

**Małgorzata Renigier-Biłozor,  
Andrzej Biłozor**

---

**Opracowanie systemu wspomagania  
podejmowania decyzji z  
wykorzystaniem teorii zbiorów  
rozmytych oraz teorii zbiorów  
przybliżonych w procesie  
kształtowania bezpieczeństwa  
przestrzeni**

---

*Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum 12/1, 67-77*

---

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach  
dozwolonego użytku.

## **OPRACOWANIE SYSTEMU WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI Z WYKORZYSTANIEM TEORII ZBIORÓW ROZMYTYCH ORAZ TEORII ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH W PROCESIE KSZTAŁTOWANIA BEZPIECZEŃSTWA PRZESTRZENI**

Małgorzata Renigier-Biłozor, Andrzej Biłozor

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problematykę metod opartych na teorii zbiorów przybliżonych oraz teorii zbiorów rozmytych w kontekście ich wykorzystania w kształtowaniu bezpieczeństwa przestrzeni. Przedstawiono główne założenia i definicje związane z aplikacją zbiorów przybliżonych (oraz wartościowaną relacją tolerancji) i zbiorów rozmytych. Jest to punkt wyjścia do opracowania efektywnych procedur decyzyjnych związanych z właściwym kształtowaniem przestrzeni bezpiecznej.

**Słowa kluczowe:** teoria zbiorów przybliżonych (TZP), problemy decyzyjne, wartościowana relacja tolerancji (WRT), teoria zbiorów rozmytych (TZR).

### **WPROWADZENIE**

Teoria decyzji, dostarczając dokładnych informacji, na których można opierać decyzje, wykorzystuje metody matematyczne, statystyczne i nauk ścisłych, aby zaprognozować zmiany w otoczeniu, przeanalizować wielowariantowe wyniki różnych działań i następnie je ocenić. Na cały proces podejmowania decyzji składa się rozpoznawanie i zdefiniowanie istoty sytuacji decyzyjnej, zidentyfikowanie możliwości, wybór „najlepszej” z nich i wprowadzenie jej w życie, co z kolei wymaga zrozumienia danej sytuacji decyzyjnej.

Różnorodność i nieprecyzyjność cech przestrzeni, duży i wielowymiarowy zakres danych powoduje, że proces kształtowania bezpieczeństwa przestrzeni i prognozy skutków zaistnienia sytuacji kryzysowych jest skomplikowany i długotrwały, a co za tym idzie

obarczony dużym ryzykiem. Odpowiedni dobór oraz ocena istotności poszczególnych atrybutów przestrzeni jest najczęściej dokonywana na podstawie analizy statystycznej, w której mamy do czynienia z wieloma warunkami, które należy spełnić, aby analiza statystyczna dała wiarygodne wyniki. Jedną z metod, uwzględniającą specyfikę informacji odnoszących się do przestrzeni, jest metoda oparta na teorii zbiorów przybliżonych, wykorzystywana do badania nieprecyzyjności, ogólnikowości i niepewności w procesie analizy danych.

## METODY ANALIZY DANYCH

Podjęcie decyzji polega na analizie dostępnej informacji dla zadanego problemu i w efekcie wybraniu pewnej alternatywy dalszych działań. Według Griffina [2000] podejmowanie decyzji to akt wyboru jednej możliwości spośród ich zestawu. Podjęcie decyzji wiąże się z niepewnością i z możliwością popełnienia błędu, o którym mówił m.in. Rao [1994] za Samulem Butlerem: „Życie jest sztuką wyciągania wystarczających wniosków z niewystarczających przesłanek”. Z punktu widzenia teoretycznego każda decyzja ma 50% szans na powodzenie, jak i 50% szans na fiasko. Można wysnuć tezę, że na 100% nie popełnimy błędu, gdy nie będziemy podejmować żadnych decyzji, ale wiąże się to z kolei z brakiem rozwoju. Wielu decydentów stoi przed taką alternatywą, gdy na nich spoczywa odpowiedzialność za podejmowane decyzje i związane z tym konsekwencje. Istotne jest zatem rozważenie zagadnienia dotyczącego możliwości zwiększenia prawdopodobieństwa podjęcia właściwej decyzji, zgodnie ze starym chińskim przysłowiem: że „zgadywanie jest tanie, błędne zgadywanie jest kosztowne”. Na efektywność podejmowania decyzji zatem składają się: zebranie i dostęp do odpowiedniej ilości i jakości informacji dotyczącej czynników endogenicznych i egzogenicznych przedmiotu analiz, właściwe kompetencje osoby podejmującej decyzje i osób towarzyszących (podwykonawców zadań), odpowiednie zaplecze techniczno-finansowe (np. komputery, bazy danych), narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji (np. konkretnie dedykowane systemy wspomagające decyzje).

Według Griffina [2000] na cały proces podejmowania decyzji składa się rozpoznawanie i zdefiniowanie istoty sytuacji decyzyjnej, zidentyfikowanie alternatyw, wybór „najlepszej” z nich i wprowadzenie jej w życie. Decyzje podejmowane są w różnych warunkach związanych z otoczeniem decydenta. Według m.in. Griffina [2000], Knosali [2005] oraz Stonera i Wankela [1994] osoba podejmującą decyzje działa w warunkach: pewności, ryzyka i niepewności, a poziom niejasności i niebezpieczeństwo podjęcia błędnych decyzji można określić na poziomach: niskim, średnim oraz wysokim.

Według Griffina [2000] stan pewności to sytuacja, w której podejmujący decyzję zna z rozsądnym zakresem pewności dostępne warianty wyboru oraz ich warunki. W takiej sytuacji decydent ma niskie prawdopodobieństwo popełnienia błędu, ponieważ wiemy, co stanie się w przyszłości. Stan ryzyka to z kolei taka sytuacja, w której dostępność poszczególnych możliwości i związane z każdą z nich potencjalne korzyści i koszty są znane z pewnym szacunkowym prawdopodobieństwem. Stan niepewności natomiast to sytuacja, w której decydent nie zna wszystkich możliwości wyboru, ryzyka oraz konsekwencji.

W ciągłym procesie podejmowania decyzji niezbędne jest wykorzystanie odpowiednio przygotowanych i opracowanych informacji. Odnosząc się do teorii, możemy wyróżnić kilka najczęściej wykorzystywanych technik podejmowania decyzji, które Simon [1997] podzielił na techniki tradycyjne i nowoczesne. Do tradycyjnych autor zalicza:

- zwyczaj;
- rutynę biurową – standardowe procedury;
- strukturę organizacyjną – wspólne oczekiwania,
- system celów niższego rzędu; osąd – intuicję i twórczość;
- reguły robocze;
- dobór i szkolenie pracowników.

Jako techniki klasyfikuje nowoczesne badania operacyjne:

- analizę matematyczną, modele i symulację komputerową;
- przetwarzanie danych;
- techniki heurystyczne – szkolenia podejmujących decyzje i konstruowanie heurystycznych programów komputerowych.

Stosowanie różnego rodzaju złożonych procedur w odniesieniu do kształtowania bezpieczeństwa przestrzeni powinno być uzupełnione o zastosowanie tzw. systemów wspomagania decyzji (DSS). Systemy wspomagania decyzji [Górniak-Zimroz 2007] są stosowane na obszarach, w których potrzebne jest pozyskanie danych przestrzennych i innych, w tym doświadczenia i wiedzy ekspertów z analizowanej dziedziny lub z innych dziedzin do rozpatrzenia zadań szczególnie złożonych i do rozwiązania problemów. Szerokie zastosowanie znajdują tu metody oparte na:

- teorii zbiorów rozmytych (TZR),
- teorii zbiorów przybliżonych (TZP).

TZR oraz TZP znalazły zastosowanie głównie w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych, optymalizacji, klasyfikacji oraz sterowania.

## TEORIA ZBIORÓW ROZMYTYCH

Podstawa do powstania i rozwoju teorii zbiorów rozmytych wynikała z potrzeby opisanego złożonych zjawisk i słabo zdefiniowanych pojęć, trudnych do opisanego za pomocą klasycznego modelu matematycznego. Nazwa logika rozmyta bierze się z powszechnie przyjętej interpretacji, według której nieklasyczne wartości logiczne odpowiadają prawdziwości pojęć występujących w języku naturalnym, których znaczenie jest zwykle nieostre. Twórca tej teorii Zadeh [1973] zakładał, że w miarę wzrostu złożoności systemu nasza zdolność do formułowania istotnych stwierdzeń dotyczących jego zachowania maleje, osiągając w końcu próg, poza którym precyzja i istotność stają się cechami wzajemnie prawie się wykluczającymi.

W klasycznej teorii zbiorów Cantora założono, że dowolny element należy (prawda) lub nie należy (fałsz) do danego zbioru. Ostra relacja przynależności nie przewiduje sytuacji pośredniej. Teoria zbiorów rozmytych pozwala na generalizację informacji związanych z niepewnością i niedokładnością opisu i wprowadza pojęcie częściowej prawdy oraz częściowego fałszu. Logika rozmyta poza wartością prawdy (1) i fałszu (0) dopuszcza

wartości pośrednie (półprawdy, niemal fałsz) reprezentowane przez liczby ułamkowe. W najprostszym ujęciu logika rozmyta, oprócz dwóch wartości logicznych, którym w klasycznej teorii odpowiada prawda (1) i fałsz (0), dopuszcza istnienie nieskończenie wielu wartości, przyjmując, że każda liczba rzeczywista z przedziału od 0 do 1 może być taką wartością. Oznacza to, że każdy element może należeć, nie należeć lub częściowo należeć do pewnego zbioru, a przynależność tę można wyrazić za pomocą liczby rzeczywistej z przedziału  $[0,1]$ .

Zastosowanie zbiorów rozmytych umożliwia stworzenie rozmytego modelu systemu reprezentującego istotne cechy za pomocą teorii zbiorów rozmytych. Systemy rozmyte, opierając się na zbiorach rozmytych zamiast na liczbach, umożliwiają uogólnianie informacji.

Wnioskowanie (modelowanie) rozmyte polega na przetworzeniu zmiennych ilościowych na pojęcia lingwistyczne, następnie modelowaniu systemu na podstawie bazy reguł, która może odzwierciedlać naszą wiedzę o systemie, a na koniec przetworzeniu wyjść z powrotem na zmienne ilościowe.

Praca systemu decyzyjnego opartego na logice rozmytej zależy od definicji reguł rozmytych, które są zawarte w bazie reguł. Reguły te mają postać IF ... AND ... THEN, np.:

**IF  $a$  is A1 AND  $b$  is B1 THEN  $c$  is C1**  
**IF  $a$  is A2 AND  $b$  is NOT B2 THEN  $c$  is C2**

gdzie  $a$ ,  $b$ ,  $c$  są tzw. zmiennymi lingwistycznymi, natomiast A1, ..., C2 są podzbiorami rozmytymi. Istotną cechą odróżniającą reguły rozmyte od klasycznych reguł typu IF ... THEN (jeśli ... to ...) jest wykorzystanie zmiennych opisujących zbiory rozmyte, występowanie mechanizmu określającego stopień przynależności elementu do zbioru oraz wykorzystanie operacji na zbiorach rozmytych.

Reguły, których przesłanki lub wnioski wyrażone są w języku zbiorów rozmytych:

*Jeżeli  $x$  jest **male** i  $y$  jest **średnie**, to uruchom alarm.*

*Jeżeli  $x$  jest **male** i  $y$  jest **male**, to ustaw  $z$  na **duże**.*

*Jeżeli  $x$  jest **duże**, to ustaw  $z$  na **male**.*

mają daleko idące konsekwencje w procesie wnioskowania.

Szerokie zastosowanie logiki rozmytej w definiowaniu mało precyzyjnych pojęć o nieostrych granicach polega na wykorzystaniu rozmytych funkcji przynależności do zbiorów. Od lat 70. zaczęto wykorzystywać teorię zbiorów rozmytych nie tylko w przemyśle i automatyce, ale także w produktach powszechnego użytku, jak np.: w sprzętach gospodarstwa domowego, elektroniki użytkowej oraz w dziedzinach nietechnicznych, jak np. w medycynie i w informatyce. Zastosowanie logiki rozmytej nie ogranicza się jedynie do układów sterowania. Za jej pomocą można opisać niemal każdy system, niezależnie od tego, czy będą to zagadnienia z fizyki, ekonomii czy gospodarki przestrzennej; z logiki rozmytej można również skorzystać w dziedzinach, w których przydatne jest matematyczne wspomaganie procesów decyzyjnych. Oparte na logice rozmytej aplikacje znalazły zastosowanie w finansach, geografii, filozofii, ekologii, rolnictwie, meteorologii, atomistyce,

a nawet w etyce. Jeżeli niepewność decyzji dotyczy wielu elementów sytuacji decyzyjnej (np. pojawienia się i znaczenia zdarzeń, użyteczności i decyzji, kryteriów itp.), to celowe wydaje się zastosowanie metod opartych na teorii zbiorów rozmytych.

## TEORIA ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH

Kolejną metodą, w której uwzględniono specyfikę informacji, jest metoda oparta na teorii zbiorów przybliżonych. Teoria ta, stworzona przez polskiego informatyka prof. Zdzisława Pawlaka, jest wykorzystywana do badania nieprecyzyjności, ogólnikowości i niepewności w procesie analizy danych, które to cechy pojawiają się w procesach decyzyjnych. Teoria zbiorów przybliżonych jest jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin sztucznej inteligencji z uwagi na to, że jest ważnym narzędziem w procesie eksploracji danych (*data mining*). Jej główną zaletą jest formalne, logiczne ujęcie całości kształtu zjawisk związanych z przetwarzaniem wiedzy i wnioskowaniem o obiektach. Zbiory przybliżone wykorzystywane są jako metodologia w procesie odkrywania wiedzy w bazach danych, który jest zazwyczaj procesem iteracyjnym oraz interakcyjnym (z wieloma decyzjami podejmowanymi przez użytkownika). Obecnie wykorzystywana jest zarówno w medycynie, jak i w farmakologii, ekonomii, bankowości, chemii, socjologii, akustyce, lingwistyce, inżynierii ogólnej, neuroinżynierii i diagnostyce maszyn. W ostatnich latach pojawiły się także opracowania dotyczące jej zastosowań w gospodarce przestrzennej m.in. w pracach: d'Amato [2008], Kotkowskiego i Ratajczaka [2002], Renigier-Biłozor [2008], Renigier-Biłozor i Biłozora [2008]. Metoda ta stanowi znakomitą podstawę teoretyczną do rozwiązywania problemów dotyczących inteligentnych systemów decyzyjnych. Koncentruje się na dostarczaniu ogromnym zbiorom danych niezbędnych formuł, reguł oraz informacji. Specyfika eksploracji danych obejmuje m.in.:

- niejednorodność obiektów;
- zróżnicowany dostęp do informacji;
- szum informacyjny, błędy pomiaru, brak informacji;
- brak znajomości zależności między obiektami;
- multikryterialność problemów;
- brak unifikacji procedur strategicznych decyzji.

## ZAŁOŻENIA SYSTEMU WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI Z WYKORZYSTANIEM TEORII ZBIORÓW ROZMYTYCH ORAZ TEORII ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH

Przykładowy algorytm decyzyjny w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych:

1. Zdefiniowanie problemu.
2. Zebranie informacji o obiektach i ustalenie dziedzin poszczególnych atrybutów.
3. Zbudowanie tablicy decyzyjnej.
4. Wyznaczenie reguł decyzyjnych na podstawie tablicy decyzyjnej.

5. Podział zbioru obserwacji z tablicy decyzyjnej na klasy abstrakcji względem:
  - a) atrybutu decyzyjnego,
  - b) określonych konfiguracji atrybutów warunkowych
6. Obliczenie jakości i dokładności aproksymacji wcześniej wyznaczonych zbiorów.
7. Wyznaczenie reduktów i rdzenia zbioru atrybutów.
8. Utworzenie modelu wnioskowania na podstawie rdzenia zbioru atrybutów warunkowych.

W celu przedstawienia zarysu procedury ustalania współczynników „wagowych” cech przestrzeni do określania możliwych zagrożeń, poszczególne fragmenty przestrzeni zostają opisane minimalnym zbiorem atrybutów, który jest najczęściej brany pod uwagę w czasie określania zagrożeń. Cechy przestrzeni oznaczone kolejno  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$  (tabela 1) są atrybutami warunkowymi. Atrybutem decyzyjnym oznaczonym –  $d$  jest rodzaj zagrożenia.

Tabela 1. Zestawienie atrybutów przyjętych do badań i ich dziedziny  
Table 1. Summary attributes adopted for research and field

Ukształtowanie terenu – spadki Landform features – drops ( $c_1$ )	Zabudowa wielorodzinna – stopień zainwestowania Multi-family buildings – the level of investment ( $c_2$ )	Zabudowa jednorodzinna – stopień zainwestowania Single-family houses – investment grade ( $c_3$ )	Infrastruktura techniczna Technical Infrastructure ( $c_4$ )	Infrastruktura krytyczna Critical infrastructure ( $c_5$ )	...	Rodzaj zagrożenia ( $d$ )
0–3% – 1	Niski – 1 Low – 1	Nisko – 1 Low – 1	Brak – 1 Lack – 1	Brak – 1 Lack – 1	...	1. Powódzie – Flood. 2. Anomalie pogodowe – Weather anomalies 3. Zagrożenia chemiczno-ekologiczne – Environmental chemical hazards 4. Zagrożenia radiacyjne – Radiation risks 5. Zagrożenia biologiczne – Biological hazards 6. Pożary – Fires 7. Awarie – Failures 8. Katastrofy – Crash 9. Wypadki lotnicze – Air accidents 10. Zagrożenia terrorystyczne – Terrorist threats 11. Zagrożenia porządku publicznego – Threat to public 12. ...
3–6% – 2	Średni – 2 Average – 2	Średni – 2 Average – 2	Niepełna – 2 Incomplete – 2	Niepełna – 2 Incomplete – 2	...	
6–10% – 3	Wysoki – 3 High – 3	Wysoki – 3 High – 3	Pełna – 3 Full – 3	Pełna – 3 Full – 3	...	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Renigier-Biłozor i Biłozora [2009]  
Source: Own study on the basis of Renigier-Biłozor and Biłozor [2009]

Szczegółowa analiza stopnia występowania atrybutów warunkowych umożliwiła stworzenie tzw. tablicy decyzyjnej (tab. 2) oraz ustalenie reguł decyzyjnych:

Tabela 2. Przykład tablicy decyzyjnej  
Table 2. An example of the decision-making table

Obszar badań The study area	Atrybuty Attributes					Atrybut decyzyjny Attribute decision-making
	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	
1	3	1	2	3	3	1
2	3	1	2	3	3	1
3	2	1	2	3	3	2
4	4	2	1	2	2	2
5	4	2	1	2	2	3
6	3	1	2	3	3	4
7	3	1	2	3	3	5
8	4	2	1	2	2	5
9	2	1	2	3	3	6
...	...	...	...	...	...	...

Źródło: Opracowanie własne  
Source: Own study

**jeżeli** ( $c_1 = 3$ ) **i** ( $c_2 = 1$ ) **i** ( $c_3 = 2$ ) **i** ( $c_4 = 2$ ) **i** ( $c_5 = 2$ ) **to** ( $d = 1$ )  
**jeżeli** ( $c_1 = 2$ ) **i** ( $c_2 = 1$ ) **i** ( $c_3 = 2$ ) **i** ( $c_4 = 3$ ) **i** ( $c_5 = 3$ ) **to** ( $d = 1$ )  
**jeżeli** ( $c_1 = 1$ ) **i** ( $c_2 = 1$ ) **i** ( $c_3 = 1$ ) **i** ( $c_4 = 2$ ) **i** ( $c_5 = 1$ ) **to** ( $d = 2$ )  
**jeżeli** ( $c_1 = 3$ ) **i** ( $c_2 = 1$ ) **i** ( $c_3 = 2$ ) **i** ( $c_4 = 1$ ) **i** ( $c_5 = 3$ ) **to** ( $d = 2$ )  
**jeżeli** ( $c_1 = 1$ ) **i** ( $c_2 = 2$ ) **i** ( $c_3 = 1$ ) **i** ( $c_4 = 1$ ) **i** ( $c_5 = 3$ ) **to** ( $d = 3$ )  
**jeżeli** ( $c_1 = 2$ ) **i** ( $c_2 = 1$ ) **i** ( $c_3 = 2$ ) **i** ( $c_4 = 4$ ) **i** ( $c_5 = 3$ ) **to** ( $d = 3$ ).

Prezentowana procedura umożliwiła również redukcję zbędnych atrybutów informacyjnych, a co za tym idzie, wyłonienie najistotniejszych atrybutów warunkowych niezbędnych do podjęcia właściwej decyzji w poszczególnych podgrupach decyzyjnych. Równocześnie jest możliwe wyznaczenie atrybutów istotnych, z punktu widzenia całego zbioru danych, wtedy wskaźniki jakościowe należy obliczyć dla wszystkich obiektów analizowanego zjawiska, bez podziału na podgrupy decyzyjne, jednak bardziej celowe i precyzyjniejsze wydaje się wyznaczenie istotnych atrybutów dla poszczególnych klas atrybutu decyzyjnego (tab. 3) [Renigier-Biłozor 2009].



## PRZYKŁAD REDUKCJI ZBĘDNYCH ATRYBUTÓW

**Redukt.** Zbiór nazywamy reduktym względny  $P$  ze względu na  $B$  ( $B$ -redukt  $P$ ) jeżeli  $R$  jest najmniejszym (w sensie zawierania się zbiorów)  $B$ -niezależnym podzbiorem  $P$ .

**Rdzeń.** Zbiór wszystkich nieusuwalnych atrybutów z  $P$  nazywa się rdzeniem  $P$  i jest oznaczany CORE ( $P$ ) – istotność atrybutów względem decyzji.

Tabela 3. Wpływ atrybutów warunkowych na  $C$ -klasyfikację klas atrybutu decyzyjnego  $d$   
Table 3. Effect of conditional attributes  $C$ -class classification decision attribute  $d$

Nr atrybutu Decyzyjnego No attribute decision-making	Usuwany atrybut warunkowy Conditional attribute removed						Rdzeń systemu The core of the system
	Zaden no	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_2$ $c_4$ $c_5$
1	11/11	11/11	8/13	11/11	3/16	8/14	11/11
2	7/7	7/7	4/12	7/7	5/12	5/9	7/7
3	12/12	12/12	10/13	12/12	9/15	7/17	12/12
$\gamma_C(U / \text{IND}_{TD}(d))$	1	1	0,73	1	0,57	0,67	1

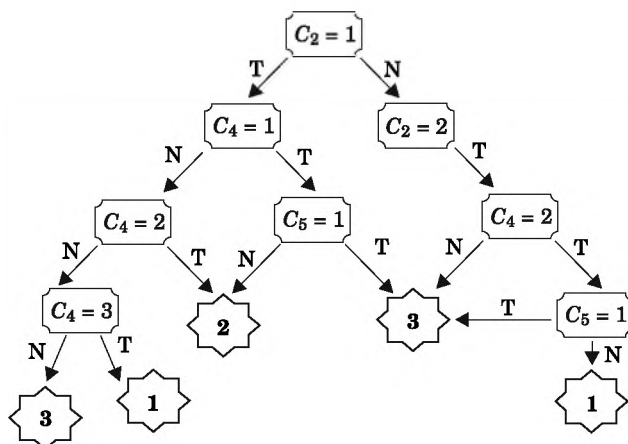
Źródło: Opracowanie własne  
Source: Own study

Możliwe jest również określanie istotności wpływu atrybutów analizowanej przestrzeni na powstawanie możliwych zagrożeń po wprowadzeniu wartościowanej relacji tolerancji, która pozwala na wyznaczenie górnej i dolnej aproksymacji zbioru z różnym stopniem relacji nierozróżnialności (tab. 4) oraz zbudowanie modelu wnioskowania – drzewa decyzyjnego (rys. 3).

Tabela 4. Rdzeń atrybutów decyzyjnych  
Table 4. The core attributes of decision-making

Nr atrybutu decyzyjnego No attribute decision-making	Ukształtowanie terenu ( $c_1$ ) Landform ( $c_1$ )	Zabudowa wielorodzinna – stopień zainwestowania towania ( $c_2$ ) Multi-family buildings – the level of investment ( $c_2$ )	Zabudowa jednorodzinna – stopień zainwestowania ( $c_3$ ) Single-family houses – invest- ment grade ( $c_3$ )	Infrastruktura techniczna ( $c_4$ ) Technical Infrastructure ( $c_4$ )	Infrastruktura krytyczna ( $c_5$ ) Critical infrastructure ( $c_5$ )
1	X	X	–	–	X
2	X	X	X	X	X
3	X	X	X	–	X
4	X	X	X	–	X
5	X	X	X	X	X
6	–	X	X	–	–
7	–	X	X	–	X
8	X	X	–	–	–
9	–	–	–	–	–

Źródło: Opracowanie własne  
Source: Own study



Rys. 1. Budowa modelu wnioskowania – drzewa decyzyjnego: T – tak (yes), N – nie (no)

Fig. 1. Build a model of reasoning – decision tree: T – yes, N – no

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

## PODSUMOWANIE

Przedstawiona przez autorów metoda pozwala na ustalenie wpływu poszczególnych atrybutów przestrzeni na występowanie poszczególnych zagrożeń i sytuacji kryzysowych bez budowania specjalnych modeli. Opracowując systemy wspomagania podejmowania decyzji z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych oraz teorii zbiorów przybliżonych w procesie kształtowania bezpieczeństwa przestrzeni możemy:

- określić cech przestrzeni wywołujących zagrożenia (sytuacje kryzysowe) – przypisanie konkretnym zagrożeniom najistotniejszych cech przestrzeni – cech dodatnich i ujemnych;
- określić wzajemne związki i korelacje poszczególnych cech przestrzeni wywołujących zagrożenia;
- określić stopnie przynależności poszczególnych cech przestrzeni do konkretnych zagrożeń;
- opracować „rozmyte” zbiorów geoinformacji wykorzystywane w zarządzaniu przestrzenią w sytuacjach kryzysowych;
- określić istotności atrybutów przestrzeni wywołujących zagrożenia daną sytuacją kryzysową;
- wykorzystać „przybliżone” procedury decyzyjne w zarządzaniu kryzysowym.

Stosowanie metod opartych na zbiorach rozmytych i przybliżonych nie niesie ze sobą ograniczeń ilościowych prób reprezentatywnych danych, dane nie muszą spełniać wymagań formalnych narzuconych przez próby statystyczne. W metodach tych analizuje się znaczenie danych i bazuje na bardzo „elastycznych” ocenach badanych obiektów lub możliwa jest również eksploracja danych zarówno ilościowych, jaki i jakościowych

oraz bezpośrednia interpretacja otrzymanych wyników. Otrzymujemy efektywne i wydajne algorytmy do poszukiwania ukrytych cech charakterystycznych dla określonych danych. Zastosowanie metodologii zbiorów rozmytych oraz przybliżonych pozwala określić minimalne zbiory danych (minimalizacja danych), istotność atrybutów, umożliwia tworzenie reguł decyzyjnych, które mogą zostać wykorzystane do tworzenia systemów eksperckich, umożliwia tworzenie systemów do podejmowania strategicznych decyzji w zakresie, pozwala na wykrycie reguł i obserwacji w zbiorach danych oraz umożliwia pogłębioną preselekcję danych, które mogą być wykorzystywane w budowie różnego typu modeli.

## PIŚMIENNICTWO

- d'Amato M., 2008. Rough set theory as property valuation methodology: The whole story. Mass appraisal methods. An international perspective for property valuers. Praca zbiorowa pod red. Tom Kauko i Maurizio d'Amato. Wyd. Blackwell Publishing, Oxford. RICS Research.
- Griffin R.W., 2000. Podstawy zarządzania organizacjami. PWN, Warszawa.
- Gómiak-Zimroz J., 2007. Wykorzystanie systemów wspomagania decyzji w gospodarce odpadami. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 118. Studia i Materiały, nr 33.
- Knosala E., 2005. Zarys nauki administracji. Kantor Wydawniczy Zakamycze, Kraków.
- Kotkowski B., Ratajczak W., 2002. Zbiory przybliżone w analizie danych geograficznych. Możliwości i ograniczenia zastosowań metod badawczych w geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarce przestrzennej, red. H. Rogacki. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 35–44.
- Rao C.R., 1994. Statystyka i prawda, PWN.
- Renigier-Biłozor M., 2008. Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych do masowej wyceny nieruchomości na małych rynkach. Acta Sci. Pol., Administratio Locorum 7(3), 35–51.
- Renigier-Biłozor M., Biłozor A., 2008. Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych (rough set) i teorii zbiorów rozmytych (fuzzy set) w gospodarce przestrzennej. Nowe kierunki i metody w analizie regionalnej. Biuletyn Instytutu Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej UAM w Poznaniu, Seria Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 3.
- Renigier-Biłozor M., Biłozor A., 2009. Alternatywna procedura ustalania współczynników „wagowych” cech przestrzeni przy ustalaniu funkcji obszaru, Acta Sci. Pol., Administratio Locorum 8(3), 29–39.
- Renigier-Biłozor M., Biłozor A., 2009. Procedura określania istotności wpływu atrybutów nieruchomości z wykorzystaniem teorii zbiorów przybliżonych, Przegląd Geodezyjny 6.
- Simon H., 1997. The new science of management decision, wyd. Englewood Cliffs, Nowy Jork.
- Stoner J.A.F., Wankel Ch., 1994. Kierowanie. PWE, Warszawa.
- Zadeh L., 1973. Outline of a new approach to the analysis of complex system and decision processes. IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, 3, s. 28–44.

**ELABORATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM USING FUZZY SET THEORY AND ROUGH SET THEORY IN THE DEVELOPMENT OF THE LAND SECURITY**

**Abstract.** Paper introduces the problems of methods based on the rough set theory and fuzzy set theory in the context of their utilization to shaping of the land security. In the elaboration was presented main assumptions and definitions connected with an application of rough set theory (and value tolerance relation) and fuzzy set, as the starting point to the elaboration of effective decision-making procedures connected with the proper shaping of the safe area.

**Key words:** rough set theory (RST), value tolerance relation (VTR), decision-making problems, fuzzy set

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.02.2013