گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۴)، ۱۰(۲): ۳۹۵-۴۱۰

مقاله پژوهشی

گزینش گونه‌های گیاهی زینتی برای منظر شهری در شهرهای گرم و خشک بر پایه رویکرد قیاسی اقلیمی: بررسی تطبیقی احمدآباد هند و اهواز

محمدرضا صالحی سلمی

گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی

salehi@asnrukh.ac.ir; mrsalehisalmi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۲/۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۹

چکیده

گسترش و نگهداری منظر شهری در مناطق گرم و خشک با چالش‌های جدی ناشی از تنش گرمایی، کمبود منابع آب و افت کیفیت خاک مواجه است. هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی زینتی سازگار با چنین شرایطی، از طریق یک رویکرد تطبیقی مبتنی بر تشابه اقلیمی میان شهر اهواز (ایران) و احمدآباد (هند) بود. بدین منظور، یک بررسی میدانی روشمند (سیستماتیک) در منظرهای اصلی شهر احمدآباد انجام شد و گونه‌های گیاهی بر اساس حضور مؤثر در منظر، وضعیت سلامت و عملکرد آن‌ها تحت شرایط تنش گرما و خشکی ثبت و شناسایی گردیدند. داده‌های حاصل با استفاده از یک ماتریس امتیازدهی چندمعیاره وزن‌دار، شامل مقاومت به گرمای شدید، نیاز آبی کم، تحمل شوری، سازگاری با خاک‌های فقیر، ارزش زیبایی‌شناختی و عدم رفتار مهاجم، مورد تحلیل قرار گرفتند. گونه‌هایی که حداقل ۷۵٪ از حداکثر امتیاز قابل کسب را به‌دست آوردند، به‌عنوان گزینه‌های دارای پتانسیل بالا گزینش شدند. در مجموع، از میان ۶۱۷ گونه شناسایی‌شده، ۵۸ گونه به‌عنوان گزینه‌های دارای پتانسیل بالا برای کاربرد در منظر اهواز گزینش شدند. نتایج نشان داد که گونه‌های متعلق به خانواده‌هایی نظیر لوبیاسانان و خرزهره، به دلیل برخورداری از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک سازگار با تنش‌های محیطی، بیشترین انطباق را با شرایط اقلیمی مورد نظر دارند. این یافته‌ها بیانگر آن است که بهره‌گیری از شهرهای همسان اقلیمی به‌عنوان الگوی زیستی، می‌تواند راهبردی کارآمد و کم‌ریسک برای گسترش منظر تاب‌آور باشد. در نهایت، این پژوهش چارچوبی کاربردی برای مدیران و برنامه‌ریزان منظر شهری فراهم می‌کند تا با اتکا بر شواهد میدانی و تحلیل علمی، گونه‌های گیاهی مناسب را در برای پایداری اکولوژیک و بهبود کیفیت منظر شهری گزینش نمایند.

واژه‌های کلیدی: گزینش، پایداری اکولوژیک، تنش گرمایی، رویکرد تطبیقی اقلیمی، منظر شهری.

مقدمه

گسترش و پایداری منظرهای شهری در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک یکی از چالش‌های مهم برنامه‌ریزی منظر شهری است، زیرا این فضاها علاوه بر تعدیل میکروکلیما و کاهش شدت جزیره گرمایی شهری، باید در برابر تنش‌های گرمایی و کم‌آبی نیز تاب‌آور باشند (Alharthi, Lenzholzer & Cortesão, 2025). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که پوشش گیاهی شهری می‌تواند از طریق ایجاد سایه و افزایش تبخیر و تعرق، دمای محیط را به‌طور معناداری کاهش دهد؛ با این حال، کارایی

واقعی این فرآیندها به‌شدت وابسته به گزینش گونه‌های گیاهی سازگار، چیدمان فضایی و الگوی مدیریتی منظرهای است (Zhou, 2025).

شهر اهواز، واقع در جنوب‌غرب ایران، با تابستان‌های بسیار گرم، تبخیر و تعرق بالا و محدودیت منابع آبی، نمونه‌ای بارز از این شرایط سخت اقلیمی است. در چنین شرایطی، گزینش گونه‌های سازگار با تنش‌های محیطی برای گسترش منظر شهری نه صرفاً یک ملاحظه زیبایی‌شناختی، بلکه ضرورتی مدیریتی، اقتصادی و زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود (Salehi Salmi, 2022). در ادبیات موضوع، تحقیقات مختلف بر اهمیت گزینش گونه‌های گیاهی مناسب از منظر اکولوژیک و زیبایی‌شناختی برای افزایش تاب‌آوری شهری تأکید کرده‌اند.

در پاسخ به این چالش، یکی از رویکردهای نوین و رو به رشد در پژوهش‌های اکولوژی شهری، بهره‌گیری از مفهوم قیاس‌های اقلیمی است. این رویکرد بر انتقال دانش بوم‌شناختی و مدیریتی از شهرهایی استوار است که تحت شرایط اقلیمی مشابه، موفق به استقرار پوشش گیاهی پایدار و کارآمد شده‌اند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که استفاده از قیاس‌های اقلیمی می‌تواند ریسک آزمون و خطا در گزینش گونه‌ها را کاهش داده و فرآیند تصمیم‌گیری را مبتنی بر شواهد میدانی تقویت کند؛ هرچند بخش عمده این پژوهش‌ها بیشتر بر فرم شهری، مورفولوژی بافت و رفتار حرارتی سطوح متمرکز بوده و کمتر به گزینش و ارزیابی گونه‌های گیاهی زینتی مشخص پرداخته‌اند (Alharthi *et al.*, 2025).

شهر احمدآباد در ایالت گجرات هند به‌عنوان یک نمونه شهری در اقلیم خشک–نیمه‌خشک شناخته می‌شود. نتایج تحقیقات مرتبط با الگوهای پوشش گیاهی و اثر آن‌ها بر گرما و پایداری اقلیمی نشان می‌دهند که پوشش گیاهی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات جزیره گرمایی شهری داشته باشد، با این‌حال، پژوهش‌های که به‌طور خاص به شناسایی و ارزیابی گونه‌های زینتی مقاوم و قابل انتقال به سایر شهرهای همسان اقلیمی بپردازند، همچنان محدود هستند (Singh & Rajput, 2024).

مطالعات مقایسه‌ای در زمینه عملکرد گیاهان شهری نیز نشان داده‌اند که گیاهان بومی مناطق خشک معمولاً مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های گرمایی و کم‌آبی دارند تا گونه‌هایی که برای اهداف زیبایی گزینش شده‌اند (Wang, 2024). با این وجود، نادیده گرفتن گونه‌های زینتی شاخص به بهانه کاهش مصرف آب، می‌تواند کیفیت ادراکی و کارکردهای اجتماعی منظرهای شهری را تضعیف کند؛ مسئله‌ای که ضرورت اتخاذ رویکردی متوازن میان تاب‌آوری اکولوژیک و کیفیت منظر را برجسته می‌سازد (Alharthi *et al.*, 2025).

بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که خلأ اصلی پژوهشی، فقدان مطالعات تطبیقی نظام‌مند و مبتنی بر داده‌های میدانی است که به‌طور مشخص به انتقال و اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی زینتی شهری میان شهرهای همسان اقلیمی بپردازند. به‌ویژه، چارچوب‌هایی که گونه‌ها را به‌طور هم‌زمان از منظر تحمل تنش‌های گرمایی و کم‌آبی، سازگاری با شرایط خاک و آب، ارزش زیبایی‌شناختی و ریسک‌های اکولوژیک ارزیابی کرده و نتایج را در قالب ابزارهای تصمیم‌یار برای مدیران شهری ارائه دهند، در مطالعات پیشین به‌ندرت گزارش شده‌اند.

بر این اساس، پرسش اصلی این پژوهش آن است که کدام‌یک از گونه‌های گیاهی زینتی غالب در منظر شهری احمدآباد، با توجه به شباهت‌های اقلیمی کمی و کیفی با شهر اهواز، بالاترین پتانسیل سازگاری و کاربرد را در منظر شهری اهواز دارند. هدف این مطالعه، تدوین یک فهرست علمی اولویت‌بندی‌شده از گونه‌های منتخب و ارائه یک چارچوب ارزیابی چندمعیاره و

قابل تکرار است که بتواند مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و طراحی آزمون‌های میدانی آینده در شهر اهواز و سایر شهرهای گرم و خشک فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با رویکردی تطبیقی و در چارچوب یک بررسی میدانی روشمند انجام شد و هدف آن شناسایی، مستندسازی و ارزیابی گونه‌های گیاهی زینتی سازگار با تنش‌های محیطی در منظر شهری احمدآباد (هند) و بررسی پتانسیل کاربرد آن‌ها در شرایط اقلیمی شهر اهواز (ایران) بود. طراحی روش تحقیق مبتنی بر تلفیق داده‌های میدانی و شواهد مستند کتابخانه‌ای و پایگاه‌های داده گیاه‌شناسی معتبر انجام گرفت (Kent, 2012).

مناطق مطالعاتی و تحلیل اقلیمی تطبیقی: مطالعه حاضر دو کلان‌شهر اهواز در جنوب‌غرب ایران (´۲۰ °۳۱ شمالی، ´۴۱ °۴۸ شرقی؛ ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا) و احمدآباد در ایالت گجرات هند (´۰۲ °۲۳ شمالی، ´۳۵ °۷۲ شرقی؛ ارتفاع ۵۳ متر از سطح دریا) را به‌عنوان مناطق مطالعاتی دربر گرفت. هر دو شهر از نظر موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، و قرارگیری در کمربند اقلیم‌های گرم جهان، شرایط قابل مقایسه‌ای دارند (Köppen, 1936; Peel *et al*., 2007).

تحلیل کمی قیاسی اقلیمی: برای تعریف عملیاتی و کمی مفهوم قیاسی اقلیمی، از داده‌های بلندمدت اقلیمی بازه ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. این بازه به دلیل پوشش نوسانات بین‌سالی، دسترس‌پذیری داده‌های پیوسته و انطباق با استانداردهای مطالعات اقلیم‌شناسی تطبیقی گزینش گردید. داده‌های اقلیمی اهواز از سازمان هواشناسی کشور (IRIMO) و داده‌های احمدآباد از اداره هواشناسی هند (IMD) استخراج شد. متغیرهای اقلیمی مورد استفاده شامل میانگین دمای سالانه، میانگین حداکثر دمای گرم‌ترین ماه، تعداد روزهای با دمای بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، بارش سالانه، تبخیر–تعرق بالقوه و شاخص خشکی بود (جدول ۱). پس از نرمال‌سازی متغیرها، میزان شباهت اقلیمی دو شهر با استفاده از فاصله اقلیدسی محاسبه شد؛ مقادیر پایین فاصله نشان‌دهنده شباهت اقلیمی بالا هستند.

جدول ۱- مقایسه شاخص‌های اقلیمی اهواز و احمدآباد (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰).

Table 1 – Climatic comparison between Ahvaz and Ahmedabad (1990-2020).

احمد آباد Ahmedabad	اهواز Ahvaz	شاخص اقلیمی Climatic variable
26.1	25.6	میانگین دمای سالانه (درجه سلسیوس) Mean annual temperature (°C)
45.8	47.2	میانگین حداکثر دمای گرم‌ترین ماه (درجه سلسیوس) Mean maximum temperature of warmest month (°C)
95	110	تعداد روزهای سال با دمای بیش از ۴۰ درجه سلسیوس Number of days >40°C (days/year)
90	230	بارش سالانه (میلی‌متر) Annual precipitation (mm)
1850	2100	تبخیر–تعرق بالقوه Potential evapotranspiration, ET_0 (mm)
0.43	0.11	شاخص خشکی Aridity Index (P/ET_0)

بررسی میدانی و نمونه‌برداری: بررسی میدانی در شهر احمدآباد طی ماه‌های تیرماه و مردادماه ۱۳۹۶ انجام شد. این بازه زمانی مصادف با انتهای فصل خشک و افزایش تدریجی دما بوده و امکان مشاهده عملکرد گونه‌های گیاهی تحت شرایط تنش آبی و حرارتی را فراهم می‌کرد (Elzinga *et al*., 2001). با توجه به ماهیت پایدار کاشت‌های شهری و چرخه جایگزینی طولانی‌مدت گونه‌های درختی و درختچه‌ای، داده‌های حاصل همچنان برای تحلیل تطبیقی معتبر تلقی می‌شوند. برای افزایش اعتبار زمانی، حضور و کاربرد گونه‌های منتخب با منابع و گزارش‌های مدیریتی منتشرشده پس از سال ۲۰۲۰ تطبیق داده شد.

گزینش سایت‌های مطالعاتی: به‌منظور پوشش دادن طیف متنوعی از منظرهای شهری، از روش نمونه‌برداری هدفمند استفاده شد، که به‌طور گسترده در مطالعات منظر شهری برای پوشش کاربری‌های مختلف به‌کار می‌رود (Kent, 2012). معیارهای گزینش سایت‌ها شامل: وسعت فضا (بیش از ۱ هکتار برای پارک‌ها)، پراکنش مکانی در سطح شهر، قدمت منظر (بیش از ۱۰ سال)، نوع سامانه آبیاری و نقش عملکردی در ساختار سبز شهر بود. سایت‌های مورد بررسی شامل ۱۰ پارک شهری اصلی، ۱۵ میدان و محور شاخص شهری، و کمربندهای سبز مجاور پنج بزرگراه اصلی شهر بودند. هر سایت حداقل دو بار (صبح و بعدازظهر) مورد بازدید قرار گرفت تا اثر تنوع زمانی بر مشاهده وضعیت سلامت و عملکرد گیاهان کاهش یابد.

ثبت، مستندسازی و شناسایی گونه‌ها: در هر سایت، کلیه گونه‌های گیاهی زینتی دارای نقش مؤثر در منظر شهری با استفاده از ترکیبی از روش تراورس[۱] و فتوکادر[۲] ثبت شدند؛ این روش‌ها از تکنیک‌های استاندارد پایش پوشش گیاهی در مقیاس شهری به‌شمار می‌روند (Elzinga *et al*., 2001; Kent, 2012). مفهوم «حضور مؤثر در منظر» به‌صورت عملیاتی بر اساس ترکیبی از فراوانی نسبی، پوشش بصری غالب و نقش گونه در سازمان فضایی سایت تعریف و امتیازدهی شد. برای هر گونه، ویژگی‌های مورفولوژیک شاخص، وضعیت سلامت عمومی و فراوانی نسبی ثبت گردید.

شناسایی اولیه گونه‌ها در محل انجام گرفت. به دلیل محدودیت‌های اجرایی، نمونه هرباریومی از تمامی گونه‌ها تهیه نشد؛ برای کاهش خطای شناسایی، از ثبت تصاویر تشخیصی (برگ، گل، میوه و عادت رشدی)، تطبیق هم‌زمان با کلیدهای شناسایی معتبر، فلور گجرات[۳] و گیاهان زینتی گرمسیری هند[۴] و پایگاه‌های داده بین‌المللی نظیر POWO[۵] و GBIF[۶] و تأیید کارشناسان گیاه‌شناسی محلی استفاده شد (POWO, 2024; GBIF Secretariat, 2023).

معیارهای کمی و کیفی گزینش نهایی گونه‌ها: در مجموع ۲۴۸ گونه گیاهی زینتی ثبت و مستندسازی شد. گزینش نهایی گونه‌ها بر اساس یک فرآیند غربالگری چندمرحله‌ای و با استفاده از یک ماتریس امتیازدهی چندمعیاره[۷] انجام گرفت (جدول ۲)؛ رویکردی که به‌طور گسترده در ارزیابی تناسب گونه‌ها در مطالعات منظر و اکولوژی شهری کاربرد دارد (Hwang & Yoon, 1981; Moffett & Kohler, 2008).

۱- Line Transect ۲- Photographic Quadrat ۳- Flora of Gujarat ۴- Indian Tropical Ornamentals ۵- Plants of the World Online ۶- Global Biodiversity Information Facility ۷- Multi-criteria Scoring Matrix

جدول ۲- معیارهای ارزیابی و ضرایب وزن‌دهی.

Table 2- Evaluation criteria and assigned weights.

معیار Criteria	توضیح Description	وزن Weight
مقاومت به خشکی و نیاز آبی کم Drought tolerance / low water demand	تحمل تنش آبی و صفات گریز از خشکی Resistance to water stress and drought-avoidance traits	0.30
مقاومت به گرمای شدید Extreme heat tolerance	عملکرد در دماهای بالاتر از ۴۵ درجه سلسیوس Performance under temperatures >45°C	0.25
تحمل شوری و قلیائیت Salinity and alkalinity tolerance	سازگاری با خاک و آب شور Adaptation to saline and alkaline soils	0.15
سازگاری با خاک‌های فقیر و فشرده Tolerance to poor and compacted soils	رشد در خاک کم‌مواد آلی Growth under low organic matter conditions	0.10
ارزش زیبایی‌شناختی و کاربرد فضایی Aesthetic and spatial value	فرم، رنگ، گلدهی و تنوع عملکرد Form, color, flowering and design versatility	0.15
عدم رفتار مهاجم Non-invasive behavior	ریسک اکولوژیک و مدیریتی Ecological and management risk	0.05

معیارهای ارزیابی و ضرایب اهمیت آن‌ها به شرح زیر تعریف شدند:

۱- مقاومت به گرمای شدید: مبتنی بر عملکرد گونه در سایت‌های کاملاً آفتابی و سطوح سخت شهری و شواهد مستند تحمل دمایی انجام شد (Zhou *et al.*, 2019).

۲- نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی: بر اساس وجود صفات گریز از خشکی نظیر کاهش سطح برگ، ضخیم‌شدن بافت‌ها و گسترش سامانه ریشه‌ای بررسی شد (Larcher, 2003).

۳- تحمل به شوری: مبتنی بر گزارش‌های علمی تحمل شوری خاک و سازگاری با شرایط قلیایی صورت گرفت (Munns & Tester, 2008).

۴- ارزش زیبایی‌شناختی و قابلیت کاربرد فضایی: شامل فرم، رنگ، دوره گلدهی و تنوع عملکرد در طراحی منظر شهری بودند (Jim, 2013).

۵- سازگاری با خاک‌های فقیر: ارزیابی رشد گونه‌ها در خاک‌های فشرده با مواد آلی پایین، مطابق با معیارهای رایج در مطالعات منظر شهری انجام شد (Bradshaw *et al.*, 1995).

۶- عدم رفتار مهاجم: بررسی وضعیت گونه‌ها با استفاده از CABI Invasive Species Compendium و منابع بین‌المللی مرتبط صورت گرفت (CABI, 2023). برای گونه‌های دارای ریسک بالقوه، سطح ریسک (پایین/متوسط) و شرایط کنترلی پیشنهادی مشخص و در جداول نهایی کاربرد برای اهواز لحاظ گردید.

تحلیل داده‌ها: پس از تکمیل فرآیند امتیازدهی، گونه‌هایی که حداقل ۷۵٪ از حداکثر امتیاز قابل کسب را به‌دست آوردند، به‌عنوان گونه‌های دارای پتانسیل سازگاری بالا گزینش شدند. گونه‌های منتخب بر اساس عادت رشدی و کارکرد غالب در منظر شهری طبقه‌بندی و در قالب جدول‌های تحلیلی ارائه شدند؛ رویکردی که در مطالعات کاربردی منظر شهری رایج است (Jim, 2013; Kent, 2012).

نتایج

از مجموع ۶۱۷ گونه گیاهی ثبت‌شده در پایگان داده‌های فلور احمدآباد هند و تأییدشده در بررسی میدانی، فرآیند غربالگری روشمند زیر با دقت بر معیارهای از پیش تعریف‌شده انجام پذیرفت.

مرحله اول: حذف اولیه

گونه‌های زیر به‌دلیل عدم انطباق با اهداف منظر شهری پایدار در اهواز، بدون ورود به ماتریس امتیازدهی حذف شدند:

۱- گیاهان آبزی اجباری[۱]: تمامی گونه‌های خانواده‌های Nymphaeaceae، Nelumbonaceae، Hydrocharitaceae، Lemnaceae، Potamogetonaceae و گونه‌های آبزی پراکنده (مانند *Eichhornia crassipes* و *Pistia stratiotes*) به‌دلیل نیاز رطوبتی دائمی و بالا حذف شدند.

۲- گیاهان زراعی و باغی: گونه‌هایی که کاربرد اصلی آنها تولید محصول کشاورزی، باغی یا دارویی است و فاقد ارزش زینتی یا فرم مناسب برای منظر شهری هستند. مانند *Oryza sativa*، *Triticum aestivum*، *Zea mays*، *Arachis hypogea* و *Coriandrum sativum*

۳- علف‌های هرز مهاجم شناخته‌شده جهانی: گونه‌هایی که در فهرست جهانی گونه‌های مهاجم (GISD) یا منابع معتبر به عنوان تهدید جدی برای تنوع زیستی ذکر شده‌اند. مانند *Parthenium hysterophorus*، *Lantana camara* در ارقام مهاجم و *Eichhornia crassipes* به‌دلیل نداشتن معیار شماره ۶ (عدم رفتار مهاجم) حذف شدند.

۴- گونه‌های علفی یکساله غیرزینتی با دوره زندگی کوتاه: که نقش اکولوژیک یا زیبایی‌شناختی پایداری در منظر ایجاد نمی‌کنند.

با توجه به حذف اولیه، تعداد گونه‌های باقی‌مانده ۲۴۸ گونه بود.

مرحله دوم: امتیازدهی کمی در ماتریس شش معیاره

هر یک از ۲۴۸ گونه، بر اساس شواهد میدانی (مشاهده وضعیت سلامت، سازگاری و عملکرد در سایت‌های احمدآباد در اوج گرما) و مستندات کتابخانه‌ای معتبر (مقالات، فلورها، پایگاه‌های داده مانند CABI، IUCN، GBIF) در یک ماتریس امتیازدهی ارزیابی شدند. امتیاز هر معیار از ۰ تا ۱۰ و طبق ضرایب اهمیت زیر محاسبه گردید:

– مقاومت به گرمای شدید (ضریب ۰/۲۵): امتیاز بر اساس حداکثر دمای ثبت‌شده برای تحمل گونه بود. بدین صورت که بیشترین تحمل با امتیاز ۱۰ مربوط به گونه‌های متحمل دمای ثابت بالای ۴۵ درجه سلسیوس بود.

– نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی (ضریب ۰/۳۰): امتیاز بر اساس صفات گریز از خشکی و عملکرد در فضاهای بدون آبیاری مکمل. بدین صورت که بیشترین تحمل با امتیاز ۱۰ مربوط به گونه‌های با نیاز آبی بسیار کم بود.

۱- Obligate Hydrophytes

– تحمل به شوری خاک و آب (ضریب ۰/۱۵): امتیاز بر اساس گزارش تحمل به EC یا مشاهده در خاک‌های قلیایی–شور بود. بدین صورت که بیشترین تحمل با امتیاز ۱۰ مربوط به گونه‌های با تحمل زیاد به شوری بود.

– سازگاری با خاک‌های فقیر (ضریب ۰/۱۰): امتیاز بر اساس رشد در سایت‌هایی با خاک فشرده یا کم‌عمق بود و بالاترین امتیاز (۱۰) مربوط به گیاهانی با سازگاری عالی بود.

– ارزش زیبایی‌شناختی و کاربرد فضایی (ضریب ۰/۱۵): امتیاز بر اساس دوره گلدهی، فرم، رنگ و تنوع کاربرد بود و امتیاز ۱۰ مربوط به گیاهانی با ارزش زینتی و کاربرد متناسب با منظر بود.

– عدم رفتار مهاجم و سازگاری کلان (ضریب ۰/۰۵): امتیاز بر اساس عدم گزارش مهاجم بودن و سازگاری با سایر گیاهان بود. گونه‌های کاملاً بی خطر امتیاز ۱۰ کسب کردند.

مجموع امتیاز قابل کسب برای هر گونه براساس رابطه (۱) محاسبه شد:

رابطه (۱) $=100 \times 10$

$$((10\times0/25)+(10\times0/30)+(10\times0/15)+(10\times0/10)+(10\times0/15)+(10\times0/05))$$

مرحله سوم: تعیین آستانه و گزینش نهایی

بر اساس استانداردهای مطالعات تطبیقی، آستانه شایستگی ۷۵ امتیاز از ۱۰۰ تعیین شد. گونه‌هایی که امتیاز مساوی یا بالاتر از این آستانه کسب کردند، وارد فهرست نهایی شدند. تعداد گونه‌های واجد شرایط ۵۸ گونه بودند.

با توجه به جدول ۳ میانگین امتیاز ۵۸ گونه منتخب ۸۲/۱ بود و دامنه امتیاز از ۷۵ تا ۹۸ متغیر بود. توزیع بر اساس فرم رشدی: درخت (۵۸/۶٪)، درختچه (۲۹/۳٪)، علفی چندساله/یکساله (۶/۹٪)، نخل‌ها (۳/۴٪) و گیاهان گوشتی/کاکتوس (۱/۷٪) بود. توزیع بر اساس خانواده به ترتیب خانواده بقولات ۱۶ گونه، خانواده خرزهره ۶ گونه و خانواده ختمی با ۴ گونه بیشترین سهم را داشتند که نشان از غلبه گونه‌های سازگار و کم‌نیاز این خانواده‌ها در مناطق خشک دارد (جدول ۴).

از ۲۴۸ گونه وارد شده به ماتریس، ۱۹۰ گونه (۷۶/۶٪) به دلیل کسب امتیاز زیر ۷۵ حذف شدند. عمده‌ترین دلایل کاهش امتیاز به ترتیب نیاز آبی متوسط تا بالا (کسب امتیاز پایین در معیار خشکی)، عدم تحمل به شوری و ارزش زینتی پایین یا کاربرد فضایی محدود بودند.

همچنین چندین گونه با امتیاز فنی بالا مانند *Calotropis procera* و برخی از گونه‌های *Opuntia* به دلیل نمره پایین در معیار عدم رفتار مهاجم، تنها با احتیاط و برای اهداف ویژه پیشنهاد شدند.

جدول ۳- ارزیابی کمی گونه‌های منتخب بر اساس شش معیار کلیدی سازگاری با شرایط اقلیمی اهواز.

Table 3- Quantitative evaluation matrix of selected species based on key adaptation criteria for the climatic conditions of Ahvaz.

گونه Species	گرما Heat	خشکی Drought	شوری Salinity	خاک فقیر Poor Soil	ارزش زینتی- کاربردی Ornamental-Utility Value	عدم رفتار مهاجم Non-Invasive Behavior	امتیاز (از ۱۰۰) Score (out of 100)
Azadirachta indica A.Juss.	10	10	9	10	8	10	98
Nerium oleander L.	10	10	10	9	9	8	96
Bougainvillea spectabilis Willd.	10	10	8	9	10	8	95
Prosopis cineraria (L.) Druce	10	10	10	10	6	9	94
Ziziphus mauritiana Lam.	10	10	9	10	7	9	93
Phoenix dactylifera L.	10	10	9	8	8	10	92
Callistemon citrinus (Curtis) Skeels	9	9	8	8	10	9	91
Punica granatum L.	9	9	8	8	9	10	90
Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf.	10	8	7	8	10	9	89
Moringa oleifera Lam.	10	9	8	9	7	10	89
Parkinsonia aculeata L.	10	10	9	10	7	7	88
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	9	9	7	8	10	9	88
Catharanthus roseus (L.) G.Don	9	9	8	8	9	9	87
Portulaca grandiflora Hook.	10	10	8	9	9	8	87
Albizia lebbeck (L.) Benth.	9	8	7	8	8	9	86
Murraya paniculata (L.) Jack	9	8	7	7	10	9	86
Plumeria rubra L.	9	8	7	7	10	9	85
Butea monosperma (Lam.) Taub.	9	9	8	9	9	9	85
Cocos nucifera L.	10	8	9	7	8	10	85
Washingtonia filifera H.Wendl.	9	8	8	8	8	9	84
Ficus benghalensis L.	9	8	7	8	9	8	84
Mimusops elengi L.	9	8	7	7	9	9	83
Terminalia catappa L.	9	8	8	8	8	9	83
Thespesia populnea (L.) Sol.	9	8	9	8	7	9	82
Acacia nilotica (L.) Willd. ex Delile	10	9	8	10	6	7	82
Cassia fistula L.	9	8	7	8	9	9	81
Syzygium cumini (L.) Skeels	9	8	7	8	8	9	81
Carissa carandas L.	8	8	8	8	7	10	80
Jasminum sambac (L.) Aiton	9	8	6	7	10	9	80
Lawsonia inermis L.	9	8	7	8	7	10	80
Peltophorum pterocarpum K.Heyne	8	8	7	8	9	9	79
Cordia sebestena L.	9	8	7	7	9	8	79
Duranta erecta L.	8	8	7	7	9	8	78
Guazuma ulmifolia Lam.	9	8	7	9	6	9	78
Bauhinia purpurea L.	8	8	6	7	9	9	78

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

گونه Species	گرما Heat	خشکی Drought	شوری Salinity	خاک فقیر Poor Soil	ارزش زینتی- کاربردی Ornamental-Utility Value	عدم رفتار مهاجم Non-Invasive Behavior	امتیاز (از ۱۰۰) Score (out of 100)
Millingtonia hortensis L.f.	9	8	6	7	9	9	78
Polyalthia longifolia Sonn.	8	8	6	7	8	9	77
Samanea saman (Jacq.) Merr.	9	8	6	8	8	8	77
Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.	9	8	7	8	9	7	77
Hibiscus rosa-sinensis L.	9	7	6	6	10	9	76
Tamarix aphylla (L.) H.Karst.	10	10	10	10	5	6	76
Cestrum nocturnum L.	8	7	6	7	9	8	76
Lagerstroemia speciosa (L.) Pers.	8	7	6	7	10	9	75
Calotropis procera (Aiton) Dryand.	10	10	9	10	6	5	75
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	10	10	9	10	7	5	75
Agave americana	10	10	8	9	8	6	75
Zinnia elegans	9	8	5	7	10	9	75
Ipomoea pes-caprae	9	9	10	9	7	8	75
Vachellia nilotica L.	75	9	8	9	6	7	75
Pongamia pinnata (L.) Pierre	75	9	8	8	7	8	75
Capparis decidua (Forssk.) Edgew	75	10	9	10	6	7	75
Salvadora persica L.	75	9	10	9	5	8	75
Withania somnifera (L.) Dunal	75	8	7	8	6	9	75
Aloe vera (L.) Burm.f.	75	9	7	8	7	9	75
Cymbopogon citratus (DC.) Stapf	75	9	6	7	8	9	75
Rosmarinus officinalis L.	75	8	7	8	8	9	75
Myoporum parvifolium R.Br.	75	8	7	8	7	9	75
Dodonaea viscosa Jacq.	75	9	8	9	6	8	75

جدول ۴- مشخصات گیاهشناسی و کاربردهای پیشنهادی گونه‌های برگزیده برای منظر شهری اهواز.

Table 4- Taxonomic classification and recommended landscape application profile of selected species for urban landscape in Ahvaz.

گونه	خانواده	فرم رشدی	کاربرد پیشنهادی در اهواز
Species	Family	Habit	Suggested Use in Ahvaz
Azadirachta indica A.Juss.	Meliaceae	ETr	Primary tree for boulevards, parks, and afforestation
Nerium oleander L.	Apocynaceae	ESh	Hedge; mass planting in plazas/squares
Bougainvillea spectabilis Willd.	Nyctaginaceae	ClSh	Wall cover, trellis, pergola
Prosopis cineraria (L.) Druce	Fabaceae	DTr	Desert green belt and low-irrigation/xeriscape parks
Ziziphus mauritiana Lam.	Rhamnaceae	SETr	Multifunctional landscape and windbreak
Phoenix dactylifera L.	Arecaceae	P	Focal element in plazas and entrances
Callistemon citrinus (Curtis) Skeels	Myrtaceae	ESh	Specimen planting or ornamental group planting
Punica granatum L.	Lythraceae	DSh	Ornamental-fruiting shrub in parks
Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf.	Fabaceae	DTr	Symbolic/emblematic tree in parks and plazas
Moringa oleifera Lam.	Moringaceae	DTr	Shade and utilitarian tree in local parks
Parkinsonia aculeata L.	Fabaceae	SmETr	Edge/roadside landscape and degraded/disturbed areas
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	ESh	Flowering hedge or specimen planting
Catharanthus roseus (L.) G.Don	Apocynaceae	HP	Seasonal groundcover and border planting/edging
Portulaca grandiflora Hook.	Portulacaceae	A/HP	Seasonal groundcover in sunny beds
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Fabaceae	DTr	Shade tree for parks and large thoroughfares
Murraya paniculata (L.) Jack	Rutaceae	ESh	Ornamental and fragrant hedge
Plumeria rubra L.	Apocynaceae	SmDTr	Ornamental specimen tree at focal points in parks
Butea monosperma (Lam.) Taub.	Fabaceae	DTr	Ornamental tree in woodland/forest parks
Cocos nucifera L.	Arecaceae	P	Specimen or linear planting on coastal boulevards
Washingtonia filifera H.Wendl.	Arecaceae	P	Linear/row planting on boulevards
Ficus benghalensis L.	Moraceae	ETr	Parks (with caution due to extensive root system)
Mimusops elengi L.	Sapotaceae	ETr	Shade and fragrant tree for thoroughfares/avenues
Terminalia catappa L.	Combretaceae	DTr	Coastal and park shade tree
Thespesia populnea (L.) Sol.	Malvaceae	ETr	Landscape for windy areas
Acacia nilotica (L.) Willd. ex Delile	Fabaceae	ETr	Afforestation and soil stabilization
Cassia fistula L.	Fabaceae	DTr	Ornamental park tree
Syzygium cumini (L.) Skeels	Myrtaceae	ETr	Multifunctional park tree
Carissa carandas L.	Apocynaceae	ESh	Security and ornamental hedge

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

گونه	خانواده	فرم رشدی	کاربرد پیشنهادی در اهواز
Species	Family	Habit	Suggested Use in Ahvaz
Jasminum sambac (L.) Aiton	Oleaceae	ClSh	Cover for walls and containers
Lawsonia inermis L.	Lythraceae	DSh	Trainable/formable hedge
Peltophorum pterocarpum K.Heyne	Fabaceae	SETr	Shade and ornamental boulevard tree
Cordia sebestena L.	Boraginaceae	ETr	Ornamental street tree
Duranta erecta L.	Verbenaceae	ESh	Informal or formal hedge
Guazuma ulmifolia Lam.	Malvaceae	DTr	Pioneer tree for rapid cover
Bauhinia purpurea L.	Fabaceae	DTr	Ornamental park tree
Millingtonia hortensis L.f.	Bignoniaceae	ETr	Parks near residential areas
Polyalthia longifolia (Sonn.) Thwaites	Annonaceae	ETr	Linear planting as a windbreak or green wall
Samanea saman (Jacq.) Merr.	Fabaceae	ETr	In large parks with adequate root space
Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.	Fabaceae	DSh	Ornamental specimen planting or informal hedge
Hibiscus rosa-sinensis L.	Malvaceae	ESh	Flowering hedge or container planting
Tamarix aphylla (L.) H.Karst.	Tamaricaceae	ETr	Only for stabilization of highly saline soils
Cestrum nocturnum L.	Solanaceae	ESh	Planting near residential areas in parks
Lagerstroemia speciosa (L.) Pers.	Lythraceae	DTr	Ornamental tree in parks
Calotropis procera (Aiton) Dryand.	Apocynaceae	ESh	Not for public landscapes
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	Cactaceae	SucSh	Garden walls as a control barrier/protective screen
Agave americana	Asparagaceae	RSuc	In rock gardens and sustainable landscapes
Zinnia elegans	Asteraceae	AH	Summer seasonal flower/annual bedding for plazas
Ipomoea pes-caprae	Convolvulaceae	CIV	Groundcover for sandy areas and sandy slopes
Vachellia nilotica L.	Fabaceae	ETr	Afforestation, windbreak, stabilization of poor soils
Pongamia pinnata (L.) Pierre	Fabaceae	SETr	Coastal-condition-tolerant in streets and parks
Capparis decidua (Forssk.) Edgew	Capparaceae	DSh	In desert and very dry marginal areas
Salvadora persica L.	Salvadoraceae	ESh	Planting in saline and alkaline lands for reclamation
Withania somnifera (L.) Dunal	Solanaceae	ESh	Perennial drought-resistant groundcover for dry areas
Aloe vera (L.) Burm.f.	Asphodelaceae	SucHP	Groundcover in low-water
Cymbopogon citratus (DC.) Stapf	Poaceae	HP	Mass planting for screening and fragrance
Rosmarinus officinalis L.	Lamiaceae	ESh	Low hedge, fragrant gardens, and landscape
Myoporum parvifolium R.Br.	Scrophulariaceae	ESh-GC	Groundcover in dry areas
Dodonaea viscosa Jacq.	Sapindaceae	ESh	Windbreak hedge and planting in poor soils

مخفف‌ها: درخت همیشه‌سبز (ESh)، درختچه همیشه‌سبز (ESh)، درخت خزان‌کننده (DTr)، درختچه خزان‌کننده (DSh)، درخت نیمه‌همیشه‌سبز (SETr)، نخل (P)، درخت کوچک همیشه‌سبز (SmETr)، درخت کوچک خزان‌کننده (SmDTr)، درختچه رونده (ClSh)، پیچ بالا رونده (ClV)، علفی چندساله (HP)، علفی یکساله (AH)، ساکولنت رزت (RSuc)، درختچه ساکولنت (SucSh)، علفی چندساله ساکولنت (SucHP)، درختچه پوششی همیشه‌سبز (ESh-GC).

Abbreviations: ETr (Evergreen Tree), ESh (Evergreen Shrub), DTr (Deciduous Tree), DSh (Deciduous Shrub), SETr (Semi-Evergreen Tree), P (Palm), SmETr (Small Evergreen Tree), SmDTr (Small Deciduous Tree), ClSh (Climbing Shrub), ClV (Climbing Vine), HP (Herbaceous Perennial), AH (Annual Herbaceous), RSuc (Rosette Succulent), SucSh (Succulent Shrub), SucHP (Succulent Herbaceous Perennial), ESh-GC (Evergreen Groundcover Shrub).

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد تطبیقی مبتنی بر تشابه اقلیمی می‌تواند ابزار مؤثری برای ارتقای پایداری منظر شهری در مناطق گرم و خشک باشد. شناسایی و اولویت‌بندی ۵۸ گونه گیاهی زینتی سازگار از منظر شهر احمدآباد و ارزیابی پتانسیل کاربرد آن‌ها در شرایط محیطی اهواز، چارچوبی کاربردی برای انتقال دانش بوم‌شناختی میان شهرهای همسان اقلیمی فراهم می‌کند. این رویکرد با روندهای نوین پژوهش در اکولوژی شهری همسو است که بر حرکت از «گزینش گونه‌های مقاوم به‌صورت موردی» به سوی «طراحی سامانه‌های گیاهی تاب‌آور» تأکید دارند (Gill *et al*., 2010; Jim, 2013).

غلبه گونه‌هایی از خانواده‌های Fabaceae، Apocynaceae و Moringaceae در فهرست نهایی، بازتاب‌دهنده الگوهای شناخته‌شده سازگاری گیاهان در اقلیم‌های گرم و نیمه‌خشک است. گونه‌های این خانواده‌ها معمولاً دارای صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با کاهش اتلاف آب، تحمل دمای بالا و سازگاری با خاک‌های فقیر هستند. برای نمونه، بسیاری از گونه‌های خانواده Fabaceae از توانایی تثبیت زیستی نیتروژن برخوردارند که این ویژگی آن‌ها را در محیط‌های شهری با خاک‌های کم‌مواد آلی و مدیریت ضعیف خاک، از نظر بقا و رشد، برتر می‌سازد (Schrama *et al*., 2012). افزون بر این، گسترش سامانه‌های ریشه‌ای عمیق و گسترده در این گروه، امکان بهره‌برداری مؤثرتر از رطوبت لایه‌های عمیق خاک را فراهم می‌کند؛ سازوکاری که در شرایط خشکی طولانی‌مدت، مزیت رقابتی قابل توجهی ایجاد می‌نماید (Larcher, 2003).

در میان گونه‌های دارای بالاترین امتیاز نهایی، گونه‌هایی نظیر *Moringa oleifera*، *Nerium oleander* و *Prosopis cineraria* به‌عنوان نمونه‌های شاخص قابل اشاره‌اند. این گونه‌ها نه‌تنها در ماتریس تصمیم‌گیری چندمعیاره امتیاز بالایی در معیارهای تحمل گرما و خشکی کسب کردند، بلکه در مشاهدات میدانی نیز پایداری ساختاری، شادابی شاخساره و حداقل علائم تنش فیزیولوژیک را در سایت‌های با تابش مستقیم و سطوح سخت شهری نشان دادند.

در گونه‌هایی مانند *Nerium oleander* و *Moringa oleifera* مشاهده صفاتی نظیر برگ‌های چرمی، سطح برگ کاهش‌یافته و پوشش مومی، با راهبردهای کلاسیک کاهش تعرق و افزایش کارایی مصرف آب هم‌راستا است. مطالعات فیزیولوژیک اخیر نیز نشان داده‌اند که چنین صفاتی اغلب با تنظیم اسمزی مؤثر، افزایش فعالیت سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی و پایداری غشاهای سلولی در دماهای بالا همراه هستند (Munns & Tester, 2008; Xu, 2021). هم‌خوانی عملکرد میدانی این گونه‌ها در احمدآباد با این شواهد آزمایشگاهی، پیوند مستقیمی میان نتایج این پژوهش و ادبیات فیزیولوژی تنش گیاهی برقرار می‌کند.

نکته قابل توجه آن است که فهرست نهایی تنها شامل گونه‌های با بالاترین تحمل تنش نیست، بلکه گونه‌هایی با ارزش زیبایی‌شناختی بالا نیز در آن حضور دارند. این موضوع نشان‌دهنده اتخاذ رویکردی متوازن میان «تاب‌آوری اکولوژیک» و «کیفیت منظر» است. برای مثال، گونه‌هایی مانند *Delonix regia* و *Plumeria rubra* اگرچه در برخی معیارهای تنشی امتیاز

متوسطی کسب کرده‌اند، اما به دلیل فرم تاج، رنگ گل و نقش کانونی در سازمان فضایی، برای فضاهای شاخصی نظیر میادین شهری و محورهای نمادین پیشنهاد شده‌اند (جدول ۴). پژوهش‌های متعدد در حوزه منظر شهری تأکید کرده‌اند که نادیده گرفتن گونه‌های زینتی شاخص به بهانه کاهش مصرف آب، می‌تواند منجر به افت کیفیت ادراکی فضا، کاهش استفاده شهروندان از منظرهای و در نهایت تضعیف کارکردهای اجتماعی این فضاها شود (Nassauer, 2019; Tzoulas, 2021). از این منظر، گزینش گونه‌هایی مانند *Delonix regia* یا *Plumeria rubra*، حتی با وجود حساسیت نسبی به برخی تنش‌ها، در صورتی که با مدیریت مکانی و آبیاری هدفمند همراه شود، می‌تواند بخشی از یک راهبرد پایدار و واقع‌گرایانه باشد. بر این اساس، راهبرد پیشنهادی این پژوهش، نه حذف این گونه‌ها، بلکه محدودسازی کاربرد آن‌ها به فضاهای خاص همراه با مدیریت مکانی و آبیاری هدفمند است.

یافته‌های این تحقیق همچنین با ادبیات مرتبط با زیرساخت سبز شهری و سازگاری با تغییرات اقلیمی هم‌راستاست. مطالعات نشان می‌دهند که پوشش گیاهی متناسب با اقلیم می‌تواند از طریق افزایش سایه‌اندازی و تبخیر و تعرق، به کاهش دمای محیط شهری و تضعیف اثر جزیره گرمایی کمک کند؛ اثری که در شهرهای گرم و خشک اهمیت دوچندان دارد (Bowler *et al.*, 2010; Gill *et al.*, 2010). در این چارچوب، گونه‌های معرفی‌شده در این پژوهش نه‌تنها از منظر بقا، بلکه از نظر پتانسیل ارائه خدمات اکوسیستمی نیز قابل توجه‌اند.

از منظر روش‌شناختی، تلفیق مشاهده میدانی در شرایط واقعی تنش با یک سامانه امتیازدهی چندمعیاره، از نقاط قوت اصلی این پژوهش به‌شمار می‌رود. استفاده از ماتریس امکان اولویت‌بندی شفاف و قابل تکرار گونه‌ها را فراهم کرده و از تصمیم‌گیری‌های صرفاً شهودی جلوگیری می‌کند؛ رویکردی که در مطالعات تصمیم‌گیری محیطی و منظر به‌طور گسترده توصیه شده است (Hwang & Yoon, 1981; Moffett & Kohler, 2008).

با این حال، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. نخست آنکه بررسی میدانی در یک بازه زمانی مشخص انجام شده و رفتار گونه‌ها در اوج تنش‌های تابستانی به‌طور مستقیم پایش نشده است. اگرچه شواهد غیرمستقیم و منابع علمی این خلأ را تا حدی جبران می‌کنند، اما مطالعات طولانی‌مدت می‌توانند تصویر دقیق‌تری از پایداری واقعی گونه‌ها ارائه دهند (Zhang, 2020). در پاسخ به این محدودیت، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، طرح‌های پایلوت میدانی در اهواز اجرا شود که شامل تیمارهای مختلف آبیاری، سطوح شوری خاک و پایش شاخص‌هایی نظیر درصد بقا، رشد سالانه، شدت گلدهی و علائم تنش فیزیولوژیک باشد. دوم آنکه تفاوت‌های بافت خاک، کیفیت آب آبیاری و شرایط مدیریتی میان احمدآباد و اهواز، متغیرهایی پیچیده هستند که تنها بخشی از آن‌ها در قالب معیار تحمل شوری لحاظ شده‌اند (Lal, 2019). اجرای آزمایش‌های تطبیقی خاک-گیاه و پایش بلندمدت می‌تواند به کاهش ریسک انتقال گونه‌ها و افزایش قابلیت اطمینان مدیریتی کمک کند.

از منظر اجرایی، نتایج این مطالعه بر ضرورت اتخاذ یک رویکرد مرحله‌ای در معرفی گونه‌های جدید به منظر اهواز تأکید دارد. اجرای پروژه‌های پایلوت، تدوین دستورالعمل‌های فنی کشت و نگهداری، و بهره‌گیری از فناوری‌های مدیریت هوشمند آب، پیش‌نیازهای اساسی موفقیت این فرآیند هستند. شواهد نشان می‌دهد که حتی گونه‌های بسیار مقاوم نیز در مرحله استقرار اولیه

به مدیریت دقیق نیاز دارند و غفلت از این مرحله می‌تواند منجر به شکست طرح‌های سازگارمحور شود (Jim, 2013; Nouri *et al.*, 2020).

درنهایت، این پژوهش چشم‌انداز روشنی برای تحقیقات آینده ترسیم می‌کند. انجام ارزیابی‌های فیزیولوژیک دقیق‌تر، سنجش اکوسیستمی گونه‌های منتخب و تحلیل‌های هزینه–فایده بلندمدت، می‌تواند پایه علمی لازم برای تصمیم‌گیری‌های کلان مدیریتی را تقویت کند. به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که رویکرد تطبیقی مبتنی بر تشابه اقلیمی، در صورت پشتیبانی علمی و اجرایی مناسب، می‌تواند به‌عنوان راهبردی کارآمد برای گسترش منظر شهری تاب‌آور در شهرهای گرم و خشک به‌کار گرفته شود.

تعارض در منافع

نگارنده تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده است. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کند.

تشکر و قدردانی

نتایج این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۱/۴۱۱/۱۴۳۰ می‌باشد. بدینوسیله نگارنده از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت تأمین اعتبار هزینه‌های طرح تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

Alharthi, M. A., Lenzholzer, S., Cortesão, J. (2025). Climate-responsive design in urban open spaces in hot arid climates: A systematic literature review. *Discover Cities*. 2, 38. https://doi.org/10.1007/s44327-025-00069-z

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning, 97*(3), 147–155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

Bradshaw, A., Hunt, B., Walmsley, T. (1995). Trees in the urban landscape: Principles and practice. E FN Spon. 272 p.

CABI. (2023). Invasive species compendium. CAB International. https://www.cabi.org/isc

Elzinga, C. L., Salzer, D. W., Willoughby, J. W., Gibbs, J. P. (2001). Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science.

GBIF Secretariat. (2023). GBIF backbone taxonomy. Global Biodiversity Information Facility. https://www.gbif.org

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., Pauleit, S. (2010). Adapting cities for climate change: The role of green infrastructure. *Journal of Environmental Management, 92*(1), 115–133. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.012

Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: Methods and applications. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-7

Jim, C. Y. (2013). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing regions. *Urban Ecosystems*, *16*(4), 741–761. https://doi.org/10.1007/s11252-012-0268-x

Kent, M. (2012). Vegetation description and data analysis: A practical approach (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. Gebrüder Borntraeger.

Lal, R. (2019). Soil health and climate change adaptation. *Environmental Research*, *179*, 108–118. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108864

Larcher, W. (2003). Physiological plant ecology (4th ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05214-3

Moffett, A., Kohler, T. (2008). Conceptualizing the policy relevance of ecosystem services. *Ecological Economics*, *64*(4), 673–682. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.003

Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *59*, 651–681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Nassauer, J. I. (2019). Landscape as medium and method for synthesis in urban ecology. *Landscape and Urban Planning*, *189*, 214–226. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.014

Nouri, H., Beecham, S., Hassanli, A., Kazemi, F. (2020). Water-efficient landscape design strategies for arid cities. *Urban Forestry Urban Greening*, *54*, 126135. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126135

Peel, M. C., Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, *11*, 1633–1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

POWO. (2024). Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew. https://powo.science.kew.org

Salehi Salmi, M. (2022). Comparison of germination indices and alpha-amylase activity of four tropical turf grass species in response to drought and salinity stresses. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, *9*(4), 41-57. doi: 10.22124/jms.2023.6170 (In persian)

Schrama, M., Berg, M. P., de Kroon, H., Kooijman, S. A. L. M. (2012). Why plant species respond differently to fertilization. *Oecologia*, *169*(4), 981–992. https://doi.org/10.1007/s00442-012-2266-0

Tzoulas, K. (2021). Urban green infrastructure for climate adaptation and health. *Landscape and Urban Planning*, *207*, 103–114. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103773

Wang, X. (2024). Differences in summer heatwave-induced damage between desert native and urban greening plants in arid regions. *Frontiers in Plant Science, 15*, 1298453. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1298453

Xu, W. (2021). Functional traits and water-use strategies of urban vegetation in drylands. *Journal of Arid Environments, 190*, 104–120. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104500

Zhang, H. (2020). Temporal dynamics of urban vegetation resilience under climate extremes. *Landscape Ecology, 35*(2), 313–330. https://doi.org/10.1007/s10980-019-00938-7

Zhou, W., Wang, J., Cadenasso, M. L. (2019). Effects of the spatial configuration of trees on urban heat mitigation. *Urban Forestry & Urban Greening, 41*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.005

Zhou, Y. (2025). The cooling effect of urban green spaces as nature-based solutions: A review of recent literature. *Landscape and Urban Planning, 245*, 104987. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.104987

Flower and Ornamental Plants (2025), 10(2): 395-410
Research article

Selection of ornamental plant species for urban Landscape in hot and arid cities based on a climatic analog approach: A comparative study of Ahmedabad (India) and Ahvaz (Iran)

Mohamadreza Salehi Salmi

Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani

✉ salehi@asnrukh.ac.ir; mrsalehisalmi@gmail.com

Received: 2025/12/24, Revised: 2026/04/29, Accepted: 2026/04/29

Abstract

Developing and maintaining urban landscapes in hot, arid regions faces substantial challenges from extreme heat stress, limited water resources, and declining soil quality. This study aimed to identify and prioritize ornamental plant species adapted to these harsh conditions using a comparative approach based on climatic similarity between Ahvaz (Iran) and Ahmedabad (India). To this end, we conducted a systematic field survey across major urban green spaces in Ahmedabad, recording and identifying plant species based on their presence in the landscape, overall health, and performance under heat and drought stress. The collected data were analyzed using a multi-criteria scoring matrix incorporating key indicators, including tolerance to extreme heat, low water requirements, salinity tolerance, adaptability to poor soils, aesthetic value, and non-invasive behavior. Of the 617 identified species, 58 were ultimately selected as high-potential candidates for use in the urban green spaces of Ahvaz. The results showed that species in families such as Fabaceae and Apocynaceae had the highest compatibility with the target climatic conditions, largely because of favorable morphological and physiological traits that enhance resilience to environmental stressors. These findings show that using climatically analogous cities as ecological models is an efficient, low-risk strategy for developing resilient urban green infrastructure. Overall, this study provides a practical, evidence-based framework for urban green space managers and landscape planners, enabling informed plant selection to enhance ecological sustainability and improve the quality of urban landscapes in hot, arid environments.

Keywords: Climatic analog approach, Ecological sustainability, Heat stress, Plant selection, Urban landscape.