

## CHAOS JAKO PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU W WYBRANYCH TRENDACH WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY<sup>1</sup>

### CHAOS AS THE HIGHER ORDER IN SELECTED TRENDS OF CONTEMPORARY ARCHITECTURE (SUMMARY OF DOCTORAL THESIS)

**Paweł Rubinowicz**

dr inż. arch.

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Zakład Urbanistyki, Planowania Regionalnego i Zarządzania

#### STRESZCZENIE

Praca prezentuje nową interpretację pojęcia złożoności formy architektonicznej w kontekście matematycznej teorii chaosu deterministycznego i geometrii fraktalnej. W klasycznym rozumieniu i doświadczeniu projektowym złożoność formalna powstaje w wyniku odejścia od określonych zasad porządku w stronę swobodnej i intuicyjnej kreacji. Natomiast przytoczone w pracy analizy poparte symulacjami komputerowymi dowodzą, że prosta reguła, zasada czy prawo może stanowić ścisłą definicję niezwykle skomplikowanej, gęstej i pozornie nieregularnej struktury. W ujęciu architektonicznym, wyznacznikiem *nowej złożoności* jest uzyskiwanie form złożonych poprzez stosowanie prostego procesu formowania. Zasada geometrycznej organizacji takich form jest określana mianem *porządku wyższego rzędu*.

Słowa kluczowe: architektura współczesna; teoria chaosu deterministycznego; geometria fraktalna; projektowanie komputacyjne; budowa formy architektonicznej.

#### ABSTRACT

The thesis: "Chaos as the Higher Order in Selected Trends of Contemporary Architecture" presents new interpretation of the complexity of an architectural form in the context of mathematical theory of deterministic chaos and fractal geometry. According to the classical understanding and experience in designing, the formal complexity is the result of deviating from the order towards free and intuitive creation. Analyses referred to in the thesis supported with computer simulations proved that a simple rule, principle or a law may comprise a strict definition of an extremely complicated, dense and apparently irregular structure. From an architectural point of view, the *new complexity* leads to complex forms by applying a simple process of forming. The principle of geometric organisation of such forms is defined as the *higher order*.

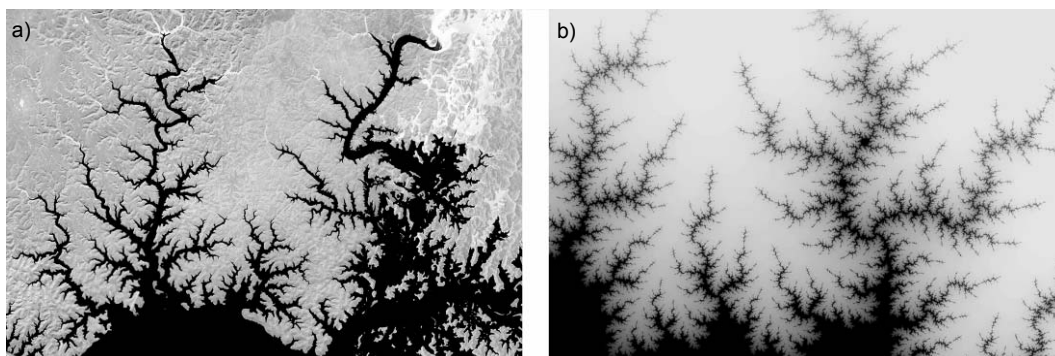
Keywords: contemporary architecture; theory of deterministic chaos; fractal geometry; computational design; structure of architectural form.

<sup>1</sup> Niniejszy tekst jest streszczeniem pracy doktorskiej po tym samym tytule obronionej w 2011 roku na WA Politechniki Krakowskiej, promotor pracy: dr hab. inż. arch. Zbigniew Paszkowski, prof. ZUT.

## 1. WPROWADZENIE

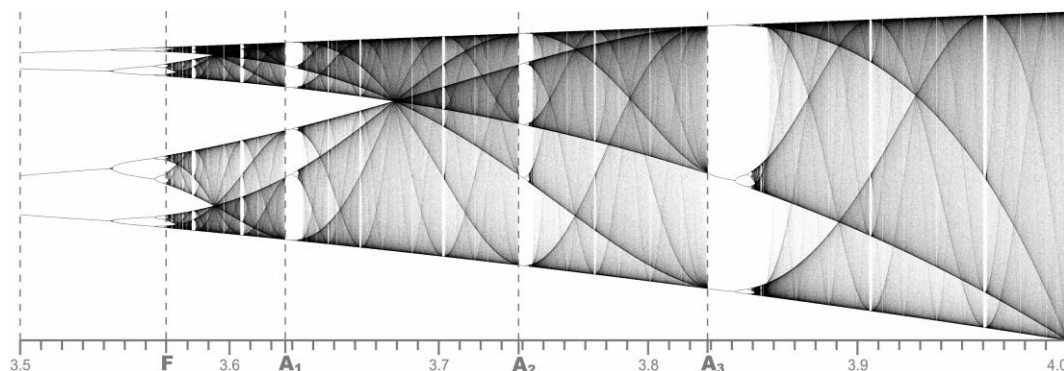
Rozwój badań na matematyczną teorią chaosu deterministycznego oraz geometrią fraktalną, zapoczątkowany w latach 60. minionego wieku i kontynuowany współcześnie, wywiera istotny wpływ na sposób postrzegania złożoności różnorodnych zjawisk fizycznych i przyrodniczych. Wybrane kadry Zbioru Mandelbrota do złudzenia przypominają krajobrazy naturalne rejestrowane na zdjęciach satelitarnych Ziemi (ryc. 1) i inne struktury organiczne w mikro- i makro skali. Jednak, do jednoznacznego opisu budowy Zbioru  $M$  wystarcza proste równanie matematyczne<sup>2</sup>. To co, z pozoru wydaje się formacją swobodną, złożoną i nieregularną, jest wynikiem wielokrotnego powtórzenia elementarnej konstrukcji, określonej ściśle deterministycznie. Diagram bifurkacyjny Feigenbauma<sup>3</sup> (ryc. 2) wskazuje, że ten sam model matematyczny może zachowywać się w sposób przewidywalny lub chaotyczny, w zależności od określonych warunków, czy parametrów. Granica między porządkiem i chaosem w teorii nie jest więc jednoznaczna.

W ostatnich latach teoria chaosu deterministycznego z powodzeniem znalazła zastosowanie w wielu dziedzinach naukowych, takich jak: fizyka, geologia, biologia, chemia, ekonomia, i inne. Stała się skutecznym narzędziem symulacji i modelowania złożonych zjawisk. Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza możliwości wykorzystania elementów tej teorii w architekturze, do interpretacji kompozycji form złożonych (ryc. 3) oraz ich



Ryc. 1. Formy fraktalne: a) zdjęcie satelitarne rozlewiska Nilu w południowym Egipcie, b) wybrany kadr zbioru Mandelbrota. Źródło: a) Google Maps, b) opr. autora

Fig. 1. Fractal forms: a) satellite image of river Nile in south Egypt, b) selected part of Mandelbrot set. Source: a) Google Maps, b) simulation by author



Ryc. 2. Diagram bifurkacyjny Feigenbauma. Jeden z najważniejszych symboli teorii chaosu prezentujący matematyczną drogę od porządku do chaosu. Źródło: opr. autora

Fig. 2. Feigenbaum Bifurcation Diagram. One of the most important symbols of chaos theory, presenting the mathematic way from order to chaos. Source: by author

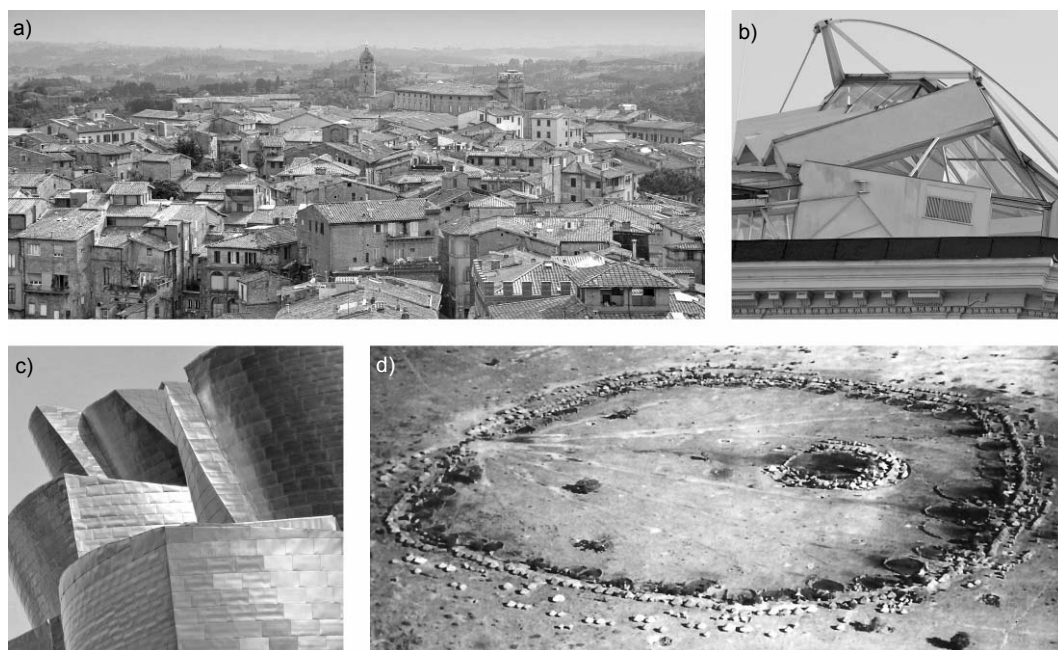
<sup>2</sup> Mandelbrot B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York 1983, s. 186-191

<sup>3</sup> Peitgen H., Jürgens H., Saupe D., *Granice chaosu. Fraktale. Cz.2*, PWN 1996, s. 225-307

współczesnej kreacji. Czy złożoność przestrzeni zbudowanej oraz złożoność form wielu z najnowszych realizacjach architektonicznych, może być wyrażana w sposób deterministyczny? Praca dotyka z jednej strony zagadnień analizy architektury współczesnej, z drugiej zaś warsztatu projektowego architekta twórcy. Omawia możliwości konstruowania współczesnych narzędzi, dzięki którym możliwa staje się kreacja formy ujmowanej w prostych zapisach matematycznych lub geometrycznych. Z uwagi na szeroki kontekst problemu badawczego, zamiast pojedynczej i jednolicie sformułowanej tezy, przyjęto następujące cztery tezy cząstkowe:

- TEZA 1.** W architekturze współczesnej istnieje silna tendencja do stosowania form złożonych, jako wyrazu poszukiwań nowych form ekspresji.
- TEZA 2.** Istnieje możliwość generowania w architekturze form o dużym stopniu złożoności za pomocą prostych reguł formowania, tworzących *porządek wyższego rzędu*.
- TEZA 3.** Nieliczne realizacje współczesnej architektury wykazują możliwość zastosowania *nowej złożoności* poprzez eksplorację zasad porządku wyższego rzędu w projektowaniu.
- TEZA 4.** Zastosowanie zasad formowania *porządku wyższego rzędu* wraz z intuicją twórczą i inwencją, stwarza nowe, inspirujące możliwości kształtowania form architektonicznych.

Pierwsza część pracy poświęcona jest studiom współczesnych projektów i realizacji architektonicznych, w których zaobserwowano wysoką złożoność formalną. Badania wykazały, że choć tendencja do stosowania form złożonych jest zauważalna, to jednak nie wynika ona z koncepcji porządku wyższego rzędu, nawiązującego do teorii chaosu deterministycznego. Przedmiotem drugiej części pracy jest teoretyczna analiza budowy



Ryc.3. Złożoność w przestrzeni architektonicznej: a) panorama średniowiecznej Sieny; b) nadbudowa kamienicy przy ul. Falkestrasse, Wiedeń, proj. Coop Himmelb(l)au, 1983-1999; c) Muzeum Guggenheima w Bilbao, proj. Frank O. Gehry, 1991-1997; d) afrykańska wioska Ba-ila. Źródło: a-c) fot. autora, d) English 1999

Fig. 3. The complexity of the architectural space: a) panorama of medieval Siena; b) rooftop remodeling at Falkestrasse, Vienna, designed by Coop Himmelb(l)au, 1983-1999, c), the Guggenheim Museum in Bilbao, designed by Frank O. Gehry, 1991-1997; d) African village – Ba-ila. Source: a-c) by author, d) English 1999

form opartych o porządek wyższego rzędu. Zaprezentowano symulacje wykonane z zastosowaniem programów komputerowych opracowane przez autora. Przedstawione zostały nieliczne przykłady projektów i realizacji architektonicznych, w których zaobserwowano aplikację porządku wyższego rzędu w procesie kształtowania formy.

## 2. ZŁOŻONOŚĆ W ARCHITEKTURZE WSPÓŁCZESNEJ

W wielu współczesnych realizacjach architektonicznych można zaobserwować tendencję do odchodzenia od klasycznie rozumianego, racjonalnego uporządkowania formy w stronę wyższej złożoności i programowej przypadkowości. Czytelny przykładami są znane realizacje nurtu dekonstrukcji, gdzie tradycyjna harmonia kompozycji zastępowana jest przez odpowiednie rozwarstwienia, transformacje i reorganizacje formy. Zjawisko ma znacznie szerszy zakres i strukturę. Dotyczy także innych trendów architektury współczesnej jak m.in. metabolizm, folding, architektura blobów oraz autonomicznych, trudnych do sklasyfikowania, poszukiwań twórczych architektów.

Dyskusji nad tendencją do stosowania złożoności formalnej w architekturze współczesnej poświęcony jest jednej z głównych rozdziałów pracy (rozdział 2 – część studialno-analityczna). Analizie problemowej poddane są projekty i realizacje na świecie (głównie w Europie) powstałe w latach 1980–2010. Badania zostały ukierunkowane na rozpoznanie zasad budowy formalnej. Podstawowym celem było więc zdefiniowanie geometrycznie opisywalnych sposobów tworzenia form złożonych, które są stosowane we współczesnej architekturze. Wedle tego kryterium wyodrębniono podstawowe metody – wzorce kształtowania formy architektonicznej: rozbicie (ryc. 6), deformacja (ryc. 4,5) i rozproszenie (ryc. 7). Poszczególne metody zostały szczegółowo omówione, zilustrowane na schematach oraz przeanalizowane za pomocą symulacji komputerowych. Wśród cytowanych realizacji przedstawiono także wybrane poszukiwania twórcze autora (kilka projektów konkursowych autorskich lub współautorskich).

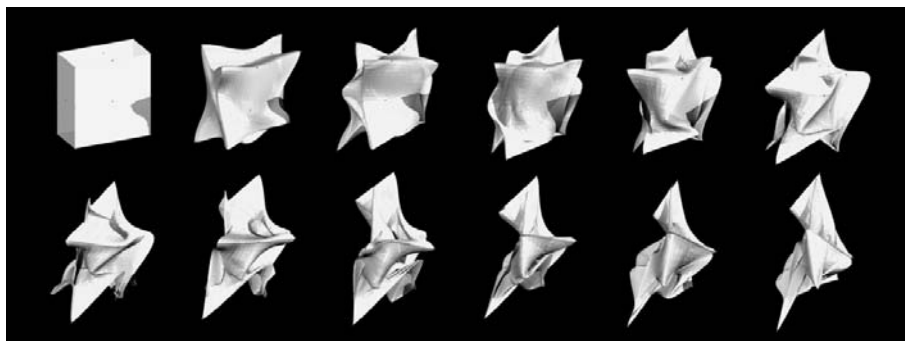
W kontekście omówionych w pracy badań i przytoczonych przykładów realizacji, tendencja do stosowania form złożonych w architekturze współczesnej wydaje się czytelna (jako jeden z nurtów jej rozwoju). W ostatnich latach dodatkowym katalizatorem poszukiwań formalnych w tej dziedzinie są techniki prefabrykacji cyfrowej (CNC) umożliwiające produkcję niepowtarzalnych elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych oraz nowe metody modelowania komputerowego<sup>4</sup>. Sposób dochodzenia do określonych rozwiązań formalnych jest inny w obszarze różnych kierunków twórczości architektonicznej. Wyodrębnione metody – rozbicie, deformacja, rozproszenie – polegają więc na stosowaniu wyraźnie różnych procesów geometrycznych. Wspólnym mianownikiem tych metod jest natomiast to, że złożoność form wynika ze złożoności procesu ich formowania, a nie z elementarnych i prostych reguł – jak w przypadku zbioru Mandelbrota, diagramu Feigenbauma, automatów komórkowych Wolframa<sup>5</sup> itd. Wbrew wielu opiniom, współczesna kreacja architektoniczna, poza nielicznymi realizacjami, nie wykorzystuje potencjału możliwości tworzenia form złożonych wedle zasad teorii chaosu.

## 3. PORZĄDEK WYŻSZEGO RZĘDU

Chaos deterministyczny i geometria fraktalna mogą stanowić istotny kontekst dla rozwoju teorii architektury, umożliwiając nową interpretację pojęcia złożoności formy architektonicznej. Jak to zostało określone we wstępie: matematyczna teoria chaosu deterministycznego wykazuje, że prosta reguła, zasada czy prawo może stanowić ścisłą definicję niezwykle skomplikowanej, gęstej i pozornie nieregularnej struktury. Wyznacznikiem *nowej złożoności* w architekturze jest uzyskiwanie form złożonych poprzez stosowanie

<sup>4</sup> patrz: *From Control to Design (...)*, ed. Sakamoto T., Feree A., Actar 2008, s. 180-185

<sup>5</sup> Wolfram S., *A New Kind of Science*, Wolfram Media Inc., 2002



Ryc. 4. Metoda deformacji na przykładzie transformacji prostopadłościanu. Uzyskane formy są homeomorficzne, można je wzajemnie przekształcać w sposób ciągły bez rozbijania ich struktury. Źródło: opr. autora

Fig. 4. The "deformation method" on an example of transformation of a cuboid. All forms are homeomorphic, they can be mutually transformed in a continuous manner without breaking their structure. Source: by author



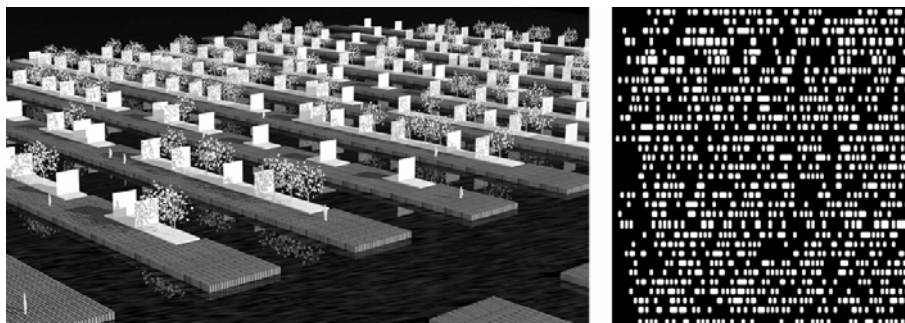
Ryc. 5. Architektura blobów. Kunsthhaus, Graz, proj. Peter Cook, Colin Fournier, 2001-2003. Źródło: fot. autora

Ryc. 5. Architecture of blobs. Kunsthhaus, Graz, by Peter Cook, Colin Fournier, 2001-2003. Source: by author



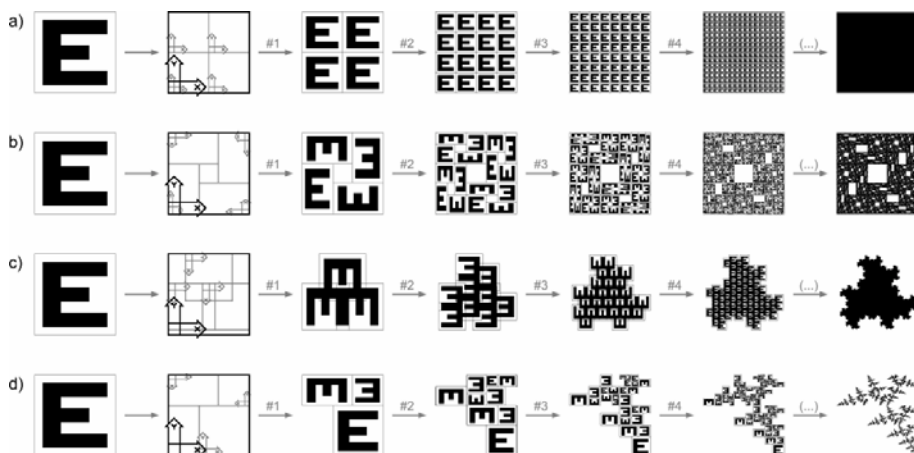
Ryc. 6. Metoda rozbicia – opisana w pracy. Sekwencja dekonstrukcji kwadratu uzyskana poprzez podział formy wyjściowej na części i ponowne ich scalenie w innych układach. Źródło: opr. autora

Fig. 6. The "method of breaking" – described in doctoral thesis. Deconstruction sequence obtained by dividing the initial form into parts and merging them again in other systems. Source: by author



Ryc. 7. Metoda rozproszenia – opisana w pracy. Teoretyczny projekt cmentarza na wyspie Grodzkiej w Szczecinie, proj. autora, 1997. Wizualizacja fragmentu założenia i schemat kompozycji. Źródło: opr. autora

Fig. 7. The "scattering method". The theoretical project of a cemetery on the Grodzka Island in Szczecin, by author, 1997. Visualization of the structure and a scheme of its composition. Source: by author



Ryc. 8. Przykłady kształtowania form wg porządku wyższego rzędu. Symulacje z zastosowaniem metody IFS: a) klasycznie rozumiany porządek, w którym proces formowania jest łatwo rozpoznawalny; b, c, d) porządek wyższego rzędu zmierzający do konstruowania form fraktalnych o wysokiej złożoności. Źródło: opr. autora

Fig. 8. Examples of shaping the forms using idea of higher order. Simulations using the method of IFS: a) the classically understood order in which the process of formation is easily recognizable; b, c, d) higher order leading to the construction of fractal forms of high complexity. Source: by author



Ryc. 9. Federation Square w Melbourne, proj. Lab Architecture Studio (arch. Donald Bates, arch. Peter Davidson), 1997-2003: a) symulacja kompozycji elewacji, b) widok założenia. Źródło: a) opr. autora, b) fot. Saunders

Fig. 9. Federation Square in Melbourne, by Lab Architecture Studio (Donald Bates, Peter Davidson), 1997-2003: a) simulation of the elevation composition, b) view of the structure. Source: a) by author, b) by Saunders



Ryc. 10. Przekształcenie kompozycji elewacji Federation Square. Struktura uzyskana w wyniku nieznacznej modyfikacji reguły formowania: a) fragment kompozycji, b) schemat konstrukcji, c) całość kompozycji z oznaczeniem powiększonego fragmentu. Źródło: opr. autora

Fig. 10. Transformation of the facade composition of Federation Square. The structure obtained by slight modification of the rule of formation: a) part of the composition, b) scheme of forming, c) the whole composition with designation of the enlarged area. Source: by author

prostego procesu formowania, a zasada geometrycznej organizacji takich form jest określana jest w pracy mianem *porządku wyższego rzędu*.

Analizie metod konstruowania *nowej złożoności* poświęcony jest kolejny z głównych rozdziałów pracy (rozdział 3 – część teoretyczno-aplikacyjna). Kluczowy problem badawczy dotyczy sposobu definiowania porządku wyższego. Reguły określające konstrukcję zbioru Madelbrota czy diagramu Feigenbauma (ryc. 1, 2) wyrażane są odpowiednimi wzorami matematycznymi. W projektowaniu architektonicznym sposób takiej definicji formy jest całkowicie hermetyczny. Badania zmierzały więc do wskazania metod tworzenia *nowej złożoności* za pomocą konstrukcji zbliżonych do tych stosowanych w architekturze, możliwych do wyrażenia na schematach lub diagramach, opartych o podstawowe działania geometryczne. Opracowane zostały specjalne programy komputerowe umożliwiające emulację takich form (ryc. 8, 10). Przedmiotem badań była także analiza przykładów realizacji, w których *nowa złożoność* została zmaterializowana.

Odpowiednie poszukiwania twórcze w architekturze są dopiero w bardzo wstępnej fazie. Można przytoczyć jedynie nieliczne przykłady zbudowanych realizacji architektonicznych, gdzie wysoka złożoność form wynika z ich ściśle deterministycznego uporządkowania. Jednym z takich przykładów, poddanym w pracy szerszej analizie, jest wielofunkcyjny kompleks budynków przy placu Federation Square w Melbourne, projektu Lab Architecture Studio z 2003 roku (ryc. 9). Kompozycja wszystkich elewacji wyznaczona jest przez fraktalny podział zwany: *pinwheel tiling*, opracowany i opisany kilka lat wcześniej przez amerykańskiego matematyka Charlesa Radina<sup>6</sup>. Podobnie fraktalna jest struktura centrum sportów wodnych w Pekinie wzniesionego na olimpiadę w 2008 roku (proj. PTW Architects), gdzie z kolei geometria formy wynika z zastosowania matematycznego modelu Weaire'a-Phelana<sup>7</sup> (opublikowanego w 1993 r.).

Symulacje komputerowe omówione w pracy pokazują cechy kształtowania form tworzonych według porządku wyższego rzędu. Niewielka zmiana prostych warunków wyjściowych określających budowę formy, może powodować jej radykalną reorganizację (ryc. 8). Kompozycja elewacji Federation Square jest dosłowną kopią matematycznego podziału przestrzeni na identyczne trójkąty. Konstrukcję można zapisać za pomocą odpowiedniego schematu złożonego zaledwie z kilku elementów. Modyfikacja dwóch elementów powoduje silną przebudowę formy, nadając jej zupełnie inną postać wizualną (ryc. 10). Tworzenie form *nowej złożoności* jest więc zupełnie nowym doświadczeniem projektowym. Nosi znamiona procesu empirycznego. Relacja między zapisem formowania a uzyskiwaną formą nie jest bowiem oczywista.

#### 4. PODSUMOWANIE

Stopień rozpoznania znaczenia teorii chaosu deterministycznego i geometrii fraktalnej dla teorii architektonicznych oraz ich potencjalnych zastosowań w projektowaniu jest wciąż niewielki. Poza nielicznymi realizacjami współczesna kreacja architektoniczna nie wykorzystuje możliwości tworzenia form złożonych wedle założeń teorii chaosu. Zaproponowana w pracy formuła: *dążenia do konstruowania złożonych form w wyniku prostego i ściśle uporządkowanego procesu formowania*, wyczerpuje definicję nowej kategorii złożoności, określa też podstawową zasadę jej konstrukcji.

<sup>6</sup> Radin C., "The Pinwheel Tilings of the Plane", *The Annals of Mathematics*, Second Series, Volume 139, Issue 3, 1994, s. 661-702; patrz też: Radin C., *Miles of Tiles*, American Mathematical Society, 1999, s.15

<sup>7</sup> Pohl E.B., *Watercube*, 2008, s. 312-313; Carfrae T., "Box of Bubbles", *Ingenia*, Issue 33, 2007, s. 44-51

## CHAOS AS THE HIGHER ORDER IN SELECTED TRENDS OF CONTEMPORARY ARCHITECTURE

Development of research on the mathematical theory of deterministic chaos and fractal geometry, which started in the 60s past century and continued today, has a significant impact on the perception of the complexity and variety of physical and nature phenomena. Selected parts of Mandelbrot set are noticeably similar to the natural landscapes of satellite images of Earth (fig. 1) and other organic structures in micro- and macro scale. However, to the explicit description of the M set construction simple mathematical equation is enough. This, what apparently seems to be the formation of free, complex and irregular, is the result of multiple repetitions of elementary structure, defined strictly deterministic. Feigenbaum bifurcation diagram (fig. 2) indicates that the same mathematical model may behave in a predictable or chaotic way, depending on specific conditions or parameters. The boundary between order and chaos theory is not so clear.

In recent years the theory of deterministic chaos has been successfully used in many scientific fields such as physics, geology, biology, chemistry, economics, and others. It became an effective tool for simulation and modeling of complex phenomena. The subject of this doctoral thesis is to analyze the possibility of using elements of this theory in architecture, to interpret the composition of complex forms (fig. 3) and their contemporary creation. Does the complexity of the built space and the complexity of many of the newest forms of buildings, can be expressed in a deterministic manner? Doctoral thesis touches on the one hand the analysis of issues of contemporary architecture, on the other hand the workshop of the architect – the creator. It discusses the possibility of constructing modern tools, which enable creation of forms with the use of simple mathematical or geometrical records.

The first part of the thesis focuses on the study of contemporary designs and architectural projects implemented of high formal complexity. Although a tendency to use complex forms can be seen, it does not result from the higher order concept which refers to the theory of deterministic chaos. The second part of the thesis provides theoretical analyses of the construction of forms based on the higher order. It also contains simulations made using software developed by the author. The thesis shows examples of a few designs and projects which applied the higher order in the process of developing the form.

The degree of recognition of the importance of deterministic chaos theory and fractal geometry to architectural theory and their potential applications in the design is still small. Apart from a few architectural examples (fig. 9, 10) contemporary architects still does not use the ability to create complex forms according to the assumptions of chaos theory. The formula proposed in doctoral thesis: *to build complex forms as a result of a simple and highly structured process of forming* (fig. 8) exhausts the definition of new category of complexity and also defines the basic principle of its construction.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Batty M., *Cities and Complexity*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2005.
- [2] Bovill C., *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Birkhäuser, Boston, USA 1996.
- [3] Coveney P., Highfield R., *Granice złożoności – w poszukiwaniu porządku w chaotycznym świecie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.
- [4] Di Cristina G., *The Topological Tendency in Architecture* [w:] *Architecture and Science*, Di Cristina G. (ed.) Wiley Academy, 2001, s. 7-13.
- [5] Eglash R., *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*, Rutgers University Press, 1999.



- [6] Eisenman P., "Visions' unfolding: architecture in the age of electronic media", *Domus*, No 734, 1992, s. 20-24.
- [7] Emmer M., "Mathland – From Topology to Virtual Architecture", *Proceedings of the Generative Art 2004 Conference*, Mediolan 2004.
- [8] *Folding in Architecture*, ed. Lynn G., John Wiley & Sons, Londyn 2004.
- [9] *From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture*, ed. Sakamoto T., Feree A., Actar 2008.
- [10] Gorczyca A., "Motion as modern way of expressing architecture", *Internet-Journal: CG&G*, vol. 7, no 3, s. 22-40, MEPhI, Moskwa 2005.
- [11] Jencks C., *The Architecture of the Jumping Universe*, Academy Editions, Londyn 1995.
- [12] Kozina I., „Chaos i uporządkowanie oraz ich znaczenie dla interpretacji form architektonicznych”, *Alma Mater*, nr 91 (2007/04), Kraków 2007, s. 49-51.
- [13] Lenartowicz J.K., "W poszukiwaniu złożoności miasta", *Materiały międzynarodowej konferencji Historia Miasto i Współczesność*, Szczecin 2001, s. 78-85.
- [14] Lindsey B., *Digital Gehry – Material Resistance Digital Construction*, Birkhäuser, 2001.
- [15] Lynn G., *Animate Form*, Princeton Architectural Press, NY 1999.
- [16] Mandelbrot B., *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, NY 1983.
- [17] *New Science = New Architecture?*, *Architectural Design Profile* No 124, ed. Jencks C., John Wiley & Sons, Londyn 1997.
- [18] Oosterhuis K., *Hyperbodies (IT Revolution in Architecture)*, ed. A. Saggio, Birkhäuser, 2003.
- [19] Ostwald, M.J., "Fractal Architecture": Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry", *Nexus Network Journal*, vol. 3, no. 1, Birkhäuser, Bazylea 2001.
- [20] Peitgen H., Juergens H., Saupe D., *Granice chaosu. Fraktale. Cz.1*, PWN 1997.
- [21] Prusinkiewicz P., Lindenmayer A., *The Algorithmic Beauty of Plants*, Springer-Verlag 1990.
- [22] Radin C., "The Pinwheel Tilings of the Plane", *The Annals of Mathematics*, Second Series, Volume 139, Issue 3, 1994, s. 661-702.
- [23] Rescher N., *Complexity – A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, USA 1998.
- [24] Rubinowicz P., "Chaos and Geometric Order in Architecture and Design", *Journal for Geometry and Graphics*, Volume 4, Number 2, Heldermann Verlag, Lemgo 2000, s. 197-207 (Proceedings of 9th ICGG, Johannesburg, South Africa 2000, s. 127-128).
- [25] Rubinowicz P., "Parametric Modeling – Random Factors in Architecture", *Proceedings of 8th ICECGDG*, Austin, USA 1998, s. 81-85.
- [26] Sala N., *Chaos and Complexity in Arts and Architecture*, Nova Science, Hauppauge 2007.
- [27] Salingeros N., "Connecting the Fractal City", *5th Biennial of towns and town planners in Europe*, Barcelona 2003.
- [28] Schumacher P., *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto* [na:] *Dark Side Club, 11th Architecture Biennale*, Wenecja 2008.
- [29] Sławińska J., Kościuk J., "Ład, chaos i architektura", *Architectus* 2 (8), Wrocław 2000, s. 55÷60.
- [30] Stec B., „O fałdowaniu w architekturze”, *Kwartalnik Archivolta*, Nr 1(5)/2000, s. 14-18.
- [31] Tschumi B., *Abstract Mediation and Strategy* [w:] *Architecture and Disjunction*, MIT, 1996.
- [32] Venturi R., *Complexity and Contradiction in Architecture*, MoMA, Nowy Jork 2002 (1966).
- [33] Watanabe M.S., *Induction Design – A Method for Evolutionary Design (IT Revolution in Architecture)*, ed. Antonino Saggio, Birkhäuser 2002.
- [34] Wolfram S., *A New Kind of Science*, Wolfram Media Inc., 200.
- [35] Żychowska M.J., „Nowa architektura” [w:] *TEKA Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych*, t.2, red. Gliński J., Wyd. AR, Lublin 2006, s. 73-79.

## O AUTORZE

Paweł Rubinowicz, architekt, studia na Politechnice Szczecińskiej i Fachhochschule Oldenburg (Niemcy). Doktorat na Politechnice Krakowskiej w 2011 roku, pt. *Chaos jako porządek wyższego rzędu w wybranych trendach współczesnej architektury*. Pracuje na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie od 1999 roku. Uczestnik licznych konkursów, warsztatów architektonicznych oraz konferencji nauko-

wych w Polsce, Niemczech, Finlandii, Szwecji, Litwie, Hiszpanii, Stanach Zjednoczonych i Republice Południowej Afryki. Autor 19 publikacji naukowych. Współautor opracowań urbanistycznych dla kilku miast w Polsce. Indywidualne wystawy fotograficzne w 9 miastach w Polsce (2000-2011). Od 2009 kurator Galerii Architektów Forma w Szczecinie, pod patronatem Muzeum Narodowego. Kontakt: [pawel@rubinowicz.com.pl](mailto:pawel@rubinowicz.com.pl)

#### **AUTHOR'S NOTE**

Paweł Rubinowicz, architect, studied at the the West Pomeranian University of Technology in Szczecin and the Fachhochschule Oldenburg (Germany). PhD at Cracow University of Technology in 2011: *Chaos as the higher order in selected trends of contemporary architecture*. He works at the Institute of Architecture and Spatial Planning at West Pomeranian University of Technology since 1999. Participated in numerous competitions, workshops, architectural and scientific conferences in Poland, Germany, Finland, Sweden, Lithuania, Spain, the United States and South Africa. Author of 19 scientific publications. Co-author of urban studies for several cities in Poland. Individual photographic exhibitions in 9 cities in Poland (2000-2011). Since 2009 the curator of the Architects Gallery Form in Szczecin. Contact: [pawel@rubinowicz.com.pl](mailto:pawel@rubinowicz.com.pl)