

تبیین الگوی انتخاب گیاهان در منظر شهری مناطق خشک با استفاده از مدل‌های چند معیاره فازی

مطالعه موردی: شهر بیرجند

پیمان گلچین^{۱*}، رضا فرهادی^۲، یاسر معرب^۳

۱. گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

۲. گروه برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران

۳. دانشگاه جامع امام حسین

* نویسنده مسئول (pgolchin@science.usb.ac.ir)

چکیده

انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای کاشت در فضای سبز شهری در راستای ارتقاء منظر شهری، امری بسیار حیاتی جهت جلوگیری و کاهش خسارت‌های احتمالی زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از نادیده گرفتن شاخص‌های موثر در انتخاب گونه است. هدف و تاکید اصلی پژوهش حاضر، معرفی لیستی از بهترین گونه‌های گیاهی مناسب جهت کاشت در فضای سبز شهر بیرجند است. برای این منظور، ۶ معیار و ۲۴ زیرمعیار که از طریق بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه معیارهای موثر در انتخاب گیاهان برای محیط‌های شهری به دست آمدند، تعریف گردید تا ۶۳ گونه گیاهی شامل: ۲۶ گونه درختی، ۱۲ گونه درختچه‌ای و ۲۵ گونه پوششی ارزیابی شوند. سپس با توجه به این معیارها و به کمک ۱۵ خبره از اعضای هیات علمی و کارشناسان متخصص که در حوزه‌ی معماری منظر، طراحی محیط زیست و باغبانی تخصص داشته‌اند، مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفت. در پژوهش حاضر از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای رتبه‌بندی گونه‌های گیاهی درختی، درختچه‌ای و پوششی در زیرمعیارهای انتخاب گونه و همچنین از مدل FTOPSIS برای رتبه‌بندی گونه‌های گیاهی درختی، درختچه‌ای و پوششی در ارتباط با معیارها و زیرمعیارهای انتخاب گونه‌های مناسب شهر بیرجند استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که معیارهای سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه و سازگاری با محیط زیست شهری هر دو به یک نسبت در مقایسه با ۴ معیار دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار بود و در انتخاب گونه به منظور استفاده در منظر شهری موثرتر بودند. در نهایت مشخص شد گونه‌های درختی سرو نقره‌ای با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۷۵، گز شاهی با ۰/۶۹۶۱، نخل خرما خوراکی با ۰/۶۹۵۹ و کهور ایرانی با ۰/۶۹۱۸، گونه‌های درختچه‌ای طاووسی با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۶۴۲۶، بادامشک با ۰/۶۳۷، زرشک خوراکی با ۰/۶۳۵۲ و آترپلکس با ۰/۶۲۷۶ و گونه‌های پوششی کاکتوس با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۰۱۹، آلوئه-ورا با ۰/۶۸۵۲، زرماری با ۰/۶۴۸۹ و اسطوخودوس با ۰/۶۴۸۹ به عنوان چهار گونه برتر از هر اشکوب گیاهی جهت استفاده در فضای سبز شهر بیرجند انتخاب شدند. همچنین پیشنهادها و راهبردهایی به منظور چگونه استفاده نمودن از گونه‌های گیاهی جهت ارتقاء منظر و محیط زیست شهری ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: فضای سبز شهری، محیط زیست شهری، مناطق گرم و خشک، منظر شهری.

مقدمه

شهرها به عنوان کانون‌های تمرکز انسان‌ها، در راستای پایداری خود، چاره‌ای جز پذیرش ساختار و کارکردهای متأثر از سیستم‌های طبیعی را ندارند (Sobhan et al., 2018). فضای سبز شهری به عنوان یک سیستم طبیعی، از عوامل پایداری حیات طبیعی و انسانی در شهرنشینی نوین به شمار می‌آید و عاملی جهت تقویت منظر و شرایط زیست‌محیطی آن شهر می‌باشد. امروزه وجود فضای سبز در کنار بخش فیزیکی و بی‌جان شهرها در راستای ایفای نقش‌های متعدد از قبیل کارکردهای کالبدی، زیست‌محیطی، روان‌شناختی، زیبایی‌شناختی و اجتماعی، امری بدیهی و ضروریست (Shaban et al., 2009). شکی نیست که وجود فضاهای سبز در مقیاس‌های مختلف می‌تواند مامن و مکان نزدیکی انسان شهرنشین با طبیعت جهت تجدید نیازهای جسمی و روحی او در این خصوص باشند (Mahmoudkhani et al., 2015). در این راستا، اکثر شهرهای کنونی، در حال برنامه‌ریزی جهت سبزتر شدن در راستای توسعه و تقویت قابلیت ارتجاعی، زندگی‌پذیری و رفاه خود هستند (Li et al., 2017).

در فضای سبز شهری، فرآیند انتخاب، کاشت و نگهداری گیاهان بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر است. داشتن یک سیاست برنامه‌ریزی اصولی و دقیق در راستای استفاده مناسب و صحیح از گیاهان با قابلیت تاب‌آوری بالا با شرایط محیط شهری می‌تواند تاثیر چشمگیری در کاهش هزینه‌های تهیه و نگهداری آن‌ها داشته باشد و از این لحاظ امری حیاتی در جهت کاهش هزینه‌ها در مقیاس کلان محسوب می‌شود (Asgarzadeh et al., 2014). انتخاب اصولی و صحیح گونه‌های گیاهی به منظور استفاده در محیط شهری همواره به عنوان یکی از چالش‌های اساسی طراحان منظر محسوب می‌شود زیرا گیاهان دارای خصوصیات زیاد و متنوعی هستند که عدم شناخت درست این ویژگی‌ها و یا نادیده گرفتن بعضی از آن‌ها توسط طراحان در هنگام انتخاب می‌تواند منجر به وقوع نتایج فاجعه‌آمیز در طولانی‌مدت گردد (Roloff et al., 2009). انتخاب گیاهان در معماری فضای سبز فقط از دیدگاه زیبایی‌شناختی و موارد بصری صورت نمی‌گیرد، بلکه مجموعه‌ای از عوامل از جمله خواص‌های اکولوژیکی و طبیعی، خصوصیات عملکردی و اصول زیبایی‌شناختی منجر به انتخاب گونه مناسب می‌گردد (Williams et al., 2010). در صورت گزینش و انتخاب گیاهان بدون برنامه‌ریزی و شناخت، جهت کاشت در محیط شهری، می‌توان انتظار آسیب رسیدن به زیرساخت‌های شهری و تبدیل گیاهان به منابع ایجاد اختلال و ناراحتی‌های مختلف از جمله ایجاد آلرژی، بوی بد و... برای شهروندان را داشت (Roloff et al., 2009; Jeanjean et al., 2017). همچنین با توجه به وقوع تغییرات اقلیمی کلان و خرد در چند دهه اخیر و نیز تأثیراتی که ساخت و ساز ساختمان‌های بزرگ و وسایل نقلیه عبوری بر روی میکروکلیم و شرایط بیولوژیکی شهرها دارند (Konijnendijk et al., 2005)، لازم است در راستای دستیابی به یک منظر شهری پایدار، به تدوین روشی پرداخت تا از این طریق بتوان به ارزیابی میزان سازگاری گیاهان موجود در شهر به محیط آن و نیز ارائه گونه‌های کاربردی مناسب رسید. طراحان منظر معمولاً با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی هر شهر، به تدوین روشی مستقل در راستای انتخاب گونه‌ها به منظور استفاده در محیط آن شهر می‌پردازند (Sjoman et al., 2010).

امروزه فضای سبز یکی از اجزاء لاینفک شهر بوده و همچون ریه‌ای تنفسی در شهرها به شمار می‌رود و به همین دلیل نبود آن به معنی نبود سلامت و تندرستی در شهرهاست (Majnoonian, 1995). استفاده از فضای سبز در محیط‌های شهری به عنوان یک عنصر کلیدی و موثر در ارتقاء منظر و کیفیت محیط زیست شهری و همچنین چگونگی انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب این نوع فضاهای سبز، دارای سابقه و پیشینه طولانی در فرهنگ‌های مختلف است. اصغرزاده و همکارانش (۲۰۱۴) در مطالعات خود به دنبال الگویی جهت انتخاب گیاهان مناسب برای فضای سبز مناطق شهری نیمه خشک بودند (Asgarzadeh et al., 2014). سائبو و همکارانش (۲۰۰۵) در پژوهش خود، معیارهایی همچون سازگاری با شرایط اقلیمی، سرعت رشد، خصوصیات ظاهری و مقاومت به آفات و بیماری‌ها را به عنوان معیارهای اصلی انتخاب گیاهان به منظور کاشت در خیابان‌ها و پارک‌های شهری مطرح نمودند (Saebø et al., 2005). رولوف و همکاران (۲۰۰۹) نیز با توجه به تغییرات اقلیمی چند دهه



اخیر دو معیار مقاومت به خشکی و یخبندان را به عنوان معیارهای اصلی انتخاب گیاهان در محیط‌های شهری لحاظ نمودند. آن‌ها در مطالعات اخیر خود معیارهایی همچون میزان مقاومت به اسیدیته خاک، مقاومت به سایه و مسائل زیبایی‌شناختی را نیز به شاخص‌های خود اضافه نمودند (Roloff et al., 2009). هیرد (۱۹۸۹) در مطالعات خود به نقش شاخص میزان سازگاری گیاهان زینتی با نوع خاک و بسترهای مختلف اشاره نمود (Hibberd, 1989). در پژوهشی دیگر ذکر شده است که انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی در محیط شهری باعث افزایش میزان جذابیت محیط و منظر شهر، بهبود حیات وحش محیط و کاهش میزان آلرژی و حساسیت می‌شود (Fitzgerald et al., 1991; Cutler et al., 1989). در تحقیقی که بر روی کمربند سبز شهر تهران صورت گرفت مشخص شد که معیارهایی مانند نیاز آبی، مقاومت به یخبندان و بومی بودن گیاه به عنوان شاخص‌های مهم در انتخاب گیاه در راستای کاشت در کمربند محسوب می‌شوند (Company, 2001; Yarai, 1995). سبحان و همکارانش نیز به ارزیابی گونه‌های گیاهی و اثر بخشی آن در برنامه‌ریزی شهری خیابان‌های شهر زاهدان پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که شاخص‌هایی همچون نیاز به نگهداری کم، مسائل زیبایی‌شناختی، خصوصیات رشد گیاه و سازگاری با شرایط محیط زیست شهری، نقشی کلیدی را در انتخاب شدن به منظور کاشت در فضای سبز شهری زاهدان ایفا می‌کنند (Sobhan et al., 2018).

هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی گونه‌های گیاهی متناسب در جهت استفاده در منظر شهری بیرجند است. قرار گرفتن این شهر در منطقه‌ای خشک و بیابانی و اهمیت چگونگی طراحی محیط شهری و انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب در اینگونه مناطق از یک سو و ضرورت فراهم آوردن کیفیت مطلوب بصری و فضایی برای ارتقاء کیفیت زیست شهروندان در آن از سوی دیگر، این شهر را واجد پیش‌شرط‌های لازم برای بررسی و پژوهش دقیق‌تر نموده است. در انتها نیز سعی بر آن شد تا با توجه به شرایط اقلیمی و زیست‌محیطی شهر بیرجند، به ارائه بهترین اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط محیط شهر جهت انتخاب توسط برنامه‌ریزان، طراحان و مدیران شهری به منظور کاشت در مقیاس انبوه در راستای تقویت منظر شهری و فضای سبز آن پرداخت.

پیشینه پژوهش

منظور از فضای سبز شهری، نوعی از سطوح کاربری عمومی زمین شهری با پوشش‌های گیاهی انسان‌ساخت است که هم واجد بازدهی اجتماعی و هم واجد بازدهی اکولوژیک باشند (Saeednia, 2003). فضای سبز شهری، عنصر کلیدی در بهبود رفاه و سلامت انسان در شهر است که دارای مزایای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (Nouria et al., 2019). کیفیت محیط زیست یک شهر با کیفیت فضای سبز شهری آن ارتباط مستقیم دارد. گیاهان به عنوان کلیدی‌ترین شاخص در تقویت کیفیت محیط زیست شهری لحاظ می‌گردند (Li et al., 2011; Greene et al., 2011). در نظر گرفتن ویژگی‌های اکولوژیکی، زیبایی‌شناختی و کالبدی گیاهان در هنگام انتخاب نمودن آن‌ها به منظور طراحی فضای سبز شهری دارای اهمیت استراتژیک و تاثیرات مثبتی بر ارتقاء کیفیت محیط زیست و منظر شهری است. معمولاً حدود ۷۰ تا ۹۰٪ از مشکلات ایجاد شده در فضای سبز شهری ناشی از انتخاب نادرست گونه‌های گیاهی آن است (Jimenez et al., 2014). گیاهان انتخاب شده به منظور استفاده در محیط شهر باید با شرایط محیط زیست آن شهر و منطقه سازگاری داشته باشد. هر شهر پارامترهای خاص خود را در انتخاب گونه‌ها دارد که این امر ناشی از شرایط محیطی متفاوت هر شهر است (Day, 2004). برای مثال، در شهر سیاتل آمریکا، ملاک اصلی در انتخاب گونه‌ها، توانایی کنترل فرسایش خاک توسط گیاه است در حالیکه در شهر یوتا، مقاومت به خشکی، یخبندان، خاک قلیایی و آفات محلی گونه‌ها ملاک انتخاب است (Asgarzadeh et al., 2014). انتخاب گیاهان برای مناطق شهری با اقلیم خشک و نیمه خشک به خاطر محدودیت‌های محیطی بیشتر اینگونه مناطق، امری چالش‌برانگیز و پیچیده است. در این مناطق، استفاده از گونه‌های بومی به عنوان یک راهکار، کمک شایانی به طراحان منظر می‌کند (Franco et al.,



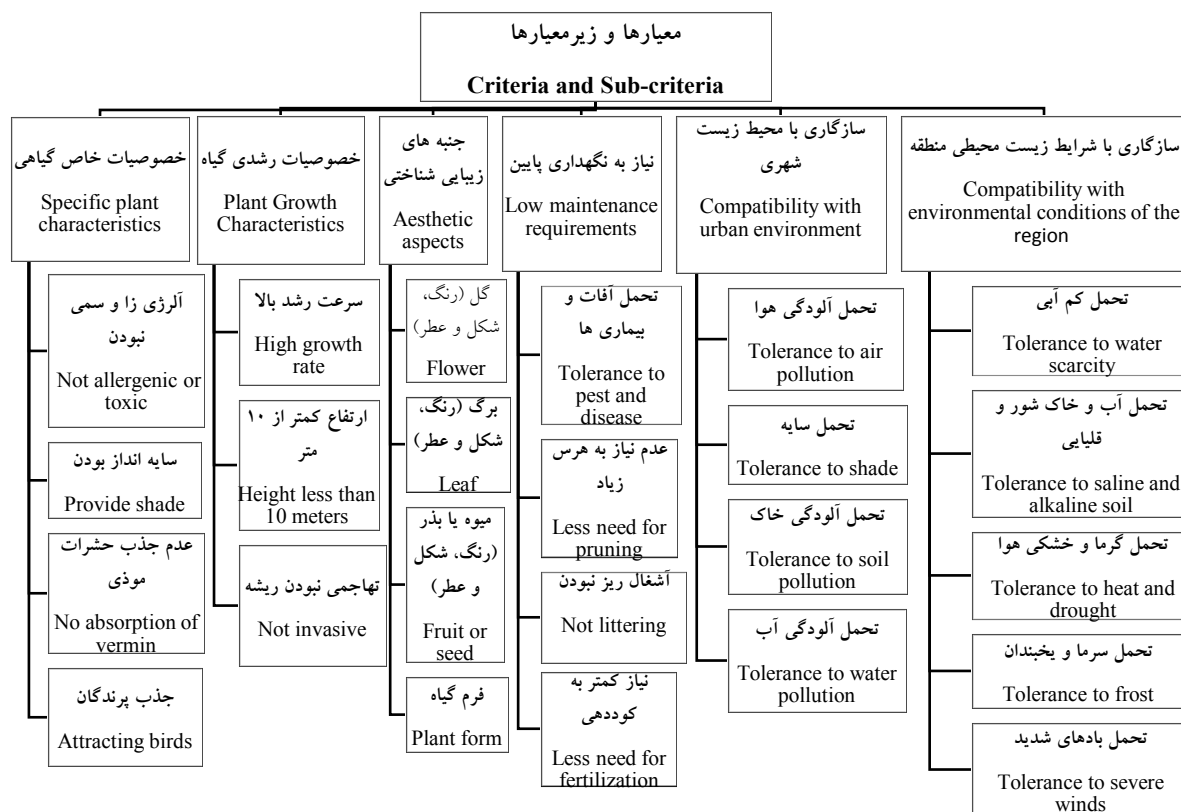
2006). در زمینه معیارهای موثر در انتخاب گیاهان فضای سبز شهری، تحقیقات غنی و نوینی صورت گرفته است که جدول ۱ به این تحقیقات اشاره می‌نماید.

جدول ۱- تحقیقات علمی صورت گرفته بر روی شاخص‌های موثر در انتخاب گیاهان جهت کاشت در محیط شهری (منبع: نویسندگان)

Table 1- Scientific researches that has been done on the effective indicators in selecting plants for planting in the urban environment (source: Authors)

معیارها Criteria	پژوهش‌ها Researches
نیاز آبی کم، تحمل خشکی هوا و گرما، تحمل یخبندان و سرما، تحمل شوری آب و خاک، تحمل خاک قلیایی، تحمل آلودگی هوا، تحمل بادهای شدید، تحمل خاک‌های سنگین و مرطوب، منظر بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه، معطر بودن، تحمل آفات و بیماری‌ها، نیاز به هرس کم، ریشه‌های غیر مهاجمی، آشغال ریز نبودن، سرعت رشد بالا، طول عمر زیاد، کنترل فرسایش خاک، آلرژی زا و سمی نبودن، سایه‌انداز بودن، تحمل سایه.	Asgarzadeh <i>et al.</i> , 2014
سازگاری با محیط زیست شهری، نیاز به نگهداری پایین، نیاز آبی کم، مسائل زیبایی‌شناختی سرعت رشد بالا، سایه‌انداز بودن، نیاز آبی کم، غیر مثمر بودن، تحمل بادهای شدید، نیاز به هرس کم، برگ‌ریزی کم، ارتفاع کمتر از ۱۰ متر، تحمل خاک‌های قلیایی.	Jimenez <i>et al.</i> , 2014 Sobhan <i>et al.</i> , 2018
خصوصیات فیزیولوژیک گیاه، مسائل زیبایی‌شناختی، تولید غذا، سازگار بودن با شرایط اکولوژیکی منطقه. سازگاری با محیط زیست شهری، نوع و اسیدیته خاک، تحمل آفات و بیماری‌ها، تولید میوه و بذر، سیستم ریشه‌ای غیر مهاجم، میزان تراکم تاج، مدت زمان ماندگاری برگ روی شاخه، میزان تراکم چوب، مسائل زیبایی‌شناختی، ارتفاع درخت.	Goodness, 2018 Florez <i>et al.</i> , 2019
مسائل زیبایی‌شناختی همچون منظر بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه، سازگاری با شرایط اکولوژیکی منطقه، خصوصیات عملکردی گیاه، جذب پرندگان، ارتفاع درخت	Rahnema <i>et al.</i> , 2019
مسائل زیبایی‌شناختی همچون رنگ، شکل و عطر برگ، گل و میوه یا بذر، آلرژی‌زا و سمی نبودن، آللوپاتی نداشتن، نداشتن خار و تیغ، تحمل آفات و بیماری‌ها، سایه‌انداز بودن، منبع غذا بودن، خاصیت دارویی داشتن، بومی بودن، تحمل سیلاب، جذب پرندگان، تثبیت نیتروژن خاک، نیاز به نگهداری کم، نیاز آبی کم، مهاجمی نبودن.	Radhakrishnan <i>et al.</i> , 2019
تحمل خشکی و گرما، تحمل یخبندان، نیاز آبی کم، تحمل خاک قلیایی، تحمل سایه، مسائل زیبایی‌شناختی	Roloff <i>et al.</i> , 2009
تحمل تنش‌های محیطی دما، خشکی و باد، تحمل شوری خاک و آب، سیستم ریشه‌ای عمیق، مسائل زیبایی‌شناختی رنگ، شکل و عطر برگ، گل و میوه، آلرژی‌زا و سمی نبودن، غیر مثمر بودن، طول عمر بالا، سایه‌انداز بودن، کنترل فرسایش خاک، بومی بودن، نیاز به نگهداری پایین، جذب پرندگان و حیات وحش، تحمل آفات و بیماری‌ها	Kharaneq <i>et al.</i> , 2018

با توجه به جدول ۱ و مطالعات صورت گرفته در زمینه معیارهای موثر در انتخاب گیاهان برای محیط‌های شهری، طبق شکل ۱ می‌توان به معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده به منظور انتخاب گیاهان جهت کاشت در فضای سبز اشاره نمود.



شکل ۱- معیارها و زیرمعیارهای مهم استخراج شده به منظور انتخاب گیاهان جهت کاشت در فضای سبز شهری (منبع: نویسندگان)

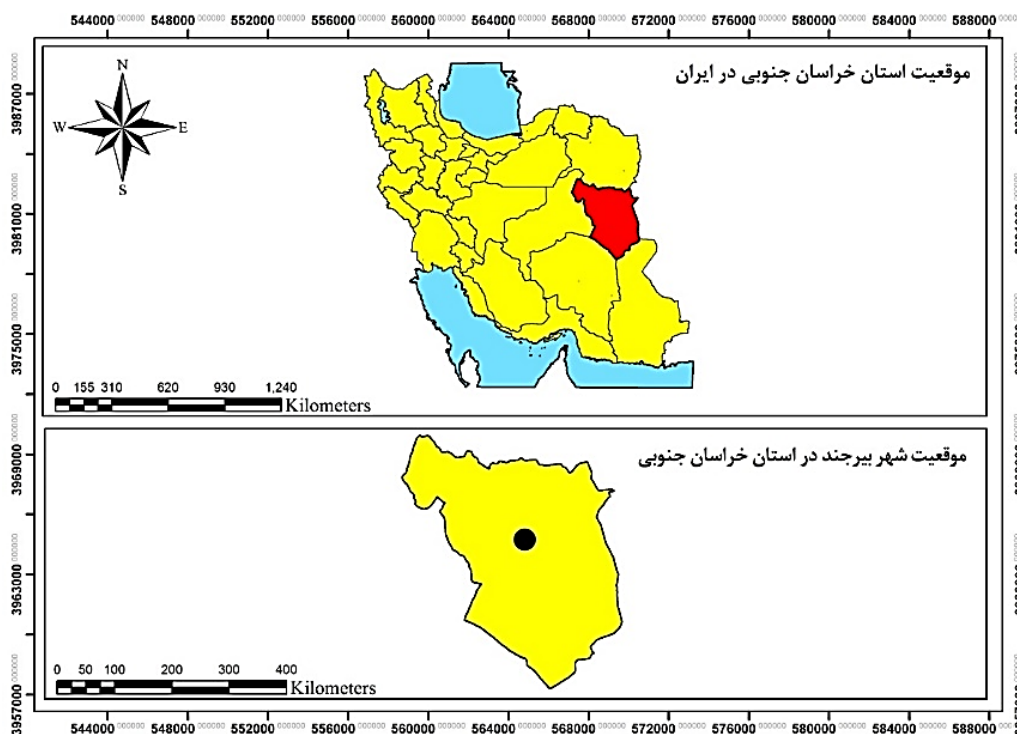
Figure 1- Important criteria and sub-criteria extracted in order to select plants for planting in urban green spaces

(source: Authors)

مواد و روش‌ها

نمونه موردی: شهر بیرجند

در راستای انجام پژوهش حاضر، شهر بیرجند به عنوان نمونه موردی انتخاب شد. این شهر، مرکز استان خراسان جنوبی و مرکز شهرستان بیرجند در شرق ایران است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۸۰ متر است. بیرجند در خشک‌ترین منطقه خراسان واقع شده است و دارای آب و هوای خشک در حواشی شهرستان و آب و هوای نیمه بیابانی ملایم در بخش‌های مرتفع است. شهر بیرجند با ۲۵۰ هکتار مساحت فضای سبز شهری از مجموع ۵۷۵ هکتار زمین با کاربری فضای سبز که در طرح تفصیلی این شهر آمده و سرانه فضای سبز ۱۳/۷۲ متر مربع، رتبه مطلوبی از نظر میزان فضای سبز در میان شهرهای ایران با اقلیم گرم و خشک را دارد (Parks, Landscape and Urban Green Space Organization of Birjand Municipality, 2018).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند

Figure 2- Geographical location of South Khorasan province and Birjand city

روش تحقیق

در پژوهش حاضر، روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی، توزیع پرسشنامه و بررسی‌های میدانی است. در ابتدا معیارهای انتخاب گونه‌ها با توجه به مطالعات مختلف و تجربه نویسندگان مشخص گردید. در راستای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای اولویت‌بندی گونه‌ها، ۱۵ خبره از اعضای هیئت علمی و کارشناسان متخصص ساکن در منطقه مورد مطالعه که در حوزه‌ی معماری منظر، طراحی محیط زیست و باغبانی تخصص داشته‌اند، با در نظر گرفتن کدهای طیف فازی و عبارات کلامی تعریف شده به مقایسات زوجی میان تمام معیارها و زیرمعیارها پرداختند (جدول ۲). این خبرگان در انتخاب معیارها، وزن‌دهی معیارها و در نهایت اولویت‌بندی گونه‌ها نقش داشته‌اند. پرسشنامه‌ها نیز به صورت چک لیست در اختیار کارشناسان و خبرگان قرار گرفت.

در راستای انجام پژوهش، در مجموع ۶۳ گونه گیاهی شامل: ۲۶ درخت، ۱۲ درختچه و ۲۵ گونه پوششی انتخاب شد. ملاک این انتخاب، غالب و بومی بودن گونه‌ها و یا بومی شدن آن‌ها در اثر گذر زمان و رایج بودن آن‌ها در فضای سبز شهر بیرجند است. ارزیابی گونه‌های انتخابی با توجه به هر یک از معیارها و زیرمعیارها استخراج شده و به کمک ۱۵ خبره انجام پذیرفت. وزن‌دهی از طریق طیف فازی صورت گرفته است (جدول ۳) و به منظور اولویت‌بندی و ارائه الگوی انتخاب از تکنیک FTOPSIS استفاده شد. در پایان، اولویت‌بندی گونه‌های درختی، درختچه‌ای و پوششی برای ارائه الگوی انتخاب گونه‌ها جهت کاشت در فضای سبز شهر بیرجند، از ترکیب تکنیک FAHP و FTOPSIS استفاده شد.

جدول ۲- طیف فازی برای انجام مقایسات زوجی میان معیارها و زیرمعیارها (منبع: نویسندگان)

Table 2- Fuzzy spectrum for pairwise comparisons between criteria and sub-criteria (source: Authors)

حد بالا Upper limit	حد متوسط Average limit	حد پایین Low limit	عبارات کلامی Verbal phrases	کد طیف Spectrum Code
1	1	1	ترجیح برابر Equal preference	1
4	2	1	ترجیح کم تا متوسط Low to medium preference	2
5	3	1	ترجیح متوسط Medium preference	3
6	4	2	ترجیح متوسط تا زیاد Medium to high preference	4
7	5	3	ترجیح زیاد High preference	5
8	6	4	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد High to very high preference	6
9	7	5	ترجیح خیلی زیاد Very high preference	7
10	8	6	ترجیح خیلی زیاد یا کاملا زیاد Very or completely high preference	8
11	9	7	ترجیح کاملا زیاد Completely high preference	9

جدول ۳- طیف فازی جهت ارزیابی گونه‌های گیاهی با توجه به معیارها و زیرمعیارها (منبع: نویسندگان)

Table 3- Fuzzy spectrum for evaluating plant species according to criteria and sub-criteria (source: Authors)

حد بالا Upper limit	حد متوسط Average limit	حد پایین Low limit	عبارات کلامی Verbal phrases	کد طیف Spectrum Code
0.1	0	0	کاملا کم Completely low	1
0.2	0.1	0	خیلی کم Very low	2
0.3	0.2	0.1	کم Low	3
0.4	0.3	0.2	تقریبا کم Almost low	4
0.5	0.4	0.3	کم رو به متوسط Low to medium	5
0.6	0.5	0.4	متوسط Medium	6
0.7	0.6	0.5	زیاد رو به متوسط High to medium	7
0.8	0.7	0.6	تقریبا زیاد Almost high	8
0.9	0.8	0.7	زیاد High	9
1	0.9	0.8	خیلی زیاد Very high	10
1	1	0.9	عالی Excellent	11

نتایج و بحث

پس از انجام مقایسات زوجی تمام معیارها و زیرمعیارها با توجه به طیف فازی مورد نظر که نمونه‌ای از این مقایسات در جدول ۴ آمده است، وزن قطعی معیارها بدست آمد که در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۴- نمونه‌ای از ماتریس مقایسات زوجی معیارهای تحقیق با توجه نظرات کارشناسان و تکنیک FAHP

Table 4- An example of the matrix of paired comparisons of research criteria according to experts' opinions and

FAHP technique

معیارهای مهم در انتخاب گیاهان به منظور استفاده در فضای سبز شهری						معیارها
Important criteria for selecting plants in order to use in urban green spaces						Criteria
خصوصیات خاص گیاهی	خصوصیات رشدی گیاه	جنبه‌های زیبایی‌شناختی	نیاز به نگهداری پایین	سازگاری با محیط شهری	سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه	
2	2	3	2	1	1	سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه
2	2	3	2	1		Compatibility with environmental conditions of the region
3	3	2	1			سازگاری با محیط زیست شهری
1.2	1.2	1				Compatibility with urban environment
1	1					نیاز به نگهداری پایین
1						Low maintenance requirements
						جنبه‌های زیبایی‌شناختی
						Aesthetic aspects
						خصوصیات رشدی گیاه
						Plant growth characteristics
						خصوصیات خاص گیاهی
						Specific plant characteristics

جدول ۵- وزن قطعی معیارها و زیرمعیارهای انتخاب گیاهان جهت کاشت در فضاهای سبز شهری (منبع: نویسندگان)

Table 5- The definitive weight of criteria and sub-criteria for selecting plants for planting in urban green spaces

(source: Authors)

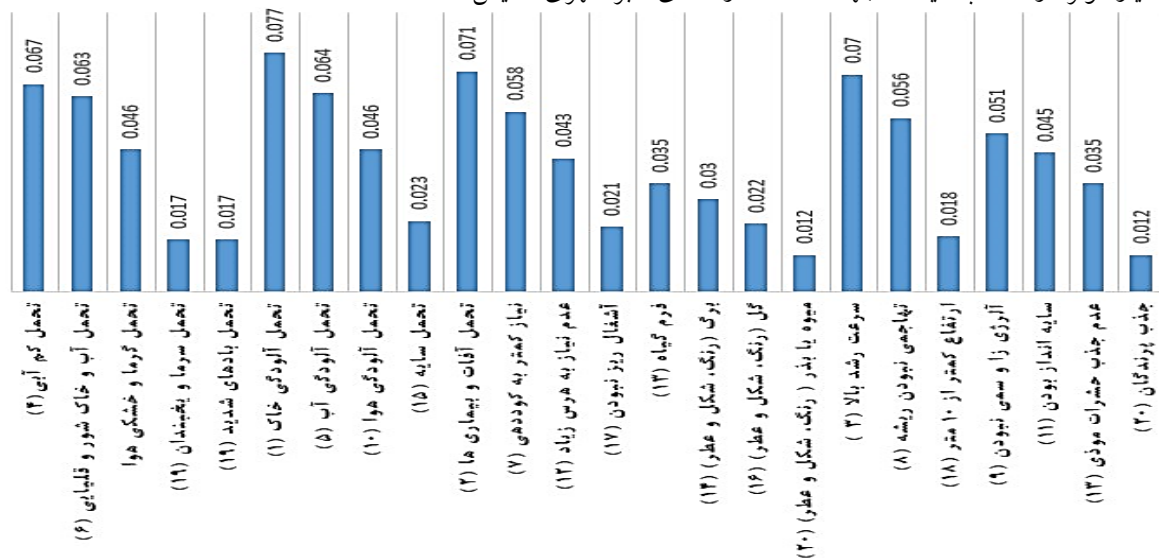
وزن قطعی معیارها	وزن زیرمعیار	زیرمعیار	وزن معیارها	معیارها
Definite criteria weight	Sub-criteria weight	Sub-criteria	Criteria weight	Criteria
0.067	0.32117	تحمل کم آبی Tolerance to water scarcity		سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه
0.063	0.29433	تحمل آب و خاک شور و قلیایی Tolerance to saline and alkaline soil	0.21017	Compatibility with environmental conditions of the region
0.046	0.22334	تحمل گرما و خشکی هوا Tolerance to heat and drought		



0.017	0.08058	تحمل سرما و یخبندان Tolerance to frost		
0.017	0.08058	تحمل بادهای شدید Tolerance to severe winds		
0.077	0.36478	تحمل آلودگی خاک Tolerance to soil pollution		
0.064	0.30259	تحمل آلودگی آب Tolerance to water pollution	0.21017	سازگاری با محیط زیست شهری Compatibility with urban environment
0.046	0.22346	تحمل آلودگی هوا Tolerance to air pollution		
0.023	0.10917	تحمل سایه Tolerance to shade		
0.071	0.36478	تحمل آفات و بیماری‌ها Tolerance to pest and disease		
0.058	0.30259	نیاز کمتر به کوددهی Less need for fertilization	0.19408	نیاز به نگهداری پایین Low maintenance requirements
0.043	0.22346	عدم نیاز به هرس زیاد Less need for pruning		
0.021	0.10917	آشغال ریز نبودن Not littering		
0.035	0.35361	فرم گیاه Plant form		
0.030	0.29703	برگ (رنگ، شکل و عطر) Leaf (color, form, odor)	0.0983	جنبه‌های زیبایی شناختی Aesthetic aspects
0.022	0.22056	گل (رنگ، شکل و عطر) Flower (color, form, odor)		
0.012	0.1288	میوه یا بذر (رنگ، شکل و عطر) Fruit (color, form, odor)		
0.070	0.49153	سرعت رشد بالا High growth rate		
0.056	0.38888	تهاجمی نبودن ریشه Not invasive	0.14297	خصوصیات رشدی گیاه Plant growth characteristics
0.018	0.11958	ارتفاع کمتر از ۱۰ متر Height less than 10 meters		
0.051	0.35832	آلرژی زا و سمی نبودن Not allergenic or toxic		
0.045	0.31541	سایه انداز بودن Provide shade	0.14432	خصوصیات خاص گیاهی Specific plant characteristics
0.035	0.24663	عدم جذب حشرات موذی No absorption of vermin		
0.012	0.08064	جذب پرندگان Attracting birds		

یافته‌ها نشان داد که معیارهای سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه و سازگاری با محیط زیست شهری با وزن ۰/۲۱۰ هر دو به یک نسبت در مقایسه با سایر معیارها از اهمیت و وزن بیشتری برخوردار بود. معیارهای نیاز به نگهداری کمتر با اختصاص وزن ۰/۱۹۴، خصوصیات خاص گونه با ۰/۱۴۴، خصوصیات رشدی گونه با ۰/۱۴۲ و جنبه‌های زیبایی‌شناختی با ۰/۰۹۸ به ترتیب از لحاظ اهمیت خود در اولویت سوم تا ششم قرار گرفتند.

از ۶ معیار به دست آمده، در معیار سازگاری با محیط زیست منطقه، زیرمعیار تحمل کم آبی با وزن ۰/۳۲۱، در معیار سازگاری با محیط زیست شهری، زیرمعیار تحمل آلودگی خاک با وزن ۰/۳۶۴، در معیار نیاز به نگهداری پایین، زیرمعیار تحمل آفات و بیماری‌ها با وزن ۰/۳۶۴، در معیار زیبایی‌شناختی، زیرمعیار فرم گونه با وزن ۰/۳۵۳، در معیار خصوصیات رشد گونه، زیرمعیار سرعت رشد بالا با وزن ۰/۴۹۱ و در معیار خصوصیات خاص گونه، زیرمعیار آلرژی‌زا و سمی نبودن با وزن ۰/۳۵۷ به ترتیب به عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای مهم و موثر در انتخاب گونه‌ها مطرح شد. در شکل ۳، اولویت‌بندی ۲۴ زیرمعیار موثر در انتخاب گیاهان جهت کاشت در فضای سبز شهری نمایش داده شده است.



شکل ۳- اولویت‌بندی زیرمعیارهای موثر در انتخاب گیاهان جهت کاشت در فضای سبز شهری (منبع: نویسندگان)

Figure 3- Prioritization of effective sub-criteria in selecting plants for planting in urban green spaces (source: Authors)

لذا با توجه به جدول فازی شماره ۳، به هر یک از گونه‌های درختی، درختچه‌ای و پوششی با توجه به معیارهای انتخاب گیاهان و با توجه به نظرات کارشناسان و ویژگی‌های گونه‌ها، ارزش و اهمیت خاصی داده شده است. برای این منظور از تکنیک FTOPSIS استفاده شد.

با توجه به نظرات متخصصان و ویژگی گونه‌های گیاهی و از طریق ترکیب تکنیک FAHP و FTOPSIS، اولویت‌بندی گونه‌های درختی، درختچه‌ای و پوششی جهت استفاده در فضای سبز شهر بیرجند مشخص گردید که در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی منتخب براساس نظرات کارشناسان و ترکیب تکنیک FAHP و FTOPSIS (منبع: نویسندگان)

Table 6- Prioritization of selected plant species based on experts' opinions and the combination of FAHP and FTOPSIS techniques (Source: Authors)

اولویت‌بندی گونه‌های درختی							
Prioritization of tree species							
اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی
Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient	Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient
1	سرو نقره‌ای	<i>Cupressus arizonica</i>	0.775	14	زبان گنجشک	<i>Fraxinus excelsior</i>	0.6353
2	گزنه شاهی	<i>Tamarix gallica</i>	0.6961	15	عناب	<i>Zizyphus Jujuba</i>	0.6337

0.6184	<i>Pinus mugo</i>	کاج موگو	16	0.6959	<i>Phoenix dactylifera</i>	نخل خرما خوراکی	3
0.6176	<i>Olea europaea</i>	زیتون خوراکی	17	0.6918	<i>Prosopis cineraria</i>	کهور ایرانی	4
0.6064	<i>Rhus coriaria</i>	سماق	18	0.6899	<i>Cupressus sempervirens var Fastigiata</i>	سرو شیراز	5
0.6057	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	سنجد خوراکی	19	0.6847	<i>Robinia pseudoacacia</i>	افاقیای معمولی	6
0.5988	<i>Eucalyptus globules</i>	اکالیپتوس آبی	20	0.6845	<i>Melia azedarach</i>	زیتون تلخ	7
0.5958	<i>Punica granatum</i>	انار	21	0.681	<i>Pinus elderica</i>	کاج ایرانی	8
0.5769	<i>Pistacia atlantica</i>	بنه	22	0.6771	<i>Morus papyrifera</i>	توت برگی	9
0.5289	<i>Cersis siliquastrum</i>	ارغوان معمولی	23	0.6772	<i>Ficus carica</i>	انجیر	10
0.4796	<i>Vitis vinifera</i>	انگور	24	0.6607	<i>Washingtonia robusta</i>	نخل بادبزنی	11
0.4602	<i>Ulmus umbraclifera</i>	نارون معمولی	25	0.6565	<i>Populus euphratica</i>	پده	12
0.4413	<i>Hibiscus syriacus</i>	ختمی درختی	26	0.6432	<i>Morus alba</i>	توت خوراکی	13

اولویت‌بندی گونه‌های درختچه‌ای

Prioritization of shrub species

اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی
Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient	Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient
1	طاووسی	<i>Spartium Janceam</i>	0.6426	7	علف مار	<i>capparis spinosa</i>	0.5509
2	بادامشک	<i>Amygdalus scoparia</i>	0.637	8	فیج	<i>Zygophyllum eurypterum</i>	0.539
3	زرشک خوراکی	<i>Berberis vulgaris</i>	0.6352	9	تروان	<i>Ligustrum vulgare</i>	0.5328
4	آتریپلیکس	<i>Atriplex canescens</i>	0.6276	10	دیودال	<i>Ammodendron persicum</i>	0.5143
5	ابریشم مصری	<i>Caesalpinia gilliesii</i>	0.6079	11	تاغ	<i>Haloxylon Persicum</i>	0.5096
6	اسکنبیل	<i>Calligonum Polygonoides</i>	0.5819	12	خرزهره	<i>Nerium Oleander</i>	0.4924

اولویت‌بندی گونه‌های پوششی

Prioritization of groundcovers species

اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی	اولویت	نام گونه	نام علمی	ضریب نزدیکی
Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient	Priority	Species name	Scientific name	Proximity coefficient
1	کاکتوس	<i>Opuntia ficus-indica</i>	0.7019	14	آپتیا	<i>Aptenia cordifolia</i>	0.5249
2	آلوئه ورا	<i>Aloe vera</i>	0.6852	15	پیچ امین الدوله	<i>Lonicera caprifolium</i>	0.5196
3	رزماری	<i>Rosmarinus officinalis</i>	0.6489	16	باریجه	<i>Ferula gummosa</i>	0.5142



0.504	<i>Teucrium polium</i>	کلپوره	17	0.6489	<i>Lavandula angustifolia</i>	اسطوخودوس	4
0.4957	<i>Ziziphora capitata</i>	کاکوتی	18	0.6317	<i>Frankenia thymifolia</i>	فرانکنیا	5
0.4941	<i>Ferula persica</i>	کما	19	0.6085	<i>Agave americana</i>	آگاو	6
0.4755	<i>Festuca ovina L. var glauca</i>	چمن فستوکای آبی	20	0.6066	<i>Cortaderia selloana</i>	پامپاس	7
0.467	<i>Potentilla reptans</i>	پتتیلا	21	0.5845	<i>Yucca filamentosa</i>	یوکا	8
0.4418	<i>Achillea tomentosa</i>	بومادران	22	0.5808	<i>Carpobrotus edulis</i>	گل یخ شمشیری	9
0.4336	<i>Pelargonium graveolens</i>	شعمدانی معطر	23	0.5723	<i>Bassia Scoparia</i>	جارو (کوچیا)	10
0.4039	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	چای ترش	24	0.5496	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	آشان	11
0.4023	<i>Anemone biflora</i>	شقایق نعمانی	25	0.5308	<i>Carpobrotus chilensis</i>	گل یخ بند انگشتی	12
				0.5274	<i>Astragalus gummifer</i>	گون	13

در جدول ۶ با توجه به نظرات کارشناسان و ویژگی گونه با ترکیب تکنیک FAHP و FTOPSIS به اولویت‌بندی گونه‌های درختی، درختچه‌ای و پوششی پرداخته شد. در نهایت مشخص شد گونه‌های درختی سرو نقره‌ای با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۷۵، گزشاهی با ۰/۶۹۶۱، نخل خرما خوراکی با ۰/۶۹۵۹ و کهور ایرانی با ۰/۶۹۱۸ و گونه‌های درختچه‌ای طاووسی با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۶۴۲۶، بادامشک با ۰/۶۳۷، زرشک خوراکی با ۰/۶۳۵۲ و آتریپلکس با ۰/۶۲۷۶ و گونه‌های پوششی کاکتوس با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۰۱۹، آلئوورا با ۰/۶۸۵۲، رزماری با ۰/۶۴۸۹ و اسطوخودوس با ۰/۶۴۸۹ بهترین اولویت جهت کشت را پیدا کردند، که می‌توان از آن‌ها جهت کاربرد گسترده در فضاهای سبز شهری بر اساس امکانات و شرایط هر منطقه از این شهر استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

حضور فضای سبز در شهرها، نقشی حیاتی در سکونت‌پذیر بودن شهر و نیز بهبود رفاه و سلامت شهروندان آن ایفا می‌کند (Knobel et al., 2019). انتخاب و کاشت گونه‌ها در فضای سبز شهرها بدون برنامه و شناخت قبلی ویژگی‌های گیاه مانند توانایی ارائه خدمات زیست‌محیطی همچون کنترل آلودگی هوا، ایجاد خرداقلیم و تاثیرات زیبایی‌شناختی، می‌تواند باعث ایجاد مشکلات برای شهروندان آن شهر و کاهش کیفیت زندگی آنان شود (Florez et al., 2019). بنابراین لازم است گونه‌هایی انتخاب و کشت شود که بیشترین سازگاری را با شرایط اقلیمی شهر داشته تا هزینه‌های نگهداری و مواظبت از این گونه‌ها بر دوش مدیریت شهری سنگینی ننماید. از این رو، هدف و تاکید اصلی پژوهش حاضر، معرفی لیستی از بهترین گونه‌های گیاهی جهت کاشت در فضای سبز شهر بیرجند است. روش به کار رفته در پژوهش حاضر از طریق ترکیب نمودن یافته‌های علمی در مورد خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان و تجربیات کسب شده در طی سالیان متمادی توسط طراحان منظر از طریق کاشت گونه‌ها در محیط، باعث انتخاب سازگارترین و مقاوم‌ترین گونه‌ها به تنش‌های محیطی جهت کاشت در فضای سبز شهر می‌گردد. برای این منظور، سنجه‌ها و شاخص‌هایی براساس مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی تعریف گردید تا گونه‌های مختلف با توجه به آن مورد ارزیابی و مطالعه قرار گیرند. پس از آن گونه‌های درختی، درختچه‌ای و پوششی مناسب برای

توسعه فضای سبز شهری بیرجند مشخص شد و گیاهان نسبت به سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه، سازگاری با محیط زیست شهری، نیاز به نگهداری کمتر، خصوصیات خاص گیاهی، خصوصیات رشدی گیاه و جنبه‌های زیبایی‌شناختی توسط فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و FTOPSIS مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گرفتند.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که از دیدگاه کارشناسان، مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر انتخاب گونه‌ها در فضاهای سبز بیرجند به ترتیب اولویت، شاخص سازگاری با شرایط زیست‌محیطی منطقه با وزن ۰/۲۱۰، سازگاری با محیط زیست شهری با وزن ۰/۲۱۰، نیاز به نگهداری کمتر با وزن ۰/۱۹۴، خصوصیات خاص گونه با وزن ۰/۱۴۴، خصوصیات رشدی گونه با وزن ۰/۱۴۲ و جنبه‌های زیبایی‌شناختی با وزن ۰/۰۹۸ می‌باشند. در معیار سازگاری با محیط زیست منطقه، زیرمعیار تحمل کم آبی با وزن ۰/۳۲۱، در معیار سازگاری با محیط زیست شهری، زیرمعیار تحمل آلودگی خاک با وزن ۰/۳۶۴، در معیار نیاز به نگهداری پایین، زیرمعیار تحمل آفات و بیماری‌ها با وزن ۰/۳۶۴، در معیار زیبایی‌شناختی، زیرمعیار فرم گیاه با وزن ۰/۳۵۳، در معیار خصوصیات رشد گیاهی، زیرمعیار سرعت رشد بالا با وزن ۰/۴۹۱ و در معیار خصوصیات خاص گیاهی، زیرمعیار آلرژی‌زا و سمی نبودن با وزن ۰/۳۵۷ به ترتیب به عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای مهم و موثر در انتخاب گونه‌ها مطرح شدند. در ادامه باید گفت، در گونه‌های درختی، سرو نقره‌ای با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۷۵، گز شاهی با ۰/۶۹۶۱، نخل خرما خوراکی با ۰/۶۹۵۹ به عنوان بهترین و مناسب‌ترین گونه‌های درختی برای شهر بیرجند است. همچنین در گونه‌های درختچه‌ای، طاووسی با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۶۴۲۶، بادامشک با ۰/۶۳۷ و زرشک خوراکی با ۰/۶۳۵۲ و در گونه‌های پوششی، کاکتوس با اختصاص ضریب نزدیکی ۰/۷۰۱۹، آلوئه‌ورا با ۰/۶۸۵۲ و رزماری ۰/۶۴۸۹ بهترین اولویت جهت کشت را پیدا کرده‌اند، که می‌توان از آن‌ها جهت کاربرد گسترده در فضاهای سبز شهری بر اساس امکانات و شرایط هر منطقه از این شهر، استفاده نمود.

در پژوهش حاضر، با توجه به مطالعات صورت گرفته و با در نظر گرفتن یافته‌های حاصل از تحقیق، می‌توان به نتایج زیر اشاره نمود:

- نتایج حاصل از جدول ۶ نشان می‌دهد که گیاهان بومی و غالب به عنوان تاب‌آورترین گونه‌های گیاهی نسبت به شاخص‌ها و زیرمؤلفه‌ها ارزیابی شده‌اند و بیشترین امتیاز را در طبقه‌بندی اولویت کاشت در شرایط محیطی شهر بیرجند کسب کرده‌اند. این گونه‌ها توانایی سازگاری مناسبی با شرایط محیطی شهر بیرجند را دارند و حضور آن‌ها در فضاهای این شهر گواه بر این ویژگی است. از این گونه‌ها می‌توان به گز شاهی، زرشک خوراکی و رزماری اشاره نمود.
- براساس نظر متخصصان، جهت انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای یک منطقه می‌توان از دو الگوی انتخاب گونه‌های بومی و انتخاب گونه‌های سازگار با شرایط اکولوژیکی منطقه استفاده نمود. در پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد هیچ‌یک از این دو روش انتخاب به تنهایی جوابگو نبوده و باید تلفیقی از هر دو روش مورد استفاده قرار گیرد تا گزینشی مطلوب‌تر از گونه‌ها امکان‌پذیر شود.
- در هنگام انتخاب گونه‌ها جهت کاشت در منظر شهری باید به خاطر داشت که یکی از مهم‌ترین کارکردهای فضای سبز، علاوه بر سلامت و پالایش اکوسیستم شهری، جنبه‌های زیبایی‌شناختی آن است. در صورتیکه گیاه پیشنهادی جهت استفاده در فضای سبز شهری دارای رتبه نهایی بالا در جدول اولویت‌بندی گونه‌های گیاهی منتخب شده باشد، می‌بایست قبل از انتخاب آن، امتیاز بخش زیبایی‌شناختی آن نیز جداگانه لحاظ گردد. برای مثال، گونه‌هایی که رتبه نهایی بالا و زیبایی کمتری دارند، در قسمتی از فضای شهری استفاده شوند که از اهمیت کالبدی، بصری و اجتماعی کمتری برخوردار هستند. گز شاهی رتبه دوم را در بین گونه‌های درختی دارد ولی با توجه به اینکه فاقد معیارهای زیبایی‌شناختی لازم جهت استفاده در فضای سبز شهری می‌باشد، بیشتر در حاشیه شهر مورد استفاده قرار گیرد.

- با توجه به تغییرات اقلیمی چند دهه اخیر و گرم‌تر شدن زمین، قرار داشتن ایران در کمربند خشک و بیابانی جهان و یافته‌های پژوهش اخیر می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌گیری از گیاهانی که نسبت به تنش محیطی مقاوم باشند و به آب کمتری نیاز داشته باشند، در اولویت انتخاب جهت کاشت در محیط‌های شهری می‌باشد.
- در فضاهای عمومی شهری بخصوص خیابان‌ها و میادین، نباید از گونه‌های گیاهی مثمر به علت ریزش میوه‌ها، هزینه‌های بالای نگهداری و جلب نمودن توجه بیش از حد شهروندان جهت برداشت محصول استفاده نمود. استفاده از این گونه‌ها می‌بایست محدود به پارک‌های شهری و حاشیه شهر شود و بیشتر از گونه‌های گیاهی غیر مثمر در خیابان‌ها و میادین استفاده نمود. برای مثال گونه‌هایی همچون توت خوراکی، خرما، خوراکی، انجیر، زیتون خوراکی، عناب، انار، زرشک و انگور که جهت استفاده و کاشت در فضای سبز شهری شهر بیرجند انتخاب شده‌اند، بیشتر مناسب کاشت در رفیوژهای حاشیه شهر و داخل پارک‌ها هستند.
- با استناد به یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب گیاه جهت کاشت در شهر باید با توجه به عملکرد و ویژگی‌های زیست محیطی آن قسمت از فضای شهر صورت گیرد. به عنوان مثال، قسمتی از محیط شهر که دارای آلودگی هوا یا خاک بیشتری است، استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به انواع آلودگی‌ها توصیه می‌شود مانند سرو نقره‌ای، سرو شیراز، کاج ایرانی، اکالیپتوس، ترون و رزماری و یا در قسمتی از شهر که دارای سایه سنگین است، کاشت گونه‌های مقاوم به سایه باید مد نظر طراحان منظر قرار گیرد، مانند آبنیا، گل یخ شمشیری و بند انگشتی، پتتیلا، آلوئه ورا، فرانکنیا، رزماری و اسطوخودوس.
- درخت زبان گنجشک دارای سیستم ریشه‌ای قوی و سطحی می‌باشد، لذا می‌بایست از کاشت آن در نزدیک ساختمان‌ها خوداری نمود. بنابراین با توجه به این که به سرعت یک منطقه را می‌پوشاند پیشنهاد می‌گردد از این گونه در پارک‌های جنگلی و پارک‌ها استفاده شود.
- گیاه رزماری و ترون به عنوان گونه پوششی، سرب موجود در هوا را جذب کرده و از این طریق به پالایش هوا کمک شایانی می‌کنند، لذا پیشنهاد می‌گردد در خیابان‌ها و میادین شهری به طور گسترده از این گونه استفاده گردد.
- گونه‌های پوششی فرانکنیا، گل یخ شمشیری و بند انگشتی سه گونه گیاهی مناسب جهت جایگزینی با چمن در فضای سبز شهر بیرجند در راستای کاهش مصرف آب هستند. این سه گونه، هرچند که پاخوری چمن را ندارند اما نیاز آبی به مراتب کمتری در مقایسه با چمن داشته و تغییر کردن رنگ برگ‌هایشان در فصل‌های گرم و سرد سال، کاربرد آن‌ها را در فضای سبز دو چندان می‌کند. لذا پیشنهاد می‌گردد در مکان‌هایی با میزان پاخوری کم مانند رفیوژها، ورودی‌های شهرها، نقاط کور پارک‌ها و فضاهای شهری از این گونه‌ها در سطح گسترده استفاده گردد.
- از آنجایی که گیاه خرزهره یک گونه سمی می‌باشد و از سوی دیگر گیاهی بسیار مقاوم به شرایط نامساعد محیطی است، می‌توان از گیاه در رفیوژهای کمربند‌های سبز شهری استفاده کرد.

منابع

- Asgarzadeh, M., Vahdati, K., Lotfi, M., Arab, M., Babaei, A., Naderi, F., PirSoufi, M., Rouhani, G. (2014). Plant selection method for urban landscapes of semi-arid cities (A case study of Tehran). *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 450-458.
- Company, R.E. (2001). *Tehran green belt research report*. Tehran's parks and landscape design Institute, Tehran.
- Cutler, D.F., Richardson, I.B.K. (1989). *Tree roots and buildings*. Harlow, Essex Longman Group Ltd.



- Day, K. (2004). *Vegetation management for Seattle parks viewpoints*. Department of Parks and Recreation, Seattle.
- Fitzgerald, T., Notske, M., Stone, M., McCrea, S., Gates, A. (1991). *Landscape plants for the northwest*. Washington State University Cooperative Extension, Washington, Pullman.
- Florez, N.R., Gómez, P.U., Méndez, F. F. (2019). Functional diversity criteria for selecting urban trees. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 251–266.
- Franco, J., Martinez, S.J., Fernandez, J., Banon, S. (2006). Selection and nursery production of ornamental plants for landscaping and xeriscape gardening in semi-arid environments. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81, 3–17.
- Goodness, J. (2018). Urban landscaping choices and people's selection of plant traits in Cape Town, South Africa. *Journal of Environmental Science & Policy*, 85, 182-192.
- Greene, C.S., Millward, A.A., Ceh, B. (2011). Who is likely to plant a tree? The use of public socio-demographic data to characterize client participants in a private urban forestation program. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 10(1), 29–38.
- Hibberd, B.G. (1989). *Urban forestry practice*. London, HMSO.
- Jeanjean, A.P.R., Buccolieri, R., Eddy, J., Monks, P.S., Leigh, R.J. (2017). Air quality affected by trees in real street canyons: the case of Marylebone neighbourhood in central London. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 41–53.
- Jiménez, T.I.E., Castrejón, F.A., Sánchez, G.M. (2014). Criteria for selection of plant species for its deployment in thermally efficient architectural green roofs in the metropolitan area of Mexico City: methodological guidelines. *Journal of Energy Procedia*, 57, 1798-1807.
- Kharanagh Bemani, A., Qazawi, Z. (2017). Landscaping using indigenous plant species resistant to drought and drought in Ardakan city, International Conference on Society and Environment. Iran, University of Tehran (In Persian).
- Knobel, P., Dadvand, P., Zaragoza, M.R. (2019). A systematic review of multi-dimensional quality assessment tools for urban green spaces. *Journal of Health and Place*, 59, 102-118.
- Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperijn, J. (2005). *Urban forests and trees*. Berlin, Springer Verlag.
- Li, F., Sutton, P.C., Anderson, S.J., Nouri, H. (2017). Planning green space in Adelaide city: Enlightenment from green space system planning of Fuzhou city (2015–2020). *Journal of Australian Planner*, 54, 126–133.
- Li, Y., Wang, X., Hung, C. (2011). Key street tree species selection in urban areas. *African Journal of Agricultural Research*, 6(15), 3539-3550.
- Mahoudkhani, M., Faqih, J., Makhdoom, M. (2014). Selection of species in afforestation projects based on the assessment of ecological potential in the green belt north of Tehran. *Environmental Research*, 6(11), 135-144. (In Persian).



- Majnounian, H. (1995). *Discussions about parks, green spaces and promenades*, Tehran, Tehran Parks and Green Spaces Organization (In Persian).
- Nouria, H., Borujeni, C. S., Hoekstra, Y.A. (2019). The blue water footprint of urban green spaces: An example for Adelaide, Australia. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 190, 1-8.
- Parks, Landscape and Urban Green Space Organization of Birjand Municipality. (2018). Annual Report of Birjand City Green Space, Birjand Parks Organization, Birjand (In Persian) <https://sima.birjand.ir/>.
- Radhakrishnan, M., Kenzhegulova, I., Eloffy, M.G., Ibrahim, W.A., Zevenbergen, C., Pathirana, A. (2019). Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore. *Journal of Sustainable Production and Consumption*, 20, 316–325.
- Rahnema, S., Sedaghatoor, S., Allahyari, S.M., Damalas, A.C., Bilali, E.H. (2019). Preferences and emotion perceptions of ornamental plant species for green space designing among urban park users in Iran. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 39, 98–108.
- Roloff, A., Korn, S., Gillner, S. (2009). The climate-species-matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 8(4), 295–308.
- Sæbø, A., Zelimir, B., Ducatillion, C., Hatzistathis, A., Lagerstrom, T., Supuka, J., Garcis-Valdecantos, J.L., Rego, F., Slycken, J. (2005). *The selection of plant materials for street trees, park trees and urban woodland*, Berlin, Springer. pp. 257–280.
- Saeednia, A. (2003). *Urban Green Space*. Publications of the Organization of Municipalities of the Country, Tehran (In Persian).
- Shaban, M., Khajehuddin, J., Karimzadeh, H., Panahpour, A. (2018). Investigation of drought resistance of suitable wood species for the development of green space in Isfahan. *Research in Agricultural Sciences*, 5(1), 57-67 (In Persian).
- Sjöman, H. & Nielsen, A.B. (2010). Selecting trees for urban paved sites in Scandinavia—a review of information on stress tolerance and its relation to the requirements of tree planners. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 9(4), 281–293.
- Sobhan Salimi, M., Mansouri, K., Yaghfour, H. (2017). Evaluation of plant species and its effectiveness in urban planning (Case study: Streets of Zahedan city). *Geographical Engineering of the Land*, 2(3), 73-84 (In Persian).
- Williams, N.S.G., Rayner, J.P., Raynor, K.J. (2010). Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 9, 245–251.
- Yarai, R. (1995). *Deciduous plants resistant to difficult environmental conditions*. Tehran parks and green space organization, Tehran (In Persian)



Explaining the pattern of plant selection in urban landscape of arid areas using fuzzy multi-criteria models (a case study of Birjand)

Peiman Golchin^{1*}, Reza Farhadi², Yaser Moarrab³

1. Department of Landscape Design Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan

2. Department of Urban Planning at University of Tehran, Tehran

3. Imam Hossein University

* Corresponding Author (pgolchin@science.usb.ac.ir)

Abstract

Choosing appropriate species to use in urban green space to improve the urban landscapes is vital to avoid the financial and environmental potential losses if the selection of effective parameters are not taken into account. The main goal of this study was to introduce a list of the best plant species for planting in the urban green space of Birjand. For this purpose, 6 criteria and 24 sub-criteria which were obtained by examining the researches conducted in the field of effective criteria in the selection of plants for urban environments were defined so that the 63 proposed plant species (26 trees, 12 shrubs and 25 groundcovers) were evaluated and weighed according to these criteria and with the help of 15 faculty members and experts who were specialized in Landscape Architecture, Environmental Design and horticulture. The method used in this research was a combination of the techniques of FAHP, to obtain the weight of each criteria and sub-criteria for plant selection, and FTOPSIS, to rank plant species such as trees, shrubs and groundcovers according to the criteria and sub-criteria effective in selecting plants. The findings show that the criteria of compatibility with the environmental conditions of the region and compatibility with the urban environment are both, as compared to the other 4 criteria, are equally of greater importance and weight and are more effective in selecting the plants to be used in the urban landscape. Also, in the prioritization of the tree species, *Cupressus arizonica* with a proximity coefficient of 0.775, *Tamarix aphylla* with 0.6961, *Phoenix dactylifera* with 0.6959, and *Prosopis cineraria* with 0.6918, in the shrub species, *Spartium junceum* with a proximity coefficient of 0.6426, *Amygdalus scoparia* with 0.637, *Berberis vulgaris* with 0.6352 and *Atriplex canescens* with 0.6276, and in the groundcover species, *Opuntia ficus-indica* with a proximity coefficient of 0.7019, *Aloe vera* with 0.6852, *Rosmarinus officinalis* with 0.6489, and *Lavandula angustifolia* with 0.6489, are considered as the top four priority in each category to be used in the green space of Birjand. Finally, suggestions and strategies for the use of plant species to improve the landscape and the urban environment are presented.

Keywords: Hot and Arid Areas, Urban Environment, Urban Green Space, Urban Landscape.