

WYKORZYSTANIE INTUICJONISTYCZNYCH ZBIORÓW ROZMYTYCH DO OCENY RYZYKA W PROJEKCIE

Dorota KUCHTA*, Ewa PTASZYŃSKA**

* Wydział Zarządzania, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu
e-mail: dorota.kuchta@pwr.wroc.pl

** Instytut Organizacji i Zarządzania, Politechnika Wroclawska
e-mail: ewa.ptaszynska@pwr.wroc.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 26.07.2013 r., Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie otrzymano w lutym 2014 r.

© Zeszyty Naukowe WSOWL

Artykuł zawiera propozycję wykorzystania intuicjonistycznych zbiorów rozmytych do oceny ryzyka w projekcie. Intuicjonistyczne zbiory rozmyte są uogólnieniem zbiorów rozmytych. Intuicjonistyczny zbiór rozmyty $A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X \}$, gdzie $\mu_A(x)$ i $\nu_A(x)$ oznaczają odpowiednio stopień przynależności i nieprzynależności elementu do zbioru A . Ryzyko projektowe będzie rozpatrywane jako możliwe zdarzenie z negatywnymi konsekwencjami dla projektu. W proponowanej koncepcji dwa podstawowe atrybuty ryzyka: prawdopodobieństwo wystąpienia i konsekwencje są wyrażane za pomocą wyrażen słownych lub liczbowo. Ich wartości generowane są na podstawie $\mu_A(x)$ i $\nu_A(x)$. Propozycja została zweryfikowana na przykładowych projektach rolnych. W artykule przedstawiono także zalety i wady proponowanego narzędzia.

Słowa kluczowe: intuicjonistyczne zbiory rozmyte, ocena ryzyka, projekt, gospodarstwo rolne

WSTĘP

Niniejszy artykuł podejmuje próbę wykorzystania intuicjonistycznych zbiorów rozmytych do oceny ryzyka w projekcie. W literaturze zagranicznej można spotkać wiele propozycji wykorzystania tego rodzaju zbiorów w medycynie, technice, ekonomii czy naukach społecznych. Natomiast w literaturze polskojęzycznej występują nieliczne, a do tego trudno dostępne, publikacje z zakresu intuicjonistycznych zbiorów rozmytych (np. Dworniczak [2]; Niewiadomski [6]; Szmidt, Kacprzyk [11]; Dymowa, Róg, Sewastianow [3]; Piasecki [7]; Piasecki, Ziomek [8]; Grzegorzewski [4]). Monografia P. Dworniczaka (2012), w której przedstawiono przykłady zastosowania intuicjonistycznych zbiorów rozmytych w wybranych decyzyjnych zagadnieniach ekonomicznych, stała się inspiracją do ich wykorzystania w ocenie ryzyka projektowego.

1. INTUICJONISTYCZNE ZBIORY ROZMYTE

Intuicjonistyczne zbiory rozmyte, które zostały zaproponowane przez Atanasowa w latach 80, to uogólnienie zbiorów rozmytych Zadeha, zaproponowanych w la-

tach 60. Attansow intuicjonistyczny zbiór rozmyty A w przestrzeni U definiuje następująco:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in U \}, \quad (1)$$

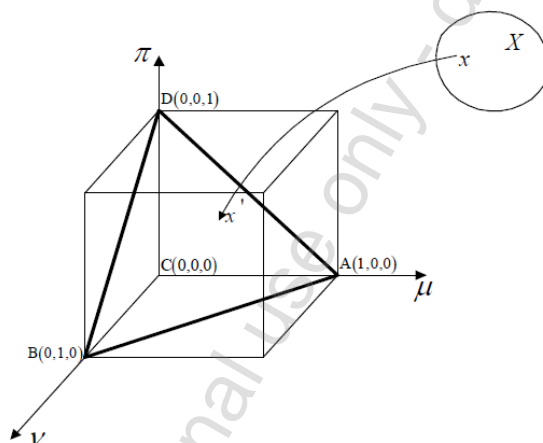
gdzie:

$\mu_A(x)$ oraz $\nu_A(x)$ są wartościami funkcji $\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$ oraz $\nu_A: U \rightarrow [0, 1]$. Liczba $\mu_A(x) \in [0, 1]$ to stopień przynależności, a liczba $\nu_A(x) \in [0, 1]$ to stopień nieprzynależności elementu x do zbioru A .

Ponadto spełniony jest następujący warunek: $\mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$. Z tego względu intuicjonistyczne zbiory rozmyte dopuszczają niepełną wiedzę o przynależności/nieprzynależności elementu do zbioru.

Uporządkowaną parę $\langle \mu, \nu \rangle$, gdzie $\mu, \nu \in [0, 1]$, $\mu + \nu \leq 1$, nazywa się intuicjonistyczną wartością rozmytą. Intuicjonistyczna wartość rozmyta $\langle \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle$ oznacza wartość związaną z elementem x zbioru A [1].

Na rysunku 1 przedstawiono geometryczną reprezentację intuicjonistycznych zbiorów rozmytych.



Rys. 1. Geometryczna reprezentacja intuicjonistycznych zbiorów rozmytych

Źródło: [10]

Attansow zdefiniował także podstawowe operacje i relacje dla dowolnych intuicjonistycznych zbiorów rozmytych:

- $A' = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in U \} = \{ \langle x, \nu_A(x), \mu_A(x) \rangle : x \in U \}$,
- $A \cap B = \{ x, \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \max\{\nu_A(x), \nu_B(x)\} \rangle : x \in U \}$,
- $A \cup B = \{ x, \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \min\{\nu_A(x), \nu_B(x)\} \rangle : x \in U \}$,
- $A - B = A \cap B'$,
- $A \subseteq B \Leftrightarrow \forall x \in U (\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \& \nu_A(x) \geq \nu_B(x))$,
- $A = B \Leftrightarrow \forall x \in U (\mu_A(x) = \mu_B(x) \& \nu_A(x) = \nu_B(x))$,
- $A + B = \{ \langle x, \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x), \nu_A(x)\nu_B(x) \rangle : x \in U \}$,
- $A - B = \{ \langle x, \mu_A(x)\mu_B(x), \nu_A(x) + \nu_B(x) - \nu_A(x)\nu_B(x) \rangle : x \in U \}$,

$$- A @ B = \left\{ \left\langle x, \frac{\mu_A(x) + \mu_B(x)}{2}, \frac{v_A(x) + v_B(x)}{2} \right\rangle : x \in U \right\}.$$

Wybrane z powyższych wzorów zostaną wykorzystane w narzędziu do oceny ryzyka projektu, które zostanie opisane w dalszej części artykułu.

2. PROPOZYCJA WYKORZYSTANIA INTUCJONISTYCZNYCH ZBIORÓW ROZMYTYCH DO OCENY RYZYKA PROJEKTU

W literaturze można spotkać wiele przykładów metod oceny ryzyka wykorzystujących zbiory rozmyte. Ich przegląd można znaleźć np. w [9]. Brakuje jednak propozycji metod oceny ryzyka wykorzystujących intuicjonistyczne zbiory rozmyte. Stąd też w niniejszym artykule zaproponowano wykorzystanie intuicjonistycznych zbiorów rozmytych do oceny klasycznych atrybutów ryzyka w projekcie: prawdopodobieństwa wystąpienia i konsekwencji ryzyka. Należy podkreślić, że ryzyko jest tu rozumiane jako negatywne zdarzenie, które może pojawić się w trakcie realizacji projektu.

Na podstawie propozycji oceny poziomu akceptacji jednostek w grupie zawartej w [2], autorki proponują następującą procedurę wykorzystania intuicjonistycznych zbiorów rozmytych do oceny ryzyka projektu:

W pierwszym kroku wszystkim m interesariuszom projektu X przekazuje się do wypełnienia listę kontrolną ze zidentyfikowanymi ryzykami, charakterystycznymi dla danego typu projektu. Każda osoba uzupełniająca listę kontrolną zobowiązana jest do zaznaczenia dla każdego z atrybutów (prawdopodobieństwa i konsekwencji) ryzyka R_i ($i=1 \dots n$) jednej z siedmiu odpowiedzi: „bardzo duże”, „duże”, „raczej duże”, „raczej małe”, „małe”, „bardzo małe”, „nie wiem”.

Tabela 1. Oceny prawdopodobieństwa i -tego ryzyka ($i=1 \dots n$) przez m interesariuszy

	X_1	...	X_m
R_1	P_{11}	...	P_{1m}
....
R_n	P_{n1}	...	P_{nm}

Źródło: Opracowanie własne

Zatem P_{ij} będzie oznaczać ocenę prawdopodobieństwa i -tego ryzyka ($i=1 \dots n$) dokonaną przez j -tego interesariusza ($j=1 \dots m$), a K_{ij} będzie oznaczać ocenę konsekwencji i -tego ryzyka ($i=1 \dots n$) przez j -tego interesariusza ($j=1 \dots m$)

W drugim kroku zebranych ocenom przypisuje się odpowiednie intuicjonistyczne wartości rozmyte, jak w Tabeli 2.

Tabela 2. Intuicjonistyczne zbiory rozmyte odpowiadające ocenom lingwistycznym

Ocena lingwistyczna	F_k
Bardzo duże (BD)	$\langle 1;0 \rangle$
Duże (D)	$\langle 0,66;0 \rangle$
Raczej duże (RD)	$\langle 0,33;0 \rangle$
Raczej małe (RM)	$\langle 0;0,33 \rangle$
Małe (M)	$\langle 0;0,66 \rangle$

Bardzo małe (BM)	<0;1>
Nie wiem (NW)	<0;0>

Źródło: Opracowanie własne

Zatem interesariusz X_j ($j=1 \dots m$) wystawia ryzyku R_i ($i=1 \dots n$) ocenę jego prawdopodobieństwa $P_{ij} = \langle \mu_{ij}^P; v_{ij}^P \rangle$ oraz ocenę konsekwencji $K_{ij} = \langle \mu_{ij}^K; v_{ij}^K \rangle$ w postaci F_k ($k=1 \dots 7$).

W trzecim kroku należy zagregować otrzymane oceny prawdopodobieństwa i konsekwencji ryzyka. W tym celu wykorzystuje się wskaźnik prawdopodobieństwa ryzyka $P_i = \langle a_i^P, b_i^P \rangle$ oraz wskaźnik konsekwencji ryzyka $K_i = \langle a_i^K, b_i^K \rangle$. Wartości wskaźników P_i oraz K_i pozwalają na znalezienie ryzyk w projekcie, na które należałoby zwrócić szczególną uwagę. Wskaźnik P_i jest stopniem prawdziwości stwierdzenia „prawdopodobieństwo i -tego ryzyka jest co najmniej średnie w projekcie X ”, a wskaźnik K_i jest stopniem prawdziwości stwierdzenia „konsekwencje i -tego ryzyka są co najmniej średnie w projekcie X ”. W celu obliczenia P_i oraz K_i , czyli zagregowania otrzymanych ocen, stosuje się operację uśredniania zbiorów intuicjonistycznych.

Zatem:

$$P_i = \langle a_i^P, b_i^P \rangle = \left\langle \frac{\sum \mu_{ij}^P}{m}, \frac{\sum v_{ij}^P}{m} \right\rangle \quad (2)$$

$$K_i = \langle a_i^K, b_i^K \rangle = \left\langle \frac{\sum \mu_{ij}^K}{m}, \frac{\sum v_{ij}^K}{m} \right\rangle \quad (3)$$

Ze względu na to, że średnia arytmetyczna jest słabo odporna na wartości skrajne, w przypadku $i > 3$ można rozważyć odrzucenie przed agregacją wartości skrajnych, czyli najwyższej i najniższej oceny prawdopodobieństwa czy konsekwencji ryzyka.

W czwartym kroku należy obliczyć tzw. wskaźnik nieokreśloności, czyli margines wahania reprezentujący brak wiedzy, czy element x należy do A . Jeżeli osoba oceniająca prawdopodobieństwo czy konsekwencje ryzyka nie będzie przekonana, co do swojej oceny, to margines wahania będzie miał wyższą wartość niż w przypadku, gdy osoba oceniająca prawdopodobieństwo/konsekwencje jest bardziej zdecydowana. Zatem im niższa wartość poszczególnych wskaźników, tym ryzyko bardziej zdecydowanie jest określane przez osoby. Wskaźnik nieokreśloności prawdopodobieństwa obliczamy jako:

$$\pi_i^P = 1 - a_i^P - b_i^P \quad (4)$$

Z kolei wskaźnik nieokreśloności konsekwencji obliczamy jako:

$$\pi_i^K = 1 - a_i^K - b_i^K \quad (5)$$

W piątym, ostatnim kroku dokonuje się defuzyfikacji uzyskanych rozmytych wskaźników P_i oraz K_i , czyli podania ich wartości w postaci oceny lingwistycznej. W tym celu wykorzystuje się siedem, wcześniej zdefiniowanych, ocen lingwistycznych wraz z odpowiadającymi im intuicjonistycznymi wartościami. Może jednak okazać się, że wskaźnik P_i lub K_i nie będzie równoważny żadnej z nich. W takiej sytuacji należy określić, na podstawie wybranej miary odległości (np. odległości Hamminga), której z tych ocen będzie on najbliższy. Unormowana odległość Hamminga dla dowolnych dwóch zbiorów intuicjonistycznych A i B zawierających n elementów wynosi:

$$l_{IFS}(A, B) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (|\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| + |v_A(x_i) - v_B(x_i)| + |\pi_A(x_i) - \pi_B(x_i)|) \quad (6)$$

Wzór na odległość Hamminga zostanie wykorzystany w dalszej części artykułu do defuzyfikacji uzyskanego rozmytego wskaźnika P_i .

3. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA INTUCJONISTYCZNYCH ZBIORÓW ROZMYTYCH DO OCENY RYZYKA PROJEKTÓW ROLNYCH

Zaproponowana metoda została przetestowana w wybranym przedsiębiorstwie rolnym na projekcie X (typ projektu: uprawa rzepaku). Listę kontrolną, opracowaną na podstawie [5], przekazano do wypełnienia trzem osobom z przedsiębiorstwa: presosowi (X_1), agronomowi (X_2), głównemu specjalście ds. mechanizacji (X_3). Uzyskane od j -tej ($j=1...3$) osoby oceny prawdopodobieństwa i -tego ryzyka ($i=1...28$) zostały przedstawione w Tabeli 3:

Tabela 3. Lingwistyczne oceny i -tej osoby o prawdopodobieństwie j -tego ryzyka

$R_i \backslash X_j$	X_1	X_2	X_3
1. Wzrost kosztów nawozów	D	RD	NW
2. Wzrost kosztów środków ochrony roślin	RD	RD	NW
3. Wzrost kosztów materiału siewnego	RD	RD	NW
4. Wzrost kosztów paliwa i olejów napędowych	D	RD	NW
5. Awaria ciągnika	RM	NW	RD
6. Awaria kombajnu	BM	NW	M
7. Awaria pługa	M	NW	RM
8. Awaria siewnika	RM	NW	RD
9. Awaria opryskiwacza	M	NW	RM
10. Awaria prasy do słomy	M	NW	RM
11. Awaria przyczepy transportowej	M	NW	RM
12. Awaria suszarni	M	NW	RM
13. Ulewy	RM	M	RM
14. Mrozy	RD	RD	RM
15. Susze	RD	RM	RM
16. Gradobicia	M	M	M
17. Gwałtowne burze	RD	D	RD
18. Niestaranne wykonywanie poleceń przez pracowników	D	RD	RD
19. Duża fluktuacja pracowników	M	RM	RM
20. Zbyt wczesny termin siewu	RM	M	NW
21. Zbyt późny termin siewu	RM	M	NW
22. Niewłaściwe przygotowanie roli	RM	M	NW
23. Zbyt duże nawożenie	RM	M	NW
24. Zbyt małe nawożenie	RM	M	NW
25. Niewłaściwy termin nawożenia	RM	M	NW
26. Nieprawidłowy termin stosowania środków ochrony roślin	RM	M	NW
27. Materiał siewny niskiej jakości	BM	M	M
28. Zbyt mała powierzchnia magazynowa	BM	BM	BM

Źródło: Opracowanie własne

W następnym kroku uzyskane oceny lingwistyczne zagregowano w postaci intuicjonistycznych zbiorów rozmytych, wykorzystując uśredniający operator Atanasowa (Tabela 4).

Tabela 4. Zagregowane oceny prawdopodobieństwa ryzyk

Ryzyko R_i	Prawdopodobieństwo P_i
1. Wzrost kosztów nawozów	<0,33;0>
2. Wzrost kosztów środków ochrony roślin	<0,22;0>
3. Wzrost kosztów materiału siewnego	<0,22;0>
4. Wzrost kosztów paliwa i olejów napędowych	<0,33;0>
5. Awaria ciągnika	<0,11;0>
6. Awaria kombajnu	<0;0,55>
7. Awaria pługa	<0;0,33>
8. Awaria siewnika	<0,11;0,11>
9. Awaria opryskiwacza	<0;0,33>
10. Awaria prasy do słomy	<0;0,33>
11. Awaria przyczepy transportowej	<0;0,33>
12. Awaria suszarni	<0;0,33>
13. Ulewy	<0;0,44>
14. Mrozy	<0,22;0,11>
15. Susze	<0,11;0,22>
16. Gradobicia	<0;0,66>
17. Gwałtowne burze	<0,44;0>
18. Niestaranne wykonywanie poleceń przez pracowników	<0,44;0>
19. Duża fluktuacja pracowników	<0;0,44>
20. Zbyt wczesny termin siewu	<0;0,33>
21. Zbyt późny termin siewu	<0;0,33>
22. Niewłaściwe przygotowanie roli	<0;0,33>
23. Zbyt duże nawożenie	<0;0,33>
24. Zbyt małe nawożenie	<0;0,33>
25. Niewłaściwy termin nawożenia	<0;0,33>
26. Nieprawidłowy termin stosowania środków ochrony roślin	<0;0,33>
27. Materiał siewny niskiej jakości	<0;0,77>
28. Zbyt mała powierzchnia magazynowa	<0;1>

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie informacji z Tabeli 2 oraz Tabeli 4 policzono wskaźnik nieokreśloności prawdopodobieństwa π_i^P . Uzyskane wartości przedstawiono w Tabeli 5.

Tabela 5. Wskaźnik nieokreśloności poszczególnych ryzyk

Ryzyko R_i	Wskaźnik nieokreśloności π_i^P
1. Wzrost kosztów nawozów	0,67
2. Wzrost kosztów środków ochrony roślin	0,78
3. Wzrost kosztów materiału siewnego	0,78
4. Wzrost kosztów paliwa i olejów napędowych	0,67
5. Awaria ciągnika	0,78
6. Awaria kombajnu	0,45

7. Awaria pługa	0,67
8. Awaria siewnika	0,78
9. Awaria opryskiwacza	0,67
10. Awaria prasy do słomy	0,67
11. Awaria przyczepy transportowej	0,67
12. Awaria suszarni	0,67
13. Ulewy	0,56
14. Mrozy	0,67
15. Susze	0,67
16. Gradobicia	0,34
17. Gwałtowne burze	0,56
18. Niestaranne wykonywanie poleceń przez pracowników	0,56
19. Duża fluktuacja pracowników	0,56
20. Zbyt wczesny termin siewu	0,67
21. Zbyt późny termin siewu	0,67
22. Niewłaściwe przygotowanie roli	0,67
23. Zbyt duże nawożenie	0,67
24. Zbyt małe nawożenie	0,67
25. Niewłaściwy termin nawożenia	0,67
26. Nieprawidłowy termin stosowania środków ochrony roślin	0,67
27. Materiał siewny niskiej jakości	0,23
28. Zbyt mała powierzchnia magazynowa	0,00

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie Tabeli 5 można stwierdzić, że z największą pewnością zostały określone prawdopodobieństwa następujących ryzyk: materiał siewny niskiej jakości i zbyt mała powierzchnia magazynowa. Albowiem im niższa wartość wskaźnika nieokreśloności (marginesu wahania), tym bardziej zdecydowana ocena prawdopodobieństwa danego ryzyka.

W kolejnym kroku dokonano defuzyfikacji uzyskanego rozmytego wskaźnika P_i , używając odległości Hamminga. Uzyskane rezultaty przedstawiono w Tabeli 6.

Tabela 6. Odległości ocen zagregowanych od wyróżnionych ocen lingwistycznych

	<i>BD</i>	<i>D</i>	<i>RD</i>	<i>RM</i>	<i>M</i>	<i>BM</i>	<i>NW</i>
1. Wzrost kosztów nawozów	0,67	0,17	0,00	0,33	0,66	1,00	0,33
2. Wzrost kosztów środków ochrony roślin	0,78	0,28	0,11	0,33	0,66	1,00	0,22
3. Wzrost kosztów materiału siewnego	0,78	0,28	0,11	0,33	0,66	1,00	0,22
4. Wzrost kosztów paliwa i olejów napędowych	0,67	0,17	0,00	0,33	0,66	1,00	0,33
5. Awaria ciągnika	0,89	0,39	0,22	0,22	0,55	0,89	0,22
6. Awaria kombajnu	1	0,5	0,55	0,22	0,11	0,45	0,55
7. Awaria pługa	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
8. Awaria siewnika	0,89	0,39	0,22	0,22	0,55	0,89	0,22
9. Awaria opryskiwacza	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
10. Awaria prasy do słomy	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
11. Awaria przyczepy transportowej	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
12. Awaria suszarni	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
13. Ulewy	1	0,5	0,44	0,11	0,22	0,56	0,44
14. Mrozy	0,78	0,28	0,11	0,22	0,55	0,89	0,33
15. Susze	0,89	0,39	0,22	0,11	0,44	0,78	0,33
16. Gradobicia	1	0,5	0,66	0,33	0,00	0,34	0,66
17. Gwałtowne burze	0,56	0,06	0,11	0,44	0,66	1,00	0,44

	<i>BD</i>	<i>D</i>	<i>RD</i>	<i>RM</i>	<i>M</i>	<i>BM</i>	<i>NW</i>
18. Niestaranne wykonywanie poleceń przez pracowników	0,56	0,06	0,11	0,44	0,66	1,00	0,44
19. Duża fluktuacja pracowników	1	0,5	0,44	0,11	0,22	0,56	0,44
20. Zbyt wczesny termin siewu	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
21. Zbyt późny termin siewu	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
22. Niewłaściwe przygotowanie roli	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
23. Zbyt duże nawożenie	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
24. Zbyt małe nawożenie	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
25. Niewłaściwy termin nawożenia	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
26. Nieprawidłowy termin stosowania środków ochrony roślin	1	0,5	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
27. Materiał siewny niskiej jakości	1	0,5	0,77	0,44	0,11	0,23	0,77
28. Zbyt mała powierzchnia magazynowa	1	0,5	1,00	0,67	0,34	0,00	1,00

Źródło: opracowanie własne

Z Tabeli 6 odczytujemy, którym ocenom lingwistycznym poszczególne oceny prawdopodobieństwa są najbliższe (odległość jest najmniejsza). Przykładowo ocena prawdopodobieństwa „wzrost kosztów nawozów” jest najmniejsza dla RD, więc na tej podstawie można sformułować wniosek, że prawdopodobieństwo ryzyka wzrostu kosztów nawozów w projekcie X jest „raczej duże”. W Tabeli 6 pogrubiono pozostałe wyniki dla poszczególnych ryzyk, na podstawie których można stwierdzić, że w analizowanym projekcie największym prawdopodobieństwem wystąpienia obarczone są następujące ryzyka: gwałtowne burze oraz niestaranne wykonywanie poleceń przez pracowników. W związku tym należałoby na nie zwrócić szczególną uwagę i zaplanować odpowiednie sposoby przeciwdziałania zidentyfikowanym ryzykom (np. polisa ubezpieczeniowa od klęsk żywiołowych, zmiana systemu wynagradzania pracowników).

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono propozycję wykorzystania intuicjonistycznych zbiorów rozmytych do oceny ryzyka w projekcie. Proponowane narzędzie zostało zweryfikowane na przykładzie jednego projektu w wybranym przedsiębiorstwie rolnym. Ze względu na ograniczenia czasowe i organizacyjne nie przeprowadzono badań na szerszą skalę – analiza większej liczby projektów i zainteresowania wykorzystaniem narzędzia przez inne przedsiębiorstwa rolne w Polsce. Zatem obszary przyszłych działań wiążą się ze zbadaniem możliwości powszechnego zastosowania zbiorów intuicjonistycznych w projektach rolnych.

LITERATURA

1. Attanassow K. T., *Intuitionistic Fuzzy Sets: Theory and Applications*, Physica-Verlag, Springer, Heidelberg 1999.
2. Dworniczak P., *Intuicjonistyczne zbiory rozmyte we wspomaganii decyzji ekonomicznych* (w druku).
3. Dymowa L., Róg I., Sewastianow P., *Interpretacja intuicjonistycznych zbiorów rozmytych w ramach teorii świadectw*, [w:] „Informatyka Teoretyczna i Stosowana”, nr 12/2007.
4. Grzegorzewski P., *Wspomaganie decyzji w warunkach niepewności. Metody statystyczne dla nieprecyzyjnych danych*, AOW EXIT, Warszawa 2006.

5. Kuchta D., Ptaszyńska E., *Wykorzystanie procesu uczenia się w zarządzaniu ryzykiem projektów rolnych* (zgłoszono do recenzji).
6. Niewiadomski A., *Intuicjonistyczne zbiory rozmyte w komputerowym określaniu podobieństwa dokumentów tekstowych*, Rozprawa doktorska, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2001.
7. Piasecki K., *Zbiory intuicyjne w analizie rynku finansowego – możliwości i perspektywy*, [w:] *Miscellanea Mikroekonometrii cz. II*, pod red. Hozer, J., Szczecin 2010, s. 261–270.
8. Piasecki K., Ziomek R., *Zbiory intuicyjne w prognozowaniu rynku finansowego, Finanse, rynki finansowe, ubezpieczenia*, [w:] „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Szczecin 2010, s. 45– 60.
9. Ptaszyńska E., *Metoda zarządzania ryzykiem projektów*, praca doktorska, Promotor: dr hab. inż. prof. nadzw. PWr. Dorota Kuchta, Wrocław 2012.
10. Szmidt E., Kacprzyk J., *Intuicjonistyczne zbiory rozmyte w podejmowaniu decyzji grupowych*, [w:] *Modelowanie preferencji a ryzyko'99*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, s. 385–397.
11. Szmidt E., Kacprzyk J., *Dilemmas with distances between intuitionistic fuzzy sets: straightforward approaches may not work*, [in:] *Intelligent Techniques and Tools for Novel System Architectures*, pod red. Chountas P., Petrounias I., Kacprzyk J., *Studies in Computational Intelligence*, vol. 109, Springer, Berlin 2008, s.415–430

INTUITIONISTIC FUZZY SETS AS PROJECT RISK ASSESMENT TOOL

Summary

The paper contains the concept of using intuitionistic fuzzy sets to assess project risk. Intuitionistic fuzzy sets are defined as the generalization of fuzzy sets. Intuitionistic fuzzy set $A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X \}$, where $\mu_A(x)$ and $\nu_A(x)$ denote the degree of membership and the degree of non-membership of x , respectively. Project risk is considered here as a possible event with negative consequences for the project. In the proposed concept two basic risk attributes, namely the probability of risk and its consequences, may be expressed numerically or in words. Their values are generated by using $\mu_A(x)$ and $\nu_A(x)$. The proposal has been verified on the basis of agricultural projects. The paper presents the main strengths and weaknesses of using proposed tool.

Keywords: intuitionistic fuzzy sets, risk assessment, project, arable farm

NOTY BIOGRAFICZNE

dr hab. inż. Dorota KUCHTA – prof. PWr i WSOWL, zajmuje się podejmowaniem decyzji w warunkach niepewności, zarządzaniem projektami i rachunkiem kosztów.

Jest autorką lub współautorką 6 książek i ponad 200 artykułów naukowych lub rozdziałów w monografiach. Była lub jest kierownikiem czterech projektów badawczych dotyczących optymalizacji w warunkach niepewności, rachunku kosztów i harmonogramowania projektów. Jest członkiem komitetów naukowych m.in. cyklicznych konferencji „Modelowanie Preferencji a Ryzyko”, „Metody i Zastosowania Badań Operacyjnych” oraz międzynarodowej konferencji naukowej „International Workshop on Multiple Criteria Decision Making”.

dr inż. Ewa PTASZYŃSKA – pracownik Instytutu Organizacji i Zarządzania, na Politechnice Wrocławskiej. W 2012 r. uzyskała tytuł doktora nauk ekonomicznych. W 2007 r. ukończyła studia magisterskie na kierunku Zarządzanie i Marketing na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. W swojej pracy badawczej zajmuje się zarządzaniem ryzykiem i zarządzaniem projektami, jest współautorką kilku publikacji z tego zakresu.

