

## مدل سازی و پیش بینی زیباشناختی پارک های شهری بر اساس معیار

### پیچیدگی منظر

علی جهانی<sup>۱\*</sup>؛ زهرا هائف ربیعی<sup>۲</sup> و مریم صفاریها<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست طبیعی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار و دانشکده محیط زیست،

سازمان حفاظت محیط زیست کشور، تهران

۲- دانشجوی کارشناسی منابع طبیعی- محیط زیست، دانشکده محیط زیست، کرج

۳- دکترای مرتعداری، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۹/۰۴/۱۱- تاریخ پذیرش ۹۹/۰۶/۰۱)

#### چکیده:

برنامه ریزان گردشگری جویای فضاهای جدیدی هستند که بتوانند آن را کشف کرده و از فضاهای کسل کننده و تکراری فاصله گرفته و مکانی منطبق با پیچیدگی و تمایلات خاص امروزی بوجود آورند. هدف از این پژوهش مدل سازی پیچیدگی در ساختار منظر پارک های شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به منظور پیش بینی کیفیت مناظر پارک های شهری جهت توسعه گردشگری شهری است. پژوهش حاضر در ده پارک تهران با مساحت بیش از ۱۰ هکتار (ساعی، ملت، نهج البلاغه، ایران زمین، لاله، آب و آتش، طالقانی، جمشیدیه، قیطریه و نیاوران) و در چهار منطقه شهری انجام شده است. در این مطالعه جهت ارزیابی پیچیدگی منظر پارک شهری از ترکیب دیدگاه کاربر محور و روش مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از ۱۷ عنصر عینی منظر انجام شده است. با توجه به نتایج مدل با ساختار ۱-۱۴-۱۷ (۱۷ متغیر ورودی، ۱۴ نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی) با توجه به بیشترین مقدار ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۳، ۰/۸۵ و ۰/۸۷، بهترین عملکرد بهینه سازی ساختار را نشان می دهد. بر این اساس نسبت سطوح سخت، میانگین قطر درختان و ساختمانها با ضریب اثرگذاری ۰/۲۱، ۰/۱۵ و ۰/۱۲ به ترتیب بیشترین تأثیر را در پیچیدگی مناظر در پارک های شهر تهران از خود نشان می دهند. مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری در طراحی ساختار پارک های شهری جهت جذب گردشگر بوده و امکان پیش بینی سطح پیچیدگی منظر را با توجه به متغیرهای محیطی آنها فراهم می کند.

**کلید واژگان:** پیچیدگی منظر، پارک شهری، مدل سازی، شبکه عصبی مصنوعی، زیباشناختی

## ۱. مقدمه

شهرهای معاصر به دلیل وسعت و گسترش روزافزون نیاز به طراحی منظر دارند. منظرهای موجود در شهر دیگر پاسخگوی نیازهای امروزی نیستند. انسان‌ها جویای فضاهای جدیدی هستند که بتوانند آن را کشف کرده و از فضاهای کسل‌کننده و تکراری فاصله گرفته و مکانی منطبق با پیچیدگی و تمایلات خاص امروزی بوجود آورند (Soltani Fard & Masnavi, 2006). ارزش زیباشناختی مناظر پارک‌های شهری نیز در گرو رعایت اصول زیباشناختی همچون طبیعی بودن، تنوع، پیچیدگی، تفاوت در سبک و غیره است (Wang et al., 2019). از ویژگی‌های پیچیدگی منظر این است که استفاده از این معیار می‌تواند شهر را به یک رویداد هیجان انگیز برای ساکنین تبدیل کند و آن را از یکنواختی در آورد. پیچیدگی منظر در واقع ایجاد ترکیبی از عناصر زنده و غیر زنده است که با ایجاد نقاط مبهم موجب صرف زمان در جهت کشف و شهود ساختار منظر همراه با افزایش حس هیجان در کاربر می‌شود. Marzi (۲۰۱۷) در تعریف خود از پیچیدگی منظر اشاره می‌کند که معیار پیچیدگی به معنای هماهنگی تنوع و ایجاد وحدت در مناظر شهری می‌باشد. در واقع این معیار باعث تحریک حس بصری و ارتقا کیفیت فضا خواهد شد. Soltani Fard و Masnavi (۲۰۰۶) معتقدند که مفهوم پیچیدگی به ارائه توصیفی از چگونگی پیدایش نظم از بی-نظمی در سیستم‌های پیچیده می‌پردازد. توجه به موارد فوق، با ایجاد پیچیدگی در منظر تمایل انسان را برای حضور در فضا و کشف جاذبه‌های آن

افزایش داده و باعث سرزندگی فضاهای شهری خواهد شد. در بسیاری از پژوهش‌ها به منظور مدل-سازی ریاضی ارزیابی منظر و ایجاد رابطه میان حس درک شده توسط کاربر در پارک‌های شهری و رابطه آن‌ها با عناصر و ساختار منظر از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است (Jahani, 2011; Jahani, 2019). این شبکه‌ها از لایه‌های محاسباتی مختلف با روابط ریاضی و الگوریتم‌های محاسباتی گوناگون تشکیل شده است و کاربر با تنظیم این لایه‌ها و روابط آنها اقدام به ارائه بهترین مدل با حداکثر قابلیت پیش‌بینی خروجی هدف می‌کند. برای مثال (Jahani & Mohammadi, 2017) از مدل شبکه عصبی برای ارزیابی و مدل‌سازی کیفیت زیباشناختی پارک‌های شهری استفاده کردند. بر اساس نتایج حاصله مدل شبکه عصبی مصنوعی قابلیت بسزایی در پیش‌بینی کیفیت زیباشناختی دارد و تنوع ترکیب منظر، زمین‌های ورزشی و آب بیشترین اثر را در افزایش کیفیت زیباشناختی منظر دارد. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در ارزیابی کیفیت منظر در تحقیقات بسیاری دیده می‌شود اما ارزیابی و مدل-سازی عناصر و ترکیب موثر در ایجاد پیچیدگی در ساختار منظر پارک‌های شهری همچنان با محدودیت مطالعات روبرو است به طوری که هدف اصلی این پژوهش قرار گرفته است.

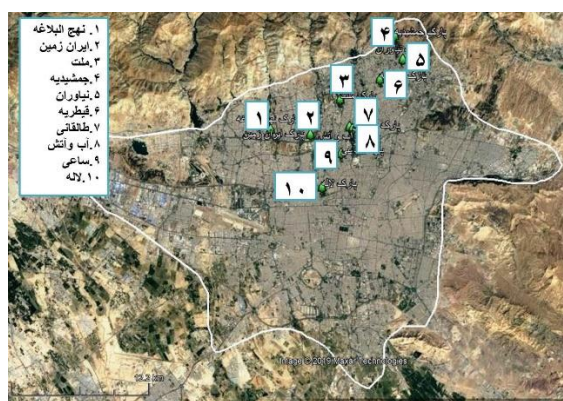
تحقیقات نشان می‌دهد که ویژگی‌های ذهنی منظر مانند پیچیدگی همراه با ویژگی‌های عینی طبیعی و فیزیکی منظر (Wang et al., 2019) و پوشش گیاهی و درختان در شهرها (Zheo et al., 2017) نقش موثری در ارتقای کیفیت بصری پارک‌ها دارند. در این زمینه Wang و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش

انسان بر اساس ساختار منظر و ترکیب عناصر زنده و غیرزنده در کنار هم جذب محیط می‌شود. در اینجا پرسش اصلی این است که تاثیرگذارترین عناصر و ویژگی‌ها در بالا بردن پیچیدگی منظر پارک‌های شهری کدام‌اند و کاربران چه ترکیبی از عناصر موجود در منظر را پیچیده می‌دانند؟ چگونه می‌توان میزان پیچیدگی منظر در چشم ناظر را با استفاده از ساختار و عناصر موجود در منظر پیش‌بینی کرد؟

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در ده پارک تهران با مساحت بیش از ۱۰ هکتار (ساعی، ملت، نهج البلاغه، ایران زمین، لاله، آب و آتش، طالقانی، جمشیدیه، قیطریه و نیاوران) و در چهار منطقه شهری (۱، ۲، ۳، و ۶) انجام شده است. از معیارهای اصلی انتخاب این پارک‌ها می‌توان به تنوع فرم رویشی گیاهی، تنوع عناصر طبیعی و تنوع ساختارهای مصنوعی و انسان ساخت در منظر اشاره کرد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی پارک‌های مورد مطالعه در شهر تهران

سازی شبکه عصبی مصنوعی (Jahani & Mohammadi Fazel, 2017) جهت تعیین موثرترین عناصر عینی منظر در جهت افزایش پیچیدگی منظر معیار ذهنی استفاده شده است. در

خود با استفاده از روش تصویرسازی یا photomontage، کیفیت زیباشناختی را توسط کاربران مورد بررسی قرار داده‌اند و پیچیدگی ساختار منظر را از عوامل موثر در جذابیت منظر معرفی نمودند. مطابق با نتایج تحقیقات Kerebel و همکاران (۲۰۱۹) معیارهایی مانند تنوع، تضاد و پراکنش انواع پوشش‌های زمین و پیچیدگی شکل و ساختار معیارهایی تاثیرگذار در کیفیت زیباشناختی هستند. در ادامه Jahani و Saffariha (۲۰۲۰) با تلفیق معیارهای پیچیدگی منظر در معیارهای زیباشناختی به مدل‌سازی و پیش‌بینی کیفیت زیباشناختی و آرامش روانی منظر پارک‌های شهری پرداختند. Nordh و همکاران (۲۰۱۱) نیز تاکید دارند که باید به تعیین ساختارهای فیزیکی مناسب با هدف ایجاد پیچیدگی در منظر پرداخت و از این طریق حس دوربودن از فضای عادی روزمره و جذابیت محیط پارک‌ها را بالا برد. در پژوهش حاضر نیز پیچیدگی منظر به عنوان یک معیار ذهنی که نشان از پتانسیل منظر در ایجاد هیجان و سرزندگی در کاربر است مورد بررسی قرار گرفته است. ذهن

### ۲-۲. اندازه‌گیری و محاسبه متغیرها

در این مطالعه جهت ارزیابی پیچیدگی منظر پارک شهری از ترکیب دیدگاه کاربرمحور و روش مدل-

شده است. انتخاب مناظر پارک شهری بر اساس تنوع در معیارهای طبیعی و مصنوعی یا انسان ساخت صورت گرفت.

انجام این پژوهش ده پارک منتخب در شهر تهران جهت تعیین نقاط چشم انداز بازدید میدانی به عمل آمد و در شکل ۲ نقاط چشم انداز در پارکها مشخص



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی نقاط چشم انداز در پارکهای مورد مطالعه در شهر تهران

تعیین شده پایین تر از افق دید قرار گرفته باشد، موقعیت دید "مادون" (کلاس ۱)، اگر هم سطح باشد "معمولی" (کلاس ۲) و اگر نقطه تعیین شده بالاتر از افق دید کاربر قرار گرفته باشد، موقعیت دید "ماورا" (کلاس ۳) می باشد. سطوح بایر: منظر سطوح بایر شامل کلیه اراضی بدون کاربری و فضاهای باز طراحی نشده در محیط پارکهای شهری تهران می باشد.

ساختمان: منظر عناصر ساختمانی شامل کلیه سازه ها و ساختمانهای پارک و اطراف آن شامل اداری، مسکونی و تجاری می باشد. مبلمان پارکی: منظر مبلمان پارکی شامل نیمکت، زباله دان، آلاچیق،

پس از تعیین نقاط چشم انداز و تهیه عکس از آنها معیارهای عینی موجود در هر عکس بر اساس منابع تحقیقاتی (Jahani, 2019; Jahani & mohammadi Fazel, 2017; Jahani *et al.*, 2011) به عنوان متغیرهای مستقل مدل سازی ثبت گردید. معیارهای مذکور که این سطوح به وسیله نرم افزار Image meter pro اندازه گیری و برحسب درصد از کل منظر در عکس گزارش شده است عبارتند از:

موقعیت دید: موقعیت دید عبارت است از موقعیتی که منظر نسبت به افق دید کاربر دارد. اگر منظره

منظر مبلمان پارکی، منظر آب، منظر کوه و سنگ، نماسازی، مسیر عبوری، حضور حیوانات، امکانات تفریحی و پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای، پوشش گیاهی بوته‌ای و گل، و چمن می‌باشد.

## ۲-۳. ارزیابی کیفیت پیچیدگی منظر

جهت ارزیابی پیچیدگی منظر مجموعاً ۱۰۰ عکس از ده پارک منتخب مورد استفاده قرار گرفت. جهت کنترل کیفیت عکس‌ها، شرایط زیر بر اساس روش متداول در ارزیابی کیفیت منظر (Dupont et al., 2019; Jahani, 2016) در تمام عکس‌ها رعایت گردید. تمام عکس‌ها با یک دوربین و با کیفیت ثابت تهیه گردید. ارتفاع عکاسی برابر با ۱/۷ متر از سطح زمین بوده و افق دید در یک سوم بالای تصویر کادربندی شد. همچنین تمام عکس‌ها در شرایط جوی یکسان و در فصل تابستان شرایط رویشی ثابت تهیه گردیدند. عکس‌ها توسط صد ناظر مورد ارزیابی پیچیدگی منظر قرار گرفت به طوری که سطح پیچیدگی عکس به صورت سوال زیر تعریف گردید: "این تصویر تا چه میزان دارای پیچیدگی بوده و ابهام در درک تصویر وجود دارد؟". پاسخ‌دهندگان به صورت تصادفی از افرادی که به صورت منظم به پارک‌ها مراجعه می‌کنند انتخاب شد و پاسخ‌ها به صورت امتیاز یک تا پنج از بسیار کم تا بسیار زیاد ثبت گردید. امتیازدهی به روش پیشنهادی Jahani و Saffariha (۲۰۲۰) انجام شد به طوری که پس از ثبت نظر هر ۲۰ نفر، یک مرتبه واریانس و میانگین امتیازهای داده شده محاسبه شد و و این کار تا جایی که میانگین امتیازات از محدوده واریانس آن تجاوز نکند ادامه یافت. پس از تکمیل صد پرسشنامه تغییرات حاصله در میانگین امتیازات از محدوده واریانس آن تجاوز

تابلوهای راهنما، تابلوهای اعلانات، تجهیزات مخصوص روشنایی و سایه‌بان می‌باشد. آب: این معیار شامل حوض، فواره و برکه مصنوعی می‌باشد. کوه و سنگ: انواع مختلف این منظر شامل کوه و تپه‌های طبیعی و مصنوعی، سنگ‌های بزرگ کوهستانی موجود در محیط و دیوارهای سنگی می‌باشد. نماسازی: نماسازی شامل انواع عناصر هنری مانند تندیس‌های سنگی، مجسمه‌های فلزی و سازه‌های هنری ساخته شده با فلز و مفتول می‌باشد. مسیرها: مسیرهای عبوری شامل انواع گذر راه‌های آسفالته، روکش چوبی، سنگفرش و موزائیک، پله‌های فلزی و سنگی و پل‌ها می‌باشد. میانگین قطر درختان: در هر منظر میانگین قطر تنه درختان غالب در ارتفاع برابر سینه با استفاده از متر و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نسبت سطوح سخت: سطوح سخت شامل تمام سطوح به غیر از پوشش گیاهی و عناصر آبی است. لذا درصد تمامی اجزای موجود در منظر به غیر از پوشش گیاهی و آب با نرم افزار Image meter pro محاسبه شده است. از تقسیم درصد سطوح سخت تصویر به کل سطح، نسبت سطوح سخت به دست آمده است. شکل زمین: شکل زمین شامل ۳ حالت مختلف است؛ دره (کلاس ۱)، زمین مسطح (کلاس ۲) و یال (کلاس ۳). شیب: در هر منظر، شیب با استفاده از شیب سنج برحسب درجه اندازه‌گیری شده است. تفریحی و ورزشی: این متغیر براساس وجود امکانات تفریحی مانند زمین بازی کودکان، امکانات ورزشی، میز تنیس و زمین اسکیت، برحسب درصد بیان شده است. گیاهان: شامل سه گروه درختان و درختچه‌ها، بوته و گل و چمن است. تنوع: تنوع برحسب تعداد معیارها در هر منظر محاسبه می‌شود. این معیارها شامل منظر سطوح بایر، منظر عناصر ساختمانی،

نکرده و تغییرات جزئی یا ثبات نظر یا امتیاز در نظرسنجی دیده شد لذا امتیازدهی با ثبت نظر صد نفر پایان یافت. همچنین اطلاعات جامعه آماری شامل جنسیت، سن و سطح تحصیلات پاسخ-دهندگان ثبت گردید.

۲-۴. مدل سازی پیچیدگی منظر

به منظور پردازش داده‌ها از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم افزار MATLAB 2018 استفاده شد. در این تحقیق به منظور مدل سازی پیچیدگی منظر، متغیرهای منتخب شامل موقعیت دید، منظر سطوح بایر، منظر ساختمان، مبلمان پارکی، منظر آب، منظر کوه و سنگ، نماسازی، مسیر عبوری، قطر درخت غالب، تنوع، نسبت سطوح سخت، شکل زمین، سطوح تفریحی و ورزشی، پوشش گیاهی درخت و درختچه، گل و بوته و چمن که در هر یک از مناظر ثبت شده بود به عنوان متغیرهای مستقل ورودی مدل و امتیاز یا ارزش پیچیدگی منظر به عنوان متغیر وابسته خروجی مدل در نظر گرفته شد. برای آموزش شبکه یا مدل پرسپترون چندلایه، ابتدا نمونه‌ها یا مناظر به طور تصادفی به سه دسته آموزش شبکه ۶۰ درصد داده‌ها معادل ۶۰ نمونه، اعتبارسنجی ۲۰ درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه و آزمون مدل ۲۰ درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه تقسیم شدند (Jahani, 2016; Aghajani et al., 2014; Shams et al., 2020). داده‌های آموزش در ایجاد مدل بهینه مورد استفاده واقع شده و هم-زمان با کمک داده‌های اعتبارسنجی مورد سنجش دقت قرار می‌گیرد (Saffariha et al., 2020). در نهایت داده‌های آزمون جهت سنجش قابلیت تعمیم‌پذیری و کاربرد مدل در داده‌های

جدید مورد استفاده قرار گرفته و دقت واقعی مدل را مشخص می‌سازد (Jahani, 2017a,b). در بهینه‌سازی دقت مدل از تعداد لایه‌های متعدد مخفی، تعداد مختلف نورون‌ها در هر لایه (ابزار پردازش موازی و همزمان محاسبات) و توابع فعال-سازی گوناگون استفاده شد. دقت مدل بر اساس شاخص‌های زیر برآورد گردید: ضریب تبیین ( $R^2$ )، میانگین خطای مطلق (MAE)، و میانگین مربعات خطا (MSE) سنجیده شد (روابط ۱ تا ۳ Kalantary et al., 2019, 2020; Jahani, 2019).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave})(P_i - P_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - P_{ave})^2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این روابط:  $O_i$ : داده اندازه‌گیری شده،  $P_i$ : داده پیش‌بینی شده،  $O_{ave}$ : میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده،  $P_{ave}$ : میانگین داده‌های پیش‌بینی شده و  $n$ : تعداد داده‌ها است. ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترین ساختار شبکه، از طریق معیارهای فوق انجام گردید که هدف بیشینه کردن ضریب تبیین و کمینه نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای مطلق درصد می‌باشد. آنالیز حساسیت مدل بر اساس روش متداول در مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی (Khaleghpanah et al., 2019; Jahani 2016) با ثابت نگاه داشتن متغیرهای ورودی و سنجش تغییرات خروجی مدل (امتیاز پیچیدگی منظر) بر اثر تغییرات یک متغیر ورودی در دامنه انحراف معیار خود انجام شد. بدین ترتیب متغیرهایی مورد استفاده در مدل سازی بر اساس میزان اثرگذاری

بر تغییرات خروجی مدل الویت‌بندی شدند. در نهایت روند تغییرات پیچیدگی منظر بر اساس تغییرات متغیرهایی که اثرگذاری بالاتری دارند ارائه گردید.

### ۳. نتایج

در این پژوهش مجموعاً از مشارکت صد نفر جهت ارزیابی پیچیدگی منظر استفاده شد به طوریکه

جدول ۱- اطلاعات جامعه آماری مشارکت‌کنندگان در ارزیابی پیچیدگی منظر

جنسیت	میزان تحصیلات							بازه سنی				
آقا	خانم	زیر دیپلم	دیپلم	کاردانی	کارشناسی	دکتر	> ۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰ <	
		دیپلم			ارشد		۳۰	۴۰	۵۰			
۴۸	۵۲	۴	۲۱	۲۳	۳۳	۱۳	۶	۹	۵۷	۱۳	۱۶	۵

عمل بهینه‌شدن شبکه انجام شد و در مرحله دوم با همان تعداد نرون در دو و سه لایه پنهان قدرت شبکه تخمین زده شد. پس از آزمون شبکه‌های حاصل از ساختارهای گوناگون، نتایج حاصل از بهینه‌سازی شبکه عصبی به همراه بهترین ساختار به دست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است.

در این پژوهش، ترکیب مختلفی از لایه‌ها و نرون‌های مختلف همراه با تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئید، تانژانت سیگموئید، هیپربولیک و خطی لایه‌های پنهان و خروجی برای بهینه‌سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله اول بهینه‌سازی شبکه هوشمند عصبی از یک لایه پنهان با تعداد ۵ تا ۳۰ نرون که به طور تصادفی انتخاب گردیدند،

جدول ۲- نتایج ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی در مدل ارزیابی پیچیدگی منظر

ویژگی‌های ساختاری شبکه	لایه پنهان اول	لایه خروجی
نوع شبکه	پرسپترون چندلایه	پرسپترون چندلایه
تابع انتقال	Log-Sigmoid	Linear
الگوریتم بهینه‌سازی	Levenberg Marquardt	Levenberg Marquardt
تعداد نورون‌ها	۱۴	۱

در جدول ۳ میزان دقت شبکه در پیش‌بینی پیچیدگی منظر بر اساس متغیرهای ورودی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج شبکه‌های آموزش داده شده در جدول ۳، مدل با ساختار ۱-۱۴-۱۷

در آموزش شبکه عصبی از تعداد مختلف لایه پنهان و نورون در هر لایه استفاده شد که نتایج ۵ ساختار برتر شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در جدول ۳ ارائه شده است. ضرایب تبیین ( $R^2$ ) به دست آمده

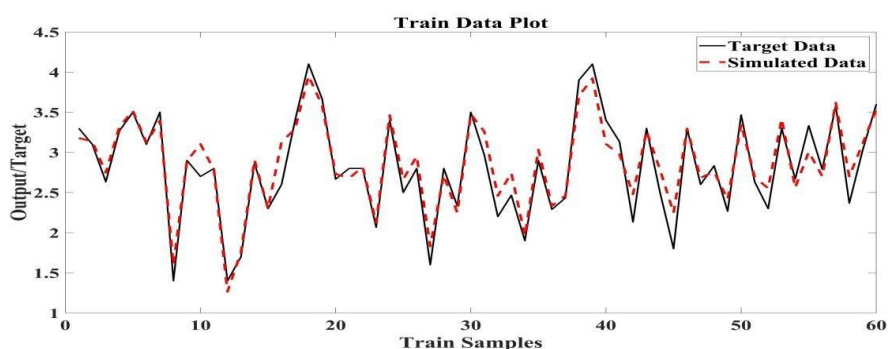
(۱۷ متغیر ورودی، ۱۴ نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی: ۱-۱۴-۱۷) با توجه به بیشترین مقدار ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۳، ۰/۸۵ و ۰/۸۷، بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار را نشان می‌دهد.

جدول ۳- نتایج ساختارهای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی پیچیدگی منظر

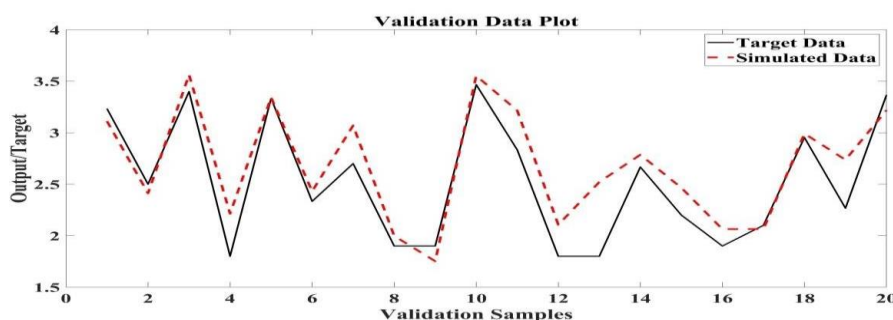
MSE	MAE	R <sup>2</sup>	داده‌ها	ساختار توابع شبکه (تعداد نورون‌ها)	مدل
۰/۰۷۵	۰/۲۰۷	۰/۹۳	آموزش	Logsig(14)	پرسپترون
۰/۱۷۵	۰/۳۳۵	۰/۸۵	اعتبارسنجی		چندلایه
۰/۱۸۴	۰/۳۲۲	۰/۸۷	آزمون		

آزمون نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود اختلاف ناچیزی مابین پیچیدگی منظر حقیقی و پیچیدگی منظر پیش‌بینی شده وجود دارد که حاکی از دقت بالای شبکه عصبی طراحی شده در پیش‌بینی میزان پیچیدگی مناظر در پارک‌ها بر اساس متغیرهای ورودی می‌باشد. این نتیجه حاکی از قابلیت بالای مدل به دست آمده جهت پیش‌بینی پیچیدگی مناظر با کاربرد در پارک‌های در فاز طراحی و پیش از اجرا می‌باشد.

تعداد ورودی‌ها برابر با ۱۰۰ نمونه منظر با ۱۷ متغیر و خروجی برابر با میانگین امتیاز صد نفر به پیچیدگی هر منظر است که بر این اساس ۶۰ نمونه منظر برای آموزش، ۲۰ نمونه منظر برای اعتبارسنجی حین آموزش و ۲۰ نمونه نیز برای آزمون نتایج شبکه عصبی طراحی شده اختصاص داده شد و شکل ۳، ۴ و ۵ اختلاف امتیاز حقیقی پیچیدگی مناظر را با امتیاز پیش‌بینی شده توسط مدل در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و

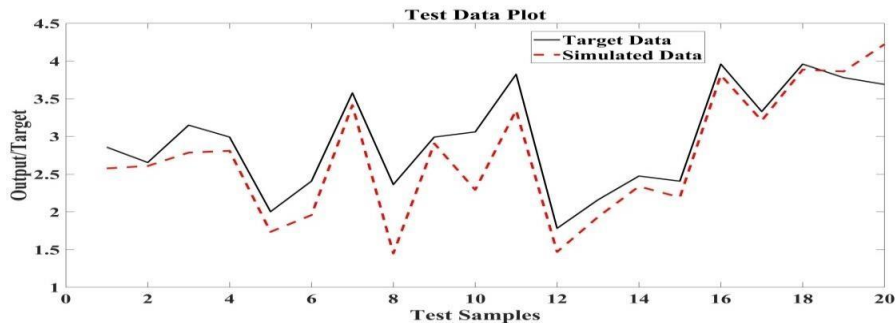


شکل ۳- نمودار اختلاف پیچیدگی منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های آموزش



شکل ۴- نمودار اختلاف پیچیدگی منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های اعتبارسنجی

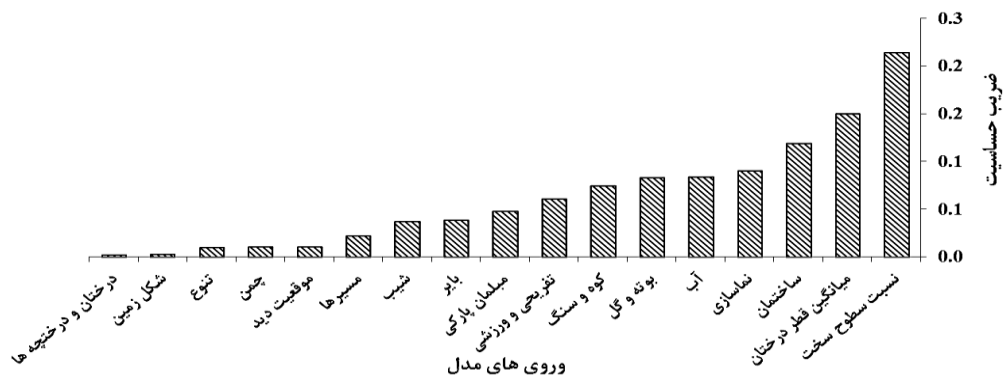




شکل ۵- نمودار اختلاف پیچیدگی منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های آزمون

متغیرهای کاربردی در پیش‌بینی پیچیدگی منظر در پارک‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس نسبت سطوح سخت، میانگین قطر درختان و ساختمان‌ها با ضریب اثرگذاری ۰/۲۱، ۰/۱۵ و ۰/۱۲ به ترتیب بیشترین تأثیر را در پیچیدگی منظر در پارک‌های شهر تهران از خود نشان می‌دهند در صورتی که سایر متغیرها اثر قابل ملاحظه‌ای در تعیین پیچیدگی مناظر ندارند.

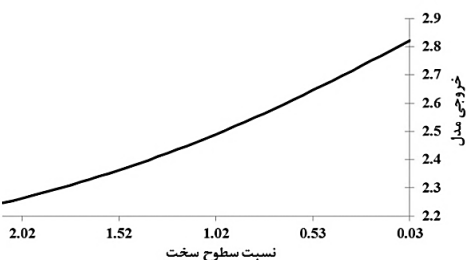
با توجه به ضریب تبیین شبکه مطلوب در مرحله آزمون (۰/۸۷)، دقت شبکه عصبی در پیش‌بینی پیچیدگی مناظر پارک‌های شهری از سطح بسیار مطلوبی برخوردار است. نتایج مربوط به آنالیز حساسیت متغیرهای بکارگرفته شده برای مدل‌سازی در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش در جهت کشف رابطه متغیرهای مناظر پارک‌های شهری با میزان پیچیدگی منظر و مدل‌سازی آن، شکل ۶ ضریب تأثیرگذاری هر یک از



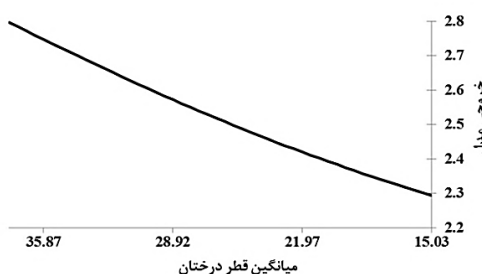
شکل ۶- ضریب تأثیرگذاری متغیرهای کاربردی در پیش‌بینی پیچیدگی منظر

سخت منطقه در شکل ۷ نشان می‌دهد که با افزایش نسبت سطوح سخت در پارک‌ها، پیچیدگی در منظر به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد به طوری که با دو واحد افزایش این نسبت شاهد کاهش نیم درجه‌ای پیچیدگی منظر هستیم. از این رو با کاهش نسبت سطوح سخت در پارک‌ها می‌توان پیچیدگی درک شده توسط گردشگر در پارک‌ها را افزایش داد.

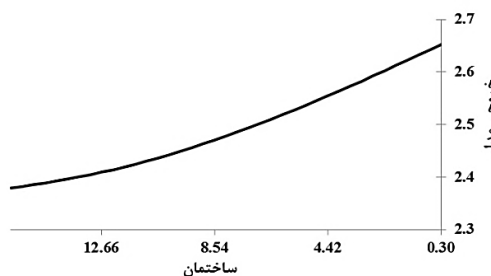
بر اساس نتایج آنالیز حساسیت نسبت سطوح سخت، میانگین قطر درختان و ساختمان‌ها به ترتیب بیشترین تأثیر را در میزان پیچیدگی منظر در پارک‌های شهری از خود نشان دادند لذا به بررسی نتایج روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات متغیرهای مذکور پرداخته می‌شود. روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات نسبت سطوح



شکل ۷- نمودار روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات نسبت سطوح سخت



شکل ۸- نمودار روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات قطر درختان



شکل ۹- نمودار روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات ساختمان‌ها

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

محیط طبیعی شهری همچون پارک‌ها از نظر بسیاری از محققین همچون Boivin و Tanguay (۲۰۱۹) از مهمترین جاذبه گردشگری شهری بوده لذا بررسی کیفیت زیباشناختی مناظر با استفاده از معیارهای زیبایی همچون پیچیدگی منظر پارک‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. طبق تحقیقات Simensen و همکاران (۲۰۱۸) ارزیابی جامع منظر توسط ادراک بصری یکی از روش‌های شناخت محیط بر اساس پیچیدگی و تنوع در منظر است. در این پژوهش نیز مدل‌سازی ارزیابی پیچیدگی منظر از دیدگاه گردشگر و توسط ادراک بصری صورت گرفت.

روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات میانگین قطر درختان منطقه در شکل ۸ نشان می‌دهد که با افزایش میانگین قطر درختان در پارک‌ها، پیچیدگی در منظر به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد به طوری که با ۲۰ سانتیمتر افزایش میانگین قطر درختان شاهد افزایش نیم درجه‌ای پیچیدگی منظر هستیم. روند تغییرات پیچیدگی منظر بر حسب تغییرات ساختمان‌ها در شکل ۹ نشان می‌دهد که با افزایش ساختمان‌ها در پارک‌های شهری، پیچیدگی در منظر پارک به صورت غیرخطی کاهش می‌یابد به طوری که با ۱۵ درصد افزایش ساختمان‌ها در منظر شاهد کاهش سه دهم درجه‌ای پیچیدگی منظر هستیم.

(2020) در تحقیق حاضر نیز مدل ارائه شده موفق به دستیابی به این هدف شد.

در پژوهش حاضر پیچیدگی منظر به عنوان یکی از معیارهای اصلی زیباشناختی مورد انتظار گردشگر در نظر گرفته شده است در حالیکه در پژوهش Kerebel و همکاران (۲۰۱۹) تنوع به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها مدنظر قرار گرفته و به صورت تنوع پوشش زمین، و به طور جزئی‌تر، تنوع رنگ و بافت و ترکیب توپوگرافی و پوشش زمین مورد بررسی قرار گرفته است. امروزه پارک‌های جدیدالاحداث در صورتی که متناسب با نیاز گردشگران نبوده و از کیفیت زیباشناختی لازم برخوردار نباشند مورد استقبال قرار نخواهد گرفت و از حداکثر ظرفیت آنها استفاده نمی‌شود. چنین وضعیتی کاهش جاذبه‌های گردشگری شهری و افت کیفیت زندگی شهری را به همراه خواهد داشت. مدل به دست آمده قابلیت پیش‌بینی پیچیدگی منظر از دیدگاه گردشگران در پارک‌های طراحی شده را پیش از اجرا فراهم کرده و امکان اصلاح ساختار طراحی و ترکیب عناصر منظر و محیط پارک را فراهم می‌آورد که نتیجه آن بهبود تجربه تفریحی گردشگران پس از اجرای پروژه خواهد بود. آنالیز حساسیت و شناسایی تأثیرگذارترین عناصر بر پیچیدگی منظر نشان می‌دهد جهت طراحی پارک‌ها و دستیابی به ارزش زیباشناختی منظر بالا توجه به سطوح سخت پارک شامل ساختمان‌ها، جاده‌ها و مسیرها، مبلمان پارکی و غیره جهت طراحی و احداث پارک جدید در الویت اول برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد. با توجه به جایگاه توسعه خدمات شهری در ساختمان‌های سرپوشیده در پارک‌ها باید به این مساله نیز توجه داشت که در محیط‌های شهری، هدف گردشگران پارک‌ها کمتر معطوف به

نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی طراحی شده با یک لایه مخفی و ۱۴ نرون و تابع انتقال لگاریتم سیگموئید و خطی، قابلیت خوبی در مدل کردن پیچیدگی منظر در طراحی مهندسی پارک‌های مورد مطالعه دارد. ساختار ۱-۱۴-۱۷ در مدل شبکه عصبی با ضرایب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۳، ۰/۸۵ و ۰/۸۷، به عنوان ساختار بهینه مدل ارزیابی پیچیدگی منظر پارک‌های شهری معرفی شد. Jahani و

Mohammadi Fazel (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود قابلیت شبکه عصبی در مدل‌سازی کیفیت زیباشناختی منظر فضای سبز شهری را اثبات نموده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. Saeidi و همکاران (۲۰۱۷) سه روش رگرسیون لجستیک، ارزیابی چندمعیاره و پرسپترون چندلایه را جهت نقشه‌سازی کیفیت زیباشناختی منظر به کار بردند. نتایج آنها نیز مطابق با نتایج این تحقیق پرسپترون چندلایه را به عنوان دقیق‌ترین روش مدل‌سازی زیباشناختی منظر معرفی نمود. از طرف دیگر Jahani و Saffariha (۲۰۲۰) با مقایسه سه مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، شعاع مبنا و ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی کیفیت منظر بر اساس معیارهای پیچیدگی و زیباشناختی منظر به این نتیجه رسیدند که روش ماشین بردار پشتیبان دقت بالاتری ( $R^2 = 0/83$ ) نسبت به سایر روش‌ها دارد لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به بررسی سایر روش‌های شبکه عصبی مصنوعی نیز پرداخته شود. از آنجایی که در تحقیقات پیشین بر افزایش کیفیت منظر و استفاده از معیار پیچیدگی و ایجاد ارتباط بین ساختار فیزیکی منظر و این معیار تاکید شده است (Nordh et al., 2011; Jahani & Saffariha, )

خدمات شهری بوده و اختصاص سطوح قابل توجهی از پارک‌ها به سازه‌ها و ساختمان‌های اداری یا تجاری و افزایش نسبت سطوح سخت به سطوح نرم (یا عناصر زنده و طبیعی) موجب کاهش پیچیدگی منظر شده و ارزش زیباشناختی آنها تقلیل می‌یابد. Jahani و Mohammadi Fazel (۲۰۱۷) نیز ساختمان‌ها در پارک‌های شهری به عنوان یکی از عوامل کیفیت زیباشناختی منظر نامطلوب تشخیص دادند. از مهمترین ساختارهای منظر پارک‌ها می‌توان به درختان قطور اشاره داشت چرا که زندگی شهری عمدتاً گردشگران را با هدف بهره‌گیری از طبیعت به پارک‌ها هدایت می‌کند و با افزایش درختان قطور در منظر پیچیدگی محیط در ذهن گردشگران بیشتر شده و تمایل بیشتری به حضور در محل دارند. در این راستا Jahani (۲۰۱۹) نیز در ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر به اهمیت درختان در جذب گردشگران اشاره می‌کند. Cracknell و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از ساختارهای فیزیکی منظر موفق به شناسایی مهم‌ترین عوامل افزایش پیچیدگی منظر و ارزش آرام‌بخشی روحی و روانی آن شدند و گل‌ها و گیاهان زینتی را به عنوان مهم‌ترین عامل شناسایی کردند. در آنالیز حساسیت مدل تحقیق حاضر، اهمیت گل‌ها و گیاهان زینتی در افزایش پیچیدگی منظر متوسط ارزیابی شده است که مهم‌ترین دلیل آن تنوع بالاتر متغیرهای مورد استفاده در مقایسه با تحقیقات Cracknell و همکاران (۲۰۱۶) است.

مطالعات گسترده‌ای (Ribe, 2009; Chhetri & Arrowsmith, 2008) تاکید دارند که کیفیت مطلوب منظر جایگاه کلیدی در درک گردشگران از محیط دارد و به همین دلیل پیچیدگی منظر (Güngör & Polat, 2018) به عنوان موضوعی

ذهن‌گرا یا غیرعینی بر رضایت‌مندی گردشگران از محیط تاثیرگذار است. در این پژوهش به دلیل محدودیت در زمان انجام پژوهش، برخی معیارهای مرتبط با پیچیدگی مانند تنوع سن گیاهان، تراکم پوشش فضای سبز، طیف رنگی در محیط و وضعیت نور و سایه صرف نظر شده است و در صورتی که در مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرند امکان دست یافتن به مدل‌های دقیق‌تر پیش‌بینی پیچیدگی منظر نیز ممکن خواهد بود. کاربرد نتایج این تحقیق در دو مورد قابل بررسی است. اول به کارگیری متغیرهای شناسایی شده به عنوان عوامل فیزیکی اصلی موثر در پیچیدگی و به طبع آن افزایش کیفیت زیباشناختی منظر است. بر این اساس در پارک‌ها و فضای سبز شهری افزایش استفاده از درختان قطور یا درختانی که پتانسیل رشد قطری بالاتری دارند به طراحان کمک می‌کند تا مناظر پیچیده‌تر، جذاب‌تر و زیباتری خلق کنند. از طرف دیگر کاهش سطوح سخت و ساختمان‌ها نیز کمک بزرگی به افزایش کیفیت منظر در دید ناظر خواهد بود که از این طریق طراحان محیط زیست و منظر می‌توانند توجه ناظر را به محیط طراحی شده جلب کنند. دوم به کارگیری مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در طراحی ساختار پارک‌های شهری در تهران جهت جذب گردشگر بوده و امکان پیش‌بینی سطح پیچیدگی منظر را با توجه به متغیرهای محیطی آنها فراهم می‌کند. مدل پرسپترون چندلایه در سایر مطالعات نیز می‌تواند به عنوان دقیق‌ترین مدل استفاده شود و از صرف زمان و هزینه جهت آزمون انواع ساختارهای مدل شبکه عصبی بکاهد.

## References

- Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A., Azaryan, M., 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4), 9-19 (in Persian).
- Boivin, M., Tanguay G.A., 2019. Analysis of the determinants of urban tourism attractiveness: The case of Quebec City and Bordeaux. *Journal of Destination Marketing & Management*, 11: 67-79.
- Chhetri, P., Arrowsmith, C., 2008. GIS-based modelling of recreational potential of nature-based tourist destinations. *Tourism Geographies*, 10(2), 233-752.
- Cracknell, D., White, M.P., Pahl, S., Depledge, M.H., 2016. A preliminary investigation into the restorative potential of public aquaria exhibits: a UK student-based study. *Landsc. Res.* 42 (1), 18-32.
- Dupont, L., Ooms, K., Antrop, M., Van Eetvelde, V. 2016. Comparing saliency maps and eye-tracking focus maps: The potential use in visual impact assessment based on landscape photographs. *Landscape and Urban Planning*, 148, 17-26.
- Güngör, S., Polat, T., 2018. Relationship between visual quality and landscape characteristics in urban parks. *Journal of environmental protection and ecology*.1: 939-948.
- Jahani, A., 2016. Modeling of forest canopy density confusion in environmental assessment using artificial neural network. *Journal of Forest and Poplar Research*, 24(2), 310-322 (in Persian).
- Jahani, A., 2017a. Sycamore failure hazard risk modeling in urban green space. *Journal of spatial analysis environmental hazards*, 3(4), 35-48 (in Persian).
- Jahani, A., 2017b. Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network, *J. of Wood & Forest Science and Technology*, 24(3):17-33 (in Persian).
- Jahani, A., 2019. Forest landscape aesthetic quality model (FLAQM): A comparative study on landscape modelling using regression analysis and artificial neural networks. *Journal of Forest Science*, 65(2), 61-69
- Jahani, A., Makhdoum, M., Fegghi, J., Etemad, V., 2011. Determining of landscape quality and look out points for ecotourism land use (Case study: Patom District of Kheyroud Forest). *Journal of Environment Researches*, 2(3): 13-20 (in Persian).
- Jahani, A., Mohammadi Fazel, A., 2017. Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. *Journal of forest and wood products (JFWP) (Iranian Journal of natural resources)*, 69(4), 951-963 (in Persian).
- Jahani, A., Saffariha, M., 2020. Aesthetic preference and mental restoration prediction in urban parks: An application of environmental modeling approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 12-67.
- Kalantary, S., Jahani, A., Jahani, R., 2020. MLR and ANN Approaches for prediction of Synthetic/natural Nanofibers Diameter in the Environmental and Medical Applications. *Journal of Scientific Reports*, 10, 1-15.
- Kalantary, S., Jahani, A., Pourbabaki, R., Beigzadeh, Z., 2019. Application of ANN modeling techniques in the prediction of PCL/gelatin nanofibers diameter in the environmental and medical studies. *RSC Advances* 9: 24858-24874
- Kerebel, A., Gélinas, N., Déry, S., Voigt, B., Munson, A., 2019. Landscape aesthetic modelling using Bayesian networks: Conceptual framework and participatory indicator weighting. *Journal of Landscape and Urban Planning*. 185: 264.
- Khaleghpanah, R., Jahani, A. Khorasani, N. Goshtasb, H., 2019. Prediction of citizens' satisfaction in urban parks using artificial neural network. *Journal of Natural environment* (79):2:239-250 (in Persian).

- Marzi, R., 2017. The complexity of the urban landscape. Nation conference on Applied research in civil engineering, Architecture and urbanism, 1-13 (in Persian).
- Nordh, H., Alalouch, C., Hartig, T., 2011. Assessing restorative components of small urban parks using conjoint methodology. Urban For. Urban Green. 10, 95-103.
- Ribe, R. G., 2009. In-stand scenic beauty of variable retention harvests and mature forests in the U.S. Pacific Northwest: The effects of basal area, density, retention pattern and down wood. Journal of Environmental Management, 91, 245-260.
- Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H., 2017. Performance evaluation of multiple methods for landscape aesthetic suitability mapping: a comparative study between Multi-Criteria Evaluation, Logistic Regression and MultiLayer Perceptron neural network. Land Use Policy 67, 1-12.
- Saffariha, M., Jahani, A., Potter, D., 2020. Seed germination prediction of *Salvia limbata* under ecological stresses in protected areas: an artificial intelligence modeling approach. BMC Ecology 20(48), 1-13.
- Saffariha, M., Jahani, A., Jahani, R. Latif, S., 2021. Prediction of hypericin content in *Hypericum perforatum* L. in different ecological habitat using artificial neural networks. Journal of Plant Methods. 17(10), 1-12.
- Shams, S.R., Jahani, A., Moinaddini, M., Khorasani, N., 2020. Air carbon monoxide forecasting using an artificial neural network in comparison with multiple regression. Modeling Earth Systems and Environment 6(3), 1467-1475.
- Simensen, T., Halvorsen, R., Erikstad, L., 2018. Methods for landscape characterization and mapping: A systematic review. Land use policy 75, 557-569.
- Soltani Fard, H., Masnavi, M., 2007. Complex landscape and landscape complexity, the role of complexity in sustainability of ecological systems. Journal of Environmental sciences, 4(2): 85-89 (in Persian).
- Wang, R., Zhao, J., Michael, J., Meitner., Hu, Y., Xu, X., 2019. Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. Urban Forestry and Urban Greening, 41, 6-13.
- Zheo, J., Xu, W., Li, R., 2017. Visual preference of trees: The effects attributes and seasons. 25, 19-25.