

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2017), 26 (2), 219–225
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2017), 26 (2)
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2017), 26 (2), 219–225
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2017), 26 (2)
<http://iks.pn.sggw.pl>
DOI 10.22630/PNIKS.2017.26.2.20

Elżbieta RADZISZEWSKA-ZIELINA, Bartłomiej SZEWCZYK

Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki
Institute of Construction and Transportation Engineering & Management,
Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology

Analiza wrażliwości modelu sterowania relacjami partnerskimi na zmiany funkcji przynależności zmiennych **Sensitivity analysis of the controlling partnering relations model to changes in membership functions of the variables**

Słowa kluczowe: przedsięwzięcia budowlane, system sterowania, rozmyty system wnioskujący, relacje partnerskie, analiza wrażliwości, funkcje przynależności

Key words: construction projects, control system, fuzzy inference system, partnering relations, sensitivity analysis, membership functions

Wprowadzenie

W ostatnich latach coraz częściej w publikacjach wskazuje się na korzystny wpływ budowania partnerskich relacji między uczestnikami przedsięwzięć budowlanych np. (Weston i Gibson, 1993; Gransberg, Dillon, Reynolds and Boyd, 1999; Black, Akintoye i Fitzgerald, 2000; Chan, Chan i Ho, 2003; Beach, Webster i Campbell, 2005; Radziszewska-Zielina, 2010, 2011, 2016; Radziszewska-Zielina i Szewczyk, 2016). Mając to na wzglę-

dzie, autorzy opracowali i przedstawili w publikacji (Radziszewska-Zielina i Szewczyk, 2015) rozmyty system wnioskujący, wspomagający sterowanie relacjami partnerskimi między poszczególnymi uczestnikami przedsięwzięcia budowlanego. Opracowany system pozwoli wskazać, w których obszarach współpracy poprawa relacji partnerskich powinna przynieść największe korzyści w odniesieniu do czasu, kosztu, jakości i bezpieczeństwa realizacji przedsięwzięcia. Analiza ta wykorzystuje wnioskowanie rozmyte Mamdaniego i wykorzystuje trzy zmienne wejściowe:

- x_1 – ocenę parametru relacji partnerskich,
- x_2 – wagę wpływu parametru relacji partnerskich na rozważane kryterium oceny przedsięwzięcia (czas, koszt, jakość lub bezpieczeństwo),

- x_3 – wagę analizowanego kryterium oceny przedsięwzięcia.

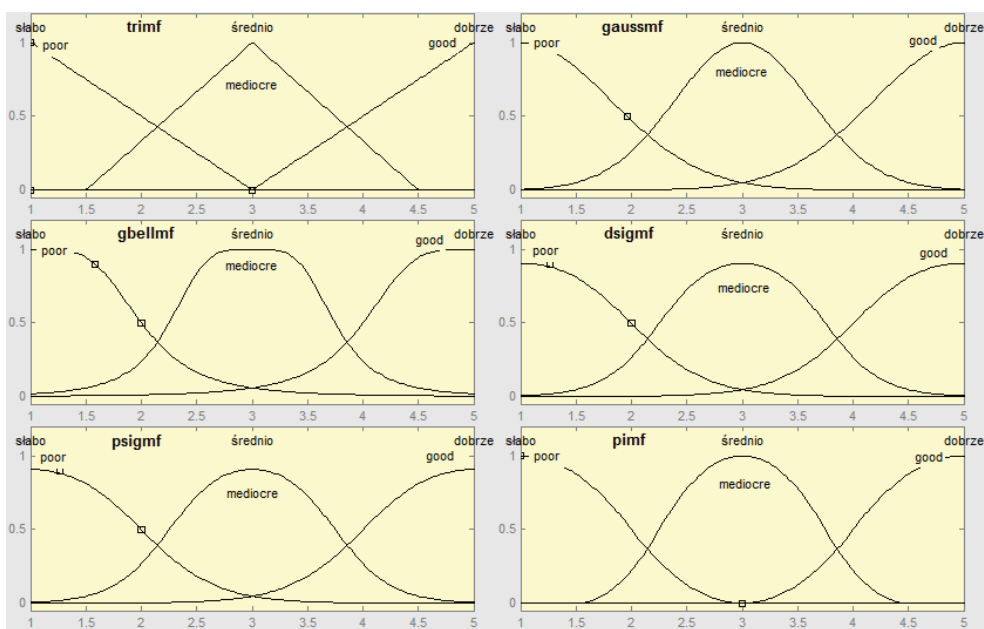
Wartości zmiennej wyjściowej y odpowiada konkluzja, która może przyjmować następujące wskazania w odniesieniu do danego parametru relacji partnerskich: zachowaj, popraw, popraw natychmiast.

W przyjętym modelu zaproponowano trójkątne funkcje przynależności z uwagi na ich prostotę i najpowszechniejsze zastosowanie w literaturze przedmiotu. W niniejszym artykule zbadano, w jakim stopniu rodzaj zastosowanych w tym modelu funkcji przynależności wpływa na otrzymane wartości zmiennej wyjściowej. W przypadku dużej wrażliwości modelu na zmiany funkcji przynależności zmiennych należy przeprowadzić głębszą analizę ich doboru, wykorzystując w tym

celu np. metodę delficką. Jeśli natomiast wrażliwość modelu będzie niewielka, to arbitralne przyjęcie funkcji trójkątnych będzie można uznać za właściwe.

Metoda

W niniejszym artykule zasymulowano działanie modelu opisanego w Radziszewska-Zielina i Szewczyk (2015) dla 1360 kombinacji wartości zmiennych wejściowych. Wartości zmiennej x_1 przyjęto od 1 do 5 co 0,25, zmiennej x_2 od 0 do 1,5 co 0,1, zaś x_3 od 1 do 5 co 1, gdyż jest to waga w skali pięciostopniowej. Dla każdej kombinacji wartości zmiennych wejściowych obliczono wartość zmiennej wyjściowej przy wykorzystaniu różnych rodzajów funkcji



RYSUNEK 1. Funkcje przynależności dla zmiennej wejściowej x_1 (kolejno: trimf, gaussmf, gbellmf, dsigmf, psigmf, pimf)

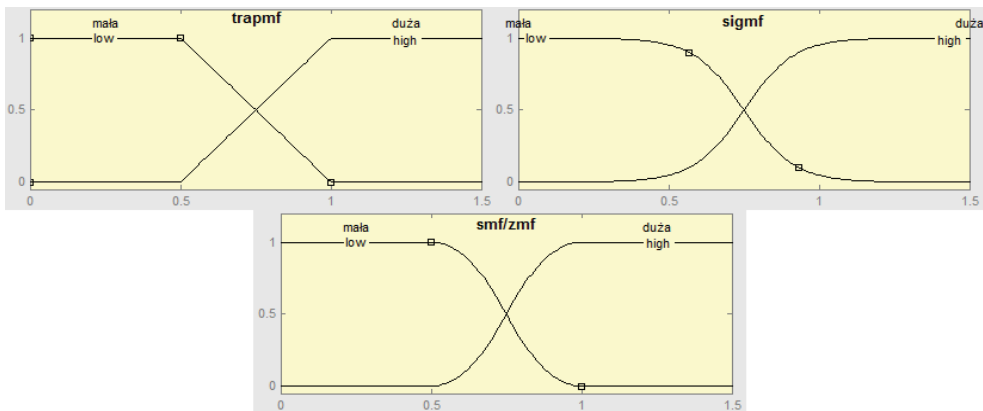
FIGURE 1. Membership functions for the input variable x_1 (respectively: trimf, gaussmf, gbellmf, dsigmf, psigmf, pimf)

przynależności. Dla zmiennych x_1 , x_3 i y rozważono zastosowanie następujących funkcji przynależności z pakietu Matlab: trimf (trójkątne), gaussmf (Gausa), gbellmf (uogólnione dzwonowe), dsigmf (różnice funkcji sigmoidalnych), psigmf (iloczyn funkcji sigmoidalnych) oraz pimf (II-kształtne). Dla zmiennej x_2 rozważono funkcje: trapmf (trapezowe), sigmf (sigmoidalne) i smf/zmf (S-kształtne i Z-kształtne). Parametry poszczególnych funkcji dobrano tak, aby były jak najbardziej podobne. Wygląd analizowanych funkcji przynależności dla zmiennych x_1 i x_2 przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1 i 2.

jednak miarą względną. Pozwala zatem na porównywanie zróżnicowania w przypadku wielkości różnego rzędu. Obliczany jest on jako iloraz odchylenia standardowego (SD) i średniej arytmetycznej oraz wyrażany jest w procentach (Kot, Jakubowski i Sokołowski, 2011).

Wyniki

Z uwagi na dużą liczbę wyników (24 480 wartości zmiennej wyjściowej) otrzymanych dla różnych wariantów funkcji przynależności w tabeli przedstawiono jedynie ich fragment wraz z określeniem



RYSUNEK 2. Funkcje przynależności dla zmiennej wejściowej x_2 (kolejno: trapmf, sigmf, smf/zmf)
 FIGURE 2. Membership functions for the input variable x_2 (respectively: trapmf, sigmf, smf/zmf)

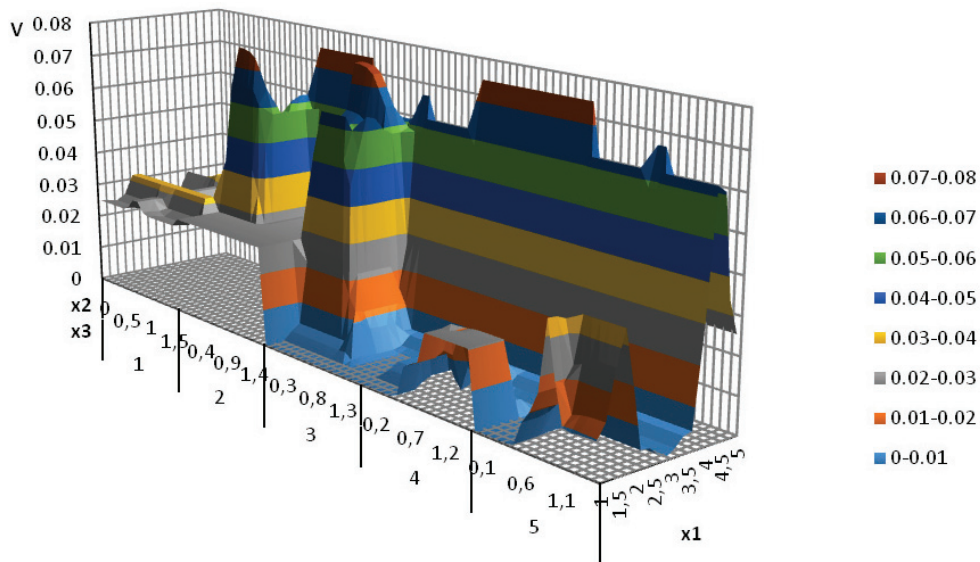
Z wyników otrzymanych dla tego samego zestawu wartości zmiennych wejściowych, lecz przy zastosowaniu różnych kombinacji funkcji przynależności obliczono wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności (V), który podobnie jak odchylenie standardowe jest miarą zmienności. W odróżnieniu od odchylenia standardowego współczynnik zmienności jest

wartości współczynnika zmienności. Wartość współczynnika zmienności dla wszystkich wartości zmiennych wejściowych przedstawiono na rysunku 3. Na rysunku 4 przedstawiono skumulowany udział wyników w zależności od wartości współczynnika zmienności.

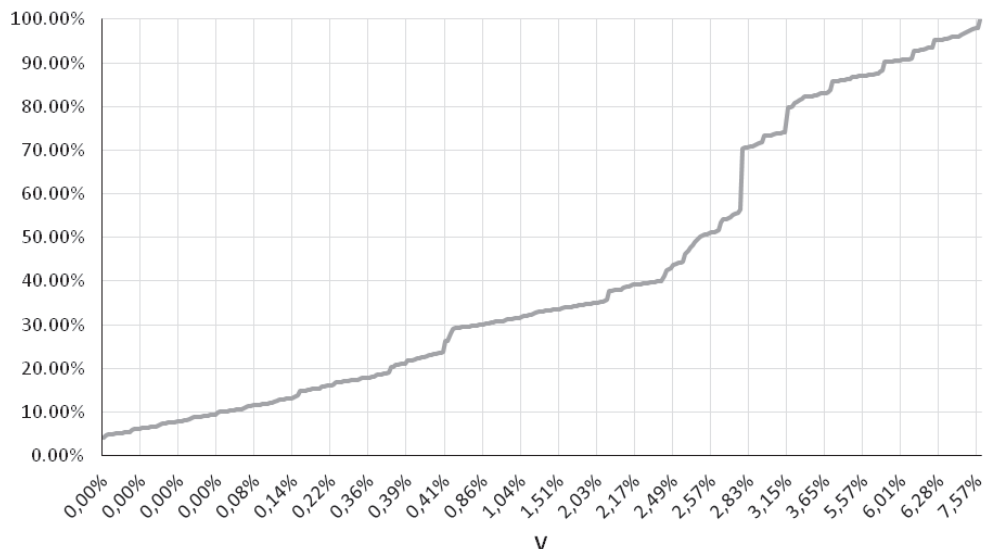
Wartości zmiennej wyjściowej uzyskane przy wykorzystaniu różnych funkcji przynależności są do siebie zbliżone.

TABELA. Wartości zmiennej wyjściowej dla różnych wariantów funkcji przynależności dla części analizowanych wartości zmiennych wejściowych
 TABLE. Values of the output variable for different variants of membership functions for a part of the analyzed values of the input variables

Ocena parametru Assessment of the parameter	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Waga wpływu parametru na dane kryterium oceny przedsięwzięcia Weight of the parameter's impact on project assessment criterion	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Waga kryterium oceny przedsięwzięcia Weight of the project assessment criterion	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wartość zmiennej wyjściowej przy zastosowaniu różnych funkcji przynależności Variable output using different membership function	trimf&trapmf	1,732	2,655	2,841	2,949	3,071	1,711	2,655	2,955	3,026	3,068	3,068	3,068	3,068	3,068
	trimf&sigmf	1,718	2,655	2,875	2,949	3,069	1,711	2,655	2,976	3,051	3,068	3,068	3,068	3,068	3,068
	trimf&smf/zmf	1,711	2,655	2,896	2,958	3,068	1,711	2,655	2,991	3,069	3,069	3,068	3,068	3,068	3,068
	gaussmf&trapmf	1,749	2,582	2,813	2,946	3,047	1,711	2,582	2,950	2,990	2,990	3,042	3,042	3,042	3,042
	gaussmf&sigmf	1,733	2,582	2,851	2,946	3,045	1,711	2,582	2,977	3,025	3,025	3,042	3,042	3,042	3,042
	gaussmf&smf/zmf	1,722	2,582	2,877	2,946	3,044	1,711	2,582	2,996	3,050	3,050	3,042	3,042	3,042	3,042
	gbellmf&trapmf	1,821	2,518	2,807	2,948	3,038	1,752	2,518	2,951	2,977	2,977	3,032	3,032	3,032	3,032
	gbellmf&sigmf	1,803	2,518	2,846	2,948	3,036	1,742	2,518	2,979	3,014	3,014	3,031	3,031	3,031	3,031
	gbellmf&smf/zmf	1,791	2,518	2,873	2,948	3,035	1,742	2,518	2,998	3,040	3,040	3,031	3,031	3,031	3,031
	dsigmf&trapmf	1,758	2,559	2,814	2,943	3,047	1,718	2,559	2,949	2,989	2,989	3,042	3,042	3,042	3,042
	dsigmf&sigmf	1,742	2,559	2,851	2,943	3,045	1,718	2,559	2,976	3,023	3,023	3,042	3,042	3,042	3,042
	dsigmf&smf/zmf	1,731	2,559	2,877	2,943	3,044	1,718	2,559	2,996	3,048	3,048	3,042	3,042	3,042	3,042
	psigmf&trapmf	1,758	2,559	2,815	2,943	3,047	1,718	2,559	2,949	2,989	2,989	3,042	3,042	3,042	3,042
	psigmf&sigmf	1,743	2,559	2,852	2,943	3,045	1,718	2,559	2,976	3,023	3,023	3,042	3,042	3,042	3,042
	psigmf&smf/zmf	1,732	2,559	2,877	2,943	3,044	1,718	2,559	2,996	3,048	3,048	3,042	3,042	3,042	3,042
pimf&trapmf	1,651	2,422	2,767	2,932	3,051	1,609	2,422	2,917	2,948	2,948	3,044	3,044	3,044	3,044	
pimf&sigmf	1,639	2,422	2,807	2,932	3,049	1,609	2,422	2,948	2,989	2,989	3,044	3,044	3,044	3,044	
pimf&smf/zmf	1,631	2,422	2,835	2,932	3,047	1,609	2,422	2,977	3,027	3,027	3,044	3,044	3,044	3,044	
Średnia / Mean	1,731	2,549	2,843	2,944	3,049	1,702	2,549	2,970	3,018	3,018	3,045	3,045	3,045	3,045	3,045
SD	0,050	0,070	0,033	0,007	0,010	0,043	0,070	0,022	0,031	0,031	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Współczynnik zmienności (V) Coefficient of variation (V)	2,87%	2,76%	1,16%	0,22%	0,33%	2,54%	2,76%	0,74%	1,02%	1,02%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%



RYSUNEK 3. Wartość współczynnika zmienności zmiennej wyjściowej w zależności od wartości zmiennych wejściowych
 FIGURE 3. The value of the coefficient of variation of the output variable depending on the value of the input variables



RYSUNEK 4. Skumulowany udział uzyskanych wyników w zależności od poziomu współczynnika zmienności
 FIGURE 4. Accumulated share of the results, depending on the level of the coefficient of variation

Średnia wartość współczynnika zmienności wynosi $V = 2,45\%$, a wartość maksymalna $V = 7,57\%$ została uzyskana w przypadku 26 analizowanych zestawów wartości zmiennych wejściowych, co stanowi 1,91% ze wszystkich 1360 analizowanych zestawów. 80% uzyskanych wartości współczynnika zmienności V jest mniejszych niż 3,34%, a 31,25% nie przekracza 1%. Największe zróżnicowanie otrzymanych wyników widać na rysunku 1 dla wartości zmiennych wejściowych $x_1 = 4,5$ i x_3 od 2 do 5 oraz zbliżonych do $x_1 = 4, x_2 = 0,2, x_3 = 3$ i $x_1 = 3, x_2 = 0,2, x_3 = 2$.

Podsumowanie i dyskusja

W artykule przedstawiono analizę wrażliwości modelu sterowania relacjami partnerskimi na zmiany funkcji przynależności zmiennych. Analiza ta wykazała, iż zróżnicowanie wyników uzyskanych przy zastosowaniu w modelu różnych wariantów funkcji przynależności jest niewielkie. Maksymalna wartość współczynnika zmienności wynosi $V = 7,57\%$. Jak podają Wasilewska (2009) i Wierzbiński (2006), wartość w przedziale 0–20% wskazuje na słabe zróżnicowanie. Zeliaś, Pawełek i Wanat (2000) podają zaś, że jeśli współczynnik zmienności V nie przekracza 10%, to cecha wykazuje zróżnicowanie statystycznie nieistotne. Uzyskane wyniki zawierają się w obu przytoczonych przedziałach, co potwierdza jednorodność uzyskanych wyników.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że rodzaj funkcji przynależności zmiennych wejściowych i wyjściowych wykorzystanych w opracowanym modelu sterowania relacjami partnerskimi w przedsiębiorstwach budowlanych ma nieznaczny wpływ na uzyskiwaną wartość zmiennej wyjściowej, a tym samym na konkluzję. Jako że nieprecyzyjny charakter opisywanych zjawisk i zmiennych modelu może mieć znacznie większy wpływ na uzyskiwane wyniki, należy uznać, że dowolny, zbliżony kształtem rodzaj funkcji przynależności mógłby zostać wykorzystany w modelu. Przy doborze funkcji przynależności można zatem kierować się np. prostotą modelu, dobierając tym samym trójkątne funkcje przynależności.

Literatura

- Beach, R., Webster, M. i Campbell, K.M. (2005). An evaluation of partnership development in the construction industry. *International Journal of Project Management*, 23(8), 611-621.
- Black, C., Akintoye, A. i Fitzgerald, E. (2000). An analysis of success factors and benefits of partnering in construction. *International Journal of Project Management*, 18(6), 423-434.
- Chan, A.P., Chan, D.W. i Ho, K.S. (2003). An empirical study of the benefits of construction partnering in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 21(5), 523-533.
- Gransberg, D.D., Dillon, W.D., Reynolds, L. i Boyd, J. (1999). Quantitative analysis of partnered project performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(3), 161-166.

- Kot, S.M., Jakubowski, J. i Sokołowski, A. (2011). *Statystyka*. Warszawa: Difin.
- Radziszewska-Zielina, E. (2010). Analysis of the impact of the level of partnering relations on the selected indexes of success of Polish construction enterprises. *Engineering Economics*, 21(3), 324-335.
- Radziszewska-Zielina, E. (2011). Assessment methods of partnering relations of Polish, Slovak and Ukrainian construction enterprises with the fuzzy logic. *Archives of Civil Engineering*, 57(1), 87-118.
- Radziszewska-Zielina, E. (2016). The Application of Multi-Criteria Analysis in the Evaluation of Partnering Relations and the Selection of a Construction Company for the Purposes of Cooperation. *Archives of Civil Engineering*, 62(2), 167-182.
- Radziszewska-Zielina, E. i Szewczyk, B. (2015). Controlling partnering relations in construction operations using fuzzy reasoning. *Archives of Civil Engineering*, 61(3), 89-104.
- Radziszewska-Zielina, E. i Szewczyk, B. (2016). Supporting Partnering Relation Management in the Implementation of Construction Projects Using AHP and Fuzzy AHP Methods. *Procedia Engineering*, 161, 1096-1100.
- Wasilewska, E. (2009). *Statystyka opisowa od podstaw: podręcznik z zadaniami*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- Weston, D.C. i Gibson Jr, G.E. (1993). Partnering-project performance in US Army Corps of Engineers. *Journal of Management in Engineering*, 9(4), 410-425.
- Wierzbiński, J. (2006). *Statystyka opisowa*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego.
- Zeliaś, A., Pawełek, B. i Wanat, S. (2002). *Metody statystyczne: zadania i sprawdziany*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Streszczenie

Analiza wrażliwości modelu sterowania relacjami partnerskimi na zmiany funkcji przynależności zmiennych. W artykule poddano analizie opracowany wcześniej model sterowania relacjami partnerskimi w przedsięwzięciach budowlanych. Mo-

del ten polega na wnioskowaniu rozmytym Mamdaniego. Jego zmienne wejściowe stanowią: bieżące oceny poszczególnych parametrów relacji partnerskich, wagi wpływu tych parametrów na czas, koszt, jakość i bezpieczeństwo realizacji przedsięwzięć budowlanych oraz ważność tych kryteriów oceny przedsięwzięcia dla zarządzającego nim. Na ich podstawie określone jest zalecenie do sterowania w odniesieniu do każdego parametru relacji partnerskich. W artykule zbadano wpływ doboru rodzaju funkcji przynależności zmiennych modelu na otrzymywane wyniki. Przeprowadzona analiza wykazała, że wpływ ten jest nieznaczny.

Summary

Sensitivity analysis of the controlling partnering relations model to changes in membership functions of the variables.

The article analyzes the previously developed model controlling partnering relations in construction projects. This model is based on Mamdani fuzzy inference. Its input variables include: current assessments of particular partnering relation parameters, the weights of these parameters' impact on time, cost, quality and safety of implementation of construction projects, as well as importance of these project assessment criteria for its manager. On the basis of the recommendation is determined to control, for each partnering relation parameter. In the article the influence of the type of membership functions for model variables on the obtained results has been investigated. The analysis has shown that the impact is insignificant.

Authors' address:

Elżbieta Radziszewska-Zielina,
Bartłomiej Szewczyk
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków, Poland
e-mail: eradzisz@izwbit.pk.edu.pl