garijo, A.G. (2017). Allergenic pollen of ornamental plane trees in a Mediterranean environment and urban planning as a prevention tool. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol 27, P 352-362.
- <https://www.researchgate.net/publication/319909622>
Allergenic pollen of ornamental Plane trees in a Mediterranean environment and urban planning as a prevention tool
- Mattson, W.J., Haack, R.A. (1987). The Role of Drought in Outbreaks of Plant-eating Insects. *BioScience*, Vol 37, No 2, pp 110-118.
- <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/1998>
- Neil A, W., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., Rockström, J. (2005). Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science*, Vol. 309, Issue 5737, pp. 1036-1039.
- <https://science.sciencemag.org/content/309/5737/1036/tab-e-letters>
- Nicotra, A. B., Atkin, O. K., Bonser, S. P., Davidson, A. M., Finnegan, E. J., Mathesius, U., Poot, P., Purugganan, M. D., Richards, C. L., Valladares, F., Van Kleunen, M. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends Plant*, Vol 15, No 12, p 684-692.

- <https://www.springer.com/gp/book/9780792370765>
- 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*, Vol 9, No 4, 281–293.
- <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113018721>
- Surrency, D. Owsley, Ch. Kirkland, M. Vanzant L. Potter, a., (۲۰۰۱), Native Plant Materials for Urban Landscapes. USDA-NRCS Plant Materials Program. Athens, Georgia.
- https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_021694.pdf
- 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*, Vol 14, No 2, p 286-292.
- <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5326159>
- Ware, G.H., 1994. Ecological bases for selecting urban trees. *Journal of Arboriculture*, Vol 20, No 3, p 98–103.
- <file:///D:/Users/Behrooz/Downloads/p0098-0103.pdf>
- 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*, Vol 34, p 698–719.
- <https://www.researchgate.net/publication/281925904>
From Experience-Oriented to Quantity-Based A Method for Landscape Plant Selection and Configuration in Urban Built-Up Areas
- Yang, J., Chang, Y., Yan, P. (2015). Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM2.5 pollutions. *Atmospheric Pollution Research*, Vol 6, No 2, p 267–277.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S130910421530235X>
- green roofs in a dry climate. *Science of the Total Environment*, Vol 476–477, P 288-297.
- <https://www.researchgate.net/publication/259955623>
The growth and survival of plants in urban green roofs in a dry climate
- 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*, Vol 8, Issue 4, P 295-308.
- <https://www.researchgate.net/publication/248907883>
The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change
- Rupp, L.A. Libbey, D. (1996), Selection and Culture of Landscape Plants in Utah. A guide for castleland RC&D Carbon, Emery, Grand, and San Juan counties, Utah State University Extension. P 1-15.
- <https://forestry.usu.edu/files/other-publications/selection-and-culture-landscape-plants-utah.pdf>
- Sæbø, A. Benedikz, T. Randrup, T B. (2003), Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban Forestry and Urban Greening*, Vol 2, Issue 2, P 101-114.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866704700278>
- 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*, p 257-280.
- https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-27684-X_11
- Schmoltdt, D. Kangas, J. Mendoza, G.A. Pesonen, M. (2001), The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making. *Managing Forest Ecosystems*, Vol 3.