Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۱، صفحه ۱۰۵-۸۷، (۱۳۹۹)

# ارزیابی تنوع زیستی، ترکیب و توزیع گونه‌های درختی جنگل شهری (بررسی موردی: تبریز)

**وحید امینی پارسا*[۱]، اسماعیل صالحی[۲] و احمدرضا یاوری[۳]**

۱- دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (aminiparsa@ut.ac.ir)

۲- دانشیار، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (tehranssaleh@ut.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (ayavari@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۲

## چکیده

این پژوهش به بررسی تنوع زیستی، خاستگاه و پراکنش گونه‌های درخت شهری در تبریز پرداخته است. شاخص‌های مختلف تنوع زیستی (غنای گونه، شانون-وینر، منهنیک و سیمپسون، یکنواختی شانون-وینر و فن ریرفکشن سندرز) با استفاده از مدل i-Tree Eco در مقیاس کل شهر و به تفکیک طبقات کاربری زمین در تبریز برآورد شد. در محدوده مورد بررسی، ٤٨ گونه درختی شناسایی شد. برآورد جمعیت جامعهٔ درختان شهری توسط مدل مبین حضور ۱۹۲۸۰۰ اصله درخت با تراکم پوشش درختی ۹/٤ درصدی در شهر بود. بر اساس برآوردها، تراکم درختان برابر با ۳/٦ اصله درخت در هر هکتار بود. به ترتیب ارزش‌های ۲/۹، ۱ و ۰/۸ برای شاخص‌های تنوع شانون-وینر، منهنیک و یکنواختی شانون-وینر به دست آمد. کاربری فضای سبز و کشاورزی به‌ترتیب دارای بیشترین غنای گونه بود و کاربری مسکونی بالاترین مقدار شاخص‌های تنوع زیستی شانون-وینر و منهنیک را داراست. همچنین، ۳۷/۵ درصد گونه‌های درختی شهر تبریز از گونه‌های بومی آذربایجان تشکیل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** جنگلداری شهری، خاستگاه گونه‌ها، زیرساخت‌های سبز شهری، i-Tree Eco.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱٤٤۰۵۸۲۰۳



www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

مناطق شهری مسئول بخش عمده‌ای از اثرهای انسان‌زاد در زیست‌کره هستند (Nagendra and Gopal, 2011، Gómez-Baggethun *et al.*, 2013). با توجه به نرخ فزاینده جمعیت در دنیا و نیز برآوردهای بخش جمعیت سازمان ملل تا سال ۲۰۵۰ میلادی دوسوم از جمعیت کشورهای درحال‌توسعه در مناطق شهری ساکن خواهند شد (Montgomery, 2008، United Nations, 2014). این امر در مورد ایران نیز صادق است و حدود ۷۱/٤ درصد از مردم آن در مناطق شهری زندگی می‌کنند (Statistical Center of Iran, 2016). شهری‌شدن سبب تغییرات محیط‌زیستی می‌شود و به‌تبع آن بر عملکرد و ارائه خدمات اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارند (Grimm *et al.*, 2008). در این راستا، فضاهای سبز شهری که انواع مختلف محصولات و خدمات اکوسیستمی را برای شهروندان ارائه می‌دهند، موردتوجه مدیران و برنامه‌ریزان شهری قرار گرفته است (Colding *et al.*, 2006، Oleyar *et al.*, 2008، Morgenroth *et al.*, 2016، Lepczyk *et al.*, 2017). درختان شهری خدمات اکوسیستمی مختلفی به ساکنین شهرها ارائه می‌دهند (Escobedo *et al.*, 2011، Sjöman *et al.*, 2012، Gómez-Baggethun and Barton, 2013، Duinker *et al.*, 2015). جنگل شهری علاوه بر تدارک زیستگاه جانوران شهری، به خاطر عملکردهای تعدیلی و تنظیمی‌شان (مانند ارتقا کیفیت هوا، ترسیب و ذخیرهٔ کربن) از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Nitoslawski, 2016). ارائه انواع مختلف خدمات و محصولات اکوسیستمی توسط درختان شهری، به تنوع زیستی درختان شهری وابسته است و از این‌رو به‌عنوان اصلی‌ترین عامل در ارائه این خدمات مطرح است (Jim and Chen, 2009، Mace *et al.*, 2012). تنوع زیستی غنی گونه‌ای درختان شهری به‌عنوان یک راه‌حل عمده برای حفظ و نگهداشت جامعه درختی سالم و پایدار پیشنهاد می‌شود (Raupp *et al.*, 2006، Bassuk *et al.*, 2009، Sjöman *et al.*, 2012). به‌عنوان یک اصل کلی، هراندازه تنوع زیستی درختان شهری بیشتر باشد، مقاومت اکوسیستمی و تاب‌آوری آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی (مانند افزایش دما)، بیماری‌ها و آفت‌ها بیشتر خواهد بود (Sun, 1992، Forrest, 2006، Raupp *et al.*, 2006، Subburayalu and Sydnor, 2012، Cumming *et al.*, 2013، Blood *et al.*, 2016، Morgenroth *et al.*, 2016). تغییرات بالقوه در سامانه‌های زیستی با تنوع زیستی پایین (مثل جنگل‌های شهری) سبب بروز اختلالات اکولوژیکی می‌شود. برای مثال، بیماری پژمردگی نارون (بیماری مرگ هلندی) سبب مرگ بیش از میلیون‌ها نارون در شمال شرقی امریکا شد (Raupp *et al.*, 2006)؛ بنابراین، اهمیت تنوع زیستی بالای درختان شهری برای رویارویی با اختلالات و ریسک‌های مذکور برای مدیران و برنامه‌ریزان فضای سبز شهری آشکار شده است (Kendal *et al.*, 2014). مدیران و برنامه‌ریزان شهری برای مدیریت صحیح‌تر فضای سبز، نیازمند وجود اطلاعاتی در مورد پراکنش، ترکیب گونه‌ای، ساختار سنی و اندازه‌ای درختان شهری می‌باشند (Nagendra and Gopal, 2010).

استفاده از گونه یا جنس‌های غیربومی در برنامه‌های کاشت از دیگر مباحث مطرح‌شده در افزایش تنوع زیستی درختان شهری است که سبب شکل‌گیری بحث‌هایی بسیار پیرامون ریسک‌ها و پیامدهای احتمالی کاشت و گسترش این گونه‌ها در محیط‌زیست شهری شده است (Parker *et al.*, 1999،



www.SID.ir

Archive of SID



Hitchmough, 2011). در این راستا، شناخت خاستگاه گونه‌های موجود می‌تواند در تعیین تهدیدات تهاجمی گونه‌ها بسیار مفید باشد (Sjöman *et al.*, 2012). گونه‌های درختی غیربومی اغلب آشیان گسترده‌تری دارند که سبب پراکنش آن‌ها در شهرهای مختلف شده است و از زمان‌های قدیم عامدانه در مناطق مختلف جهان کاشت شده‌اند (Blood *et al.*, 2016). این ترجیحات انسانی کاشت، فرضیه‌ای را متبلور می‌سازد که سیمای سرزمین تحت سلطه بشر در حال تجربه همگنی اکولوژیک است (Groffman *et al.*, 2014).

پژوهش‌های مربوط به ترکیب و همگنی درختان در مقیاس شهر اندک است (Blood *et al.*, 2016) و بیشتر پژوهش‌های داخلی بر روی محیط‌های طبیعی متمرکز بوده‌اند (Mokaram Kashtiban *et al.*, 2018، Jafarisarabi *et al.*, 2018، Piroozy *et al.*, 2018، Jafari Afrapoly *et al.*, 2018). پژوهش‌های مربوط به جنگلداری شهری در ایران و به‌ویژه شمال غرب کشور زیاد نیست و از آن میان می‌توان به پژوهش‌های Banj Shafiei و همکاران (2016)، Khezri و همکاران (2017) و Faal-Khah و همکاران (2017) اشاره کرد. با وجود اهمیت تنوع زیستی جامعه درختان شهری، مطالعات اندکی هم در سطح دنیا (Alvey, 2006، Raupp *et al.*, 2006، Kuruneri-Sjöman *et al.*, 2012، Chitepo and Shackleton, 2011، Blood *et al.*, 2016، Morgenroth *et al.*, 2016) و هم در ایران انجام شده است. در ایران، تنها پژوهش Jafari (2016) که به بررسی غنا و تنوع گونه‌ای درختی و درختچه‌ای در بلوار آیت ا... کاشانی شهرکرد پرداخته است، در راستای این پژوهش است. شایان‌ذکر است که پژوهش یادشده در مقیاسی بسیار کوچک‌تر صورت گرفته و صرفاً محدود به درختان و درختچه‌های خیابانی بود و نمونه موردی به‌عنوان نماینده فضای سبز کل شهر معرفی شده است، درحالی‌که این پژوهش از آن فراتر می‌رود و با استفاده از مدل نوین i-Tree Eco v6.0.10 به بررسی در مقیاس بسیار وسیع‌تر (کل شهر) و برای تمام کاربری‌های زمین می‌پردازد که این امر امتیاز این پژوهش بر پژوهش‌های داخلی محسوب می‌شود؛ بنابراین، فقدان اطلاعات در مورد ترکیب و تنوع زیستی جنگل شهری سبب مشکلاتی بسیار برای برنامه‌ریزی راهبردی حفاظت شهری می‌شود (Alvey, 2006، Li *et al.*, 2006، Jim and Chen, 2009)، امری که در ایران به آن پرداخته نشده است. مدل i-Tree Eco برای ارزیابی ساختار جنگل شهری (مانند تعداد درختان، ترکیب گونه‌ای، اندازه درخت) و عملکردهای مختلف (مانند حذف آلودگی هوا، ترسیب و ذخیره کربن) توسعه یافته است (Nowak *et al.*, 2008). i-Tree Eco یک نرم‌افزار مدرن، پیشرفته، به‌روز و دقیق است که سرویس جنگل وزارت کشاورزی ایالات‌متحده آن را برای تجزیه‌وتحلیل جنگل شهری و ارائه ابزارهایی برای ارزیابی منافع آن توسعه داده است (i-Tree Eco User's Manual, 2016).

با توجه مباحث مذکور، هدف این پژوهش بررسی ترکیب و توزیع گونه‌های درختی، تجزیه‌وتحلیل خاستگاه گونه‌ها و برآورد شاخص‌های مختلف تنوع زیستی (اعم از تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای) در شهر تبریز است.

## مواد و روش‌ها

### منطقهٔ پژوهش

این پژوهش در محدوده قانونی شهر تبریز با وسعت حدود ۲٤٤٥۳ هکتار، با جمعیت ۱٤۹٥۰۰۰ (Statistical Center of Iran, 2016)، انجام پذیرفت

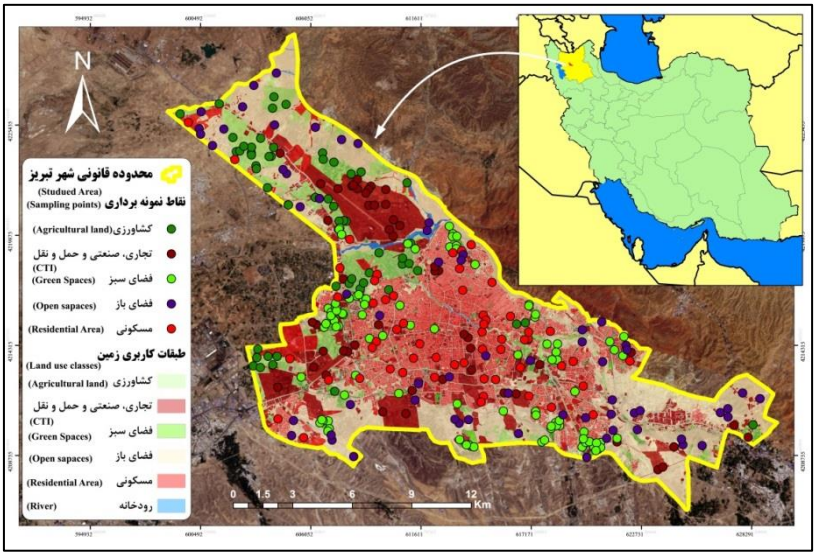


www.SID.ir

Archive of SID



(شکل ۱). شهر تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی در منطقه کوهستانی با متوسط ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا، دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد با تابستان‌های گرم و زمستان‌های بسیار سرد است. میانگین سالانه دما و بارش به‌ترتیب برابر با ۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۳۱۱/۱ میلی‌متر است (IMO, 2016). طول فصل رشد (طولانی‌ترین دورهٔ زمانی متناوب در طول سال با دمای بالای صفر درجه) ۷/۶ ماه (۲۳۱ روز) است (Weatherspark, 2018). مساحت فضاهای سبز شهر تبریز حدود ۷۶۰ هکتار است و سرانهٔ فضای سبز ۱۵/۵ مترمربع است (Statistical Yearbook of Tabriz, 2016).




شکل ۱- موقعیت فضایی محدوده مورد بررسی، طبقات کاربری زمین و نقاط نمونه‌برداری

Figure 1. Spatial location of the studied area, land use classes and sample points

## روش پژوهش

### نمونه‌برداری و شناسایی گونه‌ها

پیش‌نیاز برآورد شاخص‌های تنوع زیستی درختان شهری، جمع‌آوری داده‌های مناسب و صحیح آماری در مورد پراکنش و ساختار درختان شهری است. یکی از مدل‌های نوین و کارآمد در این زمینه مدل i-Tree Eco است که با رهیافت پایین به بالا، به ارائه جزئی‌ترین اطلاعات در مورد ساختار، خدمات اکوسیستمی، تنوع زیستی و خاستگاه گونه‌های جنگل شهری می‌پردازد (Nowak, 2013). ارزیابی ساختار جنگل شهری از طریق دو رهیافت بالا به پایین (استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یا عکس‌های هوایی) و پایین به بالا (بر پایه مطالعات میدانی و نمونه‌برداری) انجام می‌شود (Nowak, 2013). باید توجه داشت که مدل مذکور در ابتدا توسط بخش خدمات جنگل وزارت کشاورزی ایالات‌متحده امریکا برای این کشور توسعه یافت. بااین‌حال، رهنمودها و پروتکل‌های مربوطه، کاربرد این مدل در خارج از امریکا را نیز میسر می‌سازد (Baró *et al.*, 2014؛ Pérez *et al.*, 2016؛ Selmi *et al.*, 2017؛ Jayasooriya *et al.*, 2016). بنابراین، در این پژوهش با پیروی از پروتکل‌های مربوطه (i-Tree Eco International Projects, 2016؛ i-Tree Eco User's Manual, 2016)، امکان استفاده از مدل i-Tree Eco برای اجرا در شهر تبریز فراهم شد. در این مدل، قطعه‌های نمونه به دو صورت بدون طبقه‌بندی (نمونه تصادفی ساده) یا



www.SID.ir

Archive of SID



طبقه‌بندی‌شده (نمونه تصادفی طبقه‌بندی‌شده) قابل‌برداشت است. در نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده، محدوده پژوهشی به واحدهای کوچک‌تری مثل طبقات کاربری زمین تقسیم می‌شود؛ این کار می‌تواند قبل از تعیین قطعه‌های نمونه (پیش–طبقه‌بندی) یا بعد از جمع‌آوری داده‌ها (پسا–طبقه‌بندی) انجام شود (i-Tree Eco User's Manual, 2016). در این پژوهش، توزیع نمونه‌ها به‌صورت پیش–طبقه‌بندی انجام شد؛ بدین‌صورت که محدوده پژوهشی به واحدهای کوچک‌تر برحسب طبقه‌های کاربری زمین تقسیم و قطعه‌های نمونه‌برداری در بین طبقات کاربری زمین توزیع شد. این رویکرد امکان مقایسه شاخص‌های مختلف تنوع زیستی در بین انواع کاربری‌های زمین را فراهم می‌سازد (i-Tree Eco User's Manual, 2016). روش پیش طبقه‌بندی، اگر به‌درستی انجام شود، می‌تواند واریانس کل را، به دلیل تمرکز قطعه‌نمونه‌های بیشتر در مناطق دارای تنوع و تغییرات بالاتر، کاهش دهد (Nowak *et al.*, 2008). در مرحله بعد تعداد کل قطعه‌نمونه‌ها بر اساس صحت مورد انتظار، زمان و هزینه‌های پژوهش‌های میدانی و اهداف پژوهش تعیین می‌شود. به‌عنوان یک اصل عمومی، تعداد ۲۰۰ قطعه‌نمونه در نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده (با حداقل ۲۰ قطعه‌نمونه برای هر طبقه) خطای استانداردی در حدود ده درصد برای برآورد کل شهر به دنبال دارد (Nowak *et al.*, 2008). به خاطر محدودیت‌های زمانی، مالی و نیز مشخصات منطقه مطالعاتی و هدف پژوهش، تعداد ۳۳۰ قطعه‌نمونه استاندارد مدل (قطعه‌نمونه‌های دایره‌ای شکل با شعاع ۱۱/۳۳ متر) درون کاربری‌های زمین در شهر تبریز (شامل کاربری‌های: ۱– تجاری، صنعتی و حمل‌ونقل، ۲– کشاورزی، ۳– فضای سبز، ٤– مسکونی و ٥– فضای باز) به‌صورت پیش طبقه‌بندی تصادفی توزیع شدند. منبع نقشه کاربری زمین نقشه شهرداری تبریز برای سال ۱۳۹۵ بود (شکل ۱).

برای تعیین حجم نمونه برای هر یک از طبقات کاربری زمین، پرسش‌نامه‌ای با هدف تعیین احتمال حضور درختان در هر کاربری بر اساس نظرات کارشناسان و خبرگان تهیه شد. نظرات ۱۵ متخصص (اعضای هیئت‌علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز) اخذ و میانگین وزن‌ها در طیف صفر تا یک (کمترین تا بیش‌ترین احتمال) استاندارد شد و با اعمال درصد مساحت هر کاربری، تعداد نمونه‌ها برای هر طبقه تعیین شد. در ادامه با استفاده از ماژول نقاط تصادفی نرم‌افزار ArcGIS 10.4.1، نقاط نمونه‌برداری در بین طبقات توزیع شدند. ۳۳۰ قطعه‌نمونه به‌صورت تصادفی درون کاربری‌های مختلف زمین (۵۱، ۵۷، ۱۰۰، ۵۹ و ٦۳ قطعه‌نمونه به ترتیب درون کاربری‌های CTI، کشاورزی، فضای سبز، مسکونی و فضای باز) پراکنده شدند (شکل ۱) و داده‌های میدانی جمع‌آوری شد (دسترسی به ۵ قطعه‌نمونه به خاطر قرارگیری در مراکز نظامی میسر نبود). دو نوع اطلاعات اعم از: ۱) اطلاعات عمومی قطعه‌نمونه‌ها (شناسه و نشانی قطعه‌نمونه، زمان، واحدهای اندازه‌گیری، کاربری زمین، درصد پوشش درختی، درصد فضای قابل کاشت درخت، درصد قابلیت دسترسی، طبقات کاربری و پوشش زمین واقعی مشاهده‌شده درون هر قطعه‌نمونه و عارضه‌های بارز اطراف قطعه‌نمونه) و ۲) اطلاعات درختان (شناسه درخت که عبارت است از شماره اختصاصی که برای هر درخت نمونه‌برداری شده داده می‌شود، فاصله و برای نسبت به مرکز قطعه‌نمونه، نوع گونه، قطر برابرسینه (DBH)، ارتفاع کل، طول و عرض تاج) در مطالعات میدانی که از اوایل خردادماه تا اواسط مهرماه ۱۳۹٦ به طول انجامید، جمع‌آوری شد. سپس، اطلاعات



www.SID.ir

Archive of SID



جمع‌آوری‌شده وارد نرم‌افزار i-Tree Eco v6.0.10 شد. این مدل ابتدا بر اساس داده‌های واردشده ساختار جنگل شهری (پارامترهای مختلفی اعم از ساختار گونه‌ای جمعیت، پراکنش قطر برابرسینه، تعداد درختان به تفکیک گونه برای کل منطقه مطالعاتی و طبقات مختلف کاربری زمین) را برآورد کرد. این مدل، جامعه درختی را بر اساس قطر برابرسینه به طبقات مختلفی طبقه‌بندی می‌کند. هدف از این طبقه‌بندی معیارهای مدیریتی است که اطلاعات مهمی را در مورد نیازهای نگهداری درختان برحسب سن نسبی آن‌ها در اختیار مدیران فضای سبز قرار می‌دهد. این اطلاعات به‌ویژه برای تشخیص اقدامات لازم برای درختان از نظر سنی (پیر، بالغ، جوان و مراحل اولیه رشد) مفید است. به‌عنوان‌مثال قطر برابرسینه زیاد نشان‌دهنده سن زیاد درخت بوده که ممکن است نیازمند جایگزینی با درختان جوان باشند. مدل مذکور عموماً درختان با قطر برابرسینه کمتر از ۱۵/۲ سانتی‌متری را به‌عنوان درختان جوان (نابالغ) در نظر می‌گیرد که این درختان در آینده پتانسیل بیشتری برای افزایش قطر برابرسینه و تاج-پوشش خود دارند که به‌تبع آن منجر به افزایش خدمات ارائه‌شده توسط آن‌ها می‌شود (Nowak, 2019). سپس، از طریق ماژول Diversity Indices شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های شناسایی‌شده برآورد شد.

**شاخص‌های تنوع زیستی**

مدل مذکور شاخص‌های غنای گونه (Richness)، تعداد نمونه‌ها در سطح، تنوع شانون–وینر (Shannon-Wiener Diversity Index)، غنای منهنیک (Menhinick's Diversity Index)، تنوع سیمپسون (Simpson's Diversity Index)، یکنواختی شانون–وینر (Shannon-Wiener Evenness Index) و فن ریرفکشن سندرز (Sander's Rarefaction Technique) را برای کل منطقه و هر یک از کاربری‌های زمین برآورد کرد.

غنای گونه‌ای به تعداد گونه‌های موجود در یک سطح یا در یک نمونه معین بدون در نظر گرفتن تعداد افراد مورد بررسی در هر گونه اطلاق می‌شود (Simpson, 1949). تعداد نمونه‌ها بر سطح، به‌صورت تراکم تعداد کل گونه‌های شناسایی‌شده در واحد سطح (کاربری‌های زمین) برآورد شد (Nowak, 2019).

شاخص تنوع شانون–وینر (H) در حقیقت ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است که به‌صورت زیر برآورد می‌شود (Hermy and Cornelis, 2000، Cornelis and Hermy, 2004):

$$H = -\sum_{i=1}^{R} p_i \ln p_i$$ رابطهٔ (۱)

که در آن R تعداد نمونه‌ها و $p_i$ فراوانی نسبی ($n/N$) هرگونه در نمونه $i$ام است. در این شاخص، فرض بر این است که تمام گونه‌های درون طبقات کاربری زمین مورد نمونه‌برداری قرار گرفته‌اند و حساسیت متوسطی به حجم نمونه‌برداری دارد، بنابراین شاخص مناسبی برای مقایسه بین طبقات کاربری نیست (Nowak, 2019).

شاخص غنای منهنیک ($D$) برای بیان غنای گونه‌ای مطرح بوده و بیانگر نسبت تعداد گونه‌ها ($n$) بر جذر مرتبه دوم تعداد کل افراد ($N$) است (Menhinick, 1964):

$$D = n/\sqrt{N}$$ رابطهٔ (۲)

این شاخص حساسیت کمی نسبت به‌اندازه نمونه دارد و بنابراین برای مقایسات بین طبقات کاربری زمین مناسب‌تر است.

شاخص تنوع سیمپسون ($SI$) از تئوری احتمالات اتخاذ شده است و احتمال تشابه دو فرد انتخاب‌شده



www.SID.ir

Archive of SID



به‌صورت تصادفی از یک جامعه با اندازه نامحدود را بیان می‌کند (Simpson, 1949):

$$SI = {}^{1}/_{D} \Rightarrow D = \sum_{i=1}^{S}\left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}\right] \quad \text{رابطهٔ (۳)}$$

که $S$ تعداد کل گونه‌های ثبت شده، $n_i$ تعداد افراد گونه $i$ام و $N$ تعداد کل افراد است. این شاخص نیز حساسیت کمی نسبت به‌اندازه نمونه دارد و می‌تواند برای مقایسات بین طبقات کاربری زمین مناسب باشد (Nowak, 2019).

شاخص یکنواختی شانون–وینر ($E_H$)، همانند شاخص تنوع زیستی شانون–وینر است و فرض بر این دارد که تمام گونه‌های درختی در درون یک طبقه یا منطقه مطالعاتی مورد نمونه‌برداری قرار گرفته‌اند (Magurran 1988):

$$E_H = \frac{H}{H_{max}} = -\frac{\sum_{i=1}^{R} p_i \, lnp_i}{ln(R)} \quad \text{رابطهٔ (٤)}$$

$H$ شاخص تنوع زیستی شانون–وینر و $H_{max}$ بیشترین مقدار ممکن $H$ (در صورت مشابه بودن تمامی گونه‌ها) است. این شاخص نیز، حساسیت متوسطی نسبت به‌اندازه نمونه دارد (i-Tree Eco User's Manual, 2016).

فن ریرفکشن سندرز، فنی است که برای برآورد غنای گونه‌ای حاصل از نتایج نمونه‌برداری استفاده می‌شود. این فن یک روش ریاضی برای استانداردسازی غنای گونه‌های منتج از نمونه‌های جوامع متفاوت با اندازه نمونه‌های نابرابر (مثل طبقات مختلف کاربری زمین یک شهر) است. این فرایند از طریق منحنی‌های ریرفکشن اجرا می‌شود (Sanders, 1981، Nowak, 2019).

**بررسی خاستگاه گونه‌ها**

در این بخش با استفاده از لیست گیاهان بومی (فلور) ایران (Mozaffarian, 2005، Flora-Iran, 2014، Attar *et al.*, 2014) به بررسی بومی و غیربومی‌بودن گونه-های شناسایی‌شده پرداخته شد.

## نتایج

تعداد ۲٤۳۸ اصله درخت مورد نمونه‌برداری قرار گرفت که در مجموع متعلق به ٤۸ گونه بودند. نتایج حاصل از برآورد جمعیت درختان شهری توسط مدل نشان‌دهنده وجود ۱۹۲۸۰۰ اصله درخت با تراکم پوشش درختی ۹/٤ درصدی بود (به‌بیان‌دیگر، سطح تاج پوشش درختان، ۹/٤ درصد از سطح شهر تبریز را پوشانده است). همچنین، نتایج برآورد ساختار جمعیت درختی نشان داد که ٤٦/٤ درصد درختان دارای DBH بین ۷/٦ تا ۱۵/۲ سانتی‌متری و ۱۷/۹ درصد DBH کمتر از ۷/٦ سانتی‌متری (بیانگر این است که این درختان تازه کاشته شده‌اند و در مراحل اولیه رشد خود هستند و نیازمند مراقبت خاصی هستند) دارند (شکل ۲). تمام گونه‌های شناسایی‌شده از نظر پراکنش و تعداد در نشان داده شده‌اند. نتایج ارزیابی خاستگاه (طیف بومی و غیربومی) گونه‌های شناسایی‌شده (جدول ۲) نشان داد که ۳۷/۵ درصد گونه‌ها دارای خاستگاه بومی منطقه آذربایجان (شهر تبریز) هستند.



www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۱- گونه‌های شناسایی‌شده شهر تبریز برحسب تعداد، فراوانی نسبی و خاستگاه

Table 1. Identified species due to tree count, relative frequency and native range of urban tree society of Tabriz

| نام علمی Scientific Name | نام فارسی Persian name | آذربایجان Native to Azerbaijan | تعداد شده Estimated frequency | فراوانی نسبی Relative frequency | فراوانی گونه‌ها در طبقات کاربری زمین Frequency of species within the land use classes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | A | C | O | G | R |
| *Robinia pseudoacacia* L. | اقاقیا | - | 240590 | 12.48 | 1.2 | 4.5 | 21.1 | 18.0 | 3.4 |
| *Fraxinus excelsior* L. | ون | + | 188821 | 9.80 | 3.6 | 17.1 | 3.1 | 21.3 | 8.8 |
| *Elaeagnus angustifolia* L. | سنجد | + | 153675 | 7.97 | 11.9 | 1.8 | 15.5 | 7.8 | - |
| *Cupressus arizonica* Greene | سرو نقره‌ای | - | 130009 | 6.74 | 2.4 | 7.2 | 8.7 | 6.3 | 5.0 |
| *Ulmus carpinifolia 'Hollandica'* Groeneveld. | اوجا هلندی | - | 128342 | 6.66 | 3.6 | - | 6.8 | 4.7 | 11.8 |
| *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle | عرعر | - | 107713 | 5.59 | - | - | 4.3 | 4.9 | 11.8 |
| *Pinus nigra* J.F.Arnold | کاج سیاه | - | 94402 | 4.90 | - | 0.9 | 8.1 | 8.4 | - |
| *Vitis vinifera* L. | مو | - | 82417 | 4.28 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 0.3 | 9.7 |
| *Pinus eldarica* Medw. | کاج تهران | - | 73773 | 3.83 | - | 1.8 | 0.6 | 4.4 | 9.7 |
| *Robinia pseudoacacia var. umbraculifera* D.C. | اقاقیای چتری | - | 69096 | 3.58 | - | 5.4 | 6.2 | 2.7 | 0.4 |
| *Morus alba* L. | توت سفید | + | 63579 | 3.30 | 14.3 | 4.5 | 3.1 | 1.7 | 1.7 |
| *Ulmus minor* Miller | اوجا | + | 51038 | 2.65 | 0.0 | 2.7 | 5.0 | 1.4 | 0.8 |
| *Populus alba* L. | سپیدار | + | 49695 | 2.58 | 3.6 | - | 5.0 | 1.9 | 0.8 |
| *Prunus avium* (L.) L. | گیلاس | - | 45038 | 2.34 | 1.2 | 6.3 | 1.9 | 0.4 | 2.5 |
| *Acer negundo* L. | افرای سیاه | - | 39574 | 2.05 | - | 10.8 | 0.6 | 2.1 | - |
| *Ficus carica* L. | انجیر | + | 37869 | 1.96 | 1.2 | 2.7 | - | 0.5 | 5.5 |
| *Prunus armeniaca* L. | زردآلو | - | 36300 | 1.88 | 11.9 | 3.6 | 0.6 | 0.3 | 1.7 |
| *Juglans regia* L. | گردو | + | 32260 | 1.67 | 14.3 | 0.9 | - | 0.4 | 2.5 |
| *Platycladus orientalis* (L.) Franco | نوش | - | 31437 | 1.63 | - | 5.4 | - | 2.0 | 2.1 |
| *Populus nigra* L. | تبریزی | + | 29132 | 1.51 | 0.0 | 5.4 | 1.2 | 1.2 | 0.4 |
| *Prunus cerasus* L. | آلبالو | - | 27045 | 1.40 | 3.6 | 3.6 | - | 0.3 | 2.5 |
| *Malus domestica* Borkh. | سیب | - | 24593 | 1.28 | 3.6 | 3.6 | 0.6 | 0.2 | 1.3 |
| *Morus nigra* L. | شاه‌توت | + | 24395 | 1.27 | 1.2 | 1.8 | - | 2.2 | 2.1 |
| *Ulmus minor F. umbraculifera* L. | نارون | + | 24043 | 1.25 | - | - | - | 2.6 | 2.9 |
| *Prunus persica* (L.) Batsch | هلو | - | 23871 | 1.24 | 3.6 | 0.9 | 0.6 | 0.1 | 2.5 |
| *Morus alba pendula* L. | توت مجنون | - | 21591 | 1.12 | 2.4 | 2.7 | 1.2 | 0.3 | 0.4 |
| *Prunus domestica* L. | آلو | - | 16778 | 0.87 | 1.2 | - | 0.6 | 0.1 | 2.1 |
| *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb | بادام | - | 14858 | 0.77 | 9.5 | 0- | 0.6 | - | - |



www.SID.ir

Archive of SID



ادامهٔ جدول ۱.

Continued table 1.

| نام علمی Scientific Name | نام فارسی Persian name | آذربایجان بومی Native to Azerbaijan | Estimated فراوانی نسبی شده | Relative frequency | فراوانی گونه‌ها در طبقات کاربری زمین Frequency of species within the land use classes | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | A | C | O | G | R |
| *Salix alba* L. | بید سفید | + | 9685 | 0.50 | 2.4 | 0.9 | 0.6 | 0.1 | - |
| *Diospyros kaki* L.f. | خرمالو | - | 9335 | 0.48 | - | - | - | 0.2 | 1.7 |
| *Maclura pomifera* (Raf.) C.K.Schneid. | توت آمریکایی | - | 8583 | 0.45 | - | - | - | - | 1.7 |
| *Pyrus communis* L. | گلابی | + | 7459 | 0.39 | 2.4 | 1.8 | - | 0.1 | - |
| *Salix babylonica* L. | بید مجنون | - | 6793 | 0.35 | - | - | - | - | 0.4 |
| *Cedrus deodara* (Roxb. ex D.Don) G.Don | سدر مقدس | - | 4291 | 0.22 | - | - | - | - | 0.8 |
| *Prunus persica* var. *platycarpa* (Decne.) L.H.Bailey. | هلو | - | 4291 | 0.22 | - | - | - | - | 0.8 |
| *Gleditsia triacanthos* L. | لیلکی آمریکایی | - | 3008 | 0.16 | - | - | - | 0.9 | - |
| *Prunus spinosa* L. | آلو | + | 2898 | 0.15 | - | - | - | 0.2 | 0.4 |
| *Cydonia oblonga* Miller | به (به جنگلی) | + | 2334 | 0.12 | - | - | - | 0.1 | 0.4 |
| *Quercus castaneifolia* C.A. Mey. | بلندمازو | - | 2256 | 0.12 | - | - | - | 0.7 | - |
| *Pinus mugo* Turra. | کاج کوهی | - | 2068 | 0.11 | - | - | - | 0.6 | 1.3 |
| *Cercis siliquastrum* L. | ارغوان | + | 940 | 0.05 | - | - | - | 0.3 | - |
| *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. | سفیدمازو | - | 376 | 0.02 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Sambucus nigra* L. | آقطی سیاه | + | 376 | 0.02 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Cornus mas* L. | زغال‌اخته | + | 188 | 0.01 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Corylus avellana* L. | فندق | + | 188 | 0.01 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Hibiscus syriacus* L. | ختمی درختی | - | 188 | 0.01 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Populus* × *tomentosa* Carrière | سپیدار سفید چینی | - | 188 | 0.01 | - | - | - | 0.1 | - |
| *Taxus baccata* L. | سرخدار | - | 188 | 0.01 | - | - | - | 0.1 | - |

A: Agriculture (کشاورزی)

C: Commercial/transportation/institutional (تجاری، صنعتی و حمل‌ونقل)

G: Green spaces (فضای سبز)

O: Open spaces (فضای باز)

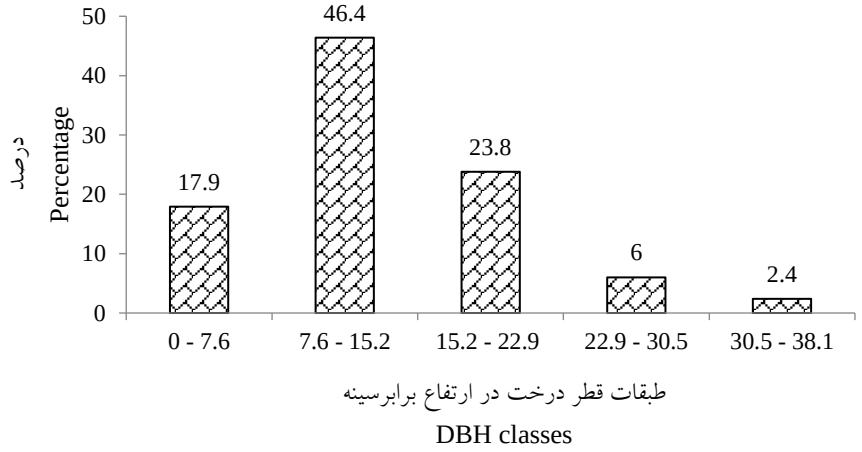
R: Residential area (مسکونی)



www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۲- توزیع جمعیت درختی برحسب طبقات قطر درخت در ارتفاع برابرسینه (سانتی‌متر)

Figure 2. Species distribution by DBH classes (cm)

جدول ۲- مقدار شاخص‌های مختلف تنوع زیستی برحسب طبقات کاربری زمین

Table2. Vlaues of biodiversity indices due to land use classes

| طبقات کاربری زمین<br>Land use classes | غنای گونه<br>Richness | تعداد گونه بر سطح<br>Species per hectare | شاخص شانون-وینر<br>Shannon-Wiener diversity index | شاخص منهینیک<br>Menhinick's diversity index | شاخص سیمپسون<br>Simpson's diversity index | شاخص یکنواختی شانون-وینر<br>Shannon-Wiener evenness index | فن ریرفکشن سندرز<br>Sander's Rarefaction technique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تجاری، صنعتی و حمل‌ونقل<br>Commercial/transportation/institutional | 25 | 13.4 | 2.9 | 2.4 | 15.8 | 0.9 | 22.2 |
| کشاورزی<br>Agriculture | 20 | 8.7 | 2.6 | 2.3 | 11.8 | 0.9 | 18.8 |
| فضای سبز<br>Green spaces | 43 | 10.6 | 2.7 | 1.0 | 9.5 | 0.7 | 18.1 |
| مسکونی<br>Residential area | 31 | 13.0 | 3.0 | 2.0 | 15.8 | 0.9 | 22.3 |
| فضای باز<br>Open sapaces | 23 | 9.0 | 2.6 | 1.8 | 10.1 | 0.8 | 17.2 |
| کل<br>Total | 48 | 3.6 | 2.9 | 1.0 | 12.0 | 0.8 | - |

**بحث**

گرچه مناطق شهری غنای گونه‌ای بالایی دارند، ولی به‌طورمعمول گروهی معدود از گونه‌ها در جامعه درختان شهری غالب هستند (Raupp *et al*., 2006).

نتایج نشان داد از بین ٤٨ گونه درختی شناسایی‌شده در شهر تبریز، شش گونه درختی حدود ۵۰ درصد فراوانی نسبی را به خود اختصاص داده‌اند. فراوانی دو گونه *Robinia pseudoacacia* و *Fraxinus*



www.SID.ir

Archive of SID



*excelsior* بیش از ۲۰ درصد بود. مطابق یافته‌ها، کاربری فضای باز بیشترین (۳٦/٤ درصد) و کاربری کشاورزی کمترین (۵/۷ درصد) فراوانی درخت را دارند. کاربری فضای سبز با سهم ۱۸ درصدی بعد از کاربری مسکونی (۲٦/۵ درصد) در رتبه سوم تعداد درختان در طبقات مختلف کاربری زمین قرار می‌گیرد که علت آن را می‌توان به درصد پایین مساحت کاربری فضای سبز در شهر تبریز نسبت داد (این کاربری تنها ۳۳/۱ درصد مساحت کل منطقه مطالعاتی را پوشانده است)، درحالی‌که ٤۵/۵ درصد منطقه فضای باز است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فراوانی نسبی درختان درون طبقات کاربری زمین تابعی از مساحت هر طبقه است. البته باید توجه داشت که تراکم درختان (تعداد درخت برآورد شده در واحد سطح) معیار بهتری برای مقایسه فراوانی درختان درون طبقات کاربری است. بر این اساس، طبقه فضای سبز با فراوانی برآورد شده ٤۵۵/٦ اصله درخت در هکتار در رتبه اول و کاربری کشاورزی با ۳٦/٤ درخت در هکتار در رتبه آخر قرار دارد. کاربری فضای باز که دارای بیشترین تعداد درخت برآورد شده در میان طبقات مختلف کاربری است، با ٦۳/۱ اصله درخت در هکتار بعد از کاربری مسکونی (۱۰۰/۵) در رتبهٔ سوم قرار می‌گیرد.

تنوع درختان در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به‌صورت رهنمودهای عمومی یا قاعدهٔ سرانگشتی (Rules-of-Thumb) مطرح شده‌اند (Morgenroth *et al*., 2016). قاعدهٔ سرانگشتی به‌صورت تجربی، در مقیاسی نسبتاً وسیع قابل‌اعتماد یا صحیح است، اما لزوماً صحت قاعده در همه موارد محتمل اثبات نشده است (Belle, 2008). رهنمودهای متعددی در موضوع تنوع گونه‌ای درختان وجود دارد: یکی از توصیه‌های مطرح این است که هیچ گونه‌ای نباید دارای فراوانی نسبی بیشتر از ۱۰ درصد باشد (Smiley *et al*., 1984، Santamour, 1990،Grey and Deneke, 1986 ، Miller and Miller, 1991). این قاعده، واکنشی به تغییرات احتمالی (تنش‌ها و تهدیدات محیطی) است (برای مثال، اگر فراوانی یک گونه در جمعیت درختی شهر بالا باشد بیماری یا آفت در برهه‌ای از زمان آسیب‌هایی جبران‌ناپذیر به بار می‌آورد). به‌بیان‌دیگر، این قاعده تضمین در برابر محرک‌هایی بیرونی است که ممکن است به سیستم وارد شود (Santamour, 1990). در شهر تبریز فقط گونه اقاقیا فراوانی نسبی بیشتر از ۱۰ درصد دارد. باید در نظر داشت که این پیشنهاد در مورد فراوانی با درصدهای اختلاط مختلف گونه‌ها نسبتاً بر مبنای مباحث نظری است. در حال حاضر دانش و تجربه واضحی در مورد سطوح پایدار فراوانی گونه‌های درختان شهری وجود ندارد. با توجه به اینکه بیشینه ۱۰ درصدی فراوانی نسبتاً زیاد است (Sjöman *et al*., 2012)؛ دیگر پژوهشگران سطح پنج درصدی را به‌عنوان سطح پایدارتر پیشنهاد می‌کنند (Moll, 1989،Barker, 1975 ) که در این صورت شش گونه درختی در شهر تبریز فراتر از این سطح قرار می‌گیرند. دیگر پژوهش‌ها موجود اتخاذ شاخص‌هایی محاسباتی مانند سیمپسون و شانون–وینر را پیشنهاد و به ارتقا تنوع جنگل‌های شهری به سطوح بالاتر از گونه در تاکسونومی توصیه می‌کنند، چراکه آفت‌ها عموماً در سطوح جنس و خانواده رخ می‌دهند (Subburayalu and Sydnor, 2012). بررسی نتایج نشان داد که کاربری فضای سبز دارای بیشترین و کاربری کشاورزی کمترین مقدار غنای گونه‌ای است. کاربری CTI بیشترین تعداد گونه در واحد سطح را دارد، درحالی‌که کاربری کشاورزی، همانند شاخص پیشین، کمترین تعداد گونه در سطح را دارد. مقایسه شاخص تنوع زیستی شانون–وینر و غنای



www.SID.ir

Archive of SID



گونه‌ای منهنیک در بین کاربری‌های زمین نشان داد که کاربری مسکونی بیشترین مقدار از این شاخص‌ها را به خود اختصاص داده است. نتایج برآورد شاخص تنوع سیمپسون نشان داد که کاربری‌های مسکونی و CTI بیشترین مقدار را دارند. توزیع ارزش‌های به‌دست‌آمده برای شاخص یکنواختی شانون–وینر نشان‌دهنده ارزش یکسان برای سه کاربری CTI، کشاورزی و مسکونی بود. همچنین، ارزیابی غنای گونه نمونه‌ها بر اساس فن ریرفکشن سندرز نشان می‌دهد کاربری مسکونی، CTI و کشاورزی دارای بیشترین مقدار است.

مقایسهٔ پارامترهای مختلف به‌دست‌آمده (اعم از تعداد گونه‌های شناسایی‌شده، تراکم درختان، درصد بومی بودن و فراوانی DBH کمتر از ۱۵/۲ سانتی‌متری) با دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهد شهر تبریز کمترین مقدار این پارامترها را دارد (

جدول ۲). به عبارتی این مقایسه نشان‌دهنده وضعیت نامناسب ساختار جامعه درختی تبریز است. مقایسه نتایج شاخص‌های تنوع زیستی شهر فنوکس آریزونا با پژوهش حاضر نشان داد که این شهر دارای ارزش‌های ۳/٦، ۳/۷ و ۲۷/۳ برای شاخص‌های شانون–وینر، منهنیک و سیمپسون بوده (Mikulanis, 2014) که از شاخص‌های تنوع زیستی شهر تبریز بیشتر هستند. شایان‌ذکر است بیش از ۷۵ درصد درختان شهری تبریز دارای DBH کمتر از ۱۵/۲ سانتی‌متری هست که نشان‌دهنده جوان بودن جنگل شهری تبریز است که لزوم اقدامات مراقبتی خاص درختان جوان را می‌رساند. نگرانی از غالب‌شدن گونه‌های غیربومی در شهر و کم‌توجهی به گونه‌های بومی منطقه در برنامه‌های کاشت، نکته مهمی است که ادارات مسئول فضای سبز شهری باید در نظر داشته باشند (Nagendra and Gopal, 2011). یافته‌ها نشان دادند که ۳۷/۵ درصد گونه‌های شناسایی‌شده از گونه‌های بومی آذربایجان (شهر تبریز) است. در خصوص دلایل پراکنش گونه‌های غیربومی در شهرهای ایران و به‌خصوص شهر تبریز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: عدم انتخاب صحیح گونه‌ها برای کاشت، عدم وجود برنامه جامع کاشت، فقدان لیست جامع گونه‌های مناسب کاشت و انتخاب گونه‌ها توسط مسئولین از بین گونه‌های متداول بدون توجه به اصول علمی و خصوصیات محیطی (Asgarzadeh *et al.*, 2014)؛ بنابراین، مدیران و سیاست‌گذاران فضای سبز شهر نباید پیش از مطالعات مناسب به کاشت گونه‌های جدید مبادرت ورزند. بااین‌حال، این امر در شهرها و به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه رایج است، به‌ویژه اینکه این کشورها تجربه حضور نمایندگان خارجی را بسیار داشته‌اند که این امر یکی از دلایل معرفی گونه‌های غیربومی در شهرهاست (Nagendra and Gopal, 2011). یافته‌های دیگر پژوهش‌ها همسو نیز مبین همین موضوع است؛ برای مثال ٦۷ درصد گونه‌های درختی شهر بنگلور هند (Nagendra and Gopal, 2010)، ٤۰ درصد ملبورن استرالیا (Frank *et al.*, 2006) و ٦۰ درصد کیپ شرقی افریقای جنوبی (Kuruneri-Chitepo and Shackleton, 2011) از گونه‌های غیربومی تشکیل شده است؛ بنابراین، اهمیت تنوع زیستی در راهبردها، تصمیم‌گیری‌ها، طراحی و مدیریت جنگل‌های شهری شدیداً احساس می‌شود (Morgenroth *et al.*, 2016). حکمرانی و برنامه‌ریزی راهبردی تنوع زیستی درختان شهری باید بر مبنای ترکیب و وضعیت فعلی جنگل شهری باشد (Alvey, 2006). متأسفانه شهر تبریز، مانند دیگر شهرهای ایران، در مورد تنوع گونه‌های درختی شهری که مبین نوع گونه‌ها برای کاشت است، دارای سیاست‌های ثابت و قابل‌اتکایی نیست. نسبت به



www.SID.ir

Archive of SID



انتخاب نوع گونه‌های درختی مورد کاشت در طبقات مختلف کاربری‌های زمین شهری نیازمند توجهی فراتر از نگاه منفرد موجود از دید سهولت نگهداری درختان است و اقدامات بیشتری برای انتخاب ترکیب متناسب درختان را که منجر به حمایت از دیگر تنوعات زیستی شهری و ارائه خدمات اکوسیستمی و محیط‌زیستی می‌شود، می‌طلبد. یافته‌های این پژوهش، یک منبع اطلاعاتی ارزشمند از وضعیت پراکنشی، ساختاری و جمعیتی، خاستگاه گونه‌ها و شاخص‌های تنوع زیستی درختان شهری در اختیار مدیران فضای سبز شهری تبریز قرار می‌دهد تا در راهبردهای آتی خود از آن استفاده کنند.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای ساختاری جمعیت درختان شهری در شهرهای مختلف

Table 4. Comparison structural paramerers of urban tree society among cities

| شهر City | تعداد گونه‌ها Number of species | تراکم درختی (تعداد در هکتار) Tree density (tree/ha) | درصد بومی Native (%) | DBH کمتر از ۱۵/۲ سانتی‌متری DBH < 15.2 cm | طبقه‌بندی اقلیمی کوپن گیگر Köppen–Geiger climate classification* | میانگین بارش سالانه Mean annual Precipitation | مرجع Reference |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منطقه شیکاگو Chicago Region | 161 | 149 | 54.4 | 73.3 | Dfa | 921.2 | (Nowak *et al.*, 2013) |
| بارسلون Barcelona | 138 | 128 | 46 | 48 | Csa. | 640 | (Chaparro and Terrasdas, 2009) |
| تنسی Tennessee | 120 | 450 | 71.8 | 79 | Cfa | 1363.2 | (Nowak *et al.*, 2011) |
| واشینگتن Washington | 108 | 162 | 70 | 62.6 | Csb | 943.1 | (UFORE, 2010) |
| هیوستون Houston | 63 | 83 | 60.4 | 72 | Cfa | 1215.1 | (Nowak *et al.*, 2017) |
| پلینو Plano | 60 | 89 | 62 | 64.4 | Cfa | 1025.9 | (PARD, 2014) |
| فینیکس، آریزونا Phoenix, Arizona | 60 | 33 | 58 | 44.8 | Bwh | 210.5 | (Mikulanis, 2014) |
| مسکیت Mesquite | 54 | 174 | 80 | 75.8 | Cfa | 230.3 | (Pace and Sales, 2014) |
| تبریز Tabriz | 48 | 79.3 | 37.5 | 77.9 | BSk | 311.1 | پژوهش حاضر |

*اطلاعات مربوط به این طبقه بندی از وبگاه WMKC (2019) اخذ شده است. توضیحات هر طبقه در زیر ارائه شده است:

*These information adapted from WMKC (2019). Also the explanation of each class sowed below:

Dfa، Hot summer continental climates اقلیم قاره‌ای با تابستان بسیارگرم

Csa، Hot-summer mediterranean climate اقلیم مدیترانه‌ای با تابستان بسیارگرم

Cfa، Humid subtropical climate اقلیم نیمه‌گرمسیری مرطوب

Csb، Warm-summer mediterranean climate اقلیم اقیانوسی تابستان گرم

Bwh، hot desert climates اقلیم بیابانی گرم

BSk، Cold semi-arid climates اقلیم نیمه‌خشک سرد



www.SID.ir

Archive of SID



**نتیجه‌گیری کلی**

شناخت وضعیت تنوع گونه‌ای درختان قدم اول حفاظت تنوع زیستی در محیط‌های شهری است. شناخت جمعیت درختی موجود پیش‌شرط لازم برای مدیریت و برنامه‌ریزی‌های کاشت است. تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان می‌دهد پارامترهای ساختاری و شاخص‌های تنوع زیستی در شهر تبریز به نسبت دیگر شهرهای بررسی‌شده کمتر است و همین امر مبین غنای گونه‌ای فقیر این شهر است. غالبیت نسبی گونه‌های غیربومی نشان‌دهنده توجه زیاد مدیران و برنامه‌ریزان فضای سبز به گونه‌های غیربومی در برنامه‌های کاشت است. گونه‌های بومی باید جزو بسیار مهم نهاد اکولوژی شهری درنظر گرفته شوند. برنامه‌های کاشت آتی باید گونه‌های بومی را درنظر داشته باشند و کاشت بیش‌ازحد گونه‌های غیربومی را کاهش دهند. انجام پژوهش‌های بیشتر برای انتخاب جامع و علمی گونه‌های مناسب و به‌تبع آن کاشت‌های آزمایشی برای بررسی پایداری آن‌ها در محیط شهری می‌تواند بسیار مفید باشد. معرفی گونه‌های بومی می‌تواند سبب افزایش غنای زیستی جنگل شهری شود که این امر نه‌تنها برای انسان مفید است، بلکه می‌تواند سبب پایداری اکوسیستم‌های شهری (به‌ویژه برای جمعیت‌های درختی با تعداد گونه‌های کم مثل تبریز) شود. همچنین، تنوع زیستی درختان شهری را می‌توان با توسعه یا احداث فضاهای سبز جدید ارتقا داد. سازمان‌های مربوطه باید پیش‌نیازها و منابع مالی کافی برای ایجاد فضاهای سبز جدید و حفظ منابع موجود را فراهم سازند. نتایج این پژوهش می‌تواند توجیهاتی عینی برای اهمیت ایجاد آگاهانه راهبردهای انتخاب گونه‌ها و تهیه طرح جامع برنامه‌ریزی سبزسازی شهری ارائه دهد. همچنین، یافته‌ها داده‌های پایه برای انتخاب گونه‌هایی مناسب‌تر و منطبق‌تر با شرایط شهر تبریز در اختیار سیاست‌گذاران و مدیران شهری قرار می‌دهد. در راستای این پژوهش، پژوهش‌های بیشتری برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی حاصل از جمعیت درختی شهری، مانند ارتقا کیفیت هوا و تقلیل اثرهای جزایر حرارتی، نیاز است و می‌تواند دلایلی محکم بر اهمیت جنگل‌های شهری به سیاست گذران ارائه دهد.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان مقاله از مهندس علیرضا درخشان، فاطمه عادلی، دکتر منصور مطلوبی به خاطر شناسایی گونه‌ها، از مهندس بابک چلبی‌یانی بابت کمک‌های بی‌بدیلشان در فرایند نمونه‌برداری میدانی، جناب دکتر نواک (Dr. David Nowak)، دکتر هنینگ (Dr. Jason Henning) و پرفسور بودگوم (Prof.dr. P.M. van Bodegom) بابت راهنمایی‌ها و مشاوره‌های بسیار کارآمد و ارزشمندشان تقدیر و تشکر می‌کنند. هم‌چنین از دکتر شهرام بهادری به خاطر کمک در تشخیص خاستگاه گونه‌ها تشکر ویژه به عمل می‌آید.

## References

- Alvey, A.A., 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest, *Urban Forestry and Urban Greening*, 5(4): 195–201.
- Asgarzadeh, M., K. Vahdati, M. Lotfi, M. Arab, A. Babaei, F. Naderi, M. Pir Soufi & G. Rouhani, 2014. Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (a case study of Tehran), *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3): 450–458.
- Attar, F., B. Hamzeh & H. Maroofi, 2014. Flora of Iran. Research Institute of Forest and Rangeland, Iran, 252 p.
- Banj Shafiei, A., K. Samadzadeh, N. Seyedi & A. Alijanpour, 2016. Study of qualitative, quantitative and risk possibility of Plane trees of Urmia, *Journal of Forest Research and Development*, 1(4): 319-335. (In Persian)



www.SID.ir

Archive of SID



- Barker, P.A., 1975. Ordinance Control of Street Trees, *Journal of Arboriculture*, 1: 212–216.
- Baró, F., L. Chaparro, E. Gómez-Baggethun, J. Langemeyer, Nowak, D.J & J. Terradas, 2014. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain, *Ambio*, 43(4): 466–479.
- Bassuk, N., D.F. Curtis, B.Z. Marranca & B. Neal, 2009. Recommended urban trees: site assessment and tree selection for stress tolerance. Urban Horticulture Institute, Cornell University, Newyork, 128 p.
- Belle, G.V., 2008. Statistical rules of thumb, second Edition. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 304p.
- Blood, A., G. Escobedo. F.A. Chappelka & C. Staudhammer, 2016. How do urban forests compare? Tree diversity in urban and periurban forests of the southeastern US, *Forests*, 7(6): 1–15.
- Colding, J., J. Lundberg & C. Folke, 2006. Groups green-area user incorporating management ecosystem, *Ambio*, 35(5): 237–244.
- Cornelis, J. & M. Hermy, 2004. Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders, *Landscape and Urban Planning*, 69(4): 385–401.
- Cumming, G.S., P. Olsson, F.S. Chapin & C.S. Holling, 2013. Resilience, experimentation, and scale mismatches in social-ecological landscapes, *Landscape Ecology*, 28(6): 1139–1150.
- Duinker, P.N., C. Ordóñez, J.W.N. Steenberg, K.H. Miller, S.A. Toni & S.A. Nitoslawski. 2015. Trees in Canadian cities: Indispensable life form for urban sustainability, *Sustainability*, 7(6): 7379–7396.
- Escobedo, F.J., T. Kroeger & J.E. Wagner, 2011. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices, *Environmental Pollution*, 159(8–9): 2078–2087.
- Faal-Khah, I., R. Ramezani Kakroudi, A. Alijanpour & A. Banj Shafiei, 2017. The effect of spacing on quantitative and qualitative characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.), *Journal of Forest Research and Development*, 2(4): 337-351. (In Persian)
- Flora-iran, 2014. Available from http://www.flora-iran.com/plant-families-iran.html. Accessed 10th February 2019.
- Frank, S., G. Waters, R. Beer & P. May, 2006. An analysis of the street tree population of greater Melbourne at the beginning of the 21st century, *Arboriculture & Urban Forestry*, 32(4): 155–163.
- Gómez-Baggethun, E. & D.N. Barton, 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning, *Ecological Economics*, 86: 235–245.
- Gómez-Baggethun, E., A. Gren, D.N. Barton, J. Langemeyer, T. McPhearson, P. O'Farrell & P. Kremer, 2013. Urban Ecosystem Services. In: T. Elmqvist, M., J. Fragkiasm, B. Goodness, P.J.Güneralp, R. Marcotullio, I. McDonald & C. Wilkinson (Eds.), Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 175–251.
- Grey, G.W. & F.J. Deneke, 1986. Urban forestry. Krieger Pub Co, 299 p.
- Grimm, N. B., S.H. Faeth, N.E. Golubiewski, C.L. Redman, J. Wu, X. Bai & J. M. Briggs, 2008. Global change and the ecology of cities global change and the ecology of cities, *Science*, 319(5864): 756–760.
- Groffman, P.M., J. Cavender-Bares, N.D. Bettez, J.M. Grove, S.J. Hall, J.B. Heffernan, S.E. Hobbie, K.L. Larson, J.L. Morse, C. Neill & K. Nelson, 2014. Ecological homogenization of urban USA, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(1): 74–81.
- Hermy, M. & J. Cornelis, 2000. Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for ruban susburban parks, *Landscape and Urban Planning*, 49: 149–162.

Hitchmough, J., 2011. Exotic plants and plantings in the sustainable, designed urban landscape. *Landscape and Urban Planning*, 100(4): 380–382.

IMO, 2016. Dataset on hourly precipitation in Tabriz. Iran Meteorological organization (IMO), East Azerbaijan, Iran.

- i-Tree Eco International Projects, 2016. Eco Guide to International Projects. i-Tree, USDA Forest Service, 18 p.
- i-Tree Eco User's manual, 2016. I-Tree Eco User's Manual, I-Tree Tools, i-Tree, USDA Forest Service, 86 p.



www.SID.ir

Archive of SID



- i-Tree Field Guide, 2016. I-Tree Eco Field Guide, USDA Forest Service, 57 p.
- Jafari Afrapoly, M., K. Sefidi, S.M. Waez-Mousavi & S. Varamesh, 2018. Qualitative and quantitative evaluation of dead trees in English yew (Taxus baccata) in Afratakhteh Forests, Golestan Province, and northeastern Hyrcanian forests, *Journal of Forest Research and development*, 4(3): 305-316.
- Jafari, A., 2016. A research on trees and shrubs species richness and diversity in Shahrekord green space (case study: Ayatollah-Kashani Boulevard), *Environmental Researches*, 7(13): 77–84. (In Persian)
- Jafarisarabi, H., B. Pilehvar, K. Abrarivajari & S.M. Waezmousavi, 2018. Changes of understory species diversity and richness in relation to overstory and some edaphic factors in central Zagros forest types, *Journal of Forest Research and Development*, 4(2): 207-221. (In Persian)
- Jayasooriya, V.M., A.W.M. Ng, S. Muthukumaran & B.J.C. Perera, 2017. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry and Urban Greening*, 21: 34–47.
- Jim, C.Y. & W.Y. Chen, 2009. Diversity and distribution of landscape trees in the compact Asian city of Taipei, *Applied Geography*, 29(4): 577–587.
- Kendal, D., C. Dobbs & V.I. Lohr, 2014. Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule?, *Urban Forestry and Urban Greening*, 13(3): 411–417.
- Khezri, S.S., A. Alijanpour, O. Hosseinzadeh & M. Erfanian, 2017. Site selection for forest park using multi-criteria decision approach in the Darreh Shohada region, Urmia, *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 133-146. (In Persian)
- Kuruneri-Chitepo, C. & C. M. Shackleton, 2011. The distribution, abundance and composition of street trees in selected towns of the Eastern Cape, South Africa, *Urban Forestry and Urban Greening*, 10(3): 247–254.
- Lepczyk, C.A., M.F.J. Aronson, K.L. Evans, M.A. Goddard, S.B. Lerman & J.S. Macivor, 2017. Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation, *BioScience*, 67(9): 799–807.
- Li, W., Z. Ouyang, X. Meng & X. Wang, 2006. Plant species composition in relation to green cover configuration and function of urban parks in Beijing, China, *Ecological Research*, 21(2): 221–237.
- Mace, G.M., K. Norris & A.H. Fitter, 2012. Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship, *Trends in Ecology and Evolution*, 27(1): 19–25.
- Magurran, A.E., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ, 179 p.
- Menhinick, E.F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects, *Ecology*, 45(4): 859–861.
- Mikulanis, V., 2014. Phoenix, Arizona project area, community forest assessment. Davey resource group and western region office, 45p.
- Miller, R.H. & R.W. Miller, 1991. Planting survival of selected street tree taxa, *Journal of Arboriculture*, 17(7): 185–191.
- Mokaram Kashtiban, S., R. Mousavi Mirkala & J. Eshaghi-Rad, 2018. Effect of traditional utilization on woody species composition and diversity through detrended correspondence analyses in the Sardasht forests (West Azerbaijan Province), *Journal of Forest Research and Development*, 4(3): 363-376.
- Moll, G., 1989. Improving the health of the urban forest. In: G. Moll & S. Ebenreck (Eds.), A Resource guide for urban and community forests, Island Press, Washington, pp. 119–130.
- Montgomery, M., 2008. The urban transformation of the developing world, *Science*, 319(5864): 761–764.
- Morgenroth, J., J. Östberg, C. Konijnendijk, A.B. Nielsen, R. Hauer, H. Sjöman, W. Chen & M. Jansson, 2016. Urban tree diversity- taking stock and looking ahead, *Urban Forestry and Urban Greening*, 15: 1–5.
- Mozaffarian, V., 2005. Trees and shrubs of Iran. Farhang Moaser, 1050 p.
- Nagendra, H. & D. Gopal, 2010. Street trees in Bangalore: Density, diversity, composition and distribution, *Urban Forestry and Urban Greening*, 9(2): 129–137.
- Nagendra, H. & D. Gopal, 2011. Tree diversity, distribution, history and change in



www.SID.ir

Archive of SID



urban parks: Studies in Bangalore, India, *Urban Ecosystems*, 14(2): 211–223.
- Nitoslawski, S., 2016. Managing and enhancing urban tree diversity: a comparison of suburban development in two Canadian cities, M.Sc. thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, 133 p.
- Nowak, D.J., 2013. A guide to assessing urban forests. US Department of agriculture, Forest service, Northern research station, 4 p.
- Nowak, D.J., 2019. Understanding i-Tree: summary of programs and methods, USDA Forest service, i-Tree, 310p.
- Nowak, D.J., D.E. Crane, J.C. Stevens, R.E. Hoehn, J.T. Walton & J. Bond, 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services, *Arboriculture and Urban Forestry*, 34(6):347–358.
- Nowak, D.J., J.T. Walton, J.C. Stevens, D.E. Crane & R.E. Hoehn, 2008. Effect of plot and sample size on timing and precision of urban forest assessments, *Arboriculture and Urban Forestry*, 34(6): 386-390.
- Nowak, D.J., A. Cumming, D. Twardus, R. Hoehn, C. Oswalt & T. Brandeis, 2011. Urban forests of Tennessee. U.S. Department of agriculture forest service, Southern research station. Report number: NC 28804, 60p.
- Nowak, D.J., R. Hoehn, A.R. Bodine, D.E. Crane, J.F. Dwyer, V. Bonnewell & G. Watson, 2013. Urban trees and forests of the Chicago region. U.S. Forest Service, Northern Research Station. Report number: NRS-84, 114p.
- Nowak. D.J., A.R. Bodine, R.E. Hoehn, C.B. Edgar, G. Riley, D.R. Hartel, K. Dooley, S. Stanton, M. Hatfield, T. Brandeis & T.W. Lister, 2017. Houston's urban forest, 2015. U.S. Forest Service, 100p.
- Oleyar, M.D., A.I. Greve, J.C. Withey & A.M. Bjorn, 2008. An integrated approach to evaluating urban forest functionality, *Urban Ecosystems*, 11(3): 289–308.
- Pace, M. & T. Sales, 2012. Mesquite urban forest ecosystem analysis. Regional urban forester, Texas A&M Forest Service. 32p.
- PARD, P., 2014. Plano urban forest ecosystem analysis. Preservation Tree and Plano city of excellence. 35p.
- Parker, I. M., D. Simberloff, W.M. Lonsdale, K. Goodell, M. Wonham, M., P.M. Kareiva, M.H. Williamson, B.M.P.B. Von Holle, P.B. Moyle & J.E. Byers, 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders, *Biological Invasions*, 1(1): 3–19.
- Pérez, L., J. Sunyer & N. Künzli, 2009. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gaceta Sanitaria*, 23(4): 287-294.
- Piroozy, F., J. Soosani, K. Adeli, R. Maleknia, H. Naghavi & R. Hossinzadeh, 2018. The comparison of forest structure in Oak stands with different density and mixture (Case study: Noyjian forests of Khorramabad), *Journal of Forest Research and Development*, 4(1): 15-28. (In Persian)
- Raupp, M. J., A.B. Cumming & E.C. Raupp, 2006. Street tree diversity in eastern North America and its potential for tree loss to exotic borers, *Arboriculture and Urban Forestry*, 32(6): 297–304.
- Sanders, R. A., 1981. Diversity in the street trees of Syracuse, New York, *Urban Ecology*, 5(1): 33–43.
- Santamour, F.S., 1990. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. In: Elevitch, C. The overstory book: cultivating connections with trees, Permanent Agriculture Resources, USA, pp. 396-399.
- Selmi, W., C. Weber, E. Rivière, N. Blond, L. Mehdi & D. Nowak, 2016. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban Forestry and Urban Greening*, 17(2): 192–201.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity, *Nature*, 163(4148): 688.
- Sjöman, H., A. Gunnarsson, S. Pauleit & R. Bothmer, 2012. Selection approach of urban trees for inner-city environments: learning from nature, *Arboriculture and Urban Forestry*, 38(5): 194–204.
- Sjöman, H., J. Östberg & O. Bühler, 2012. Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities, *Urban Forestry and Urban Greening*, 11(1): 31–39.
- Smiley, E.T., J.J. Kielbaso & T.J. Proffer, 1984. Maple disease epidemic in southeastern Michigan, *Journal of Arboriculture*, 12(5): 126–128.
- Statistical Center of Iran, 2016. Population and Housing Censuses, Censuses 2016. Available from https://www.amar.org.ir/english/Population-



www.SID.ir

Archive of SID



and-Housing-Censuses. Accessed 28th March. (In Persian)
- Statistical yearbook of Tabriz, 2016. Human planning and development branch, Municipality of Tabriz, 340 p. (In Persian)
- Subburayalu, S. & T.D. Sydnor, 2012. Assessing street tree diversity in four Ohio communities using the weighted Simpson index, *Landscape and Urban Planning*, 106(1): 44–50.
- Sun, Q., 1992. Quantifying species diversity of streetside trees in our cities, *Journal of Arboriculture*, 18(2): 91–93.
- UFORE., 2010. i-Tree ecosystem analysis Washington, urban forest effects and values. USDA forest service, i-Tree group. 18p.
- United Nations, 2014. World urbanization prospects: The 2014 tevision, highlights. New York, United States. 517p.
- Weatherspark, 2018. Available from https://weatherspark.com/y/104056/Average-Weather-in-Tabriz-Iran-Year-Round. Accessed 10th February 2019.
- WMKC (World Maps of Koppen-Geiger Climate Classification), 2019. Available from http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/. Accessed 19th February 2019.



www.SID.ir

Archive of SID


# Assessing biodiversity, composition, and distribution of the tree species in the urban forest (case study: Tabriz)

**V. Amini Parsa[*1], E. Salehi[2] and A. R Yavri[3]**

1- PhD. Candidate, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran. (aminiparsa@ut.ac.ir)
2- Associate Prof., School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran. (tehranssaleh@ut.ac.ir)
3- Associate Prof., School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, I. R. Iran. (ayavari@ut.ac.ir)

Received: 07.11.2018 Accepted: 03.03.2019

## Abstract

This research attempted to assess and provide information about biodiversity and distribution of urban tree species by applying several biodiversity indices, including richness, per area estimates of number of species, Shannon-Wiener, Menhinick, Simpson diversity, Shannon-Wiener evenness indexes, evenness index and Sander's rarefaction technique and also analyzing native and exotic species using i-Tree Eco model both at the city scale and land use classes. Forty-eight species identified among the city. It is estimated that Tabriz had 192800 trees with the 9.4% tree cover. There were 3.6 trees per hectare. The Shannon-Wiener, Menhinick, Simpson diversity and Shannon-Wiener evenness indexes calculated as 2.9, 1, 12 and 0.8 for the whole city, respectively. The green space and agricultural lands had the highest richness. Commercial, transportation and industrial land (CTI) included the most species per hectare. Also, residential areas had the highest value of Shannon-Wiener and Menhinick diversity indexes. The 37.5% of the species was endemic to Azerbaijan.

***Keywords***: i-Tree Eco, Species origin, Urban forestery, Urban green infrastructures.

[*] Corresponding author Tel: +989144058203



www.SID.ir