

UKD 622.333: 622.338.24: 622.652.2

Metoda określania płynności bieżącej w kopalniach węgla kamiennego z wykorzystaniem systemu rozmytego

Method of determination of the current liquidity ratio with the use of fuzzy logic in hard coal mines



*Dr inż. Marta Sukiennik**



*Dr hab. inż. Edyta Brzychczy**



*Dr inż. Marek Kęsek**



*Dr inż. Aneta Napieraj**

Treść: W artykule przedstawiono metodę określania płynności bieżącej w przedsiębiorstwach z wykorzystaniem logiki rozmytej. Przedstawiono podstawowe wiadomości o zbiorach rozmytych, zdefiniowano funkcje przynależności poszczególnych elementów wchodzących w skład wskaźnika płynności bieżącej. Określono także bazę reguł oraz funkcje przynależności dla wskaźnika płynności bieżącej. Dokonano także obliczeń w celu określenia zaproponowaną metodą płynności bieżącej w wybranej kopalni węgla kamiennego.

Abstract: This paper presents a method of determination of the current liquidity ratio with the use of fuzzy logic in hard coal mines. Essential knowledge on fuzzy sets was presented, the appurtenance function of particular elements, included in the current liquidity ratio, defined and a set of principles and appurtenance functions for the current liquidity ratio determined. Additionally, calculations for this method to assess the current liquidity ratio in a selected hard coal mine were performed.

Key words:

zbiory rozmyte, logika rozmyta, wskaźnik płynności bieżącej, kopalnia węgla kamiennego

Słowa kluczowe:

fuzzy sets, fuzzy logic, current liquidity ratio, hard coal mine

* *AGH w Krakowie*

1. Wprowadzenie

Płynność finansowa to jedno z ważniejszych zagadnień w działalności finansowej każdego przedsiębiorstwa. Problematyczny jest zarówno jej brak, jak i nadpłynność. Prawidłowe jej określanie, a zwłaszcza modelowanie, może poprawiać kondycję finansową przedsiębiorstw [1], [2], [7]. W górnictwie węgla kamiennego, zwłaszcza w świetle obecnie trudnej sytuacji spółek węglowych, trudno mówić o problemach z nadpłynnością. Bolączką jest w zasadzie systematyczny brak płynności. Obecne standardy oceny płynności są zbyt mocno wygórowane w stosunku do sytuacji w górnictwie. Brak jest standardów branżowych, które w obecnym kryzysie ułatwiłyby jednoznaczną ocenę kondycji finansowej spółek węglowych w tym zakresie. Opisano próbę opracowania systemu rozmytego służącego określaniu poziomu płynności bieżącej. Przyjęta w pracy metodyka uwzględnia zmienność poziomu wartości aktywów obrotowych i zobowiązań krótkoterminowych oraz ich wzajemną relację.

2. Płynność finansowa i wskaźnik płynności bieżącej

W literaturze przedmiotu trudno jest znaleźć jednoznaczną definicję płynności finansowej. Najbardziej ogólną definicją płynności finansowej, uwzględniającą wszystkie uwarunkowania wynikające z pozostałych definicji jest, sformułowana przez D. Wędzkiego, a mówiąca, że płynność finansowa jest to zdolność przedsiębiorstwa do osiągnięcia przepływów pieniężnych umożliwiających regulowanie wymagalnych zobowiązań i pokrywanie niespodziewanych wydatków gotówkowych [8]. Do najczęściej stosowanych wskaźników w zakresie statycznej analizy płynności finansowej należą [4]: wskaźnik bieżącej płynności, wskaźnik wysokiej płynności oraz wskaźnik gotówkowego pokrycia zobowiązań krótkoterminowych. Wskaźnik płynności bieżącej (WPB) definiowany jest jako relacja

Aktywa obrotowe / Zobowiązania krótkoterminowe.

Według literatury [4] wielkości standardowe tego wskaźnika oznaczają:

- wartość zawierająca się w przedziale od 1,2 do 2,0 świadczy o posiadaniu zdolności do regulowania zobowiązań,
- wartość poniżej 1,2 oznacza brak płynności w przedsiębiorstwie,
- wartość powyżej 2,0 świadczy o posiadaniu przez przedsiębiorstwo nadpłynności finansowej.

Wszystkie wskaźniki płynności wykazują charakterystykę nominant, co oznacza, że odstępstwo od optymalnego poziomu, oznacza niekorzystną sytuację dla przedsiębiorstwa. Optymalne przedziały są wartościami zdeterminowanymi. W klasycznym podejściu do analizy wskaźnikowej, porównuje się wyniki analizowanego przedsiębiorstwa do obowiązujących norm. Normy te są dyskusyjne. W badaniach przeprowadzonych przez T. Korolę [3] wyraźnie zaznacza się fakt, że normy są różne nie tylko dla branż, w jakich działa przedsiębiorstwo, ale także dla kraju, w jakim prowadzona jest działalność. Średnia wartość wskaźnika płynności bieżącej w USA wynosi 0,309, a w Japonii tylko 0,107. Co więcej, granice optymalne są podawane w różnych zakresach przez różnych ekonomistów. Prawidłowa interpretacja wyniku osiąganego przez przedsiębiorstwo może być zatem problematyczna.

3. Logika rozmyta

Logika rozmyta została rozwinięta przez Lotfi A. Zadeha w latach 60 ubiegłego wieku [9]. Podstawowym pojęciem w logice rozmytej jest zbiór rozmyty A w przestrzeni X (wzór 1). Definiowany jest on jako zbiór par takich, że (por: [4] i [3])

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\} \mu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

gdzie μ_A to funkcja przynależności określająca dla każdego wartości przynależności tego elementu $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ do zbioru rozmytego A i $A \subseteq X$.

W teorii logiki rozmytej, dany element może należeć do zbioru w pewnym stopniu, więc funkcja przynależności może przyjmować wartości z całego przedziału jednostkowego [0,1]. Do najczęściej spotykanych postaci funkcji przynależności zaliczyć można: trójkąt, trapez czy funkcję Gaussa. Przykładowe funkcje przynależności zebrano w tablicy 1.

Tablica 1. Przykładowe funkcje przynależności
Table 1. Examples of appurtenance functions

Typ funkcji	wzór	wykres
Trójkątna	$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$	
W kształcie litery L	$\mu_A(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a < x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$	
Odwrócona litera L	$\mu_A(x; a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases}$	

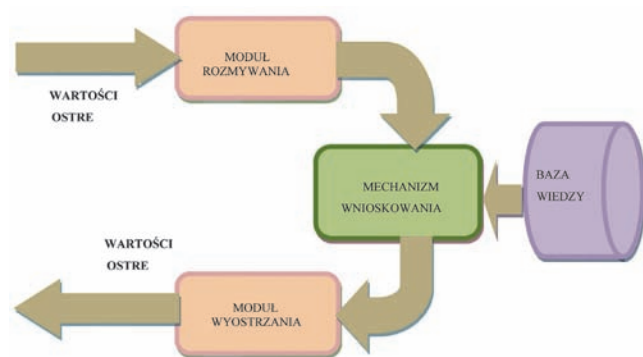
źródło: opracowanie własne

Systemy rozmyte są modelami, które przetwarzają informację z wykorzystaniem reguł rozmytych. Wyróżnia się cztery podstawowe elementy systemu rozmytego.

Pierwszym z nich jest moduł fuzyfikacji, czy moduł rozmywania danych. Drugim jest baza wiedzy zawierająca reguły rozmyte. Reguły rozmyte najczęściej występują w postaci „jeżeli-to”. Reguły mogą być proste „jeżeli A to B”, lub złożone. Reguły złożone mogą mieć charakter reguł z wieloma przesłankami „jeżeli A i jeżeli B i jeżeli C to D”, lub charakter wielokrotnej konkluzji „Jeżeli A to B i to C”. Trzeci to moduł wnioskowania, gdzie w oparciu o bazę reguł, zostaje obliczona wynikowa funkcja przynależności.

Czwarty moduł dotyczy procesu defuzyfikacji, czyli wyostrzania. Istnieje szereg metod wyostrzania, które szerzej opisane są z pracach ([3] i [4]).

Schemat systemu rozmytego zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat działania systemu rozmytego, źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

Fig. 1. Operation diagram of fuzzy logic. Source: own elaboration on the basis of [5]

Działanie systemu przedstawia się następująco: po wprowadzeniu danych wejściowych, w module rozmywania, odbywa się przekształcenie zmiennych ilościowych na pojęcia lingwistyczne, kolejno następuje wnioskowanie na podstawie bazy wiedzy, która zawiera reguły rozmyte (opisujące wiedzę o analizowanym problemie), a na koniec, w module wyostrzania, odbywa się przekształcenie wynikowego zbioru rozmytego na wartości liczbowe.

4. Wykorzystanie logiki rozmytej do określania płynności bieżącej w kopalniach węgla kamiennego

Zaproponowany poniżej sposób określania płynności bieżącej w wykorzystaniu logiki rozmytej opracowany został w oparciu o metodologię zaproponowaną przez Korola i dokładnie opisany w publikacji [3]. W postępowaniu określonym przez Korola dokonując odpowiednich modyfikacji w zakresie definiowania funkcji przynależności opracowano system rozmyty, który pozwala określać poziom płynności bieżącej w kopalniach węgla kamiennego.

Płynność bieżąca determinowana jest dwoma wielkościami pieniężnymi: poziomem aktywów obrotowych oraz poziomem zobowiązań krótkoterminowych. Ponieważ zmienne te są względne, istnieje konieczność prezentacji ich poziomu w sposób bezwzględny. W tym celu wyznaczono relację ich pieniężnej wartości do wartości pieniężnej sumy aktywów w danym okresie. Tak określone poziomy aktywów obrotowych AO oraz zobowiązań krótkoterminowych ZK zostały wyrażone w postaci zbiorów rozmytych. Trzeba zaznaczyć, że zarówno dla AO jak i ZK, zbiory te przyjmują taką samą postać. Zbiory te wraz z określonymi funkcjami przynależności przedstawiono w tabelicy 2.

Wnioskowanie w proponowanym systemie odbywa się w oparciu o reguły rozmyte zapisane w bazie wiedzy (tablica 3). Na podstawie przesłanek aktywnych reguł wyznaczone zostają konkluzje w postaci zbiorów rozmytych (tablica 4). Zagregowane konkluzje wskazują zbiór dopuszczalnych rozwiązań, z którego odpowiednimi metodami wyostrzania otrzymuje się ostateczny wynik wnioskowania.

Zaproponowane zbiory rozmyte oraz reguły wprowadzono do programu FuzzyTech, co zaprezentowano na rysunku 2.

Zaproponowany system rozmyty powinien na podstawie danych wejściowych dać odpowiedź, jaki jest poziom wskaźnika płynności bieżącej. Dokonano próby oceny kondycji finansowej przykładowej kopalni węgla kamiennego, która nieprzerwanie prowadziła działalność w ciągu 6 lat.

Na podstawie danych pieniężnych dokonano określenia wartości bezwzględnych danych wejściowych. Danymi wejściowymi były AO (definiowane jako relacja pieniężnej wartości aktywów obrotowych w ciągu jednego roku obrotowego do odpowiedniej wartości sumy bilansowej) oraz ZK (odpowiednia relacja zobowiązań krótkoterminowych do

Tablica 2. Funkcje przynależności dla AO i ZK

Table 2. Appurtenance functions for AO and ZK

Zmienna	Zbiory i funkcje przynależności	Przedstawienie graficzne funkcji przynależności w zbiorach rozmytych
x (odpowiednio: aktywa obrotowe, zobowiązania krótkotermino we)	$\mu_{niskie}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,25 \\ 0,5 - x, & 0,25 < x \leq 0,5 \\ 0,25, & 0,25 < x \leq 0,5 \\ 0, & x > 0,5 \end{cases}$ $\mu_{srednie}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,25 \\ \frac{x - 0,25}{0,25}, & 0,25 < x \leq 0,5 \\ \frac{0,75 - x}{0,25}, & 0,5 < x \leq 0,75 \\ 0, & x > 0,75 \end{cases}$ $\mu_{wysokie}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,5 \\ \frac{x - 0,5}{0,25}, & 0,5 < x \leq 0,75 \\ 1, & x > 0,75 \end{cases}$	

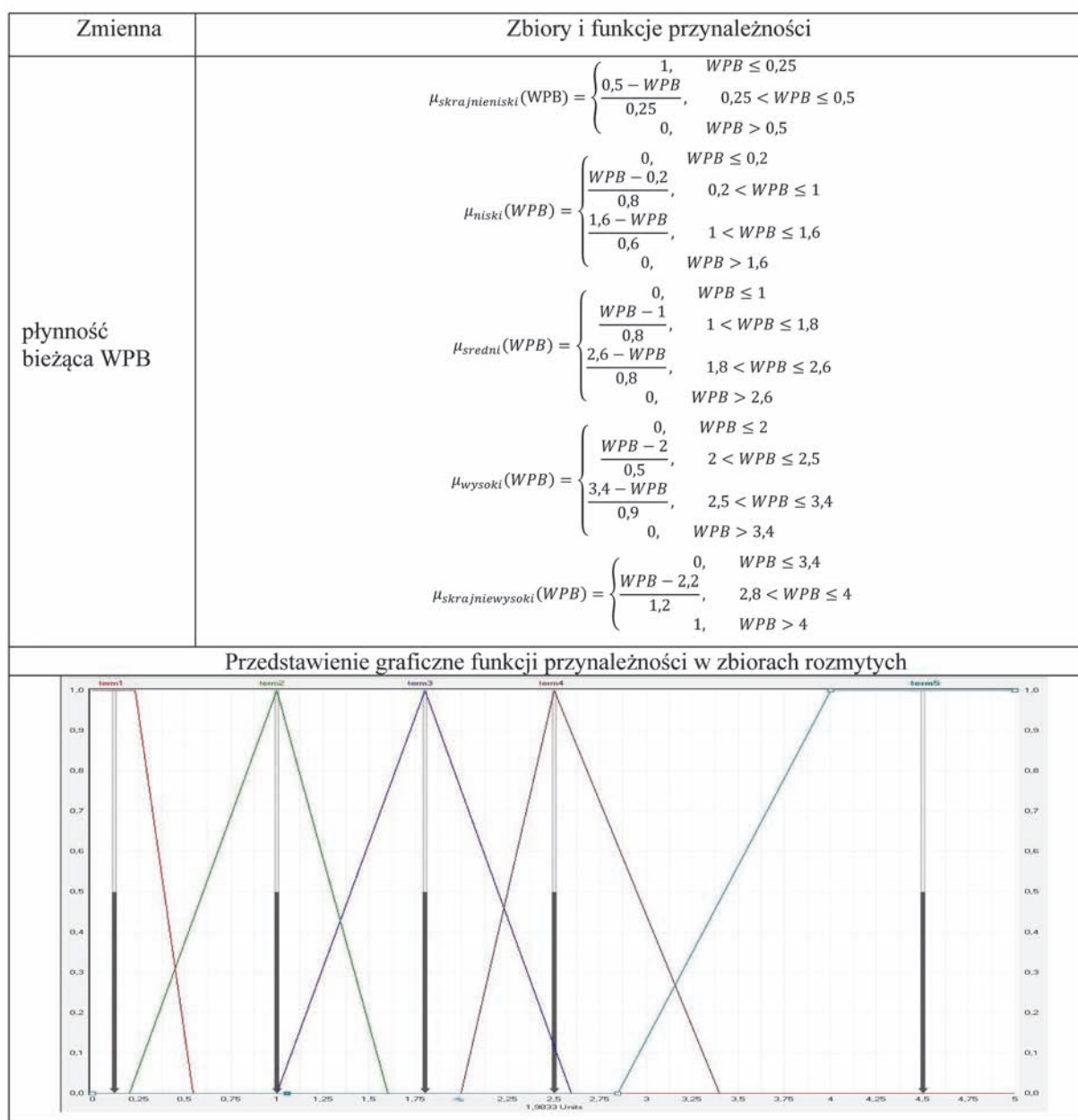
źródło: opracowanie własne

Tablica 3. Reguły decyzyjne dla płynności bieżącej
Table 3. Decision rules for the current liquidity

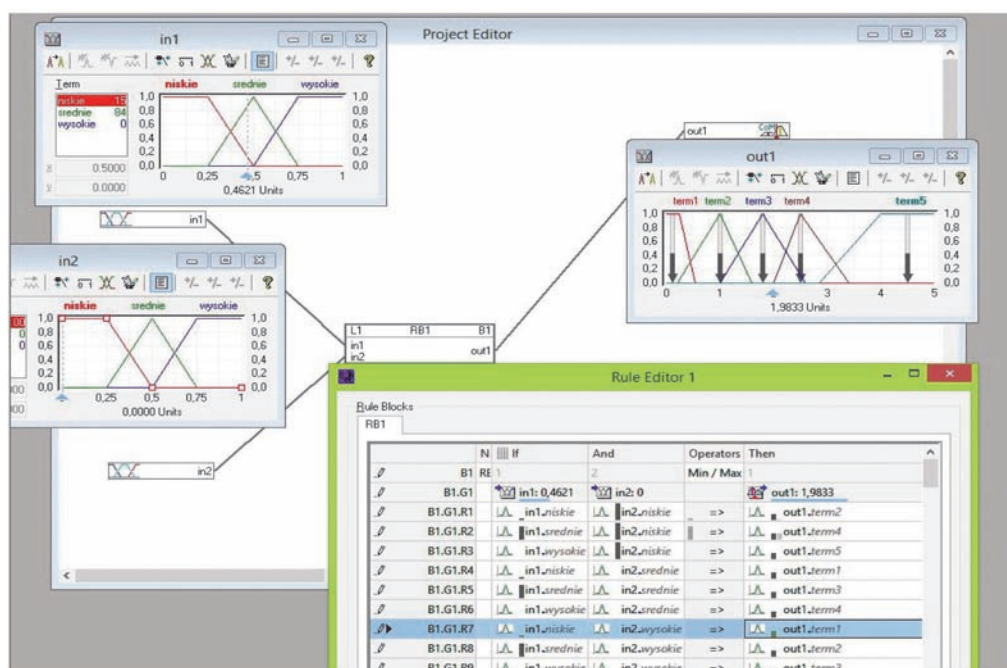
przesłanka 1 (In1)	przesłanka 2 (In2)	konkluzja (Term)	Nr reguły
AO niskie	ZK niskie	WPB niski (Term2)	R1
AO średnie	ZK niskie	WPB wysoki (Term4)	R2
AO wysokie	ZK niskie	WPB skrajnie wysoki (Term5)	R3
AO niskie	ZK średnie	WPB skrajnie niski (Term1)	R4
AO średnie	ZK średnie	WPB średni (Term3)	R5
AO wysokie	ZK średnie	WPB wysoki (Term4)	R6
AO niskie	ZK wysokie	WPB skrajnie niski (Term1)	R7
AO średnie	ZK wysokie	WPB niski (Term2)	R8
AO wysokie	ZK wysokie	WPB średni (Term3)	R9

źródło: opracowanie własne

Tablica 4. Zbiór rozmyty i funkcja przynależności dla płynności bieżącej
Table 4. Fuzzy set and appartenance function for the current liquidity



źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Opracowany system rozmyty w programie FuzzyTech

Źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Fuzzy logic system developed in the FuzzyTech computer program.

Source: own elaboration

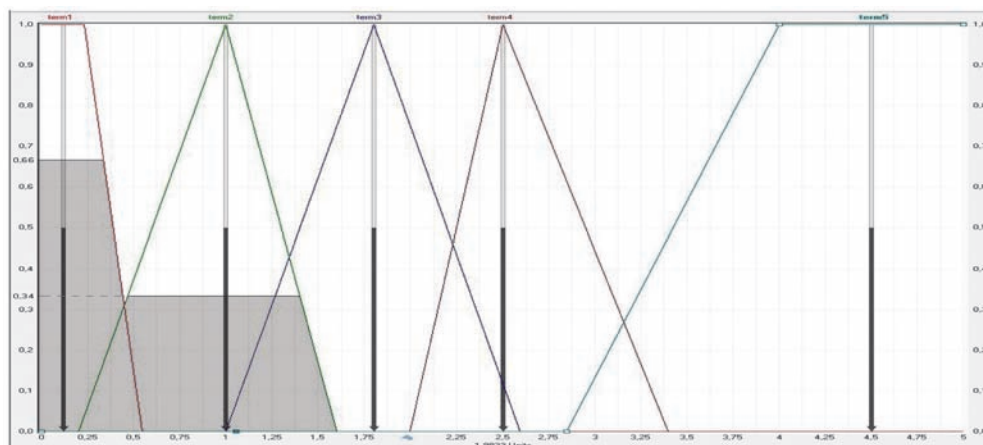
sumy bilansowej). Dane wejściowe określono na poziomach: AO - 0,1, ZK - 0,41. Następnie na podstawie zdefiniowanych funkcji przynależności (tablica 2) wyznaczono stopnie przynależności poszczególnych wartości wejściowych do zbiorów rozmytych.

Dla analizowanego przypadku, aktywowane zostały dwie reguły z bazy reguł (tablica 3), reguła R1 i R4. Na podstawie obliczonej mocy reguł za pomocą operatora min (R1 - 0,34, R4 - 0,66) oraz agregacji aktywowanych reguł z wykorzystaniem operatora max, wyznaczono rozmyty zbiór wyjścia (rysunek 3).

Dość istotną kwestią jest metoda wyostrzania przyjęta w module defuzyfikacji. W zależności od zastosowanej metody wyostrzania można otrzymać różne wyniki. Dla analizowanego przypadku wyniki wyostrzania w zależności od zastosowanej metody zaprezentowano w tablicy 4.

Jak widać zakres wyników jest dość szeroki. Każda z zaprezentowanych metod charakteryzuje się zaletami i wadami. Zdecydowaną wadą metod opartych na maksimum zbioru wynikowego jest fakt, że na wynik wyostrzania ma wpływ tylko ten zbiór rozmyty, który jest najbardziej zaktywowany. W analizowanym przykładzie jest to zbiór skrajnie niskiej wartości WPB. Metoda środka ciężkości, mimo że jest skomplikowana obliczeniowo, daje możliwość uwzględnienia wszystkich aktywowanych zbiorów. Zapewnia zatem większą czułość systemu rozmytego.

Porównując otrzymane wyniki do standardowych wartości granicznych, uwzględnianych w klasycznej analizie wskaźnikowej [4] (poniżej 1,2 – brak płynności, 1,2-2,0 – płynność, powyżej 2,0 nadpłynność), każda metoda wyostrzania wskazuje na brak płynności. Jednak różnica między metodą PM a COG to aż 50% zakresu granicznej wartości, co należy wziąć pod uwagę w dalszych pracach nad doskonaleniem systemu.



Rys. 3. Zbiór wyjścia systemu rozmytego WPB

Źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Error Back Propagation fuzzy logic output.

Source: own elaboration

Tablica 5. Wyniki wyostrzania według wybranych metod
Table 5. Sharpening results respective to the selected method

Metoda wyostrzania	Wzór [6]	Wynikowa wartość
PM (metoda pierwszego maksimum)	$y^* = y_1$, gdzie y_1 jest najmniejszą wartością odpowiadającą maksymalnemu stopniowi przynależności funkcji μ_{wyn}	0,000
OM (metoda ostatniego maksimum)	$y^* = y_2$, gdzie y_2 jest największą wartością odpowiadającą maksymalnemu stopniowi przynależności	0,335
SM (metoda środka maksimum)	$y^* = 0,5(y_1^* + y_2^*)$, gdzie y_1^*, y_2^* to odpowiednio najmniejsza i największa wartość odpowiadająca maksymalnemu stopniowi przynależności funkcji μ_{wyn}	0,168
COG (metoda środka ciężkości)	$y^* = y_c$, gdzie y_c to współrzędna środka ciężkości powierzchni pod krzywą określoną funkcją przynależności μ_{wyn} liczona wzorem: $y_c = \frac{\int y \mu_{wyn}(y) dy}{\int \mu_{wyn}(y) dy}$	0,622

źródło: opracowanie własne

5. Podsumowanie

W artykule zaproponowano nowe podejście do oceny bieżącej płynności w kopalniach węgla kamiennego. Rozwiązanie to wykorzystuje zasady logiki rozmytej, a bazuje na systemie rozmytym. W obecnym kształcie, opracowany system w zależności od przyjętej metody wyostrzania wyniku, daje dość szeroki zakres wyników. Zaproponowany system z pewnością będzie dokładniejszy w badaniu kondycji finansowej kopalń wówczas, gdy granice zbiorów rozmytych dla danych wejściowych wskazane zostaną przez ekspertów z branży (do tej analizy wykorzystano zbiory zaproponowane przez Korolę [3]). Takie działanie będzie kolejnym krokiem w dalszych pracach nad systemem.

Istnieje także możliwość wykorzystania w tym zakresie teorii skierowanych liczb rozmytych. Wstępne badania pokazują, że ich zastosowanie w analizie wskaźnikowej może dawać miarodajne efekty.

Publikację wykonano w 2014 roku w ramach badań statutowych zarejestrowanych na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod nr 11.11.100.481

Literatura

1. Fuksa D., Optymalizacja poziomu gotówki w przedsiębiorstwie wydobywczym z wykorzystaniem modelu Millera-Ora, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t.24, z.3/3, 2008
2. Fuksa D., Zarządzanie środkami pieniężnymi na przykładzie przedsiębiorstwa górniczego, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t.25, z.1, 2009
3. Korol T., Nowe podejście do analizy wskaźnikowej w przedsiębiorstwie., Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2013
4. Kusak A., Płynność finansowa. Analiza i sterowanie., Warszawa, 2004
5. Nowicki R., Rozmyte systemy decyzyjne w zadaniach z ograniczoną wiedzą, Akademska Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2009
6. Piegat A., Modelowanie i sterowanie rozmyte, Akademska Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 1999
7. Sukiennik M., Analiza dyskryminacyjna w ocenie kondycji finansowej kopalń węgla kamiennego, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t.23., z.2, 2007
8. Wędzki D., Strategie płynności finansowej przedsiębiorstwa, Oficyna Wydawnicza, Kraków, 2002
9. Zadeh L.A., Fuzzy Sets, *Information Control*, 813, 1965