

## ZASTOSOWANIE ROZMYTEJ METODY DELFICKIEJ DO WYBORU OPTYMALNEJ POZYCJI ZAWODNIKA

Marcin LAWNIK<sup>1\*</sup>, Arkadiusz BANASIK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Matematyki Stosowanej, Gliwice; marcin.lawnik@polsl.pl

<sup>2</sup> Politechnika Śląska, Wydział Matematyki Stosowanej, Gliwice; arkadiusz.banasik@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono system ekspercki pomagający szkoleniowcom drużyny sportowej na optymalne obsadzenie danej pozycji w drużynie spośród dostępnych zawodników. System ten oparty jest o rozmytą metodę delficką, która na podstawie ocen sztabowców ocenia każdego z zawodników. Zawodnik z najwyższą notą jest rekomendowany na daną pozycję w drużynie. Działanie systemu przedstawiono na przykładzie obsadzenia pozycji napastnika w drużynie piłkarskiej w oparciu o oficjalne wytyczne Polskiego Związku Piłki Nożnej. Uzyskane wyniki sugerują, że proponowane rozwiązanie może być zastosowane do dowolnej zespołowej dyscypliny sportowej.

**Słowa kluczowe:** metoda delficka, system wspomagania decyzji, logika rozmyta.

### FUZZY DELPHI METHOD FOR OPTIMAL PLAYER'S POSITION SELECTION

**Abstract:** The article presents expert system which helps coaches to optimal position setting in a team among all available players'. The system is based on fuzzy Delphi method which contains coaches ratings on each player. The highest note player is recommended on the specific position. The use of the system was presented on an example of striker position in football team based on Polish Football Association model. Presented results shows that the solution can be implemented in any team sport discipline.

**Keywords:** Delphi method, decision support system, fuzzy logic.

## 1. Wprowadzenie

Systemy eksperckie pełnią ważną rolę w wielu dziedzinach życia. Szczególnie są one zauważalne w medycynie (Kumar, 2016; Moon and Galea, 2016; Kapczyński, 2006) czy zarządzaniu (Xu et al. 2007; Goicoechea et al. 1987).

Z technicznego punktu widzenia systemy wspomaganie decyzji wykorzystują różne narzędzia matematyczne. Wyróżnić tu można m.in. zbiory rozmyte (Banasik, 2011; Kapczyński et al., 2006; Lin and Hsieh, 2004), Z-liczby (Krakowczyk and Lawnik, 2018; Gardashova, 2014) czy sieci neuronowe (Tsadiras et al., 2013; Banasik, 2011).

Dodatkowo niektóre systemy korzystają z metody delfickiej (Dalkey and Helmer, 1963), która z powodzeniem jest stosowana do prognozowania różnych zjawisk. Polega ona na kilku etapowym ocenianiu przez ekspertów danego procesu z wykorzystaniem kontrolowanego sprzężenia zwrotnego. Sprzężenie to polega na uwzględnianiu przez ekspertów przed kolejną rundą ocen zagregowanej wartości z poprzedniej rundy w postaci np. średniej arytmetycznej. W taki sposób eksperci mogą zmienić swoje opinie zbliżając się do wspólnie wypracowanego stanowiska.

Odmianą metody delfickiej jest rozmyta metoda delficka, gdzie eksperci w kolejnych rundach podają oceny w postaci 3 wartości składowych  $a_1$ ,  $a_2$  i  $a_3$ , które można utożsamiać kolejno z wartością najniższą, najbardziej prawdopodobną i najwyższą. Takie trójki liczb można z kolei utożsamiać z rozmytą liczbą trójkątną. Następnie dla każdego ciągu wartości obliczana jest np. średnia arytmetyczna, która jest wysyłana z powrotem do ekspertów. W ostatnim etapie poprzez defuzyfikację otrzymanej średniej dla poszczególnych składowych otrzymywana jest prognozowana wartość. Rozmyta metoda delficka znalazła bardzo wiele zastosowań, m.in. w przewidywaniu trendów mody (Lin, 2013), ewaluacji produkcji wodoru (Chang et al., 2011) czy metod nauczania (Zhang et al., 2012).

W ostatnich czasach pojawiły się również systemy eksperckie, które pozwalają na wspomaganie podejmowania decyzji w sporcie. Dotyczą one m.in. poszukiwania i oceniania nowych talentów (Rogulj et al., 2006), wspomaganie pracy sędziego na boisku piłkarskim (Solomon et al., 2011), opracowania taktyki w sportach siatkowych (Yu et al., 2010) czy ustalenie najlepszej pozycji na boisku dla danego zawodnika (Abidin et al., 2016).

Podobnym problemem dotyczącym dziedziny sportu, który wymaga podjęcia odpowiedniej decyzji, jest optymalne obsadzenie pozycji w zespole przez zawodnika na rozgrywane spotkanie. Takie zagadnienie odnosi się do wszystkich sportów zespołowych, w których jedna osoba lub sztab ludzi decyduje o konkretnym składzie drużyny. Oczywiście wybór nie jest losowy, tylko oparty jest na wielu analizach danych pochodzących z różnych źródeł. Decydent jest zobowiązany dokonać najlepszego wyboru składu spośród dostępnej kadry zawodników. Może to zrealizować, wykorzystując właśnie systemy wspomaganie decyzji.

W artykule tym zastosowano rozmytą metodę delficką do optymalnego wyboru zawodnika na pozycję w drużynie sportowej. Artykuł ten złożony jest z następujących rozdziałów: Wprowadzenie, który zawiera wprowadzenie do problemu; Podstawy matematyczne, który podaje podstawowe definicje i twierdzenia matematyczne niezbędne do dalszego zrozumienia treści; Metoda, który opisuje proponowaną metodę wyboru zawodnika na pozycję; Przykład, który pokazuje działanie metody; Wniosków oraz Spisu literatury.

## 2. Podstawy matematyczne

Zbiorem rozmytym  $A$  w przestrzeni  $X$  (Zadeh, 1965) nazywamy parę  $(x, \mu(x))$ , gdzie  $x \in X$ . Funkcja  $\mu(x): X \rightarrow [0,1]$  jest nazywana funkcją przynależności i określa stopień przynależności elementu  $x$  do zbioru  $A$ .

Jedną z najczęściej stosowanych funkcji przynależności jest trójkątna funkcja przynależności dana wzorem

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}, \quad (1)$$

gdzie  $a, b, c \in R$  są parametrami zachowującymi zależność  $a < b < c$ . Trójkątną funkcję przynależności w dalszej części tego artykułu będziemy oznaczać przez  $(a, b, c)$ .

Zbiór rozmyty można przekształcić na wartość rzeczywistą  $\bar{x}$  poprzez tzw. defuzyfikację (wyostrzenie). Jedną z takich metod jest metoda środka ciężkości, która dana jest wzorem (Rutkowski, 2006):

$$\bar{x} = \frac{\int x\mu(x)dx}{\int \mu(x)dx} \quad (2).$$

## 3. Metoda

Rolę ekspertów w proponowanym podejściu będą pełnić sztabowcy drużyny, którymi mogą być trenerzy, fizjoterapeuci czy analitycy. Ich opinie na temat zawodników będą dostarczane do trenera drużyny po dwóch rundach metody delfickiej. Przyjęte kryteria oceny mogą mieć swoje wagi, tzn. pewne mogą być istotniejsze, jak np. stan zdrowia/kondycja niż inne, jak np. zaangażowanie na ostatnim treningu. Taki proces może być opisany następująco:

1. Sztabowcy  $E_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) wyrażają swoją opinię w podanym kryterium  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) podając trójki liczb  $(a_{j1}^i, a_{j2}^i, a_{j3}^i)$ , które mogą reprezentować wartość najniższą  $a_{j1}^i$ , najbardziej prawdopodobną  $a_{j2}^i$  i najwyższą  $a_{j3}^i$ .
2. Dla tak zadanych liczb obliczana jest średnia arytmetyczna

$$A_j^i = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j1}^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j2}^i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j3}^i \right) \quad (3)$$

3. Sztabowcy ponownie wyrażają swoją opinię  $(a_{j1}^{2i}, a_{j2}^{2i}, a_{j3}^{2i})$  uwzględniając przy tym obliczone średnie z kroku 2.
4. Powtórnie wyliczana jest średnia z kroku 2 dla nowych danych.

$$A_j^2 = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j1}^{2i}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j2}^{2i}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{j3}^{2i} \right) \quad (4)$$

5. Z poszczególnych średnich  $A_j^2$  obliczana jest średnia ważona zgodnie z ustalonymi dla kryteriów wagami  $w_j$ .

$$A = \sum_{j=1}^m w_j \cdot A_j^2, \quad (5)$$

gdzie  $\cdot$  oznacza iloczyn po wszystkich składowych liczby  $A_j^2$ . Wartość  $A$  można interpretować jako średnią ocenę dla każdego z ocenianych zawodników.

6. Poprzez defuzyfikację liczby  $A$  wyliczana jest wartość rzeczywista, za pomocą np. metody środka ciężkości (2)
7. Wartość z kroku 6 jest wysyłana do trenera zespołu, który porównuje oceny wszystkich zawodników i wybiera najlepszego na daną pozycję.

#### 4. Przykład

Zastosowanie praktyczne zaprezentowane zostanie w oparciu o następujące założenia:

- zespół niższej klasy rozgrywkowej, który trenuje 3 dni w tygodniu;
- sztab szkoleniowy składa się z trenera oraz dwóch asystentów;
- analizie poddane zostaną trzy aspekty treningu i funkcjonowania zawodnika w ramach zespołu:
  - aspekty techniczno-taktyczne – wynikają z aktualnie prowadzonego procesu treningowego zespołu i oparte są o predyspozycje i doświadczenie danego zawodnika;
  - zaangażowanie – cecha wolicjonalna danego zawodnika oceniana na każdym treningu przez sztab szkoleniowy;
  - dopasowanie do przeciwnika – predyspozycje indywidualne wynikające z rozpoznania drużyny przeciwnika i indywidualnych aspektów piłkarskich konkretnego zawodnika;
- podstawą do rozważań jest profil zawodnika zaproponowany przez Polski Związek Piłki Nożnej (Dorna, 2016):

	Środkowy obrońca (4, 5)	Boczny obrońca (2, 3)	Defensywny pomocnik (6)	Środkowy pomocnik (8)	Ofensywny pomocnik (10)	Skrzydłowy (7, 11)	Napastnik (9)
Gra 1×1 w atakowaniu							
Gra 1×1 w bronieniu							
Podania krótkie							
Podania długie							
Gra głową w ofensywie							
Gra głową w defensywie							
Panowanie nad piłką							
Strzał z dalszej odległości							
Strzał z pola karnego							
Dośrodkowanie							
Drybling, prowadzenie piłki							

Legenda: – poziom wysoki,  
 – poziom bardzo wysoki,  
 – poziom znakomity.

Rysunek 1. Profil Zawodnika. Dorn M. [Edytor]. Narodowy Model Gry PZPN.

- na podstawie powyższego profilu do rozważań wybrano pozycję napastnika – w omawianym przykładzie, drużyna dysponuje 3 napastnikami, którzy oceniani są przez sztab szkoleniowy na każdym z treningów a ich ocena z całego tygodnia w skali 0-100 zawarta jest w poniższym zestawieniu (Tabela 1).

Tabela 1.  
Pierwsza runda ocen sztabowców

	Aspekty techniczno-taktyczne			Zaangażowanie			Dopasowanie do przeciwnika		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Trener	30, 50,80	60,70,80	60,70,80	40,50,60	60,70,80	60,70,80	50,60,70	40,50,60	40,50,60
As. 1	40,60,70	30,40,50	60,70,80	50,70,80	60,70,80	30,40,50	50,60,70	40,50,60	50,60,70
As. 2	60,70,80	50,60,70	40,50,60	60,70,80	50,60,70	70,80,90	40,50,60	40,50,60	30,40,50
Średnia	43,60,77	47,57,67	53,63,73	50,63,73	57,67,77	53,63,73	47,57,67	40,50,60	40,50,60

Note: Oznaczenia skrótów: As.1 – asystent 1, As.2 – asystent 2, Średnia – średnia wyrażona wzorem (3), N1 – napastnik 1, N2 – napastnik 2, N3 – napastnik 3

Sztab szkoleniowy po zapoznaniu się z średnimi w każdym kryterium ponownie ocenia każdego z zawodników. Wyniki przedstawia Tabela 2.

**Tabela 2.**

*Druga runda ocen sztabowców z uwzględnieniem średnich z pierwszej rundy*

	Aspekty techniczno-taktyczne			Zaangażowanie			Dopasowanie do przeciwnika		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
Trener	35, 55,80	55,65,75	60,70,80	45,55,65	60,70,80	60,70,80	50,60,70	40,50,60	40,50,60
As. 1	40,60,70	40,50,60	55,70,75	50,65,75	60,70,75	40,50,65	50,60,70	40,45,60	45,55,60
As. 2	50,70,80	55,60,70	45,55,70	60,65,80	50,60,75	60,65,70	50,60,70	40,50,60	40,45,55
Średnia	42,62,77	50,58,68	53,65,75	52,62,73	57,67,77	53,62,72	50,60,70	40,48,60	42,50,58

Note: Oznaczenia skrótów: As.1 – asystent 1, As.2 – asystent 2, Średnia – średnia wyrażona wzorem (4), N1 – napastnik 1, N2 – napastnik 2, N3 – napastnik 3

W kolejnym kroku uwzględniane są ustalone dla kolejnych kryteriów wagi: 0,4; 0,25,0,35. Na ich podstawie za pomocą (5) obliczane są średnie ważone, które znajdują się w Tabeli 3.

**Tabela 3.**

*Średnie ważone kryteriów dla poszczególnych zawodników.*

	N1	N2	N3
Średnia	(47,61,74)	(48,57,67)	(49,59,68)

Note: Oznaczenia skrótów: Średnia – średnia wyrażona wzorem (5), N1 – napastnik 1, N2 – napastnik 2, N3 – napastnik 3

Wartości z Tabeli 3 są poddawane defuzyfikacji z wykorzystaniem metody środka ciężkości (2). Otrzymane wyniki przedstawia Tabela 4.

**Tabela 4.**

*Oceny końcowe poszczególnych zawodników.*

	N1	N2	N3
Ocena	60,717	57,48	58,817

Note: Oznaczenia skrótów: Ocena – ocena zawodnika z wykorzystaniem wzoru (2), N1 – napastnik 1, N2 – napastnik 2, N3 – napastnik 3

Zgodnie z wartościami z Tabeli 4 rekomendowanym zawodnikiem na pozycję napastnika jest N1.

## 5. Wnioski

W artykule przedstawiono metodę ekspercką wyboru zawodnika drużyny sportowej na określoną pozycję w zespole:

- Zaprezentowany system opiera się o rozmytą metodę delficką, która na podstawie ocen sztabowców ocenia każdego zawodnika.
- Osoba decydująca wybiera zawodnika o najwyższej nocie.
- Proponowane podejście zaprezentowano na przykładzie dotyczącym obsadzenia pozycji napastnika w drużynie piłkarskiej.
- Uzyskane dla przykładu wyniki sugerują możliwość wykorzystania przedstawionego podejścia do innych zespołowych dyscyplin sportowych.

## Bibliografia

1. Abidin, M,Z,Z., Nawawi, M.K.M., Kasim, M.M. (2016). Research design of decision support system for team sport. *AIP Conference Proceedings* 1782, 040001. doi: 10.1063/1.4966068.
2. Banasik, A. (2011). Innowacyjne podejście do analizy danych na przykładzie systemu wspomagania decyzji dla inwestora. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie*, 57, 7-15. Retrived from: <http://organizacjaizarządzanie.blogspot.com/2013/04/zeszyt-57.html>.
3. Chang, P.-L., Hsu, C.-W., and Chang P.-C., (2011). Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(21), 14172-14179. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.05.045.
4. Dalkey, N. Helmer, O. (1963). An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts. *Management Science*, 9(3), 458-467. doi: 10.1287/mnsc.9.3.458.
5. Dorna, M. (2016). *Narodowy Model Gry PZPN*. Warszawa: Polski Związek Piłki Nożnej.
6. Gardashova, L. (2014). Application of Operational Approaches to Solving Decision Making Problem Using Z-Numbers. *Applied Mathematics*, 5, 1323-1334. doi: 10.4236/am.2014.59125
7. Goicoechea, A., Nelson, R.W., Truszkowski, W. (1987). A Decision-Support System for Systems Engineering and Management: The SEMS Experiment at NASA. In: Y. Sawaragi, K. Inoue and H. Nakayama (Eds) *Toward Interactive and Intelligent Decision Support Systems. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol 286 (71-79). Springer, Berlin: Heidelberg.

8. Kapczyński, A., Psurek, K., Żurek, T. (2006). Wspomaganie podejmowania decyzji z wykorzystaniem systemów ekspertowych z wnioskowaniem przybliżonym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie*, 35, s. 71.
9. Krakowczyk, J. and Lawnik, M. Wykorzystanie Z-liczb we wspomaganiu podejmowania decyzji. *Zesz. Nauk. PŚl., Org. Zarz.* (w druku).
10. Kumar, A. (2016). Stakeholder's Perspective of Clinical Decision Support System. *Open Journal of Business and Management*, 4, 45-50. doi: 10.4236/ojbm.2016.41005.
11. Lin, C. and Hsieh, P.-J. (2004). A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. *Decision Support Systems*, 38(3), 383-398. doi: 10.1016/S0167-9236(03)00118-0.
12. Lin C., (2013). Application of fuzzy Delphi method (FDM) and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to criteria weights for fashion design scheme evaluation. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25(3), 171-183. doi: 10.1108/09556221311300192.
13. Moon, J.D., and Galea, M.P. (2016). Improving Health Management through Clinical Decision Support Systems. *IGI Global*, doi: 10.4018/978-1-4666-9432-3.
14. Rogulj, N. , Papić, V. and Pleština, V. (2006). Development of the Expert System for Sport Talents Detection. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Automation & Information*, Cavtat, Croatia, June 13-15, 7-10.
15. Rutkowski, L. (2006). *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. Warszawa: PWN.
16. Solomon, A.V., Paik, C., Alhauili, A. Phan T. (2011). A decision support system for the professional soccer referee in time-sensitive operations. *2011 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, 35-40. doi: 10.1109/SIEDS.2011.5876851.
17. Tsadiras, A.K., Papadopoulos, C.T. O'Kelly, M.E.J. (2013). An artificial neural network based decision support system for solving the buffer allocation problem in reliable production lines. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 4, 1150-1162. doi: 10.1016/j.cie.2013.07.024.
18. Xu, L., Li, Z., Li, S. and Tang, F. (2007). A decision support system for product design in concurrent engineering. *Decision Support Systems*, 42(4), 2029-2042. doi: 10.1016/j.dss.2004.11.007.
19. Yu L., Ling, P. and Zhang H. (2010). Study on the Decision Support System of Techniques and Tactics in Net Sports and the Application in Beijing Olympic Games. *2010 Second WRI Global Congress on Intelligent Systems*, Wuhan, 170-174. doi: 10.1109/GCIS.2010.139.
20. Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
21. Zhang, Z., Huang, Y. and E. Gao, (2012). A Fuzzy and comprehensive evaluation model for developing teaching evaluation. *2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, Yichang, 774-777. doi: 10.1109/CECNet.2012.6201685.