

DOI: DOI: 10.21005/pif.2023.55.C-03

## INDICATORS METHOD OF AESTHETICS ANALYSIS USING SPATIAL DATASETS

## METODA WSKAŹNIKOWA ANALIZY ESTETYKI Z WYKORZYSTANIEM ZBIORÓW DANYCH PRZESTRZENNYCH

**Joanna Pluto-Kossakowska**

PhD

Author's Orcid number: 0000-0002-6533-1332

Warsaw University of Technology, Poland

**Marika Cuprjak**

MSc

Author's Orcid number: 0000-0002-5759-9208

Warsaw University of Technology, Poland

### ABSTRACT

The research aimed to propose and test a methodology for evaluating spatial aesthetics using a grid of basic fields and comparing them with indicators related to the administrative borders of municipalities. The indicators used in such analysis refer to attributes of the landscape that enable the assessment of its structure and components. This paper proposes a methodology for calculating selected indicators based on available spatial datasets. A mathematical formula was adapted or prepared for each indicator to determine its value using different datasets, including vector databases or raster files. The analyses of space order allowed presenting the spatial distribution in the form of maps and the possibility of adjusting the relevance of individual criteria, weights, and profiles.

Key words: spatial order, attractiveness, landscape, spatial data, multicriteria evaluation.

### STRESZCZENIE

Badania miały na celu zaproponowanie i przetestowanie metodologii oceny estetyki przestrzennej przy użyciu siatki pól podstawowych i porównanie ich ze wskaźnikami związanymi z granicami administracyjnymi gmin. Wskaźniki wykorzystywane w takiej analizie odnoszą się do atrybutów krajobrazu, które umożliwiają ocenę jego struktury i komponentów. W artykule zaproponowano metodologię obliczania wybranych wskaźników w oparciu o dostępne zbiory danych przestrzennych. Dla każdego wskaźnika zaadaptowano lub przygotowano formułę matematyczną określającą jego wartość z wykorzystaniem różnych zbiorów danych, w tym wektorowych baz danych lub plików rastrowych. Analizy ładu przestrzennego pozwoliły na przedstawienie rozkładu przestrzennego w postaci map oraz możliwość dostosowania istotności poszczególnych kryteriów, wag i profili.

Słowa kluczowe: ład przestrzenny, atrakcyjność, krajobraz, dane przestrzenne, analiza wielokryterialna.

## 1. INTRODUCTION

More and more often, actions related to spatial planning are undertaken to ensure the sustainable development of our environment, which is constantly changing due to civilization, social and economic development. This is one of the more difficult challenges faced by our community, as it is difficult to meet the expectations of different groups, and there are usually many conflicts regarding perception of surroundings and space which build the landscape. All components of a space, including intangible ones (e.g. sounds, smells), which interact with each other form a certain landscape. There are many explanations and characteristics of this widely used definition of a landscape (Kulczyk, 2013, Makarow et al., 2010, Mahan, Mansouri, 2017). Markow (2010) points out that we live not only in a given environment, its physical reality, but also in our perception of this space, including the landscape. Zhang, Zheng and Wang (2022) define the landscape as a zone where man is involved in phenomena directly related to the natural environment, as an important element affecting the quality of life. The landscape consists of attributes, which are a complex set of distinct bio-physical features. Mahan and Mansouri (2017) define man and the environment as its basic elements, none of which can be excluded. In the European Convention (2000), however, we find the following explanation of this concept: "landscape means an area, perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors." This definition was used in the subsequent stages of the work.

Another concept is spatial order, which refers to a harmonious, organized shape of space. Izdebski (2013) characterizes order as a certain spatial order, where the components have been organized on the basis of the introduction of appropriate rules governing the relations of aesthetics, order, and harmony. Spatial order has a large impact on both the quality of life of residents and the condition of the natural environment. The opposition to it is chaos in space, which has negative effects, areas become dysfunctional and incoherent. Shaping order is a long-term task that requires planning in time. In order to increase the effectiveness of this process, the environment must be inventoried and analysed in terms of various aspects. One of them is the aesthetics of space, which, however, is a subjective concept, so there is no clear methodology for its assessment. Hansen and Macedo (2021) state that "landscape aesthetics is the visual quality or beauty of connected landscape elements". How a given space is perceived depends on the prevailing social norms, habits and trends. When assessing the visual value of a landscape, we analyse a number of its attributes that are difficult to identify, classify and integrate into the overall assessment (Zhang et al. 2022). A certain aesthetic perfection of space should meet the public interests, its main preferences regarding the space affecting its perception, while paying attention to the protection of environmentally valuable areas. Gaficka-Drozda et al. (2018) highlight that the environment's perceptual and compositional aspects influence the sense of attachment to a place and its social acceptance. Hence, it is essential to conduct analyses for lower-level units, local areas that constitute the 'everyday' environment of the observer. The selection of study criteria should be flexible, considering the specifics of the landscape and local conditions.

### 1.1. Methods used for spatial aesthetics evaluation

The literature review indicates that the issue of assessing landscape aesthetics has been addressed many times, with the conclusion that it is necessary to consider this aspect in the rational management of space (Myga-Piątek, 2007). Modern research is looking for a methodology that will allow to determine the aesthetics of the landscape in a measurable way based on the available data.

Podhorecka (2016) conducted a study based on photographs depicting landscapes of te-lands diverse in terrain. The methodology of the proposed research was based on the evaluation of landscapes in ten photos, which were taken from a government website and are supposed to 'promote Poland' and its natural values. The respondents were a group of over one hundred and seventy students from home and abroad. It was possible to give grades on a scale of one to five with the addition of their comments. The author emphasizes the subjectivity of the conducted sample due to the selection of photos as a section (fragment) of space and the respondents' preferences and likes in their own perspective. Jakiel (2015), on the other hand, used the method of point scoring in a grid of squares, taking into account selected criteria, to evaluate the visual values of space. Five classes

of attractiveness were determined, which were presented spatially on maps. The criteria were divided into five groups: landform, land cover type, water occurrence, landscape diversity and other anthropogenic objects. Each indicator was given an appropriate number of points depending on its calculated value. The lowest scores were given to areas characterized by negative human activity, and the highest ones with a visible large variety of geocomplexes and a significant slope (Jakiel, 2015).

Zhang et al. (2022) presented an approach in which indicators of landscape aesthetics are indicated with the integration of objective attributes and subjective preferences. The authors proposed a four-level hierarchical structure of indicators that included landscape features, attributes, component quality and overall visual quality of the surroundings. The overall landscape aesthetics was a weighted summation of the scores for the indicators related to vegetation and water areas. In turn, Kistowski (2007) proposed a methodology for delimiting landscape spatial units and evaluating its aesthetics. The analyses are based on the integration of cultural and environmental features as well as the internal structure of the space, where the values of individual landscape features are assigned a priori assessments on the adopted scale. Scores were awarded based on conservation status, diversity, expressiveness, harmoniousness, and attractiveness for human habitation. Features related to the geological substrate were considered twice as less important than the others. For the landscape units of each type, average scores were determined based on the values of the individual indicators. The lowest scores were achieved in urban areas, industrialized areas and chaotic suburbanisation (Kistowski, 2007). Śleszyński (2021) proposed an innovative strategy based on a synthesis of the methodology for the general assessment of the attractiveness of space and the field of view from a specific location. Individual fragments of landscape types are seen in proportion to their area and to the value of the visual attractiveness index. The overall assessment of attractiveness was based on an indicator approach, in which the heterogeneity of the area, the contrast of landscape boundaries, the vertical variation of relief, the height of vegetation layers, the richness of vegetation species and the negative impact of human activities were examined. Values for these criteria were calculated, summed and normalised by nine designated geocomplexes. The proposed methodology is interesting because it combines the use of universal indicators to assess the aesthetics of space with the additional consideration of the extent of the field of view and the distance of the observed phenomena and objects (Śleszyński, 2021). Kowalczyk (2021) proposes a two-stage study, the first stage is based on an indicator-based assessment of the aesthetic values of space, and the second stage is based on the identification of positive and negative patterns to help improve areas with the poorest results. Surveys carried out in Wieliczka with designated landscape-urban interiors indicated the lowest-scoring locations on the outskirts of the centre, mainly around car parks.

In works related to the assessment of aesthetic values of spaces, indicator methodology is very often used (Śleszyński, 2013, 2021; Kowalczyk 2021; Chmielewski et al. 2018; Jakiel, 2015; Kistowski, 2007). Due to the large number of factors that determine how a space is perceived, this is a method that allows the spatial distribution of each indicator to be considered separately. This method also allows them to be grouped and added up with weights according to the hierarchy or priorities adopted. In researching the assessment of spatial aesthetics, it is crucial to identify the attributes (qualities) that can define this phenomenon. It is important to define and quantify the attributes of the landscape that constitute its characteristics and relate to human perception (Tveit et al., 2006). It is therefore worth taking into account the nature of the space being analysed, as not in every area, the same attributes will be as effective for assessment. Indicators should be selected according to the land cover forms present, anthropogenic factors, natural elements, land function and prevailing social norms and trends in the region. To avoid subjectivity in the selection of indicators, it is useful to use a clearly defined methodology as in a landscape audit (Solon et al. 2013, Chmielewski et al. 2015).

A proposal for a comprehensive concept of land use and spatial order indicators was given by Śleszyński in theoretical considerations (Śleszyński, 2013) and in practical application (Śleszyński, 2021) in relation to administrative division units, i.e. municipalities and cities. This approach is effective when considering and comparing large areas such as provinces, regions or on a national scale. However, for smaller areas such as a city or a single commune, there will be no spatial differentiation of indicators due to the reference of indicator values to the commune area (Cupriak M., Pluto-Kossakowska J., 2022). Kowalczyk (2021) draws attention to the necessity of selecting an appropriate unit of reference in order for analyses of the subject under consideration to be effective. Therefore,

it is important to develop an approach that makes it possible to indicate the variability of indicators within the territory of a city or municipality and compare it with other areas. One method is to calculate measures from available spatial data sources in a grid of basic fields and use them as criteria for aesthetic assessment.

## 1.2. Goal and scope of the research

The aim of the research was to propose and test a methodology for assessing spatial aesthetics using basic fields, e.g. a grid of squares, and then comparing it with indicators mapped to the administrative borders of municipalities. The premise of the research is to maximise the use of different spatial datasets and test their capabilities and GIS tools for both analysis and visualisation. The assessment of the visual attractiveness of the surroundings was performed using a multi-criteria analysis approach (Greene et al. 2011). The criteria (here: indicators) used in such an analysis refer to attributes of the landscape that enable the assessment of its structure and components. This makes it possible to analyse each of these aspects separately, in thematic groups and as a whole. An important element of the methodology from the implementation point of view is the spatial data sets themselves, which are discussed separately.

## 2. DATA SOURCES

The selection of data for the assessment of spatial aesthetics depends on the chosen assessment methodology, area and thematic scope. Depending on which aspects of the landscape are studied and at what scale, the nature and type of data is determined. Therefore, a detailed analysis of the data sets referring to their acquisition methodology, classification and definition of the objects represented in it is necessary. To ensure uniformity and comparability of results, the same databases should be used for all sites under development (Śleszyński, 2013). In addition, databases should be as up-to-date as possible with adequate accuracy and reliability. The use of spatial data and GIS tools allow for the automation of processes, as well as for speeding up and conducting activities over a larger area. In GIS technology, the most common data source for analysis is vector and raster spatial data supplemented with statistical data (Michalska Z., Pluto-Kossakowska J., 2022).

The primary data sources for spatial analyses at the municipality or city scale are publicly available vector spatial databases. One of them is the official Topographic Database BDOT10k, which contains the spatial distribution of topographic objects with descriptive attributes (Fig. 1a). It is a database developed for the whole country, corresponding to the geometric and thematic detail of a topographic map at a scale of 1:10000 (GUGiK, 2023). Another open access database is OpenStreetMap (OSM). This is a spatial dataset created for the whole world by volunteers, which is edited on an ongoing basis and made freely available (OSM, 2023). This project is constantly evolving and provides data on topographic objects defined and categorised in specific structures (OSM Wiki, 2023) creating a kind of digital twin in terms of geography (Fig. 1b). It is a conceptually extended spatial database that is a good complement to other databases, e.g. BDOT10k, and for some areas of the Earth the only source of spatial data. Vector databases can be used to select specific object classes and count them, calculate length, area, percentage or density in the analysed area.

An important source of data due to its detail and timeliness is aerial imagery made available, inter alia, by the Geoportal of Spatial Information Infrastructure (geoportal.gov.pl) or municipal geoportals run by city halls. Currently, many orthophoto products have a spatial resolution of 5 cm (GUGiK, 2023). They can be used to obtain detailed thematic information by photo-interpretation methods and increasingly used machine learning methods (Pluto-Kossakowska J. 2020). The group of imagery data also includes satellite images available either cost-free (e.g. Landsat or Copernicus) or commercially (e.g. Planet). These data, due to the frequency of acquisition, are an excellent source of data for multi-temporal analyses. However, it is easier to use off-the-shelf products that are transformations of the source satellite data that can support the analysis of landscape features. Within Copernicus, one such product is the imperviousness layer, which represents the extent of land cover (Fig. 1c). Impervious areas are those where the original and natural soil cover has been replaced by an artificial surface that impedes water infiltration (Copernicus, 2023). This layer, abbreviated HRL

(high resolution layer), is available in a 10m x 10m grid or aggregated to 100m both in raster form and current as of 2018. This data can be used directly to calculate an indicator such as average soil sealing.

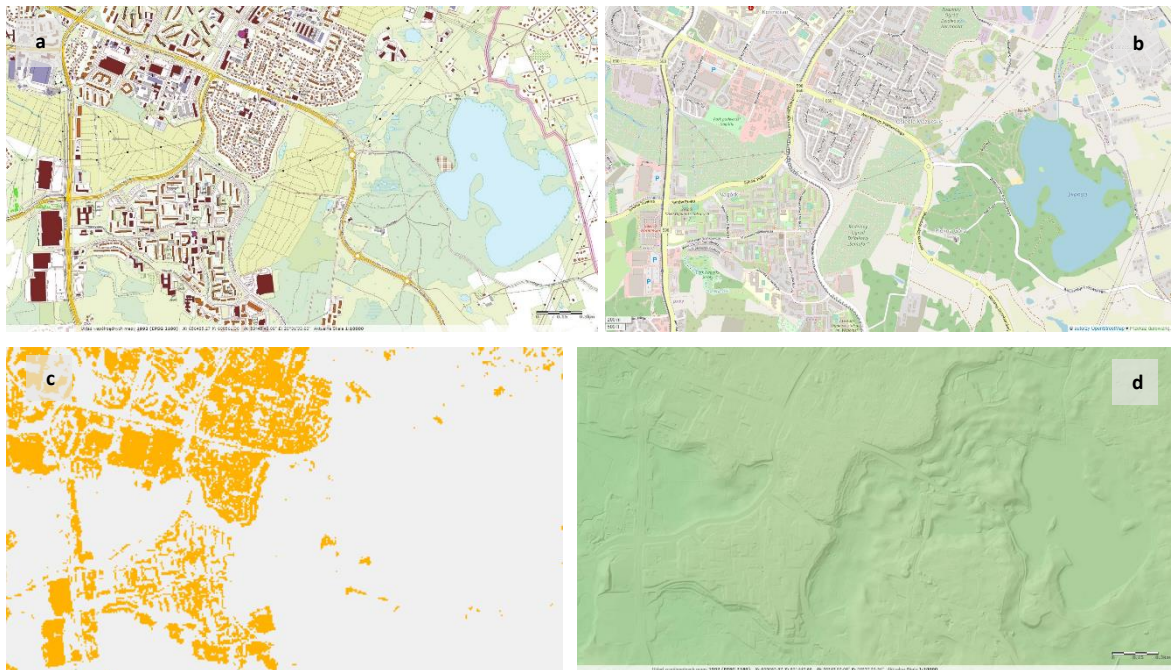


Fig. 1. Example of datasets for Olsztyn a. BDOT10k (National Geoportal, 2023), b. OpenStreetMap (OSM, 2023), c. Imperviousness layer (Copernicus, 2023), d. NMT (hypsometric map) (National Geoportal, 2023).

Ryc. 1. Przykładowe zbiory danych dla Olsztyna a. BDOT10k (Geoportal Krajowy, 2023), b. OpenStreetMap (OSM, 2023), c. Nieprzepuszczalność (Copernicus, 2023), d. NMT (mapa hipsometryczna) (Geoportal Krajowy, 2023).

Another source important for landscape assessment is elevation data such as the Digital Terrain Model (NMT), in Poland available free of charge through the Geoportal Spatial Information Infrastructure. The primary NMT available is a model in a regular 1m x 1m square grid, which is systematically updated on the basis of airborne laser scanning (ALS) and made available in a raster format (Fig. 1d) easy for further processing in GIS tools. A similar product is the NMPT, which is a representation of the land surface including objects projecting above the ground, such as buildings, trees, bridges, etc. The NMPT is available on the geoportal in a 0.5m x 0.5m grid in urban areas and 1m x 1m in the rest of the area (GUGiK, 2023). Analysis of landform and relief, slope or visibility has a significant impact on the observer's perception and evaluation of space. Hence the usefulness of this type of data for analyses requiring the height of objects or terrain. They are suitable for calculating indicators such as height differentiation (relief) or average slope.

The assessment of landscape aesthetics can be supplemented by spatially referenced statistical data. A uniform and methodologically consistent source for the whole country is the Local Data Bank (BDL) maintained by the Central Statistical Office. The BDL offers more than 40,000 statistical characteristics grouped thematically. The first data dates back to 1995 (GUS, 2023), which allows for multi-temporal and comparative analyses thanks to ready-made tools for geostatistical analyses (Geostatistical Portal, 2023). A limitation is the collection of data for municipalities, hence the inability to relate the assessment to primary fields or smaller reference units than municipalities. Still, another source should be the information obtained during field interviews. The residents and representatives of the authorities who are responsible for shaping the space are surveyed. Questionnaires are prepared accordingly depending on the purpose of the work. Additionally, during such visits it is possible

to collect descriptive data about objects of interest (Górczyńska, 2013). During the fieldwork, the use of cartographic, remote sensing and planning materials is equally important to take into account the opinion of the local community (Myga-Piątek, 2007).

A review of spatial data sources shows a huge potential in this area. Hence, it is worthwhile to conduct research on the selection of data for the assessment of landscape aesthetics and their actual possibilities and limitations.

### 3. METHODS

The research method adopted was based on a review of the literature on the subject and the selection, based on this literature, of the relevant factors determining the aesthetics of space that can be modelled using spatial data. This was followed by a review of available data sources concerning the definition of indicators and the possibility of their calculation. In the next step, research areas were selected to test different methods for generating spatial distribution of factors and using them as criteria for aesthetics assessment for two types of administrative units, i.e., poviát and big city. The data processing, calculation and visualisation part of the experiment was carried out using the tools available in ArcGIS Pro software. The research design is shown in Fig. 2.

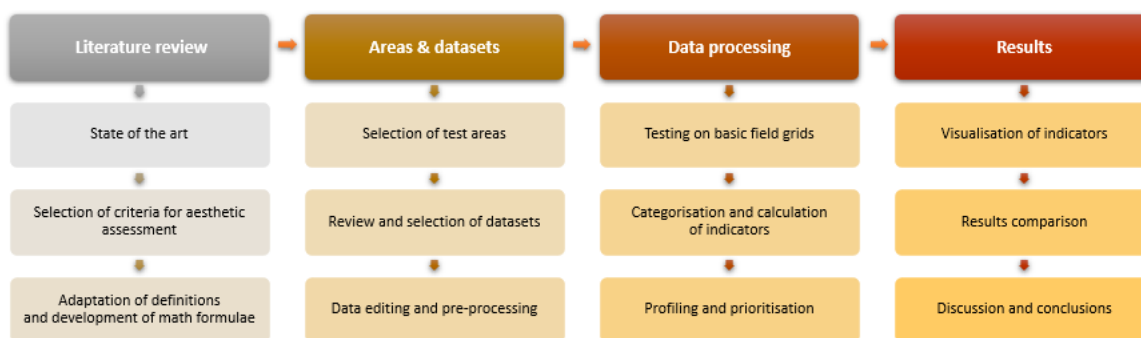


Fig. 2. Diagram of the research design. Source: Own study.  
Ryc. 2. Schemat metodyki badań. Źródło: Opracowanie własne.

Literature review (Blachowski et al. 2015, Chmielewski et al. 2018, De la Fuente de Val 2006, Górczyńska 2013, Kistowski 2007, Kowalczyk 2021, Solon et al. 2013, Zhang 2022) made it possible to select and define indicators that can be used to indicate the aesthetic features of a landscape and its assessment using existing spatial datasets. Their selection and choice was guided by the definitions provided by the authors, frequency of use in works on similar topics, availability and diversity of data, and applicability for different regions of Poland. Twenty-five indicators were selected, for which existing definitions were adopted and mathematical formulae were developed to determine how they should be calculated from available data sources (Cuprjak M., 2022). The selected set presents various factors that influence the assessment of aesthetics. These indicators were grouped into five categories, i.e. environment, infrastructure, built environment, land function, landform and planning coverage. The full list of indicators and the source data for their determination is presented in Table 1. The list presented is not exhaustive of the full range of indicators that can be used in the study, but characterises the analysed space from different angles and uses different data sources. The set of indicators includes both elements that positively affect the perception of the surroundings and those that negatively. The indicators showing the natural character of the environment, its diversity and natural richness were considered to be positive in the first place, and those characterised by a high level of human interference in the environment and its strong transformation were considered to be negative.



Table 1. Selected indicators by thematic category and the source and type of data used for calculation. Source: Own study.  
Tabela 1. Wybrane wskaźniki w podziale na kategorie tematyczne oraz źródło i rodzaj danych. Źródło: Opracowanie własne.

Category	Indicator	Data source: database (feature class or category)	Data type
Landform	Relief (vertical differentiation)	DTM	Raster
	Average slope	DTM	Raster
Terrain functions	Landscape diversity	BDOT10k, all layers of land cover category (PT)	Vector
	Potential collision	BDOT10k, all layers of land cover category (PT)	Vector
	Share of agricultural lands	BDOT10K (PTUT, PTTR)	Vector
	Density of land cover boundaries	BDOT10k all layers of land cover category (PT)	Vector
	Imperviousness	Copernicus HRL (Imperviousness)	Raster
Environment	Share of water reservoirs	BDOT10K (PTWP)	Vector
	Density of watercourses	BDOT10K (SWRS)	Vector
	Share of green areas	BDOT10k (PTLZ, PTRK)	Vector
	Share of protected areas	BDOT10k (TCPN, TCRZ, TCON, TCPK)	Vector
Infrastructure	Number of tall technical structures	BDOT10k (BUWT)	Vector
	Density of overhead lines	BDOT10k (SULN)	Vector
	Density of the railway network	BDOT10k (SKTR)	Vector
	Density of roads	BDOT10k (SKDR)	Vector
	Density of the transport network graph	BDOT10k (SKDR)	Vector
Buildings	Free-access space vs. restricted-access space (share of fenced development)	BDOT10k (BUIB); OSM (barrier=fence)	Vector
	Free-access space vs. restricted-access space (share of gated residential development)	BDOT10k (BUIB, KUMN); OSM (barrier=fence)	Vector
	Share of residential development	BDOT10k (PTZB)	Vector
	Share of development	BDOT10k (PTZB)	Vector
	Dispersion of residential development	BDOT10k (PTZB)	Vector
	Share of industrial development	BDOT10k (PTZB, PTNZ, PTSO)	Vector
	Average building height	BDOT10k (BUBD)	Vector
Number of historic buildings	BDOT10k (KUZA)	Vector	
Planning coverage	Planning coverage	BDL	Statistical

Each indicator assesses an aspect of the site on the basis of specific spatial objects or their attributes. The values of the indicators are obtained in easily interpretable units, e.g. abundance, percentage, degrees, metres per hectare, etc. The proposed collection is intended to provide a multi-faceted description of the space through aesthetic qualities with access to spatial data.

### 3.1. Datasets and research area

The study proposed a methodology for calculating indicators based on available spatial datasets including BDOT10k, OSM, NMT, BDL and imperviousness data from the Copernicus service. It was tested on selected study areas, i.e. Piaseczno powiat (divided into communes) and the city of Olsztyn as a single statistical unit. Piaseczno powiat is located in the central part of the country, in lowland

areas, and covers an area of over 621 km<sup>2</sup>. It was chosen because of its diversity. It represents typically urban areas with a well-developed infrastructure, but also rural areas with low-rise buildings, arable fields and forested areas. Within its area there are municipalities of varying character, both rural and urban-rural. The city of Olsztyn, on the other hand, is located in the north-eastern part of Poland, in the lake district area, and covers an area of almost 90 km<sup>2</sup>. In addition to the typical landscape for urban areas, such as dense housing, infrastructure and industrial facilities, there are many lakes and woodlands within Olsztyn's boundaries. These were chosen for their geographical and functional diversity. This made it possible to test the proposed approach also for the city as a separate local government unit, with a different structure, land cover and type of use than the poviát. It also made it possible to test whether all proposed indicators are calculable in geographically different regions of the country.

### 3.2. The grid of basic fields

For each indicator, a mathematical formula was adapted or prepared to determine its value from the available data in terms of base fields. Grids with cell sizes of 100m x 100m, 500m x 500m and 1000m x 1000m were generated. After calculating the value for one of the indicators (proportion of green space) in the grids of all sizes, the results were compared with the vector data and the orthophotos. A comparative analysis of the distribution of spatial objects in the grid showed that 500m x 500m squares would be the most appropriate for the adopted scope of work and the area of the poviát and the provincial city (Fig. 3).

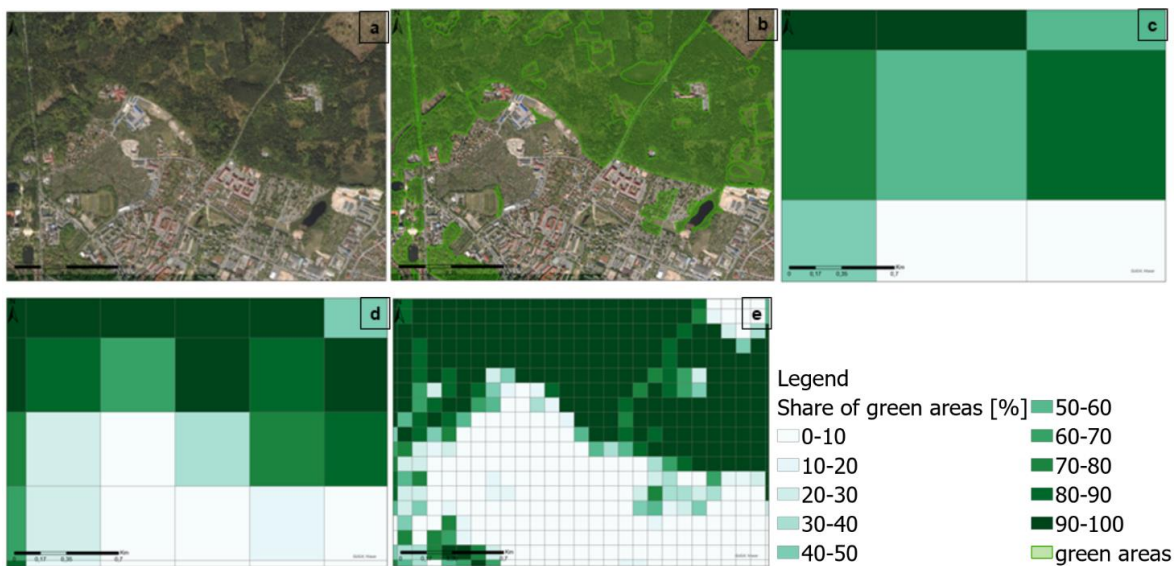


Fig. 3. Visualization of tests of different sizes of grids of squares for the indicator of the share of green areas: a) orthophotomap, b) range of vectors representing green areas, c) grid 1000x1000m, d) grid 500x500m, e) grid 100x100m. Source: Own study.

Ryc. 3. Wizualizacja testów różnych wielkości siatek kwadratów dla wskaźnika udziału terenów zielonych: a) ortofotomapa, b) tereny zielone, c) siatka 1000x1000m, d) 500x500m, e) 100x100m. Źródło: Opracowanie własne.

More fragmented fields (100m x 100m) did not produce significant differences in results for the indicator tested at the city and district scale, while at the same time the calculation process was lengthy and generated a large volume of data. On the other hand, a grid mesh that was too large (1000m x 1000m) produced a generalised picture that did not exploit the potential of the data and did not provide the opportunity for a detailed analysis of the area. A grid with a 500m x 500m mesh gives the possibility to calculate a given indicator and present its spatial variation (Fig. 3). The exception to this is the indicator of coverage by planning documents. Due to the source of the data, i.e. the LDB, the



spatial presentation in the grid for the municipality/city loses its sense, however, for the poviat this indicator can be taken into account in the calculation of the summary indicator.

### 3.3. Profiles and prioritisation of indicators

Three profiles of observers assessing the landscape were proposed, each showing a view from a different perspective: resident, expert, and neutral observer. The neutral observer presents a perspective in which all criteria posed are equally important. Individual indicators and attributes affect the perception of space in the same way. There is no differentiation in the importance of landscape features. In the case of the expert, the indicators analysed were prioritised according to the assumptions made. With this scenario, the main focus was on aspects related to the natural character of the landscape, the preservation of the original environment, and the coherence of its components. The surrounding of water bodies, green vegetation, and varied relief were considered the most desirable in this case. The last profile refers to the perception of the environment from the point of view of a resident of the area. In this profile, more emphasis is placed on the perception of space through the prism of anthropogenic objects, mainly buildings, and technical infrastructure elements. The focus here is mainly on how strongly man has transformed an area and how this affects the visual assessment of the surroundings. Based on the definitions of the three profiles, i.e., resident, expert, and neutral observer, the indicators were prioritised according to the priorities adopted and the relevance of specific phenomena to the profile. The thematic categories were given weights for each profile (Table 2) using the AHP method, i.e., Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1987). This approach allowed the construction of different scenarios and was used in this study to present as an example the different perspectives of evaluating the aesthetics of a space.

Table 2. Thematic category weights for the adopted profiles. Source: Own study.

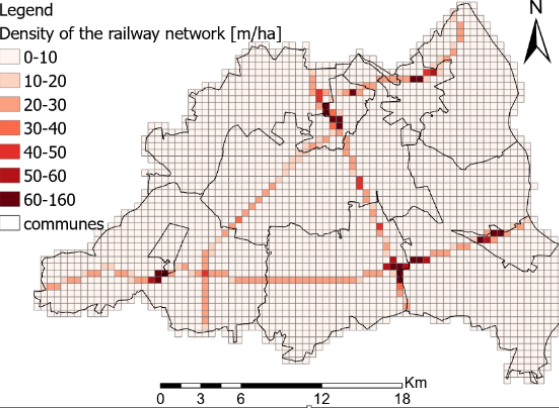
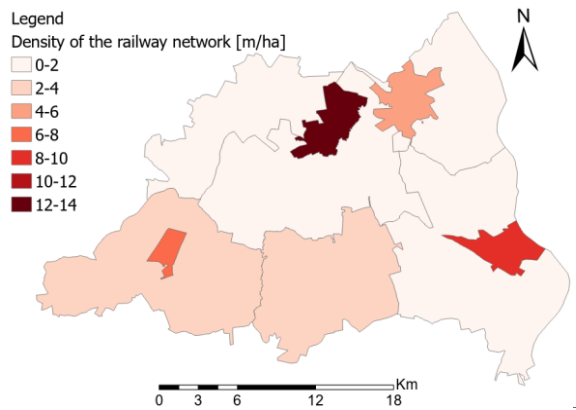
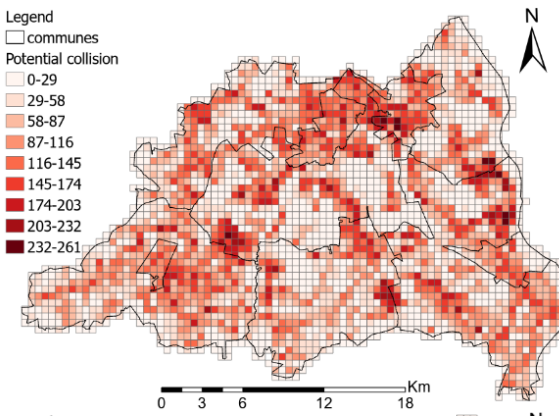
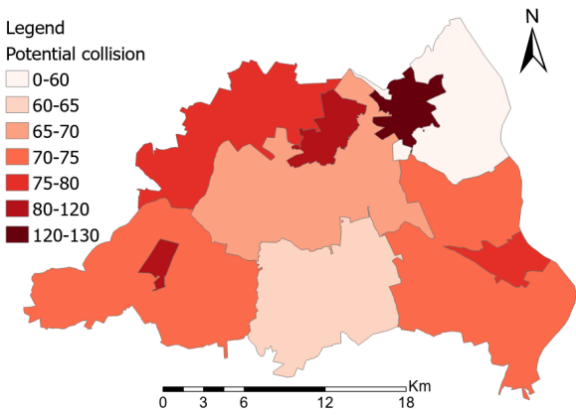
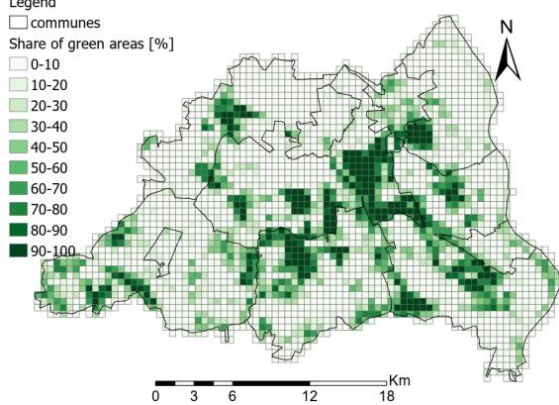
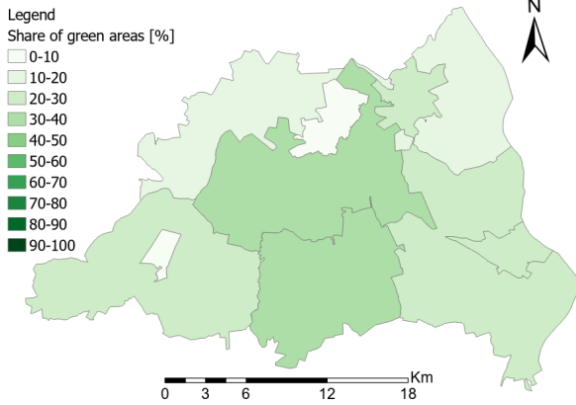
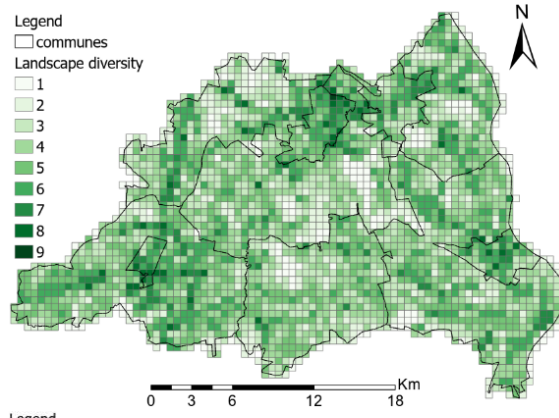
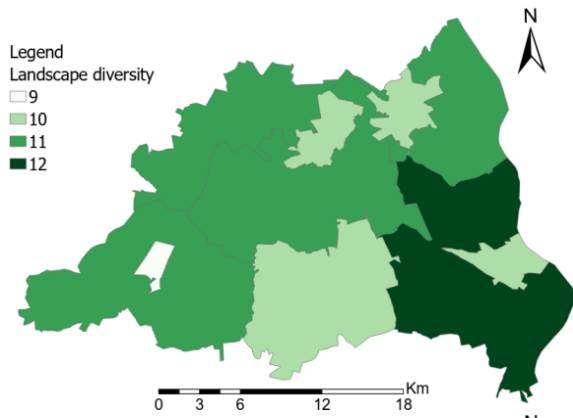
Tabela 2. Wagi kategorii tematycznych dla przyjętych profili. Źródło: Opracowanie własne.

Category	Landform	Terrain functions	Environment	Infrastructure	Buildings	Planning coverage	Sum
<b>Profile 1 Neutral</b>	0,16(6)	0,16(6)	0,16(6)	0,16(6)	0,16(6)	0,16(6)	1
<b>Profile 2 Expert</b>	0,19	0,18	0,42	0,09	0,08	0,04	1
<b>Profile 3 Resident</b>	0,07	0,11	0,14	0,32	0,32	0,04	1

The next step involved standardising the obtained values to a uniform scale (0; 1) and combining the indicators using the weighted linear combination (WLC) method (Malczewski, Jaroszewicz, 2018), which resulted in a summary (global) index taking into account all individual indicators in the described categories.

## 4. RESULTS

Processes were designed and spatial aesthetics evaluation indicators were calculated individually, thematically in six categories and summed up for three profiles. The spatial distribution of the obtained results is presented in the form of cartographic visualisations for the study areas, i.e. Piaseczno poviat and the city of Olsztyn. In order to compare the two variants of the reference fields, Fig. 4 presents selected indicators for the Piaseczno poviat: relief (vertical variation), potential collision, share of green areas, density of the railway network and share of development in the total area. The visualisations indicate the greater detail of the grid development and the possibility of indicating specific areas within the municipalities of favourable or unfavourable indicator values. This is particularly evident in the case of linear facilities, which sometimes cover only a small part of a municipality. In this case, when the sites are small (whether favourable or unfavourable) the indicator calculated for the whole municipality does not depict the entire situation on the ground.



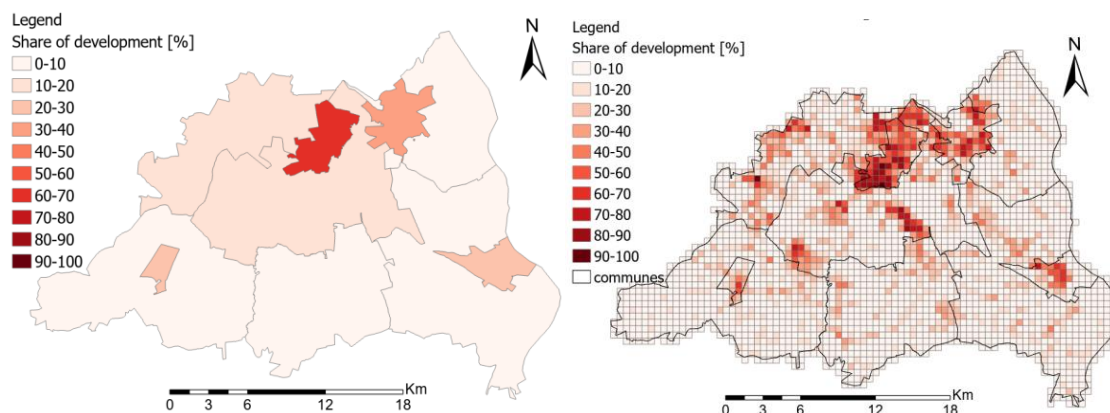


Fig. 4. Comparison of selected indicators: landscape diversity, potential collision, share of green areas, density of the railway network, share of development by communes in Piaseczno poviata (left) and in the grid of basic fields (right). Source: Own study.

Ryc. 4. Porównanie wybranych wskaźników dla powiatu piaseczyńskiego: zróżnicowanie krajobrazu, potencjalna kolizja, udział terenów zielonych, gęstość sieci kolejowej oraz udział terenów zabudowanych w gminach (po lewej) oraz w siatce pól podstawowych (po prawej). Źródło: Opracowanie własne.

Another observation concerns the source data. The BDOT10k vector database presents many object classes, including buildings, road network or land cover. However, these are not all the classes needed to assess the aesthetics of a space. Various types of barriers, including fences, can only be obtained from OSM, which in this case complements the actual terrain information. For other objects, it is worth comparing both databases due to their timeliness: OSM updated on an ongoing basis, BDOT10k on a five-year cycle. The use of both databases is not handy, but sometimes necessary if the calculated indicators are to reflect the 'field truth' and be reliable. Another type of data is raster images of imperviousness transformed from satellite imagery. Their detail presented as density of imperviousness in a 10m x 10m grid is sufficient to calculate an index aggregating values from the base product to a 500m x 500m grid. Here again, however, it is necessary to mention the timeliness of 2018 and the limitation in use for areas that are subject to very intensive development and building. For relief modelling data such as NMT developed from laser scanning, there is no such limitation. Firstly, they are frequently updated, and secondly, the relief is not subject to such dynamic transformations. Therefore, this data source performs best in terms of timeliness and detail for the assessment of spatial aesthetics.

Visualisations of the summary indicators for Piaseczno poviata in all categories are presented in Fig. 5, and for the City of Olsztyn in Fig. 6. For both areas, the indicator of coverage of planning documents is problematic due to the data source, i.e. the LDB. A recommendation for another source could be the National Geoportal (Geoportal Krajowy, 2023), if the information layer on the coverage of planning documents was made available in the form of a download service, e.g. WFS (web feature service).

In the next step, all the results obtained were standardised so that they were expressed on the same scale. The values were normalised using a linear min-max function. In this way, all the results for the individual criteria were expressed in a range from 0 to 1. The higher the value, the higher the evaluation of the aesthetics of the space. This made it possible to compare the values of the indicators with each other and to weight and sum them. The indicators were aggregated into thematic groups with the designated weights for each of the three profiles. Global spatial attractiveness score indicators were then calculated by combining the results from all categories. Fields with values close to 1 represent the areas with the highest attractiveness. The results of the profiled global indices for Olsztyn, similarly to those for Piaseczno poviata (Fig. 7), show a dependence on the adopted approach and the hierarchy of spatial aesthetic features. In all three variants, the most attractive landscape is characterised by natural areas, mainly forests and water reservoirs. The lowest values of the global

indicators were given to areas of dense housing, industry and technical infrastructure. This is somewhat obvious, but what the study has indeed shown is that it is possible to perform calculations and value the indicators in the grid of basic fields (Fig. 7).

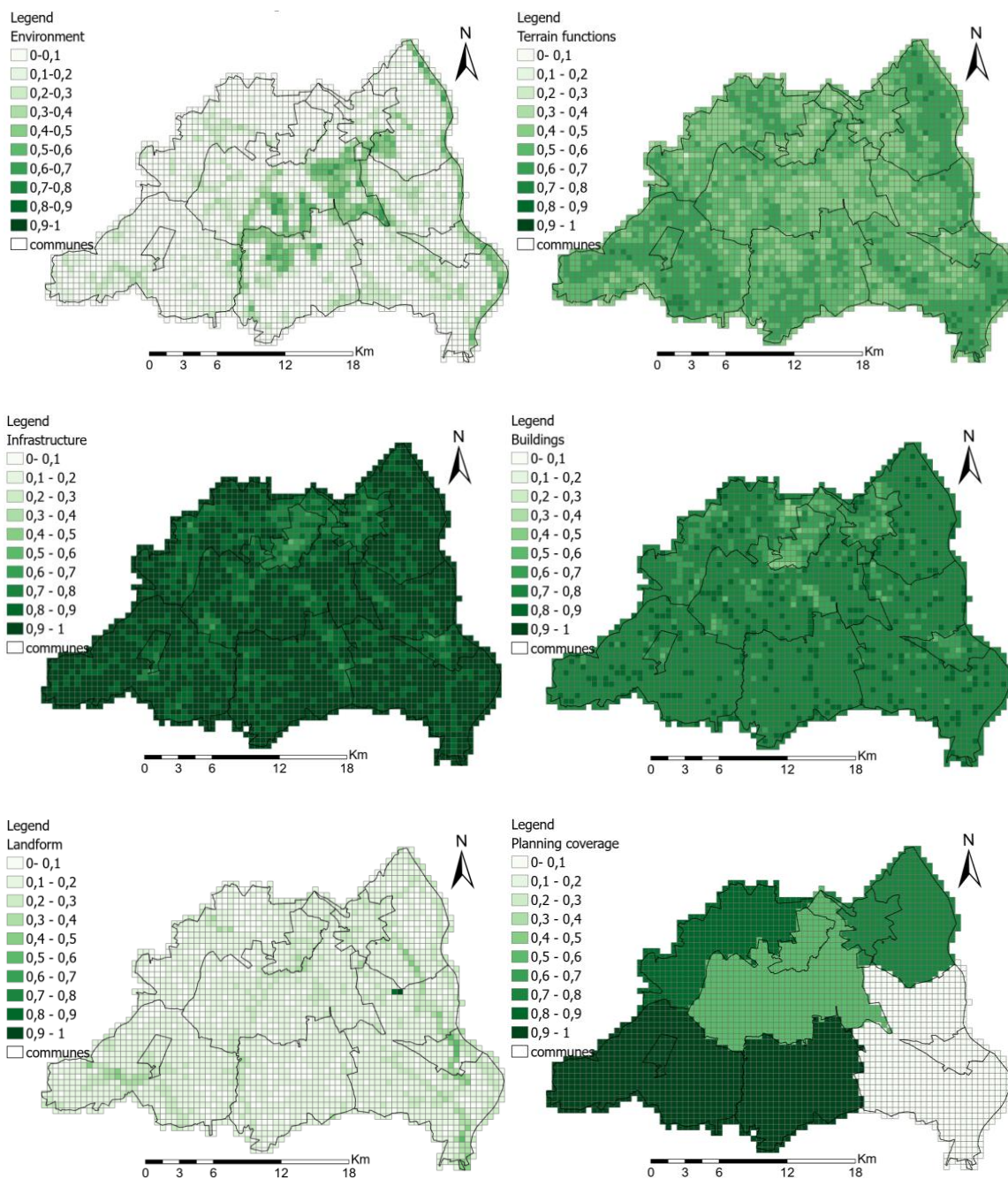


Fig. 5. Visualizations of summary indicators in thematic categories for the Piaseczno powiat in a grid of basic fields. Source: Own study.

Ryc. 5. Wizualizacje wskaźników zbiorczych w kategoriach tematycznych dla powiatu piaseczyńskiego w siatce pól podstawowych. Źródło: Opracowanie własne.



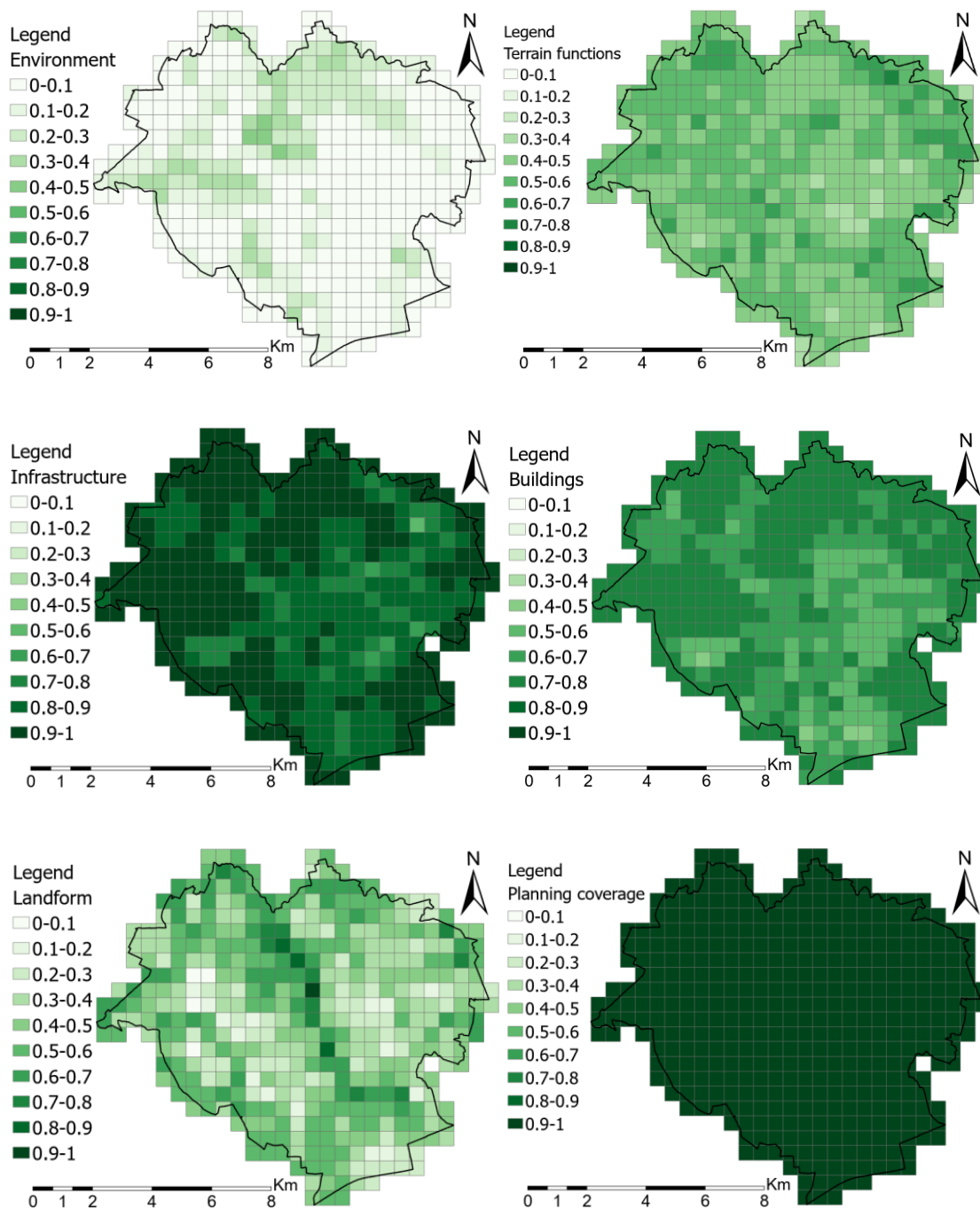


Fig. 6. Visualizations of summary indicators in thematic categories for the Olsztyn city in a grid of basic fields. Source: Own study.

Ryc. 6. Wizualizacje wskaźników sumarycznych w kategoriach tematycznych dla miasta Olsztyna w siatce pól podstawowych. Źródło: Opracowanie własne.

The values of the indicators summarised in Table 3 show the differences due to the type of reference units. The results obtained in the grid for the Piaseczno powiat are more detailed and hence more precise than those calculated within the boundaries of the municipalities.

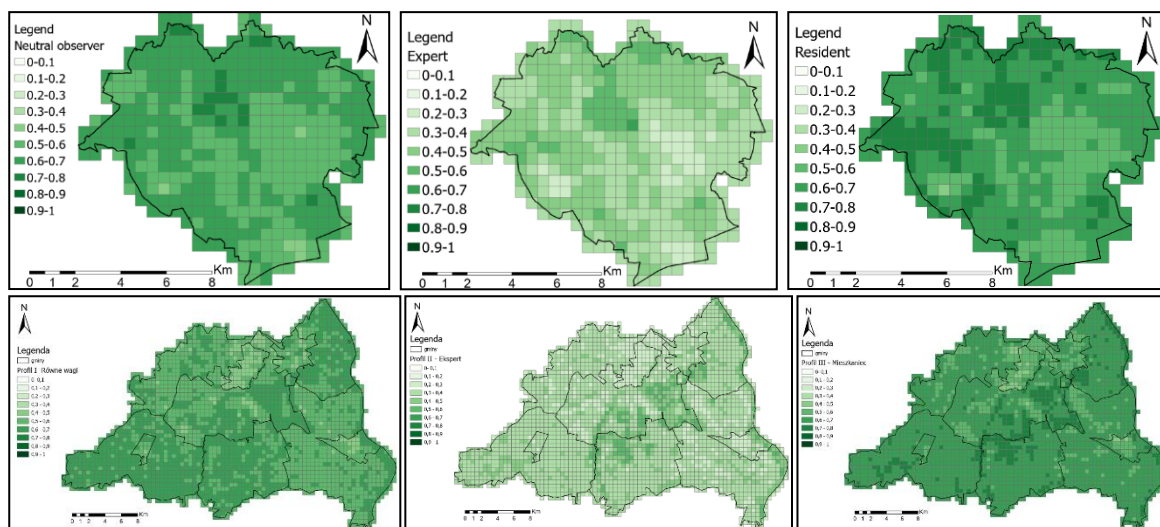


Fig. 7. Visualization of summary indicators of spatial aesthetics for three profiles (neutral observer, expert, resident) for the Olsztyn city (upper) and Piaseczno poviát (lower) as a grid. Source: Own study.

Ryc. 7. Wizualizacja zbiorczych wskaźników estetyki przestrzennej dla trzech profili (obserwator neutralny, ekspert, mieszkaniec) dla miasta Olsztyna (górný) i powiatu piaseczyńskiego (dolny) w postaci siatki. Źródło: Opracowanie własne.

Table 3. Summary of obtained ranges of elementary and summary indicator values for the test areas. Source: Own study.

Tabela 3. Zestawienie uzyskanych zakresów wartości wskaźników elementarnych i sumarycznych dla powierzchni testowych. Źródło: Opracowanie własne.

Indicator	Test area			Units
	Piaseczno poviát		Olsztyn city	
	communes' border	grid	grid	
Relief (vertical differentiation)	25-94	2-61	2-47	m
Average slope	2,14-3,60	0-12	0-10	°
Landscape diversity	9-12	1-9	1-9	
Potential collision	60-125	0-261	0-308	m/ha
Share of agricultural lands	6-43	0-100	0-95	%
Density of land cover boundaries	110-207	0-393	0-418	m/ha
Imperviousness	2-31	0-95	0-88	%
Share of water reservoirs	0,1-8,9	0-94	0-100	%
Density of watercourses	5,4-14,7	0-83	0-45	m/ha
Share of green areas	8-36	0-100	0-100	%
Share of protected areas	0-34	0-100	0-16	%
Number of tall technical structures	5-181	0-29	0-17	
Density of overhead lines	27-98	0-240	0-243	m/ha
Density of the railway network	0,7-14,5	0-160	0-870	m/ha
Density of roads	45-135	0-219	0-238	m/ha
Density of the transport network graph	0-0,0009	0-2	0-1	
Free-access space vs. restricted-access space (share of fenced development)	0,3-6,5	0-95	0-74	%
Free-access space vs. restricted-access space (share of gated residential development)	0,2-4,7	0-64	0-48	%



Indicator	Test area			Units
	Piaseczno powiat		Olsztyn city	
	communes' border	grid	grid	
Share of residential development	6-47	0-90	0-86	%
Share of development	7-60	0-92	0-86	%
Dispersion residential development	0,49-0,70	0-1	0,37-0,96	
Share of industrial development	0,2-7,4	0-72	0-70	%
Average building height	3,5-6,5	0-14	0-16	m
Number of historic buildings	0-1	0-1	0-1	
Planning coverage	27-100	27-100	56	%
Environment	0,02-0,79	0,00-0,65	0,00-0,49	
Terrain functions	0,25-0,73	0,28-0,76	0,35-0,70	
Landform	0,11-0,69	0,00-0,98	0,00-0,90	
Infrastructure	0,25-0,93	0,56-1,00	0,58-1,00	
Buildings	0,13-0,86	0,45-0,90	0,47-0,79	
Planning coverage	0-1	0-1	1	
Neutral observer	0,19-0,74	0,41-0,73	0,48-0,75	
Expert	0,18-0,68	0,21-0,61	0,27-0,62	
Resident	0,20-0,77	0,46-0,78	0,49-0,76	

## 5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The analyses performed show the spatial distribution of measures for evaluating landscape aesthetics. Here, each factor can be interpreted separately by examining its extent and strength in a given area or by combining into categories. The final results obtained depend on the definition of the specific profile and the hierarchy and values given to the measures (Table 3). In this study, they served as an example of the possibility of using GIS tools to build different scenarios.

In the study carried out for both areas, the least restrictive scenario was the one from the resident's point of view, where relatively high scores were obtained. In contrast, the lowest scores for spatial aesthetics were obtained for the expert approach, where factors related to the preservation of the natural character of the environment were most important. Natural richness increases the attractiveness of the surroundings, while anthropogenically altered areas as less preferred are a factor adversely affecting the perception and evaluation of spatial aesthetics. Diverse areas with a noticeable variety of geocomplexes have the greatest value, which is also confirmed by other studies (Śleszyński 2000, Śleszyński 2021). The lowest scores are given mainly to highly transformed, urbanized areas and city centres, as demonstrated by Zhang et al. (2022). Large sealing of the area, intensity of technical infrastructure, barriers limiting movement and dense buildings also give low indicators of aesthetic values. Surroundings rich in vegetation, water reservoirs, which have a unique character, improve landscape aesthetics, which is also important by Kistowski (2007) and Hansen et al. (2021).

The presented methodology shows an indicator-based approach to analysing spatial aesthetics and landscape attractiveness with the possibility of adjusting the relevance of individual criteria to the observer's preferences and building profiled approaches. The analyses made it possible to present in the form of maps and tables the values of landscape aesthetics indicators in the surveyed areas. The use of a grid of basic fields allows the spatial distribution of measures to be presented in detail without averaging the indicators to the administrative boundaries of the municipality, and also makes it possible to present the variation within the municipality or city. Jakiel (2015) distinguishes three

types of basic fields: natural, also called natural (most often they are geocomplexes), administrative (constituting the boundaries of communes or other units) and geometric (evenly located, e.g. squares, hexagons) and marked (after Kistowski, 1997) that the selection of the assessment field is one of the basic problems of all procedures for assessing spatial phenomena. This study demonstrated the usefulness of spatial analyses, calculations and visualisations in a 500m mesh basic field grid as optimal for analysing spatial aesthetics. Open spatial data allows easy and versatile use for such analyses in GIS tools with recommendations as below:

- Vector data can be recommended for counting objects or determining length, occupancy percentage of an area;
- Elevation data is recommended for calculating elevations and slopes and other derived products related to relief or elevation silhouette;
- Raster data from converted satellite imagery is a good source if the detail and timeliness is adequate;
- Statistical data from the LDB collected for municipalities will not work well in grid-based basic field analyses.

It would be convenient to use a single data source, but this is not possible due to the type of information recorded in the different datasets. Hence, it is advisable to reach out to different resources and databases considering the type of data and the methodology used to produce them.

## **METODA WSKAŹNIKOWA ANALIZY ESTETYKI Z WYKORZYSTANIEM ZBIORÓW DANYCH PRZESTRZENNYCH**

### **1. WSTĘP**

Coraz częściej podejmowane są działania związane z planowaniem przestrzennym w celu zapewnienia zrównoważonego rozwoju naszego otoczenia, które cały czas się zmienia ze względu na rozwój cywilizacyjny, społeczny i gospodarczy. Jest to jedno z trudniejszych wyzwań stawianych przed naszą społecznością, gdyż trudno jest spełnić oczekiwania różnych grup i może dochodzić do konfliktów w kontekście postrzegania otoczenia i przestrzeni, które budują krajobraz.

Krajobraz, najogólniej rozumiany jest jako przestrzeń, której składowymi są wszystkie elementy naszego otoczenia, w tym również niematerialne (np. dźwięki, zapachy), które wzajemnie na siebie oddziałują tworząc pewną całość. W literaturze jest wiele wyjaśnień i charakterystyk tej szeroko stosowanej definicji (Kulczyk, 2013, Makarow i in., 2010, Mahan, Mansouri, 2017). Markow (2010) zwraca uwagę na to, że żyjemy nie tylko w danym środowisku, jego fizycznej rzeczywistości, ale również w naszym postrzeganiu tej przestrzeni, w tym także krajobrazu. Zhang, i in. (2022) definiują krajobraz jako strefę, w której człowiek jest zaangażowany w zjawiska związane bezpośrednio ze środowiskiem przyrodniczym, jako ważny element oddziałujący na jakość życia. Krajobraz składa się z atrybutów, które są kompleksowym zestawem odrębnych cech biofizycznych. Mahan i Mansouri (2017) określają człowieka i środowisko jako podstawowe jego elementy, z których żaden nie może zostać wykluczony. W Europejskiej Konwencji (2000) natomiast znajdujemy następujące objaśnienie tego pojęcia: „„krajobraz” znaczy obszar, postrzegany przez ludzi, którego charakter jest wynikiem działania i interakcji czynników przyrodniczych i/lub ludzkich”. Na dalszych etapach prowadzonych prac posłużono się tą właśnie definicją.

Podobnym, ale nietożsamym pojęciem jest ład przestrzenny, który odnosi się do harmonijnego, zorganizowanego ukształtowania przestrzeni. Izdebski (2013) charakteryzuje ład jako pewien porządek przestrzenny, gdzie składowe zostały zorganizowane na podstawie wprowadzenia odpowiednich reguł rządzących relacjami estetyki, porządku, a także harmonii. Ład przestrzenny ma duży wpływ zarówno na jakość życia mieszkańców, jak i stan środowiska naturalnego. Opozycją do niego jest chaos w przestrzeni, który niesie negatywne skutki, tereny stają się dysfunkcjonalne i niespójne. Kształtowanie ładu jest zadaniem długotrwałym, które wymaga zaplanowania w czasie. Dla podniesienia efektywności tego procesu otoczenie musi zostać zinwentaryzowane i przeanalizowane pod względem różnych aspektów. Jednym z nich jest estetyka przestrzeni, która jednak jest pojęciem subiektywnym, przez co nie ma jednoznacznej metodyki do jej oceny. Hansen i Macedo (2021) podają, że „estetyka krajobrazu to wizualna jakość lub piękno połączonych elementów krajobrazu”. To, jak odbierana jest dana przestrzeń, zależy od panujących norm społecznych, przyzwyczajzeń oraz trendów. Oceniając wizualną wartość krajobrazu, analizujemy szereg jego atrybutów, które są trudne do identyfikacji, klasyfikacji oraz integracji do ogólnej oceny (Zhang, Zheng, Wang, 2022). W działaniach planistycznych powinniśmy dążyć do pewnej doskonałości estetycznej przestrzeni, która ma spełniać interesy publiczne społeczności, jej główne preferencje dotyczące otoczenia i aspekty przestrzeni wpływające na jej odbiór, jednocześnie zwracając uwagę na ochronę obszarów cennych przyrodniczo. Jak podkreśla Gałęcka-Drozda i in. (2018) aspekty percepcyjne i kompozycyjne otoczenia mają wpływ na poczucie przywiązania do miejsca oraz jego akceptację społeczną. Stąd, istotne jest prowadzenie analiz dla jednostek niższego rzędu, lokalnych obszarów stanowiących „codzienne” otoczenie obserwatora. Dobór kryteriów do analiz powinien być elastyczny, uwzględniać specyfikę krajobrazu oraz uwarunkowania lokalne.

### 1.1. Metody oceny estetyki przestrzeni

Przegląd literatury przedmiotu wskazuje, że zagadnienie związane z oceną estetyki krajobrazu było podejmowane wielokrotnie z konkluzją konieczności uwzględniania tego aspektu przy racjonalnym gospodarowaniu przestrzenią (Myga-Piątek, 2007). We współczesnych badaniach poszukuje się metodyki, która pozwoli na określenie estetyki krajobrazu w sposób mierzalny na podstawie dostępnych danych.

Podhorecka (2016) przeprowadziła badania na podstawie zdjęć przedstawiających krajobrazy terenów różnorodnych po względem ukształtowania. Metodyka proponowanych badań opierała się na ocenie krajobrazów na dziesięciu zdjęciach, które pochodziły z internetowej strony rządowej i mają „promować Polskę”, jej walory przyrodnicze. Ankietowanymi była grupa ponad stu siedemdziesięciu studentów z kraju i zagranicy. Możliwa było nadawanie ocen w skali od jeden do pięciu z dodaniem własnych komentarzy. Autorka podkreśla subiektywność przeprowadzonej próby ze względu na dobór zdjęć jako wycinka (fragmentu) przestrzeni oraz preferencje i upodobania respondentów w ich własnej perspektywie. Jakiel (2015) natomiast zastosował do oceny wartości wizualnych przestrzeni metodę bonitacji punktowej w siatce kwadratów z uwzględnieniem wybranych kryteriów. Wyznaczono pięć klas atrakcyjności, które przedstawiono przestrzennie na mapach. Kryteria, które zostały podzielone na pięć grup: rzeźba terenu, typ pokrycia terenu, występowanie wód, zróżnicowanie krajobrazu oraz pozostałe obiekty antropogeniczne. Każdy ze wskaźników otrzymał odpowiednią liczbę punktów w zależności od jego obliczonej wartości. Najmniejsze noty otrzymały tereny odznaczające się negatywną działalnością człowieka, a najwyższe z widoczną dużą różnorodnością geokompleksów oraz znaczącym nachyleniem (Jakiel, 2015).

Zhang i in. (2022) przedstawił podejście, w którym wskazane są wskaźniki estetyki krajobrazu z integracją atrybutów obiektywnych i subiektywnych upodobań. Autorzy zaproponowali czteropoziomą hierarchiczną strukturę wskaźników, która obejmuje cechy krajobrazu, atrybuty, jakość poszczególnych komponentów oraz ogólną jakość wizualną otoczenia. Ogólna estetyka krajobrazu stanowiła wagowe zsumowanie wyników dla wskaźników związanych z roślinnością oraz obszarami

wód. Z kolei Kistowski (2007) zaproponował metodykę delimitacji jednostek przestrzennych krajobrazu oraz oceny jego estetyki podkreślając, że przy organizacji ładu przestrzennego warunki kompozycyjno-estetyczne są w najwyższym stopniu wartościowe, subiektywne oraz niestabilne w czasie. Analizy oparł na połączeniu cech kulturowych i środowiskowych oraz struktury wewnętrznej przestrzeni, gdzie dla wartości poszczególnych cech krajobrazu przypisano oceny w a priori przyjętej skali. Noty były przyznawane na podstawie takich kryteriów jak stan zachowania, różnorodność, wyrazistość, harmonijność oraz atrakcyjność dla przebywania ludzi. Cechy związane z podłożem geologicznym uznano za dwa razy mniej istotne niż pozostałe. Dla jednostek krajobrazowych poszczególnych typów wyznaczono średnie oceny na podstawie wartości poszczególnych wskaźników. Najniższe noty osiągnięto w obrębach miast, terenów uprzemysłowionych i chaotycznej suburbanizacji (Kistowski, 2007). Śleszyński (2021) zaproponował nowatorską strategię opierającą się na syntezie metodyki ogólnej oceny atrakcyjności przestrzeni oraz pola widzenia z konkretnej lokalizacji. Poszczególne fragmenty typów krajobrazu widziane są proporcjonalnie do ich powierzchni oraz do wartości wskaźnika atrakcyjności wizualnej. Ogólna ocena atrakcyjności opierała się na podejściu wskaźnikowym, w którym badano różnorodność obszaru, zróżnicowanie kontrastu granic krajobrazowych, zróżnicowanie pionowe rzeźby terenu, wysokość warstw roślinności, bogactwo gatunków roślinności oraz negatywne oddziaływanie działań człowieka. Wartości dla tych kryteriów obliczano, zsumowano i znormalizowano w podziale na dziewięć wyznaczonych geokompleksów. Zaproponowana metodyka jest interesująca, ponieważ łączy zastosowanie uniwersalnych wskaźników do oceny estetyki przestrzeni z dodatkowym uwzględnieniem zasięgu pola widzenia oraz odległości obserwowanych zjawisk i obiektów. Kowalczyk (2021) proponuje badania dwuetapowe, pierwszy etap opiera się na wskaźnikowej ocenie wartości estetycznych przestrzeni, a drugi na wskazaniu pozytywnych oraz negatywnych wzorców, co ma wspomóc poprawę terenów z najsłabszymi wynikami. Badania przeprowadzone na terenie Wieliczki z wyznaczonymi wnętrzami krajobrazowo-urbanistyczne wskazały najniżej ocenione lokalizacje na obrzeżach centrum, głównie okolice parkingów.

W pracach związanych z oceną wartości estetycznych przestrzeni bardzo często stosowana jest metodyka wskaźnikowa (Śleszyński, 2013, 2021; Kowalczyk 2021; Chmielewski i in. 2018; Jakiel, 2015; Kistowski, 2007). Ze względu na dużą liczbę czynników, które decydują o tym, jak odbierana jest przestrzeń, jest to metoda, która pozwala rozpatrywać rozmieszczenie przestrzenne każdego wskaźnika oddzielnie. Metoda ta pozwala również na ich grupowanie i sumowanie z nadaniem wag w zależności od przyjętej hierarchii czy priorytetów. W badaniach nad oceną estetyki przestrzeni kluczowe jest określenie atrybutów (cech), które mogą to zjawisko definiować. Istotną kwestią jest zdefiniowanie i określenie ilościowo cech badanego krajobrazu, które stanowią jego charakterystykę oraz odnoszą się do ludzkiego postrzegania (Tveit i in., 2006). Warto zatem uwzględnić charakter analizowanej przestrzeni, ponieważ nie w każdym rejonie, te same atrybuty będą tak samo skutecznie służyć ocenie. Wskaźniki powinny być dobierane w zależności od występujących form pokrycia terenu, czynników antropogenicznych, elementów naturalnych, funkcji terenu oraz panujących w danym regionie norm społecznych i trendów. Aby uniknąć subiektywizmu w doborze wskaźników warto posłużyć się jasno określoną metodyką jak to ma miejsce m.in. w audycie krajobrazowym (Solon i in. 2013, Chmielewski i in. 2015).

Propozycję kompleksowej koncepcji wskaźników zagospodarowania i ładu przestrzennego podał Śleszyński w rozważaniach teoretycznych (Śleszyński, 2013) oraz w praktycznym zastosowaniu (Śleszyński, 2021) w odniesieniu do jednostek podziału administracyjnego tj. gmin i powiatów. Takie podejście jest skuteczne w rozważaniu i porównywaniu dużych obszarów jak województwa, regiony czy w skali całego kraju. Natomiast dla mniejszych obszarów jak miasto czy pojedyncza gmina nie będzie zróżnicowania przestrzennego wskaźników ze względu na odniesienie wartości wskaźników do obszaru gminy (Cuprjak M., Pluto-Kossakowska J., 2022). Kowalczyk (2021) zwraca uwagę na konieczność doboru odpowiedniej jednostki odniesienia, aby analizy w rozpatrywanej tematyce były efektywne. Dlatego ważne jest opracowanie podejścia umożliwiającego wskazanie zmienności wskaźników wewnątrz terytorium miasta lub gminy i porównanie z innymi obszarami. Jedną z metod jest wykorzystanie siatki pól podstawowych i obliczenie miar z dostępnych źródeł danych przestrzennych.

## 1.2. Cel i zakres badań

Celem badań było zaproponowanie i przetestowanie metodyki oceny estetyki przestrzeni z wykorzystaniem pól podstawowych np. siatki kwadratów, a następnie porównanie ze wskaźnikami wyznaczonymi do granic administracyjnych gmin. Założeniem prowadzonych badań jest maksymalne wykorzystanie różnych zbiorów danych przestrzennych i sprawdzenie ich możliwości oraz narzędzi GIS zarówno analitycznych jak i wizualizacyjnych. Ocenę estetyki przestrzeni wykonano podejściem analizy wielokryterialnej (Greene i in. 2011). Wykorzystywane w takiej analizie kryteria (tu: wskaźniki) odnoszą się do atrybutów krajobrazu, które umożliwiają ocenę jego struktury i elementów składowych. Pozwala to na analizę każdego z tych aspektów osobno, w grupach tematycznych oraz całościowo. Istotnym elementem metodyki od strony implementacyjnej są same zbiory danych przestrzennych, którym poświęcono odrębne rozważania.

## 2. ŹRÓDŁA DANYCH

Dobór danych do oceny estetyki przestrzeni zależy od wybranej metodyki oceny, zakresu obszarowego i tematycznego. W zależności od tego, jakie aspekty krajobrazu są badane i w jakiej skali, określany jest charakter i typ danych. Dlatego niezbędna jest szczegółowa analiza zbiorów danych odwołująca się do metodyki ich pozyskiwania, klasyfikacji i definicji obiektów w niej reprezentowanych. Dla zapewnienia jednolitości i porównywalności wyników, należy stosować te same bazy danych dla wszystkich opracowywanych terenów (Śleszyński, 2013). Ponadto bazy danych powinny być jak najbardziej aktualne o odpowiedniej dokładności i wiarygodności. Wykorzystanie danych przestrzennych oraz narzędzi GIS pozwala na automatyzację procesów, a także na przyspieszenie i prowadzenie działań na większym obszarze. W technologii GIS najczęstszym źródłem danych do analiz są wektorowe i rastrowe dane przestrzenne uzupełniane danymi statystycznymi (Michalska Z., Pluto-Kossakowska J., 2022).

Podstawowymi źródłami danych do analiz przestrzennych do analiz w skali gminy lub miasta są ogólnodostępne wektorowe bazy danych przestrzennych. Jedną z nich jest rządowa Baza Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k, która zawiera przestrzenne rozmieszczenie obiektów topograficznych uzupełnione o atrybuty opisowe (ryc.. 1a). Jest to baza opracowana dla całego kraju, odpowiadająca szczegółowości geometrycznej i tematycznej mapy topograficznej w skali 1:10000 (GUGiK, 2023). Kolejną bazą w otwartym dostępie jest OpenStreetMap (OSM). Jest to zbiór danych przestrzennych tworzony dla całego świata przez wolontariuszy, który jest edytowany na bieżąco i udostępniany nieodpłatnie (OSM, 2023). Projekt ten stale się rozwija i dostarcza danych o obiektach topograficznych zdefiniowanych i skategoryzowanych w określonych strukturach (Wiki OSM, 2023) tworząc swoisty cyfrowy bliźniak w ujęciu geograficznym (ryc.. 1b). Jest to rozbudowana koncepcyjnie baza danych przestrzennych stanowiąca dobre uzupełnienie innych baz danych np. BDOT10k, a dla niektórych obszarów Ziemi jedynym źródłem danych przestrzennych. Wektorowe bazy danych mogą posłużyć do selekcji konkretnych klas obiektów i ich zliczenia, obliczenia długości, powierzchni, udziału procentowego lub gęstości w analizowanym obszarze.

Istotnym źródłem danych ze względu na swoją szczegółowość i aktualność są zobrazowania lotnicze udostępniane m.in. przez Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej (geoportal.gov.pl) lub geoportale miejskie prowadzone przez urzędy miast. Obecnie wiele produktów w postaci ortofotomapy ma rozdzielczość przestrzenną na poziomie 5 cm (GUGiK, 2023). Mogą służyć do pozyskania szczegółowej informacji tematycznej metodami fotointerpretacji i coraz częściej stosowanych metodami uczenia maszynowego (Pluto-Kossakowska J. 2020). W grupie danych obrazowych są także zdjęcia satelitarne dostępne nieodpłatnie (np. w programie Landsat czy Copernicus) lub komercyjnie (np. Planet). Dane te ze względu na częstotliwość pozyskiwania są znakomitym źródłem danych do analiz wieloczasowych. Łatwiej jednak korzystać z gotowych produktów będących przetworzeniem źródłowych danych satelitarnych, które mogą wspomóc analizę cech krajobrazu. W ramach programu Copernicus jednym z takich produktów jest warstwa nieprzepuszczalności (ang. imperviousness), która przedstawia stopień zasklepienia terenu (ryc.. 1c). Obszary nieprzepuszczalne, to takie, gdzie pierwotne i naturalne pokrycie gleby zostało zastąpione przez sztuczną powierzchnię

utrudniającą wsiąkanie wody (Copernicus, 2023). Warstwa ta oznaczona skrótem HRL (high resolution layer) dostępna jest w siatce 10m x 10m lub zagregowanej do 100m obie w formie rastrowej i aktualne na 2018 roku. Dane te mogą być wykorzystane wprost do obliczenia wskaźnika jak np. średni stopień zasklepienia gleby.

Kolejne źródło ważne przy ocenie krajobrazu to dane wysokościowe, takie jak Numeryczny Model Terenu (NMT), w Polsce dostępne nieodpłatnie poprzez Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej. Podstawowym dostępnym NMT jest model w regularnej siatce kwadratów 1m x 1m, który jest systematycznie aktualizowany na podstawie lotniczego skanowania laserowego (ang. Airborne Laser Scanning - ALS) i udostępniany w formacie rastrowym (ryc. 1d) łatwym do dalszych przekształceń w narzędziach GIS. Podobnym produktem jest NMPT, który stanowi reprezentację powierzchni terenu wraz z obiektami wystającymi ponad grunt, takimi jak: budynki, drzewa, mosty, etc. W geoportalu dostępny jest NMPT w siatce 0,5m x 0,5m na terenach miejskich i 1m x 1m na pozostałym obszarze (GUGiK, 2023). Analiza ukształtowania i rzeźby terenu, nachylenia stoków, czy widoczności ma znaczący wpływ na odbiór i ocenę przestrzeni przez obserwatora. Stąd przydatność tego typu danych przy analizach wymagających wysokości obiektów lub ukształtowania terenu. Nadają się do obliczenia wskaźników takich jak: zróżnicowanie wysokości (relief) czy średnie nachylenie terenu.

Ocenę estetyki krajobrazu można uzupełniać danymi statystycznymi, które mają odniesienie przestrzenne. Jednolitym i spójnym metodycznie źródłem dla całego kraju jest Bank Danych Lokalnych (BDL) prowadzony przez Główny Urząd Statystyczny. BDL oferuje ponad 40 tysięcy cech statystycznych pogrupowanych tematycznie. Pierwsze dane pochodzą z 1995 roku (GUS, 2023) co umożliwia analizy wieloczasowe oraz porównawcze dzięki gotowym narzędziom do analiz geostatystycznych (Portal Geostatystyczny, 2023). Ograniczeniem jest zbieranie danych dla gmin, stąd brak możliwości odniesienia oceny do pól podstawowych czy mniejszych jednostek odniesienia niż gminy.

Jeszcze innym źródłem powinny być informacje uzyskane w trakcie wywiadów terenowych. Ankietyzacji poddawani są mieszkańcy oraz przedstawiciele władz, którzy są odpowiedzialni za nadawanie kształtu przestrzeni. Kwestionariusze są przygotowywane odpowiednio w zależności od celu prowadzonych prac. Dodatkowo w trakcie takich wizji możliwe jest zbieranie danych opisowych o interesujących obiektach (Górczyńska, 2013). W trakcie prac terenowych posiłkowanie się materiałami kartograficznymi, danymi teledetekcyjnymi oraz planistycznymi jest równie ważne jest uwzględnienie opinii lokalnej społeczności (Myga-Piątek, 2007).

Przegląd źródeł danych przestrzennych pokazuje ogromny potencjał w tym zakresie. Stąd warto prowadzić badania nad doborem danych do oceny estetyki krajobrazu oraz ich faktycznych możliwości i ograniczeń.

### 3. METODYKA

Przejęta metoda badawcza opierała się na przeglądzie literatury przedmiotu i wybraniu na jej podstawie istotnych czynników określających estetykę przestrzeni, które można modelować z wykorzystaniem danych przestrzennych. Następnie dokonano przeglądu dostępnych źródeł danych pod kątem definicji wskaźników i możliwości ich obliczania. W kolejnym kroku wybrano obszary badawcze, tak aby przetestować różne metody generowania rozmieszczenia przestrzennego czynników i użycia ich jako kryteriów do oceny estetyki dla dwóch typów jednostek administracyjnych tj. powiatu i miasta wojewódzkiego. Część eksperymentalna dotycząca obliczeń, przetwarzania i wizualizacji danych została przeprowadzona narzędziami dostępnymi w oprogramowaniu ArcGIS Pro. Podstawowe etapy metodyki przedstawiono na ryc. 2.

Przegląd literatury (Blachowski i in. 2015, Chmielewski i in. 2018, De la Fuente de Val 2006, Górczyńska 2013, Kistowski 2007, Kowalczyk 2021, Solon i in. 2013, Zhang 2022) pozwolił wybrać i zdefiniować wskaźniki, które mogą posłużyć do wskazania cech estetycznych krajobrazu oraz jego oceny z wykorzystaniem istniejących zbiorów danych przestrzennych. Przy ich doborze i selekcji



kierowano się definicjami podawanymi przez autorów, częstotliwością wykorzystania w pracach o podobnej tematyce, dostępnością i różnorodnością danych oraz możliwością zastosowania dla różnych regionów Polski. Wybrano 25 wskaźników, dla których zaadoptowano istniejące definicje oraz opracowano wzory matematyczne określające sposób ich wyliczenia z dostępnych źródeł danych (Cupriak M., 2022). Wyselekcjonowany zbiór prezentuje różne czynniki mające wpływ na ocenę estetyki. Wskaźniki te zgrupowano w pięć kategorii tj.: środowisko, infrastruktura, zabudowa, funkcje terenu, ukształtowanie terenu oraz pokrycie planistyczne. Pełną listę wskaźników i danych źródłowych do ich wyznaczenia prezentuje tabela 1. Przedstawiona lista nie wyczerpuje pełnego zakresu wskaźników, które można wykorzystać w badaniach, ale charakteryzuje analizowaną przestrzeń pod różnym kątem i wykorzystuje odmienne źródła danych. W zestawie wskaźników są zarówno elementy, które pozytywnie wpływają na odbiór otoczenia, jak i negatywnie. Za pozytywne uznano przede wszystkim wskaźniki ukazujące naturalny charakter otoczenia, jego zróżnicowanie oraz bogactwo przyrodnicze, a za negatywne te, które odznaczają się wysokim poziomem ingerencji człowieka w środowisko i jego silnym przekształcaniem.

Każdy z mierników pozwala ocenić dany aspekt terenu na podstawie konkretnych obiektów przestrzennych lub ich atrybutów. Wartości wskaźników są uzyskiwane w postaci łatwych do interpretacji jednostek np. liczność, udział procentowy, stopnie, metry na hektar itp. Zaproponowany zbiór ma zapewnić wieloaspektowy opis przestrzeni poprzez walory estetyczne z uwzględnieniem dostępu do danych przestrzennych.

### 3.1. Zbiory danych i obszar badawczy

W badaniach zaproponowano metodykę obliczenia wskaźników na podstawie dostępnych zbiorów danych przestrzennych w tym BDOT10k, OSM, NMT, BDL oraz dane o nieprzepuszczalności z serwisu Copernicus. Przetestowano ją na wybranych obszarach badawczych tj. powiatu piaseczyńskiego (z podziałem na gminy) oraz miasta Olsztyn jako jednej jednostki statystycznej. Powiat piaseczyński znajduje się w centralnej części kraju, na terenach nizinnych i zajmuje powierzchnię ponad 621 km<sup>2</sup>. Wybrano go ze względu na jego różnorodność. Reprezentuje obszary typowo miejskie z dobrze rozwiniętą infrastrukturą, ale również wiejskie z niską zabudową, polami uprawnymi oraz zalesione. W jego obszarze są gminy o zróżnicowanym charakterze, zarówno wiejskie, jak i miejsko-wiejskie. Miasto Olsztyn natomiast położone jest w północno-wschodniej części Polski, na obszarze pojezierzy i obejmuje powierzchnię prawie 90 km<sup>2</sup>. Oprócz typowego krajobrazu dla przestrzeni miejskich, jak gęsta zabudowa mieszkaniowa, infrastruktura oraz obiekty przemysłowe, w granicach Olsztyna znajduje się wiele jezior oraz terenów leśnych. Wybrano je ze względu na odmienną geograficzną i funkcjonalną. Umożliwiło to przetestowanie proponowanego podejścia także dla miasta jako wydzielonej jednostki samorządowej, z odmienną niż powiat strukturą, pokryciem terenu i typem użytkowania. Pozwoliło to również sprawdzić, czy wszystkie zaproponowane wskaźniki są możliwe do obliczenia w różnych geograficznie regionach kraju.

### 3.2. Siatka pól podstawowych

Dla każdego ze wskaźników zaadaptowano lub przygotowano formułę matematyczną, która pozwala na wyznaczenie jego wartości na podstawie dostępnych danych w odniesieniu do pól podstawowych. Wygenerowano siatki o komórkach wielkości 100m x 100m, 500m x 500m oraz 1000m x 1000m. Po wyliczeniu wartości dla jednego ze wskaźników (udział terenów zielonych) w siatkach wszystkich rozmiarów porównano wyniki z danymi wektorowymi i ortofotomapą. Analiza porównawcza rozmieszczenia obiektów przestrzennych w siatce wykazała, że kwadraty 500m x 500m będą najbardziej odpowiednie dla przyjętego zakresu prac i obszaru powiatu i miasta wojewódzkiego (ryc. 3).

Bardziej rozdrobione pola (100m x 100m) nie dawały istotnych różnic w wynikach dla testowanego wskaźnika w skali miasta i powiatu, a jednocześnie proces obliczeniowy wydłużał się i generował duży wolumen danych. Z kolei zbyt duże oczka siatki (1000m x 1000m) dawały obraz zgeneralizowany, nie wykorzystujący potencjału danych i nie dający możliwości szczegółowej analizy obszaru. Siatka o oczku 500m x 500m daje możliwość obliczenia danego wskaźnika i zaprezentowania jego przestrzennego zróżnicowania (ryc. 3). Wyjątkiem jest tu wskaźnik pokrycia dokumentami planistycznymi. Ze względu na źródło danych tj. BDL prezentacja przestrzenna w siatce dla gminy/miasta

traci sens, nie mniej jednak dla powiatu można ten wskaźnik uwzględnić w obliczeniu wskaźnika sumarycznego.

### 3.3. Profile i priorytetyzacja wskaźników

Zaproponowano trzy profile obserwatorów oceniających krajobraz, z których każdy pokazuje spojrzenie z odmiennej perspektywy: mieszkańiec, ekspert i obserwator neutralny. Obserwator neutralny przedstawia perspektywę, w której wszystkie stawiane kryteria są równie istotne. Pojedyncze wskaźniki, atrybuty tak samo wpływają na odbiór przestrzeni. Nie ma tu różnicowania ważności cech krajobrazu. W przypadku eksperta analizowane wskaźniki zostały poddane hierarchizacji w zależności od przyjętych założeń. Przy tym scenariuszu główny nacisk położono na aspekty związane z naturalnym charakterem krajobrazu, zachowaniem pierwotnego środowiska, spójnością jego części składowych. Otoczenie zbiorników wodnych, roślinności zieleni oraz urozmaiconą rzeźbą terenu uznane zostały za najbardziej pożądane w tym przypadku. Ostatni z profili odnosi się do postrzegania otoczenia z punktu widzenia mieszkańca danej okolicy. W tym profilu większy nacisk kładziony jest na odbiór przestrzeni przez pryzmat obiektów antropogenicznych, głównie zabudowy i elementów infrastruktury technicznej. Skupiono się tu głównie na tym, jak silnie dany teren został przekształcony przez człowieka i jaki ma to wpływ na ocenę wizualną otoczenia. Na podstawie definicji trzech profili tj. mieszkańca, eksperta i obserwatora neutralnego dokonano hierarchizacji wskaźników w zależności od przyjmowanych priorytetów oraz istotności określonych zjawisk dla profilu. Poszczególnym kategoriom tematycznym nadano wagi dla każdego z profili (tabela 2) metodą AHP tj. analitycznego przetwarzania hierarchii (ang. Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1987). Jest to podejście umożliwiające budowanie różnych scenariuszy i zostało w tym badaniu wykorzystane do zaprezentowania jako przykład różnych perspektyw oceniania estetyki przestrzeni. Kolejny etap obejmował standaryzację uzyskanych wartości do jednolitej skali (0; 1) oraz łączenie wskaźników metodą ważonej kombinacji liniowej (WLC) (Malczewski, Jaroszewicz, 2018) co w rezultacie dało sumaryczny (globalny) wskaźnik uwzględniający wszystkie pojedyncze wskaźniki w opisanych kategoriach.

## 4. WYNIKI

Zaprojektowano procesy i obliczono wskaźniki oceny estetyki przestrzeni pojedyncze, tematyczne w sześciu kategoriach oraz wskaźniki sumaryczne dla trzech profili. Rozkład przestrzenny otrzymanych rezultatów przedstawiono w formie wizualizacji kartograficznych dla obszarów badawczych tj. powiatu piaseczyńskiego i miasta Olsztyn. W celu porównania dwóch wariantów pól odniesienia na ryc. 4 zaprezentowano wybrane wskaźniki dla powiatu piaseczyńskiego: rzeźba terenu (różnicowanie pionowe), potencjalna kolizyjność, udział terenów zieleni, gęstość sieci kolejowej, udział zabudowy w powierzchni ogólnej. Wizualizacje wskazują na większą szczegółowość opracowania w siatce grid i możliwości wskazania konkretnych obszarów wewnątrz gmin korzystnej lub niekorzystnej wartości wskaźnika. Szczególnie widoczne jest to w przypadku obiektów liniowych, które czasem w niewielkiej części pokrywają gminę. W takim przypadku, gdy obiekty są małoliczne (niezależnie czy korzystne czy niekorzystne) wskaźnik liczony dla całej gminy nie obrazuje pełnej sytuacji w terenie.

Kolejna obserwacja dotyczy danych źródłowych. Wektorowa baza danych BDOT10k prezentuje wiele klas obiektów, w tym budynki, sieć drogową czy pokrycie terenu. Nie są to jednak wszystkie klasy niezbędne do oceny estetyki przestrzeni. Różnego rodzaju bariery, w tym ogrodzenia można pozyskać jedynie z OSM, która w tym przypadku stanowi uzupełnienie rzeczywistej informacji o terenie. Dla innych obiektów warto porównać obie bazy danych ze względu na ich aktualność: OSM aktualizowany na bieżąco, BDOT10k w cyklu pięcioletnim. Korzystanie z obu baz nie jest poręczne, ale czasem niezbędne, jeśli obliczane wskaźniki mają oddać „prawdę terenową” i być wiarygodne. Kolejny typ danych to obrazy rastrowe nieprzepuszczalności przekształcone ze zdjęć satelitarnych. Ich szczegółowość prezentowana jako gęstość zasklepienia w siatce 10m x 10m jest wystarczająca do obliczenia wskaźnika agregującego wartości z produktu podstawowego do siatki 500m x 500m. Tutaj znów jednak należy wspomnieć o aktualności z 2018 roku i ograniczeniu w wykorzystaniu dla obszarów, które podlegają bardzo intensywnemu rozwojowi i zabudowie. Dla danych modelujących rzeźbę terenu jak NMT opracowane ze skanowania laserowego takiego ograniczenia nie ma. Po

pierwsze są często aktualizowane, a po drugie rzeźba terenu nie ulega tak dynamicznym przekształceniom. Zatem to źródło danych wypada najlepiej pod kątem aktualności i szczegółowości do oceny estetyki przestrzeni.

Wizualizacje sumarycznych wskaźników dla powiatu piaseczyńskiego we wszystkich kategoriach przedstawiono na ryc. 5, a dla miasta Olsztyn ryc. 6. Dla obu obszarów problematycznym jest wskaźnik pokrycia dokumentami planistycznymi ze względu na źródło danych tj. BDL. Rekomendacją innego źródła może być Geoportal Krajowy (Geoportal Krajowy, 2023), jeśli warstwa informacyjna dotycząca zasięgów dokumentów planistycznych byłaby udostępniona w formie usługi pobierania danych np. WFS (web feature service).

W kolejnym etapie wszystkie uzyskane wyniki poddano standaryzacji, tak aby były one wyrażone w tej samej skali. Wartości poddano normalizacji przy wykorzystaniu funkcji liniowej min-max. Dzięki temu wszystkie wyniki dla poszczególnych kryteriów zostały wyrażone w przedziale od 0 do 1. Im większa wartość, tym ocena estetyki przestrzeni jest wyższa. Dało to możliwość porównywania wartości wskaźników między sobą oraz ich wagowania i sumowania. Zagregowano wskaźniki w grupach tematycznych wraz z wyznaczonymi wagami dla każdego z trzech profili. Następnie obliczono globalne wskaźniki oceny atrakcyjności przestrzeni łącząc wyniki ze wszystkich kategorii. Pola z wartościami bliskimi 1 reprezentują obszary o najwyższej atrakcyjności. Wyniki sprofilowanych wskaźników globalnych dla Olsztyna podobnie jak dla powiatu piaseczyńskiego (ryc. 7), wykazują zależność od przyjętego podejścia i hierarchii cech estetyki przestrzeni. We wszystkich trzech wariantach najbardziej atrakcyjnym krajobrazem charakteryzują się obszary naturalne, głównie lasy oraz zbiorniki wodne. Najniższe wartości wskaźników globalnych otrzymały tereny gęstej zabudowy mieszkaniowej, przemysłowej i infrastruktury technicznej. Jest to pewna oczywistość, ale to, co badanie istotnie wykazało, to możliwość wykonania obliczeń i wartościowania wskaźników w siatce pól podstawowych (ryc. 6). Wartości wskaźników zestawione w tabeli 3 prezentują różnice wynikające z typu jednostek odniesienia. Wyniki otrzymane w siatce grid dla powiatu piaseczyńskiego są bardziej szczegółowe, a tym samym bardziej precyzyjne niż obliczone w granicach gmin.

## 5. Dyskusja i Podsumowanie

Wykonane analizy pokazują rozmieszczenie przestrzenne miar oceny estetyki krajobrazu. Każdy czynnik można tu interpretować oddzielnie, badając jego zasięg oraz siłę w danym rejonie lub poprzez łączenie w kategorie. Uzyskane końcowe wyniki zależą od definicji konkretnego profilu oraz nadanej hierarchii i wartości miar. W niniejszym badaniu posłużyły jako przykład możliwości wykorzystania narzędzi GIS w celu budowania różnych scenariuszy.

W przeprowadzonych badaniach dla obu obszarów najmniej restrykcyjny okazał się scenariusz z punktu widzenia mieszkańca, gdzie uzyskano stosunkowo wysokie oceny. Najniższe noty dotyczące estetyki przestrzeni natomiast otrzymano w przypadku podejścia eksperta, gdzie najistotniejsze były czynniki związane z zachowaniem naturalnego charakteru środowiska. Bogactwo przyrodnicze zwiększa atrakcyjność otoczenia, natomiast obszary antropogenicznie zmienione jako mniej preferowane są czynnikiem wpływającym niekorzystnie na percepcję i ocenę estetyki przestrzeni. Największe walory posiadają tereny różnorodne, na których zauważalne jest urozmaicenie geokompleksów, co również potwierdzają inne badania (Śleszyński 2000, Śleszyński 2021). Również zróżnicowanie rzeźby terenu znacząco podnosi jakość estetyczną. Najniższe noty zyskują przede wszystkim tereny silnie przekształcone, zurbanizowane i centra miast, jak wykazali Zhang i in. (2022). Duże zasklepienie terenu, intensywność infrastruktury technicznej, bariery ograniczające przemieszczanie oraz gęsta zabudowa dają także niskie wskaźniki walorów estetycznych. Otoczenie bogate w roślinność, zbiorniki wodne, które mają unikalny charakter, poprawiają wskaźniki estetyki krajobrazu, co także zauważają Kistowski (2007) oraz Hansen i in. (2021).

Zaprezentowana metodyka pokazuje wskaźnikowe podejście do analizy estetyki przestrzeni i atrakcyjności krajobrazu z możliwością dostosowania istotności poszczególnych kryteriów do preferencji obserwatora i budowania sprofilowanych podejść. Przeprowadzone analizy pozwoliły na przedstawienie w postaci map oraz tabel z wartościami wskaźników estetyki krajobrazu na badanych obsza-

rach. Zastosowanie siatki pól podstawowych pozwala szczegółowo prezentować rozkład przestrzenny miar bez uśrednienia wskaźników do granic administracyjnych gminy, a także pozwala na przedstawienie zróżnicowania wewnątrz gminy czy miasta. Jakiel (2015) wyróżnia trzy typy pól podstawowych: przyrodnicze, nazywane też naturalnymi (najczęściej są to geokompleksy), administracyjne (stanowiące granice gmin lub innych jednostek) oraz geometryczne (położone równomiernie np. kwadraty, sześcioboki) i zaznacza (za Kistowski, 1997), że dobór pola oceny jest jednym z podstawowych problemów wszystkich procedur oceny zjawisk o charakterze przestrzennym. Niniejsze badanie wykazało wykonalność i przydatność analiz, obliczeń i wizualizacji przestrzennych w siatce pól podstawowych o oczku 500m jako optymalnym w analizie estetyki przestrzeni w skali powiatu lub miasta.

Otwarte dane przestrzenne pozwalają na łatwe i wszechstronne wykorzystywanie ich do takich analiz w narzędziach GIS z następującymi rekomendacjami:

- Dane wektorowe mogą być zalecane do zliczania obiektów, wyznaczania długości, czy zajętości procentowej powierzchni;
- Dane wysokościowe są zalecane do obliczenia przewyższeń i nachylenia terenu oraz innych produktów pochodnych związanych z rzeźbą terenu lub sylwetą wysokościową;
- Dane rastrowe z przekształconych zdjęć satelitarnych są dobrym źródłem, jeśli ich szczegółowość i aktualność jest adekwatna;
- Dane statystyczne z BDL zbierane dla gmin nie sprawdzą się w analizach w siatce pól podstawowych.

Wygodnie byłoby korzystać z jednego źródła danych, ale nie jest to możliwe ze względu na rodzaj informacji zapisanej w poszczególnych zbiorach danych. Stąd warto sięgać do różnych zasobów i baz mając na uwadze typ danych i metodykę ich tworzenia.

## BIBLIOGRAPHY

- Blachowski J., Masłowska K., 2015: *Wielokryterialna ocena dostępności niezagospodarowania złóż surowców skalnych metodami AHP i WLC na przykładzie powiatu kłodzkiego*. *Górnictwo Odkrywkowe*, Vol. 1, pp. 61-70, ISSN 0043-2075.
- Chmielewski T. J., Śleszyński P., Chmielewski Sz., Kułak A., 2018: *Ekologiczne i fizjonomiczne koszty bezładności przestrzennej*. Warszawa, IGiPZ PAN, ISBN 978-83-61590-94-1.
- Chmielewski T., Myga-Piątek U., Solon J. 2015: *Typologia aktualnych krajobrazów Polski. Przegląd Geograficzny*, 87, 3, pp. 377-408.
- Copernicus, Land Monitoring Service: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/impeviousness> (dostęp 24.07.2023).
- Cuprjak M., Pluto-Kossakowska J., 2022: *Ocena estetyki przestrzeni z wykorzystaniem wskaźników jakościowych*. *Roczniki Geomatyki*, t. XVII, 2(85), pp. 101-109.
- Cuprjak M., 2022: *Metodyka oceny estetyki przestrzeni z wykorzystaniem danych przestrzennych*. Politechnika Warszawska, praca magisterska, rękopis.
- De la Fuente de Val G., Atauri J.A., 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*, Vol. 77, pp. 393-407 ISSN 0169-2046.
- Europejska Konwencja Krajobrazowa (EKK), Florencja 20.10.2000, Dz.U. 2006 nr 14 poz. 98.
- Gałęcka-Drozda A., Szczepańska M., Wilkaniec A., de Mezer E., 2018: *Aspekty kulturowe, kompozycyjne i percepcyjne w opracowaniach dotyczących identyfikacji charakteru krajobrazu na poziomie lokalnym*, *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*, Vol. 33, pp. 63-76, ISSN 0208-6018.
- Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej <https://geoportal.gov.pl> (dostęp 27.07.2023).

- Geoportal Krajowy <https://mapy.geoportal.gov.pl/> (dostęp 27.07.2023).
- Górczyńska M., 2013: *Wskaźniki zagospodarowania i ład przestrzenny w miastach i na obszarach silnie zurbanizowanych*. *Biuletyn Polska Akademia Nauk. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju*. Vol. 252, pp. 87-109, ISSN 0079-3493.
- Greene R., Devillers R., Luther j. E., Eddy B. G., 2011: *GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis*. *Geography Compass*. Vol. 5, pp. 412 - 432, ISSN 1749-8198.
- GUGiK, Dane centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego: <https://www.gov.pl/web/gugik/dane-centralnego-zasobu-geodezyjnego-i-kartograficznego3> (dostęp 24.07.2023).
- GUS, Bank Danych Lokalnych BDL: <https://bdl.stat.gov.pl/> (dostęp 24.07.2023).
- Hansen G., Macedo J., 2021: *Landscape Aesthetics, in: Urban Ecology for Citizens and Planners*. Gainesville, University Press of Florida, pp. 265-275, ISBN 9781683402527.
- Izdebski H. 2013: *Ideologia i zagospodarowanie przestrzeni*. Warszawa, Wolters Kluwer Polska SA, pp. 18, ISBN: 978-83-264-6089-0.
- Jakiel M., *Ocena atrakcyjność wizualnej krajobrazu dolinek krakowskich – możliwości zastosowania w planowaniu przestrzennym*. W: Liro J., Liro M., Kraż P. (red.), *Współczesne problemy i kierunki badawcze w geografii, tom 3*. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, 2015, pp. 91–107, ISBN 978-83-64089-15-2.
- Kistowski M., 1997: *Problem pola podstawowego w ocenie potencjału krajobrazu na obszarach młodoglacjalnych*. *Problemy Ekologii Krajobrazu*. Vol. 1, Warszawa, 18–29.
- Kistowski M., 2007: *Metoda delimitacji i oceny wartości wizualno-estetycznej jednostek krajobrazowych i jej zastosowanie dla obszaru województwa pomorskiego*. W: K. Ostaszewska, i in. (red.), *Znaczenie badań krajobrazowych dla zrównoważonego rozwoju*. Warszawa, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, pp. 677–695, ISBN 978-83-89502-42-1.
- Kowalczyk, K. A., 2021: *Wskaźnikowa ocena wartości estetycznej krajobrazu miejskiego na przykładzie centrum Wieliczki*. *Space – Society – Economy*. Vol. 32, pp. 7–37., ISSN 2451-3547.
- Kulczyk S., *Krajobraz i turystyka. O wzajemnych relacjach*. Warszawa, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, 2013, ISBN 978-83-63245-84-9.
- Mahan A., Mansouri S.A. 2017: *The Study Of "Landscape" Concept with an Emphasis on the Views of Authorities of Various Disciplines*. Bagh-E Nazar, Vol. 14, pp. 17-28, ISSN 1735-9635.
- Makarow M., Rodriguez-Peña A., Žic-Fuchs M., Caball M., *Landscape in a Changing World, European Science Foundation*. Science Policy Briefing, 2010, Vol. 41, ISBN 978-2-918428-24-4.
- Malczewski J., Jaroszewicz J., 2018: *Podstawy analiz wielokryterialnych w systemach informacji geograficznej*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISBN 978978-83-7814-762-6.
- Michalska Z., Pluto-Kossakowska J., 2022: *Indicators of quality of life in the city based on spatial databases*. *Space & Form* vol. 51, pp. 153-184, DOI 10.21005/pif.2022.51.C-02.
- Myga-Piątek U., 2007: *Kryteria i metody oceny krajobrazu kulturowego w procesie planowania przestrzennego na tle obowiązujących procedur prawnych*. (w) *Waloryzacja środowiska przyrodniczego w planowaniu przestrzennym*. Gdańsk-Warszawa, pp. 101-110.
- Nijhuis S., Reitsma M., 2011: *Landscape policy and visual landscape assessment. The Province of Noord-Holland as a case study*. *Research in Urbanism Series*, Vol. 2, pp. 229-259, ISSN 1875-0192.
- OSM, OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/> (dostęp 24.07.2023).
- OSM, Wiki: <https://wiki.openstreetmap.org/> (dostęp 24.07.2023).
- Pluto-Kossakowska J. 2020: *Automatic detection of grey infrastructure based on VHR image*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B3-2020, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-181-2020>.
- Podhorodecka K., 2016: *Ocena atrakcyjności wizualnej krajobrazu wybranych obszarów Polski*, *Turyzm*, Vol. 26/2, pp. 33-38, ISSN 0867-5856.
- Portal Geostatystyczny: <https://portal.geo.stat.gov.pl/> (dostęp 24.07.2023).

- Saaty R. W., 1987: *The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical Modelling*. Vol. 9, pp. 161-176, 0270-0255.
- Solon J. i in., 2013: *Identyfikacja i ocena krajobrazów – metodyka oraz główne założenia*. Raport etapowy 01. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. [http://ochronaprzyrody.gdos.gov.pl/files/artykuly/26305/l\\_Zalozenia\\_do\\_metodyki\\_identyfikacji\\_krajobrazow\\_Jerzy\\_Solon.pdf](http://ochronaprzyrody.gdos.gov.pl/files/artykuly/26305/l_Zalozenia_do_metodyki_identyfikacji_krajobrazow_Jerzy_Solon.pdf) (dostęp: 3.08.2022).
- Śleszyński P., 2013: *Propozycja kompleksowej koncepcji wskaźników zagospodarowania i ładu przestrzennego. Biuletyn Polska Akademia Nauk. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju*. Vol. 252, pp. 176-231, ISSN 0079-3493.
- Śleszyński P., 2021: *Multi-Item Assessment of Physiognomic Diversity of Geocomplexes as a Comprehensive Method of Visual-Aesthetic Landscape Assessment, Geographies*. Vol. 1, pp. 22-46, ISSN 2673-7086.
- Tveit M., Ode Å., and Fry G., 2006: *Key concepts in a framework for analyzing visual landscape character, Landscape Research*, Vol. 31, pp. 229-255, ISSN 0142-6397.
- Zhang N, Zheng X and Wang X, 2022: *Assessment of Aesthetic Quality of Urban Landscapes by Integrating Objective and Subjective Factors: A Case Study for Riparian Landscapes. Frontiers in Ecology and Evolution*. ISSN 2296-701.

## AUTHOR'S NOTE

**Joanna Pluto-Kossakowska** – assistant professor at the Warsaw University of Technology, employed at the Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems. Participates in teaching and research projects related to remote sensing and GIS. She is interested in remote sensing techniques, satellite image processing and interpretation methods, as well as in spatial analysis, modeling and database updating.

**Marika Cupriak** – graduate of the Faculty of Geodesy and Cartography of the Warsaw University of Technology. The scope of scientific research focuses on the practical use of various sources of spatial data and methods of spatial analysis.

## O AUTORZE

**Joanna Pluto-Kossakowska** – adiunkt w Politechnice Warszawskiej zatrudniona w Katedrze Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej. Uczestniczy w projektach dydaktycznych i badawczych związanych z teledetekcją i GIS. Interesuje się technikami teledetekcyjnymi, przetwarzaniem obrazów satelitarnych oraz metodami ich interpretacji, a także wykorzystaniem w analizach przestrzennych, modelowaniu i aktualizacji baz danych.

**Marika Cupriak** – absolwentka Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Zakres badań naukowych koncentruje się na praktycznym wykorzystaniu różnych źródeł danych przestrzennych i metodach analiz przestrzennych.

Contact | Kontakt: [joanna.kossakowska@pw.edu.pl](mailto:joanna.kossakowska@pw.edu.pl); [marikacupriak@gmail.com](mailto:marikacupriak@gmail.com)