

# ZASTOSOWANIE LOGIKI ROZMYTEJ W BADANIACH GOTOWOŚCI OPERACYJNEJ PRZEDSIĘBIORSTW W PROCESACH ZARZĄDZANIA STRATEGICZNEGO

## 1. Wstęp

Najważniejszym wyróżnikiem współczesnej gospodarki jest ciągła zmiana. Zmieniają się wymagania klientów, zmienia się technologia, zmienne są uwarunkowania zewnętrzne i wewnętrzne przedsiębiorstw, ze spektakularnymi sukcesami i równie niespodziewanymi porażkami na globalnym rynku, mobilnym strumieniem pracowników i nieustannym napływem nowych informacji.

W takich warunkach zarządzanie strategiczne, jako metoda skupiona na ciągłym monitorowaniu i interpretacji owej zmienności, staje się dla przedsiębiorstwa kluczem do rynkowego „być albo nie być”. Dziś zarządzanie strategiczne nie jest już tylko sposobem na zdobycie pozycji lidera w branży, lecz stanowi kanon postępowania, bez którego przedsiębiorstwo nie ma szans na dalsze funkcjonowanie. Uznając tę perspektywę za słuszną, każde przedsiębiorstwo zmuszone jest do możliwie najbardziej skutecznego stosowania zarządzania strategicznego, co uzależnione jest od jego przygotowania w tym obszarze.

Na przygotowanie to będzie składać się wiele uwarunkowań. Pełna ich identyfikacja oraz analiza pozwoli przewidzieć menedżerom, na ile zarządzanie strategiczne w ich firmie okaże się procesem właściwie przygotowanym i realizowanym i – w związku z tym – czy będzie prowadzić do zamierzonych celów. Stąd opracowanie metody diagnozującej gotowość przedsiębiorstw do zarządzania strategicznego stanowi niezwykle ważki problem.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono koncepcję takiej metody, wykorzystującej logikę rozmytą. Na wstępie artykułu omówiono dotychczasowe zastosowanie logiki rozmytej w naukach ekonomicznych, podkreślając zasadność jej stosowania. Następnie autorka zdefiniowała pojęcie gotowości operacyjnej przedsiębiorstwa do działania, umieszczając je w kontekście zarządzania strategicznego. W dalszej części opracowania krótko przybliżono czytelnikowi czym jest logika rozmyta, po czym skupiono się na omówieniu koncepcji badania gotowości przedsiębiorstw do zarządzania strategicznego w oparciu o rozmyty rachunek zdań. W rozdziale tym zdefiniowano pojęcie zmiennej lingwistycznej, wykazując, iż zmienną taką jest również operacyjna gotowość do działania. Następnie zaprezentowano autorską koncepcję badania gotowości operacyjnej oraz wnioski o niej z wykorzystaniem rozmytego rachunku zdań. Całość zamyka podsumowanie.

## 2. Zastosowanie logiki rozmytej w naukach ekonomicznych

Początki zastosowania metod matematycznych w modelowaniu zagadnień ekonomicznych datuje się na 1828 rok,

kiedy to Antoine Cournot wydał książkę pt. *Badanie matematycznych podstaw teorii bogactwa* [9, s. 7]. Przez długi czas uważano, że ze względu na *swą naturę metody matematyczne nie mogą być stosowane wprost do badanej rzeczywistości* [8, s. 54]. Przyczyną takiego stanu rzeczy było zarówno niedocenywanie matematyki jako stosownego narzędzia w rozwiązywaniu problemów ekonomicznych, jak też nieadekwatność *aparatu matematyki, którego inspiracją były nauki ścisłe, do modelowania zjawisk społeczno-ekonomicznych* [9, s. 7]. Sytuacja zmieniła się nieco z chwilą powstania takich dyscyplin, jak: badania operacyjne, programowanie matematyczne, ekonometria, teoria gier itp. Jednakże modele zjawisk ekonomicznych, charakteryzujące się olbrzymią złożonością strukturalną spowodowaną dużą ilością sprzężeń, a zwłaszcza *występowaniem w nich czynnika ludzkiego* [8, s. 55], wymusiły doskonale nie istniejących modeli oraz poszukiwanie nowych.

Główną przyczyną niedopasowania aparatu matematyki do problemów ekonomicznych jest występowanie w niej nieostrych nazw. Walenty Ostasiewicz podaje przykłady takich nazw: ubóstwo, bogactwo, kryzys, inflacja, stabilizacja, wzrost gospodarczy, równowaga rynkowa. Pojęć takich *nie da się zastąpić liczbami. Potrzebny jest więc jakiś inny sposób pozwalający zachowywać nieostrość, ale zapewniający równocześnie jednoznaczne rozumienie znaczenia nazw nieostrych* [9, s. 26]. Logika rozmyta, wykorzystująca aparat zbiorów rozmytych, wydaje się w tym przypadku właściwym narzędziem.

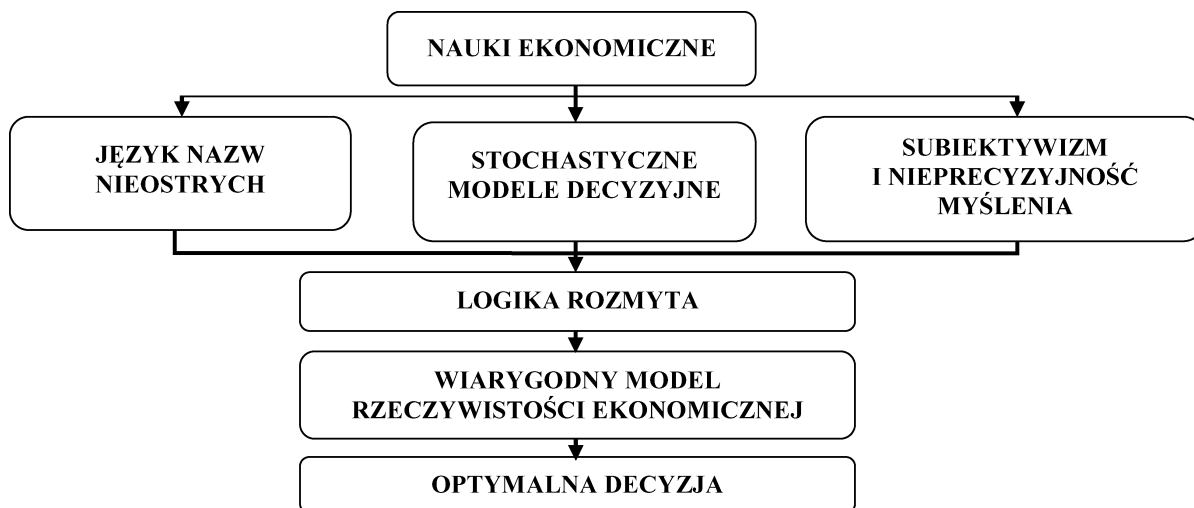
W rzeczywistości gospodarczej bardzo rzadko mamy do czynienia z sytuacją, kiedy decydent dokonuje wyboru w warunkach deterministycznych – pewności i pełnej wiedzy *możliwych wariantów, stanów oraz kryteriów wyboru* [8, s. 55]. Powszechna jest raczej sytuacja odwrotna, kiedy decydent musi dokonywać wyborów w warunkach ryzyka i niepewności, na podstawie nieścisłych, nieprecyzyjnych oraz niedokładnych przesłanek, charakterystycznych *dla każdego języka służącego do adekwatnego opisu złożonej rzeczywistości* [3, s. 22], którą jest również rzeczywistość ekonomiczna i przy niepełnej wiedzy o składnikach procesu decyzyjnego. Można powiedzieć, że jest to sytuacja, w której *informacja o elementach problemu decyzyjnego jest rozmyta* [8, s. 56]. W takich uwarunkowaniach decyzyjnych również zasadne wydaje się zastosowanie logiki rozmytej uwzględniającej niepewność i niepełność informacji, gdyż – jak pisze Stanisław Heipel – *zbiory rozmyte dość dobrze nadają się do modelowania zjawisk niepewnych, nieostrych czy niedokładnie określonych* [4, s. 52].

Zbiory rozmyte znajdują również zastosowanie w naukach ekonomicznych w obszarze *przedstawiania opinii i ocen specjalistów* [3, s. 21], gdzie *rozmytość występuje nie tylko wskutek nieprecyzyjnego myślenia o rzeczywistości, ale*

i z powodu rozbieżności ocen specjalistów [3, s. 21]. Za interesującą próbą pokonania trudności modelowania formalnego problemów decyzyjnych słaboustrukturalizowanych, w których występują subiektywne opinie i oceny jak jest m.in. w przypadku badań ankietowych, Jerzy Gołuchowski uznał *podejście lingwistyczne oparte na teorii i logice zbiorów rozmytych* [3, s. 21]. Logika rozmyta – jak pisze dalej ten sam autor – stanowi *ważny krok na drodze prowadzącej do stworzenia aparatu matematycznego lepiej odzwierciedlającego rzeczywistość gospodarczą i precyzyjniej wyrażającego procesy myślowe ekonomisty* [3, s. 21]. Janusz Kacprzyk opisuje przykłady zastosowań modeli rozmytych w dziedzinach nietechnicznych podkreślając, że *zastosowania nietechniczne propagowano od samego początku teorii zbiorów rozmytych* [5, s. 315]. Związane jest to z faktem, iż *wszelkie problemy typu podejmowania decyzji szczególnie dobrze nadają się do analizy rozmytej ze względu na kluczową rolę, jaką odgrywa w nich człowiek, którego oceny mogą być ‘miękkie’, systemy wartości nieprecyzyjne, pojęcie racjonalności nieprecyzyjnie określone itd.* [5, s. 315]. W opracowaniu swoim autor wymienia zastosowania logiki rozmytej w modelowaniu społeczno-ekonomicznego rozwoju regionalnego, optymalizacji przeciwdziałania skutkom powodzi, planowaniu prac badawczo-rozwojowych, określaniu harmonogramu włączeń generatorów energetycznych, sterowaniu zapasami itd. Podsumowując, zasadność stosowania logiki rozmytej w naukach ekonomicznych wynika z następujących przesłanek:

- język ekonomii to język nazw nieostrych,
- w rzeczywistości gospodarczej najczęściej mają zastosowanie stochastyczne modele decyzyjne (decyzje podejmowane są w warunkach ryzyka i niepewności),
- decyzje podejmowane są często w oparciu o subiektywne i nieprecyzyjne opinie i oceny ludzi.

Specyfika logiki rozmytej, korzystającej z aparatu zbiorów rozmytych pozwala przypuszczać, iż modelowanie „rozmytej” rzeczywistości ekonomicznej z jej wykorzystaniem zwiększy wiarygodność powstałego modelu i umożliwi podjęcie optymalnych decyzji, co autorka zobrazowała na rysunku 1.



Rys. 1. Zastosowanie logiki rozmytej w naukach ekonomicznych

### 3. Operacyjna gotowość do działania

Pojęcie gotowości operacyjnej jest ściśle związane z pojęciem **zarządzania operacyjnego**, rozumianego jako funkcja odpowiedzialna *za wszystkie działania dotyczące wytwarzania produktu, którym mogą być zarówno dobra, jak i usługi* [15, s. 33]. W tym kontekście można przyjąć, iż ogólnie pojęta gotowość operacyjna oznacza **gotowość do działania**.

Aby pojęcie gotowości operacyjnej zdefiniować dokładnie, warto odnieść się do definicji pojęcia **gotowość** oraz pojęcia **operacja**.

Według *Słownika Języka Polskiego Wydawnictwa Naukowego PWN* **gotowość** oznacza *stan należytego przygotowania do czegoś* [18], a **operacja**, to *działanie zmierzające do wykonania określonego zadania* [18].

W związku z tym, zasadne wydaje się uznanie, iż **gotowość operacyjna**, to stopień przygotowania do podjęcia działań zmierzających do wykonania założonego zadania. Jeśli przyjmiemy się, iż założonym zadaniem ma być skuteczne zarządzanie strategiczne, gotowość operacyjną przedsiębiorstwa do jego stosowania proponuje się zdefiniować następująco:

*Gotowość operacyjna przedsiębiorstwa do stosowania zarządzania strategicznego, to stopień jego przygotowania do podjęcia działań związanych z realizacją wszystkich etapów procesu zarządzania strategicznego.*

Z przeprowadzonych przez autorkę analiz dostępnej literatury (por.: [12, 14]) wynika, że stopień przygotowania przedsiębiorstwa do zarządzania strategicznego powinno oceniać się z uwzględnieniem co najmniej trzech grup determinant, określających pożądaną kulturę organizacyjną takiego przedsiębiorstwa, poziom jego dojrzałości procesowej oraz zastosowanie właściwych rozwiązań strukturalnych.

Takie ujęcie gotowości operacyjnej przedsiębiorstwa wskazuje na jej:

- **złożoność** – to, jak oceni się gotowość operacyjną przedsiębiorstwa, uzależnione jest od cząstkowych ocen, jakie uzyska w zakresie determinant warunkujących tę gotowość,

- **niejednorodność** – zarówno w każdej grupie determinant, jak i na poszczególnych etapach zarządzania strategicznego, ocena gotowości przedsiębiorstwa do stosowania zarządzania strategicznego może być różna,
- **stopniowość** – gotowość operacyjna może być pełna (równa jeden), zerowa lub może przyjąć dowolną wartość pośrednią pomiędzy tymi dwiema wartościami skrajnymi.

#### 4. Pojęcie logiki rozmytej

*Encyklopedia Multimedialna Wydawnictwa Naukowego PWN* definiuje słowo **logika**, jako *teorię poznania naukowego* [19]. *Analiza prowadzona środkami logiki koncentruje się zawsze na ustalaniu związków pomiędzy budową przesłanek, a kształtem wniosku, który jest z nich wyprowadzany* [7, s. 139].

Analiza z wykorzystaniem klasycznej logiki dwuwartościowej charakteryzuje się tym, że *jakieś zdanie może być jedynie albo prawdziwe, albo fałszywe* [6, s. 25]. *Stąd rozumowanie poprawne musi kończyć się prawdziwą konkluzją, o ile przesłanki leżące u jego podstaw były prawdziwe* [7, s. 139]. Takie sztywne założenie spotykało się z coraz głębszą krytyką - uznawano je za nieprawdziwe, nieadekwatne do rzeczywistości, jako dowód przytaczając wykryte na gruncie logiki dwuwartościowej paradoksy, np. paradoksy Eubulidesa. Zdecydowano się więc na *wprowadzenie do teorii mnogości logiki wielowartościowej* [6, s. 26], rozszerzając ją do logiki nieskończenie wartościowej, przyjmującej wartości prawdy w przedziale  $[0, 1]$ . Rozszerzeniem tym jest odpowiednia logika Łukasiewicza, w której *zdanie jest prawdziwe bądź fałszywe w stopniu określonym liczbowo: przypisuje się mu wartość logiczną z przedziału  $[0, 1]$*  [7, s. 140]. Nierozmyta logika wielowartościowa może stać się podstawą **logiki rozmytej** (ang. *fuzzy logic*) (por.: [6, s. 197]). Logikę rozmytą można więc rozumieć, jako rozmyte rozszerzenie *pewnej nierozmytej logiki wielowartościowej* [6, s. 197].

Janusz Kacprzyk [6, s. 74] definiuje logikę rozmytą następująco:

**Logika rozmyta, jest to logika wielowartościowa z wartościami prawdy z przedziału  $[0, 1]$ , w której operacje logiczne negacji, sumy, przecięcia, implikacji, równoważności itd. są odpowiednio wybrane i mają pewną interpretację rozmytą.**

Andrzej Łachwa pisze, iż logika rozmyta jest narzędziem opisu, formalizacji i analizy nieprecyzyjnych rozumowań człowieka, a w szczególności nauką o formach nieprecyzyjnego wnioskowania [7, s. 140]. Dlatego logika rozmyta pozwala na *lepsze modelowanie granic decyzyjnych dla pojęć rozmytych* [17, s. 73].

Zbiór, jako pojęcie z obszaru logiki, definiowany jest jako *przedmiot mający elementy, przy czym relacja bycia elementem nie jest tranzytywna* [19]. Cantor pisał, iż *zbiór, to każda wielość, która da się pomyśleć jako jedność, tzn. każdy ogół określonych elementów, który można za pomocą jakiegoś prawa powiązać w całość* [za: 7, s. 11].

Zbiór można zapisać jako:

$$Z = \{x \in X : P(x)\} \quad (1)$$

gdzie  $X = \{x\}$  jest obszarem rozważań,  $P(x)$  jest pewną właściwością [za: 6, s. 20].

*Zatem zbiór Z zawiera te elementy  $x \in X$ , które spełniają właściwość  $P(x)$*  [6, s. 21].

Inny zapis zbioru Z polega na podaniu jego funkcji charakterystycznej, gdzie funkcję charakterystyczną, określa się jako [za: 6, s. 21]:

$$\varphi : X \rightarrow \{0, 1\} \quad (2)$$

taką, że:

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in Z \\ 0 & \text{dla } x \notin Z \end{cases} \quad (3)$$

Wówczas zbiór Z można zapisać jako zbiór par:

$$Z = \{(x, \varphi(x))\} \quad (4)$$

Rozmytość – w pewnym okresie identyfikowana mylnie z przypadkowością – związana jest z faktem, iż *rzeczywistość prawie nigdy nie może być dokładnie opisana. Najczęściej informacje dotyczące otaczającego świata są nieprecyzyjne, niepełne lub niepewne* [2, s. 1]. Dlatego zbiory ostre mogą stanowić jedynie *pewne przybliżenie zjawisk rzeczywistego świata* zaś zbiory rozmyte *modelują owe zjawiska wierniej i dokładniej* [17, s. 75].

Rozmytość (zbioru) wynika z niepewności, co do stopnia, w jakim dany element przynależy do danego zbioru, a nie z niepewności, co do *przynależności lub nieprzynależności elementu do zbioru* [6, s. 27] jak jest z przypadkowością.

Nie można również mylić pojęcia rozmytości z nieprecyzyjnością, ponieważ *nieprecyzyjność odnosi się do braku wiedzy o wartości parametru i jest wyrażana ścisłym przedziałem tolerancji, rozmytość zaś występuje wówczas, gdy nie ma ostrych granic* [7, s. 15].

Według Andrzeja Łachwy [7, s. 12] zbiór rozmyty (ang. *fuzzy set*) można zdefiniować następująco:

**Zbiór rozmyty jest obiektem obejmującym elementy pewnej przestrzeni rozważań, przy czym każdy z tych elementów może w pełni należeć do owego zbioru rozmytego, wcale do niego nie należeć, albo należeć w pewnym stopniu.**

Jak pisze dalej ten sam autor *mamy więc tutaj do czynienia nie tylko z nowym pojęciem zbioru, ale także z nowym pojęciem należenia elementu do zbioru* [7, s. 12].

Dla wielu własności *trudno jest określić granicę rozdzielającą elementy spełniające ją od niespełniających, dlatego naturalnym wydaje się rozszerzenie pojęcia zbiorów poprzez rozszerzenie wartości funkcji  $\varphi$  z równania 3* [2, s. 46]. Wówczas uzyskamy definicję zbioru rozmytego, w rozumieniu Janusza Kacprzyka, który definiuje zbiór rozmyty A określony w przestrzeni X jako zbiór par:

$$A = \{(\mu_A(x), x)\} \tag{5}$$

gdzie:

$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1] \tag{6}$$

jest funkcją przynależności, która każdemu elementowi przestrzeni  $X$  przyporządkowuje stopień przynależności do danego zbioru rozmytego [6, s. 22]  $A$ . Stopień przynależności  $\mu_A(x) = 0$  oznacza nieprzynależność elementu  $x$  z przestrzeni  $X$  do zbioru  $A$ , stopień przynależności  $0 < \mu_A(x) < 1$  oznacza częściową przynależność elementu  $x$  z przestrzeni  $X$  do zbioru  $A$ , a  $\mu_A(x) = 1$ , to całkowita przynależność elementu  $x$  z przestrzeni  $X$  do zbioru  $A$ . Zbiór rozmyty daje więc oprócz alternatywy 'przynależność – nieprzynależność' charakterystycznej dla zbioru konwencjonalnego [6, s. 22] (porównaj równania: 2-3), możliwość przypadków przynależności częściowej, gdyż funkcja przynależności przekształca elementy przestrzeni  $U$  w odcinek  $[0,1]$  [6, s. 22]. Co więcej teoria zbiorów rozmytych jest teorią klas, w których przejście od przynależności do nieprzynależności nie ma charakteru skokowego, jak w zbiorach konwencjonalnych, a jest stopniowe [6, s. 22].

Zbiory rozmyte można zapisać w sposób symboliczny. Jeżeli  $X$  jest przestrzenią o skończonej liczbie elementów  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , to zbiór rozmyty  $A \subseteq X$  zapisuje się jako [10, s. 53]:

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \tag{7}$$

Kreska ułamekowa nie oznacza dzielenia, ale oznacza przyporządkowanie poszczególnym elementom  $x_1, \dots, x_n$  stopni przynależności  $\mu_A(x_1), \dots, \mu_A(x_n)$  [10, s.53], a znak „+” oznacza sumę mnożnościową, nie dodawanie.

Andrzej Łachwa wymienia kilka charakterystycznych własności zbiorów rozmytych (tab. 1).

Jerzy Zieliński pisze, iż charakterystyczne dla zbiorów rozmytych wprowadzenie pośrednich stanów przynależności powoduje między innymi zakłócenie prawa niesprzeczności [17, s. 74]. Jest to konsekwencją wspomnianej już wcześniej

niemożności określenia dokładnych granic opisywanego zjawiska, w związku z czym musi pojawić się pewien obszar, który może być charakteryzowany przez różne, nawet wydawałoby się przeciwstawne definicje [17, s. 74].

Walenty Ostasiewicz za najistotniejszą cechę zbiorów rozmytych uznał fakt, że można je opisać z wykorzystaniem funkcji przynależności. Możliwość stosowania różnych funkcji do określania znaczenia tej samej nieostrej nazwy pozwala w pewnym sensie zachować jej nieostrość. Z drugiej zaś strony, przez stosowanie precyzyjnego pojęcia, jakim jest funkcja, nieostrość ta zostaje jednoznacznie wyrażona [9, s. 29].

### 5. Koncepcja badania gotowości przedsiębiorstw do zarządzania strategicznego w oparciu o rozmyty rachunek zdań

Z uwagi na charakterystykę pojęcia gotowości operacyjnej, czyli jego złożoność, niejednorodność oraz stopniowalność, oraz w związku z adekwatnością zastosowania logiki rozmytej w badaniu nieostrych pojęć z obszaru ekonomii, możliwe jest opracowanie metody badania gotowości przedsiębiorstw do stosowania zarządzania strategicznego, wykorzystującej rozmyty rachunek zdań.

Rozdział ten zawiera autorską koncepcję takiej metody, w której wykorzystano w szczególności tzw. podejście lingwistyczne, przydatne do analizy złożonych systemów i procesów decyzyjnych [5, s. 63].

#### 5.1. Pojęcie zmiennej lingwistycznej

Twórcą podejścia lingwistycznego jest Lotfali Zadeh. Oparte jest ono na użyciu werbalnych (lingwistycznych) określeń zmiennych i zależności między nimi [6, s. 154].

Ponadto Zadeh zaproponował ująć te elementy ilościowo w kategoriach teorii zbiorów rozmytych [6, s. 154].

Pojęciem pierwotnym dla podejścia lingwistycznego jest zmienna lingwistyczna (ang. *linguistic variable*).

Określenie zmienna lingwistyczna wiąże się z faktem, iż jej wartości nie są liczbami, lecz słowami lub zdaniami prostymi, używanymi w języku naturalnym stosowanym w komunikacji międzyludzkiej [1, s. 88]. W odróżnieniu od zmiennej

| Własność  | Opis  |
|---|---|
| <b>nośnik</b><br>( <i>support</i> )                       | nośnik $A = \text{supp}(A) = \{x: \mu_A(x) > 0\}$   |
| <b>punkt rozgraniczenia</b><br>( <i>crossover point</i> ) | punkt rozgraniczenia $A = \{x: \mu_A(x) = 0,5\}$<br>zbiór nie musi mieć punktu rozgraniczenia   |
| <b>jądro/nukleus</b><br>( <i>kernel/nucleus</i> )         | jądro $A = \text{ker}(A) = \{x: \mu_A(x) = 1\}$<br>jeżeli jądro jest jednoelementowe, to element ten nazywa się wartością szczytową zbioru                              |
| <b>wysokość</b><br>( <i>height</i> )                      | wysokość $A = \text{hgt}(A) = \sup \mu_A(x)$  |
| <b>zbiór rozmyty pusty</b>                                | gdy dla każdego $x \in A, \mu_A(x) = 0$   |
| <b>zbiór rozmyty normalny</b>                             | gdy $\text{hgt}(A) = 1$<br>każdy niepusty zbiór rozmyty, który nie jest normalny można znormalizować dzieląc wartości funkcji przynależności przez wysokość tego zbioru |

Tab. 1. Własności zbiorów rozmytych [7, s. 16]

numerycznej, zmienna lingwistyczna wyrażona jest przez pojęcia lingwistyczne (termy) np.: *lekki, średni, ciężki (...), które z kolei są przedstawione w postaci zbiorów rozmytych jako funkcje przynależności  $\mu_A(x)$  wartości  $x$  do odpowiedniego termu  $A$  zmiennej lingwistycznej* [1, s. 88].

Andrzej Łachwa [7, s. 188] definiuje pojęcie zmiennej lingwistycznej następująco:

**Zmienną lingwistyczną** nazywamy czwórkę  $(Z, T, U, m)$ , gdzie:

$Z$  – nazwa zmiennej lingwistycznej,

$T$  – zbiór terminów (zbiór wartości rozmytych),

$U$  – uniwersum (zbiór wartości liczbowych),

$m$  – interpretacja (reguła semantyczna, która łączy wartości z  $T$  ze zbiorami rozmytymi określonymi na  $U$ ).

Definicję zmiennej lingwistycznej można zobrazować następującym przykładem.

**Nazwa zmiennej:**  $Z =$  temperatura

**Zbiór terminów:**  $T = \{zimno, letnio, gorąco\}$

**Zakres zmiennej:**  $U =$  od 0 do 50

**Przykładowe zakresy terminów** (ograniczenia) wyznaczające zbiory rozmyte  $A_i$  określone na  $U$  oraz kształt funkcji przynależności  $m$  terminu  $T$  do zbioru  $A_i$  zaproponowano w tabeli 2.

Graficznie definicję zmiennej lingwistycznej *temperatura* można przedstawić jak na rysunku 2.

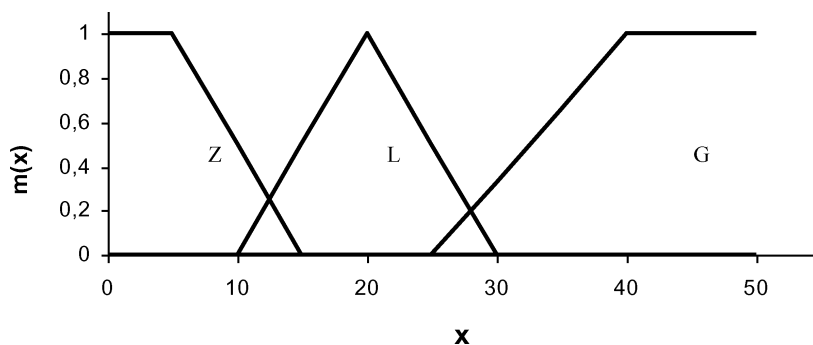
Logika rozmyta oparta jest na koncepcji rozmytej wartości prawdy.

Za Januszem Kacprzykiem przyjęto, że *wartość prawdy jest zmienną lingwistyczną, której zbiór terminów  $T$  jest zbiorem przeliczalnym typu:*

$T = \{„prawdziwe”, „nie prawdziwe”, „bardzo prawdziwe”, „mniej więcej prawdziwe”, „raczej prawdziwe”, „nie bardzo prawdziwe i nie bardzo fałszywe”, „raczej fałszywe”, „fałszywe”, …\}$  [6, s. 199].

| Termin | Zakres terminu (ograniczenia) |    | Kształt funkcji przynależności |
|--------|-------------------------------|----|--------------------------------|
|        | Od                            | Do |                                |
| zimno  | 0                             | 15 | funkcja klasy L                |
| letnio | 10                            | 30 | funkcja klasy $\Lambda$        |
| gorąco | 25                            | 50 | funkcja klasy $\Gamma$         |

Tab. 2. Zobrazowanie definicji zmiennej lingwistycznej na przykładzie temperatury



Rys. 2. Graficzna prezentacja definicji zmiennej lingwistycznej temperatura

Każdy element z tego zbioru utożsamiany jest z pewnym zbiorem rozmytym określonym na uniwersum będącym zbiorem wartości logicznych logiki ŁR<sub>1</sub>. Mamy więc lingwistyczne wartości prawdy, które przyjmują z kolei jako swe wartości rozmyte wartości prawdy [6, s. 199].

Janusz Kacprzyk [6, s. 199] definiuje rozmytą wartość prawdy następująco:

Rozmytą wartość prawdy oznaczamy  $\tau$  i definiujemy jako zbiór rozmyty  $\tau \subseteq [0, 1]$  o funkcji przynależności:

$$\mu_\tau : [0, 1] \rightarrow [0, 1] \quad (8)$$

Funkcję tę nazywać będziemy czasami funkcją prawdy.

Rozmytą wartość prawdy odnosi się do wartości prawdy zdań.

## 5.2. Gotowość operacyjna przedsiębiorstwa jako zmienna lingwistyczna

W świetle podrozdziału 5.1 autorka proponuje potraktowanie gotowości operacyjnej, jako zmiennej lingwistycznej o rozmytych zbiorach wartości. Za słusznością takiego postępowania przemawiają trzy argumenty.

**Po pierwsze**, gotowość operacyjna jest pojęciem z zakresu ekonomii, wywodzącym się z teorii zarządzania operacyjnego. Gotowość operacyjna jest również pojęciem nieostrym, gdyż *ani zwyczaj językowy, ani żadna konwencja nie przyporządkowały (mu) ścisłych zakresów* [9, s. 25].

**Po drugie**, badanie gotowości operacyjnej organizacji do stosowania zarządzania strategicznego może być realizowane poprzez zbieranie i analizę opinii ludzi (badania ankietowe) – propozycję kwestionariusza takiej ankiety autorka przedstawiła w swoich pracach [12, 14]. Badania takie dają z zasady subiektywne, nieprecyzyjne, czasem bardzo różniące się od siebie opinie. Oprócz tego wśród wad badań ankietowych wymienić można m.in. brak szczerości w wy-

powiedziach badanych, założenie (mogące być fałszywym), że respondenci dysponują odpowiednią wiedzą do odpowiedzi na zadawane pytania, czy obciążenie badań błędem wynikającym z badania tylko pewnej (reprezentatywnej) próby interesującej badacza populacji (por. [13]). Wszystko to powoduje, że wnioski wyciągane w oparciu o tego typu badania obciążone są dużą dozą ryzyka i niepewności, a modelowanie w takich warunkach jest głównym zastosowaniem zbiorów rozmytych.

**Po trzecie**, jak wykazano w rozdziale trzecim, gotowość operacyjna jest stopniowalna i może przyjmować wartości ze zbioru  $[0, 1]$ , gdzie wartość jeden oznaczać będzie pełną gotowość organizacji do podjęcia założonych działań, wartość zero całkowitą niegotowość do podjęcia założonych działań, a wartości pośrednie gotowość częściową, co pozwala na wysnuwanie analogii do funkcji przynależności zbiorów rozmytych.

Odwołując się do przytoczonej w podrozdziale 5.1 definicji zmiennej lingwistycznej,

**skuteczność, jako zmienną lingwistyczną** autorka proponuje zdefiniować następująco:

**Nazwa zmiennej:**  $Z =$  gotowość operacyjna  
**Zbiór terminów:**  $T = \{$ zdecydowanie gotowa, gotowa, trudno powiedzieć, nie gotowa, zdecydowanie nie gotowa}  
**Zakres zmiennej:**  $U =$  od 0 do 100 (procent)

**Przykładowe zakresy terminów** (ograniczenia) wyznaczające zbiory rozmyte  $A_i$  określone na  $U$  oraz kształt funkcji przynależności  $m$  terminu  $T$  do zbioru  $A_i$  można określić jak w tabeli 3.

Zakresy dla każdego z terminów można wyznaczyć na przykład metodą statystyczną ankietową, pytając ekspertów o wyrangowanie interesującej nas wielkości, a następnie przyjmując końce przedziałów i kształt funkcji przynależności zgodnie z udzielanymi odpowiedziami. *Stopień przynależności danego elementu do zbioru rozmytego przyjmuje się jako stosunek odpowiedzi respondentów, że element ten należy do danego zbioru rozmytego, do wszystkich odpowiedzi* [6, s. 69]. Podejście to zgodne jest z *ogólną metodyką skalowania psychologicznego* [6, s. 69].

Definicja gotowości operacyjnej, przytoczona w rozdziale trzecim, wskazuje na jeszcze jedną jej cechę – złożoność. Związane jest to z faktem, iż miarą gotowości organizacji do działania, jest stopień jej przygotowania do podjęcia zamierzonych działań w wielu obszarach, co autorka wykazała w swoich pracach [12, 14].

Aby więc zbadać gotowość organizacji do stosowania zarządzania strategicznego należałoby w pierwszym rzędzie określić uwarunkowania, które determinują tę gotowość. Oznacza to, że **zmienna lingwistyczna: gotowość operacyjna**, może być reprezentowana przez wiele atrybutów rozmytych, będących warunkami dobrego przygotowania do działania.

Niech zatem  $Q$  będzie zdaniem: *Przedsiębiorstwo jest gotowe do stosowania zarządzania strategicznego*. Wówczas, zgodnie z definicją rozmytej wartości prawdy (podrozdział 5.1), zbiór terminów  $T$  stanowi zbiór rozmytych

wartości prawdy tego zdania o funkcji przynależności  $\mu_\tau: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  – porównaj: (8).

Niech dalej  $C_1, C_2, \dots, C_n$  będą zdaniami prostymi wyrażającymi warunki determinujące gotowość przedsiębiorstwa do stosowania zarządzania strategicznego. W swoich badaniach autorka zaproponowała osiemdziesiąt cztery takie determinanty, z których cztery przykładowe zamieszczono w tabeli 4.

Zdania te należy traktować jako zmienne lingwistyczne, dla których:

**Nazwa zmiennej:**  $Z = \{ C_1, C_2, \dots, C_n \}$   
**Zbiór terminów:**  $T = \{$ zdecydowanie tak, trudno powiedzieć, nie, zdecydowanie nie}  
**Zakres zmiennej:**  $U =$  od 0 do 1

**Zakresy terminów** (ograniczenia) wyznaczające zbiory rozmyte  $A_i$  określone na  $U$  oraz kształt funkcji przynależności  $m$  terminu  $T$  do zbioru  $A_i$  – przyjmijmy analogicznie jak w tabeli 3.

Wówczas prawdziwość zdania  $Q$  o rozmytych wartościach prawdy  $\tau(Q)$ , scharakteryzowanego funkcją przynależności  $\mu_{\tau(Q)}(x)$  można ocenić np. poprzez obliczenie iloczynu mnogościowego prawdziwości zdań  $C_1, C_2, \dots, C_n$  o rozmytych wartościach prawdy  $\tau(C_n)$  scharakteryzowanych funkcjami przynależności  $m_{\tau(C_n)}(x)$ , gdzie  $x \in [0, 1]$ .

Badanie gotowości przedsiębiorstw do stosowania zarządzania strategicznego będzie się więc wiązało z *oceną funkcji przynależności zbiorów rozmytych określających znaczenie* [9, s. 62] rozmytej wartości prawdy w odniesieniu do zdania  $Q$  dla każdego z badanych przedsiębiorstw. Następnie wyniki można porównać, lub uśrednić dla danego sektora poprzez obliczenie iloczynu mnogościowego.

**5.3. Wnioskowanie o gotowości przedsiębiorstw do zarządzania strategicznego**

W logice klasycznej zdanie oznajmujące wyrażone w języku naturalnym jest albo prawdziwe, albo fałszywe. W logice rozmytej zdanie takie może być *prawdziwe bądź fałszywe*

| Termin                 | Zakres terminu (ograniczenia) |     | Kształt funkcji przynależności |
|------------------------|-------------------------------|-----|--------------------------------|
|                        | Od                            | Do  |                                |
| zdecydowanie gotowa    | 85                            | 100 | funkcja klasy $\Gamma$         |
| gotowa                 | 60                            | 85  | funkcja klasy $s$              |
| trudno powiedzieć      | 40                            | 60  | funkcja klasy $II$             |
| niegotowa              | 15                            | 40  | funkcja klasy $z$              |
| zdecydowanie niegotowa | 0                             | 15  | funkcja klasy $L$              |

Tab. 3. Definicja skuteczności, jako zmiennej lingwistycznej

| Symbol   | Determinanty z obszaru dojrzałości procesowej, komponent: skupienie                  |
|----------|--|
| $C_8$    | Ciągle monitorujemy potrzeby i wymagania klientów firmy.                             |
| $C_{29}$ | Wybór sposobu działania naszej firmy oparty jest na jej wyróżniających zdolnościach. |
| $C_{50}$ | Mamy jasno określone zadania, za wykonanie których jesteśmy odpowiedzialni.          |
| $C_{71}$ | Sugestie naszych klientów mają wpływ na działanie w firmie.                          |

Tab. 4. Przykładowe warunki determinujące gotowość do stosowania zarządzania strategicznego

o określonym liczba stopniu: przypisuje się mu wartości logiczne z przedziału  $[0, 1]$  [7, s. 197]. Lotfali Zadeh zaproponował, aby zdaniu oznajmującemu przypisać wartości lingwistyczne typu: całkiem prawdziwe, dość prawdziwe, raczej prawdziwe, nieokreślone, dość fałszywe itp., gdzie uniwersum tych wartości będzie zbiór wartości logicznych logiki  $\mathbb{L}_{\mathbb{N}1}$ .

Rozmyty rachunek zdań można przeprowadzić zgodnie z koncepcją zmiennej lingwistycznej, co autorka zaprezentowała w dalszej części rozdziału.

Na początek niezbędne jest zdefiniowanie podstawowych pojęć (tab. 5).

Z uwagi na sposób zdefiniowania rozmytych spójników zdaniowych zmienna lingwistyczna powinna być właściwa [porównaj: 7, s. 198].

**Zmienna właściwa** to taka zmienna, której wszystkie zbiory rozmyte są liczbami rozmytymi na zbiorze  $[0, 1]$  oraz są uporządkowane relacją mniejszości.

Przykładem zmiennej lingwistycznej o rozmytym rachunku zdań może być zmienna Baldwina, która obejmuje 4 wartości prawdy, wartość średnią i 4 wartości fałszu [7, s. 198]. Zmienną tę oznacza się przez  $Z_B$ .

Zbiór termów  $T$  tej zmiennej jest następujący:

$T_B = \{\text{bezwzględnie prawdziwe, bardzo prawdziwe, prawdziwe, dosyć prawdziwe, dosyć fałszywe, fałszywe, bardzo fałszywe, bezwzględnie fałszywe, nieokreślone}\}$ .

Znaczenie tych termów można opisać następującą regułą semantyczną (9) (w oparciu o [7, s. 198]):

$$\begin{aligned} \mu_{\text{bezwzględnie prawdziwe}}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x = 1 \\ 0 & \text{dla } x \neq 1 \end{cases} \\ \mu_{\text{bardzo prawdziwe}}(x) &= x^2 \\ \mu_{\text{prawdziwe}}(x) &= x \\ \mu_{\text{dośćo prawdziwe}}(x) &= 1 - (1 - x)^2 \\ \mu_{\text{nieokreślone}}(x) &= 1 \\ \mu_{\text{dośćo fałszyzy}}(x) &= 1 - x^2 \\ \mu_{\text{fałszyzy}}(x) &= 1 - x \\ \mu_{\text{bardzo fałszyzy}}(x) &= (1 - x)^2 \\ \mu_{\text{bezwzględnie fałszyzy}}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x = 0 \\ 0 & \text{dla } x \neq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$

Tak określoną zmienną można dowolnie przekształcać, zależnie od konkretnego jej zastosowania, z zachowaniem własności właściwości zmiennej.

Konstrukcja każdej zmiennej  $Z$  określonej na zbiorze termów  $T$  może wychodzić od dowolnej funkcji  $\mu(x)$ , która określa termy podstawowe (np. prawdziwe, fałszywe). Funkcje określające pozostałe termy można uzyskać poprzez wyostrzenie lub rozrzedzenie funkcji przynależności. Efekt wyostrzenia można uzyskać poprzez wyznaczenie kwadratu danej funkcji  $\mu(x)$ , a efekt rozrzedzenia poprzez symetrię funkcji względem prostej  $y = 1/2$ .

Rachunek zdań w logice rozmytej można przeprowadzić sprowadzając jej alfabet do symboli zdaniowych, spójników zdaniowych oraz nawiasów [7, s. 197].

Znaczenie prawdziwości spójników zdaniowych w logice  $\mathbb{L}_{\mathbb{N}1}$  jest następujące:

$$\begin{aligned} v(\neg\alpha) &= 1 - v(\alpha) \\ v(\alpha \vee \beta) &= \max[v(\alpha), v(\beta)] \\ v(\alpha \wedge \beta) &= \min[v(\alpha), v(\beta)] \\ v(\alpha \Rightarrow \beta) &= \min[1, 1 - v(\alpha) + v(\beta)] \end{aligned} \quad (10)$$

Niech  $f(\alpha)$ ,  $f(\beta)$  będą dowolnymi zbiorami rozmytymi określonymi na  $[0, 1]$ , reprezentującymi rozmyte wartości logiczne zdań  $\alpha$ ,  $\beta$ . Zastosowanie zasady rozszerzania do operacji zdaniotwórczych logiki  $\mathbb{L}_{\mathbb{N}1}$  i tak określonych zbiorów rozmytych umożliwia sformułowanie następujących wzorów [7, s. 203]:

$$\begin{aligned} \mu_{f(\neg\alpha)}(x) &= \mu_{f(\alpha)}(1 - x) \\ \mu_{f(\alpha \vee \beta)}(x) &= \sup_{u', u'' \in [0, 1], \text{tak że } x = \max(u', u'')} [\min(\mu_{f(\alpha)}(u'), \mu_{f(\beta)}(u''))] \\ \mu_{f(\alpha \wedge \beta)}(x) &= \sup_{u', u'' \in [0, 1], \text{tak że } x = \min(u', u'')} [\min(\mu_{f(\alpha)}(u'), \mu_{f(\beta)}(u''))] \\ \mu_{f(\alpha \Rightarrow \beta)}(x) &= \sup_{u', u'' \in [0, 1], \text{tak że } x = \min(1, 1 - u' + u'')} [\min(\mu_{f(\alpha)}(u'), \mu_{f(\beta)}(u''))] \end{aligned} \quad (11)$$

Zbiory rozmyte typu:  $f(\neg\alpha)$ ,  $f(\alpha \vee \beta)$ ,  $f(\alpha \wedge \beta)$ ,  $f(\alpha \Rightarrow \beta)$  określone są na uniwersum  $[0, 1]$  wzorami (9) na funkcje przynależności. Wzory te należałoby utożsamić z rozmytymi wartościami logicznymi formuł  $\neg\alpha$ ,  $\alpha \vee \beta$ ,  $\alpha \wedge \beta$ ,  $\alpha \Rightarrow \beta$ , co jednak w wielu przypadkach nie będzie możliwe, gdyż może się zdarzać, że niektóre ze zbiorów rozmytych określonych wymienionymi wyżej wzorami na funkcje przynależności nie będą odpowiadać żadnej spośród rozmytych wartości logicznych występujących w zbiorze  $T$  [7, s. 203] określonym dla zmiennej lingwistycznej  $Z$ , gdzie  $Z$  to formuły  $\alpha$ ,  $\beta$ .

| Nazwa                     | Definicja  |
|---------------------------|--|
| <b>Zmienna Z</b>          | zdanie oznajmujące wyrażone w języku naturalnym  |
| <b>Zbiór termów T</b>     | zbiór przyporządkowanych zdaniu termów, określających – również w języku naturalnym – stopień prawdziwości danego zdania |
| <b>Uniwersum</b>          | $U - [0, 1]$   |
| <b>Reguła semantyczna</b> | przyporządkowuje każdemu termowi zbiór rozmyty określony na tym uniwersum [7, s. 197]                                    |

Tab. 5. Podstawowe definicje w rozmytym rachunku zdań

Wówczas konieczne jest zastosowanie tzw. aproksymacji lingwistycznej polegającej na *poszukiwaniu dla danego zbioru rozmytego najbliższego termu w sensie określonej metryki* [2, s. 63]. Janusz Kacprzyk pisze, iż *nie istnieje jak dotąd prosta i ogólna metoda dobrej aproksymacji lingwistycznej* [6, s. 186], proponując sposób polegający na wykorzystaniu pojęcia odległości między zbiorami rozmytymi [6, s. 186].

Jeżeli zmienna lingwistyczna rozmytych wartości logicznych jest zmienną właściwą, wówczas wynikiem wykonywania operacji alternatywy i koniunkcji będzie jeden argument (por. [7, s. 212]).

Dla potrzeb zdiagnozowania gotowości operacyjnej przedsiębiorstw do działania przyjmijmy zmienną lingwistyczną  $Z_L$ , obejmującą dwie wartości prawdy, wartość nieokreśloną oraz dwie wartości fałszu.

Zmienną  $Z_L$  autorka nazwała zmienną Likerta, w związku z faktem, iż wartości lingwistyczne termów należących do jej zbioru  $T_L$ , to wartości wzięte ze skali dyskretnej Likerta, służącej do pomiaru cech opisujących opinie respondentów w badaniach ankietowych. Skala ta umożliwiła określenie stopnia akceptacji danego stwierdzenia – odpowiedzi respondentów mają określić, w jakim stopniu respondent zgadza się lub nie zgadza z danym stwierdzeniem.

Zmienna  $Z_L$  będzie przyjmować postać zdania oznajmującego wyrażonego w języku naturalnym. Zdanie to będzie informować o warunku, jaki musi być spełniony, aby przedsiębiorstwo było gotowe do stosowania zarządzania strategicznego (por. tab. 4).

Przyjęto, że  $L = 1, 2, \dots, n$ , co oznacza, że określono  $n$  uwarunkowań zarządzania strategicznego, przy czym uwarunkowania te dzielą się na uwarunkowania w obszarze kultury organizacyjnej, struktury organizacyjnej oraz dojrzałości procesowej oraz są przypisane do czterech etapów procesu zarządzania strategicznego. Jak już wcześniej wspomniano, w swoich badaniach autorka zidentyfikowała osiemdziesiąt cztery takie uwarunkowania.

Dla każdej zmiennej  $Z_L$  zdefiniowano jednakowy zbiór termów  $T_L = \{\text{zdecydowanie tak, tak, trudno powiedzieć, nie, zdecydowanie nie}\}$  oraz uniwersum  $U$  o wartościach od 0 do 1.

Wnioskowanie o gotowości przedsiębiorstwa do stosowania zarządzania strategicznego będzie miało miejsce w oparciu o tzw. *przybliżone rozumowanie* rozumiane jako *proces wnioskowania na podstawie rozmytych przesłanek* [6, s. 213].

W tradycyjnej logice dwuwartościowej wnioskuje się o prawdziwości pewnych zdań na podstawie prawdziwości innych zdań. Wnioskowanie to notuje się w postaci schematu: *nad kreską poziomą piszemy wszystkie te zdania, na podstawie których wnioskujemy, pod kreską piszemy otrzymany wniosek* [10, s. 94].

Leszek Rutkowski pisze, iż *schemat poprawnego wnioskowania ma tę właściwość, że jeżeli prawdziwe są wszystkie zdania nad kreską poziomą,*

*to prawdziwe jest też zdanie pod kreską* [10, s. 94].

W konsekwencji wprowadzenia zbiorów rozmytych można zastąpić klasyczne reguły wnioskowania *regułami przybliżonymi, lepiej odzwierciedlającymi metody rozumowania człowieka*. [2, s. 64].

W logice klasycznej stosowane są m.in. dwie reguły wnioskowania – *modus ponens* oraz *modus tollens*. Reguły te można uogólnić na logikę rozmytą następująco (np. [6, 7, 10]):

Uogólnioną, rozmytą regułą wnioskowania **modus ponens** określa następujący schemat wnioskowania:

$$\begin{array}{l} \text{Przesłanka} \quad \quad \quad x \text{ jest } A' \\ \text{Implikacja} \quad \text{JEŻELI } x \text{ jest } A \text{ TO } y \text{ jest } B \\ \hline \text{Wniosek} \quad \quad \quad y \text{ jest } B' \end{array} \quad (12)$$

gdzie  $A, A' \subseteq X$  oraz  $B, B' \subseteq Y$  są zbiorami rozmytymi, natomiast  $x$  i  $y$  są zmiennymi lingwistycznymi.

Zmienne lingwistyczne przyjmują jako swe wartości *słowa lub zdania wypowiedziane w języku naturalnym* [10, s. 96]. Danuta Rutkowska, Maciej Piliński i Leszek Rutkowski proponują następujące, intuicyjne określenie relacji między przesłankami i wnioskami uogólnionej rozmytej reguły *modus ponens* (tab. 6).

Uogólnioną, rozmytą regułą wnioskowania **modus tollens** określa następujący schemat wnioskowania

$$\begin{array}{l} \text{Przesłanka} \quad \quad \quad x \text{ jest } A' \\ \text{Implikacja} \quad \text{JEŻELI } x \text{ jest } A \text{ TO } y \text{ jest } B \\ \hline \text{Wniosek} \quad \quad \quad y \text{ jest } B' \end{array} \quad (13)$$

gdzie  $A, A' \subseteq X$  oraz  $B, B' \subseteq Y$  są zbiorami rozmytymi, natomiast  $x$  i  $y$  są zmiennymi lingwistycznymi.

Intuicyjnie dobrane relacje między przesłankami i wnioskami uogólnionej rozmytej reguły *modus tollens* zaprezentowane zostały w tabeli 7.

Schematy wnioskowania opisane regułami: 12, 13 są tzw. niezawodnymi schematami wnioskowania. Jednak – jak pisze Andrzej Łachwa – *wiele rozumowań człowieka nie ma charakteru formalnego i nie opiera się na niezawodnych schematach wnioskowania* [7, 221]. Próbą opisania

| Relacja | Przesłanka x jest A'    | Wniosek y jest B'       |
|---------|-------------------------|-------------------------|
| 1       | x jest A                | y jest B                |
| 2a      | x jest „bardzo A”       | y jest „bardzo B”       |
| 2b      | x jest „bardzo A”       | y jest B                |
| 3a      | x jest „mniej więcej A” | y jest „mniej więcej B” |
| 3b      | x jest „mniej więcej A” | y jest B                |
| 4a      | x jest „nie A”          | y jest nieokreślone     |
| 4b      | x jest „nie A”          | y jest „nie B”          |

Tab. 6. Intuicyjne relacje między przesłankami i wnioskami uogólnionej rozmytej reguły *modus ponens* [11, s. 90]



| Relacja | Przesłanka y jest B'    | Wniosek x jest A'       |
|---------|-------------------------|-------------------------|
| 1       | y jest „nie B”          | x jest „nie A”          |
| 2       | y jest „nie bardzo B”   | x jest „bardzo A”       |
| 3       | y jest „mniej więcej B” | x jest „mniej więcej A” |
| 4a      | y jest B                | x jest nieokreślone     |
| 4b      | y jest B                | y jest A                |

Tab. 7. Intuicyjne relacje między przesłankami i wnioskami uogólnionej rozmytej reguły *modus tollens* [11, s. 90]

mechanizmu rządzącego niedokładnymi rozumowaniami człowieka jest tzw. *rozumowanie przybliżone*, mające zastosowanie m.in. w sterowaniu inteligentnym. System wnioskowania przybliżonego został opisany m.in. przez Ronalda Yagera i Dimitara Fileva (1995).

Najczęściej wśród schematów wnioskowań przybliżonych wymienia się:

- schemat wnioskowania przez złożenie,
- schemat wnioskowania przez odrywanie z regułą IF – THEN,
- schemat wnioskowania przez odrywanie z regułą IF – THEN – ELSE.

Wnioskowanie przybliżone stanowi wciąż ważny obszar badań prowadzonych w zakresie logiki rozmytej.

Jak pisze Jerzy Zieliński *proces wnioskowania z wykorzystaniem reguł rozmytych daje w wyniku rozmytą wartość zmiennej wyjściowej* [17, s. 91]. Zatem badając gotowość przedsiębiorstw do zarządzania strategicznego również uzyska się wartość określoną za pomocą zbiorów rozmytych. Jednakże, w celu uśrednienia gotowości przedsiębiorstw lub jej porównania, konieczna będzie zamiana tej wartości na wartość dokładną, czyli konieczne będzie wykonanie tzw. **operacji defuzyfikacji**.

Defuzyfikację można wykonać z wykorzystaniem dwóch metod (por. [17, s. 91]):

- metody środka ciężkości zbioru rozmytego (COA) polegającej na znalezieniu środka ciężkości zbioru rozmytego – w przypadku, gdy funkcja przynależności dana jest w postaci tablicy dyskretnych wartości, środek ciężkości zbioru rozmytego wyznacza się jako:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \mu(x_i)}{\sum_i \mu(x_i)} \quad (14)$$

- metody średniej maksymalnej (MOM) polegającej na wyznaczeniu środka obszaru o największej przynależności (średniej wartości  $\bar{x}$  dla maksimum funkcji).

Metoda COA powinna być stosowana w systemach rozmytych realizujących odwzorowania ciągłe, a metoda MOM ma zastosowanie na przykład w zadaniach klasyfikacyjnych (por. [17, s. 91]).

Autorka przeprowadziła badania z wykorzystaniem prezentowanej w artykule metody.

Uzyskane wyniki wskazują, iż możliwe jest wnioskowanie o gotowości przedsiębiorstw do stosowania zarządzania strategicznego, z uwzględnieniem różnic w tej gotowości w obszarze uwarunkowań kulturowych, procesowych oraz strukturalnych. Przykładowe wyniki z badań prezentuje tabela 8.

Defuzyfikacja zebranych wyników prowadzi do kumulacji wielu wartości w jedną (tab. 9), co z kolei umożliwia porównywanie jej z innymi i wyciąganie na tej podstawie wielu istotnych dla przedsiębiorstwa wniosków.

Interpretacja wyników z tabeli 9 prowadzi do wniosku, iż badane przedsiębiorstwo jest **przygotowane** do stosowania zarządzania strategicznego we wszystkich badanych obszarach (por. tab. 3).

Szczegółowa prezentacja uzyskanych wyników badań oraz wnioskowanie na ich podstawie omówione zostaną w kolejnych artykułach.

Szczegółowa prezentacja uzyskanych wyników badań oraz wnioskowanie na ich podstawie omówione zostaną w kolejnych artykułach.

## 6. Zakończenie

Nauki ekonomiczne wciąż poszukują nowych rozwiązań, których zastosowanie pozwoli na wzrost sprawności działania przedsiębiorstw. Próby implementacji logiki rozmytej nie są tu czymś nowym, jednak możliwości, jakie daje rozmyty rachunek zdań oraz wnioskowanie rozmyte wciąż są w ekonomii słabo wykorzystane. Zastosowanie metod matematycznych w modelowaniu zagadnień ekonomicznych nigdy nie było rzeczą prostą. Niemniej jednak, jeśli w procesie zarządzania chce się osiągnąć odpowiedni poziom racjonalności, potrzebne są narzędzia, które pozwolą na połączenie intuicyjnego oraz racjonalnego wnioskowania decydenta. Logika rozmyta pozwala na połączenie subiektywnej wiedzy, doświadczenia oraz biznesowego wyczucia menedżera z obiektywną ich interpretacją z wykorzystaniem modeli

| Term                         | Gotowość ogółem | Gotowość kulturowa | Gotowość procesowa | Gotowość strukturalna |
|------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| zdecydowanie gotowa          | 0,0912          | 0,1216             | 0,0912             | 0,1216                |
| gotowa                       | 0,1516          | 0,1819             | 0,1819             | 0,1516                |
| trudno powiedzieć czy gotowa | 0,0303          | 0,0303             | 0,0303             | 0,0303                |
| niegotowa                    | 0,0000          | 0,0000             | 0,0000             | 0,0000                |
| zdecydowanie niegotowa       | 0,0000          | 0,0000             | 0,0000             | 0,0000                |

Tab. 8. Gotowość przedsiębiorstwa do stosowania zarządzania strategicznego – przykładowe wyniki badań

| Gotowość     | Wartość |
|--------------|---------|
| ogółem       | 0,8058  |
| kulturowa    | 0,8184  |
| procesowa    | 0,8002  |
| strukturalna | 0,8252  |

Tab. 9. Defuzyfikacja wartości rozmytych – przykładowe wyniki badań

matematycznych. Pozwala w związku z tym, na połączenie zalet płynących zarówno z intuicji, jak i z matematyki.

W artykule zaprezentowano koncepcję wykorzystania logiki rozmytej, a w szczególności rozmytego rachunku zdań, do badania gotowości przedsiębiorstw do stosowania zarządzania strategicznego. Gotowość operacyjną potraktowano tu jako złożoną zmienną lingwistyczną, a wnioskowanie o niej zaproponowano przeprowadzić z wykorzystaniem przybliżonych schematów wnioskowania.

W efekcie wykonania rozmytych operacji na opisujących słowa funkcjach matematycznych, możliwa jest diagnoza dokładnej wartości gotowości przedsiębiorstw do stosowania zarządzania strategicznego, co pozwala na porównywanie wartości gotowości zarówno w obszarze poszczególnych grup determinant, jak i dla całych przedsiębiorstw, czy nawet sektorów. Wyniki badań przeprowadzonych przez autorkę w tym zakresie będą tematem jej kolejnych publikacji.

#### Literatura:

- [1] Białko M.: *Metody i zastosowania sztucznej inteligencji*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1996.
- [2] Bolc L., Borodziejewicz W., Wójcik M.: *Podstawy przetwarzania informacji niepewnej i niepełnej*. PWN, Warszawa 1991.
- [3] Gołuchowski J.: *Wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych w modelowaniu procesów podejmowania decyzji słabostrukturalizowanych*, [w:] *Informatyka w dydaktyce i badaniach naukowych szkół ekonomicznych*. Materiały pokonferencyjne Kozubnik, kwiecień 1986 rok, red. H. Sroka. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1989.
- [4] Heipelrn S.: *Podejmowanie decyzji w warunkach niepewności*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 1992.
- [5] Kacprzyk J.: *Wieloetapowe sterowanie rozmyte*. WNT, Warszawa 2001.
- [6] Kacprzyk J.: *Zbiory rozmyte w analizie systemowej*. PWN, Warszawa 1986.
- [7] Łachwa A.: *Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji*. Wydawnictwo Exit, Warszawa 2001.
- [8] Mizera K.: *Modelowanie procesów decyzyjnych w rozmytej sytuacji decyzyjnej*, [w:] *Informatyka w dydaktyce i badaniach naukowych szkół ekonomicznych*. Materiały pokonferencyjne Kozubnik, kwiecień 1986 rok, red. H. Sroka. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1989.
- [9] Ostasiewicz W.: *Zastosowanie zbiorów rozmytych w ekonomii*. PWN, Warszawa 1986.
- [10] Rutkowski L.: *Metody i techniki sztucznej inteligencji: inteligencja obliczeniowa*. PWN, Warszawa 2006.
- [11] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L.: *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*. PWN, Warszawa 1999.
- [12] Szeptuch A.: *Procesowe uwarunkowania zarządzania strategicznego w organizacjach*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, red. R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013.
- [13] Szeptuch A.: *TQM – edukacja. Rozważania o roli jakości w szkolnictwie wyższym i technikach jej mierzenia*, [w:] *Organizacja i Zarządzanie, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, z. 20, część II. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [14] Szeptuch A., Dyla S., Zwolińska D.: *Badanie procesowych, kulturowych i strukturalnych uwarunkowań zarządzania strategicznego w organizacjach* [w:] *Współczesne dylematy funkcjonowania i rozwoju przedsiębiorstw – teoria i praktyka*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013.
- [15] Waters D.: *Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi*. PWN, Warszawa 2012.
- [16] Yager R., Filev D.: *Podstawy modelowania i sterowania rozmytego*. WNT, Warszawa 1995.
- [17] Zieliński J.S.: *Inteligentne systemy w zarządzaniu: teoria i praktyka*. PWN, Warszawa 2000.
- [18] *Słownik Języka Polskiego Wydawnictwa Naukowego PWN*, [dostęp z dnia: 11.03.2013], <http://www.sjp.pwn.pl>.
- [19] *Encyklopedia Multimedialna Wydawnictwa Naukowego PWN*, [dostęp z dnia: 11.03.2013], <http://encyklopedia.pwn.pl>.

#### USE OF FUZZY LOGIC IN THE STUDY OF THE OPERATIONAL READINESS OF ENTERPRISES TO STRATEGIC MANAGEMENT

##### Key words:

operational readiness, strategic management, fuzzy logic.

##### Abstract:

The most important feature of the modern economy is the continuous change. Strategic management, as a method focused on continuous monitoring and interpretation of the variation in the enterprise and its environment, it becomes not only a way to become a leader in the industry, but it is a canon of determining its market „to be or not to be”.

Recognizing this perspective was correct, every business needs to ensure the implementation of its business in an effective strategic management.

The effectiveness of this will depend on the degree of preparedness of companies to strategic management. The readiness of this will consist of a number of factors. Full identification and analysis of these conditions will allow managers to predict how the strategic management of the company in the process will be properly prepared and executed, and - therefore - whether it will lead to the goals. Hence the development of the method of diagnosis of an organization's readiness for strategic management is an extremely important issue.

This article presents an attempt to use this method to develop a fuzzy logic, especially the fuzzy propositional calculus. Operational readiness is treated here as a plurality linguistic variable and reasoning about it proposes to carry out with the use of approximate reasoning schemes.

As a result of the implementation of fuzzy logic operations, it is possible readiness assessment firms to use strategic management.

##### Dr inż. Agata SZEPTUCH

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach [aszseptuch@wszop.cdu.pl](mailto:aszseptuch@wszop.cdu.pl)