

Agregacja ocen decydentów dla systemu predykcji czasów realizacji procesów budowlanych



dr inż.
MICHAŁ TOMCZAK
Politechnika Lubelska
Wydział Budownictwa i Architektury
ORCID: 0000-0002-3743-0122



prof.
GÜL POLAT
Istanbul Technical University
Department of Civil Engineering
ORCID: 0000-0003-2431-033X

W artykule przedstawiono metodę agregacji ocen decydentów za pomocą rozmytej obwiedni typu 2 rozszerzonego wahającego się rozmytego zbioru terminów lingwistycznych służącą predykcji czasów realizacji procesów budowlanych.

Według danych prezentowanych w literaturze [1] jedynie 2,5% przedsiębiorstw budowlanych wykonało 100% przedsięwzięć w planowanym czasie. Opóźnienia w realizacji wynoszą średnio 20% przewidywanego czasu wykonania przedsięwzięcia. Takie opóźnienia w wykonywaniu założonego harmonogramu powodują liczne negatywne konsekwencje dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego: wykonawca zmuszony jest ponieść koszty utrzymania placu budowy oraz koszt kar umownych, podczas gdy inwestor nie może czerpać korzyści finansowych z użytkowania obiektów inwestycyjnych oraz ponosi większy koszt obsługi kredytowej przedsięwzięcia. Tak znaczne opóźnienia w realizacji przedsięwzięć budowlanych w dużym stopniu wynikają ze specyfiki przedsięwzięć budowlanych oraz ich większej złożoności procesu planowania niż przedsięwzięć z innych gałęzi gospodarki. Spowodowane jest to olbrzymią liczbą czynników ryzyka oddziałujących na przedsięwzięcia budowlane oraz trudnością w opisanie ich wpływu na poszczególne procesy przedsięwzięcia budowlanego [2–3].

Dotychczasowe próby poprawy precyzji predykcji czasu realizacji procesów i przedsięwzięć budowlanych polegały w dużej mierze na identyfikacji coraz większej liczby czynników ryzyka. W obecnie prezentowanych w literaturze systemach komputerowych wspomagających ustalenie czasu realizacji procesów budowlanych rozpatruje się ponad 40 czynników [4]. Jednak dodawanie kolejnych czynników ryzyka znacząco podnosi trudność i koszt uzyskania dodatkowych danych przy jednoczesnym coraz mniejszym wpływie na zwiększenie dokładności predykcji. Przy tworzeniu

modeli predykcyjnych, umożliwiających przewidywanie czasu realizacji procesów budowlanych, są stosowane przede wszystkim: regresja statystyczna, sieci neuronowe, a także modelowanie matematyczne (proste modele analityczne) [5].

Pomimo, wcześniej wspomnianych, znacznych rozbieżności pomiędzy planowanym a rzeczywistym czasem realizacji procesów budowlanych żadne narzędzie wspomagania predykcji czasu wykonania procesów budowlanych nie stało się powszechne w użyciu. Głównym powodem takiego stanu rzeczy jest zbyt duża ilość wymaganych przez te systemy danych oraz trudności w ich pozyskaniu (przedsięwzięcia budowlane trwają długo w stosunku do szybkości zachodzących zmian w otoczeniu społeczno-gospodarczym), niechęć w dzieleniu się tak wrażliwymi informacjami przez przedsiębiorstwa czy po prostu nierealne założenia co do dostępności części wymaganych danych. Dodatkowo, ze względu na niewielką ilość dostępnych danych i unikatowość każdego przedsięwzięcia budowlanego, systemy te w rzeczywistych warunkach generują niskiej jakości wyniki. W tej sytuacji wydaje się zasadne wykorzystanie wiedzy i doświadczenia kierowników budów, których przewidywania co do czasu realizacji poszczególnych procesów budowlanych sprawdzają się w znacznym stopniu. Pomijając efekt samospelniającej się przepowiedni, wydaje się, że wiedza ekspertów w odniesieniu do przewidywania czasu realizacji danych procesów budowlanych konkretnych przedsięwzięć nie została dotąd wykorzystana w wystarczającym stopniu. Stąd też postanowiono opracować system wspomagania predykcji czasu realizacji procesów budowlanych oparty na wiedzy zaangażowanej w przedsięwzięcie kadry technicznej

i wykorzystujący jedynie standardowo gromadzone przez przedsiębiorstwa dane.

Z tej perspektywy kluczowym elementem opracowywanego systemu wydaje się zastosowanie jakościowego sposobu agregacji ocen decydentów (często rozbieżnych, niepewnych i nieprecyzyjnych). Wysoka jakość i reprezentatywność danych z prawidłowo uwzględnioną niepewnością lingwistyczną ocen kadr technicznych zaangażowanych w realizację przedsięwzięcia budowlanego stanowi podstawę do właściwego wnioskowania systemu oraz prawidłowości wykonywanej predykcji. Bez opracowania dedykowanego systemu agregacji ocen decydentów dane wprowadzane do systemu predykcji mogłyby być niewłaściwej jakości, a co za tym idzie, otrzymywany wynik nie spełniałby stawianych mu wymagań jakościowych.

W artykule przedstawiono nowo opracowaną metodę agregacji ocen decydentów za pomocą rozmytej obwiedni typu 2 (ang. *Type-2 Fuzzy Envelope*) rozszerzonego wahającego się rozmytego zbioru terminów lingwistycznych (ang. *Extended Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set*, EHFLTS) służącą predykcji czasów realizacji procesów budowlanych.

Metoda

W proponowanym podejściu wyrażenia lingwistyczne ekspertów są agregowane za pomocą obwiedni typu 2 zbiorów EHFLTS zaproponowanej przez Liu et al. [6] w typowej metodzie FAHP wprowadzonej przez Buckley [7] i opracowanej przez Kahramana et al. [8].

Pierwszym krokiem opracowanej metody jest zdefiniowanie zbioru terminów lingwistycznych $s = \{s_0, \dots, s_g\}$ z trójkątną funkcją użyteczności $T(a_i^s, a_m^s, a_r^s)$ oraz czynników

W obecnie prezentowanych w literaturze systemach komputerowych wspomagających ustalenie czasu realizacji procesów budowlanych rozpatruje się ponad 40 czynników.

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$ ($r \geq 2$), ($r \geq 2$), jakie wpływają na dany proces lub przedsięwzięcie budowlane. Następnie każdy z ekspertów $d \in D$ powinien dokonać własnej oceny p_{ij}^d odzwierciedlającej intensywność preferencji i wykorzystując dostępne terminy językowe oraz gramatykę bezkontekstową zdefiniowaną w pracy [9]:

$V_N = \{(\text{termin podstawowy}), (\text{termin złożony}), (\text{relacja jednostronna}), (\text{relacja dwustronna}), (\text{koniunkcja})\}$,
 $V_T = \{(\text{co najmniej}), (\text{co najwyżej}), (\text{pomiedzy}), (\text{i}), (s_0, s_1, \dots, s_9)\}$,
 $I \in V_N$,
 $P = \{I ::= (\text{termin podstawowy}) | (\text{termin złożony}), (\text{termin złożony}) ::= (\text{relacja jednostronna}), (\text{termin podstawowy}) | (\text{relacja dwustronna}), (\text{termin podstawowy}), (\text{koniunkcja}), (\text{termin podstawowy}) ::= s_0 | s_1 | \dots | s_9, (\text{relacja jednostronna}) ::= \text{co najmniej} | \text{co najwyżej}, (\text{relacja dwustronna}) ::= \text{pomiedzy}, (\text{koniunkcja}) ::= \text{i}\}$. Następnie należy dokonać agregacji ocen ekspertów poprzez utworzenie obwiedni EHFLTS typu 2. Najpierw poszczególne wyrażenia językowe z HFLTS dla poszczególnych porównań są ujednolicane, a nowy EHFLTS jest konstruowany przy użyciu wzoru:

$$p_{ij} = U_{d \in D} p_{ij}^d, \quad (1)$$

w wyniku czego powstaje macierz C, której elementami są EHFLTS.

Następnie tworzone są trapezoidalne obwiednie typu 1 $E_{-}(EH_S) = T(a, b, c, d)$ dla każdego elementu macierzy C. Punkty charakterystyczne funkcji użyteczności obliczane są za pomocą wzorów zdefiniowanych w pracy [6]:

$$a = \min\{a_L^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_2}, \dots, a_M^{\alpha_r}, a_R^{\alpha_1}\} = a_L^{\alpha_1}, \quad (2)$$

$$b = OWA_{W^2}\{a_M^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_2}, \dots, a_M^{\alpha_r}\}, \quad (3)$$

$$c = OWA_{W^1}\{a_M^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_2}, \dots, a_M^{\alpha_r}\}, \quad (4)$$

$$d = \max\{a_L^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_1}, a_M^{\alpha_2}, \dots, a_M^{\alpha_r}, a_R^{\alpha_1}\} = a_R^{\alpha_1}. \quad (5)$$

Kolejnym krokiem jest obliczenie całkowitej entropii dla każdego EHFLTS (tj. dla każdego elementu macierzy C) według metody podanej w pracy [10]. W ten sposób można wyznaczyć parametr h trapezoidalnego

Tab. 1. Skala lingwistyczna oparta na HFLTS dla AHP dla przykładowej pary czynników C1 i C2

Temin lingwistyczny	Rozmyta liczba trójkątna	Symbol
C1 jest ekstremalnie ważniejsze	(7, 9, 9)	S_{10}
C1 jest znacznie ważniejsze	(5, 7, 9)	S_9
C1 jest ważniejsze	(3, 5, 7)	S_8
C1 jest mało ważniejsze	(1, 3, 5)	S_7
C1 jest niemal równoważne z C2	(1, 1, 3)	S_6
C1 jest równoważne z C2	(1, 1, 1)	S_5
C2 jest niemal równoważne z C1	(1 / 3, 1, 1)	S_4
C2 jest mało ważniejsze	(1 / 5, 1 / 3, 1)	S_3
C2 jest ważniejsze	(1 / 7, 1 / 5, 1 / 3)	S_2
C2 jest znacznie ważniejsze	(1 / 9, 1 / 7, 1 / 5)	S_1
C2 jest ekstremalnie ważniejsze	(1 / 9, 1 / 9, 1 / 7)	S_0

zbioru rozmytego 2 typu (a;b;c;d;a';b';c';d';h) dla każdego EHFLTS. Wtedy parametry a', b', c', d' można wyznaczyć z prostych zależności geometrycznych, a każdy EHFLTS można przedstawić w postaci dziewięciopunktowego przedziałowego trapezoidalnego zbioru rozmytego typu 2.

Następnie należy sprawdzić spójność macierzy ocen. Spójność macierzy powinna być sprawdzana na podstawie wartości rozmytych. W tym celu można zastosować podejście DTraT opisane w artykule [8], które jest przedstawione w następującym wzorze:

$$DTraT = \frac{\frac{a+b+c+d}{4} + \frac{d'+h \cdot (c'+b') + a'}{4}}{2}. \quad (6)$$

Kolejne kroki opracowanej metody są identyczne jak w tradycyjnej metodzie FAHP zaproponowanej przez Buckleya [7], tj. obliczanie rozmytej średniej geometrycznej oraz określenie rozmytego wektora własnego \tilde{w}_i . W celu otrzymania końcowego rankingu w_i należy zdefuzyfikować wektor \tilde{w}_i za pomocą wzoru (6).

Przykład

W celu zilustrowania sposobu działania opracowanej metody rozwiązano prosty przykład z jej wykorzystaniem. Obejmuje on przedsięwzięcie budowlane składające się z kilkunastu procesów. Kadra techniczna składa się z pięciu osób, które zostały poproszone

o wyznaczenie czynników wpływających na czas realizacji jednego z procesów omawianego przedsięwzięcia – robót fundamentowych. W trakcie burzy mózgów członkowie kadry technicznej (eksperti) wytonili pięć czynników wpływających na wykonanie fundamentów budynku: pogoda (C1), warunki gruntowe (C2), wydajność pracowników (C3), awarie sprzętu budowlanego (C4), opóźnienia w dostawach materiałów (C5). Następnie każdy z nich ocenił parami wpływ wybranych czynników na realizację robót fundamentowych zgodnie z podaną w tab. 1. skalą oraz zdefiniowaną gramatyką bezkontekstową (oceny te znajdują się w tab. 2.). Z kolei w tab. 3. znajduje się macierz C zawierająca odpowiadające dokonany ocenom EHFLTS-y. W tab. 4. przedstawiono obwiednie typu 2 odpowiadające EHFLTS-om macierzy C.

Tabela 5. przedstawia ostateczny wynik w postaci zbiorów rozmytych typu 2 oraz w zdefuzyfikowanej formie. Z otrzymanych rezultatów wynika, że zdecydowanie najistotniejszym czynnikiem wpływającym na czas realizacji robót fundamentowych przykładowego przedsięwzięcia budowlanego jest pogoda. Z kolei najmniej znaczącymi czynnikami są warunki gruntowe oraz opóźnienia w dostawach materiałów.

Podsumowanie

Głównym celem niniejszego artykułu jest zaproponowanie nowego podejścia, w którym eksperci mogą elastycznie wyrażać swoje

Tab. 2. Ocena wpływu czynników na wybrany proces budowlany

Ekspert 1					
	C1	C2	C3	C4	C5
C1	S_5	Co najmniej S_9	S_8	S_7	S_{10}
C2	Co najwyższej S_1	S_5	Pomiędzy S_1 a S_4	Co najwyższej S_1	Pomiędzy S_5 a S_8
C3	S_2	Pomiędzy S_6 a S_9	S_5	Pomiędzy S_3 a S_5	S_{10}
C4	~ 3	Co najmniej S_9	Pomiędzy S_5 a S_7	S_5	S_{10}
C5	S_0	Pomiędzy S_2 a S_5	S_0	S_0	S_5
Ekspert 2					
C1	S_5	Co najmniej S_9	S_8	Pomiędzy S_5 a S_8	S_{10}
C2	Co najwyższej S_1	S_5	Pomiędzy S_1 a S_5	S_1	Pomiędzy S_5 a S_8
C3	S_2	Pomiędzy S_6 a S_9	S_5	Pomiędzy S_3 a S_5	S_9
C4	Pomiędzy S_2 a S_5	S_9	Pomiędzy S_5 a S_7	S_5	S_{10}
C5	S_0	Pomiędzy S_2 a S_5	S_1	S_0	S_5
Ekspert 3					
C1	S_5	S_{10}	S_7	Pomiędzy S_5 a S_7	Co najmniej S_9
C2	S_0	S_5	Pomiędzy S_1 a S_4	S_2	Pomiędzy S_5 a S_7
C3	S_3	Pomiędzy S_7 a S_9	S_5	Pomiędzy S_4 a S_5	S_{10}
C4	Pomiędzy S_3 a S_5	S_8	Pomiędzy S_5 a S_6	S_5	Co najmniej S_9
C5	Co najwyższej S_1	Pomiędzy S_3 a S_5	S_0	Co najwyższej S_1	S_5
Ekspert 4					
C1	S_5	S_9	S_8	S_7	S_{10}
C2	S_1	S_5	S_4	S_1	Pomiędzy S_4 a S_5
C3	S_2	S_6	S_5	S_5	S_9
C4	S_3	S_9	S_5	S_5	S_{10}
C5	S_0	Pomiędzy S_5 a S_6	S_1	S_0	S_5
Ekspert 5					
C1	S_5	Co najmniej S_9	S_8	Pomiędzy S_5 a S_8	S_{10}
C2	Co najwyższej S_1	S_5	Pomiędzy S_1 a S_3	S_1	S_4
C3	S_2	Pomiędzy S_7 a S_9	S_5	Pomiędzy S_3 a S_5	S_9
C4	Pomiędzy S_2 a S_5	S_9	Pomiędzy S_5 a S_7	S_5	S_{10}
C5	S_0	S_6	S_1	S_0	S_5



Tab. 3. Macierz C zawierająca odpowiadające dokonany ocenom EHFLTS-y

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	{S ₅ }	{S ₉ , S ₁₀ }	{S ₇ , S ₈ , S ₁₀ }	{S ₅ , S ₆ , S ₇ , S ₈ }	{S ₅ , S ₆ , S ₇ , S ₉ , S ₁₀ }
C2	{S ₀ , S ₁ }	{S ₅ }	{S ₁ , S ₂ , S ₃ , S ₄ }	{S ₀ , S ₁ , S ₂ }	{S ₄ , S ₅ , S ₆ , S ₇ , S ₈ }
C3	{S ₀ , S ₂ , S ₃ }	{S ₆ , S ₇ , S ₈ , S ₉ }	{S ₅ }	{S ₃ , S ₄ , S ₅ }	{S ₉ , S ₁₀ }
C4	{S ₂ , S ₃ , S ₄ , S ₅ }	{S ₈ , S ₉ , S ₁₀ }	{S ₅ , S ₆ , S ₇ }	{S ₅ }	{S ₉ , S ₁₀ }
C5	{S ₀ , S ₁ }	{S ₂ , S ₃ , S ₄ , S ₅ , S ₆ }	{S ₀ , S ₁ }	{S ₀ , S ₁ }	{S ₅ }

Tab. 4. Obwiednie typu 2 odpowiadające EHFLTS-om macierzy C

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	(1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1)	(5; 8; 8; 9; 9; 5; 688; 8; 8; 9; 9; 0,819)	(1; 7; 16; 9; 9; 4; 135; 7; 16; 9; 9; 0,491)	(1; 1; 3; 444; 7; 1; 1; 1; 3; 444; 3; 896; 0,127)	(5; 8; 8; 9; 9; 5; 688; 8; 8; 9; 9; 0,819)
C2	(0,111; 0,111; 0,114; 0,2; 0,111; 0,111; 0,114; 0,184; 0,819)	(1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1)	(0,111; 0,187; 0,481; 1; 0,166; 0,187; 0,481; 0,628; 0,282)	(0,111; 0,143; 0,2; 0,333; 0,127; 0,143; 0,2; 0,266; 0,497)	(0,333; 1; 2,778; 7; 0,931; 1; 2,778; 3,213; 0,103)
C3	(0,111; 0,111; 0,17; 1; 0,111; 0,111; 0,17; 0,577; 0,491)	(1; 2,556; 5,444; 9; 2,116; 2,556; 5,444; 6,449; 0,282)	(1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1)	(0,2; 0,926; 1; 1; 0,881; 0,926; 1; 1; 0,062)	(5; 8; 8; 9; 9; 5; 688; 8; 8; 9; 9; 0,819)
C4	(0,143; 0,304; 1; 1; 0,283; 0,304; 1; 1; 0,127)	(3; 5; 7; 9; 4,005; 5; 7; 7,995; 0,497)	(1; 1; 1,222; 5; 1; 1; 1,222; 1,456; 0,062)	(1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1)	(5; 8; 8; 9; 9; 5; 688; 8; 8; 9; 9; 0,819)
C5	(0,111; 0,111; 0,114; 0,2; 0,111; 0,111; 0,114; 0,184; 0,819)	(0,143; 0,585; 1; 3; 0,54; 0,585; 1; 1,206; 0,103)	(0,111; 0,111; 0,114; 0,2; 0,111; 0,111; 0,114; 0,184; 0,819)	(0,111; 0,111; 0,114; 0,2; 0,111; 0,111; 0,114; 0,184; 0,819)	(1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1)

Tab. 5. Ostateczny rezultat w postaci zbiorów rozmytych typu 2 oraz w zdefuzyfikowanej formie

	C1	C2	C3	C4	C5
\tilde{w}_i	(0,151; 0,374; 0,688; 1,34; 0,254; 0,374; 0,688; 0,864; 0,127)	(0,017; 0,033; 0,072; 0,209; 0,028; 0,033; 0,072; 0,111; 0,103)	(0,051; 0,125; 0,220; 0,586; 0,099; 0,125; 0,220; 0,356; 0,062)	(0,093; 0,177; 0,343; 0,809; 0,139; 0,177; 0,343; 0,447; 0,062)	(0,014; 0,025; 0,039; 0,115; 0,023; 0,025; 0,039; 0,066; 0,103)
w_i	0,472	0,059	0,180	0,252	0,036

preferencje, podczas gdy ich niepewne oceny są brane pod uwagę w jak największym stopniu w celu lepszego rozwiązywania złożonych związanych z oceną czynników wpływających na czas realizacji procesów budowlanych. W proponowanym podejściu eksperci mogą wyrażać swoje preferencje dotyczące różnych czynników poprzez porównywanie parami, tak jak ma to miejsce w powszechnie akceptowanej metodzie AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*). Aby osiągnąć te cele, proponowane podejście umożliwia ekspertom określenie swoich preferencji w sposób lingwistyczny, który jest bardziej naturalny i bliższy ludzkiej naturze. Co więcej, nie muszą oni ograniczać się do pojedynczych słów – mogą używać całych fraz, zgodnie z gramatyką bezkontekstową przedstawioną w [4]. W literaturze wiele metod wykorzystuje HFLTS w celu uwzględnienia niepewnych i niezdecydowanych ocen ekspertów. Metody te wykorzystują operatory normalizacji lub interwały lingwistyczne do agregowania ocen różnych DM, co powoduje utratę cennych informacji. W proponowanym podejściu cenne

Wiedza ekspertów w odniesieniu do przewidywania czasu realizacji danych procesów budowlanych konkretnych przedsięwzięć nie została dotąd wykorzystana w wystarczającym stopniu.

informacje są zachowywane do ostatniego kroku, którym jest defuzyfikacja, poprzez agregację preferencji ekspertów za pomocą obwiedni zbiorów EHFLTS typu 2 i operacji matematycznych opracowanych dla zbiorów rozmytych typu 2.

Dzięki opracowanej metodzie agregacji ocen decydenctów będzie możliwe zbudowanie systemu predykcyjnego opartego w głównej mierze o wiedzę ekspercką kadry technicznej. Dzięki pozyskaniu tej wiedzy oraz usunięciu niepewności lingwistycznej z wyrażonych

preferencji kadry technicznej opracowany system będzie w stanie generować jakościowe i precyzyjne wyniki predykcji czasów realizacji procesów i przedsięwzięć budowlanych.

Podziękowania
 Badanie zostało w całości sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki; nr projektu: DEC-2022/06/X/ST8/00445.

Bibliografia

[1] Assaad R., El-Adaway I.H., Abotaleb I.S., Predicting Project Performance in the Construction Industry, „Journal of Construction Engineering and Management” 2020, 146(5), 04020030.
 [2] Tomczak M., Jaśkowski P., Harmonizing construction processes in repetitive construction projects with multiple buildings, „Automation in Construction” 2022, 139, 104266.
 [3] Tomczak M., Jaśkowski P., Preferences of construction managers regarding the quality and optimization criteria of project schedules, „Sustainability” 2021, 13, 544.
 [4] Jarkas A.M., Bitar C.G., Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait, „Journal of Construction Engineering and Management” 2012, 138(7), 811–820.
 [5] Jaśkowski P., Methodology for enhancing reliability of predictive project schedules in construction, „Eksploracja i Niezawodność” 2015, 17(3), 470–479.
 [6] Liu Y., Rodríguez R.M., Qin J., Martínez L., Type-2 fuzzy envelope of extended hesitant fuzzy linguistic term set: Application to multi-criteria group decision making, „Computers and Industrial Engineering” 2022, 169.
 [7] Buckley J.J., Fuzzy hierarchical analysis, „Fuzzy Sets and Systems” 1985, 17(3), 233–247.

[8] Kahraman C., Öztaysi B., Uçal Sari I., Turanoğlu E., Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets, „Knowledge-Based Systems” 2014, 59, 48–57.

[9] Rodriguez R.M., Martínez L., Herrera F., Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making, „IEEE Transactions on Fuzzy Systems” 2012, 20(1), 109–119.

[10] Wei C., Rodriguez R.M., Martínez L., Uncertainty measures of extended hesitant fuzzy linguistic term sets, „IEEE Transactions on Fuzzy Systems” 2018, 26(3), 1763–1768.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.0143

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Tomczak Michał, Polat Gül, 2023, Agregacja ocen decydentów dla systemu predykcji czasów realizacji procesów budowlanych, „Builder” 12 (317).

DOI: 10.5604/01.3001.0054.0143

Streszczenie: Jednym z najistotniejszych i najbardziej wymagających zagadnień występujących w ramach inżynierii przedsięwzięć budowlanych jest problem opóźnień w realizacji przedsięwzięć budowlanych. Znaczna liczba czynników ryzyka niezbędnych do uwzględnienia oraz stopień skomplikowania opisu ich wpływu na poszczególne procesy przedsięwzięcia budowlanego sprawiają, że zagadnienie predykcji czasów realizacji procesów i przedsięwzięć budowlanych jest zagadnieniem trudnym. W odpowiedzi na dostrzeżony problem opracowano metodę agregacji ocen decydentów za pomocą rozmytej obwiedni typu 2 rozszerzonego wahającego się rozmytego zbioru terminów lingwistycznych służącą predykcji czasów realizacji procesów budowlanych. W proponowanym

podejściu decydenci mogą wyrażać swoje oceny poprzez porównywanie parami, tak jak ma to miejsce w powszechnie akceptowanej metodzie AHP. Decydenci mogą wyrażać swoje preferencje tak swobodnie, jak to możliwe, za pomocą wyrażen językowych zamiast wartości liczbowych, co jest bliższe ludzkiej kognitywistyce i naturze. Decydenci nie muszą ograniczać się do wyrażania preferencji za pomocą pojedynczych słów, mogą używać całych wyrażen dostarczonych przez zdefiniowaną gramatykę. W celu zobrazowania funkcjonowania metody wykonano predykcję czasów realizacji przykładowego przedsięwzięcia budowlanego z wykorzystaniem opracowanej metody.

Słowa kluczowe: predykcja czasów procesów budowlanych, inżynieria przedsięwzięć budowlanych, rozmyte systemy wspomaganie decyzji, rozszerzone wahające się zbiory terminów lingwistycznych

Abstract: AGGREGATION OF DECISION MAKER RATINGS FOR A CONSTRUCTION PROCESSES DURATIONS PREDICTION SYSTEM. One of the most important and challenging issues occurring in construction project engineering is the problem of delays in the execution of construction projects. The significant number of risk factors necessary to take into account and the com-

plexity of describing their impact on the various processes of a construction project make the issue of predicting the execution times of construction processes and projects a difficult one. In response to the perceived problem, a method of aggregating decision-makers' assessments using a fuzzy envelope type-2 extended hesitant fuzzy set of linguistic terms was developed for predicting the execution times of construction processes. In the proposed approach, decision makers can express their evaluations through pairwise comparisons, as in the widely accepted AHP method. Decision makers can express their preferences as freely as possible using linguistic expressions instead of numerical values, which is closer to human cognition and nature. Decision makers do not have to limit themselves to expressing preferences with single words, they can use whole expressions provided by a defined grammar. In order to illustrate how the method works, a prediction of the execution times of an example construction project was made using the developed method.

Keywords: construction processes duration prediction, construction project engineering, fuzzy multicriteria decision making systems, Extended Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set