

Wojciech BONENBERG

RÓWNANIA ROZMYTYCH RELACJI W OCENIE ELASTYCZNOŚCI ROZWIĄZAŃ ARCHITEKTONICZNYCH

Streszczenie. Zaproponowano wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych w zagadnieniach związanych z elastycznością w architekturze. Model procedury określania zakresu elastyczności oparto na kompozycyjnym równaniu relacji rozmytych. Wykorzystanie koncepcji rozwiązania równań rozmytych relacji pozwala oszacować istotność (wagę) poszczególnych cech architektonicznych w powodzeniu przedsięwzięć modernizacyjnych i adaptacyjnych.

EQUATIONS OF FUZZY RELATIONS FOR ESTIMATING FLEXIBILITY OF ARCHITECTURAL REALIZATIONS

Summary. A theory of fuzzy sets is suggested to be applied in architectural flexibility problems. A model of procedure of defining flexibility scope is based on the compositional equation of fuzzy relations. When applied, the conception of solving equations of fuzzy relations enables to estimate the significance of particular architectural features, thus enabling a successful modernization and adaptation enterprises.

GLEICHUNGEN DER VERWASCHENEN RELATIONEN IN DER ELASTIZITÄTSBEWERTUNG VON ARCHITEKTONISCHEN LÖSUNGEN

Zusammenfassung. Es wurde die Ausnützung der Theorie von verwaschenen Sammlungen in den Elastizitätsproblemen der Architektur vorgeschlagen. Das Prozedurmodell zur Bestimmung des Elastizitätsbereiches wurde auf der kompositionellen Gleichung von verwaschenen Relationen gestützt. Die Ausnützung der Gleichungslösungskonzeption gestattet die Wesentlichkeit der architektonischen Merkmale zum Erfolg von Modernisierungs- und Adaptationsunternehmen zu bewerten.

Elastyczność w architekturze to taki zespół czynników, który stwarza podatność do wprowadzania zmian, umożliwia dostosowanie rozwiązań architektonicznych do zmieniających się potrzeb. W praktyce odczuwa się brak metod pozwalających na zobiektywizowaną ocenę stopnia elastyczności. Ocena taka pozwoliłaby zdecydować o zakresie, kierunkach i opłacalności przedsięwzięć modernizacyjnych i adaptacyjnych obiektów architektonicznych w sposób bez-

stronny i racjonalny. Zaproponowana poniżej metoda określania stopnia elastyczności ma na celu znalezienie w formie modelu zależności pomiędzy:

- obiektem architektonicznym,
- wymaganiami użytkowymi (eksploatacyjnymi),
- niezawodnością eksploatacji obiektu przy założonych wymaganiach użytkowych.

Model pozwala na ocenę (w sensie miary) następujących trzech sytuacji:

1. Jaki zakres wymagań użytkowych można przyporządkować danemu obiektowi przy zachowaniu warunku niezawodnej eksploatacji. W praktyce odpowiada to sytuacji, w której zachodzi konieczność zmiany sposobu użytkowania obiektu i powstaje pytanie: dla jakiego sposobu wykorzystania dany obiekt byłby przydatny najbardziej ze względu na swoje cechy architektoniczne (np. wymiary, układ przestrzenno-konstrukcyjny, układ instalacyjny, układ komunikacyjno-transportowy, formę architektoniczną itd.).

2. Który obiekt z rozpatrywanego zbioru nadaje się najlepiej do zaspokojenia określonych wymagań użytkowych przy zachowaniu warunku niezawodnej eksploatacji. W praktyce sytuacja taka występuje, gdy inwestor poszukuje najbardziej przydatnego obiektu dla np. zakładu poligraficznego mając do wyboru adaptację: a) starej kotłowni, b) magazynu, c) budynku administracyjnego. Model ma dać odpowiedź na pytanie, który z tych obiektów w największym stopniu zapewni niezawodną eksploatację w przypadku wymagań użytkowych wyznaczonych przez technologię poligraficzną.

3. Jaki zestaw cech architektonicznych decyduje o tym, że dany obiekt najlepiej zaspokaja określone wymagania użytkowe.

Postępowanie zmierzające do ustalenia zakresu elastyczności opiera się na założeniu, że wysoki stopień podatności na zmiany zapewnia zgodność pomiędzy cechami architektonicznymi a wymaganiami użytkowymi. Jest on czynnikiem zwiększającym niezawodność działania obiektu w otoczeniu w okresie wyznaczonym przez trwałość fizyczną poszczególnych elementów obiektu. Niezawodność ta oznacza nie tylko efektywne wykorzystanie wszystkich elementów (np. struktury budowlanej, instalacyjnej, transportowej, wystroju plastycznego) przez aktualne i przyszłe wymagania użytkowe, ale

również optymalne oddziaływanie na środowisko przyrodnicze, społeczne, kulturowe itd. Niezawodność działania interpretowana jest tu jako: dostosowalność (w sensie miary) istniejącego rozwiązania do zmieniających się, stymulowanych potrzebami ekonomicznymi i społecznymi warunków eksploatacji oraz zmieniających się powiązań z otoczeniem.

Wyróżnijmy następujące zbiory:

- C - zbiór cech architektonicznych wpływających na niezawodne użytkowanie obiektu przy rozpatrywanym zestawie sposobów wykorzystania,
- S - zbiór rozpatrywanych sposobów eksploatacji (wymagań użytkowych).

Relacja Z z C do S będzie odpowiadała wiedzy, na podstawie której są ustalone wagi poszczególnych cech architektonicznych, oceny ich wpływu na niezawodną eksploatację obiektu przy rozpatrywanych wymaganiach użytkowych. Na przykład relacja ta mówi o możliwości niezawodnego funkcjonowania hali stalowej szedowej o siatce słupów 12 x 24 m, wysokości 7,2 m, z transportem suwnicowym o udźwigu 5 t, wyposażonej w określony zestaw instalacji przewodowych podwieszonych do konstrukcji dachu na wysokości 6,0 m - jako pomieszczenia do produkcji np. silników elektrycznych, przy założonej wielkości produkcji i kosztach eksploatacji.

Określenie relacji Z dla wszystkich elementów architektonicznych za pomocą klasycznych metod analizy jest trudne ze względu na duży stopień kompleksowości struktur architektonicznych oraz niepewność prognoz co do sposobów przyszłej eksploatacji. Optymalne okazały się w tym celu metody analizy "miękkiej", opartej na teorii zbiorów rozmytych. Nieprecyzyjność jest tu charakteryzowana przez "rozmytość". Matematyczną interpretację tego pojęcia można znaleźć w pracach L.Zadeha¹⁾. Zbiór rozmyty jest definiowany jako zbiór uporządkowanych par

$$A = \{(\mu_A(x), x) ; x \in X \quad \mu_A : X \rightarrow [0,1]\} \quad (1)$$

gdzie $\mu_A(x)$ oznacza stopień przynależności elementu x do zbioru A.

W prezentowanym ujęciu rozmyta relacja Z charakteryzowana funkcją przynależności $\mu_Z(c,s) \in [0,1]$ określa wagę cechy c w

ocenie sposobu eksploatacji s . Wówczas $\prod_R(c, s)$ określa możliwość, z jaką cecha c ma wpływ na niezawodność obiektu k przy wymaganiu eksploatacyjnym s , lub: możliwość, że obiekt architektoniczny k posiadający cechę c będzie przydatny dla wymagań s .

Niech $A(k)$ będzie rozmytym podzbiorem zbioru C , określającym potencjalne możliwości sprostania przez obiekt k wymaganiom użytkowym, czyli \prod_k ma funkcję przynależności

$$\prod_k(c) = \mu_{A(k)}(c) \quad (2)$$

Tak więc $A(k)$ stanowi charakterystykę obiektu w kategoriach cech architektonicznych, warunkujących jego użytkowanie w różnych wariantach eksploatacyjnych. Cechy te mogą być utożsamione z cechami elastyczności architektonicznej. Wartość $\mu_{A(k)}(c) = \prod_k(c)$ odpowiadająca poziomowi cechy c w obiekcie k może być wyznaczona przez porównanie rzeczywistego układu architektonicznego obiektu k z układem wzorcowym, np. katalogowym. Szerzej metody pomiaru w kategoriach nieostrych zawarte są w pracy W. Bonenberga²⁾. Przy unormowaniu skali pomiaru do przedziału $[0, 1]$ wynik porównania I dla obiektu k można traktować bezpośrednio jako wartość $\prod_k(c) = \mu_{A(k)}(c)$. W wyniku obliczenia kompozycji³⁾ rozmytego zbioru A i relacji Z otrzymujemy rozmyty podzbiór $B \subset S$ z funkcją przynależności określoną następująco:

$$\mu_B(s) = \max_{c \in C} [\mu_{A(k)}(c) \wedge \mu_Z(c, s)], \quad \forall s \in S \quad (3)$$

Jeżeli chcemy określić prognozę niezawodnej eksploatacji obiektu k osobno dla każdego sposobu użytkowania $s \in S$, to wówczas:

$$\prod_k(s) = \mu_B(s) = \text{Poss} \{A(k) \text{ jest } Z_s\} \quad (4)$$

gdzie Z_s jest zbiorem rozmytym z funkcją przynależności $\mu_{Z_s}(c)$ określonym dla każdego $s \in S$. Zatem $\mu_B(s) = \prod_k(s)$ oznacza możliwość, że obiekt z charakterystyką architektoniczną $A(k)$ będzie użytkowany niezawodnie przy wariacie eksploatacyjnym s , jeżeli wpływ poszczególnych cech architektonicznych na niezawodne użytkowanie w tym wariacie określony jest w postaci Z_s . Innymi słowy, wariant eksploatacji s obiektu k ma największe szanse niezawodności, jeżeli wpływ poszczególnych cech architektonicznych

na eksploatację obiektu określony jest w postaci Z_s . (Z_s można interpretować również jako specyficzne kryterium elastyczności).

W rozumowaniu rozmytym równanie (3) stanowi podstawę tzw. kompozycyjnej zasady wnioskowania. W równaniu (4) Z_s jest zbiorem rozmytym z funkcją przynależności $\mu_{Z_s}(c)$ dla każdego $s \in S$, a wartości Z_s odpowiadają wartościom w kolumnach macierzy opisującej relację Z .

Procedura budowy modelu uwzględnia ustalenie następujących relacji:

Z - pomiędzy zbiorem cech architektonicznych a zbiorem wymagań użytkowych

$$Z \subset C \times S \quad (5)$$

T - pomiędzy zbiorem obiektów a zbiorem wymagań użytkowych

$$T \subset K \times S \quad (6)$$

Y - pomiędzy zbiorem obiektów a zbiorem cech architektonicznych

$$Y \subset K \times C \quad (7)$$

Te rozmyte relacje spełniają równanie:

$$T = Z \circ Y \quad (8)$$

Jest to jednocześnie postać proponowanego modelu. W zapisie funkcji przynależności przedstawia się on następująco:

$$\mu_T(k,s) = \max_{c \in C} [\mu_Y(k,c) \wedge \mu_Z(c,s)] \quad (9)$$

Jeżeli zbiór obiektów architektonicznych K zredukujemy do pojedynczego obiektu, to równanie (9) zredukuje się do równania (3) (sytuacja 1). Jeżeli zbiór rozpatrywanych wymagań eksploatacyjnych ograniczymy do zestawu charakteryzującego tylko jeden sposób wykorzystania użytkowego obiektu, to równanie (9) zredukuje się do równania (4) (sytuacja 2).

Model procedury oceny oparty na "miękkim wnioskowaniu" odpowiada sytuacji, w której trudno orzec w sposób kategoriyczny. Ocena ta stanowi rodzaj prognozy, nie ma charakteru absolutnego. Dla przedstawienia wykorzystania proponowanego modelu można posłużyć się poniższym przykładem:

$$K = \{k_1, k_2, k_3\} \quad C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\} \quad S = \{s_1, s_2\}$$

Charakterystyki określające potencjalne możliwości sprostania wymaganiom użytkowym obiektów ze zbioru K dane są macierzą, odpowiadającą rozmytej relacji Y . Wymagania dotyczące cech architektonicznych lub inaczej określenie ich wpływu na niezawodne użytkowanie podane są w macierzy odpowiadającej rozmytej relacji Z .

Rozmytą relację T możemy wyznaczyć zgodnie z równaniem:

$$T = Z \circ Y$$

Y	c_1	c_2	c_3	c_4	Z	s_1	s_2	T	s_1	s_2
k_1	0,2	0,8	1	0,4	c_1	1	1	k_1	0,6	0,8
k_2	0,3	0,6	0	0,9	c_2	0,6	1	k_2	0,9	0,6
k_3	0,7	0,0	0,4	1	c_3	0,6	0,8	k_3	1	0,7
					c_4	1	0,6			

A więc obiekt k_1 spełnia wymagania użytkowe s_1 w stopniu 0,6, a wymagania użytkowe s_2 w stopniu 0,8. W innej interpretacji można powiedzieć, że wymagania użytkowe s_1 i s_2 zapewniają niezawodną eksploatację obiektu architektonicznego k_1 i wynoszą odpowiednio 0,6 i 0,8.

Proponowany model określenia elastyczności w architekturze oparty jest na "miękkich zależnościach" pomiędzy wymaganiami użytkowymi a cechami architektonicznymi. Oczywiście problem oceny zakresu elastyczności został tu zaledwie zarysowany. W szczególności odpowiedzi wymagają pytania:

- czy oceny i wymagania powinny być formułowane jako liczby czy też werbalnie jako zmienne wartości lingwistycznych;
- na podstawie jakiego nadrzędnego kryterium ma być dokonana ocena niezawodności eksploatacyjnej (czy zastosować miarę ekonomiczną, psychologiczną czy inną).

Do zalet proponowanego modelu zaliczyć należy jego małą wrażliwość na zakłócenia związane z często nieprecyzyjnym formułowaniem przez użytkowników wymagań stawianych obiektom oraz subiektywizmem ocen rozwiązań architektonicznych. Równania relacji rozmytych

odgrywają tu nieco podobną rolę do rachunku prawdopodobieństwa, jednak nieprecyzyjność nie wynika tu z losowości. Zastosowany aparat matematyczny daje w perspektywie możliwość włączenia omawianej problematyki do komputerowego wspomagania projektowania architektonicznego.

Przypisy

1).Zob. Zadeh L.A. 1978. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy sets and Systems, 1. 3-28. oraz Czogała E., Pedrycz W. 1983. Elementy i metody teorii zbiorów rozmytych. Pol. Śląska, Gliwice. 7-20.

2).Zob. Bonenberg W. 1985. Przemysł w mieście, ekologiczna metoda modernizacji zakładów przemysłowych zlokalizowanych na obszarach intensywnie zurbanizowanych. Pol. Śląska, Gliwice. 23-27, oraz Tarnowski W. 84. Model procesu wyboru w projektowaniu technicznym. Pol. Śląska, Gliwice. 92-114.

3).Kompozycja w tym rozumieniu to jedna z operacji na zbiorach rozmytych definiowana następująco:

Jeżeli $R_1 \subset X \times Y$ i $R_2 \subset Y \times Z$, wtedy kompozycja rozmytych relacji $R_2 \circ R_1$ jest rozmytą relacją w przestrzeni $X \times Z$ definiowaną:

$$\mu_{R_2 \circ R_1}(x, z) = \sup_y [\mu_{R_1}(x, y) \wedge \mu_{R_2}(y, z)] \quad \forall x \in X, \forall y \in Y, \forall z \in Z$$

Recenzent: Prof. dr inż. arch. J. Tadeusz Gawłowski

Wpłynęło do Redakcji 17.01.1991 r.

Abstract

In this paper the use of the theory of equations of fuzzy relations in the problems concerning the flexibility in architecture is applied. The method of estimation of a degree and a scope of flexibility is introduced. It takes the form of the measurement of the dependence between:

- the architectural object
- usefulness demands
- exploitation reliability.

The estimation allows to choose the best architectural solutions in the aspect of varied and changing exploitative demands. Obtaining of the optimal standard, ensuring a reliable exploitation is the main advantage of this method. Optimal standard ensuring a reliable exploitation is the other good point of this method.

The model of a procedure of defining of the scope of flexibility is based on the compositional equation of fuzzy relations. The employment of this idea allows to evaluate the importance of the individual components of the object in a success of a modernizing enterprise.

The small susceptibility towards the interference, along with:

- subjectiveness of architectural solutions
- emotional involvement of the creators
- contemporary fashion

are of the most important advantages of the proposed model. The applied mathematical apparatus gives the opportunity to incorporate the mentioned solutions into the computer - aided architectural designing.

The outlined topic is a very up-to-date now, due to the current situation on the investment market. The balance between demands and supply is unstable and a level of investment expenditure - low. In this situation flexibility and sensitiveness to the changes, as well as possibilities of adaptation are of the most important significance in the architectural designing.

