

MARTA SKIBA

dr inż. arch.

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

e-mail: M.Skiba@aiu.uz.zgora.pl

WYKORZYSTANIE ROZMYTYCH MAP KOGNITYWNYCH FCM JAKO NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCEGO PROCES PODEJMOWANIA DECYZJI W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM

THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS (FCM) AS AN INSTRUMENT FACILITATING THE PROCESS OF DECISION-MAKING IN SPATIAL PLANNING

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono narzędzie – rozmyte mapy kognitywne FCM, które może być wykorzystane do modelowania percepcji krajobrazu. Metodologia pozostawia szanse na wprowadzenie uzupełniających lub alternatywnych zasad oceny, źródeł danych i zastosowań. Narzędzie FCM nadaje się do określania różnych scenariuszy działań, w zależności od np.: przewidywanych trendów użytkowania gruntów lub celów przyjętych w strategii planowania przestrzennego. Zarządzanie krajobrazem kulturowym wymaga uczestnictwa społeczności (zwłaszcza lokalnych) w procesie kształtowania krajobrazu tak, aby możliwy był wzrost jego jakości i akceptacji przy jednoczesnym minimalizowaniu konfliktów przestrzennych. Włączenie budowy map kognitywnych FCM jako narzędzia wspomagającego proces podejmowania decyzji na jednym z etapów (np. partycypacji społeczności lokalnej) w planowaniu przestrzennym umożliwia spełnienie tych wymagań.

Słowa kluczowe: jakość krajobrazu, percepcja, rozmyte mapy kognitywne (FCM)

ABSTRACT

The paper presents an instrument – fuzzy cognitive maps (FCM), which can be used to model landscape perception. The methodology provides the possibility of introducing complementary or alternative assessments, data sources and applications. The FCM instrument can be used to define different scenarios, depending on, for example, anticipated land use trends or objectives adopted in the spatial planning strategy. Managing a cultural landscape requires the participation of communities (especially local ones) in the process of landscape formation to increase the quality of the landscape and its acceptance while minimizing spatial conflicts. The incorporation of fuzzy cognitive maps (FCM) as an instrument facilitating the process of decision-making at one stage (e.g. local community participation) in spatial planning makes it possible to meet these requirements.

Keywords: fuzzy cognitive maps (FCM), landscape evaluation, perception

1. INFORMACJE OGÓLNE

Badania nad percepcją krajobrazu można podzielić z uwagi na doktryny filozoficzne. Zgodnie z kartezjańskim podziałem umysłu i materii stanowią zasadniczo odrębne pojęcia. Zatem, sformułowano kwestie: jedną – jaki jest odbiór świata fizycznego? I drugą – jak świadomość odtwarza wrażenia psychiczne oparte o doświadczenia, wyobrażenia i przekonania związane z obserwacją świata fizycznego?. Odpowiedzią były poszukiwania eksperymentalne, w których empirycznie wyjaśniano psychologię percepcji. Takie badania przeprowadził Ittelson (1973), który zwrócił uwagę na trzy ogólne wnioski na temat natury postrzegania:

- postrzeganie jest stosunkowo wolne od bezpośredniej kontroli bodźca,
- jest nierozzerwalnie związane z obiektem, i w tym sensie nie do odróżnienia od innych aspektów psychologicznych,
- oraz że postrzeganie jest zależne od kontekstu środowiska, w którym występuje.

Teza:

- Możliwy jest model oceny wizualnych preferencji oparty o badania odbioru społecznego (Parsons, Daniel 2002; Barroso et al, 2012),
- Dotychczasowe badania umożliwiły powstanie wielu eksperckich modeli oceny, które opierają się na mierze atrybutów dobieranych subiektywnie (Steinitz, 2001; Stamps 2004, 2005),
- Brakuje jasnych i możliwie prostych zasad oceny wrażeń przekładanych na oceny jakościowe krajobrazu (Shang i Bishop, 2000).

Jedną z metod, które mogą pomóc w podejmowaniu decyzji przestrzennych jest obiektywizacja wyników badań. Nie zawsze koszt przeprowadzanych badań eksperckich jest porównywalny z badaniami społecznymi, które często uważane są za nieekonomiczne z uwagi na czas i skutki finansowe.

Metodą obiektywizacji ocen subiektywnych jest także zwiększanie liczby podmiotów oceniających. Taka obiektywizacja opiera się na założeniu, że wartość średnia wielu niezależnych ocen jest bliższa ocenie obiektywnej.

W odniesieniu do estetyki to założenie wydaje się jednak wątpliwe. Walorem może być umiejętność uwzględnienia liczb i zbiorów o wielu wartościach (rozmytych).

Problem obiektywizacji wartości estetycznych pojawia się zwłaszcza tam, gdzie dochodzi do decydowania o zapisie, które miejsca chronić lub poprawić, a które przeznaczyć do innych celów w dokumentach polityki ochrony i zagospodarowania terenu.

Odczucie estetycznych wartości zmienia się w zależności od cech obserwatora, od wieku, wykształcenia, norm kulturowych, nastawienia itp.. Ponieważ nie ma obiektywnych wyznaczników piękna i brzydoty, zatem wrażenie piękna i harmonii w równej mierze zależy od cech środowiska jak i cech poznawczych człowieka (Kaplan, Kaplan, 2011).

Istotą percepcji jest widok, który powoduje nasze zainteresowanie (Bogdanowski, 1994). Wśród wielu różnych widoków można wyodrębnić te, które zapadają w pamięć jako bardziej wyraziste, oryginalne lub znaczące, rozpoznawalne, najsilniej oddziałujące na naszą świadomość.

Odbiorca architektury czy sztuki, dostrzega piękno, czasem oryginalność, a często niestety, chaos i brzydotę (Kearney et al., 2008).

2. KOGNITYWNE MAPY MENTALNE

Szczególnie godną polecenia metodą jest sporządzanie map mentalnych, ponieważ w ankiecie ustnej sposób zadawania pytań i ich kolejność mogą sugerować odpowiedź. Badanie map mentalnych nie ma tej wady. Można je wykonać dla praktycznie wszystkich dziedzin i sytuacji, w których planuje się twórcze odniesienie do jakiegoś zagadnienia. Można w ten sposób ukazać połączenia pomiędzy pojęciami i zorientować się w aspektach treści (np.: ukazać zabarwienie emocjonalne). W trakcie zapamiętywania powstaje mapa umysłowa – jako subiektywny schemat obiektów i relacji między nimi. Wiadomo, że uczenie się rozkładu przestrzennego przebiega względnie szybko, tak że każde następne spotkanie z określonym środowiskiem jest ułatwione poprzez pamięć poprzednich. Odbiór nie pojedynczego wnętrza lecz całych sekwencji widoków staje się mimo woli podstawą kształtowania w świadomości mapy mentalnej otoczenia.

Ideę Fuzzy Cognitive Maps przedstawił Kosko, w latach, 1986, 1988, 1993 w pracach, w których koncepcje (w postaci węzłów) są połączone za pomocą grafów.

Pozytywny (negatywny) kierunek wskazuje na koncepcję, może być opisany słownie lub trudnymi do ilościowego określenia pojęciami, takimi jak „ekologiczny” lub „tożsamość kulturowa”. Aby odzwierciedlić siłę powiązań przyczynowych, do kierunków przypisywane są wagi.

Niepewna wiedza przyczynowa jest przechowywana w rozmytej mapie poznawczej a węzły reprezentują zmienne zjawiska lub zestawy rozmyte. Węzeł FCM przekształca ważne i sumowane dane wejściowe w dane numeryczne, analogicznie do modelu sztucznego neuronu. W przeciwieństwie do

systemów eksperckich, które są najczęściej drzewami klasyfikacyjnymi, FCM są nieliniowymi układami dynamicznymi.

W konstrukcji map kognitywnych liczą się:

- liczba wierzchołków,
- liczba łuków, krawędzi i pętli,
- gęstość linii (odpowiadająca grubości połączeń między wierzchołkami),
- średnia wartość połączeń.

Ludzkie reakcje środowiskowe i wizualne można przełożyć na projekcje, i ogólnie sklasyfikować jako poznawcze (związane z wiedzą i rozumieniem), emocjonalne (związane z uczuciami, postawami i emocjami), zachowania (związane ze zmianami zachowań widza) oraz fizjologiczne (biologiczne lub fizyczne oddziaływania na ciało obserwatora). Do analizy danych zawartych w FCM, wykorzystuje się metody oparte na teorii grafów (Özesmi & Özesmi, 2004; Kosko, 1986). Struktura pojedynczego FCM może być przedstawiona jako kwadratowa maczyca przyległości. Ocena jakości krajobrazu wydaje się być, tym miejscem, w którym zastosowanie modelowania opartego na FCM (fuzzy cognitive maps), które jest znaną techniką obrazowania interakcji człowieka z otoczeniem w systemach społeczno-ekologicznych, świetnie się sprawdza (Giabbanelli et al., 2017; Gray et al., 2012). FCM są opracowywane intuicyjnie, oferują racjonalne odwzorowanie modelu kognitywnego zainteresowanych stron, mogą obejmować szereg indywidualnych wiadomości (zarówno na szczeblu społeczności, jak i na poziomie ekspertów) (Gray et al., 2015). FCM są często wykorzystywane jako modele strukturalne (gdzie informacje są uzyskiwane w drodze wywiadu, a diagramy pętli przyczyn (*Causal Loop Diagrams* CLD są wykorzystywane do oceny polityki) w kontekście modelowania ekologicznego, ze szczególnym naciskiem na analizę struktury poszczególnych lub zagregowanych FCM. Niemniej jednak modele FCM mogą być także modelami symulacji, ponieważ mogą określić, jak zmieniłby się model dla danego scenariusza (Giabbanelli et al., 2017) poprzez tzw. wykonanie ilościowej analizy „co jeśli” (przedstawione w scenariuszach).

3. MODEL PERCEPCJI KRAJOBRAZU WG ZUBE

W artykule przedstawiono przykład budowania rozmytej mapy kognitywnej, która umożliwia ocenę jakościową zdarzeń wpływających na zmiany w krajobrazie, a także w oparciu o którą, możliwe jest budowanie scenariuszy wzmacniających lub osłabiających różne czynniki, na których opiera się poli-

tyka planowania i zagospodarowania przestrzennego (wsparcie procesów decyzyjnych). Jako narzędzie w metodzie badawczej wykorzystano ogólnodostępny program Mental Modeler autorstwa Stevena Greya, <http://www.mentalmodeler.org>

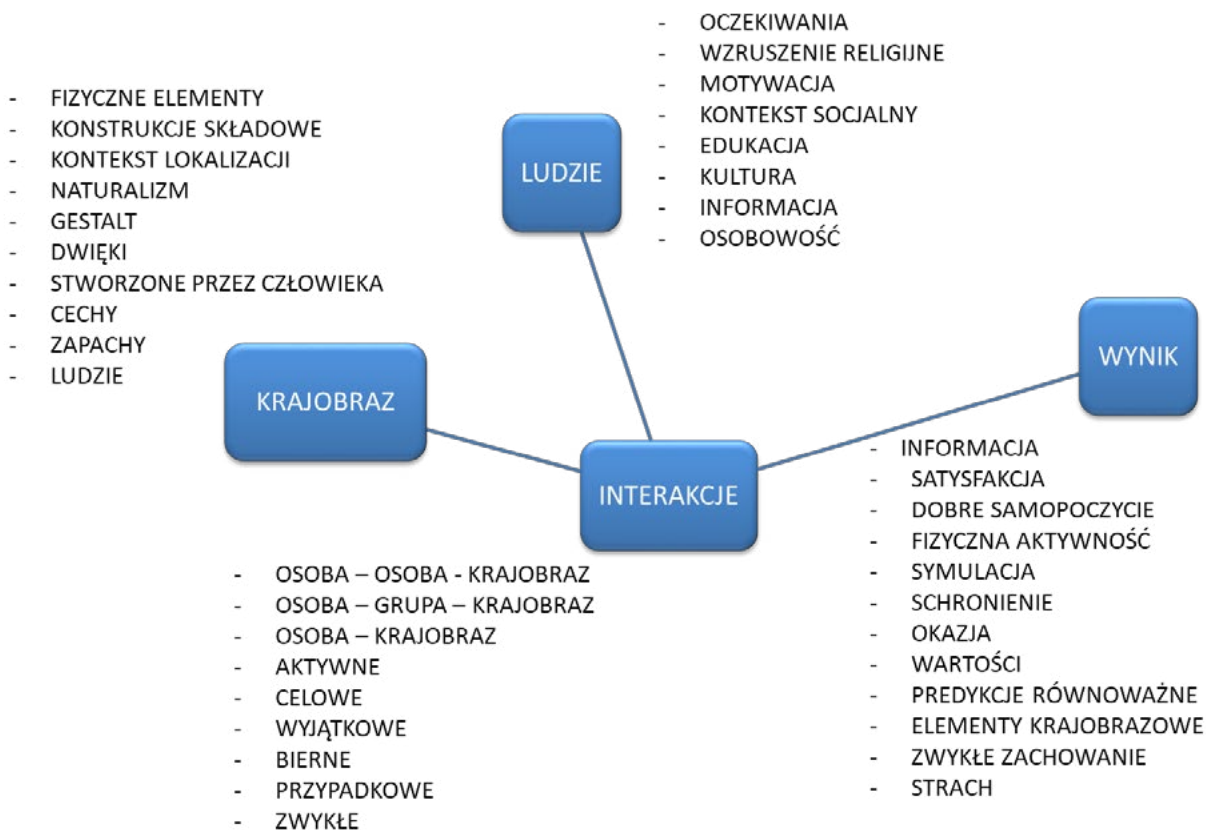
Mapę zbudowano w oparciu o już istniejące ramy oceny jakościowej krajobrazu wyrażone w 1982 roku przez Zube, który stworzył i opisał model oceny percepcji krajobrazu (Zube, 1982). Przedstawiono model, który jawnie reprezentuje heterogeniczne procesy decyzyjne (na przykład bazuje na przekonaniach i doświadczeniach), które mogą przewidywać społeczno-środowiskowe konsekwencje zagregowanych zachowań indywidualnych. Czynniki podzielono na trzy klasy: krajobraz, ludzie i wynik interakcji po czym poddano badaniom eksperckim zmienność połączeń między podstawowymi komponentami a resztą kategorii, która wpływa na dokładny charakter wyników.

Łączenie subiektywne zmiennych w większe kategorie na podstawie wspólnych cech, jest procesem zwanym „agregacją jakości” (*qualitative aggregation*). Gdy dwie zmienne reprezentowały przeciwne kierunki tej samej koncepcji polaryzacja odwróconych oddziaływań była zgodna z przyjętymi praktykami (Kim et al., 2016). Przyjęto silne zależności między zmiennymi wynoszące 0,75, średnie 0,5 i niskie 0,25 (Harary, Gupt, 1997). Centralność, czyli miara powiązania kategorii z innymi kategoriami na mapie, jak również ogólna siła tych połączeń została obliczona jako suma wartości bezwzględnych w kolumnie macierzy połączeń wchodzących i wychodzących z danej kategorii (suma wartości bezwzględnych w rzędzie w macierzy), co przedstawił Özesmi (Özesmi & Özesmi, 2004).

Model zagregowano jako wzajemną strukturę trzech czynników: krajobrazu, ludzi i wyniku interakcji (wyniki interakcji były określone w modelu Zube’go). Wzajemne interakcje pomiędzy czynnikami przedstawiono jako ujemne (brązowe) lub dodatnie (niebieskie) grafy o zmiennych wartościach.

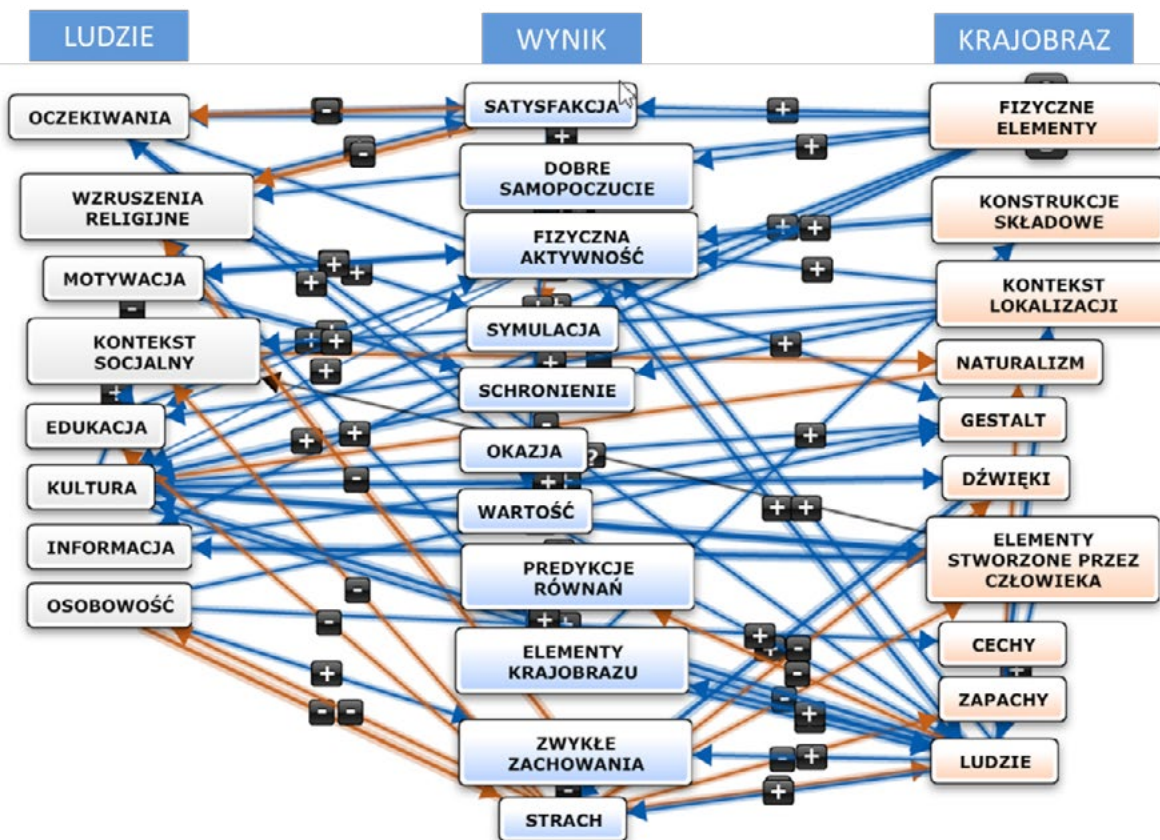
Poniżej pokazano dla tego modelu scenariusz, w którym wzmocniono (wagowano) czynniki wpływające na obrany cel, w tym wypadku celem byli ludzie. Analizując wynik scenariusza przedstawionego na rysunku, można stwierdzić, że: – kładąc nacisk w polityce przestrzennej na potrzeby ludzkie powodujemy, że maleje znaczenie naturalnych cech krajobrazu oraz jego wartość.

Jednocześnie można zauważyć pozytywne aspekty takiego ustalenia celu, gdyż: wzrasta aktywność fizyczna ludzi oraz znaczenie elementów krajobrazu i kontekstu lokalizacji obiektów stworzonych przez człowieka (może to być np.: zain-



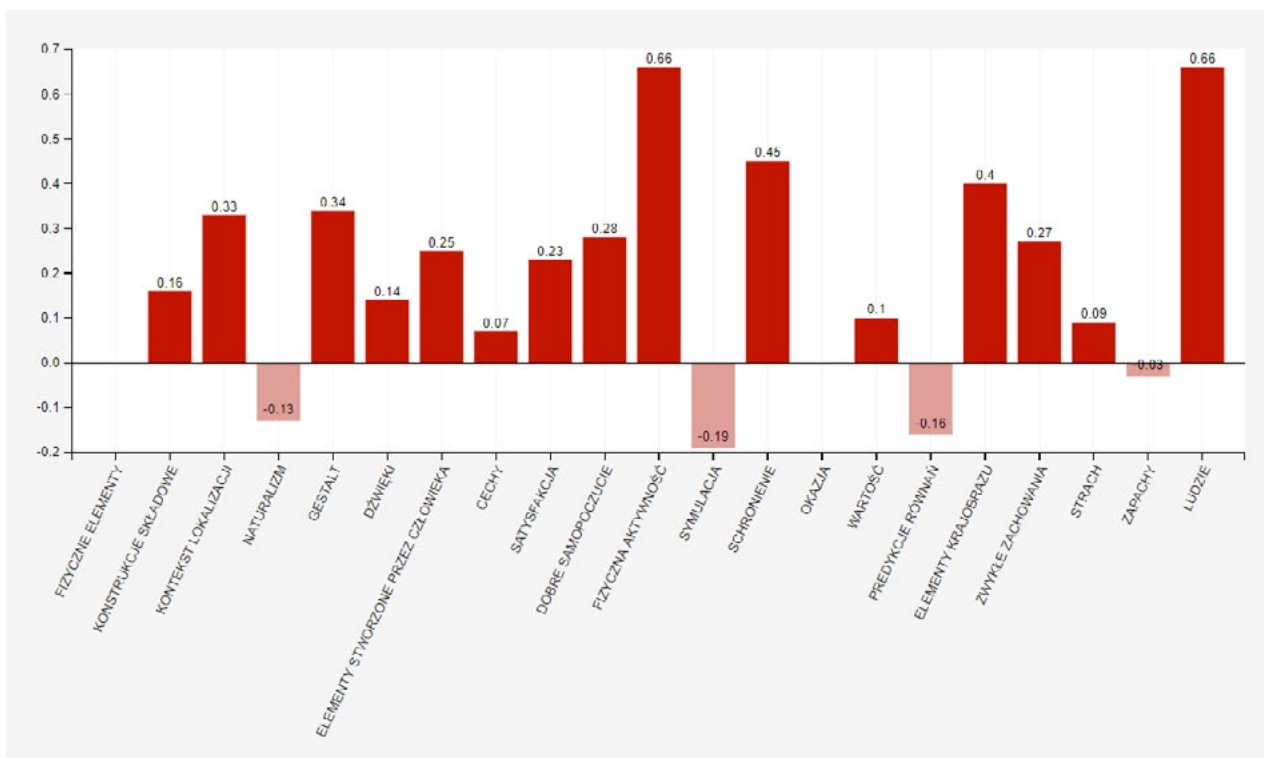
II. 2. Model percepcji krajobrazu wg Zube. Źródło ilustracji – autor

III. 2. Model of landscape perception according Zube. Source – autor



II. 2. Kognitywna mapa mentalna wykonana dla modelu percepcji krajobrazu Zube’go. Źródło – autor

III. 2. Cognitive mind map made for the landscape perception model by Zube. Source – autor



II. 2. Testowany scenariusz wzmacniania ogólnego celu Ludzie. Źródło ilustracji – autor

III. 2. Tested scenario to strengthen the overall Ludzie goal. Source – autor

westowanie turystyczno-rekreacyjnej), a zachowana i wzmocniona zostaje satysfakcja i dobre samopoczucie ludzi.

W przypadku tak dobrze przemyślanego modelu Zubego krajobraz – człowiek, wybór interakcji może to być truizmem. Jednak FCM służą głównie do tworzenia scenariuszy i poszukiwania perspektywy zmian z możliwością przedstawienia dynamiki problemu w formie testowanych scenariuszy.

4. WNIOSKI

Skuteczny proces projektowania i tworzenia standardów projektowych wymaga wiedzy o preferencjach estetycznych ludzi.

Choć percepcja jest wrażeniem chwilowym i subiektywnym to jednak ład i harmonię przestrzeni zawdzięczamy długoletnim działaniom na wskroś racjonalnym i planowym.

Określenia wymaga również problem czy istnieje konsensus wśród percepcji dla różnych grup inte-

resów i, jeśli tak nie jest, gdzie i jak te odczucia percepcyjne się rozchodzą (Kearney et al., 2008).

Badania tego typu zapewniają podstawowe informacje na temat sposobu oceny widoków miejskich. Analiza wyników może być skutecznym sposobem weryfikacji parametrów krajobrazu miejskiego z poziomu lokalnego planowania. Oznaczenia ilościowe w analizach krajobrazowych i badania wzorów przestrzennych mogą skutecznie wspomagać plany zagospodarowania przestrzennego, tak aby były akceptowane przez społeczność lokalną.

Propagowana na świecie metoda analizy widokowej, pozwala na wywołanie dyskusji nad projektem zanim przeistoczy się on w rzeczywistość. Analiza polega na idealnym wpasowaniu wizualizacji projektowanego obiektu do fotografii miejsca, w którym ma się on pojawić. W Polsce jej odpowiednikiem są studia widokowe. Skorelowanie obrazu i wniosków płynących z dyskusji nad projektem obiektu wpisanego w obraz, stanowi podstawę do odpowiedniego zarządzania przestrzenią.

THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS (FCM) AS AN INSTRUMENT FOR FACILITATING THE PROCESS OF DECISION-MAKING IN SPATIAL PLANNING

1. GENERAL INFORMATION

Research on landscape perception can be divided due to the philosophical doctrines. According to the Cartesian division of mind and matter they are fundamentally distinct concepts. Therefore, the questions have been formulated: one-what is the perception of the physical world? And the other-how consciousness replays mental impressions based on experience, perceptions and beliefs associated with the observation of the physical world? The answer were experimental inquires, which empirically explained the psychology of perception. Such research was conducted by Itelson, who drew attention to the three general conclusions about the nature of perception:

- perception is relatively free from direct control of the stimulus,
- it is inseparably linked with the object, and in this sense, indistinguishable from other psychological aspects,
- and that perception is dependent on the context of the environment in which it occurs.

Thesis:

- It is possible to model evaluation of visual preferences based on the research of public perception (Parsons, Daniel 2002; Barroso et al, 2012).
- Previous studies have enabled the emergence of many expert evaluation models that rely on the measure of subjectively selected attributes (Steinitz, 2001; Stamps 2004, 2005).

It lacks clear and simple rules for the assessment of impressions depicting landscape quality assessment (Shang and Bishop, 2000).

One of the methods that might be helpful in making decisions on the spatial issues is objective assessment of research results. Not always the cost of expert research is comparable to social research, which is often considered to be uneconomical due to the time consumed and financial implications.

Increase of the number of assessing entities is also a method to objectify a subjective assessment. Such an objectivization is based on the assumption that the average mean value of a number of independent assessments is closer to an objective assessment.

However, this assumption seems questionable in terms of aesthetics. Ability to take into account the numbers and sets with multiple values (fuzzy) may be found an advantage.

The problem of objectifying aesthetic values appears especially where it comes to decide on, which places need protection or improvement, and which shall be allocated to other purposes in the documents of protection and land use policy.

Sense of aesthetic value changes depending on the characteristics of the observer, age, education, cultural norms, attitudes, etc.. Because there are no objective determinants of beauty and ugliness, the impression of beauty and harmony is equally dependent on the characteristics of the environment and the characteristics of human cognition (Kaplan, Kaplan, 2011).

The essence of perception is the view that causes our concern (Bogdanowski, 1994). Among many different views we can distinguish those memorable ones as more expressive, original or significant, identifiable, most strongly affecting our consciousness.

A recipient of architecture or arts, sees beauty, sometimes originality, and often, unfortunately, chaos and ugliness (Kearney et al., 2008).

2. COGNITIVE MIND MAPS

A method especially worth recommending is a preparation of mind maps, because in an oral survey a way to ask questions and their order may suggest an answer. Studying mind maps does not have this defect. They can be used, practically in all areas and situations in which creative reference to some issues is planned. one show the connection between concepts and understand the aspects of content (e.g.: show emotional background). During the memorization a mental map is being created-as subjective diagram of objects and the relationships between them. As it is known, learning a spatial distribution is relatively quick, so that each subsequent meeting with the particular environment is facilitated by memory. Not the view of a single interior but the whole sequence of views becomes involuntarily the basis for shaping mental maps of the environment in the consciousness.

The idea of Fuzzy Cognitive Maps was presented by Kosko in 1986, 1988, 1993 in the works, in which concepts (in the form of nodes) are connected by graphs.

A positive (negative) direction indicates the concept, it can be described in words or terms difficult

to quantify, such as “ecological” or “cultural identity”. The strength of causal relations is reflected by weights assigned to the directions.

Uncertain causal knowledge is stored in the fuzzy cognitive map and nodes represent variable phenomena or fuzzy sets. FCM node transforms weighted and summarized input data in numeric data, similar to the artificial neuron model. Unlike expert systems, which are usually classification trees, FCM are nonlinear dynamic systems. Things that matter in constructing cognitive maps are:

- number of vertices,
- number of curves, edges and loops,
- density of lines (corresponding to the thickness of the connections between the vertices),
- mean value of the connections.

Human environmental and visual reactions can be transposed into projections, and generally classified as cognitive (related to knowledge and understanding), emotional (feelings, attitudes and emotions), behavior (related to changes to the behavior of the viewer), and physiological (biological or physical effects on the body of the observer). Methods based on graph theory (Özesmi & Özesmi, 2004; Kosko, 1986) are used to analyse data contained in FCM. The structure of a single FCM can be presented as a square matrix of adhesion. The assessment of a landscape quality seems to be a great opportunity to apply modeling based on fuzzy cognitive maps, which is a well known technique for imaging human interaction with the environment in socio-environmental systems (Giabbanelli et al., 2017; Gray et al., 2012). FCM are developed intuitively, they offer reasonable representation of a cognitive model of interested entities, they may include a number of individual messages (both at community and experts level) (Gray et al., 2015). FCM are often used as structural models (where the information is obtained through an interview, and *Causal Loop Diagrams* CLD are used to evaluate policy) in the context of ecological modeling, with a special emphasis on the analysis of the structure of the individual or aggregate FCM. However, FCM models can also be models of simulation, as they can determine how to modify the model for a particular scenario (Giabbanelli et al., 2017) by a performance of a “what-if” quantitative analysis (presented in scenarios).

3. MODEL OF LANDSCAPE PERCEPTION BY ZUBE

This article presents an example of building a fuzzy cognitive map, which enables a qualitative assess-

ment of events that affect changes in the landscape, and also makes it possible to build scenarios to strengthen or weaken different factors that are the basis for planning and spatial development (support decision-making processes). As a tool in the research method, a freely available Mental Modeler program by Steven Gray, <http://www.mentalmodeler.org>

The map was constructed based on the existing framework for qualitative assessment of the landscape expressed in 1982 by Zube, who created and described the evaluation model of landscape perception (Zube, 1982). This work presents a model that explicitly represents heterogeneous decision-making processes (e.g. is based on the beliefs and experiences), which may predict socio-environmental consequences of aggregated behaviors of individual. The factors are divided into three classes: landscape, people and the interaction result and the variability of connections between the basic components and the rest of the category, that affects the exact nature of the results were examined by experts.

Subjective connecting variables in larger categories on the basis of common characteristics, is called *qualitative aggregation*. When two variables represented opposite directions of the same concept, polarity of the reverse impacts was consistent with accepted practices (Kim et al., 2016). Adopted dependencies between variables were set as strong 0.75, medium 0.5 and low 0.25 (Harary, Gupt, 1997). Centrality, which is a measure of the connections of a category with other categories on the map, as well as the overall strength of these connections has been calculated as the sum of absolute values in the column of matrix connections put in and out of a particular category (the sum of the absolute values in a row in the matrix), which was presented by Özesmi (Özesmi & Özesmi, 2004).

LITERATURA

1. Barroso F., Pinto-Correia T., Ramos I., Surova D., Menezes H., 2012. Dealing with landscape fuzziness in user preference studies: Photo-based questionnaires in the Mediterranean context. *Landscape and Urban Planning* 104, 329–342.
2. Bogdanowski J., 1994. Droga od percepcji do ochrony i kształtowania krajobrazu. In: *O percepcji środowiska*, Praca zbiorowa. Instytut Ekologii PAN, Warsaw.
3. Giabbanelli Ph., Gray S., Aminpour P., 2017. *Combining fuzzy cognitive maps with agent-based modeling: Frameworks and pitfalls of a powerful hybrid modeling approach to understand human-environment interactions*. *Environmental Modelling & Software* 95, 320–325.
4. Gray S., Chan A., Clark D., Jordan R., 2012. *Modeling the integration of stakeholder knowledge in social-e-*

- ecological system decision-making: benefits and limitations to knowledge diversity.* Ecol. Model., 229, 88–96.
5. Gray S., de Kok J., Helfgott A., O'Dwyer B., Jordan R., Nyaki A., 2015. *Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems.* Ecology and Society, 20 (2), 11.
 6. Harary F., Gupt G., 1997. *Dynamic graph models.* Mathematical and Computer Modelling 25(7), 79–87.
 - Christen B., Kjeldsen Ch., Dalgaard T., Martin-Ortega J., 2015. *Can fuzzy cognitive mapping help in agricultural policy design and communication?* Land Use Policy 45, 64–75.
 7. Harary F., Gupt G., 1997. *Dynamic graph models.* Mathematical and Computer Modelling 25(7), 79–87.
 8. <http://www.mentalmodeler.org>, dostęp/access 15-07-2017.
 9. Ittelson W. H., 1973. Environment perception and contemporary perceptual theory, In: Ittelson (ed.), *Environment and Cognition* (pp. 1–19), New York: Seminar Press.
 10. Kaplan S., Kaplan R., 2011. Anthropogenic/anthropogenerous: Creating environments that help people create better environments. *Landscape and Urban Planning* 100, 350–352.
 11. Kearney A., Bradley G., Petrich C., Kaplan R., Kaplan S., Simpson-Colebank D., 2008. Public perception as support for scenic quality regulation in a nationally treasured landscape. *Landscape and Urban Planning* 87, 117–128.
 12. Kim S-R., Lee J., Park B., Sano Y., 2016. *The competition graphs of oriented complete bipartite graphs.* Discrete Applied Mathematics 201, 182–190.
 13. Kim S-R., Lee J., Park B., Sano Y., 2016. *The competition graphs of oriented complete bipartite graphs.* Discrete Applied Mathematics 201, 182–190.
 14. Kosko B., 1986. *Fuzzy cognitive maps.* International Journal of Man-Machine Studies 24 (1), 65–75.
 15. Özesmi U., Özesmi S., 2004. *Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach.* Ecological Modelling 176, 43–64.
 16. Parsons R., Daniel T. C., 2002. Good looking: in defense of scenic landscape aesthetics. *Landscape and Urban Planning*, 60, 43–56.
 17. Shang H., Bishop I., 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings. *Journal of Environmental Psychology* 20, 125–140.
 18. Stamps A., 2004. Mystery, complexity, legibility and coherence: A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology* 24, 1–16.
 19. Steinitz C., 2001. Visual evaluation models: some complicating questions regarding memorable scenes. *Landscape and Urban Planning* 54, 283–287.
 20. Zube E., Sell J. Taylor J., 1982. Landscape perception: research, application and theory. *Landscape Planning* 9, 1–33.
 21. Zube E., Simcox D., Friedman S., 1998. Desert riparian landscapes: Values and change, 1981–96. *Landscape and Urban Planning* 42, 81–89.