



دانشگاه سمنان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸

۱-۱۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.16424.1803

## ارزیابی و مدل‌سازی خطر آفرینی درختان چنار با استفاده از معیارهای تشخیصی

### خطر آفرینی و آنالیز مؤلفه اصلی

مژده نافیان<sup>۱</sup>، \* محسن بهمنی<sup>۲</sup>، الهام قهساره اردستانی<sup>۳</sup> و علی سلطانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران،

<sup>۲</sup>استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد و آزمایشگاه مرکزی، دانشگاه شهرکرد، ایران،

<sup>۳</sup>استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد و آزمایشگاه مرکزی، دانشگاه شهرکرد، ایران،

<sup>۴</sup>دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲

#### چکیده

**سابقه و هدف:** درختان خیابانی با وجود تمام سودمندی‌هایی که می‌توانند داشته باشند هر گونه عیب و نقص به دلیل فرتوتی درخت، کاهش مقاومت درخت به‌خاطر صنعتی بودن، پرجمعیت بودن و آلودگی آب و هوای شهرهای بزرگ و همچنین خشکسالی‌های مکرر ممکن است به بروز خطرهای مالی و جانی منجر شود. بنابراین ضرورت بررسی و شناسایی درختان خطرآفرین فضای سبز شهرهای بزرگ را افزایش داده است. برای این منظور، ارزیابی مقدار خطرآفرینی درختان چنار (*Plantanus orientalis* L.) فضای سبز خیابان عباس‌آباد شهر اصفهان و مدل پیش‌بینی خطر سقوط این درختان با استفاده از شبکه عصبی در سال ۱۳۹۷ پرداخته شد.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر شدت خطرآفرینی درختان چنار در خیابان عباس‌آباد شهر اصفهان با روش آماربرداری صد درصد با استفاده از متغیرهای کمی و معیارهای تشخیصی خطرآفرینی (کیفی یا عیوب) مورد مطالعه قرار گرفت. پس از تعیین سهم معیارهای خطرآفرین و درجه اهمیت آن‌ها در ۷۱۱ اصله درخت چنار، آنالیز تجزیه واریانس یک‌طرفه بین تعداد درختان در معیارهای مختلف خطرآفرینی صورت گرفت. در مرحله بعد، درختان از نظر معیارهای خطرآفرینی وزن‌دهی شدند. سپس بر مبنای اعداد حاصل از وزن‌دهی بر اساس طبقه‌بندی تجربی به ۵ طبقه خطرآفرین تقسیم شدند. همچنین به‌منظور پردازش داده‌های متغیرهای کمی، معیارهای تشخیصی خطرآفرینی (کیفی یا عیوب) و پارامترهای وزن‌دهی و طبقه‌های شدت خطرآفرینی از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و شبکه پرسپترون چند لایه شبکه عصبی استفاده شد.

**یافته‌ها:** با توجه به نتایج معیار تشخیصی خطرآفرینی درختان چنار، متغیرهای وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم (۶۱٪)، مشکلات ریشه (۵۹٪) و زخم روی تنه و ریشه (۵۵٪) بیش‌ترین سهم را دربر می‌گیرند. همچنین نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه معیارهای تشخیصی خطرآفرینی درختان چنار نشان داد که تعداد درختان بین ۴ طبقه فاقد خطر یا سالم، خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد در سطح خطای یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند. نتایج

\* مسئول مکاتبه: [mohsen.bahmani@sku.ac.ir](mailto:mohsen.bahmani@sku.ac.ir)

مقایسه میانگین آزمون دانکن نشان داد که طبقه خطر متوسط با طبقات خطر کم و خطر زیاد فاقد اختلاف معنی‌دار است و سایر طبقات با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار هستند. نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی نشان‌دهنده این است که محور اول و دوم ۴۰/۴۱ درصد از تغییرات کل را در برمی‌گیرند. پارامترهای وزن‌دهی با زخم روی تنه و ریشه، تماس با خطوط و مشکلات ریشه نسبت به سایر متغیرهای کمی و کیفی همبستگی بالا و مثبت را نشان دادند. به‌طورکلی دو متغیر مشکلات ریشه و زخم روی تنه و ریشه از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در تعیین شدت خطر آفرینی درختان چنار در منطقه مورد مطالعه در دو روش معیارهای تشخیصی خطر آفرینی و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی هستند. دقت و برازندگی شبکه عصبی با توجه به ضرایب تبیین بالای داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی، ارزیابی و در نهایت تمامی داده‌های شبکه عصبی (۰/۹۲۷، ۰/۹۳۰، ۰/۹۳۰ و ۰/۹۲۷) و حداقل میانگین مربعات خطا (داده‌های آموزشی=۰/۱۸۶، ارزیابی=۰/۱۹۶ و اعتبارسنجی=۰/۱۶۹) در پیش‌بینی طبقات شدت خطر آفرینی درختان چنار خیابان عباس‌آباد از سطح بسیار مطلوبی برخوردار است و همچنین منطبق بودن خروجی شبکه عصبی و داده‌های واقعی برهم دال بر کیفیت مناسب شبکه است.

**نتیجه‌گیری:** مشکلات ریشه و زخم بیش‌ترین سهم را در خطر آفرینی درختان چنار دارند و براساس طبقه‌بندی درختان در حال حاضر، در طبقه‌های خطر بسیار کم و کم قرار داشته ولی در آینده قابلیت تبدیل شدن به درختان خطرناک را دارند. بنابراین در مجموع اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی برای درختان با خطر کم و متوسط پیشنهاد می‌شود. با توجه به کارایی مطلوب شبکه عصبی در طبقه‌بندی شدت ریسک درختان چنار خطر آفرین در فضای سبز شهری به‌عنوان یک مدل پیش‌بینی در ارزیابی احتمال سقوط درختان چنار معرفی نمود.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی، خیابان عباس‌آباد، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، معیار تشخیصی خطر آفرینی درختان

## مقدمه

از افتادگی کامل درخت یا سرشاخه‌های آن است (۱۹ و ۲۰). بر همین اساس به‌وسیله ارزیابی‌های سیستماتیک خطر، می‌توان درخت یا شاخه‌هایی که احتمال شکست یا افتادگی در آن‌ها بیش‌تر است را شناسایی کرد و با حذف آن‌ها پیش از شکستن، احتمال خطرهای جانی و مالی را کاهش داد (۱۴). درختان خطر آفرین به درختان کاملاً خشکیده یا در حال خشکیدن، اجزای خشکیده درختان زنده یا درختان زنده به‌شدت ناپایدار (وجود نقص در تمام یا بخشی از اندام درخت) در محیط (۱۶، ۱۷ و ۲۰) که می‌تواند ناشی از آسیب‌های ساختاری یا عوامل دیگر باشد اطلاق شود و این درختان ریسک بالایی را در تهدید امنیت جانی شهروندان یا اموال آن‌ها در محیط زیست شهری به همراه دارند (۵ و ۱۷). مدیریت فضای سبز شهری نیاز به ابزاری معتبر جهت ارزیابی

فضاهای سبز شهری در عملکرد شهرها نقش اساسی را دارا هستند به‌طوری‌که کمبود آن‌ها می‌تواند اختلالاتی در حیات شهرها به وجود آورد. درختان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فضای سبز شهری مطرح هستند، بنابراین در توسعه پایدار فضای سبز، شناسایی و ثبت اطلاعات مربوط به درختان شهری امری کاملاً ضروری است (۳). درختان شهری اهمیت زیادی از نظر منافع اقتصادی، اکولوژیکی، زیباشناسی و اجتماعی در جامعه شهری دارند. اما باید توجه داشت که همه درختان شهری در اثر بارهای وارد بر آن‌ها به‌ویژه در هنگام طوفان و وزش بادهای شدید باعث خسارت‌های شدید اقتصادی و حتی جانی می‌شود که این امر با توجه به حضور آن‌ها به‌ویژه در مناطق شهری اهمیت زیادی دارد که ناشی

زیباشناختی منظر جنگل و شناسایی تغییرات جنگلی نیز استفاده شده است (۱، ۸، ۱۱ و ۱۲).

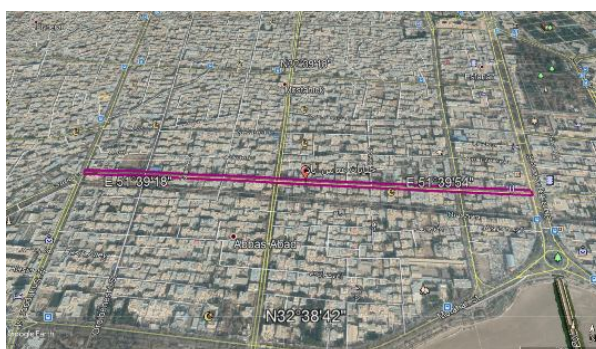
درخت چنار (*Platanus orientalis* L.) از خانواده Platanaceae است و جزء درختان پهن‌برگ و خزان‌کننده نیمکره شمالی محسوب می‌شود. چنار، درختی بزرگ و زیبا است با تنه مستقل، تاجی گسترده و شاخه‌های قوی داشته و این ویژگی‌ها موجب شده‌اند تا این درخت در ردیف مهم‌ترین درختان سایه‌دار پارک‌ها و حاشیه خیابان‌ها قرار گیرد. در ایران درخت چنار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و هست. در حال حاضر نیز جزو مهم‌ترین گونه مورد استفاده در فضای سبز شهری است (۳).

در کلان شهرهای ایران سهم درختان چنار نسبت به درختان شهری قابل توجه است. با توجه به ضرورت آگاهی از خطرهای درختان خیابانی به‌عنوان یکی از پیش‌شرط‌های مدیریت صحیح آن‌ها و اهمیت درختان چنار به‌عنوان یکی از عظیم‌ترین و کهنسال‌ترین درختان از گذشته تاکنون، کاهش مقاومت این درختان به‌خاطر صنعتی بودن، پرجمعیت بودن و آلودگی آب و هوای شهرهای بزرگ و همچنین خشکسالی‌های مکرر، خطرآفرینی آن‌ها را دو چندان کرده است. بنابراین ضرورت بررسی و شناسایی درختان خطرآفرین چنار و میزان خطر آن‌ها را افزایش می‌دهد. تا علاوه بر شناخت و بررسی این درختان، مدیریت بهتر فضای سبز شهری درختان چنار را فراهم نماید. در مطالعات قبلی فقط از یک روش برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها استفاده شده است ولی در پژوهش حاضر از دو روش برای تعیین متغیرهای تأثیرگذار در معیار خطرآفرینی درختان استفاده و در کنار این امر از مدل‌سازی برای پیش‌بینی احتمال سقوط درختان و ارزیابی اطلاعات برگرفته شده از روش‌های مورد بررسی بهره گرفته شده است. بر همین اساس پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی خطرآفرینی درختان چنار با استفاده از معیارهای

پایداری درختان خطرآفرین، شناسایی و مدیریت آن‌ها دارد (۲۶). به‌دلیل خسارت‌های مالی و جانی ناشی از افتادن درخت (بر ساختمان‌ها، ماشین‌ها و ...) پایداری و رفتار مکانیکی یک درخت در مرکز توجه بسیاری از مدیران فضای سبز شهری، متخصصان علوم جنگل و درخت پروری قرار دارد. بنابراین مدل‌سازی این رفتار و اندازه‌گیری شرایط درخت در محل طبیعی خود، برای ارزیابی خطر درخت بسیار مهم است (۱۴).

در مطالعه‌ای ویژگی‌های کمی، کیفی و مقدار خطرآفرینی درختان چنار (*Platanus orientalis* L.) در شهر ارومیه اندازه‌گیری شد. پس از وزن‌دهی معیارهای خطرآفرین، تعداد ۷۰ درخت در طبقه خطر بسیار کم، ۱۰۲ درخت در طبقه خطر کم و ۱۸ درخت در طبقه خطر متوسط قرار گرفتند (۳). در مطالعه دیگر به بررسی خطرآفرینی درختان چنار خیابان ولیعصر تهران پرداخته شد و نتایج نشان داد که خشکیدگی شاخه و سرشاخه و وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم بیش‌ترین سهم را در خطرآفرینی درختان دارند (۱۹). در مطالعات دیگری نیز برای شناسایی معیارهای خطرآفرینی نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است (۲)، (۱۳ و ۲۰). در پژوهشی به بررسی روش رسته‌بندی تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی برای ارائه روشی مناسب جهت تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی پرداخته شد. نتایج نشان داد که این روش توانایی نشان دادن ماهیت اصلی ساختار داده‌ها را دارد (۶). در مطالعات دیگری نیز از تجزیه مؤلفه‌های اصلی به‌منظور دستیابی به تأثیر مهم‌ترین عوامل یا متغیرها بر روی پوشش گیاهی استفاده شده است (۹ و ۲۱). در مطالعه برای پیش‌بینی ریسک سقوط درختان چنار خطرآفرین در فضای سبز شهر کرج از شبکه عصبی استفاده شد. در مجموع، مدل شبکه عصبی با دقت بالا برای پیش‌بینی احتمال سقوط درختان چنار پیشنهاد شد (۱۰). در پژوهش‌های دیگری از شبکه عصبی برای مدل‌سازی ارزیابی کیفیت

طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۷۰ متر قرار دارد (۱۸). منطقه مورد بررسی خیابان عباس‌آباد اصفهان به طول ۱۳۵۰ متر و مساحت ۱۴۸۵۰ مترمربع که در محدوده شهرداری منطقه یک اصفهان واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت خیابان عباس‌آباد شهر اصفهان (گوگل ارث).

Figure 1. Map of the Abbas-Abad Avenue, Isfahan (Google earth).

تشخیص خطرآفرینی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی و مدل‌سازی این درختان خطرآفرین در خیابان عباس‌آباد شهر اصفهان در سال ۱۳۹۷ انجام شد.

### مواد و روش‌ها

**موقعیت منطقه مورد بررسی:** منطقه مورد بررسی در استان اصفهان در شهر اصفهان که یکی از کلان‌شهرهای ایران با درختان چنار کهن و بی‌شمار با

ارتفاع تنه از تصاویر گرفته شده از هر درخت با کاربرد برنامه ImageJ8-64X انجام شد. اندازه تاج درخت از تفاضل ارتفاع درخت از ارتفاع تنه حاصل شد (۲۷) و برای ویژگی‌های کیفی مطابق با معیارهای تشخیص درختان خطرآفرین که توسط بانچ‌شفیعی و همکاران (۲۰۱۶) و پوره‌اشمی و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شده (۳ و ۱۹) برای درجه‌بندی مقدار خطرآفرینی درختان بر اساس هفت معیار (جدول ۱) صورت گرفت.

برای آنالیز تجزیه واریانس بین تعداد درختان در معیارهای مختلف خطرآفرینی (سال، خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد)، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف آزمون شد. با توجه به این‌که داده‌ها نرمال بودند، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و سپس برای

**روش تحقیق:** برای اندازه‌گیری و ثبت متغیرهای کمی و کیفی ۷۱۱ اصله درخت چنار (*Plantanus orientalis L.*) در دو سمت خیابان عباس‌آباد از روش آماربرداری صد درصد استفاده شد (حدوداً همه درختان هم‌سن هستند). برای هر درخت چنار ۱۱ ویژگی کمی (ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، ارتفاع تنه و ارتفاع تاج) و کیفی یا عیوب (وضعیت خشکیدگی درختان، وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم، مشکلات ریشه، پوسیدگی پیشرفته، زخم روی تنه و ریشه، تماس با خطوط نیرو و شکاف و ترک) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری قطر درخت در ناحیه ارتفاع برابر سینه با خط‌کش دو بازو (Caliper) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع درخت از دستگاه سوننو بر اساس درصد شیب استفاده شد. برای اندازه‌گیری

Kaiser-Guttman که برای تکنیک‌هایی که دارای مقادیر ویژه باشند، کاربرد دارد. محورهایی که مقادیر ویژه آن‌ها بیش‌تر از میانگین به‌دست آمده باشند، به این دلیل که حاوی اطلاعات فراوانی هستند، برای تفسیر نتایج مورد استفاده هستند. معیار عصای شکسته (Broken stick) که اگر میزان واریانس کل به‌طور تصادفی بین مؤلفه‌های مختلف تقسیم شود، پراکنش مورد انتظار مقادیر ویژه از عصای شکسته پیروی کند. در این صورت محورهایی قابل تفسیر خواهند بود که مقادیر ویژه آن‌ها بیش‌تر از مقدار عصای شکسته باشد. معیار درصد مقادیر ویژه رسته‌بندی PCA برای بررسی نحوه پوشش اطلاعات توسط دو محور اول محاسبه می‌شود (۶).

**مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خطر سقوط درختان چنار:** یکی از مزایای شبکه عصبی مصنوعی، قابلیت کاربرد آن در مدیریت و برنامه‌ریزی اکوسیستم‌های طبیعی است (۱). شبکه‌های عصبی می‌توانند رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک دستگاه فیزیکی را با شبکه‌ای از گره‌ها که همگی با هم متصل هستند، تعیین نمایند (۲۳). برای طراحی مدل شبکه عصبی به‌منظور پیش‌بینی شدت خطر سقوط درختان چنار خطرآفرین از سه طبقه شدت خطرآفرینی (صفر بی‌خطر و ۵-۱ با خطر بسیار کم در طبقه اول یا طبقه کم و ۱۰-۶ با خطر کم طبقه دوم یا طبقه متوسط و ۲۰-۱۱ با خطر متوسط در طبقه سوم یا طبقه زیاد) که براساس روش وزن‌دهی محاسبه شد، استفاده گردید. پیش‌بینی شدت خطر سقوط درختان چنار خطرآفرین بر اساس خصوصیات کمی و کیفی درختان (عمومی و عیوب) به کمک الگوریتم مناسب در محیط شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار Matlab نسخه ۲۰۱۴a شبیه‌سازی شدند. در پژوهش حاضر از متغیرهای قطر درخت (سانتی‌متر)، ارتفاع درخت (متر)، ارتفاع تنه (متر)، ارتفاع تاج (متر)، شاخه و

مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) با نرم‌افزار IBM SPSS Statistics ۲۵ استفاده شد.

در مرحله بعد، درختان از نظر معیارهای خطرآفرینی وزن‌دهی شدند، بدین‌ترتیب که در هر معیار به طبقه خطر کم وزن یک، خطر متوسط وزن دو و خطر زیاد وزن سه داده شد و حاصل جمع نمره‌های فوق برای معیار تشخیص درختان خطرآفرین (جدول ۱) بررسی گردید و برای هر درخت نمره خطرآفرینی مشخص شد که با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده بین صفر تا ۲۱ است. بدین‌ترتیب هرچه این عدد بزرگ‌تر باشد، پتانسیل خطر آفرینی درخت بیش‌تر است. سپس بر مبنای اعداد به‌دست آمده و بر اساس طبقه‌بندی تجربی به ۵ طبقه خطر آفرینی تقسیم شدند (جدول ۲) و نحوه توزیع درختان در طبقه‌های خطرآفرینی مشخص شد (۱۹ و ۲۰).

**تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی:** تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis=PCA) نوعی از تجزیه و تحلیل آماری است که تعداد کم‌تری از عوامل را به نام مؤلفه‌های اصلی از میان عوامل ورودی انتخاب می‌کند. در حقیقت هدف اصلی این روش کاهش تعداد متغیرهای همبسته، به یک یا چند متغیر غیرهمبسته است که همان محورها و یا مؤلفه‌های عمود بر هم هستند (۲۳ و ۲۵). در پژوهش حاضر از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) از طریق ماتریس همبستگی (Matrix correlation) برای تحلیل ویژگی‌های کمی و کیفی (عیوب) درختان چنار با پارامترهای اندازه‌گیری‌شده وزن‌دهی برای هر درخت با نرم‌افزار PAST 3.3 استفاده شد. معیارهایی که برای مقایسه روش رسته‌بندی PCA استفاده شد، عبارتند از: نمایش گرافیکی و مقایسه عینی متغیرهای مختلف، معیار

پژوهش حاضر از معیار میانگین مربعات خطا استفاده شده است.

### نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل مشخصه‌های کمی و کیفی: پس از بررسی‌های صفات کیفی درختان چنار، نتایج نشان داد که هر یک از درختان دارای کدام نوع از عیب‌ها هستند. سهم هر یک از معیارهای تشخیص خطرآفرین و درجه اهمیت آن‌ها در درختان مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. سه معیار وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم، مشکلات ریشه و زخم روی تنه و ریشه به ترتیب ۶۱، ۵۹ و ۵۵ درصد بیش‌ترین سهم و شکاف تنه و پوسیدگی پیشرفته کم‌ترین سهم (۱۷ و ۲۶ درصد) را در خطرآفرینی درختان چنار داشته‌اند (جدول ۱).

اولین معیار مهم خطرآفرین درختان چنار وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم است که حدود ۶۱ درصد درختان چنار با درجه اهمیت خطر کم، متوسط و زیاد را شامل می‌شود. این گونه درختان اگر با عیب‌های دیگری از جمله زخم روی تنه و ریشه و مشکلات ریشه همراه باشند، خطر سقوط درختان چنار را افزایش می‌دهند و باید در برنامه‌های مدیریت فضای سبز شهر درختان خطرآفرین از لحاظ هرس و قطع آن‌ها مورد بررسی قرار گیرند که با مطالعات پوره‌اشمی و همکاران (۲۰۱۲)، پورمجیدیان و همکاران (۲۰۱۵) و بانچ شفیعی و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد (۳، ۱۹ و ۲۰). مشاهده مشکلات ریشه از مهم‌ترین معیارهای خطرآفرینی درختان چنار در پژوهش حاضر است. علاوه بر مسأله خطر آفرینی باعث آسیب رساندن به سنگفرش و جدول‌های سیمانی خیابان می‌شود.

سرشاخه‌های خشکیده (درصد)، شکاف یا ترک (درصد)، وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی (انحراف از راستای قائم) (درجه)، مشکلات ریشه (درصد)، پوسیدگی تنه و شاخه (درصد)، زخم (درصد) و تماس با خطوط انتقال برق (درصد) که استاندارد شده بودند به‌عنوان متغیرهای مستقل ورودی و طبقه شدت خطرآفرینی در هر اصله درخت به‌عنوان هدف شبکه در نظر گرفته شد. در این پژوهش به‌منظور پیش‌بینی طبقه شدت خطرآفرینی درختان چنار جهت تعیین ساختار شبکه از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به‌دلیل توانایی فراوان در مدل‌های پیچیده و غیرخطی و متداول‌ترین انواع شبکه عصبی در امر مدل‌سازی استفاده شد (۱۰ و ۲۲). در پژوهش حاضر یک شبکه پرسپترون با یک لایه مخفی با تابع سیگموئید و تابع انتقال خطی برای لایه خروجی جهت پیش‌بینی طبقه شدت خطرآفرینی درختان چنار مشروط بر این‌که به اندازه کافی نورون در لایه پنهان موجود باشد، به‌صورت آزمون و خطا در نظر گرفته شد (۱۰). به‌منظور بهبود سرعت و عملکرد عمومی پس‌انتشار خطا از الگوریتم لونیبرگ-مارکواریت استفاده شد. پس در پژوهش حاضر به‌طور تصادفی ۷۰٪ از داده‌ها (۴۹۷ اصله درخت) برای فضای آموزشی، ۱۵٪ از داده‌ها اعتبارسنجی (۱۰۷ اصله درخت) و در نهایت ۱۵٪ از بقیه داده‌ها (۱۰۷ اصله درخت) به‌عنوان داده‌های آزمایشی برای آزمون عملکرد شبکه پس از آموزش مورد استفاده قرار گرفتند (۱، ۱۰ و ۲۲). به‌منظور بررسی عملکرد شبکه، از میانگین مربعات خطا (MSE) به‌عنوان معیاری برای سنجش دقت نتایج شبکه عصبی و ضریب تعیین  $R^2$  به‌عنوان معیار برازندگی شبکه عصبی استفاده شد (۱۰ و ۲۳). با توجه به این مسأله که مقدار  $R^2$  تحت تأثیر داده‌های خارج از محدوده است، باید از آن به اتفاق پارامترهای دیگر استفاده کرد. به همین خاطر در

جدول ۱- سهم هر یک از معیارهای خطرآفرین در درختان چنار مورد بررسی.

Table 1. Risk classification of studied Plan tress.

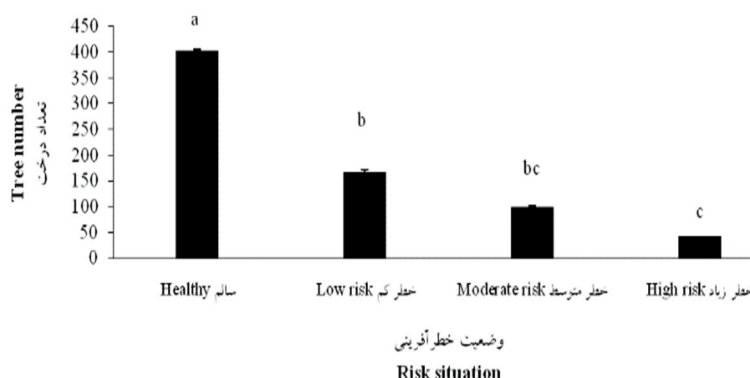
تعداد درختان سالم Trees number safe	درختان Trees		درجه اهمیت Risk situation	معیار خطرآفرینی Risk classification
	درصد Percent	تعداد Number		
404 (%57)	38	271	Low risk خطر کم	شاخه و سرشاخه‌های خشکیده Dried up branches and wigs
	2	17	Moderate risk خطر متوسط	
	3	19	High risk خطر زیاد	
	43	307	Total مجموع	
588 (%83)	8	59	Low risk خطر کم	شکاف تنه یا ترک Gap or Cracked
	4	28	Moderate risk خطر متوسط	
	5	36	High risk خطر زیاد	
	17	123	Total مجموع	
277 (%39)	30	215	Low risk خطر کم	ضعف ساختاری یا فیزیکی Structural or physical weakness
	12	88	Moderate risk خطر متوسط	
	19	131	High risk خطر زیاد	
	61	434	Total مجموع	
289 (%41)	15	108	Low risk خطر کم	مشکلات ریشه The root problems
	28	198	Moderate risk خطر متوسط	
	16	116	High risk خطر زیاد	
	59	422	Total مجموع	
520 (%74)	16	117	Low risk خطر کم	پوسیدگی پیشرفته Decay
	10	74	Moderate risk خطر متوسط	
	0	0	High risk خطر زیاد	
	26	191	Total مجموع	
322 (%45)	25	177	Low risk خطر کم	زخم روی تنه و ریشه Wound
	30	212	Moderate risk خطر متوسط	
	0	0	High risk خطر زیاد	
	55	389	Total مجموع	
407 (%57)	12	222	Low risk خطر کم	تماس با خطوط برق Interfering with lines
	31	82	Moderate risk خطر متوسط	
	0	0	High risk خطر زیاد	
	43	304	Total مجموع	

به‌هنگام کاشت اولیه درختان در محیط شهری مانند تراکم کاشت مناسب، اصلاح و تقویت خاک، رژیم آبیاری مطلوب و مالچ‌پاشی خاک اطراف طوقه درختان می‌توان از بروز ریشه در سال‌های آینده جلوگیری نمود (۱۹). سومین معیار مهم خطرآفرینی

این امر با اصلاح خاک و قطع درختان بسیار خطرناک می‌تواند مدیریت شود. پوره‌اشمی و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند که مشکلات ریشه درختان چنار نتیجه آبیاری زیاد و تراکم کاشت زیاد اولیه است که با در نظر گرفتن تمهیدات لازم و

نتایج آموزن تجزیه واریانس یک‌طرفه وضعیت خطرآفرینی نشان داد که در کل درختان چنار مورد بررسی، از نظر تعداد درختان بین ۴ طبقه (فاقد خطر یا سالم، خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد) اختلاف معنی‌داری در سطح خطای یک درصد ( $P=0/0001 > \alpha$ ) وجود دارد که نتایج مشابه و متفاوتی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۳ و ۱۹). نتایج مقایسه میانگین آزمون دانکن از طبقات مختلف خطر برای درختان چنار نشان داد که طبقات خطر کم و خطر متوسط در سطح خطای یک درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند و همچنین طبقات خطر متوسط و خطر زیاد در سطح خطای یک درصد با هم اختلاف معنی‌دار ندارند ولی مشاهده شد که طبقه فاقد خطر با طبقات خطر کم، متوسط و زیاد در سطح خطای یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند (شکل ۲).

درختان چنار زخم روی تنه و ریشه است که بیش از نیمی از درختان چنار (۵۵ درصد) را در برمی‌گیرد. ۳۸۹ اصله از درختان چنار مورد بررسی دارای زخم روی تنه و ریشه با درجه اهمیت خطر کم و متوسط هستند که ۳۰ درصد مربوط به سطح زخم بیش از نصف محیط تنه با درجه اهمیت خطر متوسط می‌باشد نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۳ و ۱۹). سهم درختان از طبقه‌های خطر کم‌تر به سمت طبقه‌هایی با خطر بیش‌تر کاهش یافته است. این می‌تواند به دلیل وجود عیب‌های بسیار کم در درختان چنار مورد بررسی باشد (جدول ۲). بنابراین از این نظر با اهمیت است که چه تعدادی از درختان چنار قابلیت تبدیل شدن به درختانی با خطر بیش‌تر در آینده را دارند، نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۳ و ۱۹).



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد درختان چنار برآورد شده از طریق معیارهای تشخیص شدت خطرآفرینی (مقادیر دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح خطای ۱ درصد بر اساس آزمون آماری دانکن هستند).

**Figure 2. Mean comparison of the number of Plan trees estimated by the detection criteria of risk classification (\*Values in each column followed by similar letters are not significantly different at 1% probability level, using Duncan's Multiple Range Test).**

در طبقات خطر کم قرار گرفته‌اند و ۱۱۰ اصله درخت در طبقه خطر متوسط و ۸ اصله درخت در طبقه خطر زیاد یافت شدند.

در این مرحله که درختان از نظر معیارهای خطرآفرینی وزن‌دهی شدند، جدول ۲ نشان می‌دهد که حدود ۵۵۲ اصله درخت (۷۸٪) از کل درختان چنار



جدول ۲- طبقه‌بندی میزان خطر آفرینی درختان چنار مورد بررسی.

Table 2. Risk classification of studied Plane trees.

تعداد درختان Trees percent	درصد درختان Trees number	وضعیت خطر آفرینی State of risk	نمره خطر آفرینی Grade of risk	کد طبقه Code class
41	5	بی‌خطر Safe	0	1
274	39	خطر بسیار کم Very low risk	1-5	2
278	39	خطر کم Low risk	6-10	3
110	16	خطر متوسط Moderate risk	11-15	4
8	1	خطر زیاد Very high	16-21	5
0	0	خطر بسیار زیاد Very high risk	21-24	6
711	100	مجموع Total		

ساختاری یا فیزیکی (۰/۲۸) و محور دوم همبستگی مثبت با پارامترهای پوسیدگی پیشرفته (۰/۵۰)، خشکیدگی شاخه و سرشاخه (۰/۴۵) و شکاف تنه (۰/۲۶) و همبستگی منفی با پارامترهای ارتفاع درخت (۰/۶۸-) و ارتفاع تاج (۰/۵۸-) را نشان می‌دهد (شکل ۳). پارامترهای وزن‌دهی در نمودار PCA (شکل ۳) در مقایسه با سایر پارامترها دارای پیکان بزرگ‌تری هستند و همبستگی بیش‌تری با درختان چنار مورد بررسی دارند و تأثیر بیش‌تری بر تغییرات درختان می‌گذارند. پارامتر وزن‌دهی با زخم روی تنه و ریشه، تماس با خطوط و مشکلات ریشه نسبت به سایر عوامل کیفی و کمی همبستگی بالا و مثبت داشته‌اند. همچنین پارامترهای قطر درخت و ارتفاع درخت با یکدیگر و خشکیدگی شاخه و سرشاخه و شکاف تنه با یکدیگر، همبستگی مثبت نشان دادند. در تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی چهار متغیر کمی (قطر درخت، ارتفاع درخت، ارتفاع تنه و ارتفاع تاج) در پایین محور اول و در سمت راست واقع شدند. متغیرهای عیوب درختان (ضعف ساختاری یا فیزیکی و مشکلات ریشه، خشکیدگی شاخه و سرشاخه، شکاف تنه، پوسیدگی پیشرفته، زخم روی تنه و ریشه، تماس با خطوط) و پارامتر وزن‌دهی در بالای محور اول در سمت راست واقع شدند (شکل ۳). پارامترهای وزن‌دهی با زخم روی تنه و ریشه، تماس

تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA): به‌منظور شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر فرایند خطر آفرینی درختان چنار منطقه مورد مطالعه از روش آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) در بین متغیرهای کمی و کیفی و پارامترهای وزن‌دهی استفاده شد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شد بین برخی از متغیرهای کمی و کیفی با پارامترهای وزن‌دهی ارتباط تنگاتنگ وجود دارد. شناسایی میزان این روابط در تعیین احتمال خطر آفرینی درختان چنار نقش مهمی ایفا می‌کند. نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به خوبی روابط بین خصوصیات کمی و کیفی درختان چنار را آشکار می‌کند، محورهای اول و دوم رسته‌بندی با داشتن بیش‌ترین ارزش ویژه برای نشان دادن نتایج استفاده شدند. محور اول ۲۴/۶۳ درصد، محور دوم ۱۶/۷۷ درصد و روی هم رفته ۴۱/۴۰ درصد از تغییرات از کل را این دو محور نشان می‌دهد (جدول ۳). در نمودار حاصل از مؤلفه‌های اصلی، ویژگی‌های ورودی کمی و کیفی و خروجی‌های وزن‌دهی توسط پیکان‌هایی نشان داده شده‌اند (شکل ۳). نوک پیکان جهت حداکثر تغییرات و طول آن‌ها بیانگر میزان تغییرات است (۷). محور اول همبستگی مثبت با پارامترهای وزن‌دهی (۰/۸۵)، مشکلات ریشه (۰/۶۲)، قطر درخت (۰/۵۲)، تماس با خطوط انتقال نیرو (۰/۴۹)، ارتفاع تنه (۰/۴۳)، زخم روی تنه و ریشه (۰/۴۰) و ضعف

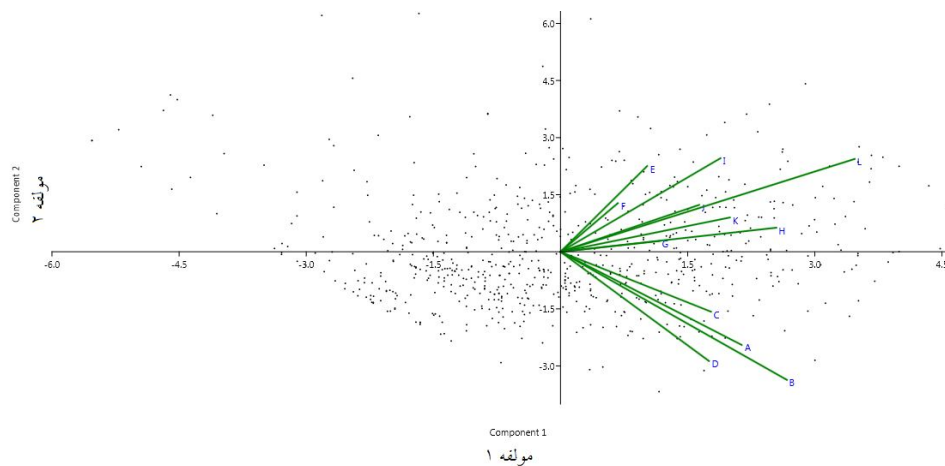
همچنین شکل ۴ که مربوط به نمودار تست بریدگی است، همه مؤلفه‌های به‌جز مؤلفه‌های یازدهم و دوازدهم به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی که مقادیر ویژه با فواصل اطمینان ۹۵٪ آن‌ها بالای منحنی عصای شکسته (خط نقطه‌چین قرمز) قرار دارد، می‌تواند نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری باشد. در این صورت این محورها به‌خاطر این‌که مقادیر ویژه آن‌ها بیش‌تر از عصای شکسته هستند، قابل تفسیر هستند (۶).

با خطوط انتقال نیرو و مشکلات ریشه در جهت مثبت همبستگی بیش‌تری را نشان دادند. یافته‌های این مطالعه با نتایج پورمجیدیان و همکاران (۲۰۱۵)، پورهاشمی و همکاران (۲۰۱۲) و بانج شفیعی و همکاران (۲۰۱۶) که بیان نمودند متغیرهای خشکیدگی شاخه و سرشاخه‌ها، پوسیدگی پیشرفته، قطر درخت، زخم روی تنه و ریشه، شکاف تنه و تماس با خطوط بر تغییرات پارامترهای وزن‌دهی تأثیر می‌گذارند، همخوانی دارد (۳، ۱۹ و ۲۰).

جدول ۳- آمار محورهای آنالیز مؤلفه اصلی.

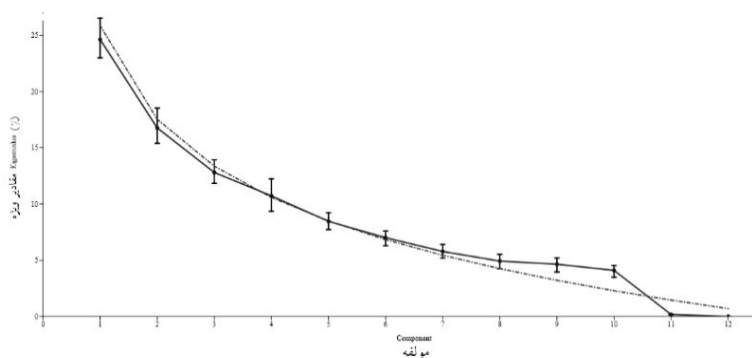
Table 3. Statistics of principal component analysis axes.

محور اصلی Principal component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
مقدار ویژه Eigenvalue	2.95	2.01	1.53	1.28	1.01	0.84	0.69	0.59	0.55	0.49	0.02
درصد واریانس (%) variance	24.62	16.67	12.8	10.72	8.45	7	5.78	4.92	4.64	4.09	0.17



شکل ۳- آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) درختان چنار (A= قطر درخت، B= ارتفاع درخت، C: ارتفاع تنه، D: ارتفاع تاج، E: خشکیدگی شاخه و سرشاخه‌ها، F: شکاف تنه، G: ضعف ساختاری یا فیزیکی، H: مشکلات ریشه، I: پوسیدگی پیشرفته، J: زخم روی تنه و ریشه، K: تماس با خطوط، L: وزن‌دهی معیارهای خطرآفرینی).

Figure 3. Principal component analysis (PCA) of Plane trees (A=DBH, B= Total height, C=height, D=height, E=Dried up branching and twigs, F=Gap or Cracked, G=structural or physical weakness, H= the root problems, I= Decay, J= Wound, K= Interfering with power lines, L=weighting criteria).

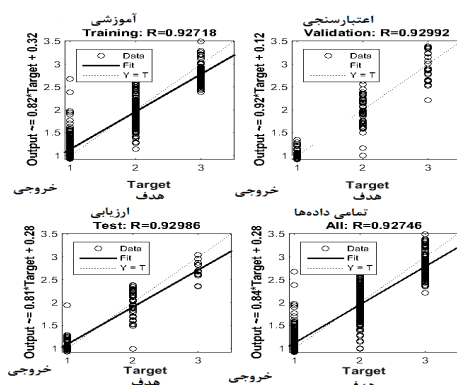


شکل ۴- نمودار آزمون بریدگی در روش تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (خط نقطه چین نمودار عصای شکسته).

Figure 4. Scree plot in Principal component analysis (Broken stick is red dashed line).

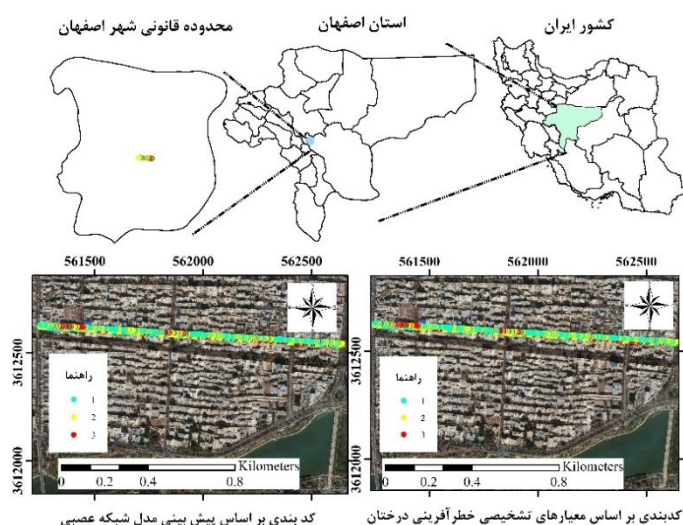
داده‌ها به ترتیب برابر ۰/۹۲۷، ۰/۹۳۰، ۰/۹۳۰، ۰/۹۲۷ و ۰/۹۲۷ به دست آمد. میانگین مربعات خطا برای آموزش، تست و ارزیابی به ترتیب برابر ۰/۱۶۹، ۰/۱۹۶، ۰/۱۸۶ محاسبه گردید. در شکل ۶ داده‌های واقعی و خروجی شبکه یا مقادیر پیش‌بینی شبکه از ابتدا تا انتها آورده شده است. در پژوهش حاضر استفاده از شبکه عصبی MLP با یک لایه پنهان شامل ۴ نورون با تابع سیگموئید در لایه میانی و یک نورون با تابع انتقال خطی در لایه خروجی دقیق و مؤثر تشخیص داده شد به صورتی که ضریب همبستگی ( $R^2$ ) بین داده‌های تجربی و مدل شبکه عصبی برای تمامی داده‌ها برابر ۰/۹۲۷ به دست آمد. هرچه داده‌های رگرسیون ( $R$ ) به یک نزدیک‌تر باشد، جواب قابل قبول‌تر است، که در تمام این نمودارها چنین وضعیتی مشاهده شده است (۱۰ و ۲۲).

مدل شبکه عصبی مصنوعی: لایه ورودی شبکه عصبی متشکل از ۱۱ نورون شامل داده‌های خصوصیات کمی و کیفی درختان چنار و یک لایه پنهان ۴ نورون و خروجی شبکه نیز یک نورون شامل طبقه شدت خطر آفرینی درختان چنار است. تعداد تکرار شبکه ۱۰۰۰ دور در نظر گرفته شد. با اجرای شبکه پیش‌بینی برای داده‌های ورودی انجام پذیرفت. شبکه بعد از ۱۲ اپوک (تکرار) به مقدار هدف (goal) تعیین شده رسید. در تکرار ۷ تا ۱۲ در ۶ بار متوالی عدم بهبود را شاهد است و شبکه متوقف شده است. نتایج رگرسیون خطی بین مقادیر تجربی و پیش‌بینی مدل شبکه عصبی در شکل ۵ آورده شده است. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین داده‌های تجربی و مدل شبکه عصبی برای داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی، ارزیابی و در نهایت تمامی



شکل ۵- نتایج رگرسیون خطی بین مقادیر تجربی و مدل شبکه عصبی مصنوعی.

Figure 5. Linear regression results between experimental values and artificial neural network model.



شکل ۶- داده‌های واقعی سه طبقه شدت معیارهای خطرآفرینی درخت چنار و خروجی شبکه عصبی (۱: خطر کم، ۲: خطر متوسط، ۳: خطر زیاد).

Figure 6. The real data of the three risk classification and outputs of the neural network (1: low risk, 2: moderate risk, 3: high risk).

تماس با خطوط انتقال نیرو و مشکلات ریشه برای خطرآفرینی بیش‌تر درخت چنار مؤثرتر هستند. مشکلات ریشه و زخم بیش‌ترین سهم را در خطرآفرینی درختان چنار دارند و براساس طبقه‌بندی درختان در حال حاضر، در طبقه‌های خطر بسیار کم و کم قرار داشته ولی در آینده قابلیت تبدیل شدن به درختان خطرناک را دارند. بنابراین در مجموع اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی برای درختان با خطر کم و متوسط پیشنهاد می‌شود.

ارزیابی درختان خطرآفرین فضای سبز شهری در همه محیط‌های شهری در دستور کار مسئولین قرار گیرد تا بتوان با شناسایی این درختان، خطرات احتمالی را در اسرع وقت برطرف نمود. همچنین سازمان‌های مربوطه به تهیه بانک اطلاعاتی از درختان فضای سبز شهری به‌ویژه درختان خیابانی و موجود در پارک‌ها و ارزیابی خطرآفرینی آن‌ها با پیمایش منظم بپردازند و از نتایج آن می‌توان در مدیریت فضای سبز شهری و اقدامات پیشگیرانه قبل از وقوع حادثه استفاده نمود. همچنین به‌منظور ارزیابی و

با توجه به ضریب تبیین و حداقل میزان میانگین مربعات خطا (MSE) آزمون داده‌ها دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی خطرآفرینی درختان چنار از سطح مطلوبی برخوردار است که نشان‌دهنده توانایی بالای شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده است. خروجی شبکه عصبی و واقعی بر هم منطبق هستند و دال بر کیفیت خوب شبکه است که با یافته‌های جهانی (Jahani et al., 2017a) و شیخ‌الاسلامی و همکاران (2012) همخوانی دارد (10 و 22).

### نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که معیار خطرآفرینی درختان چنار تحت‌تأثیر متغیرهای کمی و کیفی درخت چنار قرار دارد به‌طوری‌که با توجه به نتایج حاصل از وزن‌دهی معیار خطرآفرینی، متغیرهای وضعیت و ضعف ساختاری یا ضعف فیزیکی یا انحراف از راستای قائم، مشکلات ریشه و زخم روی تنه و ریشه و همچنین با توجه به نتایج حاصل از PCA متغیرهای زخم روی تنه و ریشه،

به پژوهشگرانی که علاقمند به مطالعه در این زمینه هستند توصیه می‌شود که موضوع را برای گونه‌های درختی دیگر در فضای سبز شهری که دارای ویژگی‌های متفاوتی هستند مورد مطالعه قرار دهند و همچنین با بررسی دقیق‌تر موضوع خطرآفرینی درختان عواملی مانند عوامل محیطی (خاک و اقلیم) در شدت خطر آفرینی درختان با دقت بیشتری شناسایی کنند تا در جهت رفع آن‌ها گام‌های اساسی برداشته شود.

مدیریت پایدار درختان خطرآفرین می‌توان از شبکه عصبی به‌عنوان مدل پیش‌بینی کاربردی و ارزیابی احتمال سقوط درختان چنار استفاده نمود.

با توجه به این‌که پارامتر وزن‌دهی با برخی از متغیرهای کمی و کیفی درختان چنار ارتباط دارد بنابراین نتایج به‌دست آمده در هر منطقه قابل تعمیم به مناطقی با شرایط مشابه است. با شناخت متغیرهای کمی و کیفی مؤثر بر معیار خطرآفرینی درخت چنار هر منطقه می‌توان در جهت مدیریت فضای سبز شهری آن مناطق برنامه‌ریزی گردد.

### منابع

1. Aghajani, H., Marvi Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A., and Azaryan, M. 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network (Case study: Kheyroud forest, Noshahr), Iran. J. For. Pop. Res. 21: 4. 617-628. (In Persian)
2. Alamdari, A.A., Dosti Aref, A., Karimi Mahabadi, R., and Rajabi, Z. 2011. Special topics in electrical and computer engineering with Matlab. Negarandeh Danesh Press., Tehran, 624p. (In Persian)
3. Albers, J., and Hayes, E. 1993. How to detect, assess and correct hazard trees in recreational areas. Department of Natural Resources Press, Minnesota DNR, USA, 69p.
4. Banj Shafiei, A., Samadzadeh Gargari, Kh., Seyedi, N., and Alijanpour, A. 2016. Study of qualitative, quantitative and risk possibility of Plane trees of Urmia. Forest Research and Development. 1: 4. 319-335. (In Persian)
5. Duryea, M.L., Kampf, E., and Littell, R.C. 2007. Hurricanes and the urban forest: I. Effects on southeastern United States coastal plain tree species. Arboricult. Urban For. 33: 83-97.
6. Eshaghi Rad, J., Pakgozar, N., Banj Shafei, A., and Alavi, J. 2016. Comparison of indirect ordination methods for analysis of the vegetation (Case study: Urmia airport plantation). Iran. J. For. Pop. Res. 23: 4. 637-646. (In Persian)
7. Ghehsareh Ardestani, E., Bassiri, M., Tarkesh, M., and Borhani, M. 2010. Distributions of Species Diversity Abundance Models and Relationship between Ecological Factors with Hill (N1) Species Diversity Index in 4 Range Sites of Isfahan Province. J. Range Water. Manage. Iran. J. Natur. Resour. 63: 3. 387-397. (In Persian)
8. Heikkonen, J., and Varjo, J. 2004. Forest change detection applying Landsat thematic mapper difference features: A comparison of different classifiers in boreal forest conditions. Forest Science. 50: 5. 579-588.
9. Hosseinzadeh, J., Najafifar, A., and Tahmasebi, M. 2015. Investigation on principal factors determining stand structure in Oak forests of Zagross. J. Plant Res. (Iran. J. Biol.). 29: 4. 766-774. (In Persian)
10. Jahani, A. 2017a. Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network. J. Wood For. Sci. Technol. 24: 3. 17-33. (In Persian)
11. Jahani, A. 2017b. Sycamore Failure Hazard Risk modeling in urban green space. Jsaeh. 3: 4. 35-48. (In Persian)

12. Jahani, A., and Mohammadi Fazel, A. 2015. Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. *J. Natur. Environ. (Iran. J. Natur. Resour.)*. 69: 4. 951-963. (In Persian)
13. Jim, C.Y., and Zhang, H. 2013. Defect-disorder and risk assessment of heritage trees in urban Hong Kong. *Urban Forestry and Urban Greening*. 12: 585-596.
14. Kazemi Najafi, S. 2016. Nondestructive evaluation of standing trees. First Printing, Tarbiat Modarres University Publication Center, Tarbiat Modares University Press. Tehran, 436p. (In Persian)
15. Kord, B., Adelli, E., and Lashaki, A.K. 2007. Study of quality and quantity afforested species in Pardisan ECO-Park (Tehran city). *J. Agric. Sci.* 13: 1. 75-84. (In Persian)
16. Matheny, N., and Clark, J. 2009. Tree risk assessment: what we know (and what we Don't know). *Arborist New*. 18: 1. 28-33.
17. Mortimer, M.J., and Kane, B. 2004. Hazard tree liability in the United States: uncertain risks for owners and professionals. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2: 3. 159-165.
18. Parsamahr, A.H., and Khosravani, Z. 2017. Determining drought severity using multi- criteria decision- making based on TOPSIS method (Case study: selective stations of Isfahan Province). *Iran. J. Range Des. Res.* 24: 1. 16-29. (In Persian)
19. Pourhashemi, M., Khosro Pour, A., and Heidari, M. 2012. The assessment of hazardous oriental plane (*Platanus orientalis* Linn.) trees in Valiasr street of Tehran. *Iran. J. For.* 4: 3. 265-275. (In Persian)
20. Pourmajidian, M.R., Aghajani, H., Fallah, A., and Heydari, M. 2015. An investigation of dangers rate of Pine (*Pinus eldarica* Medw) trees in urban margins in Babol city. *J. Natur. Ecosyst. Iran.* 5: 4. 63-76. (In Persian)
21. Ravi Raja, A. 2016. Principal component analysis based assessment of trees outside forests in satellite images. *Ind. J. Sci. Technol.* 9: S1. 1-6.
22. Shahgholi, Gh., Ghafouri Chiyaneh, H., and Mesri Gundoshmian, T. 2017. Modeling of soil compaction beneath the tire using multilayer perceptron neural networks. *J. Agric. Machin.* 8: 1. 105-118. (In Persian)
23. Sheikholslami, A.R., Bagheri Khalili, F., and Mahmood Abadi, A., 2012. Application of principal component analysis as a variables reduction technique in freeway accident prediction models (a case study). *J. Transport. Engin.* 3: 4. 325-338. (In Persian)
24. Smiley, E.T., Fraedrich, B.R., and Fengler, P. 2007. Hazard tree inspection, evaluation, and management. *Urban and Community Forestry in the Northeast*, Pp: 277-294.
25. Tahmasebi, P. 2011. Ordination multivariate analysis of ecological data. Shahrekord University Press. Iran, 181p.
26. Terho, M., and Hallaksela, A.M. 2005. Potential hazard characteristics of Tilia, Betula, and Acer trees removed in the Helsinki City Area during 2001-2003. *Urban Forestry and Urban Greening*. 3: 113-120.
27. Zobeiry, M. 2012. Forest inventory measurement of tree and forest. 5 edith, Tehran University Press. Iran, 402p.



## Assessment and modeling of risk possibility of Plane tree (*Platanus orientalis* L.) using principal component analysis

M. Nafian<sup>1</sup>, \*M. Bahmani<sup>2</sup>, E. Ghehsareh Ardestani<sup>3</sup> and A. Soltani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student in Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran, Central Laboratory, Shahrekord University, Shahrekord, Iran,

<sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran, Central Laboratory, Shahrekord University, Shahrekord, Iran,

<sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran

Received: 03.03.2019; Accepted: 06.23.2019

### Abstract

**Background and Objectives:** Street trees in urban green space, despite all the benefits, any defect due to old tree age, loss of tree resistance because of the industrialization, population density and pollution of the big cities, as well as repeated droughts, can lead to the risk of personal injury or damage to property. Therefore, the importance of exploring and identifying hazardous trees has increased in the large cities. For this propose, the estimation of the risk possibility of plane trees (*Plantanus orientalis* L.) in the green space of Abbas-Abad in Isfahan and their fall risk model prediction was done using Artificial Neural Network.

**Materials and Methods:** Isfahan was studied, using data coming from a full survey method and using quantitative tree body proportions and few risk factors (qualitative or imperfect properties). Following coining the share of each of the hazard criteria and their ratio importance indices One-way ONOVA test compared of the number of trees in different risk levels. Then, all the trees scored via the biased levels of their risk levels. Accordingly, based on the weighted scores, they were divided into five hazardous categories according. To develop an understanding of the quantitative variables, risk factors, the weight parameters and hazard classes, we carried out a principal component analysis (PCA) and a multi-layer perceptron (MLP) network procedure.

**Results:** The results from the proportion of each hazard index reviled the importance of the importance of the structural tree weakness (61%), root problems (59%) and trunk and root wounds (55%). Also, results of One-way ANOVA test, showed the risk levels of the planted trees can be significantly classified into four classes of: with no risk or healthy, low, moderate and high risk classes, at one percent error level. The results of Duncan's mean test showed that the number of trees in no risk and low risk classes were significantly higher than the other classes at one percent error level. The results from the PCA indicated that the first and second components explained 41.40 percent of the total variation. The risk and weighting parameters of the wound on the trunk and root, contact power lines, root problems were highly and positively correlated. In general, the two variables of the root problems trunk as well as root wounding were among the most important variables in term of risk assessment of the plane trees. The high coefficient of determination values of training, validation, verification and finally all neural

---

\*Corresponding author: [mohsen.bahmani@sku.ac.ir](mailto:mohsen.bahmani@sku.ac.ir)

network data (0.927, 0.930, 0.930 and 0.927) and the least mean square error values (training data = 0.186, verification 0.196 and validation = 0.169) indicated, the accuracy desirability of the artificial neural network in the prediction of the risk classes of street side trees.

**Conclusion:** Root and wound problems have the greatest portion in the risk of *Platanus orientalis* L. and, based on the classification of trees, are currently in low and very low risk, but they are capable of becoming dangerous trees in the future. In general preventive and corrective measures are proposed for low and intermediate risk trees. Regarding the optimal performance of the Neural Network for the classification of the hazardous *P. orientalis* trees in the urban green space, it is introduced as a prediction model in evaluating the probability of fallen trees.

**Keywords:** Abbas-Abad avenue, Multilayer perceptron network, Principle component analysis, Tree risk assessment index