Environmental Sciences *(Environ. Sci.)* Vol 22, Issue 1, 2024: 123-144 **ISSN: 2588-6177**

Original Article

Modeling Landscape Visual Aesthetic Quality Assessment Towards Tourism Development in Protected Areas

Received: 2023.08.17
Accepted: 2024.02.13

Farnoush Attar Sahragard,[1] Afshin Danehkar,[1]* Ali Jahani[2]

[1] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Department of Environment, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Landscape in protected areas is an advantage of tourism in nature, and as a result, aesthetic assessment and landscape quality assessment are necessary in these areas. This is especially important in the mentioned areas where tourism is primarily eco-tourism and based on visits. Therefore, this study was done with the aim of modeling landscape visual aesthetic quality assessment with the purpose of tourism in protected areas using artificial neural network to predict the aesthetic value of the landscape and prioritize the influential variables of the model.

Material and Methods: The current research was carried out in the Central Alborz protected area under the management of Alborz Province. In this study, in order to assess the landscape visual aesthetic quality of protected areas with the aim of tourism, a combination of comprehensive assessment perspective and the artificial neural network modeling method was used; a comprehensive assessment perspective includes the user perspective by completing the questionnaire and using 19 objective variables including 15 landscape objective criteria (diversity of natural and human covers, vegetation form diversity, trees composition form, water body form, color diversity, water landscape, rock landscape, roads and trails landscape, tree and shrub vegetation landscape, grassy and bushy vegetation landscape, bare and uncovered surfaces landscape, buildings and structures landscape, sky landscape, hard surface ratio, and soft surface ratio) and 4 criteria related to viewpoints characteristics. For this purpose, first, homogeneous landscape assessment units were characterized using six spatial indicators (elevation, slope (%), vegetation landscape, village visibility, and permanent and seasonal river visibilities). Then, 100 photos of the scenery of the area were taken and modeling was done using the multilayer perceptron network method. In the next step, the sensitivity analysis of the model for assessing the aesthetic quality of the landscape was done in order to prioritize and determine the most effective visual aesthetic criteria in the assessment of the visual aesthetic quality of the landscapes in the region. Finally, the decision support system for assessing the landscape visual aesthetic quality in protected areas for the purpose of tourism was designed.

Results and Discussion: The model with the structure of 19-6-1 (19 input variables, 6 neurons in the hidden layer, and one output variable) with Log-Sigmoid transfer functions in the hidden layer and linear in the output layer and Levenberg–Marquardt optimization algorithm, with explanatory coefficients in the three data sets, namely training, validation and test equal to 0.7, 0.75 and 0.70 were introduced as the optimal structure of the model for assessing the landscapes visual aesthetic quality of protected areas with the purpose of tourism. According to the sensitivity analysis results, the parameters of the water landscape, the composition of trees, and the vegetation coverage with the sensitivity coefficients of 0.223, 0.147, and 0.104, respectively, showed the most significant impact on the landscapes's visual aesthetic quality in protected areas.

Conclusion: The sensitivity analysis and identification of the most significant variables and criteria on the visual aesthetic quality of the landscapes of protected areas with the purpose of tourism showed that in order to achieve a high landscape visual aesthetic value and determine the intensive and extensive recreational zones in the protected areas, the water landscape should take the first priority of planning. The model presented in this research is a decision support system for assessing the landscape's visual aesthetic quality in protected areas for tourism and provides the possibility of predicting the visual aesthetic quality of landscapes in protected areas with similar ecological conditions and ecosystems. Also, the model presented in this study can be used in preparing the management plan and zoning of protected areas, especially in recreational zones.

Keywords: Artificial neural network, Landscape, Landscape Assessment, Homogeneous landscape unit, Southern Alborz protected area

How to cite this article:
Attar Sahragard, F., Danehkar, A. and Jahani, A., 2024. Modeling Landscape Visual Aesthetic Quality Assessment Towards Tourism Development in Protected Areas. Environ. Sci. 22(1): 123-144

* **Corresponding Author Email Address:** danehkar@ut.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1335

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی، ۱۴۴-۱۲۳: (۱) ۲۲، ۱۴۰۳ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر به منظور توسعه گردشگری در مناطق تحت حفاظت

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴

فرنوش عطار صحراگرد[۱]، افشین دانه کار[۱]* ، علی جهانی[۲]

[۱] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: زمین سیما در مناطق تحت حفاظت، یک مزیت گردشگری در طبیعت است و به همین علت سنجش زیباشناختی و ارزیابی کیفیت منظر در این مناطق ضرورت دارد. به ویژه اینکه در مناطق مذکور که شکل گردشگری به صورت اکوتوریسم و بر پایه بازدید است، این امر بیشتر اهمیت دارد. از این رو این پژوهش با هدف مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر با هدف گردشگری در مناطق تحت حفاظت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی ارزش زیباشناختی مناظر و اولویت‌بندی متغیرهای تاثیرگذار بر مدل صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز انجام شده است. در این مطالعه جهت ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری، ترکیب رویکرد ارزیابی جامع و روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی به‌کار گرفته شد، رویکرد ارزیابی جامع شامل دیدگاه کاربر محور با تکمیل پرسشنامه و استفاده از ۱۹ عنصر عینی شامل ۱۵ معیار عینی منظر (تنوع پوشش‌های طبیعی و انسانی، تنوع فرم رویشی، فرم ترکیب درختان، فرم بدنه آبی، تنوع رنگی، منظره آب، منظره سنگ و صخره، منظره جاده و مسیرهای عبوری، منظره پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای، منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای، منظره سطوح لخت و بدون پوشش، منظره ساختمان‌ها و سازه‌ها، منظره آسمان، نسبت سطوح سخت و نسبت سطوح نرم) و چهار معیار مربوط به ویژگی نقاط چشم‌انداز (ارتفاع، شیب، تیپ پوشش گیاهی و انبوهی پوشش گیاهی) بود. بدین منظور، ابتدا واحدهای همگن ارزیابی منظر با استفاده از شش شاخص مکانی، شناسایی شد. سپس ۱۰۰ عکس از مناظر منطقه تهیه و مدل‌سازی به روش شبکه پرسپترون چندلایه انجام شد. در گام بعدی به آنالیز حساسیت مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جهت اولویت‌بندی و نیز تعیین موثرترین معیارهای زیباشناختی بصری در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در منطقه پرداخته و در نهایت سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گرشگری طراحی شد.

نتایج و بحث: مدل دارای ساختار ۱-۶-۱۹ (۱۹ متغیر ورودی، شش نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی) با توابع انتقال لگاریتم سیگموئید در لایه پنهان و خطی در لایه خروجی و الگوریتم بهینه‌سازی لونبرگ-مارکوارت، با ضرایب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۷۲، ۰/۷۵ و ۰/۷۰ به‌عنوان ساختار بهینه مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری معرفی شد. بر اساس نتایج آنالیز حساسیت، منظره آب، فرم ترکیب درختان، انبوهی پوشش گیاهی، با ضرایب اثرگذاری ۰/۲۳۳، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۰۴ به ترتیب بیشترین تاثیر را در کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت از خود نشان دادند.

نتیجه‌گیری: آنالیز حساسیت و شناسایی تأثیرگذارترین عناصر و معیارها بر کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری نشان داد جهت دستیابی به ارزش زیباشناختی بصری منظر بالا و تعیین زون‌های گردشگری متمرکز و گسترده در مناطق تحت حفاظت، منظر آب می‌بایست در اولویت اول برنامه‌ریزی قرار گیرد. مدل ارائه شده در این پژوهش به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری است و امکان پیش‌بینی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در مناطق تحت حفاظت با شرایط اکولوژیک مشابه و نیز بوم‌سازگان‌های مشابه را فراهم می‌کند. همچنین از مدل ارائه شده در این مطالعه، می‌توان در تهیه طرح مدیریت و زون‌بندی مناطق تحت حفاظت بویژه در زون‌های گردشگری استفاده نمود.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، سیمای سرزمین، ارزیابی منظر، واحد همگن منظر، منطقه حفاظت شده البرز جنوبی

استناد به این مقاله: *عطار صحراگرد، ف.، ا. دانه کار و ع. جهانی. ۱۴۰۳. مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر به منظور توسعه گردشگری در مناطق تحت حفاظت. فصلنامه علوم محیطی. ۲۲(۱): ۱۴۴-۱۲۳*

* **Corresponding Author Email Address:** danehkar@ut.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1335

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

ارزش زیباشناختی یک منظر برای رفاه انسان، نه تنها در درک عمومی بلکه در تحقیقات اجتماعی- محیط‌زیستی نیز جایگاه ویژه‌ای به دست آورده‌است (Howley, 2011). زیبایی منظر و ارزش زیباشناختی، به تدریج و در طی زمان به‌عنوان جلوه‌های منحصر به فرد، از جمله مولفه‌های مهم برای حفاظت محسوب شده‌اند (De Val *et al.*, 2006; Harmon, 2004). رابطه عمیقی میان مناطق تحت حفاظت و جاذبه زیباشناختی (زیبایی) وجود دارد و تجربه زیباشناختی طبیعت یک عامل مهم در حفاظت و حفظ محیط‌های طبیعی بوده است (Worboys *et al.*, 2015). زمین سیما در مناطق تحت حفاظت، یک امتیاز گردشگری است و به همین علت سنجش زیباشناختی و ارزیابی کیفیت منظر در این مناطق ضرورت دارد. با وجود اینکه در سایر گردشگاه‌ها نیز این موضوع از اهمیت برخوردار است اما در مناطق تحت حفاظت که شکل گردشگری به صورت اکوتوریسم پیش‌بینی می‌شود و پایه آن بر بازدید است، این امر بیشتر نمود دارد (Attar Sahragard, 2023).

گردشگری در مناطق تحت حفاظت به‌عنوان سازوکاری برای خودگردانی مالی، پشتوانه‌ای برای حفاظت و ابزاری جهت تسهیل مدیریت این مناطق نیز محسوب می‌شود (Jafari *et al.*, 2012). اکوتوریسم و طبیعت‌گردی در راستای تحقق اهداف پایداری توسعه، می‌تواند اوج اثربخشی را در عین استفاده کارآمد و ایجاد زمینه برای اشتغال و درآمدزایی، با کمترین تاثیر منفی بر محیط‌زیست داشته و ابزاری مناسب جهت توسعه متوازن باشد (Kazemeini *et al.*, 2013). همچنین توسعه طبیعت‌گردی و رواج اکوتوریسم از جمله اهداف و جنبه‌های ارزیابی منظر در طبیعت است (Attar Sahragard *et al.*, 2023).

ارزیابی کیفیت بصری مناظر یا ارزیابی بصری، به روش‌ها و ابزارهایی اشاره دارد که برای توصیف و سنجش زیبایی مناظر به کار گرفته می‌شوند. این فرآیند به کارشناسان اجازه می‌دهد کیفیت زیباشناختی مناظر را بررسی، شناسایی و ادراک مردم نسبت به آن را طبقه‌بندی کنند. ارزیابی‌های بصری در هسته خود، ارزشی برای زیبایی منظره قائل می‌شوند (یعنی کیفیت بصری و تاثیر بصری) و جنبه‌های کلیدی مناظر را شناسایی می‌کنند که به پیش‌بینی تغییرات زیبایی منظره ناشی از فعالیت‌های مدیریت در سطح منظر یا پروژه کمک می‌کند. در این رویکرد، منظر یک واحد فضایی در نظر گرفته می‌شود که جنبه‌های مختلف اکولوژیک و انسانی سرزمین را پوشش می‌دهد (Daniel, 2001; Tveit, 2009; Gobster *et al.*, 2019; Ahmadi Mirghaed *et al.*, 2020).

بر پایه انواع مطالعات صورت گرفته، می‌توان روش‌ها و رویکردهای مختلفی برای ارزیابی کیفیت زیبایی‌شناختی منظر معرفی نمود. طی نیم قرن گذشته، ارزیابی کیفیت منظر یک فضای رقابتی بین رویکردهای طراحی شده فیزیکی و روش‌های ادراک عمومی ایجاد کرده است (Jahani *et al.*, 2019). Lothian (1999) بررسی جامعی از ارزیابی فلسفی کیفیت زیبایی‌شناختی ارائه کرد. او رویکردهای ارزیابی کیفیت منظر را به دو الگوی اصلی عینی (یا فیزیکی) و ذهنی (یا روانشناختی) تفکیک کرد. Daniel (2003) این دو نوع رویکرد را به ترتیب مبتنی بر تخصص و ادراک نامید. از آنجا که بین ادراک منظر و مناظری که از طریق طیف وسیعی از دیدگاه‌ها و ادراکات شخصی تجربه می‌شوند رابطه پیچیده‌ای وجود دارد، ارزیابی ذهنی معمولا با چالش‌ها سر و کار دارد. مهم‌ترین مزیت ارزیابی براساس کارآیی تخصصی آن است که از روش‌های خودکار برای ارزیابی در سطح وسیع‌تر استفاده می‌کند. با این حال، ارزیابی‌های مبتنی بر کارشناس به دقت بالایی دست پیدا نمی‌کنند زیرا به شدت به دانش خاص و قضاوت ارزیابی‌کنندگان وابسته هستند. ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر با تلفیق رویکردها و استفاده از روش‌های جامع به نتایج مطلوب منجر خواهد شد (Jahani *et al.*, 2019). رویکرد جامع، تلفیقی از درک عموم و نظر متخصصان است.

این رویکرد، دو شیوه مغایر پیشین را تبدیل به یک رویکرد متوازن و فراگیر نموده و به برقراری ارتباط منطقی بین عناصر منظر و ترجیح بصری بینندگان با استفاده از تکنیک‌های آماری به منظور تخمین روابط ریاضی پرداخته است. تلفیق این دو رویکرد می‌تواند عناصر منظر و ترجیحات مردمی را به صورت موثرتری نشان دهد. این رویکرد به هموارسازی راه برای انسان‌ها جهت ارزش قائل شدن برای نقش احساس در ترجیح زیبایی‌شناسی با درنظر گرفتن تمایز ذهن و طبیعت به جای کیفیت زیبایی به عنوان ویژگی ذاتی یک عنصر فیزیکی می‌پردازد (Lothian, 1999; Real *et al.*, 2000; Wherrett, 2000; Palmer, 2004; Saeidi *et al.*, 2014).

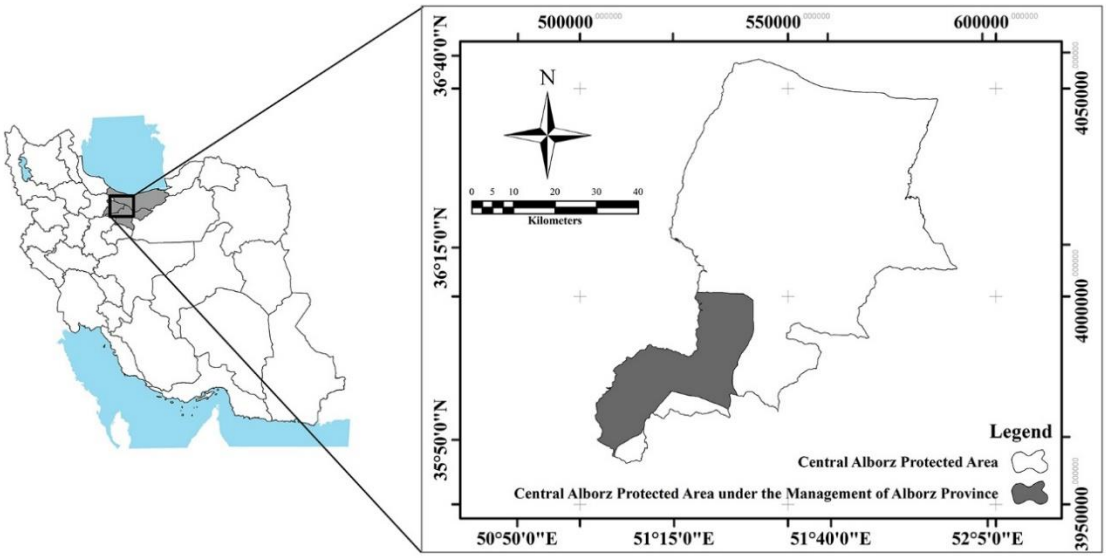
تاکنون ابزارها و روش‌های متنوعی جهت ارزیابی زیبایی‌شناختی و کیفیت بصری منظر و نیز مدل‌سازی آن ارائه شده و مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله این موارد می‌توان به تکنیک‌های هوش مصنوعی اشاره نمود. در بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با سیستم‌های هوش مصنوعی، شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در زمینه‌های علوم و مهندسی شناخته شده است. شبکه عصبی مصنوعی دارای کاربرد وسیعی در شبیه‌سازی و مدل‌سازی اکولوژیک و درک فرآیندهای پیچیده در محیط‌زیست است. از مزایای آن قابلیت کاربرد در مدیریت و برنامه‌ریزی اکوسیستم‌های طبیعی است و تا کنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه منابع طبیعی و محیط‌زیست با استفاده از آن صورت گرفته است (Soleimanpourmoghadam *et al.*, 2013; Aghajani *et al.*, 2014; Sheikh Goodarzi *et al.*, 2017; Jahani, 2019b). کاربرد عمده شبکه‌های عصبی کشف روابط میان اجزا اکوسیستم، کمی‌نمودن آن‌ها و ارائه مدل‌های ارزیابی و تصمیم‌گیری در محیط‌زیست است (Jahani, 2017). مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر برای ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست از جمله موضوعاتی است که با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی قابلیت استفاده دارد. Saeidi *et al.* (2017) در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه عصبی به تهیه نقشه تناسب زیبایی‌شناختی سیمای سرزمین پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر موفق‌تر بودن روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های رگرسیون لوجستیک و ارزیابی چند معیاره جهت ترسیم خودکار یک شبکه متصل از مسیرهای دیدنی بود. همچنین مطالعه Jahani (2019a) حاکی از آن بود که نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی دقت بالاتری در مقایسه با نتایج رگرسیون خطی چندمتغیره در مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیبایی‌شناختی منظر جنگل داشت. از دیگر مطالعات انجام شده در زمینه کیفیت زیباشناختی مناظر پارک‌ها و بوستان‌های شهری (Khaleghpanah *et al.*, 2019; Aboufazeli *et al.*, 2021) و فضای سبز شهری (Jahani and Mohammadi Fazel, 2016) که با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شد نیز بیان‌کننده قابلیت بالا، موفق و دقیق این روش جهت پیش‌بینی امتیاز مناظر کاربری‌های مذکور بود. Jahani *et al.* (2022) نیز مدل پرسپترون چند لایه توسعه یافته در نرم‌افزار MATLAB را به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در طراحی ساختار پارک‌های شهری معرفی نمودند که امکان پیش‌بینی ارزش زیباشناختی منظر در پارک‌های جدید را فراهم می‌کند.

ایجاد رابطه بین ارزیابی کیفی و ذهنی منظر با معیارهای عینی اثرگذار بر آن، پیچیدگی بالایی دارد، لذا با هدف کشف روابط پیچیده و امکان به‌کارگیری متغیرهای متعدد، همچنین دستیابی به دقت بالا، در این پژوهش از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در یک منطقه حفاظت‌شده، تعیین موثرترین معیارهای زیباشناختی بصری در طبقه‌بندی مناظر و ارائه مدل، جهت ارتباط بین عناصر عینی منظر و کیفیت زیباشناختی بصری منظر بود. نوآوری این تحقیق متکی به ارائه روشی نوین در مدیریت خدمات اکوسیستمی شبکه مناطق تحت حفاظت، نوآوری در ارزیابی کیفیت منظر مناطق تحت حفاظت و استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی کیفیت مناظر است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در تابستان ۱۴۰۰ در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز انجام شده است. منطقه حفاظت شده البرز مرکزی با مساحتی بالغ بر ۳۹۸ هزار هکتار در سه استان مازندران، تهران و البرز واقع گردیده است (ADE, 2020a). بخشی از منطقه البرز مرکزی که در شرق استان البرز قرار دارد، قسمت‌هایی از شمال شرق شهرستان کرج را به خود اختصاص داده است و از غرب در امتداد جاده چالوس تا ارتفاعات کندوان و از شرق و شمال به مرز سیاسی دو استان البرز و تهران محدود می‌شود و تحت مدیریت استان البرز قرار دارد. این منطقه در استان البرز حدود ۶۴۰۰۰ هکتار وسعت دارد که ۱۶ درصد منطقه حفاظت شده البرز مرکزی را شامل می‌شود (شکل ۱). در امتداد مرز غربی منطقه حدود ۷۵ کیلومتر از رودخانه حفاظت شده کرج از شمال به جنوب در جریان بوده و بخش عمده منطقه را عرصه‌های مرتعی تشکیل می‌دهد. سراسر منطقه البرز جنوبی و رودخانه حفاظت شده کرج شامل مناظر بسیار ویژه و بدیع است که به‌واسطه محورهای مواصلاتی موجود در منطقه بسیاری از آن‌ها مورد توجه گردشگران قرار دارد (Bairam Komaki *et al.*, 2019; ADE, 2020b).



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

Fig. 1- Map of the study area

روش پژوهش

این پژوهش از حیث پارادایم تحقیق، به تئوری آشوب (Chas theory) نزدیک است. این تئوری مناسب بررسی سیستم‌های غیرخطی پویا (مانند طبیعت) است (Moshiri, 2002). مطابق این تئوری درمیان الگوهای ظاهراً تصادفی پدیده‌های مختلف (بویژه پدیده‌های طبیعی) نوعی نظم وجود دارد (Weiss, 1992). چنین ویژگی سبب شد، مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، یکی از رویکردهای مناسب برای مدل‌سازی در این تحقیق باشد. این تحقیق از نوع کاربردی و روش آن پیمایشی-توصیفی است. ابزار جمع آوری اطلاعات، پرسشنامه و سنجش‌های زمینی بوده است. جمع آوری داده‌های زمینی در تابستان به انجام رسید.

تعیین واحدهای نمونه‌برداری

در این پژوهش به منظور انتخاب مناطق مناسب برای عکس‌برداری (نمونه برداری)، لازم بود، واحدهای همگن ارزیابی منظر شناسایی شود. برای تعیین واحدهای همگن منظر که پایه مطالعات ارزیابی و زیباشناسی مناظر را تشکیل می‌دهد؛ بر اساس مطالعه Attar Sahragard *et al.* (2023) با استفاده از شش شاخص ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، منظر گیاهی، قابلیت دید روستا، قابلیت دید رودها اصلی و

فصلی شناسایی و نقشه‌سازی صورت گرفت. سپس واحدهای همگن منظر با استفاده از روش آنتروپی شانون- ویکور اولویت‌بندی شدند در نهایت تعیین نقاط نمونه‌برداری بر اساس اولویت‌های واحدهای همگن منظر برتر حاصل در مرحله قبل و بازدید میدانی صورت گرفت و عکس‌ها از مناظر منطقه برداشت شد.

اندازه‌گیری و محاسبه متغیرها

در پژوهش حاضر جهت ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری ترکیب دیدگاه جامع (شامل دیدگاه کاربر محور با تکمیل پرسشنامه و استفاده از ۱۹ عنصر عینی) و روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، به‌کار رفته است. پس از تعیین نقاط چشم‌انداز (نمونه‌برداری) و تهیه عکس در نقاط مذکور به محاسبه و ثبت معیارهای عینی موجود در هر عکس و نیز برخی معیارهای مربوط به نقاط چشم انداز (نمونه‌برداری) به‌عنوان متغیرهای مستقل مدل‌سازی پرداخته شد. تعیین معیارها و عناصر عینی از طریق مرور منابع و بررسی سوابق پژوهشی پیشین، ۱۷ فعالیت مشابه، شامل؛ Jahani *et al.* (2022)، Aboufazeli *et al.* (2021)، Jahani *et al.* (2021)، Jahani and Saffariha (2020)، Jahani and Rayegani (2020)، Wang *et al.* (2020)، Jahani (2019a)، Wang *et al.* (2019)، Saeidi *et al.* (2017)، Wang *et al.* (2017)، Jahani and Mohammadi Fazel (2016)، Jahani (2017)، Nordh and Østby (2013)، Saeidi and Salman Mahiny (2015)، Pflüger *et al.* (2010)، Gundersen and Frivold (2008) و Franco *et al.* (2003) و نیز با توجه به شرایط منطقه صورت گرفت (جدول ۱). این معیارها شامل ۱۵ معیار عینی مناظر (تنوع پوشش‌های طبیعی و انسانی، تنوع فرم رویشی، فرم ترکیب درختان، فرم بدنه آبی، تنوع رنگی، منظره آب، منظره سنگ و صخره، منظره جاده و مسیرهای عبوری، منظره پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای، منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای، منظره سطوح لخت و بدون پوشش، منظره ساختمان‌ها و سازه‌ها، منظره آسمان، نسبت سطوح سخت و نسبت سطوح نرم) و چهار معیار مربوط به نقاط چشم‌انداز یا نمونه‌برداری (ارتفاع، شیب، تیپ پوشش گیاهی و انبوهی پوشش گیاهی) بود.

جدول۱- معیارهای ارزیابی کیفیت زیباشناختی مناظر و مدل‌سازی

Table 1. Criteria for assessing the aesthetic quality of landscapes and modeling

معیار Criteria	Jahani *et al.*, 2022	Aboufazeli *et al.*, 2021	Jahani *et al.*, 2021	Jahani and Saffariha, 2020	Jahani and Rayegani, 2020	Wang *et al.*, 2020	Jahani, 2019a	Wang *et al.*, 2019	Saeidi *et al.*, 2017	Wang *et al.*, 2017	Jahani, 2017	Jahani and Mohammadi Fazel, 2016	Saeidi and Salmanmahiny, 2015	Nordh and Østby, 2013	Pflüger *et al.*, 2010	Gundersena and Frivold, 2008	Franco *et al.*, 2003
تنوع پوشش‌های طبیعی و انسانی Diversity of natural and human covers	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
تنوع فرم رویشی Vegetation form diversity	*	*			*	*	*										
فرم ترکیب درختان Trees composition form		*			*	*											
فرم بدنه آبی Waterbody form		*			*												
تنوع رنگی Color diversity						*											
منظره آب Water landscape	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*		

ادامه جدول۱- معیارهای ارزیابی کیفیت زیباشناختی مناظر و مدل‌سازی

Table 1. Criteria for assessing the aesthetic quality of landscapes and modeling

معیار Criteria	Jahani *et al.*, 2022	Aboufazeli *et al.*, 2021	Jahani *et al.*, 2021	Jahani and Saffariha, 2020	Jahani and Rayegani, 2020	Wang *et al.*, 2020	Jahani, 2019a	Wang *et al.*, 2019	Saeidi *et al.*, 2017	Wang *et al.*, 2017	Jahani, 2017	Jahani and Mohammadi Fazel, 2016	Saeidi and Salmanmahiny, 2015	Nordh and Østby, 2013	Pflüger *et al.*, 2010	Gundersena and Frivold, 2008	Franco *et al.*, 2003
منظره سنگ و صخره Rock landscape	❋		❋		❋		❋		❋		❋	❋	❋				
منظره جاده و مسیرهای عبوری Roads and trails landscape	❋		❋	❋	❋			❋	❋		❋						
منظره پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای Tree and shrub vegetation landscape	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋	❋				❋
منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای Grassy and bushy vegetation landscape	❋	❋	❋	❋				❋	❋	❋		❋	❋	❋			❋
منظره سطوح لخت و بدون پوشش Bare and uncovered surfaces landscape	❋		❋	❋	❋						❋	❋		❋			❋
منظره ساختمان‌ها و سازه‌ها Buildings and structures landscape	❋		❋	❋								❋					❋
منظره آسمان Sky landscape				❋													
نسبت سطوح سخت Hard surface ratio	❋		❋											❋			
نسبت سطوح نرم Soft surface ratio	❋		❋											❋			
ارتفاع Altitude	❋		❋				❋										
شیب Slope	❋		❋				❋										
تیپ پوشش گیاهی Vegetation type									❋				❋				
انبوهی پوشش گیاهی Vegetation coverage									❋				❋				

۱۵ معیار و عنصر عینی براساس مناظر عکس‌ها محاسبه شدند و معیارهای نقاط چشم‌انداز یا عکس‌برداری براساس نقشه‌های تهیه شده در طرح مدیریت منطقه استخراج شد. در ادامه شیوه اندازه‌گیری و محاسبه هر یک از معیارهای مذکور شرح داده می‌شود:

- **تنوع پوشش‌های طبیعی و انسانی:**

این معیار به صورت تعداد انواع پوشش‌های طبیعی و کاربری‌های انسانی موجود در مناظر ثبت شده، بدست آمد که شامل اراضی مسکونی، پوشش درختی متراکم، علفزار استپی و آب بود که براین اساس تنوع انواع پوشش‌های موجود در هر عکس می‌تواند بین ۱ تا ۴ متغیر باشد؛

- **تنوع فرم رویشی:**

این معیار نیز به صورت تعداد انواع فرم‌های رویش گیاهی اعم از علفی و بوته‌ای، درختی و درختچه‌ای موجود در منظر هر یک از عکس‌ها به دست آمد. تعداد فرم رویشی موجود در هر عکس بین ۱ تا ۳ متغیر بود؛

- **فرم ترکیب درختان:**

این معیار براساس فرم ترکیب درختان غالب در منظر بدست آمد. انواع فرم‌های ترکیب درختان شامل تک درخت، نواری یا خطی و گروهی بود؛

- **فرم بدنه آبی:**

معیار فرم بدنه آبی در برگیرنده سه نوع فرم نقطه‌ای، نواری یا جریان و پلی‌گونی بود و براساس نوع فرم موجود در مناظر بدست آمد؛

- **تنوع رنگی:**

تنوع رنگی مناظر هر یک از تصاویر براساس دایره رنگ ۱۲ رنگه یوهانس ایتن (Itten, 2020) محاسبه شد، که این عدد می‌تواند میان ۱ تا ۱۲متغیر باشد. در این معیار با توجه به این موضوع که به دنبال طیف‌های رنگی بوده، رنگ‌های خنثی (شامل رنگ‌های سیاه، سفید و خاکستری) مدنظر قرار داده نشد.

سایر معیارهای عینی محاسبه شده شامل درصد اختصاص یافته به هر یک از منظره‌ها در مناظر موجود در هر عکس بود که با استفاده از نرم‌افزار Digimizer اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا مساحت هر یک از معیارها یا منظره‌ها در هر عکس بدست آمد سپس نسبت به مساحت کل هر عکس محاسبه شد. معیارها مذکور شامل موارد زیر است:

- منظره آب
- منظره سنگ و صخره
- منظره جاده و مسیرهای عبوری
- منظره پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای
- منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای
- منظره سطوح لخت و بدون پوشش
- منظره ساختمان‌ها و سازه‌ها
- منظره آسمان

- **نسبت سطوح سخت:**

این معیار از مجموع درصد مساحت اختصاص یافته به معیارهای منظره سنگ و صخره، جاده و مسیرهای عبوری، سطوح لخت و بدون پوشش و ساختمان‌ها و سازه‌ها بدست آمد؛

- **نسبت سطوح نرم:**

این معیار از مجموع درصد مساحت اختصاص یافته به معیارهای منظره آب، پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای، پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای و آسمان حاصل شد.

- **ارتفاع:**

ارتفاع نقاط عکس‌برداری بصورت میزان ارتفاع به متر با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه بدست آمد؛

- **شیب:**

شیب نقاط عکس‌برداری با استفاده از نقشه شیب رستری منطقه به صورت میزان شیب به درصد تعیین شد؛

- **تیپ پوشش گیاهی:**

تیپ‌های گیاهی در برگیرنده منطقه هر یک از نقاط چشم‌انداز با استفاده از نقشه‌های طرح مدیریت منطقه

بدست آمد؛

- **انبوهی پوشش گیاهی:**

انبوهی پوشش گیاهی هر یک از تیپ‌های گیاهی با استفاده از طرح مدیریت منطقه بدست آمد و در چهار طبقه شامل ۰ تا ۲۵، ۲۵ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۵ و ۷۵ تا ۱۰۰ درصد طبقه‌بندی شد.

به منظور ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری در مجموع ۱۰۰ عکس رنگی از مناظر موجود در محدوده مورد مطالعه برداشت شد. جهت کنترل کیفیت عکس‌ها و امکان مقایسه بی‌طرفانه میان آن‌ها در مراحل آینده، شرایط زیر براساس روش متداول در ارزیابی کیفیت منظر (Jahani and Rayegani, 2020; Dupont *et al.*, 2016) در گرفتن عکس‌ها رعایت شد؛ از جمله تمام عکس‌ها به ابعاد ۴۲۷۲ × ۲۸۴۸ پیکسل با قدرت تفکیک ۷۲ dpi و دوربین یکسان گرفته شدند، ارتفاع عکس‌برداری ۱/۶۰ متر با استفاده از سه پایه تنظیم شد، تلاش شد نسبت ثابتی از آسمان و زمین (۲/۳ زمین، ۱/۳ از آسمان) در عکس‌ها بر اساس موقعیت افق تنظیم شود، همه عکس‌ها در شرایط نوری و جوی مشابه گرفته شده‌اند، با توجه به این موضوع که گردشگری در منطقه مورد مطالعه بیشتر در فصل تابستان صورت می‌گیرد (Akhoondi *et al.*, 2015) تمام عکس‌ها در فصل تابستان برداشت شد.

ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در تصاویر به روش ارزیابی ذهنی منظر در طبقات مختلف ارزش کیفیت زیباشناختی بصری از طریق پرسشنامه صورت پذیرفت. پرسشنامه در قالب Google Form طراحی شد و لینک آن در اختیار عموم افراد جامعه قرار گرفت و نمونه‌گیری به صورت تصادفی صورت پذیرفت. در پرسشنامه از پاسخ‌دهندگان در خواست شد تا کیفیت منظر ۱۰۰ تصویر را با استفاده از مقیاس لیکرت پنج تایی از یک (کیفیت منظر پایین) تا پنج (کیفیت منظر بالا) (Jahani and Rayegani, 2020) ارزیابی و امتیازدهی کنند، در نهایت میانگین امتیازهای پاسخ دهندگان به هر عکس به‌عنوان امتیاز منظر آن عکس در نظر گرفته شد. همچنین برخی از اطلاعات جمعیت‌شناختی از جمله سن، جنسیت، محل زندگی، سطح تحصیلات پاسخ‌دهندگان و آشنایی داشتن افراد با منطقه (Jahani and Saffariha, 2020) مورد بررسی قرار گرفت. تعداد پرسشنامه مورد نیاز با استفاده از فرمول کوکران با حجم جامعه نامشخص و سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد که این تعداد برابر ۳۸۴ بدست آمد.

مدل‌سازی کیفیت زیباشناختی بصری منظر

در این پژوهش به منظور پردازش داده‌ها و مدل‌سازی از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم‌افزار MATLAB 2021 استفاده شد. در پژوهش حاضر جهت مدل‌سازی کیفیت زیباشناختی بصری منظر، متغیرهای منتخب شامل معیارها و عناصر عینی مناظر عکس‌ها (شامل: تنوع پوشش‌های طبیعی و انسانی، تنوع فرم رویشی، فرم ترکیب درختان، فرم بدنه آبی، تنوع رنگی، منظره آب، منظره سنگ و صخره، منظره جاده و مسیرهای عبوری، منظره پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای، منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای، منظره سطوح لخت و بدون پوشش، منظره ساختمان‌ها و سازه‌ها، منظره آسمان، نسبت سطح سخت و نسبت سطح نرم) و معیارهای نقاط چشم‌انداز (شامل: ارتفاع، شیب، تیپ پوشش گیاهی و انبوهی پوشش گیاهی) به‌عنوان متغیرهای مستقل ورودی مدل و امتیازهای حاصل از انجام ارزیابی ذهنی توسط پرسشنامه‌ها به‌عنوان متغیر وابسته خروجی مدل در نظرگرفته شده و وارد مدل شد.

جهت استفاده از داده‌ها به‌عنوان ورودی شبکه ابتدا به نرمال‌سازی داده‌ها پرداخته شد. سپس برای آموزش شبکه یا مدل پرسپترون چندلایه، تمامی نمونه‌ها یا مناظر به صورت تصادفی به سه دسته آموزش شبکه با مشارکت ۶۰ درصد داده‌ها معادل ۶۰ نمونه، اعتبارسنجی با مداخله ۲۰ درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه و آزمون مدل با مشارکت۲۰

درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه تقسیم شدند (Aghajani *et al.*, 2014; Jahani, 2016; Shams *et al.*, 2020). در بهینه‌سازی دقت مدل از تعداد لایه‌های متعدد مخفی، تعداد نورون‌ها در هر لایه (ابزار پردازش موازی و همزمان محاسبات) و توابع فعال‌سازی گوناگون استفاده شد. صحت مدل و ارزیابی عملکرد شبکه با مقایسه خروجی آن و شاخص‌های آماری مختلف شامل میانگین مربعات خطا[1] (MSE)، ریشه میانگین مربعات خطا[2] (RMSE)؛ میانگین خطای مطلق[3] (MAE) و ضریب تبیین[4] (R^2) سنجیده شد (روابط ۱ تا ۴). در این روابط، y_i و $\hat{y}_i$ به ترتیب ارزش واقعی و تخمینی، $\overline{y_i}$ میانگین مقادیر واقعی و n تعداد نمونه است (Jahani, 2019b).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (۲)$$

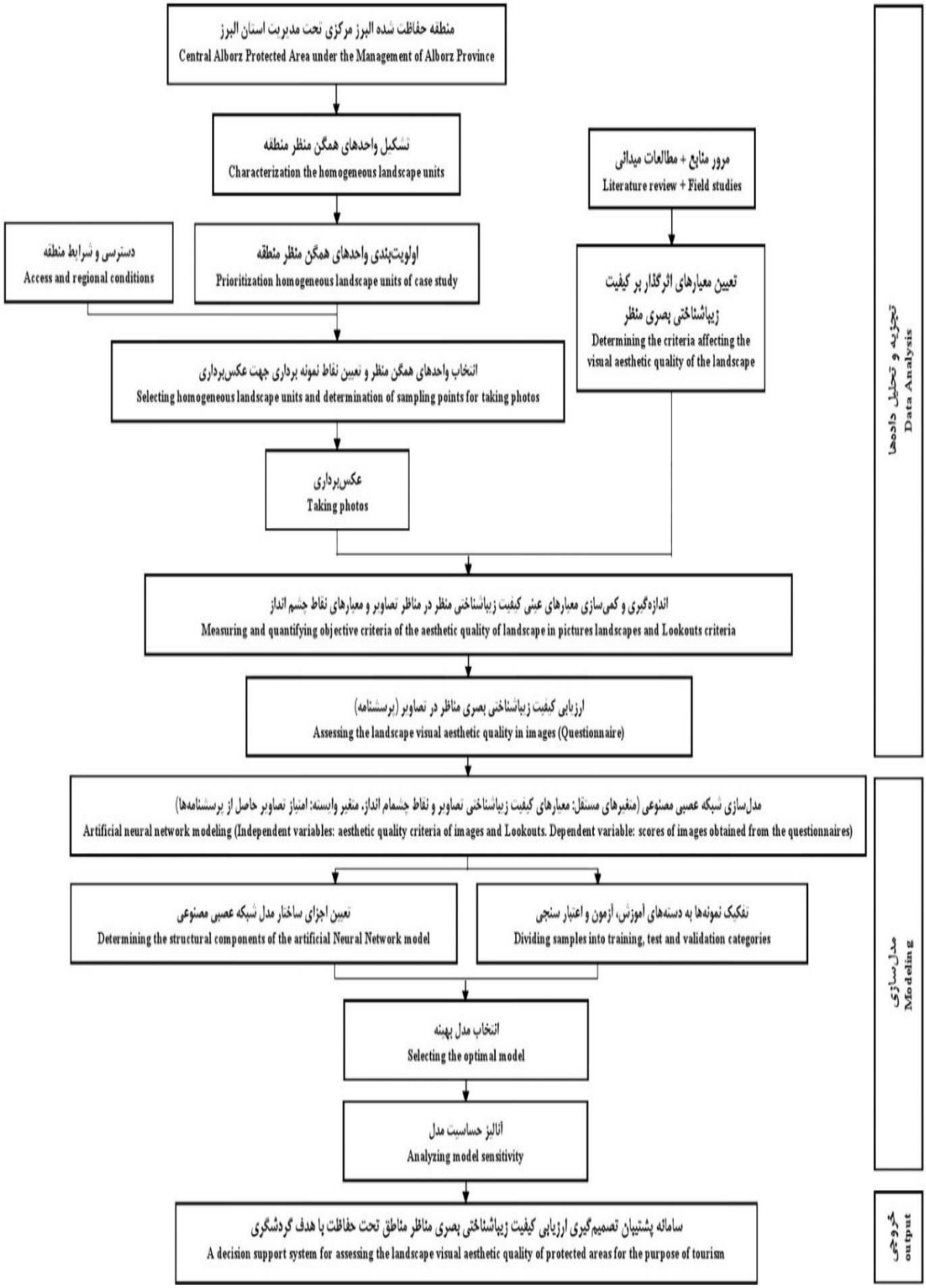
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (۳)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \overline{y_i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y_i})^2} \quad (۴)$$

ارزیابی بهترین برازش شبکه به منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه، بواسطه معیارهای فوق انجام شد که هدف کمینه نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای مطلق و بیشینه کردن ضریب تبیین است. در مرحله نهایی به آنالیز حساسیت مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جهت تعیین موثرترین معیارهای زیباشناختی بصری در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در منطقه پرداخته شد. آنالیز حساسیت مدل، به تعیین کمیت نسبت عدم قطعیت در پارامترهای مدل و عوامل عدم قطعیت پیش‌بینی مدل می‌پردازد (Ye and Hill, 2017). به منظور انجام آنالیز حساسیت مدل براساس روش متداول در مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی (Jahani, 2016; Khaleghpanah *et al.*, 2019) با ثابت نگه‌داشتن متغیرهای ورودی و سنجش تغییرات خروجی مدل (امتیاز کیفیت زیباشناختی بصری منظر) بر اثر تغییرات یک متغیر ورودی در دامنه انحراف معیار خود انجام شد. بدین ترتیب متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی براساس میزان اثرگذاری بر تغییرات خروجی مدل اولویت‌بندی شدند. لذا خروجی حاصل از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، موثرترین معیارهای زیباشناختی بصری در طبقه‌بندی مناظر مناطق تحت حفاظت را اولویت‌بندی نمود و در نهایت سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گرشگری طراحی شد. شکل ۲، مدل مفهومی پژوهش و روند طراحی سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گرشگری را در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز در چارچوب اهداف پژوهش نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

ارزیابی ذهنی کیفیت مناظر منطقه از طریق تکمیل پرسشنامه و در پنج طبقه کیفیت منظر پایین تا کیفیت منظر بالا صورت پذیرفت. در مجموع ۱۰۰ عکس مناظر منطقه توسط ۴۰۰ نفر از عموم افراد جامعه مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳). دامنه سنی تکمیل کنندگان پرسشنامه میان ۱۸ تا ۸۵ سال و میزان مشارکت آقایان و بانوان در تکمیل پرسشنامه به ترتیب شامل ۳۰ و ۷۰ درصد بود و تمامی افراد با منطقه آشنایی داشتند. تکمیل کنندگان پرسشنامه از ۲۳ استان ایران و ۴ کشور مشارکت داشتند. میزان تحصیلات پاسخ‌دهندگان از زیر دیپلم تا دکتری متغیر بود و تنوع تحصیلات دانشگاهی بالغ بر ۲۷ زمینه تحصیلی بود (شکل‌های ۴ تا ۶).

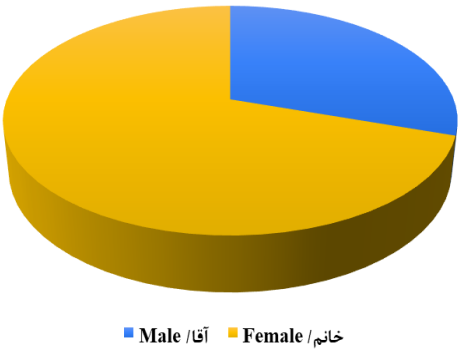


شکل۲- مدل مفهومی اجرای پژوهش

Fig. 2- Conceptual model of research implementation

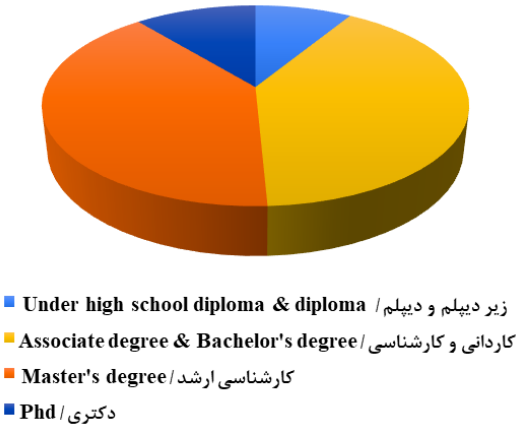
شکل۳- نمونه‌هایی از زمین سیماهای ارزیابی شده در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز

Fig. 3- Samples of assessed landscapes in the Central Alborz protected area under the management of Alborz Province



شکل۴- نمودار توزیع درصد فراوانی میزان مشارکت بانوان و آقایان

Fig. 4- Chart of the frequency distribution of women's and men's participation



شکل۵- نمودار توزیع درصد فراوانی میزان تحصیلات تکمیل‌کنندگان پرسشنامه

Fig. 5- Chart of the percentage distribution of the questionnaire respondents' educational level

شکل۶- نمودار توزیع فراوانی بازه‌های سنی تکمیل‌کنندگان پرسشنامه

Fig. 6- Chart of the distribution of the questionnaire respondents' age ranges

در پژوهش حاضر، ترکیب‌های مختلفی از لایه‌ها شامل یک یا دو لایه پنهان و تعداد ۴ تا ۳۰ نورون که به صورت تصادفی، همراه با توابع فعال‌سازی گوناگون از جمله لگاریتم سیگموئید و تانژانت سیگموئید به ترتیب در لایه‌های پنهان و خطی در لایه خروجی برای مدل‌سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. پس از آزمون شبکه‌های حاصل از مدل‌سازی، مدل بهینه شبکه عصبی با بهترین ساختار بدست آمد که مطابق جدول ۲ است. مطابق نتایج حاصل، شبکه آموزش داده شده بهینه دارای مدل با ساختار ۱-۶-۱۹ (۱۹ متغیر ورودی، شش نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی) بود. در جدول ۳ میزان دقت شبکه در پیش‌بینی نتایج ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی بهینه برای ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری آورده شده است.

جدول ۲- نتایج ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی در مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر

Table 2. Results of the optimal structure of the artificial neural network in a model of landscape visual aesthetic quality assessment

ویژگی‌های ساختاری شبکه Structural features of the network	لایه پنهان اول The first hidden layer	لایه خروجی The output layer
نوع شبکه Network type	Multi-Layer Perceptron	Multi-Layer Perceptron
تابع انتقال Transfer function	Log-Sigmoid	Linear
الگوریتم بهینه‌سازی Optimization algorithm	Levenberg- Marquardt	Levenberg- Marquardt
تعداد نورون‌ها Number of neurons	6	1

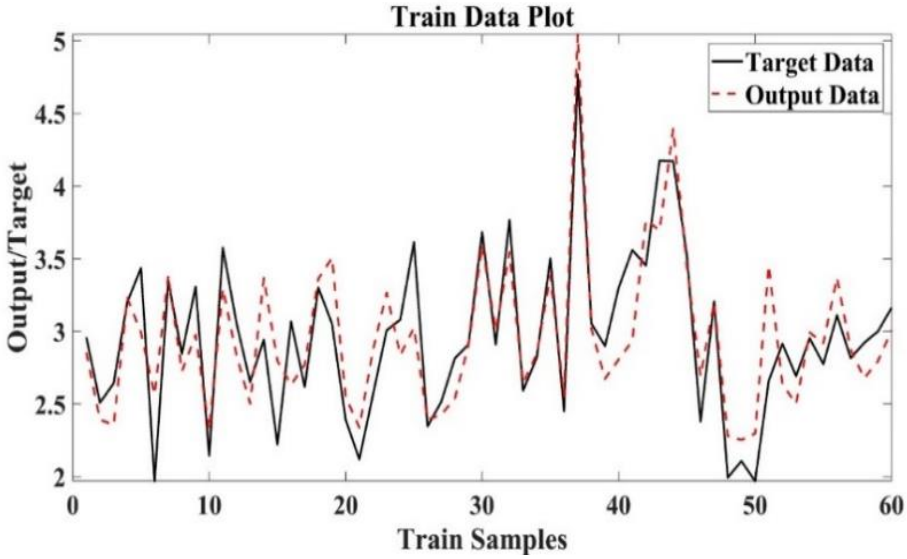
جدول۳- نتایج ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی بهینه برای ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر

Table 3. Results of optimal artificial neural network model structure to assessment landscape visual aesthetic quality

مدل Model	ساختار توابع شبکه (تعداد نورون‌ها) Network functions (number of neurons)	داده‌ها Data	R^2	MAE	RMSE	MSE
پرسپترون چندلایه Multi-Layer Perceptron	Logsig (6)	آموزش Training	0.72	0.234	0.291	0.085
		اعتبارسنجی Validation	0.75	0.295	0.394	0.156
		آزمون Test	0.70	0.225	0.284	0.081
		کل All	0.70	0.244	0.313	0.098

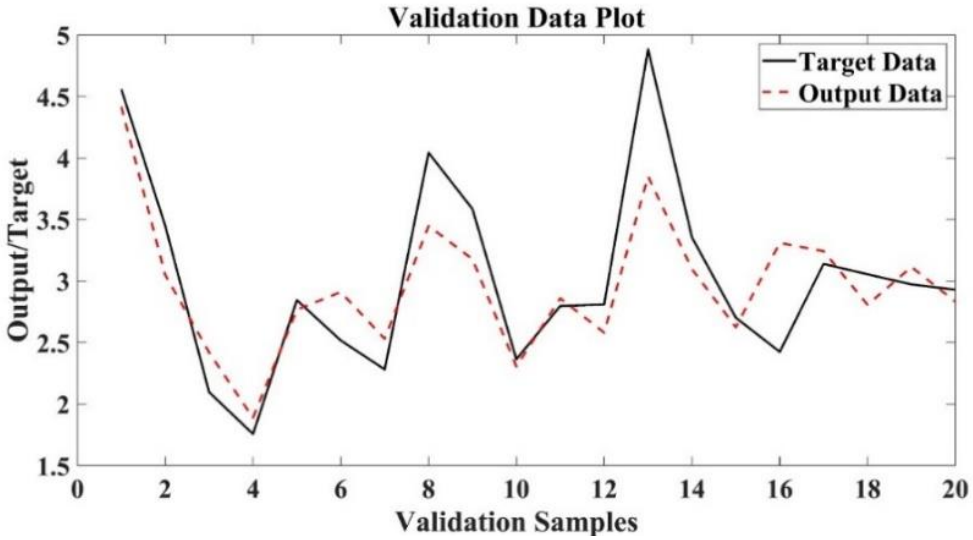
تعداد ورودی‌ها برابر با ۱۰۰ نمونه منظر با ۱۹ متغیر و خروجی برابر با میانگین امتیاز ۴۰۰ نفر به کیفیت زیباشناختی بصری هر منظر است که براین اساس ۶۰ نمونه منظر برای آموزش، ۲۰ نمونه منظر برای اعتبارسنجی حین آموزش و ۲۰ نمونه نیز برای آزمون نتایج شبکه عصبی طراحی شده، اختصاص داده شد و شکل‌های ۷ تا ۹ اختلاف امتیاز حقیقی (Target Data) کیفیت زیباشناختی بصری مناظر را با امتیاز پیش‌بینی شده یا خروجی (Output Data) توسط مدل در دسته‌ها داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود اختلاف ناچیزی ما بین کیفیت زیباشناختی بصری منظر حقیقی و کیفیت زیباشناختی بصری پیش‌بینی شده وجود دارد که حاکی از دقت بالای شبکه عصبی طراحی شده در پیش‌بینی و ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری براساس متغیرهای ورودی است. این نتیجه بیانگر قابلیت بالای مدل به دست آمده جهت پیش‌بینی و ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری با کاربرد در طراحی و زون‌بندی مناطق تحت حفاظت و نیز انتخاب پهنه‌های حفاظتی است. از جمله شاخص‌های ارزیابی مدل، ضریب تبیین است که نشان‌دهنده بخشی از تغییرات کل است که به وسیله‌ی رابطه‌ی خطی موجود بین متغیرهای هدف و خروجی مدل توجیه می‌شود. هرچه این ضریب به یک نزدیک باشد، کارایی مدل بهتر است (Shirani, 2017). با توجه به ضریب تبیین شبکه در مرحله آزمون (۰/۷)، دقت شبکه عصبی در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری از سطح مطلوبی برخوردار است. Jahani (2017) نیز در مطالعه خود قابلیت شبکه عصبی در مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیباشناختی منظر جنگل را اثبات نمود که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

Saeidi *et al.* (2017) در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه عصبی به تهیه نقشه تناسب زیبایی‌شناختی سیمای سرزمین پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر موفق‌تر بودن روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های رگرسیون لوجستیک و ارزیابی چند معیاره جهت ترسیم خودکار یک شبکه متصل از مسیرهای دیدنی بود. همچنین مطالعه Jahani (2019a) حاکی از آن بود که نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی دقت بالاتری در مقایسه با نتایج رگرسیون خطی چندمتغیره در مدل‌سازی ارزیابی کیفیت زیبایی‌شناختی منظر جنگل داشت.



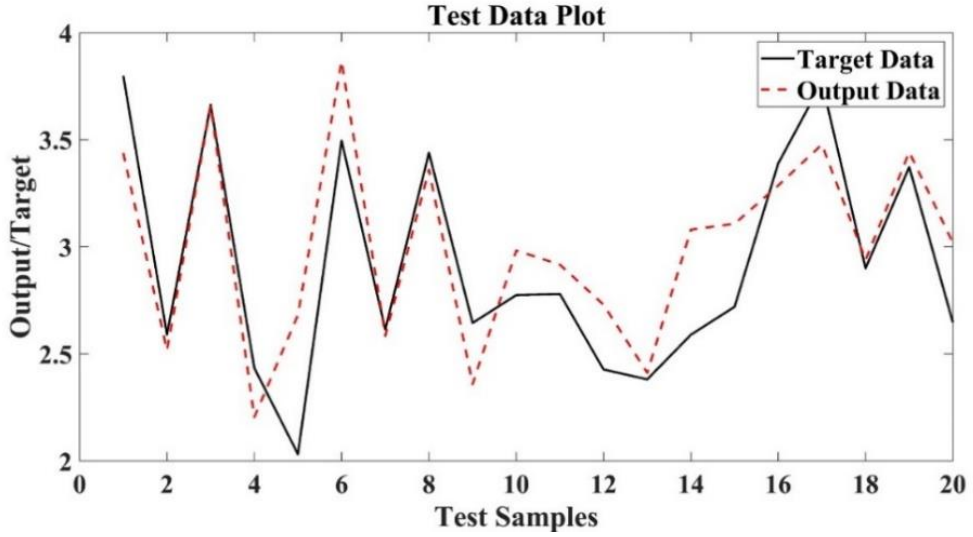
شکل ۷- اختلاف کیفیت زیباشناختی بصری منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های آموزش

Fig. 7- Difference between target and predicted landscape visual aesthetic quality in training samples



شکل ۸- اختلاف کیفیت زیباشناختی بصری منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های اعتبارسنجی

Fig. 8- Difference between target and predicted landscape visual aesthetic quality in validation samples



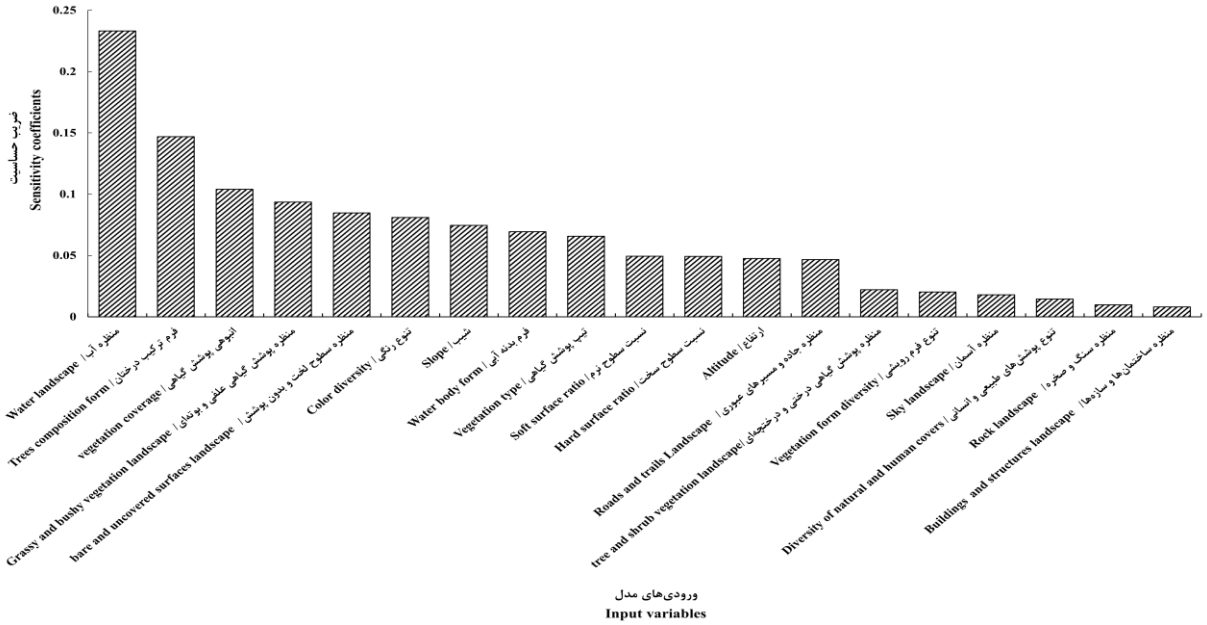
شکل ۹- اختلاف کیفیت زیباشناختی بصری منظر حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه‌های آزمون

Fig. 9- Difference between target and predicted landscape visual aesthetic quality in test samples

مطالعات انجام شده در زمینه کیفیت زیباشناختی مناظر پارک‌ها و بوستان‌های شهری (Khaleghpanah *et al.*, 2019; Aboufazeli *et al.*, 2021) و فضای سبز شهری (Jahani and Mohammadi Fazel, 2016) که با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده است نیز بیان‌کننده قابلیت بالا، موفق و دقیق بودن این روش جهت پیش‌بینی امتیاز مناظر کاربری‌های مذکور بوده است که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

نتایج مربوط به آنالیز حساسیت متغیرهای بکار گرفته شده جهت مدل‌سازی در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بر این اساس منظره آب، فرم ترکیب درختان، انبوهی پوشش گیاهی، با ضرایب اثرگذاری ۰/۲۳۳، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۰۴ به ترتیب بیشترین تاثیر را در کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت از خود نشان دادند. روند تغییرات کیفیت زیباشناختی منظر بر حسب تغییرات منظره آب و فرم ترکیب درختان به ترتیب در شکل‌های ۱۱ الف و

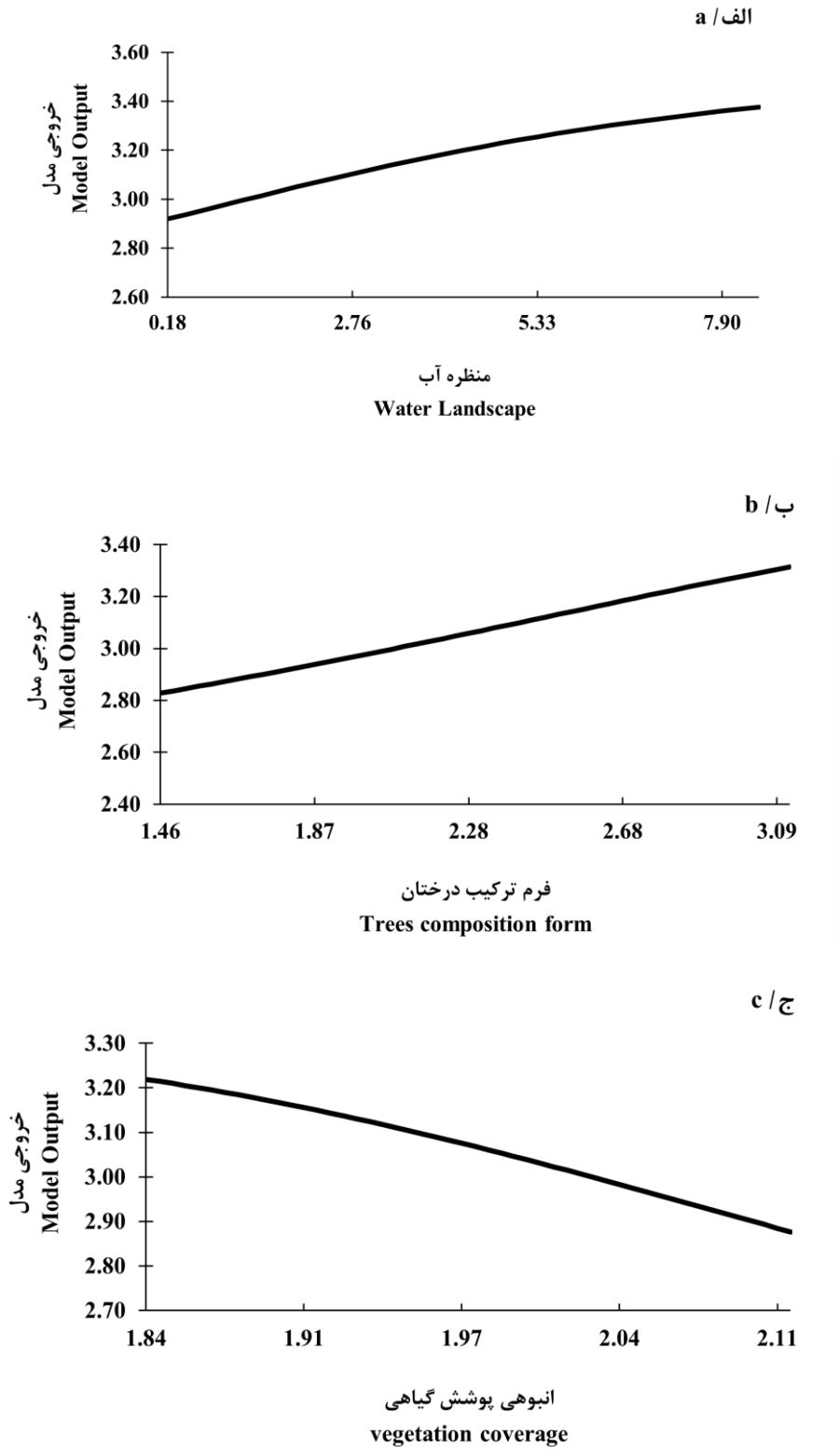
ب بیان‌کننده این امر بود که با افزایش معیارها در مناظر منطقه، کیفیت زیباشناختی بصری به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد؛ به صورتی که با ۸/۲۳ درصد افزایش منظره آب در منظر و تغییر فرم ترکیب درختان از تکی به گروهی، به ترتیب افزایش ۰/۴۶ و ۰/۴۸ واحدی کیفیت زیباشناختی بصری منظر مشاهده شد. همچنین روند تغییر معیار انبوهی پوشش گیاهی در شکل ۱۱ج کاهش کیفیت زیباشناختی بصری مناظر منطقه را با افزایش معیار مذکور نشان داد، بدین صورت که با تغییر و افزایش انبوهی پوشش از ۰ تا ۲۵ درصد به ۲۵ تا ۵۰ درصد، کاهش ۰/۳۴ واحدی کیفیت زیباشناختی بصری منظر مشاهده شد که با بررسی مجدد تصاویری می‌تواند ناشی از زردشدگی کف‌پوش علفی در فصل تابستان در این منطقه باشد که تائید آن به بررسی‌های تکمیلی نیاز دارد.



شکل ۱۰- ضریب حساسیت متغیرهای مدل در پیش‌بینی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت

Fig. 10- Sensitivity coefficient of the model variables in prediction of predicted landscape visual aesthetic quality of protected areas

منظره آب در مطالعات Jahani and Rayegani (2020) اولین و Jahani and Saffariha (2020) به‌عنوان دومین معیار و ورودی تاثیرگذار بر مدل ارزیابی کیفیت زیباشناختی مناظر معرفی شد، همچنین نتایج پژوهش Hoseini Bay (2015) حاکی از آن بود که نشان‌گر آب در تمام مراحل ارزیابی کیفیت زیباشناختی از اهمیت بالا برخوردار بوده است، که نتایج مطالعات مذکور با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند. همچنین نتایج آنالیز حساسیت در پژوهش حاضر بیانگر آن بود که به ترتیب منظره آب، فرم ترکیب درختان، انبوهی پوشش گیاهی، منظره پوشش گیاهی علفی و بوته‌ای، منظره سطوح لخت و بدون پوشش به ترتیب بیشترین تاثیر را در کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت را به خود اختصاص دادند. در مطالعه Ahmadi Mirghaed *et al.* (2016) در ارزیابی کیفیت زیباشناختی حوزه آبخیز قره‌سو در استان گلستان بیان کردند که معیارهای تیپ پوشش گیاهی، قابلیت دید منابع تفرجی (آبشار)، تراکم پوشش گیاهی، نزدیکی به رودخانه و میزان بکر بودن، نسبت به سایر معیارها در ارزیابی کیفیت زیباشناختی، اولویت بالاتری دارد و عناصر انسان‌ساخت از جمله سکونتگاه‌های شهری و روستایی، شبکه دسترسی و خطوط انتقال نیرو کمترین سهم را داشتند. همچنین Jahani and Rayegani (2020) در مطالعه خود در ارزیابی کیفیت بصری منظر جنگل، معیارهای آب، بوته‌ها، جاده‌ها، تپه‌های سنگی و درختان را به ترتیب به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های تاثیرگذار معرفی نمودند.



شکل ۱۱- نمودارهای روند تغییرات کیفیت زیباشناختی منظر برحسب متغیرهای تأثیرگذار: الف: منظره آب، ب: فرم ترکیب درختان و ج: انبوهی پوشش گیاهی

Fig. 11- The graphs of changes in landscape aesthetic value in terms of influential variables: a) Water landscape; b) Tree composition form; c) Vegetation coverage

نتیجه‌گیری

از آنجایی‌که ایجاد رابطه بین ارزیابی کیفی و ذهنی منظر با معیارهای عینی اثرگذار بر آن، پیچیدگی بالایی دارد و همچنین به‌منظور دستیابی به دقت بالا، کشف روابط پیچیده و امکان به‌کارگیری متغیرهای متعدد، در این پژوهش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان روش مدل‌سازی معتبر در فرآیندهای پیچیده به ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر به روش رویکرد جامع در این منطقه حفاظت‌شده پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی طراحی شده با یک لایه مخفی و شش نورون و تابع انتقال لگاریتم سیگموئید و خطی، قابلیت خوبی در مدل‌کردن ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی تحت مدیریت استان البرز دارد. همچنین آنالیز حساسیت و شناسایی تأثیرگذارترین عناصر و معیارها بر کیفیت زیباشناختی بصری مناظر مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری نشان می‌دهد جهت دستیابی به ارزش زیباشناختی بصری منظر بالا و تعیین زون‌های گردشگری متمرکز و گسترده در مناطق تحت حفاظت، منظره آب در اولویت اول برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد. مدل ارائه شده در این پژوهش به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری منظر در مناطق تحت حفاظت با هدف گردشگری است که به کمک آن می‌توان با واردسازی مقادیر معیارهای ورودی بدون نیاز به تکمیل پرسشنامه، به کیفیت زیباشناختی بصری منظر دست یافت و امکان پیش‌بینی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در مناطق تحت حفاظت با شرایط اکولوژیک مشابه و نیز بوم‌سازگان‌های مشابه را فراهم می‌کند. همچنین از مدل ارائه شده در این مطالعه، می‌توان در تهیه طرح مدیریت و زون‌بندی مناطق تحت حفاظت بویژه در زون‌های گردشگری استفاده نمود. براساس فرآیند پژوهش و دستاوردهای بدست آمده، پیشنهادها در چارچوب اهداف و ماموریت این مطالعه عبارتند از شناسایی واحد همگن ارزیابی منظر، پیش از اجرای فرایند ارزیابی منظر در پژوهش‌های مشابه، استفاده از منظر آبی در چارچوب معیارهای زون‌بندی برای شناسایی زون‌های تفرجی، اختصاص اراضی دارای منابع آبی به کاربری‌های گردشگری و زون‌های گردشگری در مناطق تحت حفاظت (منظره آب تاثیرگذارترین معیار در ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر شناسایی شد)؛ استفاده از مدل ارایه شده جهت ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناطق دارای شرایط اکولوژیک مشابه بویژه مناطق تحت حفاظت با ساختار کوهستانی و رود-دره‌ای همچون پارک‌های ملی لار، خجیر و سرخه حصار و منطقه حفاظت شده ورجین؛ افزودن معیارهای ارزیابی منظر به معیارهای ارزیابی توان اکولوژیک جهت توسعه طبیعت‌گردی و ارزیابی کیفیت زیباشناختی بصری مناظر در چهار فصل سال.

سپاسگزاری

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران است، بدینوسیله از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه تهران قدردانی می‌شود. همچنین از همکاری اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان البرز جهت انجام فعالیت‌های میدانی در منطقه حفاظت شده البرز مرکزی سپاسگزاری می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

[1] Mean Squared Error
[2] Root Mean Squared Error
[3] Mean Absolute Error
[4] Coefficient of determination

منابع

References

Aboufazeli, S., Jahani, A. and Farahpour, M., 2021. A method for aesthetic quality modelling of the form of plants and water in the urban parks landscapes: an artificial neural network approach. Methods X. 8, 101489. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101489.

ADE: Alborz Department of Environment, 2020a. Introduction of Central Alborz Protected Area. Available online at: https://alborz.doe.ir/. (In Persian).

ADE: Alborz Department of Environment, 2020b. The physiognomy of the natural environment of the central (southern) Alborz protected area. Available online at: https://alborz.doe.ir/.

Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A. and Azarian, M., 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network (case study: Kheyrud forest, Noshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 21(4), 617-628. https://doi.org/10.22092/ijfpr.2014.5135. (In Persian with English abstract).

Ahmadi Mirghaed, F., Mohammadzadeh, M., Salman Mahini, A.R. and Mirkarimi, S.H., 2016. Integrating visual and environmental elements using fuzzy and multi criteria evaluation methods for aesthetic quality assessment of Gharahsoo watershed, Golestan province. Journal of RS and GIS for Natural Resources. 7(3), 46-60. (In Persian with English abstract).

Ahmadi Mirghaed, F., Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A. and Mirkarimi, S.H., 2020. Assessing the interactions between landscape aesthetic quality and spatial indices in Gharasoo watershed, North of Iran. International Journal of Environmental Science and Technology. 17, 231-242. https://doi.org/10.1007/s13762-019-02342-2.

Akhoondi, L., Arjmandi, R., Danehkar, A. and Shaban Ali Fami, H., 2015. Investigation the tourist's perception about improvement of tourism benefits in Karaj- Chalous road's resorts. Journal of Sustainability, Development and Environment. 2(1), 57-70. (In Persian with English abstract).

Attar Sahragard, F., 2023. Modeling landscape visual aesthetic quality assessment with the aim of tourism in protected areas using artificial neural network (case study: central Alborz protected area under the management of Alborz province). MS.c. Thesis. University of Tehran, Karaj, Iran.

Attar Sahragard, F., Danehkar, A. and Jahani, A., 2023. Ranking homogeneous natural landscape units by shannon entropy -vikor method (case study: central Alborz protected area under the management of Alborz province). Journal of Environmental Studies. 48(4), 555-575. https://doi.org/10.22059/jes.2023.348672.1008359. (In Persian with English abstract).

Bairam Komaki, C., Asadikia, R. and Niknahad Gharmakhar, H., 2019. Estimation of vegetation cover percentage and biomass using remote sensing indices (Case study: protected areas of Southern Alborz, Karaj). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 10(1), 1-16. http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1398.10.1.1.8. (In Persian with English abstract).

Daniel, T.C., 2001. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. Landscape and Urban Planning, 54(1-4), 267-281. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00141-4.

De Val, G.D.L.F., Atauri, J.A. and de Lucio, J.V., 2006. Relationship between landscape visual attributes and spatial pattern indices: A test study in Mediterranean-climate landscapes. Landscape and Urban Planning, 77(4), 393-407. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.05.003.

Dupont, L., Ooms, K., Antrop, M. and 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. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.007.

Franco, D., Franco, D., Mannino, I. and Zanetto, G., 2003. The impact of agroforestry networks on scenic beauty estimation: The role of a landscape ecological network on a socio-cultural process. Landscape and Urban Planning, 62(3), 119-138. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00127-5.

Gobster, P.H., Ribe, R.G. and Palmer, J.F., 2019. Themes and trends in visual assessment research: Introduction to the Landscape and Urban Planning special collection on the visual assessment of landscapes. Landscape and Urban Planning, 191, 103635. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103635.

Gundersen, V.S. and Frivold, L.H., 2008. Public preferences for forest structures: A review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. Urban Forestry & Urban Greening, 7(4), 241-258. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.05.001.

Harmon, D., 2004, June. Intangible values of protected areas: what are they? Why do they matter?. The George Wright Forum, 21(2), 9-22.

Hoseini Bay, M.S., Jahani, A. and Mohamadzade, M., 2015. Landscape aesthetic quality evaluation: approaches and criteria. In Proceedings 12th National Conference on Environmental Impact Assessment of Iran, 25th-26th February, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Howley, P., 2011. Landscape aesthetics: Assessing the general publics' preferences towards rural landscapes. Ecological Economics, 72, 161-169. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.026.

Itten, J., 2020. The Art of Color (A. Sharveh). Yassavoli Press, 192. (In Persian).

Jafari, Z., Mikaeali-Tabrizy, A.R., Mohammadzadeh, M. and Abdi, O., 2012. Evaluation of ecotourism competence in Golestan national park through weighted linear combination method. Journal of

Renewable Natural Resources Research, 2(4), 25-37. (In Persian with English abstract).

Jahani, A., 2016. Modeling of forest canopy density confusion in environmental assessment using artificial neural network. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(2), 310-322. https://doi.org/10.22092/ijfpr.2016.106998. (In Persian with English abstract).

Jahani, A., 2017. Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(3), 17-34. https://doi.org/10.22069/jwfst.2017.11235.1590. (In Persian with English abstract).

Jahani, A., 2019a. 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. https://doi.org/10.17221/86/2018-JFS.

Jahani, A., 2019b. Sycamore failure hazard classification model (SFHCM): an environmental decision support system (EDSS) in urban green spaces. International Journal of Environmental Science and Technology. 16(2), 955-964. https://doi.org/10.1007/s13762-018-1665-3.

Jahani, A., Allahverdi, S., Saffariha, M., Alitavoli, A. and Ghiyasi, S., 2022. Environmental modeling of landscape aesthetic value in natural urban parks using artificial neural network technique. Modeling Earth Systems and Environment, 8(1), 163-172. https://doi.org/10.1007/s40808-020-01068-2.

Jahani, A., Hatef Rabiee, Z. and Saffariha, M., 2021. Modeling and prediction of the aesthetics of urban parks based on landscape complexity criterion. Journal of Natural Environment, 74(1), 27-40. https://doi.org/10.22059/jne.2021.305142.2020. (In Persian with English abstract).

Jahani, A. and Mohammadi Fazel, A., 2016. Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. Journal of Natural Environment, 69(4), 951-963. https://doi.org/10.22059/jne.2017.127667.949. (In Persian with English abstract).

Jahani, A. and Rayegani, B., 2020. Forest landscape visual quality evaluation using artificial intelligence techniques as a decision support system. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 34(10), 1473-1486. https://doi.org/10.1007/s00477-020-01832-x.

Jahani, A. and Saffariha, M., 2020. Aesthetic preference and mental restoration prediction in urban parks: An application of environmental modeling approach. Urban Forestry & Urban Greening, 54, 126775. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126775.

Jahani, A., Saffariha, M. and Ghiyasi, S., 2019. Evaluating the aesthetic quality of the landscape in the environment: A review of the concepts and scientific developments in the world. International Journal Environmental Science and Bioengineering, 8(1), 35-44. https://doi.org/10.22034/uoe.2019.103618.

Kazemeini, F., Rezaei, R. and Arabi, S.A., 2013. Investigating the values of protected areas on the development of tourism and ecotourism. The Second National Conference on Tourism and Nature Tourism in Iran, 22nd June Hamedan, Iran. (In Persian with English abstract).

Khaleghpanah, R., Jahani, A., Khorasani, N. and Goshtasb, H., 2019. Prediction model of citizens' satisfaction in urban parks using artificial neural network. Journal of Natural Environment. 72(2), 239-250. https://doi.org/10.22059/jne.2019.267929.1572. (In Persian with English abstract).

Lothian, A., 1999. Landscape and the philosophy of aesthetics: Is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder?. Landscape and Urban Planning, 44(4), 177-198. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00019-5.

Moshiri, S., 2002. A review on chaos and its applications in economics. Iranian Journal of Economic Research, 4(12), 29-68. (In Persian with English abstract).

Nordh, H. and Østby, K., 2013. Pocket parks for people–A study of park design and use. Urban Forestry & Urban Greening, 12(1), 12-17. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.11.003.

Palmer, J.F., 2004. Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. Landscape and Urban Planning. 69(2-3), 201-218. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.010.

Pflüger, Y., Rackham, A. and Larned, S., 2010. The aesthetic value of river flows: An assessment of flow preferences for large and small rivers. Landscape and Urban Planning, 95(1-2), 68-78. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.12.004.

Real, E., Arce, C. and Sabucedo, J.M., 2000. Classification of landscapes using quantitative and categorical data, and prediction of their scenic beauty in north-western Spain. Journal of Environmental Psychology. 20(4), 355-373. https://doi.org/10.1006/jevp.2000.0184.

Saeidi, S. and Salmanmahiny, A., 2015. Modeling landscape aesthetic values using artificial neural network method (case study: Ziarat watershed basin, Gorgan, Golestan). Environmental Researches. 5(10), 3-10. (In Persian with English abstract).

Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A. and Mirkarimi, S.H., 2014. Survey of different methods of evaluating landscape aesthetic quality. Environment and Development Journal. 4(8), 59-70.

(In Persian with English abstract).

Saeidi, S., Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A. and Mirkarimi, S.H., 2017. Performance evaluation of multiple methods for landscape aesthetic suitability mapping: a comparative study between multi-criteria evaluation, logistic regression and multi-layer perceptron neural network. Land Use Policy. 67, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.05.014.

Shams, S.R., Jahani, A., Moeinaddini, M. and Khorasani, N., 2020. Air carbon monoxide forecasting using an artificial neural network in comparison with multiple regression. Modeling Earth Systems and Environment. 6, 1467-1475. https://doi.org/10.1007/s40808-020-00762-5.

Sheikh Goodarzi, M., Jabbarian Amiri, B. and Jafari, S., 2017. Investigating the performance of artificial neural network-based model in simulating the urban growth using relative perating characteristics and landscape ecological metrics (study area: Hashtpar coastal city). Environmental Researches, 7(14), 181-190. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089597.1395.7.14.23.0. (In Persian with English abstract).

Shirani, H., 2017. Artificial Neural Networks with an Application in Agricultural and Natural Resource Sciences. Vali-E-Asr University, 295p. (In Persian)

Soleimanpourmoghadam, N., Agah, A. and Joulidehsar, F., 2013. Artificial neural network and its usage in the environment. In Proceedings 1st National Conference on Urban Services and Environment, 9th -10th October, Mashhad, Iran.

Tveit, M.S., 2009. Indicators of visual scale as predictors of landscape preference; a comparison between groups. Journal of Environmental Management. 90(9), 2882-2888. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.12.021.

Wang, Z., Li, M., Zhang, X. and Song, L., 2020. Modeling the scenic beauty of autumnal tree color at the landscape scale: A case study of Purple mountain, Nanjing, China. Urban Forestry & Urban Greening, 47, 126526. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126526.

Wang, R., Zhao, J. and Meitner, M.J., 2017. Urban woodland understory characteristics in relation to aesthetic and recreational preference. Urban Forestry and Urban Greening. 24, 55-61. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.019.

Wang, R., Zhao, J., Meitner, M.J., Hu, Y. and Xu, X., 2019. Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. Urban Forestry and Urban Greening. 41, 6-13. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.005.

Weiss, G., 1992. Chaos hits wall street-the theory that is!. Business week, 2, 138-140.

Wherrett, J.R., 2000. Creating landscape preference models using internet survey techniques. Landscape Research. 25(1), 79-96. https://doi.org/10.1080/014263900113181.

Worboys, G.L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I., 2015. Protected Area Governance and Management. (Eds.), Anu Press. http://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015.

Ye, M. and Hill, M.C., 2017. Global sensitivity analysis for uncertain parameters, models, and scenarios. In: Petropoulos, G.P. and Srivastava, P.K., Sensitivity Analysis in Earth Observation Modelling. Elsevier, pp. 177-210. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803011-0.00010-0.

This page is intentionally left blank.