

SZYMON FILIPOWSKI*

NATURAL AND ARTIFICIAL SHAPES,
AND THEIR INTERPRETATIONKSZTAŁT NATURALNY, SZTUCZNY
I JEGO INTERPRETACJA

Abstract

The aim of the following article is to find the relation between natural and man-made shape (especially in architecture and its surroundings), which, in a more distant perspective, allows to draw up and develop measuring methods for interpretation of real forms by man and move the process onto a computer. A computer programme requires precise tasks and particular data, hence the attempt to systematize the rules, which govern shapes and their reception. The search involves both source rules, such as geometry and mathematics, but also the psychological side of reading shapes by humans. The author, referring to authorities in the field of psychology in architecture, explains the rules of perception, which, even though they concern humans, are being translated to rules that would facilitate the creation of an algorithm, which could read shapes in real space. The article is the beginning of further research of adapting the rules of human perception of outlines, edges and the course of a surface into the possibility of automatized reading of shapes by a computer.

Keywords: natural shape, anthropogenic, reading, interpretation, NURBS, outline

Streszczenie

Niniejsza praca ma na celu odszukanie relacji pomiędzy kształtem naturalnym a tym utworzonym przez człowieka (szczególnie w architekturze i jej otoczeniu), co w dalszej perspektywie pozwala opracowywać i rozwijać metody pomiarowe służące do interpretacji rzeczywistych form przez człowieka i przeniesienia tego procesu na komputer. Program komputerowy wymaga ściśle sprecyzowanych zadań oraz określonych danych, stąd próba usystematyzowania zasad rządzących kształtami i ich odbiorem. Poszukiwania obejmują swoim zakresem zarówno zasady źródłowe, takie jak geometria i matematyka, jak i stronę psychologiczną odczytywania kształtów przez człowieka. Autor, powołując się na autorytety z dziedziny badania architektury, psychologii w architekturze, wyjaśnia zasady percepcji, które mimo że z założenia dotyczą człowieka, stara się przełożyć na zasady służące opracowaniu algorytmu odczytującego kształty w przestrzeni rzeczywistej. Artykuł zapoczątkowuje dalsze prace nad zaadaptowaniem zasad postrzegania przez człowieka konturów, krawędzi i przebiegu powierzchni do możliwości zautomatyzowanego odczytywania kształtów przez komputer.

Słowa kluczowe: kształt naturalny, antropogeniczny, odczytywanie, interpretacja, NURBS, kontur

DOI: 10.4467/2353737XCT.15.066.3866

* M.Sc. Arch. Szymon Filipowski, Division of Descriptive Geometry, Technical Drawing & Engineering Graphics, Institute of Construction Design, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology.

1. Terminology

It might seem that the notion of shape does not require explanation, but rather the use of words or mathematical formulas, which aid description. Shape can be attributed with many categories that aid differentiation: in respects of protuberance, scale, size, repetition in space or smoothness. It is worth noting, that those notions do not exist in physical reality, but are idealized terms, which, in human imagination, bring closer and reduce the whole complexity to characteristic traits, used in perception of reality. As it can be observed, both physical world and the realm of notions received and created by humans have a common logic. Modern philosophy describes such phenomena as existence of different worlds. Karl L. Popper in his book “The Open Universe” makes a division of 3 worlds¹.

From the above definition of world, it can be seen that shape belongs to World 3, because a shape exists in a person’s imagination, can be drawn with the use of theories coined by humans. There are connotations of a shape with World 1, because it can be read from physical world or created there, and the potential arousal of emotions testifies to the connotations with World 2, which is supported by Kazimierz Bartel in the 2nd volume of “Painting Perspective”, where he refers to a visual object².

The topic of this article is, most importantly, a research in the shape of architecture. Knowing that a shape is a synthesis of reality, it is necessary to find out to what it is reduced in the first place. Taking into consideration the visible significant majority of occurrence of forms characteristic for humans, which are buildings whose space is limited by rectangular parts of surfaces, among those typical solutions the first feature of shape, which allows to differentiate buildings is their scale. In Krzysztof Lenartowicz’s book “On the Psychology of Architecture”, Niemojewski’s approach to scale is presented, accompanied by a significant conclusion relating to creation of architecture, but working in the other direction. It is the reception, which should take place according to the designer’s premises³.

2. Premises

Research and observations will be possible only after the field is determined. It is the question of psychological field, described in two ways in the Dictionary of Psychology in Architecture, penned by Krzysztof Lenartowicz⁴.

¹ „World1” is the physical world: rocks, trees, physical fields, powers. This includes chemical and biological world. „World2” is the psychological one. It interests the scientists who study the human and animal mind. It is the world of fear and hope, willingness to be active and all subjective sensations, including conscious and subconscious ones [...]. World3 is the world of products of human mind. It includes works of art., aesthetical values and social institutions (and, it can be said, societies), I will, however, limit myself to the world of scientific libraries, scientific problems, theories, including wrong ones [1].

² The problem has its physiological and psychological side, which transpire one into the other, and their borders are not clear [...]. The process of synthesis, which creates the visible object, has psychological nature, which translates into the fact that it cannot be regarded as a sum of every-time sightings of visible object [2].

³ He differentiates between the notion of size (real measure) and scale (perceived size). He is well aware of the psychological nature of scale and the necessity to include psychological laws in determining the size of works of architecture. In his other work, (Niemojewski 1929:73) writes that „visible object must seem not as it is, but rather as it has been thought of” [3].

⁴ 1. Area, space or region (physically or metaphorically), whose limits are determined by its relation to a particular problem or by its orientation. [...] 2. Different subject-object situation of comprehensive nature, in which the ingredients are somehow connected with one another [4].

In this article, both explanations of the term were used. In order to define a field, it is necessary to have knowledge of characteristic traits of objects and this, what is noticed by a man in his observation of the surroundings. Observations made during the trip to the Czech Republic and Austria point towards the existence of orders in form: in natural objects with a possible synthesis to a curve or a surface with a given scale and specific arrangement of repeated elements in space. Regularity of both factors can be described by means of probability calculus. It creates an imprecise image of natural forms. It is necessary to pose the question to what degree is a faithful image of natural form needed in architecture. Measurements can be adjusted to essential needs and the rest of the information that influences reception can be supplemented with statistical data, or else the full description of a natural form would have to be infinite. Fractal geometry proves to be helpful, as its tools, such as force feedback with an introduction of the element of randomness allow to draw up a description of natural forms, which is very close to reality.

Reading of anthropogenic forms is, however, connected with a different direction of activities: **having rough data creates a need to seek idealized content** – according to the premise that **“a thing that we see must seem to be not as it is, but as it was thought”** [3]. It was observed that architectural designs have geometric features which point towards the premise: planarity of external surface that outlines the body, the right angle, objects with conic section of a curve (a section through the whole or half of the curve, divided symmetrically), occurrence of smoothness alternately with edges, occurrence of repeated distances – usually measured horizontally, occurrence of symmetry.

Observations have shown that architecture uses typical solutions. Of course not every building fulfills all premises, which are the determined shapes of man-made forms. Juliusz Żurawski in “The Grid of Straight Lines” points towards the existence of two possible types of objects in architecture⁵. Żurawski points towards the existence of features of architecture which confirm the described observations, he introduces the notion of communicativeness, understood as the possibility to imagine elements once visual contact is lost. He points to relation of communicativeness and the construction of a grid of straight lines, which connect single elements.

He also mentions the notion of simplification, which here pertains to easiness with which we perceive architecture in relation to high communicativeness of over-individual architecture.

Solutions used by humans in observed situations, supported with the knowledge from literature, incline towards formation of premises relating to environment of reading shapes in reality, as well as the premises relating to the sought shape:

- three-dimensional euclidean space, however not treated identically in every part, as it is suggested equal individual division of each dimension – there are exceptional cases, dictated by probability.
- for anthropogenic forms: continuity and smoothness – simple and smooth surfaces, smooth curves, arrangements of surfaces or polygonal chains, symmetry and repetitiveness of dimensions in horizontal direction
- for natural forms: probable repetitiveness

All premises regarding shapes and spaces can be presented and realized with the air of mathematics – it is a recommendation for further proceedings.

3. Methods of measurements

Modern methods of analysis of shape can utilize advanced mathematical analysis and be realized with the aid of a computer. In order to recreate shapes on the computer, effects of laser measurements are

⁵ **Superindividual architecture** is created according to the premise that there exist correct superindividual correspondence hallmarks that should be continued. **Individual architecture** is created by adding to joint structures (thanks to superindividual correspondence hallmarks) other individual hallmarks or exceptional individual features, conceived through individual thought, intuitive actions or artistic inspirations [5].

used, as well as interpretation of grid projected onto the object and photogrammetry. Laser methods carry with them the possibility of very precise spot metering, which means that the result of measuring is a set of spots in space. However, in case of examination of surface or even a curve it would prove impossible to read each spot in the object with the help of finite number of measurements, and, consequently laser scanners allow acquisition of data from measurements in the shape of a finite cloud of spots. Computer software operated by humans can interpret a scanned cloud of spots, as they join the dots into a surface, using a grid. In a high density of spots to measure it gives a satisfactory effect on surfaces, which as a result are interpreted as a smooth grid. The problem occurs in edges of surfaces, steps, joints in smooth objects and as a result the computer model tends to have curves which do not exist in reality. It is worth noting that the unwanted curves or deficits in geometry are in this spot of the examined object, which is easiest to be visually interpreted for humans – they are edges on the object and its outline. Apart from that, the cloud of spots, even projected onto a grid does not provide a synthesis to characteristic factors of shape.

4. On NURBS

NURBS objects are curves and parametric surfaces, construction of those curves can be implemented through the use of either geometrical or algebraic method. In description, Bernstein polynomial is used, where individual segments are arguments. There is a division into polynomial and rational objects, they differ when it comes to possible shapes that can be obtained – with rational curves it is possible to obtain all conic sections. They have wide application in design because of their possibilities, simple application and repetitiveness of results. NURBS objects can be created through addition of control points or points on the curvaceous surface. Through moving points and control points on the object, or points on the curve, or changing the weight of the points the shape of the object can be changed – change of any point within one object causes the change of the whole structure – not only in the closest environment of the modification. The polynomial and rational curve degree is 1x smaller than the number of control points. Curve is adjacent to segments on both ends between ends of the curve and adjacent control points.

5. Suggested solution

Alternative could prove to be the usage of NURBS surfaces and curves (Non Uniform Rational B-Spline), outside their main usage – design on the shape analysis level, which would give (unlike grid models) mathematical information about the shape and its edge, a synthesis desired in engineering and design of usable objects. Using NURBS comprehensively answers the premises of a sought shape. For description of NURBS objects, object run and steering points, vital points or point-to-point and path curves and surfaces, therefore introduction of such objects after scanning will not have any effect. A set density of scanning, assumed independently from the shape of the object gives only little chance that the laser spot will find the edge that ends the shape, which is very significant for the correct recreation through NURBS objects. A solution could prove to be an active inclusion of shape analysis into the measuring process, which will allow a suitable concentration of measure points in places where it is required because of data needed to define NURBS curve or surface.

The suggested acquisition of knowledge of objects is connected with a selection of information, characteristic for the natural method of reading, but also concentration of search, where it is necessary, as a result of NURBS analysis. It is a method in accordance with the intuitive vision of objects in space – where shape is perceived as an outline with a certain “filling” on a background. Krzysztof Lenartowicz

in his Dictionary of Psychology in Architecture defines the notion of figure in relation to background⁶. He pays attention to the fact that the situation pertaining to the same objects can be reversed regardless of the observer's interpretation. Kazimierz Bartel in the I volume of The Painting Perspective [6] explains the existence of an outline on the example of a sphere, which does not have real edges, but is seen as though an outline, also referred to as ostensible outline. The notions refer to the effect of projection, and the existing cone of vision tangent of a sphere with an object sphere was called an actual outline.

Using object that connect points into the above premise should be done (except rigorous data) also with ready-made conventions. It is worth consulting Lenartowicz's definition of the form of law⁷. During the normal reception of object in environment the enumerated characteristics are found in a natural way, treated as rules of architectural object, the same rules should be introduced to the computer search of shape, which will allow the search of a shape in accordance with the plan.

Outline can be acquired geometrically if the kind of object is known, and while measuring systematically in reality the object is recognized and measured, which means that there is a necessity to find the outline using complex numbers method, reading the remaining parts of the object. Assumed features can be used, such as continuity and recurrence, which means that **the found characteristic on a visible surface can be instrumental in finding the outline analogically**. Finding the outline with the laser distance measuring is impossible because of the stretched laser spot. Number and method of arrangement of measured distances will be the objects of further research (outside the scope of this work). Actual edges are endings of the object or its part, where the edge resulting from the lack of tangency, e.g. on the joint of unparallel surfaces or random surfaces. Detailed analysis of curves and parametrical surfaces points to existence of a possible edge, resulting from joining surfaces with a different degree or geometrical continuity with a low degree between surfaces, which manifests itself with distribution or reflection of light on a visible object as lack of smoothness or expropriation and through mechanical properties. Mathematically it indicates that the lack of continuity in point for the first, second or higher derivative of curve function or surface defining an object. Edge may not result from geometry of the object, but be drawn on a smooth form, result from construction – e.g. seams in objects made of fabrics, sheets or joints in solid objects – sides of sculptures.

Ostensible outline can be an external outline of an object, but it can also exist as parts of examined objects – where the object partly obscures itself. **Existence of an outline possible to indicate on an object** was demonstrated. Actual outline was also found among improper objects. Horizon line which is an improper edge was referred to, as when it heads towards infinity, it leans towards tangency with the surface of terrain.

6. Additional observations

Observations and measurements conducted in Mikulov and Innsbruck and between those cities, Czech Republic and Austria, particularly the Grosslockner Hohalpenstrasse scenic route and in Mikulov itself pointed towards the characteristics of natural and man-made shapes, but also the relations between distance and the possibility of its description. Humans are able to estimate distances and differences between distances, in the scope of between ten to twenty centimeters and between ten and twenty metres with a relatively high accuracy, but objects located closer or further of that scope **can be perceived as**

⁶ Method of organization of perception, in which part of the perceived field is seen as outstanding whole, while the rest is treated as background [4].

⁷ It is a general term for all methods of organization, which describe the factors that lead to particular forms of organization of observations. Some of them are: continuation, confinement, proximity, similarity [4].

flattened. It is confirmed by the observed silhouettes of mountains, cities, sky, clouds which provide the information considering their depth only after the observer reaches high elevation and pace during plane flight. Described phenomenon refers not only to direct human observation, but also the measuring equipment. Scope of precise reading of tacheometers and laser scanners ranges from between ten and twenty centimetres to several hundred metres; scanners that read the shape of the projected grid have the scope of several dozen centimetres to several metres. Both types of equipment do not register objects outside their scope. Photogrammetry has an infinite scope, as it uses only the light absorbed from its surroundings, and the scope of precise measurement is also limited. Significant movement of measuring equipment or the observer can provide additional information about the observed object, but it is helpful to use the rules of character repetition, continuity and probability, and in case of architecture adjunction to surface, right angle and repetition of dimension. This combined method of reading the environment is used intuitively by humans.

7. Specification of proposed solution

Taking into consideration the possibility of computer programming, laser spot measurement was considered the most universal method, It does not possess a direct possibility of finding outlines so significant in description, but a precise reading of points and possibility of selective concentration of measurements allows to find a shape through an analysis of sequences, whose expressions are the read distance and the order are the subsequent values of rotation angle in the event of scanning from point or in relation to reallocation in case of parallel scanning. This solution gives a possibility to determine connection of shapes' component functions, but also estimation of possible course in places of object which are unseen for the equipment. Shapes can be subjected to mathematical analysis directly through an individual computer software or using NURBS objects, utilized in many computer programmes. **Algorithms that control the measurement should be based on premises not only of scientific operation of a device, but also the examined, characteristic features of shapes seen by humans.** Both curves and NURBS surfaces are described by a concrete start and finish point (in case of surfaces, borders which result from points that define the patch) , with known tangency and steering points that regulate the path of a curve or surface. Creation of curves or surfaces with the method takes place through finding, among extreme points, points that steer the object or points on the object.

8. Conclusions

This article is a continuation of author's research on the topic of the analysis of human thinking, in order to understand the rules that govern space and shape and using the conclusions to outline methods of measurement. **In this case it was not determined what the notion of shape is in physical reality, and particular attention was paid to perception, which allowed determining the features necessary to read signs, which directly affect the established method – choice of measuring points at a given moment during recreation of an object on the computer (in laser measurements) and the analysis of outline – significant in the intuitive reading of shapes.**

1. Wstęp

Niniejsza praca ma na celu odszukanie relacji pomiędzy kształtem naturalnym a tym utworzonym przez człowieka (szczególnie w architekturze i jej otoczeniu), co w dalszej perspektywie pozwala opracowywać i rozwijać metody pomiarowe służące do interpretacji rzeczywistych form przez człowieka i przeniesienia tego procesu na komputer.

Program komputerowy wymaga ściśle sprecyzowanych zadań oraz określonych danych, stąd próba usystematyzowania zasad rządzących kształtami i ich odbiorem. Poszukiwania obejmują swoim zakresem zarówno zasady źródłowe, takie jak geometria i matematyka, jak i stronę psychologiczną odczytywania kształtów przez człowieka.

2. Pojęcia

Może się wydawać, że pojęcie kształtu nie wymaga wyjaśnienia, a raczej zastosowania słów lub wzorów matematycznych do jego opisu. Kształtowi można przypisać wiele kategorii służących rozróżnieniu: ze względu na wypukłość, skalę, wymiar, powtarzalność w przestrzeni lub gładkość. Warto zauważyć, że te określenia nie istnieją w rzeczywistości fizycznej, za to są wyidealizowanymi określeniami, które jedynie w wyobraźni człowieka przybliżają i redukują całą złożoność świata do cech charakterystycznych i stosowanych w trakcie odbierania rzeczywistości. Jak można zaobserwować zarówno świat fizyczny, jak i świat pojęć odbieranych i kreowanych przez człowieka mają wspólną logikę. Współczesna filozofia określa tego typu zjawisko jako występowanie różnych światów.

Karl R. Popper w książce *Wszechświat otwarty* dokonuje podziału na trzy Światy⁸.

Z zamieszczonego zaś powyżej zdefiniowania światów wynika bezpośrednio przynależność kształtu do „Świata 3”, gdyż kształt istnieje w wyobraźni człowieka, może być zapisany z użyciem stworzonych przez człowieka teorii. Istnieją powiązania kształtu ze „Światem 1”, jako że może on być odczytany ze świata fizycznego bądź tam utworzony, a potencjalne wzbudzenie emocji świadczy o powiązaniu ze „Światem 2”, co poparte jest słowami Kazimierza Bartela z drugiego tomu *Perspektywy malarskiej*, gdzie odnosi się on do przedmiotu wzrokowego⁹.

Tematem tego artykułu jest przede wszystkim badanie kształtu architektury. Wiedząc, że kształt jest syntezą rzeczywistości, należy odszukać, do czego w pierwszej kolejności zostaje sprowadzony. Biorąc

⁸ „Terminem «Świat 1» oznaczam to, co się zazwyczaj nazywa światem fizyki: świat skał, drzew, pól fizycznych i sił. Do tego świata zaliczam także światy nauk chemicznych i biologicznych. Przez «Świat 2» rozumiem świat psychologiczny. Jest to przedmiot zainteresowania badaczy ludzkiego umysłu, ale także umysłów zwierzęcych. Jest to świat strachu i nadziei, skłonności do działania oraz wszystkich doznań subiektywnych, w tym doznań podświadomych i nieświadomych [...]. «Świat 3» to świat produktów ludzkiego umysłu. Jakkolwiek do elementów «Świata 3» zaliczam dzieła sztuki, jak również wartości etyczne i instytucje społeczne (a tym samym można powiedzieć, społeczeństwa), ograniczę się zasadniczo do świata bibliotek naukowych, książek, problemów naukowych, teorii, w tym także teorii błędnych”. K.R. Popper, *Wszechświat otwarty. Argument na rzecz indeterminizmu*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1996.

⁹ „Zagadnienie ma swą stronę fizjologiczną i psychologiczną, które się wzajemnie przenikają, a granice ich się zacieśniają. [...] Proces syntezy, stwarzający przedmiot wzrokowy, jest natury psychologicznej, z czego wynika, że przedmiotu wzrokowego nie można uważać za sumę każdorazowych widoków przedmiotu wzrokowego”. K. Bartel, *Perspektywa malarska*, t. 2, PWN, Warszawa 1958.

pod uwagę obserwowalną znaczącą większość występowania form charakterystycznych dla człowieka, jakimi są obiekty kubaturowe ograniczone prostokątnymi częściami płaszczyzn, wśród tych typowych rozwiązań pierwszą cechą kształtu pozwalającą rozróżnić obiekty jest właśnie skala. W książce Krzysztofa Lenartowicza *O psychologii architektury* opisane jest podejście Niemojewskiego do skali oraz przytoczony jest istotny wniosek odnoszący się do tworzenia architektury, ale działający w drugą stronę – mowa tu o odbiorze, który powinien odbywać się zgodnie z założeniami twórcy¹⁰.

3. Założenia

Badania i obserwacje będą możliwe dopiero po określeniu pola. Mówimy tu o polu psychologicznym, określanym w *Słowniku psychologii architektury* Krzysztofa Lenartowicza dwojako¹¹.

W niniejszej pracy kierowano się oboma tymi znaczeniami pola jednocześnie. W celu określenia pola istotne jest poznanie charakterystycznych cech obiektów oraz tego, na co człowiek zwraca szczególną uwagę podczas obserwowania otoczenia. Obserwacje z podróży przez Czechy i Austrię wskazują na występowanie porządków form: w obiektach naturalnych z możliwą syntezą do krzywej lub powierzchni o określonej skali i szczególne rozmieszczenie powtarzalnych elementów w przestrzeni. Regularność obu czynników możliwa jest do opisanego za pomocą rachunku prawdopodobieństwa. Stwarza to nieścisły obraz form naturalnych. Należy zadać sobie pytanie, do jakiego stopnia potrzebny jest w architekturze wierny obraz formy naturalnej. Pomiary można dostosować do niezbędnych potrzeb, natomiast resztę informacji wpływających na odbiór można uzupełnić o dane statystyczne, w przeciwnym wypadku pełny opis formy naturalnej musiałby być nieskończony. Pomocna okazuje się tu geometria fraktalna, której narzędzia takie jak sprzężenie zwrotne z wprowadzeniem elementu losowości, umożliwiają wykonanie opisu form naturalnych bardzo zbliżonego do rzeczywistości.

Odczyt form antropogenicznych wiąże się natomiast z innym kierunkiem działań: obiekty utworzone przez człowieka w realnym świecie mają kształt tylko przybliżony do zamierzonego, więc „rzecz widziana musi się wydawać nie taką, jaką jest, lecz taką, jaką była pomyślana” [3]. Zaobserwowano, że obiekty architektoniczne są zmaterializowanym przybliżeniem podstawowych elementów geometrii euklidesowej, prostych brył i figur geometrycznych, odczytywanych na zewnętrznych powierzchniach obiektu. Posiadają charakterystyczne cechy: płaszczyznowość, proste krawędzie, prostokątność, powtarzalność, symetrię, gładkość pomiędzy krawędziami oraz kątami. Powszechnie jest również występowanie krzywych i powierzchni stożkowych oraz walca.

Obserwacje wskazały na zastosowanie typowych rozwiązań w architekturze. Oczywiście nie każdy obiekt spełnia wszystkie założenia, jakimi są zdeterminowane kształty form utworzonych przez człowieka. Juliusz Żurawski w *Siatce prostych* mówi o dwóch możliwych typach obiektów w architekturze¹². Autor ten

¹⁰ „Rozróżnia on pojęcie rozmiaru (miary rzeczywistej) i skali (w sensie wielkości percypowanej). Zdaje sobie doskonale sprawę z psychologicznego charakteru skali i konieczności uwzględniania praw psychologicznych w ustalaniu wymiarów obiektów architektonicznych. W innej swojej pracy (Niemojewski 1929:73) pisze, że «**rzecz widziana musi się wydawać nie taką, jaką jest, lecz taką, jaką była pomyślana**»”. J.K. Lenartowicz, *O psychologii architektury*, Wydawnictwo PK, Kraków 1992.

¹¹ „1. Obszar, przestrzeń lub region (fizycznie lub przenośnie), którego ograniczenie jest określone przez jego odniesienie do określonego problemu lub przez ukierunkowanie. [...] 2. Zróżnicowana sytuacja przedmiotowo- podmiotowa o charakterze całościowym, w obrębie której składniki są z sobą w jakiś sposób powiązane”. J.K. Lenartowicz, *Słownik psychologii architektury*, Wydawnictwo PK, Kraków 2010.

¹² „**Architektura nadindywidualna** powstaje na zasadzie uznania za słuszne istniejących nadindywidualnych znamion korespondencyjnych i ich kontynuowania. **Architektura indywidualna** powstaje na zasadzie dodawania do struktur połączonych w całości dzięki nadindywidualnym znamionom korespondencyjnym, innych indywidualnych znamion

wskazuje na istnienie cech architektury potwierdzających opisywane obserwacje, wprowadza termin **komunikatywności**, który oznacza możliwość wyobrażenia sobie elementów po zerwaniu kontaktu wzrokowego, podkreśla zależność komunikatywności od budowy siatki prostych łączących pojedyncze elementy.

Porusza ponadto zagadnienie **uproszczenia**, które dotyczy tu łatwości odbierania architektury w związku z dużą komunikatywnością architektury nadindywidualnej.

Stosowane przez człowieka rozwiązania w obserwowanych sytuacjach, poparte wiedzą zaczerpniętą z literatury przedmiotu, skłaniają do sformułowania założeń co do środowiska odczytywania kształtów w rzeczywistości, jak i założeń co do samego poszukiwanego kształtu:

- przestrzeń euklidesowa trójwymiarowa jednak nie jest traktowana równoprawnie w każdym miejscu tak jakby na to wskazywał równy podział jednostkowy każdego z trzech wymiarów – istnieją szczególne przypadki dyktowane prawdopodobieństwem,
- dla form antropogenicznych: ciągłość i gładkość – proste płaszczyzny, powierzchnie gładkie, krzywe gładkie, układy płaszczyzn lub łamane, symetria i powtarzalność wymiarów w kierunku poziomym, – dla form naturalnych – prawdopodobna powtarzalność.

Wszystkie założenia dotyczące kształtów i przestrzeni mogą być przedstawione i zrealizowane za pomocą matematyki – jest to wskazanie do dalszego postępowania.

4. Metody pomiarowe

Współczesne metody analizy kształtu mogą wykorzystywać zaawansowaną analizę matematyczną i być realizowane z użyciem komputera. Do komputerowego odtworzenia kształtów stosuje się efekty pomiarów laserowych, interpretację rzutowanej na obiekt siatki oraz fotogrametrię. Metody laserowe niosą ze sobą możliwość bardzo precyzyjnych pomiarów punktowych, co oznacza, że wynikiem pomiarów jest zbiór punktów w przestrzeni. Jednak w wypadku badania powierzchni, a nawet krzywej niemożliwe byłoby odczytanie każdego punktu obiektu za pomocą skończonej liczby pomiarów, w związku z tym skanery laserowe umożliwiają otrzymanie danych z pomiarów w formie skończonej chmury punktów. Oprogramowanie komputerowe obsługiwane przez człowieka potrafi zinterpretować zeskanowaną chmurę punktów, łącząc punkty w powierzchnię za pomocą siatki. Przy dużym zagęszczeniu punktów pomiarowych daje to zadowalający efekt na powierzchniach, które w efekcie interpretowane są jako wygładzona siatka. Problem pojawia się przy brzegach powierzchni, załamaniach, połączeniach obiektów gładkich, dlatego na modelu komputerowym częste są – niewystępujące w rzeczywistości – zaokrąglenia, wyoblenia.

Warto zauważyć, że te niepożądane zaokrąglenia lub braki w geometrii są w tym miejscu badanego obiektu, które człowiek najtrafniej interpretuje wizualnie – są to krawędzie na obiekcie oraz kontur obiektu. Poza tym chmura punktów nawet przekształcona w siatkę nie daje syntezy charakterystycznych czynników kształtu.

5. O NURBS

Obiekty NURBS to krzywe i powierzchnie parametryczne, a konstrukcja tych krzywych może się odbywać metodą geometryczną bądź algebraiczną. Do opisu stosuje się wielomiany Bernsteina, gdzie argumentem jest odcinek jednostkowy. Rozróżniane są obiekty wielomianowe i wymierne, które różnią

lub wyjątkowych, wykoncypowanych cech jednostkowych, powstałych na zasadzie indywidualnych przemysłów, intuicyjnych działań albo inspiracji artystycznych”. J. Zórawski, *Siatka prostych*, Wydawnictwo PK, Kraków 2012.

się możliwymi do osiągnięcia kształtami – za pomocą krzywych wymiernych można uzyskać wszystkie krzywe stożkowe. Są one szeroko wykorzystywane w projektowaniu ze względu na łatwość zastosowania i powtarzalność wyników.

Obiekty NURBS można tworzyć poprzez dodawanie punktów kontrolnych lub punktów na krzywej, powierzchni. Poprzez przesunięcie punktów na obiekcie oraz kontrolnych, a także wagi punktów można zmieniać kształt obiektu – zmiana jakiegokolwiek punktu w ramach jednego obiektu powoduje zmianę kształtu całości, i to nie tylko w najbliższym otoczeniu dokonanej modyfikacji. Stopień krzywej wielomianowej i wymiernej jest o 1 mniejszy od liczby punktów kontrolnych. Krzywa na obu końcach jest styczna do odcinków pomiędzy końcami krzywej a sąsiednimi punktami kontrolnymi.

6. Proponowane rozwiązanie

Alternatywą może okazać się zastosowanie powierzchni i krzywych NURBS (*Non-Uniform Rational B-Spline*) poza ich głównym przeznaczeniem, jakim jest projektowanie, także na etapie analizy kształtów, które dawałoby w odróżnieniu od modelu siatkowego matematyczne informacje co do przebiegu kształtu i jego brzegu, czyli syntezę pożądaną w inżynierii i projektowaniu kształtów użytkowych. Użycie obiektów NURBS w pełni odpowiada na założenia o poszukiwanym kształcie. Do opisu obiektów NURBS niezbędne są punkty przebiegu obiektów lub sterujące, istotne punkty lub krzywe łączące i wytyczające krzywe i powierzchnie, dlatego wprowadzenie tego typu obiektów już po zeskanowaniu nie odniesie żadnego efektu. Z góry narzucona gęstość skanowania, przyjęta niezależnie od kształtu obiektu, daje znikome szanse na natrafienie plamką lasera w krawędź będącą zakończeniem kształtu, która jest tak istotna dla poprawnego odtworzenia za pomocą obiektów NURBS. Rozwiązaniem może się okazać czynne włączenie analizy kształtów do procesu pomiaru, które umożliwi odpowiednie zagęszczenie punktów pomiarowych w miejscach, gdzie jest to wymagane ze względu na dane potrzebne do określenia powierzchni lub krzywej NURBS.

Proponowane pozyskanie wiedzy na temat obiektu wiąże się z selekcją informacji charakterystyczną dla naturalnej metody odczytywania, ale także zagęszczaniem poszukiwań tam, gdzie jest to konieczne, a wynika z analizy NURBS. Jest to metoda zgodna z intuicyjnym widzeniem obiektów w przestrzeni, gdzie kształt jest postrzegany jako kontur z pewnym „wypełnieniem” na tle. Krzysztof Lenartowicz definiuje pojęcie figury w relacji do tła jako „Sposób organizacji postrzegania, w którym część pola spostrzeżeniowego jawi się jako wyróżniająca się całość, podczas gdy reszta traktowana jest jako tło[4]. Zwraca przy tym uwagę na to, że sytuacja dotycząca tych samych obiektów może być odwrócona zależnie od interpretacji obserwatora. Kazimierz Bartel z kolei w 1 tomie *Perspektywy malarskiej* wyjaśnia istnienie konturu na przykładzie kuli, która nie ma rzeczywistych krawędzi, ale jest widziana poprzez kontur nazywany też zarysem lub konturem pozornym [2]. Określenia te dotyczą efektu rzutowania, natomiast rzeczywistość istniejąca styczna stożka widzenia kuli z przedmiotową kulą została nazwana konturem istotnym.

[A?]Stosowanie obiektów łączących punkty w odczytane założenie powinno być kierowane (z wyjątkiem ścisłych danych) także gotowymi szablonami postępowania. Warto tutaj sięgnąć po definicję pojęcia postaci prawa Krzysztofa Lenartowicza, wedle którego „Jest to ogólny termin dla tych wszystkich zasad organizacji, które określają czynniki prowadzące do poszczególnych form organizacji spostrzeżeń. Niektóre z nich to: kontynuacja, zamknięcie, bliskość, podobieństwo” [4]. Podczas normalnego odbierania obiektów w otoczeniu wymienione właściwości są odszukiwane w sposób naturalny, traktowane jako zasady obiektu architektonicznego i te same zasady należy wprowadzić do komputerowego poszukiwania kształtu, co umożliwi poszukiwanie kształtu zgodnego z zamierzeniem.

Obrys można otrzymać geometrycznie, znając rodzaj obiektu, natomiast podczas pomiarów w rzeczywistości na bieżąco obiekt jest rozpoznawany i mierzony, co oznacza konieczność odszukania obrisu metodą zespoloną z odczytywaniem pozostałych części obiektu. Do zespolenia mogą posłużyć zakładane

cechy, takie jak: ciągłość i powtarzalność, a zatem **odszukane właściwości na widocznej powierzchni mogą posłużyć do analogicznego odnalezienia konturu**. Odszukanie konturu metodą laserowego pomiaru odległości jest niemożliwe ze względu na rozciągniętą plamkę lasera. Liczba i sposób rozmieszczania mierzonych odległości będą przedmiotem dalszych badań (poza zakresem tej pracy).

Krawędzie rzeczywiste to zakończenie obiektu bądź jego części, tam gdzie jest krawędź wynikająca z braku styczności (np. na połączeniu płaszczyzn nierównoległych lub powierzchni dowolnych). Szczegółowa analiza krzywych i powierzchni parametrycznych wskazuje na występowanie możliwej krawędzi wynikającej z połączenia powierzchni o różnym stopniu albo ciągłości geometrycznej o niskim stopniu pomiędzy powierzchniami, co objawia się rozłożeniem lub odbiciem światła na obiekcie widocznym jako brak gładkości lub wywłaszczenie, a także poprzez właściwości mechaniczne. Matematycznie oznacza to brak ciągłości w punkcie dla pierwszej, drugiej lub wyższej pochodnej funkcji krzywej lub powierzchni definiującej obiekt. Krawędź może nie wynikać z geometrii obiektu, ale może być narysowana na gładkiej formie, wynikać z konstrukcji (np. szwy w obiektach wykonanych z tkanin, arkuszy, spoiny w obiektach brylowych – ściany rzeźby).

Kontur pozorny może być obrysem zewnętrznym obiektu, ale może też istnieć na ujęciach jako część obserwowanego obiektu – tam gdzie obiekt częściowo przesłania sam siebie. Wykazano istnienie **konturu możliwego do wskazania na obiekcie**. Odszukano też kontur istotny wśród obiektów niewłaściwych. Przytoczono **linię horyzontu będącą niewłaściwą krawędzią**, gdyż w miarę zmierzania do nieskończoności dąży do styczności z płaszczyzną terenu.

7. Dodatkowe obserwacje

Obserwacje i pomiary przeprowadzone w miastach Mikulov i Innsbruck, na trasie Czechy–Austria pomiędzy nimi, a w szczególności z trasy widokowej Grossglockner Hohenalpenstrasse i w samym Mikulovie wskazały na właściwości kształtów naturalnych i tych tworzonych przez człowieka, ale też na zależność pomiędzy odległością a możliwością jej określenia. Człowiek jest w stanie szacować odległości i różnice pomiędzy odległościami w zakresie od kilkunastu centymetrów do kilkunastu metrów ze stosunkowo wysoką dokładnością, natomiast obiekty położone bliżej lub dalej tego zakresu **ulegają złudzeniu spłaszczenia**. Potwierdza to fakt obserwowanych sylwet gór, miast, sklepienia niebieskiego, chmur, które dopiero po osiągnięciu dużej wysokości i prędkości obserwatora podczas lotu samolotem dają informację o swojej głębi. Opisywane zjawisko dotyczy nie tylko bezpośredniej obserwacji przez człowieka, ale również aparatury pomiarowej.

Zakres precyzyjnego pomiaru tachimetrów i skanerów laserowych wynosi od kilkunastu centymetrów do kilkuset metrów, skanerów odczytujących kształt rzutowanej siatki – od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów. Obydwa typy urządzeń nie rejestrują obiektów spoza przedziałów swojej pracy. Fotogrametria ma nieskończony zakres działania ze względu na korzystanie tylko ze światła przyjmowanego z otoczenia, natomiast zakres precyzyjnego pomiaru również jest ograniczony. Znaczące przemieszczenie aparatury pomiarowej lub obserwatora może dostarczyć dodatkowych informacji o obserwowanym obiekcie, ale pomocne okazuje się zastosowanie zasad powtarzalności charakteru, ciągłości, prawdopodobieństwa, a w wypadku architektury przynależności do płaszczyzny, kąta prostego i powtarzalności wymiaru. Ten łączony sposób odczytywania otoczenia stosowany jest przez człowieka w sposób intuicyjny.

8. Sprezycowanie proponowanego rozwiązania

Biorąc pod uwagę możliwość programowania komputera, uznano za najbardziej uniwersalną metodę laserowego pomiaru punktowego. Nie posiada ona wprost zdolności odszukiwania tak istotnych w opisie konturów, jednak precyzyjne odczytywanie punktów i możliwość wybiórczego zagęszczenia pomiarów pozwalają na odszukanie kształtu poprzez analizę ciągów, których wyrazy to odczytana odległość, a kolejność to kolejne wartości kąta obrotu w przypadku skanowania z punktu lub w stosunku do przesunięcia w przypadku skanowania równoległego. Wskazane podejście daje możliwość określenia połączenia funkcji składowych kształtów, ale również oszacowania prawdopodobnego przebiegu w niewidocznych dla urządzenia miejscach obiektu.

Kształty mogą być analizowane matematycznie bezpośrednio poprzez indywidualny program komputerowy bądź z wykorzystaniem obiektów NURBS stosowanych w wielu programach komputerowych. **Algorytmy sterujące pomiarem powinny opierać się na założeniach nie tylko ścisłego działania urządzenia, ale też na zbadanych – charakterystycznych cechach kształtów widzianych przez człowieka.** Zarówno krzywe, jak i powierzchnie NURBS opisywane są przez ścisły punkt początkowy i końcowy (w wypadku powierzchni – krawędzie wynikające z punktów definiujących płat), ze znaną stycznością oraz punkty sterujące przebiegiem krzywej bądź powierzchni. Tworzenie krzywych lub powierzchni wskazaną metodą odbywa się poprzez odszukanie poza punktami skrajnymi punktów sterujących obiektem lub punktów na obiekcie.

9. Wnioski

Niniejszy artykuł jest kontynuacją badań autora związanych z analizą ludzkiego myślenia w celu zrozumienia prawideł rządzących przestrzenią, kształtem i wykorzystaniem zebranych wniosków do zastosowania w opracowywaniu metod pomiarowych. W tym przypadku nie zostało stwierdzone, czym jest kształt w rzeczywistości fizycznej, szczególny nacisk zaś położono na percepcję, która pozwoliła określić potrzeby odczytywania kształtów, co bezpośrednio rzutuje na przyjętą metodę – **bieżącego dobierania punktów pomiarowych w trakcie odtwarzania obiektu na komputerze** (przy pomiarze laserowym) i **analizę konturu, istotnego w intuicyjnym odczytywaniu kształtów.**

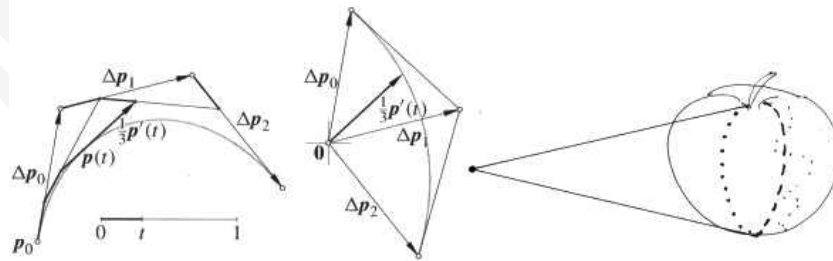
References/Literatura

- [1] Popper K.R., *Wszechświat otwarty argument na rzecz indeterminizmu (Open Universe. An Argument for Indeterminism)*, Znak, Kraków 1996.
- [2] Bartel K., *Perspektywa malarska tom drugi (Painting Perspective, vol. 2)*, PWN, Warszawa 1958.
- [3] Lenartowicz J., *O psychologii architektury (On Psychology of Architecture)*, Wydawnictwo PK, Kraków 1992.
- [4] Lenartowicz J.K., *Słownik psychologii architektury (Dictionary of Psychology of Architecture)*, Wydawnictwo PK, Kraków 2010.
- [5] Żórawski J., *Siatka prostych (Grid of Lines)*, Wydawnictwo PK, Kraków 2012.
- [6] Bartel K., *Perspektywa malarska tom pierwszy (The Painting Perspective, vol. 1)*, PWN, Warszawa 1955.
- [7] Kiciak P., *Podstawy modelowania krzywych I powierzchni (Basic Curve and Surface Modeling)*, Science and Technology Publishing House, Warszawa 2000.



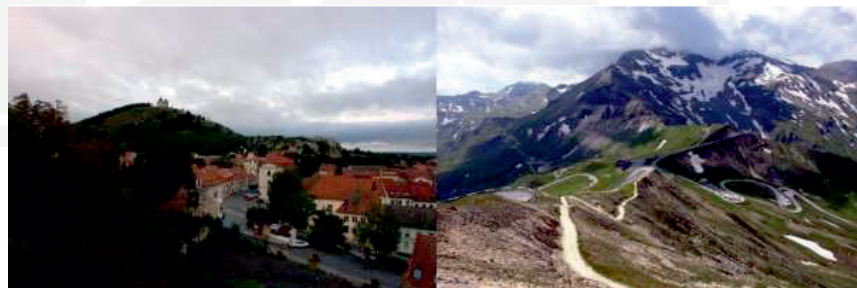
III. 1. On the left – significant outline on a sphere and ostensible outline on the projection plane, on the right – the technology of outlining objects on the example of rotational solid [6]

II. 1. Po lewej – kontur istotny na kuli oraz kontur pozorny na rzutni, po prawej – grafika przedstawiająca technikę obrysowywania obiektów na przykładzie bryły obrotowej [2]



III. 2. Bezier curves and their tangents on the left [7], on the right – an example of estimation of an outline – drawn with dotted line on the basis of the reading in the place of dotted line from the point signified by the dot. (drawing by the author)

II. 2. Po lewej – krzywe Bezierra i ich stycznice [7], po prawej – przykład oszacowania konturu, narysowany linią przerywaną na podstawie odczytu w miejscu kropkowej z punktu oznaczonego kropką (rys. autor)



III. 3. Mikulov on the left and the Alpine Grossglockner Hochalpenstrasse route on the right as examples of human ingrence in natural landscape, visible characteristic features of shapes (photo by author)

II. 3. Mikulov po lewej i alpejska trasa Grossglockner Hochalpenstrasse po prawej jako przykłady ingerencji człowieka w naturalną przestrzeń, widoczne cechy charakterystyczne kształtów naturalnych i antropogenicznych (fot. autor)

