



University of Tehran

The impact of urban development on the structural component and sustainability of plane trees with an ecological-management approach (Case study: Valiasr street, Tehran)

Reza Shahandeh¹ | Mohsen Javanmiri Pour^{2*} | Hamid Soofi Mariv³ |
Mehdi Babaloo⁴ | Vahid Etemad⁵

1. Department of Forestry, Faculty of Resources, University of Semnan, Semnan, Iran. Email: rezashahandeh@yahoo.com
2. Corresponding Author, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran. E-mail: mjavanmiri@ut.ac.ir
3. Expert at the Vice-Rectorate for Research and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: soofi@ut.ac.ir
4. Expert at the Vice-Rectorate for Research and Technology, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mbabaloo.ut.ac.ir
5. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: vetemad@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article History:

Received: 05 July 2025

Revised: 27 August 2025

Accepted: 20 September 2025

Published online: 22 November 2025

Keywords:

Green space management,
Tree health,
Urban development,
Valiasr Street.

Due to their high adaptability to Tehran's climatic conditions and their important role in air purification and microclimate regulation, plane (*Platanus orientalis* L.) trees are among the most characteristic species in the city's urban green spaces, particularly along Vali-Asr Street. This study aimed to investigate the environmental and managerial factors influencing the structure and stability of plane trees in the section between Parkway and Tajrish squares, using an ecological-managerial approach. All plane trees with a diameter greater than 20 cm were completely inventoried, and their vegetative and environmental characteristics were recorded. The results indicated that there were 1166 trees on the eastern side and 1269 on the western side, including 97 and 127 dead trees, respectively. The mean tree height ranged from 20 to 21 meters, while the mean trunk diameter varied between 46 and 48 cm. Tree density was higher on the western side, and the tallest trees reached 28 meters. Statistical analyses revealed a significant relationship between building height and reduced distance between trees and buildings with decreased vitality and increased mortality. New and tall buildings had the most negative effects on the health of plane trees. It is recommended that dead and weakened trees receive special care, proper spacing between trees and buildings be maintained, and strict control over building height and urban development be implemented. Selecting appropriate tree species and forms based on local environmental conditions and using analytical data for management planning are also essential for promoting the sustainable health and management of urban plane trees.

Cite this article: Shahandeh, R., Javanmiri Pour, M., Soofi Mariv, H., Babaloo, M., Etemad, V. (2025). The impact of urban development on the structural components and sustainability of plane trees with an ecological-management approach (Case study: Valiasr street, Tehran). *Journal of Forest and Wood Products*, 78 (3), 253-272. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwp.2025.396712.1353>



© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwp.2025.396712.1353>



دانشگاه تهران

نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۰۵۳۰

سایت نشریه: <https://jfwf.ut.ac.ir>

تأثیر عوامل محیطی بر ویژگیهای ساختاری و پایداری درختان چنار

با رویکرد اکولوژیکی-مدیریتی

(مطالعه موردی: محدوده تقاطع پارک وی تا میدان تجریش)

رضا شاهنده^۱ | محسن جوانمیری پور^{۲*} | حمید صوفی مریو^۳ | مهدی بابالو^۴ | وحید اعتماد^۵

۱. گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. رایانامه: rezashahandeh@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: mjavanmiri@ut.ac.ir
۳. کارشناس معاونت پژوهشی و فناوری، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: soofi@ut.ac.ir
۴. کارشناس معاونت پژوهشی و فناوری، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mbabaloo.ut.ac.ir
۵. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: vetemad@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

کلیدواژه:

توسعه شهری،

خیابان ولیعصر،

سلامت درختان،

مدیریت فضای سبز.

درختان چنار (*Platanus orientalis* L.) به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی تهران و نقش مؤثر در تلطیف هوا و تعدیل میکروکلیم از گونه‌های شاخص فضای سبز شهری، به‌ویژه در خیابان ولی‌عصر هستند. این پژوهش، با هدف بررسی عوامل محیطی و مدیریتی مؤثر بر ساختار و پایداری درختان چنار در محدوده پارک‌وی تا میدان تجریش و با رویکرد اکولوژیکی-مدیریتی انجام شد. تمام درختان چنار با قطر بیش از ۲۰ سانتی‌متر به روش سرشماری مورد ارزیابی قرار گرفتند و ویژگی‌های رویشی و شرایط محیطی آنها ثبت شد. نتایج نشان داد در این محدوده ۱۱۶۶ درخت در ضلع شرقی و ۱۲۶۹ درخت در ضلع غربی وجود دارد که به‌ترتیب ۹۷ و ۱۲۷ پایه خشک شده‌اند. میانگین ارتفاع درختان، ۲۰ تا ۲۱ متر و میانگین قطر، ۴۶ تا ۴۸ سانتی‌متر بود. تراکم در ضلع غربی بیشتر و بیشترین ارتفاع درختان، ۲۸ متر ثبت شد. تحلیل آماری، بیانگر رابطه معنی‌دار بین افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، کاهش فاصله درخت تا ساختمان و افت شادابی و افزایش خشکیدگی درختان بود. ساخت‌وسازهای نوساز و مرتفع، بیشترین اثر منفی را بر سلامت چنارها داشتند. حفاظت از درختان موجود، رعایت فاصله مناسب ساختمان و درخت، کنترل ارتفاع و توسعه شهری، و انتخاب گونه و فرم مناسب براساس شرایط اکولوژیکی برای بهبود وضعیت و مدیریت پایدار درختان توصیه می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی بهینه فضای سبز شهری باشد.

استناد: شاهنده، رضا، جوانمیری پور، محسن، صوفی مریو، حمید، بابالو، مهدی، اعتماد، وحید (۱۴۰۴). تأثیر عوامل محیطی بر ساختار و پایداری درختان چنار با رویکرد اکولوژیکی-مدیریتی (مطالعه موردی: محدوده تقاطع پارک وی تا میدان تجریش). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۸ (۳)، ۲۷۲-۲۵۳.
DOI: <https://10.22059/jfwf.2025.396712.1353>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

<https://doi.org/10.22059/jfwf.2025.396712.1353>



۱. مقدمه

جنگل‌های شهری و فضای سبز، به‌عنوان اجزای حیاتی محیط‌زیست شهری، نقش مهمی در بهبود کیفیت هوا، کاهش آلودگی‌های محیط زیستی، ارتقای سلامت جسمی و روانی شهروندان و زیباسازی منظر شهری ایفا می‌کنند [۱]. توسعه و نگهداری این فضاها به‌ویژه در کلانشهرهای پرجمعیت، از اولویت‌های برنامه‌ریزی شهری و مدیریت پایدار به‌شمار می‌رود [۲، ۳]. درختان چنار شرقی (*Platanus orientalis* L.) به‌دلیل سازگاری بالا با شرایط اقلیمی و نقش مؤثر در تلطیف هوا، از گونه‌های شاخص فضای سبز شهری تهران به‌ویژه در خیابان ولیعصر هستند که علاوه بر جنبه‌های زیبایی‌شناختی، در تنظیم میکروکلیمای شهری و کاهش آلودگی‌ها نقش به‌سزایی دارند [۴، ۵].

با وجود اهمیت این درختان، توسعه فیزیکی و ساخت‌وسازهای گسترده در خیابان ولیعصر فشارهای زیادی بر ساختار، سلامت و پایداری درختان چنار وارد کرده است [۶]. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که عوامل متعددی از جمله کمبود مواد مغذی به‌ویژه آهن، فشردگی و تهویه ناکافی خاک، وجود لایه‌های نفوذناپذیر در خاک، تراکم نامناسب کاشت، آلودگی هوا و باران‌های اسیدی، و ابتلا به بیماری‌ها و آفات، از مهم‌ترین دلایل زوال و خشکیدگی درختان چنار در فضای سبز شهری هستند [۷، ۸]. توسعه فیزیکی و ساخت‌وسازهای شهری تأثیرات قابل توجهی بر ساختار، سلامت و شادابی درختان در محیط‌های شهری دارند. فعالیت‌های عمرانی مانند حفاری، خاکبرداری و عبور ماشین‌آلات سنگین، می‌توانند به تنه، تاج و ریشه درختان آسیب‌های جدی وارد کنند [۳۱]. علاوه بر این، ریختن مصالح ساختمانی و فشردگی خاک اطراف ریشه‌ها باعث کاهش نفوذپذیری خاک و تهویه نامناسب ریشه‌ها شده و روند رشد درختان را مختل می‌سازد [۱۲]. پمپ کردن آب‌های زیرزمینی برای رفع نیازهای ساخت‌وساز نیز موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی می‌شود که منبع آبی حیاتی برای بسیاری از درختان شهری است و کاهش آن باعث تنش آبی و در نتیجه خشکیدگی و کاهش شادابی درختان می‌گردد [۱۱].

از سوی دیگر، توسعه فیزیکی شهر معمولاً با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها و کاهش فاصله آنها از درختان همراه است. این تغییرات موجب کاهش میزان نور خورشید و تهویه مناسب در محیط رشد درختان می‌شوند. سایه‌افتادگی ساختمان‌های بلند، نیز کاهش روند فتوسنتز و گردش هوا را به‌دنبال دارد و منجر به افت سلامت کلی درختان می‌شود. همچنین، عملیات ساختمانی ممکن است خاک را با مواد شیمیایی آلوده کرده و شرایط میکروارگانیسم‌های مفید خاک را مختل کند که این امر ریشه درختان را آسیب‌پذیرتر می‌سازد [۳۷]. از دیدگاه کلان، خشک شدن یا حذف درختان در فضای شهری نه تنها باعث کاهش کیفیت منظر و زیبایی محیط می‌شود، بلکه باعث افت تنوع زیستی، افزایش آلودگی هوا و تشدید اثر جزیره حرارتی می‌گردد که تماماً بر کیفیت زندگی شهری تأثیر منفی می‌گذارد [۳۲].

از نظر بوم‌شناختی، تراکم زیاد درختان و کاشت نامناسب باعث رقابت شدید برای منابع حیاتی مانند آب، نور و مواد مغذی شده و مقاومت درختان را در برابر عوامل محیطی کاهش می‌دهد [۱۴]. تغییرات شدید اقلیمی نیز مانند نوسانات دما و خشکسالی‌های مکرر، فشار مضاعفی بر بوم‌سازگان شهری وارد می‌کنند که نیازمند راهبردهای مدیریتی جامع است [۱۵].

در زمینه مدیریت، مدل‌های یکپارچه مدیریت فضای سبز شهری که تلفیقی از رویکردهای اکولوژیک، فنی و مشارکتی هستند، موفقیت بیشتری در حفظ سلامت و پایداری درختان خیابانی داشته‌اند [۱۶]. این مدل‌ها شامل برنامه‌ریزی دقیق کاشت با رعایت فاصله مناسب، استفاده از گونه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی، آبیاری بهینه با سیستم‌های قطره‌ای، اصلاح خاک و تغذیه مناسب، پایش مستمر سلامت درختان و مشارکت شهروندان در نگهداری فضای سبز می‌شوند [۱۷].

نمونه‌های موفق بین‌المللی مانند شهرهای اروپایی و آمریکای شمالی، با اجرای برنامه‌های جامع مدیریت فضای سبز، کاهش قابل توجهی در زوال درختان خیابانی داشته‌اند. به‌عنوان مثال، شهر ونکوور کانادا با استفاده از سیستم‌های هوشمند آبیاری، اصلاح خاک و برنامه‌های آموزشی مشارکتی، توانسته است سلامت درختان خیابانی را بهبود بخشد و خدمات بوم‌سازگانی آنها را حفظ کند [۱۸]. همچنین، شهرهای اروپایی با تأکید بر کاشت گونه‌های بومی مقاوم، ایجاد کمربندهای سبز و مدیریت جامع آلودگی هوا، موفق به افزایش تاب‌آوری بوم‌سازگان‌های شهری شده‌اند [۱۸].

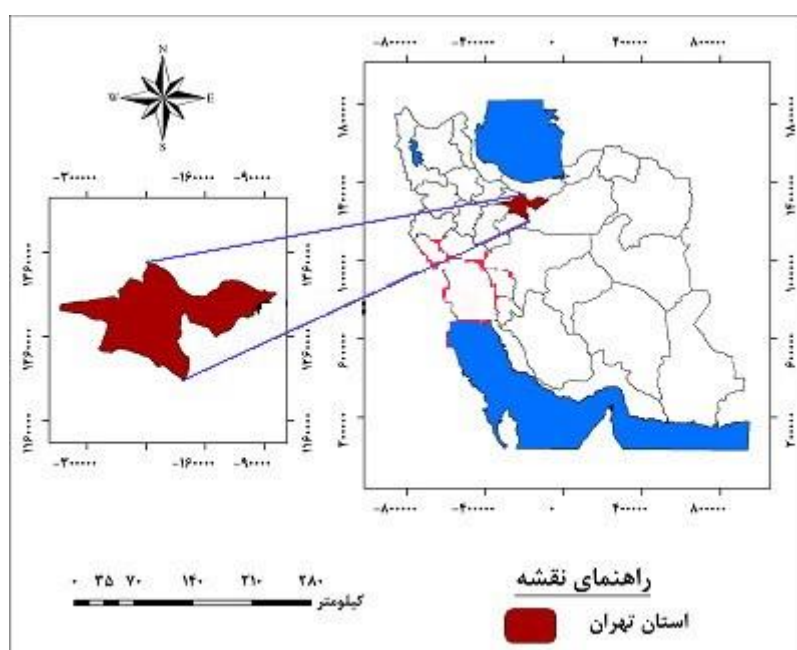
با توجه به اهمیت تاریخی، محیط زیستی و اجتماعی درختان چنار خیابان ولیعصر، این پژوهش با رویکردی اکولوژیکی-

مدیریتی، به بررسی عوامل مؤثر بر سلامت، ساختار و پایداری این درختان می‌پردازد تا با ارائه راهکارهای علمی و عملی، زمینه حفظ و توسعه پایدار این بوم سازگان ارزشمند فراهم گردد. نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های شهری و ارتقای کیفیت زندگی در شهر تهران و سایر کلانشهرهای مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

استان تهران با ۱۸۹۰۹ کیلومتر مربع مساحت، فضایی معادل ۱/۲ درصد مساحت کل کشور را به‌خود اختصاص داده است. این استان از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۳۴° ۵۲' تا ۳۶° ۲۱' عرض شمالی و ۵۰° ۱۰' تا ۵۳° ۱۰' طول شرقی قرار دارد. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است. تهران یکی از شهرستان‌های استان تهران است. این شهرستان در مرکز استان تهران قرار دارد و از سه بخش مرکزی، کن و آفتاب تشکیل شده است. این شهرستان از شمال به شهرستان شمیرانات و استان البرز، از مشرق به شهرستان پردیس، از جنوب به شهرستان‌های پاکدشت، ورامین، ری و اسلامشهر و از مغرب به شهرستان‌های قدس، شهریار و استان البرز محدود می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور

۲-۲. روش انجام مطالعه

در این پژوهش، به‌منظور بررسی اثر عوامل مختلف محیطی بر فاکتورهای رویشی درختان، تمامی درختان موجود در توده‌های مورد مطالعه آماربرداری شدند. این آماربرداری به‌صورت مقایسه‌ای و در شرایط محیطی متنوع شهری انجام گرفت تا تأثیرات محیطی متفاوت بر رشد و ویژگی‌های رویشی درختان مشخص شود. بنابراین به‌منظور انجام این بررسی درختان چهار موجود در خیابان ولیعصر با قطر بالای ۲۰ سانتی‌متر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. حد شمارش ۲۰ سانتی‌متر برای قطر درخت چهار در خیابان ولیعصر به این دلیل در نظر گرفته شده است که درختانی با قطر کمتر معمولاً در مراحل اولیه رشد بوده و بررسی اثر عوامل محیطی بر فاکتورهای رویشی نیازمند نمونه‌هایی بالغ‌تر و با اندازه مناسب است. قطر ۲۰ سانتی‌متر به‌عنوان حداقل اندازه‌ای است که درخت را

به مرحله‌ای می‌رسند که قابل مطالعه و مقایسه برای ویژگی‌های رویشی باشد. علاوه بر این، درختان چنار به‌طور میانگین دارای قطر تنه معمولاً بین ۷۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر هستند و قطرهای بسیار کوچک (کمتر از ۲۰ سانتی‌متر) به درختان جوان یا نارس تعلق دارد که ممکن است پاسخ آنها به شرایط محیطی متفاوت از درختان بالغ و نسبتاً بزرگ باشد. بنابراین انتخاب این حد، به هدف انجام مطالعه با نمونه‌هایی که نماینده وضعیت رویشی واقعی هستند کمک می‌کند.

آماربرداری در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران به‌صورت ۱۰۰ درصد در ارتفاع برابر سینه انجام شد. درختان چنار موجود در کنار خیابان‌ها، رفوژ بلوارها و میادین شهری مورد نظر از تقاطع پارک وی تا میدان تجریش اندازه‌گیری شدند. پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه شامل مجموعه‌ای از ویژگی‌های رویشی درختان است که به‌منظور ارزیابی وضعیت سلامت و رشد آنها انتخاب شده‌اند. این پارامترها عبارتند از: تقارن و قطر تاج، شعاع تاج از سمت خیابان و پیاده‌رو، قطر برابر سینه (در ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر)، ارتفاع کل درخت، ارتفاع تنه، درصد سلامتی و شادابی، و همچنین نسبت برگ‌ریزی و خشکیدگی سرشاخه‌ها. اندازه‌گیری قطر برابر سینه (DBH) در این تحقیق با استفاده از نوار قطرسنج و در ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر از سطح زمین انجام شد [۲۰]. برای تعیین ارتفاع درختان نیز از دستگاه سونتو (شیب‌سنج) استفاده شد. این دستگاه مقدار شیب نوک درخت ($Tg(\alpha)$) و شیب بن درخت ($Tg(\beta)$) را به‌صورت درجه یا درصد نمایش می‌دهد [۲۰]. ارتفاع درخت با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$h = B \times (tg(\alpha) - tg(\beta)) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، h : ارتفاع درخت بر حسب متر، B : فاصله افقی تا درخت بر حسب متر، $tg(\alpha)$: درصد شیب نوک درخت و $tg(\beta)$: درصد شیب بن درخت می‌باشد. این روش امکان اندازه‌گیری ارتفاع درختان را فراهم می‌کند و به‌همراه سایر پارامترهای رویشی، تصویر کاملی از وضعیت رشد و سلامت درختان مورد مطالعه ارائه می‌دهد. در روش میدانی، قطر تاج درخت به‌صورت مستقیم از روی زمین اندازه‌گیری می‌شود. برای این کار معمولاً دو قطر اصلی (حداکثر و حداقلی) در دو جهت عمود بر هم اندازه‌گیری می‌شوند و قطر متوسط این دو به‌عنوان قطر تاج درخت در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه مساحت تاج که مرتبط با قطر تاج است، معمولاً از فرمول مساحت بیضی استفاده می‌کنند، چون تاج درخت به‌صورت تقریباً بیضی شکل است. فرمول مساحت بیضی به‌صورت رابطه ۲ است:

$$A = \frac{d_1}{2} \times \frac{d_2}{2} \times \pi \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه ۲، A : سطح تاج و d_1 و d_2 دو قطر عمود بر هم تاج درخت هستند. در مورد اندازه‌گیری تقارن یا عدم تقارن تاج درخت، این موضوع به بررسی شکل هندسی تاج و فاصله شاخه‌ها یا بخش‌های مختلف تاج نسبت به مرکز درخت برمی‌گردد. در این مطالعه، از مقایسه طول یا سطح بخش‌های مختلف تاج (مثلاً تقسیم تاج به چهار قسمت و اندازه‌گیری قطر یا مساحت هر قسمت) استفاده شد. اگر قطرهای یا مساحت‌ها در بخش‌های مختلف متفاوت باشند، نشان‌دهنده عدم تقارن تاج است.

خشکیدگی شاخه‌ها به‌صورت درصدی از تعداد یا طول شاخه‌های خشک نسبت به کل شاخه‌های بررسی شده انجام گردید. در این روش، ارزیابی بصری خشکیدگی، از طریق بررسی تغییر رنگ، بافت خشک و سایر علائم ظاهری خشکی است. می‌توان با تقسیم‌بندی تاج در قسمت‌های مختلف و درصدگیری از شاخه‌های خشک نسبت به کل، میزان خشکیدگی را محاسبه کرد. بر این اساس، خشکیدگی درختان به پنج طبقه مختلف تقسیم شد. هرکدام از درختان مورد مطالعه براساس شدت خشکیدگی، در طبقه مشخص قرار گرفتند. درجات خشکیدگی شامل کمتر از ۲۰ درصد، ۲۰-۴۰ درصد، ۴۰-۶۰ درصد، ۶۰-۸۰ درصد، کاملاً خشکیده (بیش از ۸۰ درصد) بود [۳۳].

اندازه‌گیری درصد سلامتی و شادابی براساس ارزیابی ظاهری برگ‌ها، سرشاخه‌ها و تاج درخت انجام شد. درصد شادابی معمولاً نشان‌دهنده نسبت بخش‌های سالم و زنده در کل تاج یا شاخه‌ها به کل حجم یا تعداد آنها است. ارزیابی‌های کیفی یا کمی با شمارش برگ‌های سالم در مقابل برگ‌های بیمار یا آسیب‌دیده، همراه با بررسی رنگ، بافت و اندازه برگ‌ها انجام شد. همچنین،

برگریزی (خزان) با شمارش تعداد برگ‌های ریخته شده در یک بازه زمانی مشخص نسبت به تعداد کل برگ‌های تاج با برآورد اولیه برگ‌های روی شاخه‌ها اندازه‌گیری گردید.

نمونه‌برداری در این پژوهش در فصل رویش انجام شد (تابستان). در گونه‌هایی مانند چنار در خیابان‌هایی با فاصله مناسب درختان، غالباً تاج‌ها فضای کافی برای رشد دارند و کمتر با هم تداخل پیدا می‌کنند. برای مشاهده نوک درختان چنار سعی گردید از طرف مقابل، عملیات دیدرفتن به نوک و بن آنها انجام گردد. برخلاف بسیاری درختان دیگر، چون درختان چنار کمتر با هم اختلاط پیدا می‌کنند، دید رفتن به نوک آنها در محیط‌های شهری با مشکلات کمتری همراه است. همچنین منابع تأمین آب مورد نیاز درختان چنار و روش آبیاری آنها شامل آب رودخانه، آب جاری کانال پیاده‌رو، نشستی، قطره‌ای و بارانی تحت فشار است [۲۹، ۳۰].

محل استقرار درخت و اندازه‌گیری ویژگی‌های عوامل فیزیکی شهری نزدیک درخت از قبیل فاصله یقه تا نزدیکترین ساختمان، ارتفاع ساختمان، عمر ساختمان (در حال ساخت، نوساز، فرسوده)، محل استقرار ساختمان نسبت به درخت (شمال، جنوب، شرق، غرب)، فاصله درخت از نزدیکترین درخت دیگر، نوع مصالح (خاک، چمن، سازه سخت) از دیگر موارد بررسی شده در این مطالعه است.

منظور از محل استقرار درخت، مکانی است که درخت در آن قرار گرفته و رشد می‌کند. این محل شامل شرایط فیزیکی و محیطی اطراف درخت مانند نوع خاک، میزان نور، تهویه هوا، دسترسی به آب و سایر عوامل محیطی است که تأثیر مستقیم بر رشد، سلامت و پایداری درخت دارند. فاصله درخت از نزدیکترین درخت دیگر به معنای مسافت فیزیکی بین یک درخت با درخت مجاور آن است که معمولاً بر روی زمین یا به وسیله ابزارهای اندازه‌گیری مشخص می‌شود. این فاصله یکی از عوامل مهم در تعیین تراکم کاشت درختان و شرایط رشد آنهاست.

نوع مصالح برای هر محل استقرار درخت مشخص شد. برای ساختمان (حیات، پیاده‌رو اطراف ساختمان، بستر کنار دیوار و غیره) نوع مصالح شامل آسفالت، بتن، کاشی/سنگفرش، خاک فشرده، شن یا مخلوط‌های مصالح ساختمانی بود.

در این پژوهش، طبقات ارتفاعی شامل ۱۳۰۰-۱۲۰۰، ۱۴۰۰-۱۳۰۰، ۱۵۰۰-۱۴۰۰، ۱۶۰۰-۱۵۰۰ و بیش از ۱۶۰۰ متر و طبقات ارتفاع ساختمان، کمتر از ۳/۵، ۳/۵-۱۰/۵، ۱۰/۵-۱۷/۵، ۱۷/۵-۲۴/۵، ۲۴/۵-۳۱/۵ و بیش از ۳۱/۵ متر، فاصله طوقه (یقه) شامل پنج طبقه کوچکتر از ۳، ۳-۵، ۵-۷، ۷-۹ و بیش از ۹ متر و نیز فاصله طوقه تا نزدیکترین درخت شامل پنج طبقه کوچکتر از ۳، ۳-۶، ۶-۹، ۹-۱۲ و بیش از ۱۲ متر در نظر گرفته شد.

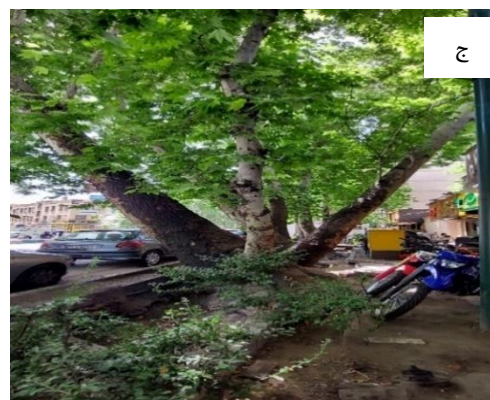
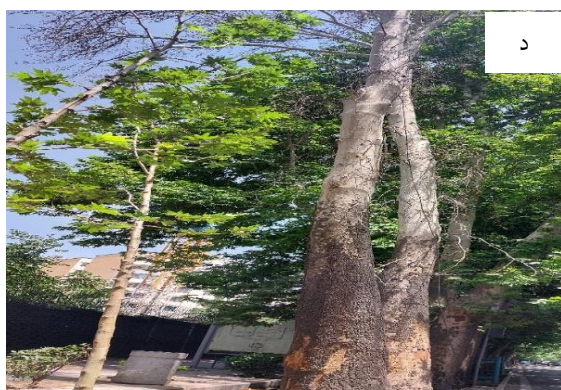
علاوه بر این، با انجام مصاحبه‌های تخصصی با کارشناسان حوزه محیط‌زیست و فضای سبز شهری، منابع اصلی آلودگی آب، خاک، هوا و صوت شناسایی و تحلیل شد. در نهایت، داده‌های به‌دست‌آمده از مشاهدات میدانی و آنالیزها و تحلیل‌های انجام‌شده، به‌منظور شناسایی نقاط بحرانی و تعیین علل اصلی آسیب به درختان و محیط‌زیست منطقه، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. برای تکمیل مطالب تصاویری از درختان چنار و شرایط محیطی موجود در خیابان ولیعصر ارائه شده است (شکل ۲).

در تصویر (الف) چند درخت تنومند در حاشیه خیابان مشاهده می‌شوند که طوقه آنها در محدوده جدول و فضای سبز قرار دارد. سطح زمین اطراف ریشه‌ها و یقه درختان به‌طور کامل دچار آب‌گرفتگی شده است. در تصویر (ب) چند درخت در حاشیه خیابان مشاهده می‌شوند که یقه آنها در معرض آب‌ماندگی و تجمع پساب یا آب آلوده قرار گرفته است. در تصویر (ج) یک درخت کهنسال و تنومند در حاشیه خیابان مشاهده می‌شود که چندین شاخه قطور از پایانه تنه اصلی منشعب شده‌اند. فضای اطراف درخت توسط خودروها، موتورسیکلت و تأسیسات شهری (مانند تیر چراغ برق) احاطه شده است. تصویر (د) نمایی از چند درخت در محیط شهری را نشان می‌دهد. درختان موجود در تصویر از نظر سن و وضعیت رویشی متفاوت هستند. برخی دارای تنه قطور و آثار خشکی یا آسیب در بخش‌هایی از تاج و پوست تنه هستند، در حالی که درختان دیگر جوان‌تر و با شادابی بیشتری مشاهده می‌شوند.

در این مطالعه، برای بررسی همبستگی بین ویژگی‌های ساختاری درختان چنار و عوامل محیطی، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. معنی‌داری این ضرایب همبستگی با آزمون t مربوط به ضریب همبستگی پیرسون بررسی گردید و مقدار P-value برای هر رابطه محاسبه شد.

علاوه بر آن، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌منظور کاهش ابعاد داده‌ها و استخراج مهم‌ترین عوامل مؤثر بر متغیرهای مورد بررسی انجام شد. این روش با تبدیل متغیرهای اصلی به تعدادی مؤلفه مستقل و غیرهمبسته، امکان تفسیر ساده‌تر و شناسایی

الگوهای پنهان در داده‌ها را فراهم می‌آورد. استفاده از PCA به‌ویژه در مطالعات اکولوژیکی و محیط‌زیستی که داده‌ها معمولاً دارای پیچیدگی و چندبعدی هستند، بسیار مفید است.



شکل ۲. تصاویری از درختان چنار در شرایط موجود در خیابان ولیعصر تهران

در نهایت، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی تفاوت‌های معنی‌دار آماری بین گروه‌های مختلف داده‌ها بکار گرفته شد. این آزمون به تعیین این موضوع کمک می‌کند که آیا تفاوت‌های مشاهده شده بین گروه‌ها ناشی از عوامل مورد مطالعه است یا صرفاً به دلیل تغییرات تصادفی در داده‌ها می‌باشد. این آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار PC-ORD و نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام گردید. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های متغیرهای اصلی، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. نتایج نشان داد که برخی از متغیرها دارای توزیع نرمال نیستند (مقادیر Sig. کمتر از ۰/۰۵)، بنابراین نرمال‌سازی داده‌ها با تبدیل‌های ساده مانند لگاریتمی و ریشه دوم روی داده‌ها انجام شد. سپس با استفاده از آنالیزهای آماری، مانند آزمون ANOVA به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد.

۳. یافته‌های پژوهش

مهم‌ترین نتایج حاصل از بررسی وضعیت درختان چنار خیابان ولیعصر در محدوده پارک وی تا میدان تجریش نشان می‌دهد که تعداد کل درختان در ضلع شرقی، ۱۱۶۶ و در ضلع غربی، ۱۲۶۹ اصله است. در این میان، ۹۷ پایه درخت در ضلع شرقی و ۱۲۷ پایه درخت در ضلع غربی دچار خشکیدگی شده‌اند. میانگین ارتفاع درختان، حدود ۲۰ تا ۲۱ متر و میانگین قطر تنه آنها بین ۴۶ تا ۴۸ سانتی‌متر است. میانگین محیط تنه نیز حدود ۱/۴۵ تا ۱/۵ متر اندازه‌گیری شده است. تراکم درختان در ضلع غربی کمی بیشتر

بوده و به‌طور متوسط هر ۱/۷ متر یک درخت وجود دارد. همچنین، بلندترین درختان، ارتفاعی تا ۲۸ متر دارند و تنومندترین درخت با محیط ۴/۴ متر در نزدیکی موزه سینما واقع شده است (جدول ۱).

جدول ۱. فراوانی و وضعیت چنارهای خیابان ولیعصر حدفاصل پارک وی تا میدان تجریش

ردیف	ویژگی	ضلع شرقی	ضلع غربی
۱	تعداد کل درختان	۱۱۶۶	۱۲۶۹
۲	تعداد درختان خشک	۹۷	۱۲۷
۳	درختان خشک کمتر از ۳ متر (به حالت مجسمه و ...)	۳۷	۹
۴	درختان آسیب‌دیده (پوست رفته، چوب نمایان)	۷۱	۶۵
۵	درختان کج به سمت پیاده رو	۴۷	۷۸
۶	درختان کج به سمت خیابان	۵	۳۹
۷	درختان تاج بریده شده	۱۵۰	۶۱
۸	میانگین ارتفاع درختان	۲۱ متر	۲۰ متر
۹	میانگین ابعاد تاج	۸/۵ × ۴/۸ متر	۷/۲ × ۴/۸ متر
۱۰	میانگین محیط	۱/۵ متر	۱/۴۵ متر
۱۱	میانگین قطر	۴۸ سانتی متر	۴۶ سانتی متر
۱۲	ارتفاع بلندترین درخت	۲۸ متر (چند درخت)	۲۷ متر (چند درخت)
۱۳	محیط قطور ترین درخت	۲/۳ متر	۳ متر نبش خ محمودیه
۱۴	میانگین تراکم درختان	هر ۱/۹ متر، یک درخت	هر ۱/۷ متر، یک درخت
۱۵	بلندترین ارتفاع محدوده مربوط به درختان ۲۸ متری روبه‌روی موزه سینما بوده و رکورد تنومندترین درخت مربوط به درخت روبه‌روی موزه، نبش موسسه کهریزک با محیط ۴/۴ متر می باشد.		

نتایج نشان داد که بین پارامترهای ارتفاع از سطح دریا و فاصله طوقه تا ساختمان با تمامی ویژگی‌های ساختاری رابطه معنی‌دار آماری وجود دارد ($P < 0/001$). همچنین ارتفاع ساختمان با درصد خشکیدگی ($P < 0/001$)، خزان ($P < 0/001$)، شادابی ($P < 0/001$)، ارتفاع درخت ($P < 0/001$)، قطر برابر سینه ($P < 0/001$)، تقارن تاج‌پوشش ($P < 0/001$) و فرم تنه رابطه معنی‌دار داشت، اما با قطر تاج پوشش و شعاع تاج‌پوشش از خیابان و پیاده‌رو رابطه معنی‌دار مشاهده نشد ($P > 0/05$). فاصله طوقه تا نزدیک‌ترین درخت نیز به‌جز قطر تاج‌پوشش با سایر خصوصیات گیاهی رابطه معنی‌دار آماری نشان داد ($P < 0/001$) (جدول ۲).

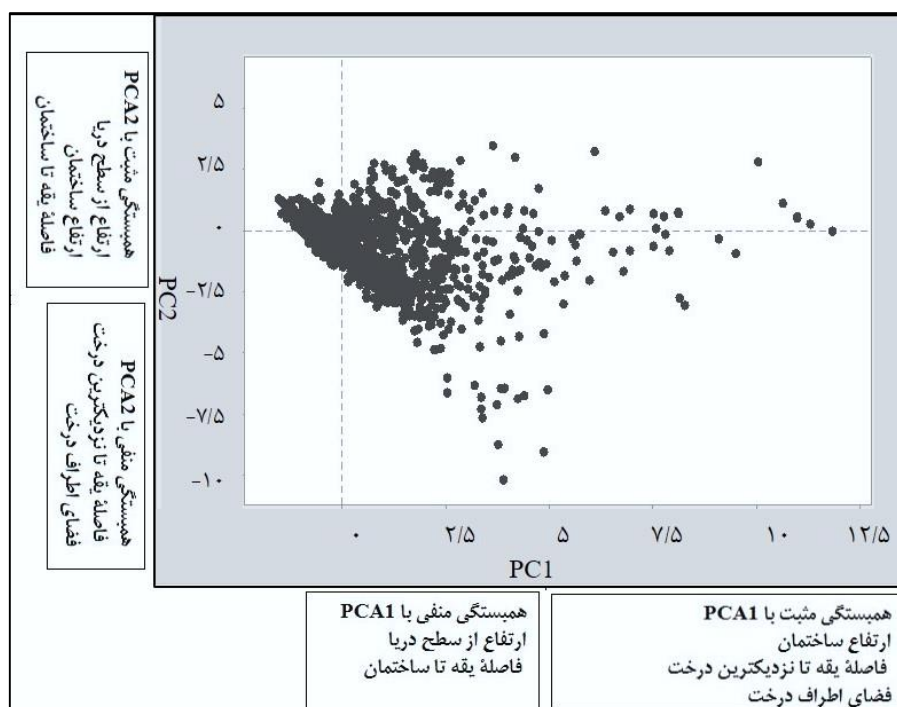
جدول ۲. ضرایب همبستگی ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با عوامل محیطی

فاکتور ساختاری	خشکیدگی (درصد)	خزان (درصد)	شادابی (درصد)	ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	تقارن تاج‌پوشش	قطر تاج‌پوشش (متر)	شعاع تاج‌پوشش (متر)
عوامل محیطی								
ارتفاع از سطح دریا	-۰/۱۹۸***	-۰/۲۳۹***	۰/۲۷۱***	۰/۳۲۸***	-۰/۴۶۶***	۰/۱۵۱***	۰/۰۳۳*	-۰/۰۳۷*
ارتفاع ساختمان	۰/۰۴۷***	۰/۰۴۶***	-۰/۰۴۲***	۰/۰۵۶***	۰/۰۴۵***	-۰/۰۸۷***	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶
فاصله طوقه تا ساختمان	-۰/۰۶۴***	-۰/۰۸۳***	۰/۰۹۳***	-۰/۰۷۲***	-۰/۱۰۸***	۰/۲۵۱***	-۰/۰۹۴***	۰/۱۰۹***
فاصله طوقه تا نزدیک‌ترین درخت	۰/۱۹۱***	۰/۲۶۴***	-۰/۲۶۶***	-۰/۱۴۴***	۰/۵۱۷***	-۰/۰۳۰***	۰/۰۱۲	۰/۰۷۵***
فضای اطراف درخت	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۰۲۷*	-۰/۰۳۹**	۰/۰۴۳**	۰/۰۰۴*	۰/۰۵۲***	۰/۰۳۳*

(*** $P < 0/001$ - ** $P < 0/01$ - * $P < 0/05$ - $P < 0/05$)

نتایج آزمون PCA نشان داد دو مؤلفه PC1 و PC2 به‌ترتیب دارای مقدار ویژه ۲/۲۸۱۲ و ۱/۳۵۷۱ می‌باشند و سهم ۳۱/۶ درصد و ۱۹/۴ درصد (در مجموع ۵۲ درصد) از متغیرها را به‌خود اختصاص داده‌اند. این پراکنش مناطق براساس خصوصیات گیاهی

و عوامل محیطی صورت گرفته است (شکل ۳).



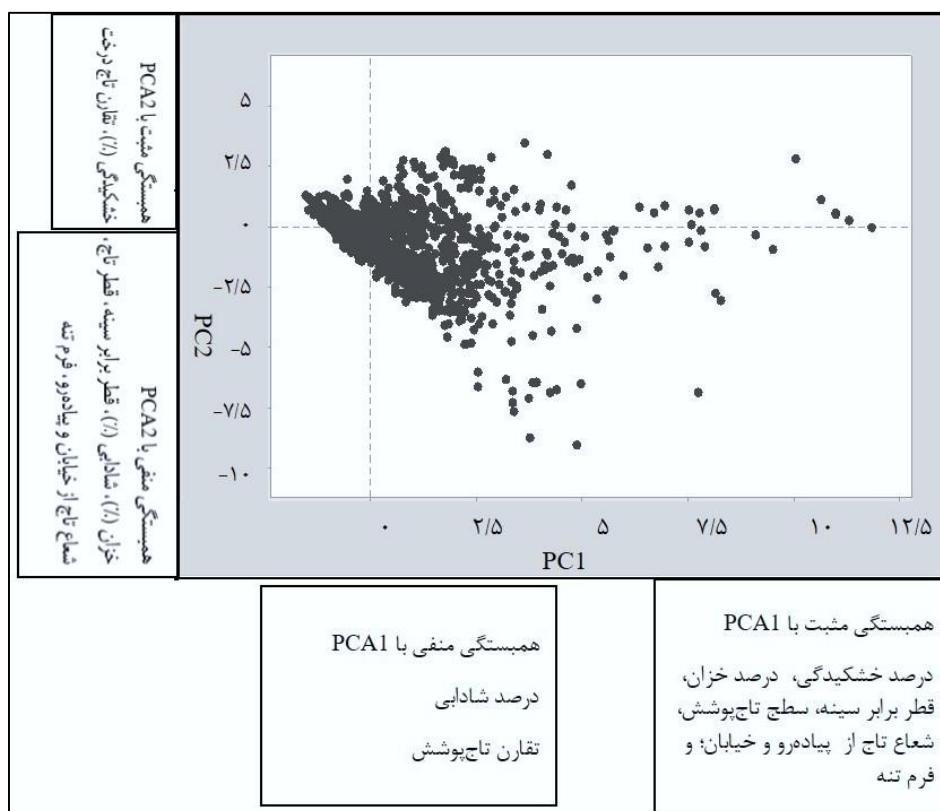
شکل ۳. جداسازی نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از خصوصیات گیاهی با روش آنالیز آماری مؤلفه‌های اصلی (PCA) و همبستگی و ارتباط مؤلفه‌ها با عوامل محیطی

با توجه به شکل ۴، نمودار PCA1 با درصد خشکیدگی، درصد خزان، قطر برابر سینه، قطر تاج‌پوشش و شعاع تاج‌پوشش از پیاده‌رو و خیابان رابطه مثبت و با درصد شادابی و تقارن تاج‌پوشش رابطه منفی دارد. همچنین نمودار PCA2 با درصد خشکیدگی و تقارن تاج‌پوشش رابطه مثبت و با درصد خزان، درصد شادابی، قطر برابر سینه، قطر تاج‌پوشش و شعاع تاج‌پوشش از خیابان و پیاده‌رو رابطه منفی دارد.

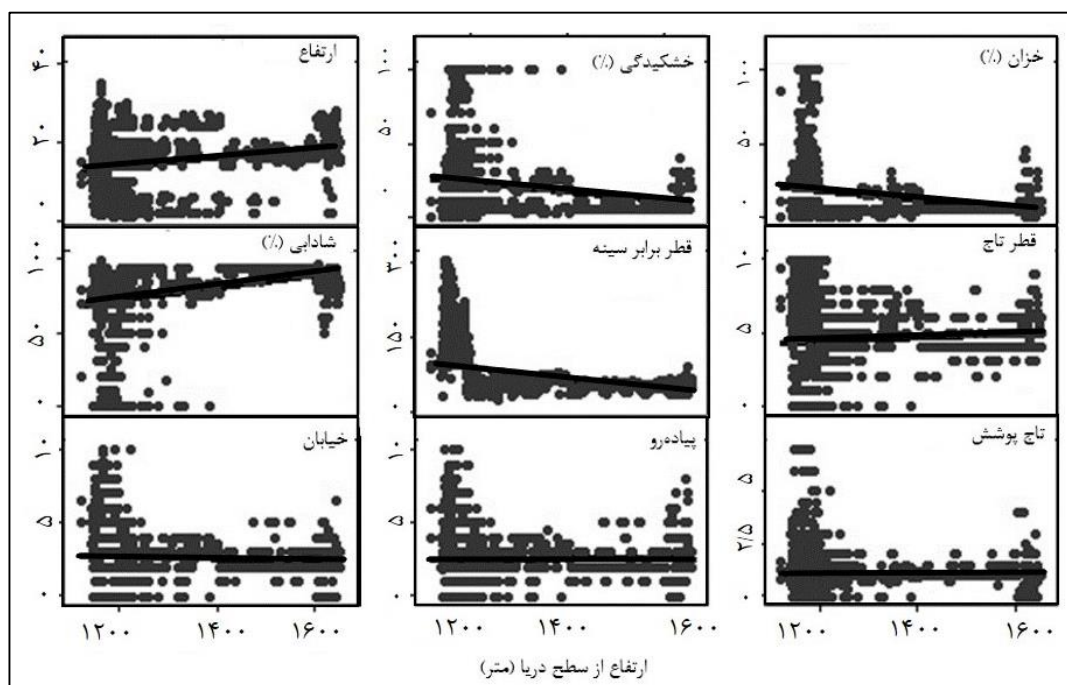
نتایج حاصل از آنالیز عوامل محیطی و ویژگی‌های ساختاری درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه یک شهر تهران در حد فاصل تقاطع پارک وی تا میدان تجریش هر یک از خصوصیات گیاهی به تفکیک در نمودارهای ارائه شده بررسی شده‌اند (شکل ۵). در ارتفاعات ۱۲۵۰، ۱۴۵۰ و ۱۶۰۰ متر درختان چنار دارای کمترین نسبت برگ‌ریزی و خشکیدگی، ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو، اما دارای بیشترین درصد شادابی و قطر تاج هستند.

نتایج حاصل از پراکندگی ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با فاکتور محیطی ارتفاع ساختمان نشان می‌دهد ارتفاع ساختمان با ویژگی‌های ساختاری درختان چنار شامل ارتفاع درخت، نسبت برگ‌ریزی و خشکیدگی، قطر برابر سینه، قطر تاج، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو و تقارن تاج رابطه مثبت معنی‌دار و با درصد شادابی رابطه منفی دارد (شکل ۶ و جدول ۳).

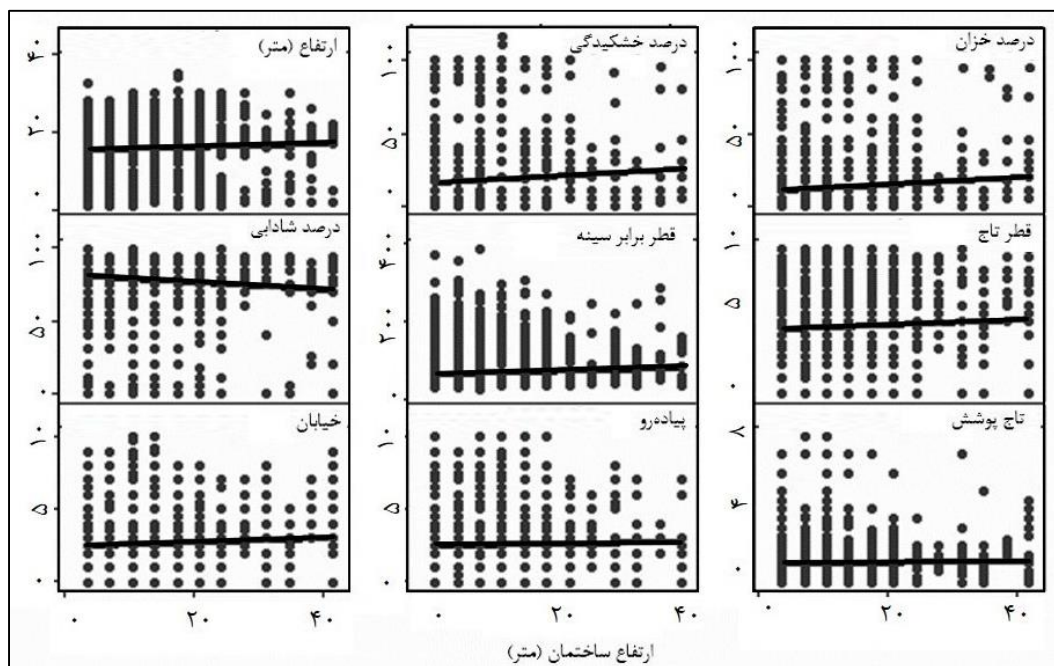
نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان می‌دهد که تمامی ویژگی‌های ساختاری و سلامت درختان چنار خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش شامل ارتفاع درخت، درصد خشکیدگی، درصد خزان، درصد شادابی، قطر برابر سینه، قطر تاج‌پوشش، نسبت تقارن تاج‌پوشش و شعاع تاج‌پوشش در طبقات مختلف ارتفاعی از سطح دریا به‌طور معنی‌داری متفاوت هستند (سطح معنی داری برابر با ۰/۰۰۰). با افزایش ارتفاع، پارامترهای مهمی مانند ارتفاع درخت، قطر تاج‌پوشش و قطر برابر سینه افزایش یافته و درصد خشکیدگی کاهش یافته است. همچنین درصد خزان و شادابی درختان براساس طبقات ارتفاعی تغییر قابل توجهی داشته و تقارن تاج در ارتفاعات بالاتر به سمت تقارن کامل میل می‌کند (جدول ۳).



شکل ۴. جداسازی نمونه‌های مطالعاتی با استفاده از عوامل محیطی با روش آنالیز آماری مؤلفه‌های اصلی (PCA) و همبستگی و ارتباط با خصوصیات رویشی و شادابی گیاهی



شکل ۵. نمودارهای پراکندگی ابر نقاط ویژگی‌های ساختاری درختان چنار از سطح دریا در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران



شکل ۶. نمودارهای پراکندگی ابر نقاط ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با ارتفاع ساختمان در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران

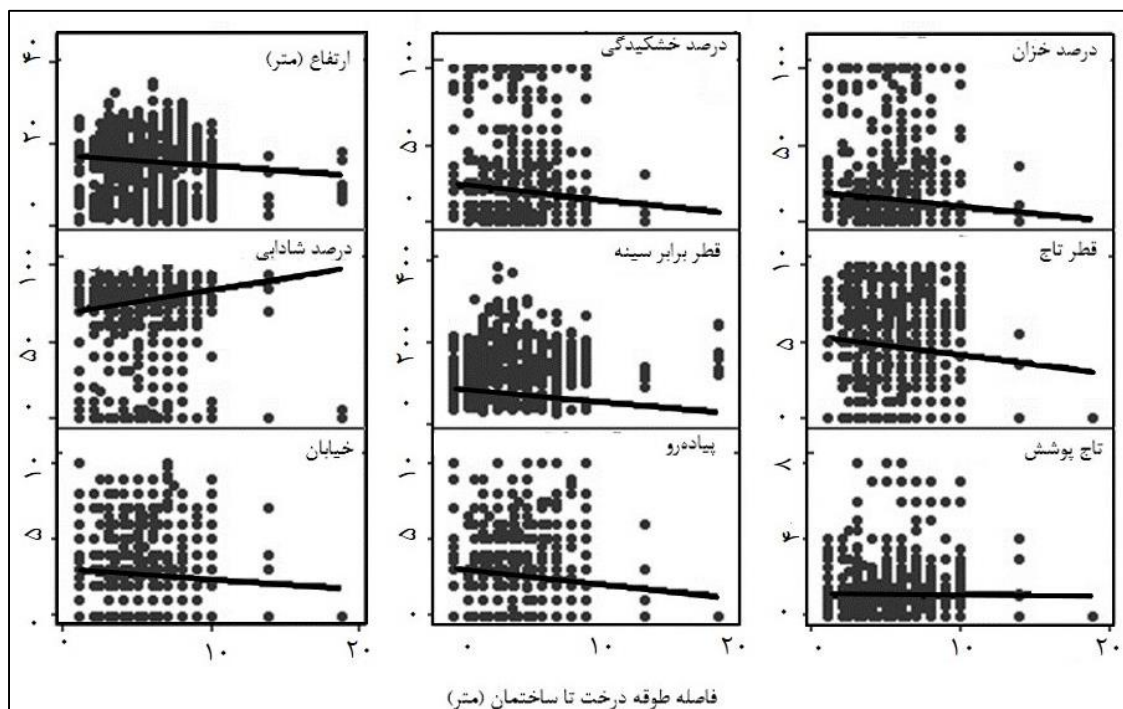
جدول ۳. آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) براساس طبقات ارتفاعی از سطح دریا و ویژگی‌های ساختاری درختان چنار

در خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش

ویژگی	ارتفاع درخت (متر)	خشکیدگی (درصد)	خزان (درصد)	شادابی (درصد)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	قطر تاج پوشش (متر)	تقارن تاج پوشش (نسبت)	شعاع تاج	
								از خیابان (متر)	از پیاده‌رو (متر)
۱۳۰۰-۱۲۰۰	۱۴/۴	۱۳/۳	۶/۷	۸۵/۸	۴۷/۴	۴/۳	۰/۸۵	۲/۳۳	۲/۱۴
۱۴۰۰-۱۳۰۰	۱۳/۹	۱۶/۵	۵/۸	۸۲/۳	۵۷/۳۵	۴/۸	۰/۷۳	۲/۴۵	۲/۴
۱۵۰۰-۱۴۰۰	۱۵	۵/۵	۵	۹۲/۶	۵۱/۸	۴/۴	۱	۲/۴۶	۲/۲
۱۶۰۰-۱۵۰۰	۱۷	۵/۸	۶	۹۴	۵۳/۷	۴/۱۵	۱	۲/۵۵	۲/۴۸
>۱۶۰۰	۱۷/۲	۵/۶	۵	۹۴/۵	۵۱/۱	۴/۲۵	۱	۲/۲۲	۲/۱
معنی‌داری	./...***	./...***	./...***	./...***	./...***	./...***	./...***	./...***	./...***

($P < .05$ - $P < .01$ - $P < .001$)

نتایج حاصل از آنالیز عامل محیطی فاصله یقه تا ساختمان با ویژگی‌های ساختاری درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران، گونه نشان داد که به‌صورت میانگین، درختان در فاصله ۱۹ متری یقه تا ساختمان، دارای بیشترین درصد خشکیدگی، نسبت برگ‌ریزی و قطر برابر سینه و دارای کمترین درصد شادابی، ارتفاع درخت، قطر تاج، تقارن تاج و شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو می‌باشند. در فاصله ۷/۵ متری یقه تا ساختمان نیز بیشترین قطر تاج، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو و کمترین قطر برابر سینه درخت مشاهده می‌شود. همچنین در فاصله ۱۴ متری طوقه تا ساختمان دارای بیشترین تقارن تاج و کمترین درصد خشکیدگی و ارتفاع درخت می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷. نمودارهای پراکندگی ابر نقاط ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با فاصله یقه تا ساختمان در خیابان ولیعصر در منطقه یک شهر تهران

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که ارتفاع ساختمان‌ها در خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش، تأثیر معنی‌داری بر تمامی ویژگی‌های ساختاری و سلامت درختان چنار شامل ارتفاع درخت، درصد خشکیدگی، درصد خزان، درصد شادابی، قطر برابر سینه، قطر تاج پوشش، تقارن تاج پوشش و شعاع تاج پوشش دارد (سطح معنی‌داری همه ویژگی‌ها برابر با ۰/۰۰۰ است). به‌طور کلی، با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، ارتفاع درختان و قطر تاج پوشش افزایش یافت، اما درصد خشکیدگی، خزان و شادابی نوسان داشت که نشان‌دهنده تأثیر محیط شهری و ارتفاع ساختمان‌ها بر وضعیت سلامت و رشد درختان است. تقارن تاج پوشش درختان نیز در محدوده‌های مختلف ارتفاع ساختمان تقریباً ثابت و نزدیک به یک است (جدول ۴).

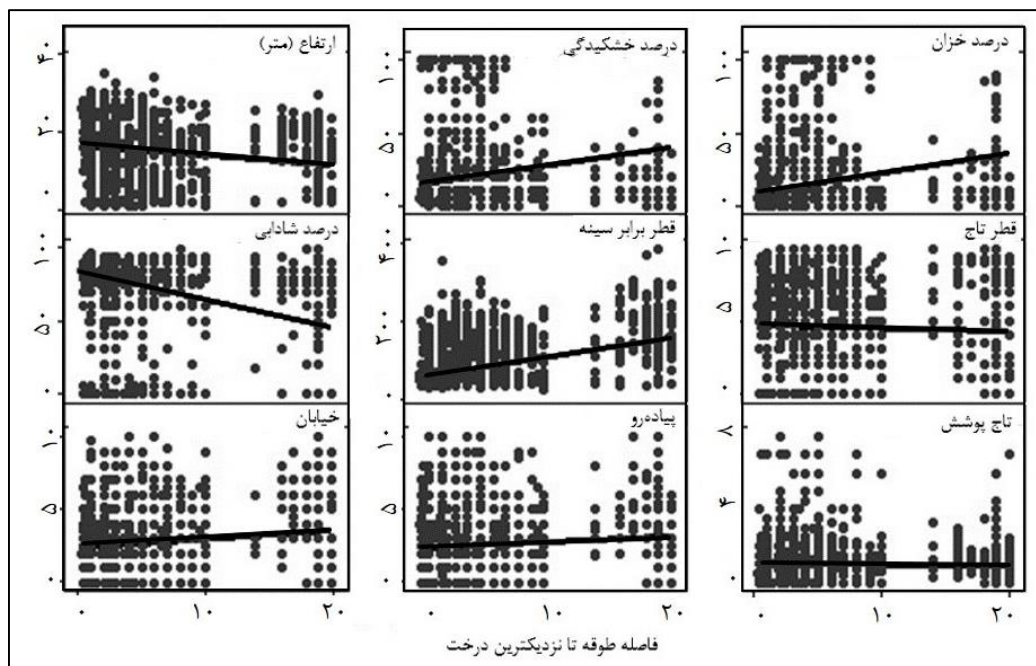
جدول ۴. آنالیز واریانس یک‌طرفه براساس ارتفاع ساختمان و ویژگی‌های ساختاری درختان چنار در خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش

ارتفاع ساختمان (متر)	فاکتور	ارتفاع درخت (متر)	خشکیدگی (درصد)	خزان (درصد)	شادابی (درصد)	قطر برابر سینه (سانتی متر)	قطر تاج پوشش (متر)	تقارن تاج پوشش (نسبت)	شعاع تاج	
									از خیابان (متر)	از پیاده رو (متر)
<۳/۵	۱۴/۷	۹/۶	۸۲	۱۵/۳	۶۳/۸	۴/۵	۰/۴۵	۲/۴۵	۱	
۳/۵-۱۰/۵	۲۲/۵	۱۶/۲۵	۷۱/۳۵	۱۵/۷	۷۶/۹	۴/۵	۰/۷	۲/۶	۱	
۵/۱۰-۵/۱۷	۲۱/۱	۱۶/۵	۷۲/۴	۱۵	۸۱/۸	۴/۹	۰/۸۵	۲/۸	۱	
۱۰/۱۷-۱۷/۲۴	۱۸	۱۲/۸۵	۸۰/۴	۱۸/۷	۶۹	۵	۰/۸۵	۲/۶	۱	
۱۷/۲۴-۲۴/۳۱	۱۸	۱۵/۴۵	۸۰/۷	۱۴/۷۵	۶۷	۴	۰/۹	۲/۲۵	۱	
>۳۱/۵	۲۱/۳	۱۵/۵	۷۴/۲	۱۵/۷۵	۷۱/۸	۵/۹	۰/۹۵	۲/۵۵	۱/۵	
معنی داری	****	****	****	****	****	****	****	****	****	

معنی‌داری: /...***-P<۰/۰۰۰***-P<۰/۰۰۰***-P<۰/۰۰۰***

نتایج حاصل از پراکندگی ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با فاکتور محیطی فاصله یقه تا نزدیکترین درخت بیانگر این است که فاصله یقه تا نزدیکترین درخت با ویژگی‌های ساختاری درختان چنار شامل نسبت برگ‌ریزی و خشکیدگی، قطر برابر سینه، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو و رابطه معنی‌دار مثبت و با ارتفاع درخت، درصد شادابی، قطر تاج و تقارن تاج رابطه معنی‌دار منفی دارد.

(جدول ۵، شکل ۸).



شکل ۸. نمودارهای پراکندگی ابر نقاط ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با فاصله یقه تا نزدیکترین درخت در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بر اساس طبقه‌بندی فاصله طوقه تا ساختمان در خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش نشان می‌دهد که فاصله طوقه درختان چنار تا سازه، تأثیر معنی‌داری بر تمامی ویژگی‌های ساختاری و سلامت درختان شامل ارتفاع درخت، درصد خشکیدگی، درصد خزان، درصد شادابی، قطر برابر سینه، قطر تاج پوشش، تقارن تاج پوشش و شعاع تاج پوشش (از خیابان و پیاده‌رو) دارد (سطح معنی‌داری ۰/۰۰۰). به‌طور کلی، با افزایش فاصله طوقه تا ساختمان، ارتفاع درختان، قطر برابر سینه و قطر تاج پوشش افزایش یافته است و درصد خشکیدگی و خزان کاهش یافته‌اند، که بیانگر بهبود وضعیت سلامت و رشد درختان در فواصل بیشتر از سازه‌ها است. همچنین درصد شادابی نیز در این فواصل افزایش یافته است. نسبت تقارن تاج پوشش درختان نیز تقریباً ثابت و برابر با یک بوده است (جدول ۵).

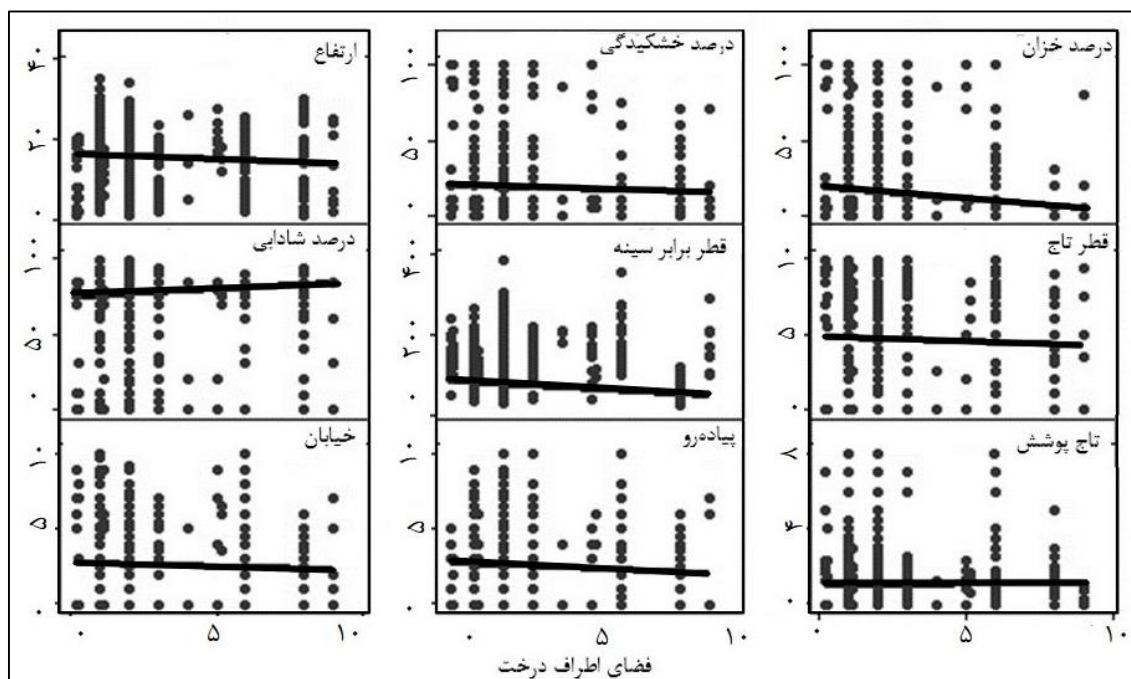
جدول ۵. آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بر پایه طبقه‌بندی فاصله طوقه تا ساختمان و ویژگی‌های ساختاری درختان چنار در خیابان ولیعصر از محدوده پارک وی تا میدان تجریش

فاصله طوقه تا سازه (متر)	فاکتور							
	ارتفاع درخت (متر)	خشکیدگی (درصد)	خزان (درصد)	شادابی (درصد)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	تقارن تاج پوشش (نسبت)	شعاع تاج (متر)
<۳	۱۴/۴	۲۹/۴	۲۴/۵۵	۶۳/۳	۹۷/۹	۴/۹	۱	۳
۳-۵	۱۷/۲	۱۸/۳	۱۱	۷۶	۷۱	۵	۰/۹۵	۲/۶
۵-۷	۱۵/۲	۱۳/۶	۱۰/۲۳	۸۴	۶۲/۵	۴/۵	۱	۲/۵
۷-۹	۱۵/۸	۱۶/۵	۱۰	۷۸/۳۵	۶۲/۳	۴/۵۵	۱	۲/۶
>۹	۱۳	۲۹/۵	۲۸/۷	۶۱/۶	۱۰۵/۵	۳/۸	۱	۲/۵
معنی‌داری	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***

(P<۰/۰۵*-P<۰/۰۱**-P<۰/۰۰۱***)

عامل محیطی فضای اطراف درخت با خصوصیات گیاهی ارتفاع درخت، درصد شادابی، تقارن تاج تفاوت معنی‌دار مثبت و با

ویژگی‌های گیاهی مانند درصد خشکیدگی، نسبت برگ‌ریزی، قطر برابر سینه، قطر تاج، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو تفاوت معنی‌دار منفی از خود نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹. نمودارهای پراکندگی ابر نقاط ویژگی‌های ساختاری درختان چنار با فضای اطراف درخت در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه براساس فاصله طوقه تا نزدیکترین درخت در خیابان ولیعصر از پارک وی تا میدان تجریش نشان می‌دهد که این فاصله تأثیر معنی‌داری بر تمامی ویژگی‌های ساختاری و سلامت درختان چنار شامل ارتفاع درخت، درصد خشکیدگی، درصد خزان، درصد شادابی، قطر برابر سینه، قطر تاج‌پوشش، تقارن تاج‌پوشش و شعاع تاج‌پوشش (از خیابان و پیاده‌رو) دارد (سطح معنی‌داری ۰/۰۰۰). به‌طور کلی، با افزایش فاصله طوقه تا نزدیکترین درخت، ارتفاع درخت و قطر تاج‌پوشش کاهش یافته اما درصد خشکیدگی و خزان افزایش یافته است، در حالی که درصد شادابی کاهش یافته است. نسبت تقارن تاج‌پوشش تقریباً ثابت و برابر با یک باقیمانده است (جدول ۶).

جدول ۶. آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بر پایه فاصله طوقه تا نزدیکترین درخت و ویژگی‌های ساختاری درختان چنار در خیابان ولیعصر از پارک وی تا میدان تجریش

فاصله طوقه تا نزدیکترین درخت	فاکتور	ارتفاع درخت (متر)	خشکیدگی (درصد)	خزان (درصد)	شادابی (درصد)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	قطر تاج‌پوشش (متر)	تقارن تاج‌پوشش (نسبت)	شعاع تاج (متر)	از خیابان	از پیاده‌رو
< ۳	۱۶	۱۴/۴۵	۹/۲	۸۲/۷۵	۵۸/۷	۴/۷	۱	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۳-۶	۱۴	۲۴/۸	۱۸/۹	۶۹/۱۵	۱۰۵	۴/۶	۱	۲/۸	۲/۸	۲/۶	۲/۶
۶-۹	۱۳	۳۲/۲۵	۲۶/۲۵	۶۱/۸۵	۸۵/۲	۴/۶	۱	۲/۶	۲/۶	۲/۳	۲/۳
۹-۱۲	۱۵	۱۷/۴۵	۸	۷۳/۷۵	۸۵	۵/۳	۱	۳/۶	۳/۶	۳/۱	۳/۱
> ۱۲	۱۳	۳۵	۳۴/۸	۵۲	۷۸/۷۵	۴	۰/۸۸	۳/۳	۳/۳	۳	۳
معنی‌داری	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***

($P < 0.05$ - $P < 0.01$ - $P < 0.001$)

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) مربوط به ویژگی‌های ساختاری درختان چنار واقع در خیابان ولیعصر (منطقه یک شهر تهران) در ارتباط با تأثیر ساختمان‌های نوساز، در جدول ۷ ارائه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد ویژگی‌های گیاهی از جمله ارتفاع درخت،

درصد شادابی، قطر برابر سینه، تقارن تاج و فرم تنه تحت تأثیر وجود ساختمان نوساز دارای اختلاف معنی‌دار هستند (جدول ۷).

جدول ۷. آنالیز واریانس یکطرفه فاکتورهای ساختاری بر پایهٔ ساختمان نوساز بر روی درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران

معنی‌داری	۱	۰	ساختمان نوساز فاکتور ساختاری
***	۱۸/۹±۷	۱۵/۳۵۶±۶/۸	ارتفاع درخت
۰/۴۴۲	۱۸/۶۷±۲۴/۷۷	۱۷/۳±۲۶/۸	درصد خشکیدگی
۰/۱۷۰	۱۳/۹۵±۱۶/۹۶	۱۲±۲۱/۵	نسبت برگ‌ریزی
۰/۰۰۱***	۷۲/۹±۲۴/۰۸	۷۹/۲۵±۲۸/۲	درصد شادابی
۰/۰۰۶***	۷۶/۰۸±۵۹/۱۴	۶۸/۱۶۳±۴۲/۲۵	قطر برابر سینه
۱	۴/۹±۲/۱	۴/۶۷± ۲/۴۹	قطر تاج
۰/۳۵۹	۲/۷۷±۱/۸۸	۲/۶±۲/۴۵	شعاع تاج از خیابان
۰/۱۰۸	۲/۸۲±۱/۶۷	۲/۵۶±۲/۴۵	شعاع تاج از پیاده‌رو
***	۰/۴۷±۰/۵	۰/۶۵±۰/۴۷	تقارن تاج

($P<۰/۰۵^*-P<۰/۰۱^{***}-P<۰/۰۰۱^{***}$)

جدول ۸ نتایج آنالیز واریانس خصوصیات گیاهی بر پایهٔ ساختمان قدیمی بر روی درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ یک شهر تهران را نشان می‌دهد. براساس نتایج، خصوصیات گیاهی شامل ارتفاع درخت، شعاع تاج در سمت خیابان و پیاده‌رو، و همچنین فرم تنه تحت تأثیر عامل محیطی ساختمان‌های قدیمی دارای اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۸. آنالیز واریانس یکطرفه فاکتورهای ساختاری براساس ساختمان قدیمی بر روی درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران

معنی‌داری	۱	۰	ساختمان قدیم‌ساز فاکتور ساختاری
***	۱۵/۹۲±۶/۸	۱۷/۴±۶/۸	ارتفاع درخت
۰/۳۱۰	۱۷/۵۴±۲۷/۳۴	۶/۴±۲۲/۶	درصد خشکیدگی
۰/۸۱۴	۱۲/۱۳±۲۱/۷۸	۱۱/۹±۱۷/۸	نسبت برگ‌ریزی
۰/۶۵۸	۷۸/۷۷±۲۴۸/۵۸	۷۸/۲۵±۲۴/۷۵	درصد شادابی
۰/۷۹۲	۶۸/۶۵۵±۴۳/۰۴	۶۸/۱۸±۴۵/۰۴	قطر برابر سینه
***	۲/۵۷±۱/۵۹	۲/۹۴± ۵/۰۱	قطر تاج
***	۲/۵۱±۱/۵۸	۲/۸۹±۴/۹	شعاع تاج از خیابان
***	۲/۵۱±۱/۵۸	۲/۸۹±۴/۹۹	شعاع تاج از پیاده‌رو
***	۰/۶۵±۰/۴۷	۰/۸۶±۰/۴۹	تقارن تاج

($P<۰/۰۵^*-P<۰/۰۱^{***}-P<۰/۰۰۱^{***}$)

در جدول ۹، آنالیز واریانس خصوصیات گیاهی بر پایهٔ ساختمان در حال ساخت بر روی درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ یک شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بیانگر این است که با خصوصیات گیاهی شامل درصد خشکیدگی، درصد شادابی، قطر برابر سینه، شعاع تاج از خیابان و پیاده‌رو و تقارن تاج تحت تأثیر عامل محیطی ساختمان در حال ساخت دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

جدول ۹. آنالیز واریانس یک‌طرفه فاکتورهای ساختاری براساس ساختمان درحال ساخت بر روی درختان چنار در خیابان ولیعصر در منطقه ۱ شهر تهران

فاکتور ساختاری	۰	۱	معنی‌داری
ارتفاع درخت	۱۵/۴۹ ± ۶/۹	۱۶/۱ ± ۶/۷۷	۰/۱
درصد خشکیدگی	۱۷/۶۴ ± ۲۷/۰۵	۱۴/۵ ± ۲۲/۳۸	۰/۰۲۷*
نسبت برگ‌ریزی	۱۲/۲۴ ± ۲۱/۵	۱۰/۶۶ ± ۱۹/۱۸	۰/۱۶۴
درصد شادابی	۷۸/۴۵ ± ۲۸/۲	۸۱/۳۷ ± ۲۶/۱۳	۰/۰۵۱*
قطر برابر سینه	۶۸/۹۸ ± ۴۴/۱	۶۴/۳۴ ± ۳۳/۸۲	۰/۰۴۵*
قطر تاج	۴/۷ ± ۲/۵	۴/۵۸ ± ۱/۸	۰/۳۹۳
شعاع تاج از خیابان	۲/۶۵ ± ۲/۵	۲/۳۲ ± ۱/۱۲	۰/۰۷۲*
شعاع تاج از پیاده‌رو	۲/۵۹ ± ۲/۵	۲/۳۲ ± ۱/۱۲	۰/۰۳۸*
تقارن تاج	۰/۶۳ ± ۰/۴۸	۰/۶۹ ± ۰/۴۹	۰/۰۱۴**

($P < ۰/۰۵^* - P < ۰/۰۱^{**} - P < ۰/۰۰۱^{***}$)

۴. بحث

یافته‌های این پژوهش نشان داد که خیابان ولیعصر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محورهای سبز شهری تهران، دارای تعداد قابل توجهی درخت چنار در محدوده پارک وی تا میدان تجریش است. با این حال، درصد قابل توجهی از این درختان دچار خشکیدگی و آسیب‌های ساختاری شده‌اند. به‌طور خاص، در ضلع غربی، تعداد درختان بیشتر از ضلع شرقی است، اما میزان خشکیدگی نیز در این بخش، بیشتر گزارش شد. به‌طور کلی، هرچند تعداد درختان در ضلع غربی بیشتر بود، اما میزان خشکیدگی، آسیب تنه و تاج و نیز اثرات منفی ناشی از تراکم ساختمان‌ها در این بخش بیشتر مشاهده شد. همچنین نتایج تحلیل‌ها تأکید کرد که عواملی همچون ارتفاع ساختمان، فاصله طوقه از ساختمان و آلودگی نهرها نقش تعیین‌کننده‌ای در سلامت و پایداری درختان دارند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها در مجاورت درختان با کاهش شادابی و افزایش خشکیدگی آنها همراه است. این یافته با نتایج Kiani و Mirshekari (۲۰۱۵) و Smith و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که محدودیت نور و تهویه ناشی از سایه‌اندازی ساختمان‌ها را از عوامل اصلی کاهش رشد درختان شهری معرفی کرده‌اند [۳۰، ۳۲]. در مطالعه Ordóñez Barona و همکاران (۲۰۲۲) نیز تأکید شد که افزایش تراکم ساختمانی در کلانشهرها باعث کاهش پایداری درختان خیابانی می‌شود [۱۹]. این نتایج، همگی بر نقش مستقیم عوامل کالبدی و طراحی شهری در سلامت درختان خیابانی تأکید دارند. از منظر بوم‌شناختی، محدودیت دسترسی به نور خورشید و کاهش جریان هوا نه تنها فرآیند فتوسنتز را مختل می‌کند، بلکه شرایط محیطی مناسب برای شیوع آفات و بیماری‌ها را نیز فراهم می‌سازد [۳۵]. بنابراین، مشابه با نتایج پژوهش حاضر، می‌توان گفت محدودیت فضا و کاهش تهویه از مهم‌ترین تهدیدات برای سلامت درختان چنار در خیابان ولیعصر است.

از دیدگاه مدیریتی، این یافته‌ها، ضرورت بازنگری در الگوی کاشت و نگهداری درختان خیابانی در تهران را نشان می‌دهد. همان‌گونه که Banerjee و همکاران (۲۰۱۵) بیان می‌کنند، طراحی شبکه سبز شهری باید با در نظر گرفتن فاصله کافی از ساختمان‌ها و ایجاد راهروهای تهویه شهری صورت گیرد تا اثرات منفی تراکم ساختمانی کاهش یابد [۴۰]. همچنین، در راستای توصیه‌های Martínez-Villa و همکاران (۲۰۲۴) می‌توان با مدیریت مناسب هرس و افزایش فضای نفوذپذیر خاک در اطراف درختان، شرایط بهتری برای رشد و توسعه ریشه و تاج درختان فراهم کرد [۳۹]. در مورد خیابان ولیعصر، سیاست‌های مدیریتی باید بر ایجاد تعادل میان حفظ بافت تاریخی-شهری و تأمین نیازهای بوم‌شناختی درختان چنار متمرکز شود، در غیر این صورت، کاهش تدریجی سلامت این درختان می‌تواند پیامدهای

منفی بر خدمات اکوسیستمی و هویت فرهنگی شهر به همراه داشته باشد.

نتایج نشان داد که افزایش ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها در مجاورت درختان با کاهش شادابی و افزایش خشکیدگی همراه است. این یافته با نتایج Kiani و Mirshekari (۱۳۹۴) و Wolf و همکاران (۲۰۲۰) همسو است که محدودیت نور و تهویه ناشی از سایه‌اندازی ساختمان‌ها را از عوامل اصلی کاهش رشد درختان شهری معرفی کرده‌اند [۲۲، ۲۳]. در مطالعه Ordóñez Barona و همکاران (۲۰۲۲) نیز تأکید شد که افزایش تراکم ساختمانی در کلان‌شهرها باعث کاهش پایداری درختان خیابانی می‌شود [۱۸]. نتایج مشابهی در پژوهش Ng و همکاران (۲۰۱۷) در هنگ‌کنگ نیز گزارش شد که در آن تراکم بالای ساختمان‌ها سبب ایجاد جزیره حرارتی شهری و افزایش تنش فیزیولوژیک درختان خیابانی گردید [۳۶]. بنابراین، مشابه با نتایج پژوهش حاضر، می‌توان گفت محدودیت فضا، کاهش جریان هوا، و افزایش دمای موضعی از مهم‌ترین تهدیدات برای سلامت درختان چنار خیابان ولیعصر است. این شرایط نه تنها به کاهش فتوسنتز و اختلال در تبادلات گازی منجر می‌شود، بلکه ریسک آفات و بیماری‌های درختان را نیز افزایش می‌دهد [۳۸]. بر همین اساس، مدیریت شهری باید در طراحی و بازآفرینی خیابان‌ها، به حفظ فاصله بهینه بین ساختمان‌ها و ردیف‌های درختی توجه کند و همچنین با بکارگیری تدابیری مانند استفاده از گونه‌های مقاوم‌تر به سایه یا ایجاد کانال‌های تهویه هوای شهری، اثرات منفی تراکم ساختمانی را کاهش دهد [۲۵، ۲۳، ۲۰]. نتایج نشان داد افزایش فاصله طوقه درختان از ساختمان‌ها با بهبود شادابی و تقارن تاج همراه است، در حالی که کاهش فاصله موجب افزایش خشکیدگی شد. این یافته با مطالعه Tafvizi و همکاران (۱۴۰۱) [۲۴] و همچنین پژوهش‌های بین‌المللی [۳۴، ۳۵ و ۱۹] که اهمیت فضای باز پیرامون ریشه و تاج درختان شهری را مورد تأکید قرار داده‌اند، همخوانی دارد. نتایج همچنین نشان داد که فاصله بیش از حد میان درختان می‌تواند به کاهش ارتفاع و شادابی منجر شود؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های Jaafari و همکاران (۲۰۱۸) متفاوت است [۲۶]. یکی از دلایل این تفاوت می‌تواند شرایط ویژه خیابان ولیعصر باشد، جایی که الگوی کاشت یکنواخت و تراکم نامتوازن درختان مشکلات مضاعفی ایجاد کرده است.

از نظر مدیریتی، این یافته‌ها نشان می‌دهد که طراحی فاصله کاشت درختان باید تعادلی میان فضای کافی برای رشد تاج و ریشه و جلوگیری از تراکم بیش از حد برقرار کند. رعایت این تعادل می‌تواند نه تنها شادابی و پایداری درختان را افزایش دهد، بلکه احتمال بروز خشکیدگی، آسیب به تاج و کاهش طول عمر درختان شهری را کاهش دهد. به عنوان مثال، ایجاد حریم تنفسی برای درختان و تنظیم فاصله کاشت با توجه به گونه و شرایط محیطی، می‌تواند از مهم‌ترین اقدامات در مدیریت فضای سبز شهری محسوب شود.

بررسی‌های آماری نشان داد که درختان واقع در ارتفاعات بالاتر (۱۶۰۰-۱۲۵۰ متر) دارای کمترین نسبت خشکیدگی و بیشترین شادابی هستند. این یافته با مطالعه Smith و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی دارد [۳۰]، زیرا آنها نیز شرایط اقلیمی و توپوگرافی را از عوامل اصلی تفاوت در سلامت درختان شهری معرفی کرده‌اند. به نظر می‌رسد که شرایط جوی مساعدتر، جریان هوای بهتر و کاهش غلظت آلاینده‌ها در ارتفاعات بالاتر، نقش کلیدی در بهبود شادابی و کاهش آسیب درختان ایفا می‌کنند.

از نظر مدیریتی، این یافته بر اهمیت طراحی مناسب فضای سبز با توجه به تفاوت‌های توپوگرافی و اقلیمی تأکید دارد. به عنوان مثال، در کاشت درختان جدید یا بازسازی پوشش گیاهی خیابانی، استفاده از گونه‌ها و الگوهای کاشت متناسب با شرایط ارتفاع و شیب زمین، می‌تواند سلامت و طول عمر درختان را بهبود بخشد. همچنین، در مناطق کم‌ارتفاع‌تر و با آلوده‌تر، اقدامات حمایتی مانند افزایش تهویه طبیعی، کاهش تراکم ساختمانی یا استفاده از سیستم‌های فیلتر و کنترل آلودگی می‌تواند به کاهش استرس محیطی بر درختان کمک کند [۲۷، ۲۸].

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که سلامت و پایداری درختان چنار خیابان ولیعصر به شدت تحت تأثیر عوامل

محیطی از جمله ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها، فاصله طوقه از ساختمان و درختان مجاور، کیفیت آب نهرها و شرایط توپوگرافی قرار دارد. علاوه بر این، عوامل انسانی مانند ساخت‌وسازهای نوساز و در حال احداث، مدیریت نامناسب آبیاری و هرس غیر اصولی نیز اثرات منفی قابل توجهی بر رشد، شادابی و طول عمر درختان دارند. این نتایج اهمیت ویژه‌ای برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت فضای سبز دارند. حفظ و ارتقای سلامت درختان چنار، نه تنها به افزایش طول عمر و پایداری درختان منجر می‌شود، بلکه به بهبود کیفیت محیط‌زیستی، افزایش رفاه اجتماعی شهروندان و تقویت عملکرد بوم‌سازگان‌های شهری کمک می‌کند. از این‌رو، اجرای سیاست‌های شهری مبتنی بر اصول علمی در کاشت، نگهداری و حفاظت از درختان، محدودیت در ساخت‌وسازهای بلندمرتبه در مجاورت درختان کهنسال و توجه به مدیریت آبیاری و هرس، از اهمیت اساسی برخوردار است.

در نهایت، این پژوهش بر نقش کلیدی هماهنگی میان برنامه‌ریزان شهری، مدیران فضای سبز و جامعه محلی در حفظ سرمایه‌های طبیعی شهر تأکید دارد و نشان می‌دهد که پیاده‌سازی رویکردهای مدیریتی جامع و علمی، می‌تواند سلامت، شادابی و پایداری درختان خیابانی را تضمین کند و کیفیت زندگی شهری را به‌طور چشمگیری ارتقا دهد.

۶. منابع

- [1] Akbarpour Saraskanroud, M. (2008). Study of the use of green space (urban parks) from the perspective of urban planning, a case study of District One of Tabriz Municipality. *Proceedings of the Third National Conference on Green Space and Urban Landscape*, pp. 43-53.
- [2] Pourhashmi, M., Khosropour, A. & Heidari, M. (2012). The assessment of hazardous oriental plane (*Platanus orientalis* Linn.) trees in Valiasr Street of Tehran. *Iranian Journal of Forest*, 4(3), 265-275.
- [3] Zare, S., Namiranian, M., Shabanali Fami, V. & Daneh Kar, A. (2017). Evaluating Tehran districts from perspective of urban forestry's structural indicators. *Iranian Journal of Forest*, 8(4), 405-418.
- [4] Gregorová, B., Černý, K., Holub, V. & Strnadová, V. (2010). Effects of climatic factors and air pollution on damage of London plane (*Platanus hispanica* Mill.). *Horticulture science*, 37(3), 109-117.
- [5] Khosropour, E., Atarod, P., Shirvany, A., Bayramzadeh, W. & Hakimi, L. (2019). Heavy metal accumulation and anatomical responses of plane plant to urban pollutions in two areas of Tehran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(4), 791-800.
- [6] Khosravi, M., Derikvandi, A. & Taseh, M. (2015). Study of Quality and Quantity Trees in Shourab ECO-Park of Khorramabad. *Journal of Forest Ecosystems Research*, 2(1), 57-73.
- [7] Carvalho, H.D.R., Aguilos, M.M., Ile, O.J., Howard, A.M., King, J.S. & Heitman, J.L. (2023). Water use of short-rotation coppice American sycamore (*Platanus occidentalis* L.) for bioenergy during establishment on marginal land in the North Carolina Piedmont. *Agricultural Water Management*, 276(2), 108071.
- [8] Lakzian, A., Feiziasl, V., Tehranifar, A., Halajnia, A., Rahmani, H., Pakdel, P., Mohseni, S. H. & Talebi, A. (2013). Evaluation of Dieback and Early Yellowing of Sycamore Trees in Mashhad by Using GGE Biplot Analysis. *Journal of Horticultural Science*, 27(3), 259-274.
- [9] Saghari, M., Saghari, M., Roosta, M. & Helalbaky, Y. (2020). Effects of plantation of *Rhus coriaria* and *Amygdalus scoparia* on some chemical properties of soil (Case study: Kakhk, Gonabad). *Forest Research and Development*, 6(2), 185-202.
- [10] Boor, Z., Hosseini, S. M., Soleimani, A. & Taheri Abkenar, K. (2022). Investigation of survival, growth and physiology of six afforested species under different irrigation regimes. *Forest Research and Development*, 8(1), 97-111.
- [11] Bista, D.R., Heckathorn, S.A., Jayawardena, D.M., Mishra, S. & Boldt, J.K. (2018). Effects of Drought on Nutrient Uptake and the Levels of Nutrient-Uptake Proteins in Roots of Drought-Sensitive and -Tolerant Grasses. *Plants (Basel)*, 7(2), 28.
- [12] Souden, S., Ennajeh, M., Ouledali, S., Massoudi, N., Cochard, H. & Khemira, H. (2020). Water relations, photosynthesis, xylem embolism and accumulation of carbohydrates and cyclitols in two Eucalyptus species (*E. camaldulensis* and *E. torquata*) subjected to dehydration– rehydration cycle. *Trees*, 34 (6), 1439- 1452.

- [13] Mohsenzadeh, S. & Akbari, Y. (2017). Effect of air pollution on some physiological indexes of Ulmus, Acer and Platanus plants in Shiraz city. *Journal of Environmental Science Studies*, 2(2), 387-396.
- [14] Majnoun Hosseini, N., Gholami, M.B., Jahansouz, M.R., Afshoon, E. & Rabieian, E. (2021). Effects of irrigation regime and plant density on some yield and ecological and physiological indications of chickpea (*Cicer arietinum* L). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(3), 163-174.
- [15] Dai, X., Wang, L., Gong, J., Niu, Z. & Cao, Q. (2025). Extreme weather characteristics and influences on urban ecosystem services in Wuhan Urban Agglomeration. *Geography and Sustainability*, 6(1), 100201.
- [16] Hatfi Farajian, M.H. & Hosseini, S. (2011). The importance of urban forestry and the introduction of the most important medicinal forest species cultivated in urban green spaces (Case study: Mashhad city), Regional Conference on Forests and Environment as a Guarantee of Sustainable Development, <https://civilica.com/doc/123455>.
- [17] Koeser, A., Hauerb, R., Norrisc, K. & Kroused, R. (2013). Factors influencing long-term street tree survival in Milwaukee, WI, USA, Urban Forestry&Urban Greening, 8 p.
- [18] Ordóñez Barona, C., Wolf, K., Kowalski, J.M., Kendal, D., Byrne, J.A. & Conway, T. M. (2022). Diversity in public perceptions of urban forests and urban trees: A critical review. *Landscape and Urban Planning*, 226(4), 104466.
- [19] Ordóñez, C. & Duinker, P. N. (2010). Interpreting Sustainability for Urban Forests, 12 PP.
- [20] Zobeiri, M. (2013). Forest inventory (Tree and Forest Measurement). Tehran University Press. Fourth edition, 424 p.
- [21] Pourdeihimi, S., Madani, R. & Mousavinia, F. (2022). Physical Factors Affecting the Perception of Density in Residential Environments, a Case Study of Residential Quarters in Mashhad. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 6(11), 43-61.
- [22] Kiani, A. & Mirshekari, M. (2016). Analyzing the Size of Trees Shade in Creating Shadows for Increasing the Pedestrians' Comfort in Streets of Zabol City. *Armanshahr Architecture and Urban Development*, 8(15), 345-356.
- [23] Wolf, K.L., Lam, S.T., McKeen, J.K., Richardson, G.R.A., van den Bosch, M., Bardekjian, AC. (2020). Urban Trees and Human Health: A Scoping Review. *Interntiona Journal of Environmental Research Public Health*, 17(12):4371.
- [24] Tafvizi, R., Habibi, A., Sheibani, M. & Vakilinejad, R. (2022). The Role of Canopy Height of Urban Green Spaces on Human Bioclimatic Comfort, (Case Study: Nazhvan Park in Isfahan). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 12(42), 171-204.
- [25] Imani, B., Firouzi Majandeh, A. & Kavni, R. (2017). Spatial distribution of green spaces and prioritization of land suitability with the aim of optimal park location (case study: Ardabil city). *Environmental Planning*, 10(37), 65-97.
- [26] Jafari, Sh., Alizadeh Shabani, A., Moin-al-Dini, M., Danehkar, A. & Alambeigi, A. (2018). Modeling the relationship between urban green space and air, noise and temperature pollution using land-based GIS metrics. *Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources (Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources)*, 9(31), 59-75.
- [27] Ali-Ahmad-Karouri, S., Shirvani, A., Matiniazadeh, M., Shabestani, Sh., & Valipour-Kahrour, H. (2011). Study of increment variations in Sycamore tree species at 5 sites in Tehran (case study: *Platanus orientalis*). *Iranian Journal of Forest*, 2(4), 345-355.
- [28] Ivanova, H., Bernadovivova, S. & Patricakova, K. (2007). Influence of changed ecological conditions on occurrence of London plane (*Platanus × hispanica* Munchh.) anthracnose. *Folica Oecologica*, 34(1), 1-8.
- [29] Panahi, P., Jaafari, A., Asgari, H., Pourhashemi, M. & Hasaninejad, M. (2023). Comparing water requirements of urban landscape plants in an arid environment: An application of the WUCOLS method in the National Botanical Garden of Iran. *Ecological Informatics*, 78(3), 102390.
- [30] Smith, I.A., Templer, P.H. & Hutyr, L.R. (2024). Water sources for street trees in mesic urban environments. *Science of the Total Environment*, 908(2), 168411.

- [31] Mahmoudi, R., Nasiri M. & Asadi, M. (2023). Investigating the Damages to the Trees due to the Traffic of Off-Road Vehicle in the Northern Forests of Iran. *Ecology of Iranian Forests*, 11(22), 110-119.
- [32] Salehi, K., Gandomkar, A. (2022). Investigating the Role of Tourism Development in Garden Houses in Reducing the Effects of the Urban Heat Island in Isfahan. *Geographical Journal of Tourism Space*, 42(3), 121-140.
- [32] Javanmiri Pour, M., Mohammadkhani Gilani, N. & Valipour, J. (2022). Comparison of decline in Persian oak (*Quercus brantii*) and Wild pistachio (*Pistacia atlantica*) in Zagros forests. *Journal of Arid Biome*, 12(2), 29-42.
- [34] Strashok, O., Bidolakh, D. & Ziemiańska, M. (2025). Ecosystem benefits of urban woody plants for sustainable green space planning: a case study from Wrocław. *Nature, Scientific Reports*, 15(3), 10999.
- [35] Dowtin, A. L., Cregg, B.C., Nowak, D.J. & Levia, D.F. (2023). Towards optimized runoff reduction by urban tree cover: A review of key physical tree traits, site conditions, and management strategies. *Landscape and Urban Planning*, 239, 104849.
- [36] Ng, E., Yuan, C., Chen, L., Ren, C. & Fung, J. (2011). Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 101(1), 59-74.
- [37] Salaavarzi Zadeh, M., Sheikhi, H. & Goldosti, Z. (2021). Identifying and analysis of factors affecting urban development with a futuristic approach (Case study: Ilam city). *Human Geography Research*, 53(4), 1491-1508.
- [38] Gillner, S., Vogt, J., Tharang, A., Dettmann, S. & Roloff, A. (2015). Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. *Landscape and Urban Planning*, 143(3), 33-42.
- [39] Martínez-Villa, J.A., Paquette, A., Feeley, K.J., Morales-Morales, P.A., Messier, C.M. & Durán, S. (2024). Changes in morphological and physiological traits of urban trees in response to elevated temperatures within an Urban Heat Island. *Tree Physiology*, 44(3), 12, 1-14.
- [40] Banerjee, Sh., Ching, N. Y., Yik, S. K., Dzyuban, Y., Crank, P. J., Yi, R. & Chow, W. (2022). Analysing impacts of urban morphological variables and density on outdoor microclimate for tropical cities: A review and a framework proposal for future research directions. *Building and Environment*, 225(2), 109646.