

DOI: 10.21005/pif.2016.28.A-02

NONLINEAR DYNAMIC SYSTEM AND BUILT ENVIRONMENT - BASIC PREMISES

NIELINIOWY SYSTEM DYNAMICZNY I ŚRODOWISKO ZBUDOWANE - PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA

Jakub S. Bil

Andrzej Frycz Modrzewski Cracow University
Faculty Architecture and Fine Arts
ORCID: 0000-0002-2701-4475

ABSTRACT

The system of impact of an object of architecture is a non-linear dynamic system, which also makes it a chaotic deterministic system. If we introduce into the system all impacts and system agent functions possible to identify, we can propose an estimated simulation of the life cycle of the entire object over time.

Key words: architecture, chaos, nonlinear dynamic system

STRESZCZENIE

Układ oddziaływań obiektu jest nieliniowym układem dynamicznym, więc jest chaotycznym układem deterministycznym. Wprowadzając do systemu wszystkie możliwe do zdefiniowania oddziaływania i funkcje agentów systemu, można w przybliżeniu użyć symulację życia całego obiektu.

Słowa kluczowe: architektura, chaos, nieliniowy system dynamiczny

1. INTRODUCTION

Up to now, most simulations of the functioning of built environment objects have been based on imprecise analyses. Those were founded on simplified models of linear behaviour of elements of the system that create the object and operate within it. Results obtained from the supposition of linear behaviour of both elements of the system as well as the system as a whole were largely imprecise. The fact that analyses do not include variables of warmth distribution, or the impact of the functional system and the way it is used on this distribution, or models simulating the flow of air, makes them fail to formulate an estimated model of the entire system. Moreover, the human factor is commonly omitted from analysis, which means that the changing relationship of the user with his environment, or their mutual impact, is not taken into account.

At the same time, the control of the object through intervention into selected elements of the system, without the inclusion of the equally important mutual impact of the object and user, as well as user and another user, does not allow for a comprehensive description and definition of the entire system, leading to imprecise assessment of the operation of the system at large.

This paper seeks to define the basic relationships within the system, as well as the fundamental features of the object of built environment.

2. GENERAL OBJECTIVES

If we assume that certain object is a system, we are able to analyse the relationships between the elements that constitute its physical aspect. An architectural object is, by definition, a physical environment organised for functional purposes. Rather than merely built environment, this system is also a set of relationships between the user and the environment that he creates. An object of architecture is a system of physical environment, while its users create a system constituted by their behavioural and physiological responses, as well as social interactions [8]. By defining the object's function, we introduce into the system a series of new determinants. If the function is defined as that of the hospital, then a number of elements are introduced which create a global impact on the user of particular object.

Chaos is the generation of complicated, aperiodic, seemingly random behaviour from the iteration of a simple rule. This complicatedness is not complex in the sense of complex systems science, but rather it is chaotic in a very precise mathematical sense. Complexity is the generation of rich, collective dynamical behaviour from simple interactions between large numbers of subunits. Chaotic systems are not necessarily complex, and complex systems are not necessarily chaotic (although they can be for some values of the variables or control parameter);

D.Rickles, P. Hawe, A. Shiell *A simple guide to chaos and complexity* J Epidemiol Community Health 2007; 61:933–937

A part of the system that involves elements that describe the built environment, together with the a priori defined function, demarcates the qualities of particular system. Elements generate a complex system. Research on non-linear dynamic systems indicates that the qualities of such system correspond to those of complex systems, where each and every element makes an impact on all other elements in the system. As demonstrated by D. Rickles, P. Hawe, A. Shiell [12], a complex system is based on simple interactions of units and subunits that establish an object of architecture, its environment, and its interactions with its users.

The research on the interactions between the units that form such system cannot be reduced to the research on the subunits. Operations undertaken by subunits of the system determine the operations of units positioned higher in the hierarchy. This quality is typical for hyperagent systems [16].

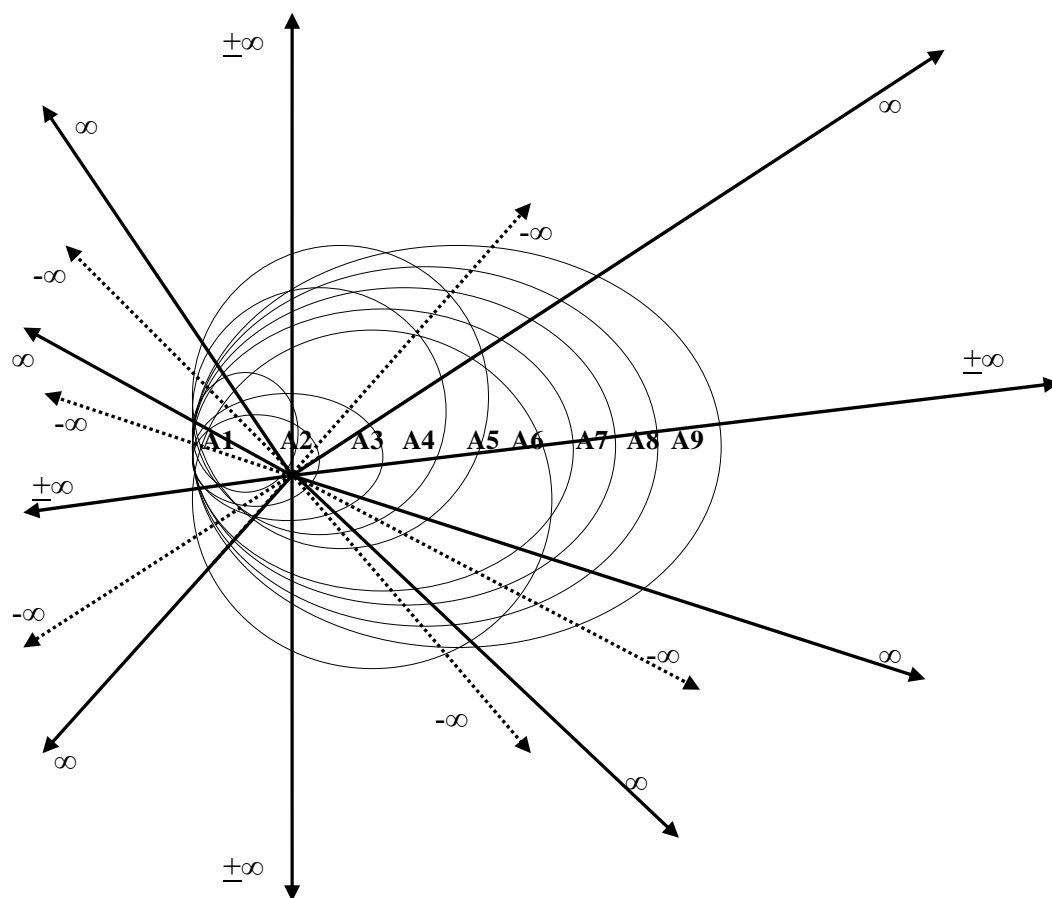


Fig. 1 Multidimensional continuum of agents' hierarchy. Source: author
 Ryc. 1 Wielowymiarowe kontinuum hierarchii agentów systemu. Źródło: opracowanie autora

The definition of the scope of researched space with a defined number of agents Fig. 1. Each definition of the scope of the system, its boundaries, requires a quantitative and qualitative definition of the agents involved in it. A built environment is a hyper-agent chaotic system which seeks to transform its physical and spatial qualities over certain period of time. This takes place when there is a lack of system regulators, that is, when there is insufficient energy input and insufficient increase of agent resources.

Sustaining the system's behaviour in particular aspect for a particular period is not able to generate a long-term change of its life cycle. In the context of how the entire system operates, those would merely signify short-term impact variation in a phase space. Understandably, this is factual only inasmuch as the built environment system is not an isolated system. In such case, the limits of the impact of external factors can be analysed vis a vis the Lorenz equations [3, 15], pertaining to the behaviour of atmospheric convection, together with the simultaneous impact of lithosphere (tectonics – chaos, warmth – chaos, aerosols and atmosphere – chaos).

Authors of Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation Part II: Conceptual frameworks [10] emphasise the significance of the user impact understood as physio-psychological impact, as well as define the impact of built environment and user as the fundamental pair of variables. Stimuli have their source in the built environment, and they generate a response that is reflected in the presented behavioural patterns; they generate a physiological reaction in the organism, and transform its future response Fig. 2. Moreover, through physiological processes, structures such as amygdala and prefrontal cortex produce emotional response to particular stimuli [9]. Physiological and behavioural responses are formed by stimuli/stressors coming from the built and social environment [2].

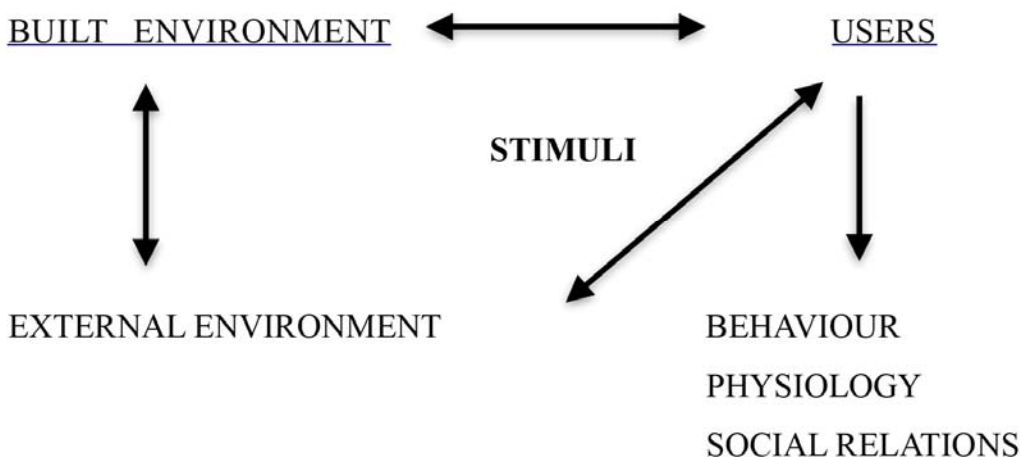


Fig. 2 Stimuli and environment. Source: author

Ryc. 2 Bódźce i środowisko. Źródło: opracowanie autora

Homeostasis is a condition of equilibrium of the system parameters. The equilibrium is distorted, and offers a needed organisms' response, when positive impact is prevalent. The desired impact is not merely an outcome of the analysis of the set of information provided in the form of algorithm. It also stems from the verification of initial conditions together with the introduction of new information or information previously omitted. This allows for the more precise data to be introduced into the system, and, therefore, for the spectrum of output data to include the potentially ideal solutions.

The most significant feature of the system of relationships is the powerful interdependence of its parts, which means that a minor change to the feature of a single element may result in a major change in the expected result of projected impact. Due to the large variety and randomness of elements involved, relative values introduced into the system, and the unpredictable nature of their reactions, it is paramount to establish the best possible adaptation of input factors on which the system is based.

BUILT ENVIRONMENT - f(BE)

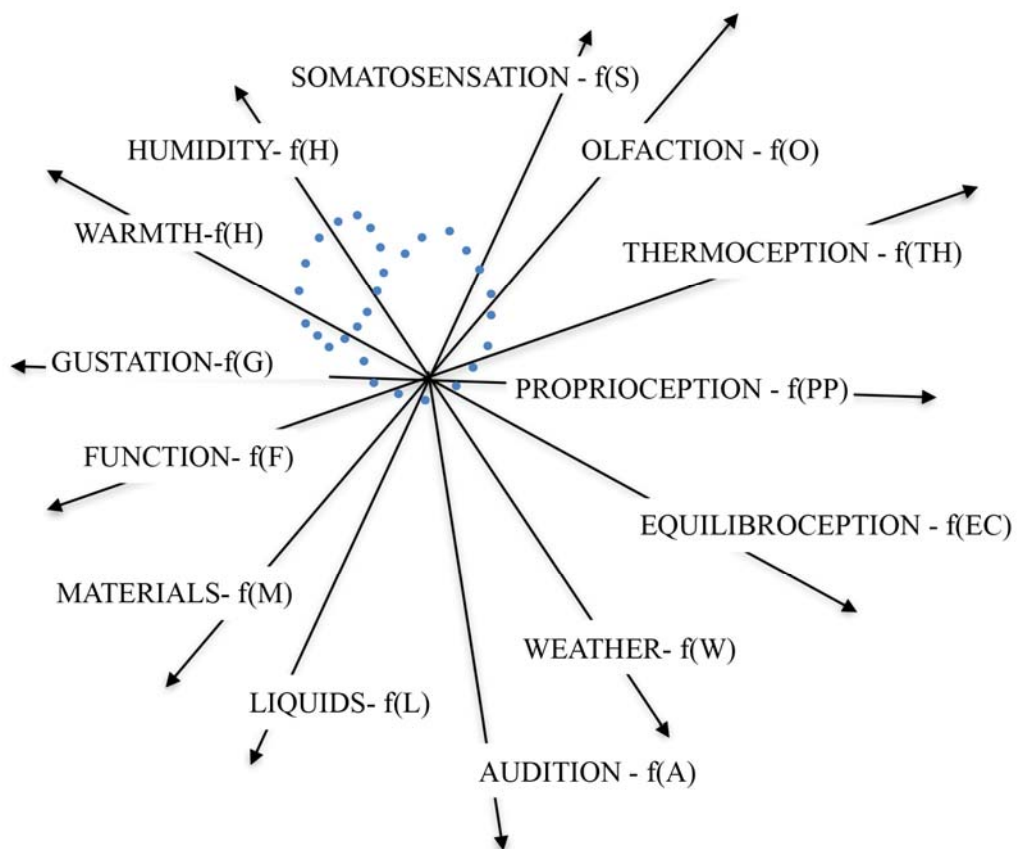


Fig. 3. Sample subagent systems relations for built environment. Source: by author

Ryc. 3. Przykładowe relacje subagentów dla środowiska zbudowanego. Źródło: opracowanie autora

In case of analysis of the relationships within the system of built environment Fig. 3, it is not possible to define the impact of environmental factors and the amount of relevant data in such a way that they allow for the use of reductionist methods. Such system is very sensitive to the smallest alternations of its values. Values introduced into the system are strictly defined and thus the major determinant is the analysed architectural object. In case of already existing objects, this means that the analysis takes into account additional portion of information in the system. The set of data is, in turn, determined by the planned function of the building.

3. THE SYSTEM OF IMPACT

The system of impact of an object of architecture is a non-linear dynamic system, which also makes it a chaotic deterministic system. The working of a chaotic system can be referred to the interactions generated within the built environment if we take into consideration the impact of the user on the system. Our preliminary assumption is that there is an impact of the user on the built environment. Actions of the user are represented by the derivative of the function presenting the functioning of the object's system as a built environment. The set of functions of this system determines the operations of the system in relationship to the user's activity. Consequently, a visual rendition of the mutual impact of the object and its user over time takes the form of a graphic representation of an attractor. This means that the impact of architecture is a factor that modifies the model of interaction of the user with the system of built environment.

The crucial method that leads to the successful effect of architecture involves the definition of the impact of architecture a priori and the description of the parameters of the built environment with their simultaneous reference to the building's relationship with the user. This, in turn, allows for identifying the attractor [1]. In the light of chaos theory, in this case of a chaotic dynamic system, attractor is understood as a set of data. The greater the precision and amount of data, the more accurate our prediction of the system's behaviour becomes. Moreover, equally precise become the data on the system's noise [4, 5]. This also entails the best possible definition of input data, due to the system's sensitivity to initial conditions, and thus greater control of the response of the object's user.

Life Cycle Analysis (LCA) – [11] of a particular building guarantees a comprehensive overview of the factors that determine the quality of the building itself, as well as its use. The LCA assessment indicates that the system of an intelligent object of architecture manifests features of unpredictability, as well as randomness on every stage of the life cycle, which is characteristic of a chaotic system. A good example of this aspect is the analysis of costs of unpredicted damages. Due to the fact that earthquakes are phenomena that display the features of a chaotic system, such as: non-linearity, randomness, and non-oscillating repetitiveness, their impact translates into costs generated by the damage produced as a result of such events [7, 14] Fig. 4.



Fig. 4. Earthquake damage. Source: Fot. Dr. Roger Hutchison/NGDC [17]

Ryc. 4. Zniszczenia po trzęsieniu ziemi. Źródło: Fot.: Dr. Roger Hutchison/NGDC. [17]

If such phenomena are compared to the unpredictable damage of given objects, the analogy suggests that these objects constitute a chaotic system. Events of this sort may be caused by user activity (non-linear dynamic system – chaos), the impact of weather conditions (non-linear dynamic system – chaos) [6], the impact of biological factors (non-linear dynamic system – chaos), as well as by the impact of physical factors, such as gas, liquid, solid, or temperature (non-linear dynamic system – chaos). These factors constitute a hierarchic hyper-agent system, where the impact of external environment might be regulated by the definition of space.

4. ATTRACTOR

Authors of Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation Part II: Conceptual frameworks [10] propose the use of the classic Lorenz's Attractor model as the model of interaction between the built environment and its user Fig. 5, Tab 1. It is a proposal that illustrates certain possible interdependencies. A definition of the system behaviour that allows for making a general assumption that the system moves towards one point (attractor) within the basin of attraction.

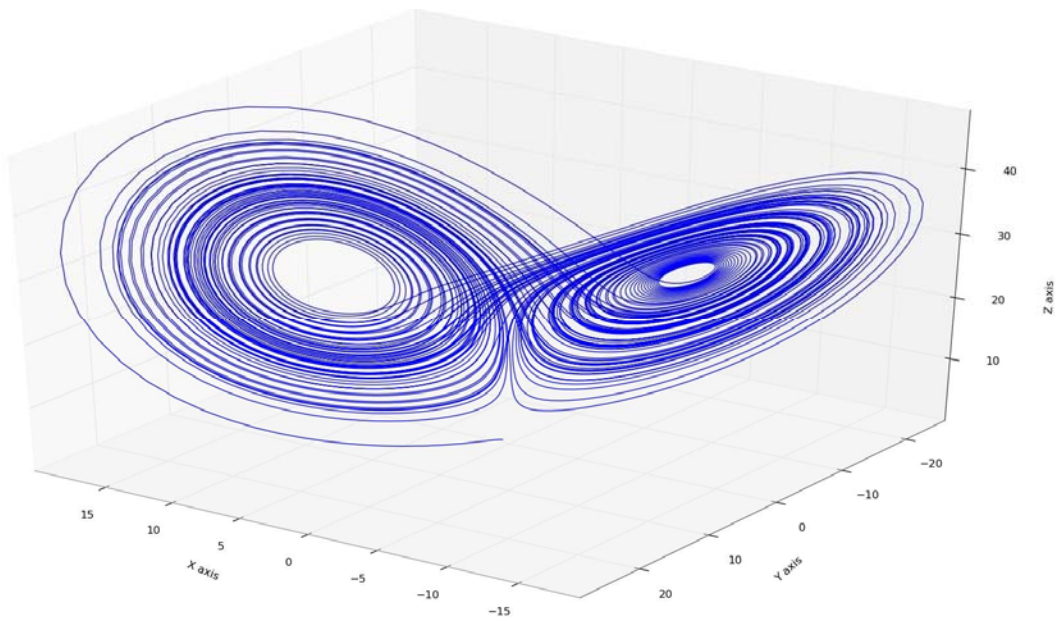


Fig. 5 Lorenz's Attractor. Source: [18]

Ryc. 5 Atraktor Lorenza. Źródło: [18]

Lorenz's attractor :

equation: where $\sigma= 10,0$ $\tau=28$ $\beta= 2,666667$

$$dx/dt = \sigma(y-x)$$

$$dt/dz = x(\tau-z)-y$$

$$dz/dt = xy-\beta z$$

Tab. 1 Lorenz's Attractor: equation.

Tab. 1 Atraktor Lorenza: równanie.

Within the system created by the object (built environment) and its users, the definition of features typical for the attractor (eventually – strange attractor) within the phase space Fig. 6, is ultimately determined by the definition of conditions that can be generalised for any system of built environment. In other words, those are the unified conditions of user behavioural response to built environment.

The assumed basic conditions involve the environment of the object constructed in such a way that the conditions of built environment can be considered sufficient for the planned function. All aspects of the mutual impact between the built environment and the user require adequate analysis in order to provide optimal use of the object resources for particular function, while identification of these processes is central.

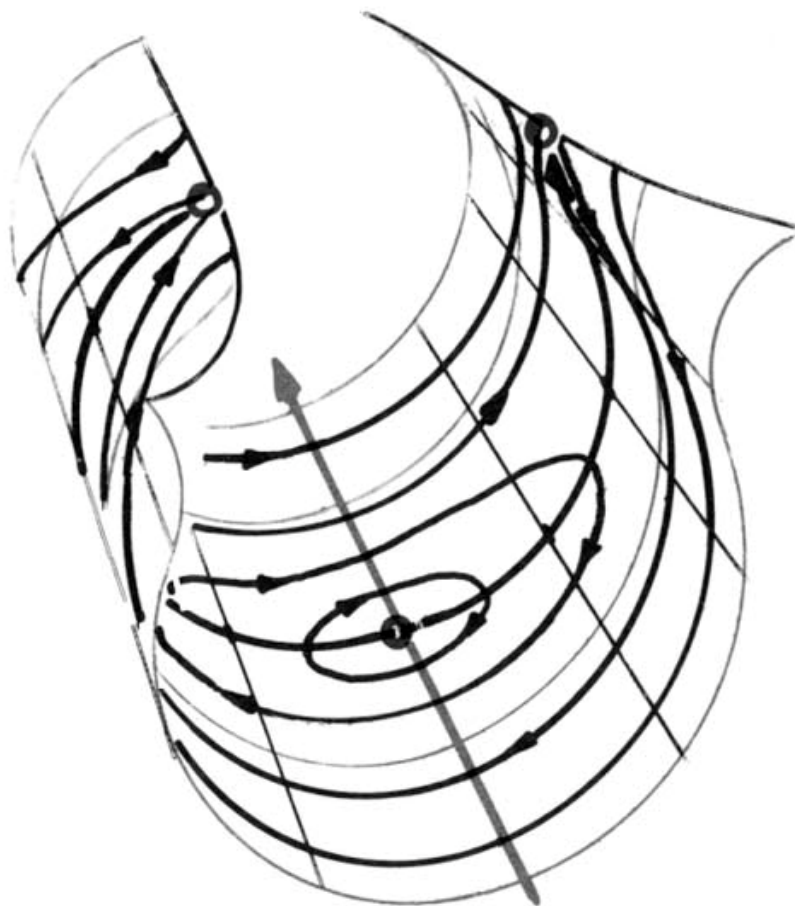


Fig. 6 Sample Phase Space by Ch. Schubert. Source: [19]
 Ryc. 6 Przykładowa przestrzeń fazowa; Ch. Schubert. Źródło: [19]

5. CONCLUSIONS

Built environment is a hyper-agent chaotic system, which, within a certain period of time, seeks to change its physical and spatial properties. This occurs when there are no factors regulating the system in the form of energy input or agent resources increase. An attempt to sustain the system behaviour in a particular aspect and over a course of time is unable to cause a long-term change of its life cycle. In the perspective of the entire system, those are merely short-term impact variations within the phase space. Certainly, this is only true providing that the system of built environment is not an isolated system. In this case, the limits of extrinsic impact can be generally analysed through Lorenz's equations, pertaining to the behaviour of atmospheric convection together with the assumed parallel impact of the lithosphere (tectonics – chaos, warmth – chaos, water linked to atmosphere – chaos).

If we introduce into the system all impacts and system agent functions possible to identify, we can propose an estimated simulation of the life cycle of the entire object over time. This can allow us to distinguish the most significant elements of the analysed system, and thus to better control it.

NIELINIOWY SYSTEM DYNAMICZNY I ŚRODOWISKO ZBUDOWANE - PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA

1. WPROWADZENIE

Symulacje funkcjonowania obiektów budowlanych dotychczas bazowały głównie na niedokładnych analizach. Analizy te miały swoją podstawę w uproszczonych modelach liniowego zachowania składników systemu tworzących obiekt i działających w nim. Uzyskiwane wyniki z wykorzystaniem założenia liniowego zachowania składowych jak i całego systemu nie pozwalały na uzyskanie precyzyjnych wyników. Wyłączenie z analiz zmiennych dotyczących dystrybucji ciepła, jak i wpływu na tą dystrybucję układu funkcjonalnego jak i sposobu użytkowania, a także modeli symulujących przepływ powietrza, znacznie utrudnia oszacowanie działania całego systemu. Ponadto bardzo często wykluczano czynnik ludzki, a co za tym idzie zmienność relacji człowieka z otoczeniem i ich wzajemnego wpływu na siebie.

Równocześnie kontrola obiektu poprzez ingerencję w wybrane elementy układu, bez założenia równie istotnych oddziaływań w relacjach: obiekt-użytkownik jak i użytkownik-użytkownik nie pozwala w pełni na opisanie i zdefiniowanie całego układu, powodując niedokładność w ocenie działania całego systemu.

Niniejsza publikacja definiuje podstawowe relacje systemu jak i podstawowe cechy układu jaki konstytuuje obiekt budowlany.

2. ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE

Zakładając, iż pewien obiekt jest systemem, otrzymujemy możliwość analizy zależności, jakie zachodzą pomiędzy elementami konstytuującymi jego cechy fizyczne. Obiekt budowlany z założenia jest środowiskiem fizycznym przeznaczonym dla celów użytkowych. System ten jest nie tylko środowiskiem zbudowanym, ale także układem zależności pomiędzy użytkownikiem a środowiskiem, jakie sam tworzy. Obiekt budowlany jest systemem środowiska fizycznego, użytkownicy są systemem ukonstytuowanym na podstawie reakcji behawioralnych, fizjologicznych i oddziaływań społecznych [8]. Określając funkcję użytkową, wprowadzamy do systemu obiektu szereg nowych uwarunkowań. Jeżeli funkcja użytkowa jest funkcją szpitala, to dodatkowo wprowadzamy szereg elementów tworzących globalne oddziaływanie na użytkowników tego obiektu. Część systemu składająca się z elementów definiujących środowisko zbudowane wraz z określoną a priori funkcją definiuje nam właściwości danego systemu. Elementy tworzą system złożony. Badania nad nieliniowymi systemami dynamicznymi wskazują na właściwości takiego systemu jako na właściwości zbieżne z systemami złożonymi, gdzie każdy element oddziałuje na każdy element w systemie. Jak wskazują D. Rickles, P. Hawe, A. Shiell [12], system złożony oparty jest na prostych interakcjach jednostek i podjednostek tworzących obiekt budowlany, jego środowisko i interakcje z użytkownikami.

Chaos jest wytworem skomplikowanego, aperiodycznego, pozornie przypadkowego zachowania z iteracji prostej reguły. Ta złożoność nie jest złożona w sensie nauki o systemach złożonych, ale raczej jest chaotyczna w bardzo precyzyjnym w ujęciu matematycznym. Złożoność jest bogatym zbiorowym zachowaniem wygenerowanym z prostych interakcji pomiędzy dużą ilością podjednostek. Systemy chaotyczne niekoniecznie są skomplikowane i złożone systemy nie muszą być chaotyczne (choć mogą być, dla pewnych wartości lub parametrów)

/tłum. autora/

D.Rickles, P. Hawe, A. Shiell *A simple guide to chaos and complexity* J Epidemiol Community Health 2007;61:933–937

Badania interakcji jednostek tworzących taki system nie mogą być zredukowane do badań podjednostek. Działanie podjednostek systemu determinuje działanie jednostek występujących wyżej w hierarchii. Jest to właściwość systemów hiperagentowych [16].

Każde ustalenie zakresu systemu, jego granicy, wiąże się ze zdefiniowaniem ilościowym i jakościowym agentów go tworzących. Środowisko zbudowane jest hiperagentowym systemem chaotycznym, który dąży w pewnym odcinku czasu do zmiany swoich właściwości fizycznych i przestrzennych. Dzieje się to w przypadku braku regulatorów systemu w postaci dostarczenia odpowiedniej porcji energii jak i wzbogacenia zasobów agentów. Podtrzymanie zachowania systemu w pożądanym zakresie, przez określony czas nie jest w stanie spowodować długoterminowej zmiany cyklu jego życia. Są to jedynie, w perspektywie działania całego systemu, krótkoterminowe wahania oddziaływań w przestrzeni fazowej. Jest to oczywiście prawdziwe w przy założeniu iż system środowiska zbudowanego nie jest systemem wyizolowanym. Granicą oddziaływań zewnętrznych mogą w tym przypadku być ogólnie rozpatrywane równaniami Lorenza[3, 15], zachowania systemu atmosfery wraz zakładanym równoległym wpływem skorupy ziemskiej (tektonika -chaos, ciepło - chaos, aerozole i atmosfera -chaos).

Autorzy *Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation Part II: Conceptual frameworks* [10] wskazują na znaczenie oddziaływania użytkownika jako na oddziaływanie *fizjologiczno- psychologiczne* (physio-psychological), a także definiują oddziaływanie środowiska zbudowanego i użytkownika jako najistotniejszą parę zmiennych. Bodźce mające swoje źródło w środowisku zbudowanym, uruchamiają odpowiedź mającą odzwierciedlenie w prezentowanych wzorcach behawioralnych, wyzwalają reakcję fizjologiczną w organizmie i zmieniają jego przyszłą odpowiedź Ryc. 2. Struktury takie jak ciało migdałowate i kora przedczołowa poprzez procesy fizjologiczne konstytuują również emocjonalną odpowiedź na bodźce [9]. Odpowiedź fizjologiczna jak i behawioralna, konstytuowane są poprzez bodźce/stresory płynące ze środowiska zbudowanego i społecznego [2].

Homeostaza jest stanem equilibrium czynników systemu. Granica equilibrium jest przekraczana i zapewnia pożądaną odpowiedź organizmu, w momencie przewagi oddziaływań pozytywnych. Pożądany efekt jest nie tylko wynikiową analizy zbioru informacji podanych w formie zadanego algorytmu. Jest to również weryfikacja warunków początkowych wraz z wprowadzeniem informacji aktualnych lub wcześniej pominiętych. Pozwala to na wprowadzenie do systemu danych bardziej precyzyjnych, a tym samym spektrum danych wyjściowych obejmuje potencjalnie najbardziej optymalne rozwiązania.

Najistotniejszą cechą układu oddziaływań jest mocna współzależność wszystkich części, a nieznaczna zmiana cechy elementu może powodować znaczne zmiany oczekiwanych

ostatecznym wyniku przewidywanych oddziaływań. Ze względu na duże zróżnicowanie i przypadkowość czynników składowych wartości względnych dodawanych do układu oraz nieprzewidywalność ich reakcji, należy założyć najlepsze dostosowanie składowych wejściowych, na których bazuje układ.

W przypadku rozpatrywania zależności układu, jakim jest obiekt budowlany, nie jest możliwe zdefiniowanie oddziaływań czynników środowiskowych i ilości danych je opisujących, tak, aby umożliwiły zastosowanie metod redukcjonistycznych. Jest to system bardzo wrażliwy na najmniejsze zmiany wartości. Wartości wprowadzane do systemu są ściśle określone i przez to podstawową determinantą jest obiekt budowlany, jaki jest poddany analizie. W przypadku obiektów istniejących jest to dodatkowa porcja informacji w systemie. Zestaw danych determinowany jest z kolei planowanym lub sposobem użytkowania.

3. UKŁAD ODDZIAŁYWAŃ

Układ oddziaływań obiektu jest nieliniowym układem dynamicznym, więc jest chaotycznym układem deterministycznym. Działanie systemu chaotycznego można odnieść do interakcji, jakie zachodzą w środowisku zbudowanym, jeżeli weźmiemy pod uwagę oddziaływanie użytkownika na system. Założeniem jest występowanie oddziaływania użytkownika ze środowiskiem zbudowanym. Działanie użytkownika jest odwzorowane przez pochodną funkcji przedstawiającej działanie systemu obiektu jako środowiska zbudowanego. Przebieg funkcji układu, jakim jest obiekt stanowi o działaniu systemu w relacji do działania użytkownika. Wobec tego odwzorowaniem oddziaływania systemu obiektu i użytkownika, w czasie jest odwzorowanie w postaci przedstawienia graficznego atraktora - czyli działanie architektury jest czynnikiem modyfikującym odwzorowanie interakcji użytkownika z systemem środowiska zbudowanego.

Zasadniczym celem pozwalającym na osiągnięcie efektu oddziaływań czynników architektonicznych przez zdefiniowanie ich a priori i określenie parametrów środowiska zbudowanego jest odniesienie ich do relacji z użytkownikiem, co pozwoli na określenie atraktora [1]. Opierając się na założeniach teorii chaosu, w tym przypadku, czyli chaotycznego układu dynamicznego, atraktor jest rozumiany jako zbiór danych. Im większa precyzja i ilość danych tym dokładniej i z większym prawdopodobieństwem można określić zachowanie układu oraz bardziej precyzyjne stają się dane dotyczące szumu układu[4][5]. Pociąga to za sobą, możliwie precyzyjne zdefiniowanie danych wejściowych, ze względu na wrażliwość systemu na warunki początkowe, a tym samym większą kontrolę nad odpowiedzią użytkownika obiektu.

Life Cycle Analysis (LCA) – Analiza Cyklu Życia [11] budynku zapewnia kompleksowe spojrzenie na czynniki determinujące jakość zarówno samego obiektu jak i użytkowania. Ocena LCA, wskazuje, że system inteligentnego obiektu budowlanego wykazuje cechy zarówno nieprzewidywalności jak i przypadkowości, w każdym momencie cyklu życia, co jest charakterystyczne dla układu chaotycznego. Przykładem może być analiza kosztów nieprzewidzianych zniszczeń. Ze względu na to, że, trzęsienia ziemi są zjawiskiem wykazującym cechy systemu chaotycznego, tzn. nieliniowość, przypadkowość, nieoscylacyjną powtarzalność, to analogicznie przekłada się na koszty związane ze zniszczeniami [7, 14] Ryc. 4. Odnosząc powyższe zjawisko do nieprzewidzianych zniszczeń obiektów, można analogicznie założyć, iż stanowią one układ chaotyczny. Zdarzenia te mogą być wywołane zarówno przez działalność użytkownika (nieliniowy system dynamiczny – chaos), działanie czynników atmosferycznych (nieliniowy system dynamiczny – chaos) [6], działanie czynników biologicznych (nieliniowy system dynamiczny – chaos, a także przez działanie czynników fizycznych, gazów, cieczy, ciał stałych oraz temperatury (nieliniowy system dynamiczny – chaos). Stanowi to hierarchiczny system hiperagentowy, gdzie wpływy środowiska zewnętrznego, mogą być regulowane poprzez definiowanie przestrzeni.

4. ATRAKTOR

Autorzy *Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation Part II: Conceptual frameworks* [10] proponują, wykorzystanie jako modelu interakcji środowiska zbudowanego i użytkownika, klasycznego wzoru Atraktora Lorenza Ryc. 5, Tab1. Jest to jedynie propozycja obrazująca pewne możliwe zależności. Zdefiniowanie zachowania systemu pozwalające na uogólnione założenie, iż system zmierza do jednego punktu (atraktora) w zakresie basenu (basen atraktora).

W systemie, jaki tworzą: obiekt (środowisko zbudowane) i użytkownicy, ustalenie cech charakterystycznych atraktora (możliwy dziwny atraktor) w przestrzeni fazowej Ryc. 6, jest zasadniczo zdeterminowane określeniem warunków, które mogą być uogólnione dla każdego systemu środowiska zbudowanego. Inaczej, są to zunifikowane warunki odpowiedzi behawioralnej użytkowników na środowisko zbudowane.

Zakładamy jako warunki podstawowe, środowisko obiektu skonstruowane tak, aby można przyjąć, iż warunki środowiska zbudowanego są wystarczające dla zakładanej funkcji użytkowej. Wszystkie aspekty oddziaływań pomiędzy środowiskiem zbudowanym a użytkownikiem, wymagają analizy w celu zapewnienia optymalnego wykorzystania zasobów obiektu dla określonej funkcji użytkowej, a zdefiniowanie tych procesów jest kluczowe.

5. PODSUMOWANIE

Środowisko zbudowane jest hiperagentowym systemem chaotycznym, który dąży w pewnym odcinku czasu do zmiany swoich właściwości fizycznych i przestrzennych. Dzieje się to w przypadku braku regulatorów systemu w postaci dostarczenia odpowiedniej porcji energii jak i wzbogacenia zasobów agentów. Podtrzymanie zachowania systemu w pożądanym zakresie, przez określony czas nie jest w stanie spowodować długoterminowej zmiany cyklu jego życia. Są to jedynie, w perspektywie działania całego systemu, krótkoterminowe wahania oddziaływań w przestrzeni fazowej. Jest to oczywiście prawdziwe w przy założeniu iż system środowiska zbudowanego nie jest systemem wyizolowanym. Granicą oddziaływań zewnętrznych mogą w tym przypadku być ogólnie rozpatrywane równaniami Lorenza, zachowania systemu atmosfery wraz zakładanym równoległym wpływem skorupy ziemskiej (tektonika -chaos, ciepło - chaos, woda powiązana z atmosferą -chaos).

Wprowadzając do systemu wszystkie możliwe do zdefiniowania oddziaływania i funkcje agentów systemu, możemy w przybliżeniu uzyskać symulację życia całego obiektu w czasie. Pozwolić to może na wyznaczenie najbardziej wrażliwych jak i najistotniejszych elementów badanego systemu, a tym samym na lepszą jego kontrolę.

BIBLIOGRAPHY / BIBLIOGRAFIA

- [1] Bai-Lin HA. Bifurcation, chaos, strange attractor, turbulence and all that—on intrinsic stochasticity in deterministic systems. *Progress in physics*. 1983; 3:329-416.
- [2] Evans, G.W. Environmental stress and health. In: Baum A, Revenson T, Singer JE, (red.). *Handbook of Health Psychology*. Mahwah, NJ: Erlbaum; 2001, 571–610.
- [3] Farmer JD. Chaotic attractors of an infinite-dimensional dynamical system. *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 1982 Mar 1;4(3):366-93.
- [4] Gleick J, Berry M. Chaos-Making a New Science. *Nature*. 1987 330:293.
- [5] Gleick J. *Chaos: Making a New Science (Enhanced Edition)*. Open Road Media; 2011 Apr 20.

- [6] Lea DJ, Allen MR, Haine TW. Sensitivity analysis of the climate of a chaotic system. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 2000 Jan 1;52(5):523-32.
- [7] Liu M., Wen Y.K., Burns S.A., Life cycle oriented seismic design optimization of steel moment frame structures with risk-taking preference, *Engineering Structures* 26(2004) 1407–1421.
- [8] Liu W., Manias E., Gerdtz M., The effects of physical environments in medical wards on medication communication processes affecting patient safety, *Health & Place* 2014, vol. 26, s.188–198.
- [9] Lovalo W.R., Buchanan T. Stress hormones in psychophysiological research: emotional, behavioral, and cognitive implications. *Handbook of Psychophysiology*, 2015, Chapter: 21, Publisher: Cambridge University Press
- [10] Lua X., Clements-Croome D., Viljanen M. Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation Part I: Conceptual frameworks, *Automation in Construction* 2010; 19:452–457.
- [11] Ramesh T, Prakash R, Shukla KK. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and buildings*. 2010; 42(10):1592-600.
- [12] Rickles D., Hawe P., Shiell A. A simple guide to chaos and complexity *J Epidemiol Community Health* 2007;61:933–937
- [13] Ramesh T, Prakash R, Shukla KK. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and buildings*. 2010; 42(10):1592-600.
- [14] Scholz CH. Earthquakes as chaos. *Nature*. 1990;348(6298):197-8.
- [15] Stewart I. Mathematics: The Lorenz attractor exists. *Nature*. 2000;406(6799):948-9.
- [16] Wołoszyn P. System multiagentowy jako dyskretny system dynamiczny o skończonej przestrzeni stanów-ujęcie formalne. *Automatyka/Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*. 2004;8(3):293-302.
- [17] WRITTEN BY: Bruce A. Bolt www.britannica.com/science/earthquake-geology, access/dostęp: 12.11.2016
- [18] zkchong www.zkchong.files.wordpress.com/2010/04/view1.jpg, access/dostęp: 12.11.2016
- [19] www.christianhubert.com/writings/Phase_Space___or_state.html access/dostęp: 12.11.2016

AUTHOR'S NOTE:

Jakub S. Bil, Phd Eng Arch, Licensed Arch., IARP/MPOIA, PTPS, Adjunct at Andrzej Frycz Modrzewski Kraków University, Faculty of Architecture and Fine Arts. Scientific activity in the fields :Architecture of psychiatric hospitals, Architecture healthcare facilities, Evidence Based Design for healthcare facilities, Evidence Based Design for mental healthcare, Therapeutic role of the built environment, general healthcare facilities, mental healthcare, reduction of environmental hazards in hospitals through the modernization of the built environment, nonlinear dynamic systems.

O AUTORZE

Dr inż. arch. Jakub S. Bil, członek Małopolskiej Izby Architektów, PTPS, adiunkt na Krakowskiej Akademii im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego, Wydział Architektury i Sztuk Pięknych. Działalność naukowa- zagadnienia: Architektura szpitali psychiatrycznych, architektura służby zdrowia, Evidence Based Design dla leczenia psychiatrycznego, terapeutyczne środowisko zbudowane, redukcja zagrożeń w szpitalach poprzez modernizację środowiska zbudowanego, nieliniowe systemy dynamiczne.