

Nabi IBADOV¹
Janusz KULEJEWSKI²

WYKORZYSTANIE ZBIORÓW ROZMYTYCH DO OCENY SKUTECZNOŚCI DOSTAWCY MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH W PROCESIE LOGISTYCZNYM

Na skuteczność dostawcy materiałów budowlanych wpływają różne czynniki, powodujące zakłócenia w procesie logistycznym. Modelowanie i określenie czynników zakłócających oraz ich skutków jest zagadnieniem istotnym dla wszystkich uczestników procesu logistycznego. Dostawcom pozwala na optymalizację ich działań, umożliwiając prawidłowe zarządzanie procesem. Natomiast, odbiorcom umożliwia prowadzenie analizy porównawczej dla wyboru dostawców, najbardziej odpowiadającym ich oczekiwaniom. W referacie przedstawiono metodę oceny skuteczności dostawcy z wykorzystaniem logiki rozmytej i wnioskowania rozmytego. Jako kryteria oceny przyjęto terminowość dostawy i całkowity koszt dostawy.

USING FUZZY SETS TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE SUPPLIER OF CONSTRUCTION MATERIALS IN THE LOGISTICS PROCESS

The effectiveness of logistics operations depends on various factors. They cause various disturbances in the supply process of construction materials. They also provide the basis for the analysis of the effectiveness of logistics operations of different companies. For the supplier, modelling and identifying both the factors and their effects allows to optimize their operations and to improve the management activities of the logistics process. For customers, it allows to conduct a comparative analysis for the selection of suppliers that best suits their needs. This paper presents an evaluation of the effectiveness of the supplier using fuzzy logic and fuzzy inference. For this purpose, time delivery and total cost of delivery are adopted as the evaluation criteria.

1. WSTĘP

Istniejąca konkurencja na rynku materiałów budowlanych zmusza właścicieli składów i hurtowni budowlanych (dostawców) do ustalania efektywnych sposobów obsługi klienta (odbiorcy). Niewątpliwie najbardziej efektywnym sposobem zadowolenia klienta jest

¹ Nabi Ibadov, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 00-637 Warszawa, Al. Armii Ludowej 16, tel.: +48 22 234-65-15, Fax: + 48 22 825-74-15, e-mail: n.ibadov@il.pw.edu.pl

² Janusz Kulejewski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 00-637 Warszawa, Al. Armii Ludowej 16, tel.: +48 22 234-65-15, Fax: + 48 22 825-74-15, e-mail: j.kulejewski@il.pw.edu.pl

sprzedaż danego materiału budowlanego po cenie uznanej przez klienta za korzystną w świetle parametrów jakościowych tego materiału. Wiadomo, że z powodu warunków rynkowych, ograniczeń produkcyjnych lub specyficznych wymagań klienta, dostawca (producent) materiałów budowlanych nie zawsze jest w stanie proponować najniższą cenę. Poszukując innych sposobów „zadowolenia” klienta, dostawcy zazwyczaj proponują korzystne warunki dostawy: krótki czas realizacji zamówienia, terminową i szybką dostawę, własny środek transportowy, niski (czasami nawet zerowy) koszt transportu itd. Należy podkreślić, że możliwości logistyczne zależą od globalnego środowiska biznesowego (rynkowego) uwarunkowanego postawami dostawców, firm pośredniczących i odbiorców [4]. Na rzeczywiste warunki dostawy wpływają różnorodne czynniki ryzyka, wynikające z odpowiedzialności za dostarczany produkt, dostępności zasobów ludzkich, zakłóceń w łańcuchu dostaw oraz z dynamiki rynku finansowego, prawnego, operacyjnego, technicznego i dystrybucyjnego. Wszystkie wymienione czynniki wpływają na skuteczność i wydajność dostawców. Dla ich uwzględnienia, trzeba umieć odpowiednio zarządzać łańcuchem dostaw poprzez odpowiednie ewidencjonowanie zagrożeń oraz modelowanie i tworzenie skutecznego systemu obsługi klienta (odbiorcy). Większość wymienionych wyżej czynników ryzyka uwzględnia się także w ogólnym systemie zarządzaniu firmą dostawcy. W niniejszym referacie, zagadnienie skuteczności dostawcy rozpatruje się w świetle zadowolenia klienta z jakości usług logistycznych. Do oceny dostawców przyjęto dwa podstawowe kryteria, uwzględniane przez klienta w pomiarze zadowolenia z jakości usług świadczonych przez danego dostawcę: termin dostawy i całkowity koszt dostawy. Należy podkreślić, że pojęcie „zadowolenie klienta” jest pojęciem na ogół dobrze rozumianym w pojęciu potocznym, ale trudnym do modelowania matematycznego. W opinii autorów referatu, szczególnie przydatne do matematycznego modelowania zależności pomiędzy terminem dostawy i całkowitym kosztem dostawy a poziomem zadowolenia klienta mogą być elementy teorii zbiorów rozmytych takie, jak logika rozmyta i wnioskowanie rozmyte.

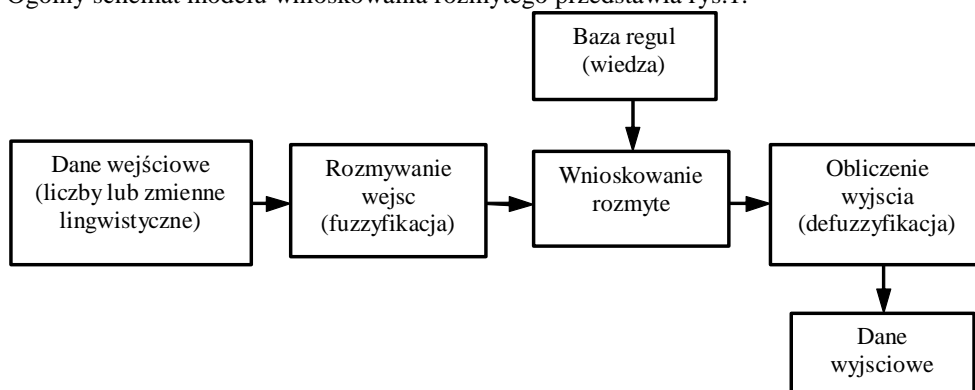
2. PODSTAWOWE POJĘCIA Z ZAKRESU LOGIKI ROZMYTEJ

Logika rozmyta wywodzi się z teorii zbiorów rozmytych, której podstawy sformułował L.A. Zadeh [6]. Celem wprowadzenia teorii zbiorów rozmytych było stworzenie narzędzia pomocnego dla modelowania zjawisk złożonych, trudnych do opisu z wykorzystaniem klasycznej teorii zbiorów i logiki dwuwartościowej. Obszarem rozważań w teorii zbiorów rozmytych jest pewna niepusta przestrzeń \mathbf{X} , będąca zbiorem nierozmytym. Wyodrębniony w tej przestrzeni zbiór A jest rozmyty wtedy, kiedy poszczególne elementy $x \in \mathbf{X}$ należą do tego zbioru z odpowiednim stopniem przynależności μ . Zatem, zbiorem rozmytym A w pewnej (niepustej) przestrzeni \mathbf{X} nazywamy zbiór par $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in \mathbf{X}\}$, gdzie

$\mu_A : \mathbf{X} \rightarrow [0, 1]$ jest funkcją przynależności zbioru rozmytego A . Funkcja ta każdemu elementowi $x \in \mathbf{X}$ przypisuje jego stopień przynależności do zbioru rozmytego A w przedziale $[0, 1]$.

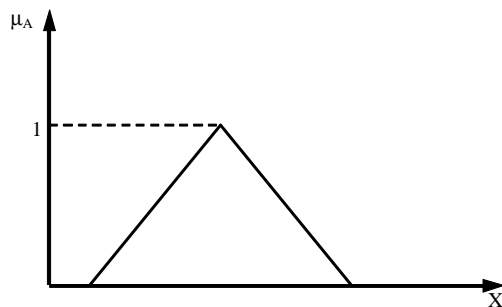
Logika rozmyta jest bardzo ważną cechą zbiorów rozmytych, która pozwala tworzyć modele wnioskowania. Ogólny zapis wnioskowania na podstawie reguł rozmytych przedstawia się następująco[5]: *Jeśli „przesłanka logiczna” to „konkluzja”*.

Ogólny schemat modelu wnioskowania rozmytego przedstawia rys.1.

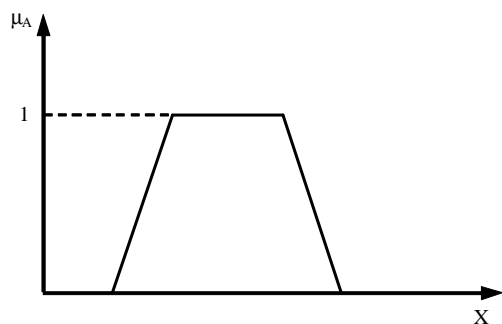


Rys.1. Ogólny schemat wnioskowania rozmytego.

Dane wejściowe i wyjściowe przedstawionego wyżej modelu mogą być wyrażone ilościowo (w postaci konkretnej liczby), jak też i jakościowo, w postaci zmiennej lingwistycznej. Dane te można zapisać matematycznie, wykorzystując funkcję przynależności zbioru rozmytego. Na Rysunkach 2 i 3 przedstawiono dwa istotne przypadki funkcji przynależności : funkcję trójkątną i funkcję trapezową.



Rys. 2. Trójkątna funkcja przynależności zbioru rozmytego.



Rys. 3. Trapezowa funkcja przynależności zbioru rozmytego.

3. SFORMUŁOWANIE ZADANIA W NOTACJI WNIOSKOWANIA ROZMYTEGO

W ogólnym przypadku, czynnikami branymi pod uwagę przez klienta w ocenie skuteczności dostawcy materiałów budowlanych mogą być: czas realizacji zamówienia lub czas oczekiwania na zamówioną dostawę, kompletność dostawy i zgodność jej parametrów z zamówieniem, ilość uszkodzeń, koszt dostawy, jakość obsługi, itd. Są to zmienne wejściowe do oceny skuteczności dostawcy. Zakres kryteriów oceny jest ustalany indywidualnie przez danego klienta. Na przykład, jeżeli klient ocenia *skuteczność dostawcy* z uwagi na *czas realizacji zamówienia* i *kompletność zamówienia*, to w notacji rozmytego wniosku można stworzyć następującą regułę oceny:

"Jeśli czas realizacji jest „*krótki*” **I** kompletność zamówienia jest „*wysoka*”,
TO dostawca jest „*skuteczny*”.

Termy (zmienne lingwistyczne): "*krótki*", "*wysoka*" i "*skuteczny*" są charakterystykami rozmytymi, odpowiednio czasu realizacji, stopnia kompletności zamówienia i wynikającej stąd oceny dostawcy.

W niniejszym referacie rozpatruje się zagadnienie oceny skuteczności dostawcy zgodnie z następującymi kryteriami: Termin dostawy i Całkowity koszt dostawy. Zadanie polega na ustaleniu satysfakcjonujących klienta wartości wyżej wymienionych kryteriów na podstawie danych wejściowych i reguł rozmytych.

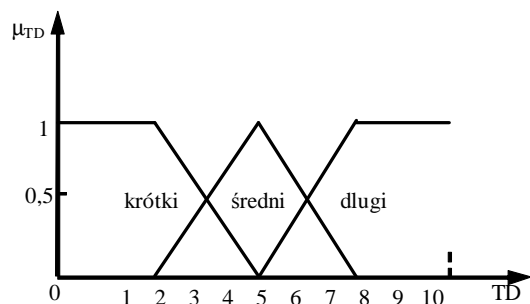
W notacji zbiorów rozmytych, przedziały wartości zmiennych lingwistycznych *Termin dostawy* i *Całkowity koszt dostawy* można przedstawić w następujący sposób:

- *Termin dostawy* (TD) = {*krótki, średni, długi*},
- *Całkowity koszt dostawy* (CKD) = {*niski, średni, wysoki*}.

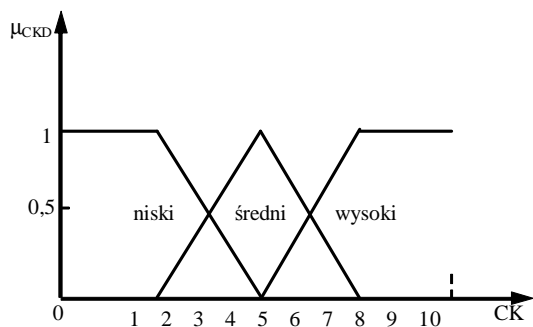
Zmienną wyjściową modelu wnioskowania rozmytego jest w rozpatrywanym przypadku *Skuteczność Dostawcy*, wynikająca z realizacji dostaw w określonym terminie i po określonym koszcie, ocenianych w podanych wyżej skalach lingwistycznych. Przedział wartości zmiennej wyjściowej można również podzielić na trzy zbiory rozmyte:

- *Skuteczność Dostawcy* (SD) = {*niska, średnia, wysoka*}.

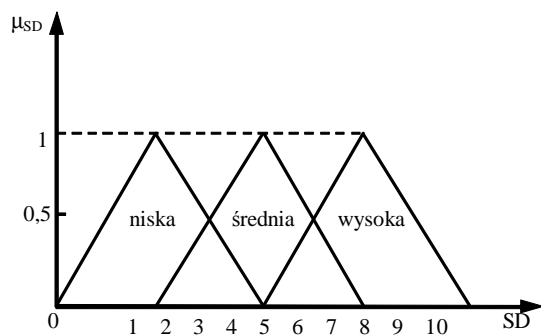
Rozmycia zmiennych lingwistycznych dokonuje się, opisując poszczególne zbiory rozmyte za pomocą funkcji przynależności. Do wartościowania oceny terminu dostawy, całkowitego kosztu dostawy i wynikającej stąd oceny skuteczności dostawcy, można na przykład zastosować skalę 10-cio punktową. W takiej skali ocen punktowych, „0” odpowiada najkrótszemu terminowi dostawy, najniższemu kosztowi dostawy i najniższej skuteczności dostawcy. Natomiast, funkcja przynależności $\mu(x)$ przyjmuje wartości z przedziału (0,1), gdzie „0” oznacza brak przynależności wybranych wartości x do rozpatrywanego zbioru rozmytego, a „1” - ich całkowitą przynależność do tego zbioru. Poszczególne funkcje przynależności lingwistycznych zmiennych wejściowych i lingwistycznej zmiennej lingwistycznej modelu wnioskowania rozmytego przedstawiają rys.4 i 5.



Rys.4. Funkcja przynależności zbiorów rozmytych odpowiadających wartościom zmiennej wejściowej TD



Rys.5. Funkcja przynależności zbiorów rozmytych odpowiadających wartościom zmiennej wejściowej CKD



Rys.6. Funkcja przynależności zbiorów rozmytych odpowiadających wartościom zmiennej wyjściowej SD

4. SFORMUŁOWANIE ROZMYTYCH REGUŁ I OBLICZENIE WARTOŚCI FUNKCJI PRZYNALEŻNOŚCI POSZCZEGÓLNYCH ZBIORÓW ROZMYTYCH

Do rozwiązania sformułowanego wyżej zadania zostanie wykorzystany schemat wnioskowaniu rozmytego zgodnie z algorytmem Mamdaniego [5]:

Bazę wiedzy tworzą w rozpatrywanym przypadku następujące trzy reguły wnioskowania rozmytego:

Reguła nr1.

Jeśli „termin dostawy ” jest „krótki” **I** „całkowity koszt dostawy” jest „niski”

TO „skuteczność dostawcy” jest „wysoka”.

Reguła nr 2.

Jeśli „termin dostawy ” jest „średni” **I** „całkowity koszt dostawy” jest „średni”

TO „skuteczność dostawcy” jest „średnia”.

Reguła nr3.

Jeśli „termin dostawy ” jest „dłuższy” **I** „całkowity koszt dostawy” jest „wysoki”

TO „skuteczność dostawcy” jest „niska”.

Wpływ wszystkich zmiennych wejściowych na zmienną wyjściową określa się zgodnie z wykorzystaniem operatora *maksimum*:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \text{ dla } \forall x \in X \quad (1)$$

Natomiast, wynikowe zbiory rozmyte dla poszczególnych reguł określa się z wykorzystaniem operatora *minimum*:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \text{ dla } \forall x \in X \quad (2)$$

Dla scalenia wyników działania wszystkich reguł w jeden zbiór rozmyty, opisujący wartość zmiennej wyjściowej SD, przeprowadza się ich agregację stosując operator *maksimum* (rys.8). Proces uzyskania rozmytego wniosku, określającego poziom skuteczności dostawcy SD z wykorzystaniem wyżej wymienionych reguł ($R = A \rightarrow B$) oraz danych A i B można przedstawić jak niżej:

$$SD = \max\{\min(\mu_A(x), \mu_R(x, y))\} \quad (3)$$

gdzie μ_A, μ_B, μ_R są odpowiednimi funkcjami przynależności zbiorów rozmytych A, B i R.

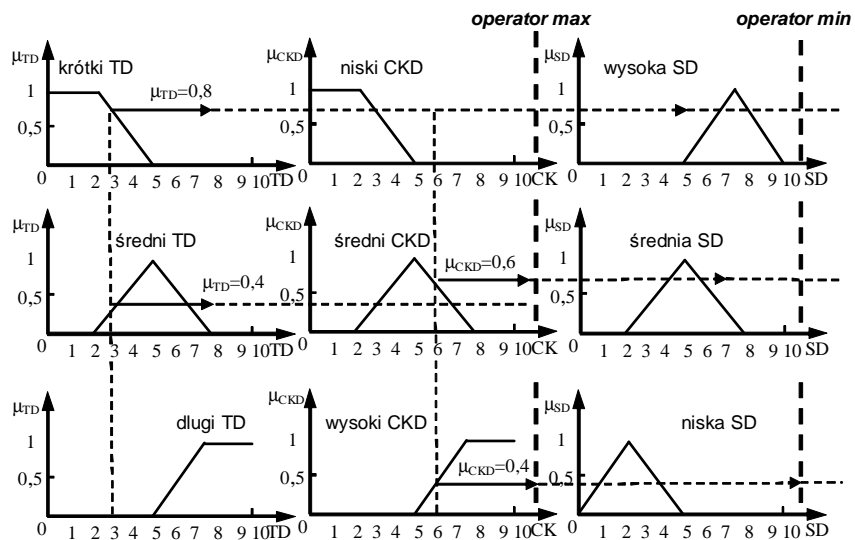
Założmy dla przykładu, że termin dostawy był „krótki” a całkowity koszt dostawy „średni”.

W przyjętej skali 10-cio punktowej, wartości ocen wynoszą:

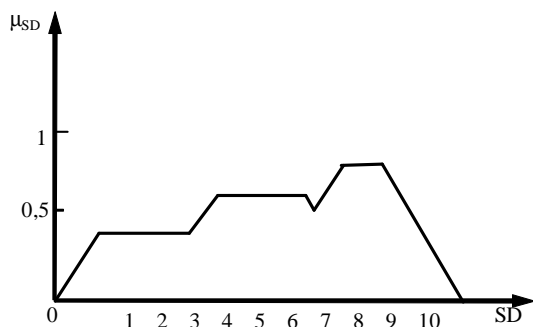
„termin dostawy” = 3,

„całkowity koszt dostawy ” = 6.

Odpowiednie obliczenia zgodnie z algorytmem Mamdaniego dla takich ocen punktowych wartości zmiennych wejściowych modelu wnioskowania rozmytego przedstawia rys.7.



Rys.7. Agregacja poszczególnych reguł i obliczenie wartości funkcji przynależności dla TD=3 i CKD=6.



Rys.8. Ostateczny wynik wnioskowania rozmytego dla oceny skuteczności dostawcy

5. WYOSTRZENIE (DEFUZYFIKACJA) ROZMYTEJ WARTOŚCI ZMIENNEJ WYJŚCIOWEJ

Wyostrenia rozmytej wartości zmiennej wyjściowej można dokonać metodą środka ciężkości, z wykorzystaniem poniższego wzoru [5]:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^- \cdot (\mu_{SD^i}(y_i^-))}{\sum_{i=1}^n (\mu_{SD^i}(y_i^-))} \quad (4)$$

gdzie:

y_i^- - środek zbioru rozmytego SD^i , dla którego μ_{SD} przyjmuje wartość maksymalną,

μ_{SD} - wartość funkcji przynależności w punkcie y_i^- .

Wyostrzona wartość zmiennej wyjściowej, obliczona na podstawie wzoru (4), wynosi:

$$y = \frac{1,48 \cdot 0,40 + 4,98 \cdot 0,60 + 7,65 \cdot 0,80}{0,40 + 0,60 + 0,80} = 5,39 \quad (5)$$

Otrzymany wynik oznacza, że na podstawie podanych wyżej reguł wywnioskowania i przyjętych funkcji przynależności, skuteczność dostawcy przy *krótkim* terminie dostaw i *średnim* koszcie dostawy znajduje się na poziomie średnim.

6. PODSUMOWANIE

Z przedstawionego przykładu wynika, że podany w referacie sposób postępowania może być przydatny dla odbiorców materiałów budowlanych do analizy porównawczej i oceny skuteczności różnych dostawców. Może być również wykorzystany przez poszczególnych dostawców do określania parametrów wejściowych, służących ocenie bieżącego poziomu skuteczności dostaw i planowaniu działań dla poprawy skuteczności logistycznej swojej firmy. Należy podkreślić, że skuteczność dostawcy można oceniać na podstawie innych parametrów wejściowych, bardziej odpowiadających danemu odbiorcy lub danemu dostawcy. Natomiast, przedstawiona w referacie metoda oceny skuteczności dostawcy, wykorzystująca elementy teorii zbiorów rozmytych, ułatwia hierarchizację i wartościowanie dowolnych kryteriów oceny. Umożliwia także przechodzenie z pojęć subiektywnych do konkretnych wartości liczbowych z wykorzystaniem nieskomplikowanych działań matematycznych.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ezutah U. O., Kuan Y. W., *Supply Chain Performance Evaluation: Trends and Challenges*. American J. of Engineering and Applied Sciences 2 (1): 202-211, 2009.
- [2] Ibadov N., Kulejewski J., *Rozmyte modelowanie czasów wykonania robót budowlanych w warunkach niepewności*. Czasopismo Techniczne, 107(2), Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2010, 139-155.
- [3] Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L.: *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*, PWN, Warszawa - Łódź 1997 r.
- [4] Trkman P., Groznic A., *Current issues and challenges of supply chain management*. European and Mediterranean, Conference on Information Systems. April 12-13 2009, Abu Dhabi, UAE.
- [5] Yager R. R., Filev D. P.: *Podstawy modelowania i sterowania rozmytego*, WNT, Warszawa 1995 r.
- [6] Zadeh L.A.: *Fuzzy Sets*, Information and Control, 1965, vol. 8.