

# ZASTOSOWANIE LOGIKI ROZMYTEJ W BUDOWIE SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA WIEDZĄ PRODUKCYJNĄ

Alfred PASZEK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono przykłady zastosowania elementów logiki rozmytej w opracowaniu reprezentacji wiedzy produkcyjnej, wymaganej w budowie systemów zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie. Zaprezentowano funkcje przynależności zbiorów rozmytych dla doboru materiałów wejściowych w produkcji elementów maszyn oraz działania na tych zbiorach takie jak: suma, przecięcie, koncentracja i rozcieńczenie. Wyznaczono stopnie możliwości i pewności stwierdzeń oraz przyjęto zbiór stałych lingwistycznych, stosowanych w budowie przybliżonych reguł wnioskowania. W końcowej części artykułu pokazano przykład zastosowania wnioskowania rozmytego w doborze wymaganej liczby stanowisk do obróbki wybranych elementów maszyn.

**Słowa kluczowe:** wiedza produkcyjna, systemy zarządzania wiedzą, zbiory rozmyte, wnioskowanie rozmyte.

## 1. Wprowadzenie

Każde przedsiębiorstwo produkcyjne, które chce być innowacyjne i z sukcesem funkcjonować w stale zmieniającej się przestrzeni rynkowej musi skutecznie tworzyć i wykorzystywać wiedzę. Dzięki wprowadzającym zmianom usprawniającym procesy produkcji, przedsiębiorstwo jest w stanie reagować na wyzwania stawiane przez otoczenie, dopasowując swój produkt lub usługi do wymagań rynku. Zarządzanie wiedzą traktowane jest jako zespół działań nadających odpowiednią formę i kierunek procesom zachodzącym w zasobach wiedzy przedsiębiorstwa produkcyjnego. W obszarze tego zarządzania wyodrębnia się kluczowe procesy takie jak: lokalizowanie, pozyskiwanie, rozwijanie, rozpowszechnianie, wykorzystanie i zachowywanie wiedzy [1, 2].

Prowadzone są szerokie badania nad budową oraz wdrażaniem komputerowych systemów zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Działanie takich systemów wspomaga podejmowanie różnorodnych decyzji w przedsiębiorstwach oraz usprawnia procesy pozyskiwania, przechowywania i wykorzystania wiedzy, potrzebnej do wytworzenia produktów [3, 4]. Systemy zarządzania wiedzą umożliwiają uzyskanie istotnych informacji o procesach i systemach produkcyjnych [5]. Stanowią podstawę sprawnie działających systemów zarządzania w przedsiębiorstwach. Uwzględniając specyfikę działania systemów zarządzania wiedzą można wymienić następujące korzyści w ich zastosowaniu, a mianowicie: udoskonalanie procesów i produktów, minimalizacja kosztów produkcji oraz polepszenie przepływu informacji w procesach produkcyjnych.

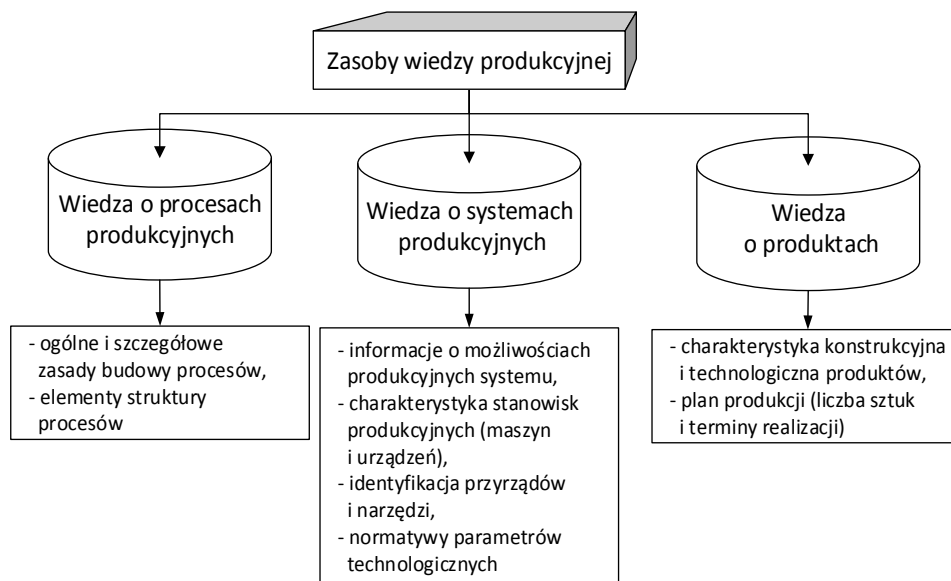
Podstawowym modulem systemu zarządzania wiedzą jest baza wiedzy produkcyjnej. Budowa bazy wiedzy polega na przetwarzaniu odpowiednich zasobów wiedzy produkcyjnej w celu opracowania reprezentacji tej wiedzy [6]. W wielu przypadkach odbywa się w warunkach niepewności wiedzy, co nadaje przybliżony charakter temu procesowi. To przybliżenie rozumiane jest jako brak pełnej informacji do podjęcia decyzji.

W celu umożliwienia budowy bazy wiedzy w takich warunkach korzystne jest zastosowanie elementów logiki rozmytej [7, 8].

## 2. Analiza zasobów wiedzy produkcyjnej

Punktem wyjściowym budowy systemu zarządzania wiedzą jest analiza zasobów wiedzy występujących w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Pojęcie wiedzy produkcyjnej oznacza takie zbiory informacji, dzięki którym można realizować podstawowe cele przygotowania produkcji. Należy zauważyć, że wiedza produkcyjna stanowi zbiór informacji o procesie produkcyjnym realizowanym w ściśle określonych realiach danego przedsiębiorstwa. Jest to przy tym dynamiczny zbiór informacji, co związane jest z ciągłymi zmianami procesów np. parametrów obróbki materiałów, wyposażenia parku maszynowego, oprzyrządowania, narzędzi itp. Baza wiedzy produkcyjnej jest istotnym źródłem informacji do generowania nowych produktów, technologii oraz rozwiązań organizacyjnych, jak również stanowi podstawowy czynnik warunkujący zdolność przedsiębiorstw do szybkiego reagowania na zmiany rynkowe [5].

Zasoby wiedzy produkcyjnej, zależnie od źródeł występowania, można podzielić na podstawowe grupy wiedzy o procesach produkcyjnych, systemach i produktach (rys. 1).



Rys. 1. Struktura zasobów wiedzy produkcyjnej [5]

Wiedza produkcyjna występuje w dwóch podstawowych formach: jawnej oraz ukrytej. Wiedza jawna jest to uporządkowany zbiór informacji, zapisany najczęściej w dokumentacji produkcyjnej oraz komputerowych bazach wiedzy. Można ją podzielić na wiedzę deklaracyjną, zawierającą informacje np. o obrabiarkach, narzędziach, oraz wiedzę proceduralną, przedstawiającą sposób postępowania, np. projektowania danego procesu produkcyjnego. Natomiast wiedza ukryta należy do określonego specjalisty, projektanta procesów produkcyjnych. Jest ona intuicyjna, personalna i ma korzenie w praktycznym

działaniu. Wiedza ta jest niedostępna aż do momentu, kiedy jest stosowana i w ten sposób też nabywana przez innych pracowników, np. w trakcie zespołowego projektowania wyrobu lub doskonalenia procesów produkcyjnych.

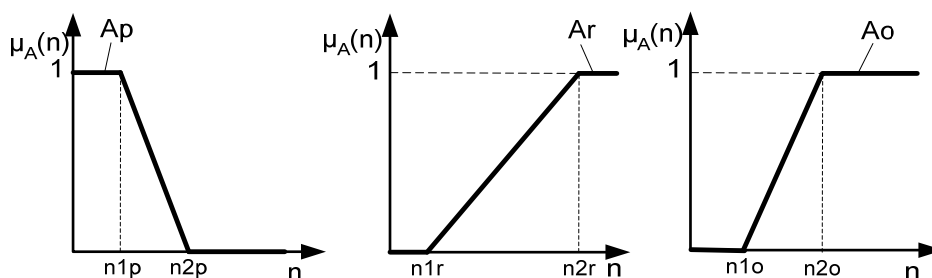
### 3. Zastosowanie zbiorów rozmytych w opracowaniu reprezentacji wiedzy produkcyjnej

Opracowanie zbiorów rozmytych polega na wyrażeniu niepewności wiedzy poprzez funkcje przynależności, które są budowane dla przesłanek i konkluzji rozpatrywanych problemów decyzyjnych. Dla zbiorów rozmytych stosowane są działania, takie jak np. suma, przecięcie, koncentracja lub rozcieńczenie, umożliwiające przetwarzanie zapisanych informacji.

Prezentowany przykład dotyczy zastosowania zbiorów rozmytych w doborze materiału wejściowego do produkcji wybranych elementów maszyn. Analiza procesów przygotowania produkcji pozwoliła na przyjęcie następujących zbiorów, zależnych od wielkości produkcji:

- $A_p$  - wielkość produkcji elementów wytwarzanych z pręta walcowanego,
- $A_r$  - wielkość produkcji elementów wytwarzanych z rury grubościennej,
- $A_o$  - wielkość produkcji elementów wytwarzanych z odkuwki matrycowej.

Każdy ze zbiorów został zdefiniowany przez funkcję przynależności  $\mu_A(n)$ , której wartość zależy od liczby  $n$  produkowanych elementów. Wykresy funkcji przynależności dla przyjętych wariantów materiałów wejściowych pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Wykresy funkcji przynależności zbiorów rozmytych dla wariantów materiałów wejściowych

Przebieg funkcji przynależności określa przedziały liczbowe charakteryzujące przynależność elementu, w tym przypadku wielkości produkcji wyrażonej liczbą  $n$ , do zbioru rozmytego. Na wykresach funkcji  $\mu_A(n)$  przedstawionych na rys. 2 widać, że występują przedziały liczbowe w których wartość funkcji  $\mu_A(n)$  wynosi 1, czyli elementy należą całkowicie do zbioru. W tych przedziałach, dla każdej funkcji z osobna, występuje pewność, że należy przyjąć do produkcji dany materiał wejściowy. Występują także przedziały liczbowe w których wartość funkcji  $\mu_A(n)$  wynosi 0, czyli oznacza to, że elementy zupełnie nie należą do zbioru. W tych przedziałach ma się pewność, że nie należy przyjmować do produkcji danego materiału wejściowego, również oddzielnie dla każdej funkcji. Na rys. 2 zaznaczono przedziały  $(n1; n2)$ , w których przynależność elementów do zbioru jest częściowa, czyli w takim przypadku nie ma pewności wyboru. Na tej podstawie można wybierać dany materiał do produkcji, ale należy rozpatrzyć przy tym różne czynniki, które na to wpływają. Przykładem takiej sytuacji może być porównanie cech kształtu

materiału wejściowego z cechami kształtu elementu gotowego. W przypadku gdy wybór dokonywany będzie pomiędzy prętem walcowanym a rurą grubościenną, to podstawowe znaczenie ma występowanie otworu w gotowym elemencie, a nie jego powierzchnia zewnętrzna.

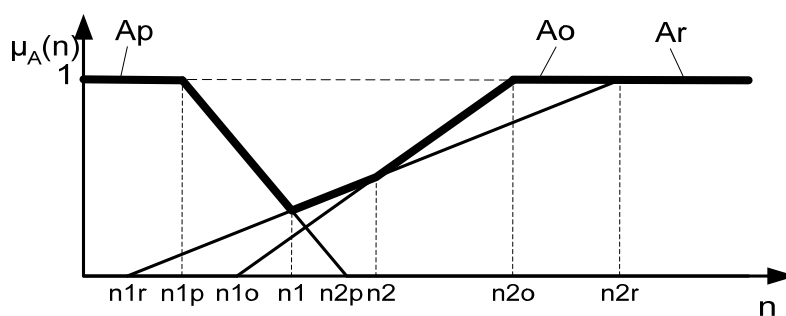
Złożenie wykresów funkcji przynależności zbiorów rozmytych prowadzi do opracowania przedziałów liczbowych wielkości produkcji, na podstawie których można wnioskować o wyborze danego materiału wejściowego. Wyróżniono dwa rodzaje takich przedziałów:

- przedziały, w których można jednoznacznie i pewnie wybrać materiał wejściowy z którego będzie produkowany element, w takim przypadku  $\mu_A(n) = 1$ ,
- przedziały, w których wybór materiału wejściowego jest niepewny, w tym przypadku  $\mu_A(n)$  mieści się w przedziale (0; 1).

W celu wspomaganie procesu podejmowania decyzji związanych z wyborem materiału wejściowego, można zastosować działania na zbiorach rozmytych. Przykładem takiego działania jest suma zbiorów rozmytych. Zgodnie z definicją, sumą zbiorów rozmytych  $A_1, A_2, \dots, A_n \subseteq X$ , jest zbiór rozmyty  $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n$  określony następującą funkcją przynależności [9]:

$$\mu_{A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n}(x) = \max[\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \dots, \mu_{A_n}(x)] \quad (1)$$

Działanie sumy dla rozpatrywanego przykładu zbiorów rozmytych, po złożeniu wszystkich funkcji przynależności, przedstawiono na rys. 3.



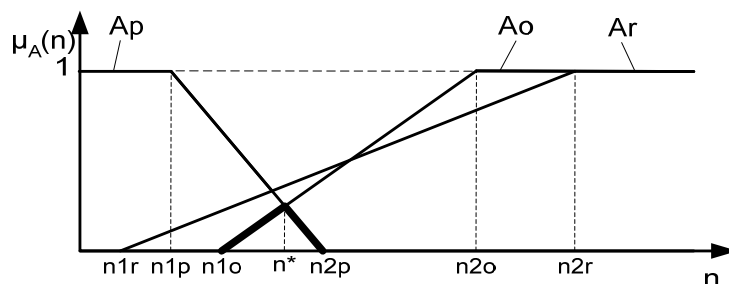
Rys. 3. Działanie sumy przykładowych zbiorów rozmytych

Interpretacja działania sumy przyjętych zbiorów pozwala wyznaczyć przedziały liczbowe wielkości produkcji  $n$ , dla których powinno się wybierać określone materiały do produkcji. Na rys. 3 widać, że tam gdzie wartość funkcji przynależności osiąga wartość 1, tj. w przedziale  $(0; n1p>$  należy wybrać pręt walcowany, a w przedziale  $<n2o; +\infty)$  wybierana jest odkuwka matrycowa. W przedziale liczbowym  $(n1p; n2o)$  wartość funkcji przynależności jest mniejsza od 1, ale na podstawie sumy zbiorów i ustalenia wartości maksymalnej funkcji można dokonywać wyboru materiału na podstawie przyjętych przedziałów, a mianowicie: przedział  $(n1p; n1)$  – pręt walcowany,  $<n1; n2>$  - rura grubościenna i  $(n2; n2o)$  – odkuwka matrycowa.

Kolejnym przykładem działania jest przecięcie zbiorów rozmytych. Zgodnie z definicją, przecięciem zbiorów rozmytych  $A_1, A_2, \dots, A_n \subseteq X$ , jest zbiór rozmyty  $A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n$  określony następującą funkcją przynależności [9]:

$$\mu_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n}(x) = \min[\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \dots, \mu_{A_n}(x)] \quad (2)$$

Działanie przecięcia zbiorów rozmytych dla wyboru przyjętych materiałów wejściowych przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Działanie przecięcia przykładowych zbiorów rozmytych

Na rys. 4 widać, że w przedziale  $(n1o; n2p)$  występuje minimalna wartość funkcji przynależności, czyli dokonywany wybór materiału charakteryzuje się największą niepewnością dla przyjętych wariantów. Przedział  $(n1o; n^*)$  określa niepewność wyboru odkuwki matrycowej, a przedział  $(n^*; n2p)$  dotyczy niepewności wyboru pręta walcowanego.

W semantyce zmiennych lingwistycznych znaczącą rolę odgrywają działania koncentracji oraz rozcieńczenia zbiorów rozmytych.

Koncentrację zbioru rozmytego  $A \subseteq X$  definiuje się następująco [9]:

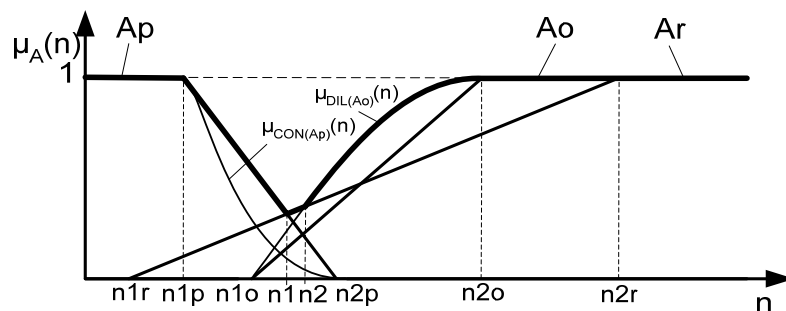
$$\mu_{CON(A)}(x) = (\mu_A(x))^2 \quad (3)$$

Rozcieńczenie zbioru rozmytego  $A \subseteq X$  określane jest w następujący sposób [9]:

$$\mu_{DIL(A)}(x) = (\mu_A(x))^{0.5} \quad (4)$$

Praktycznie operacje koncentracji i rozcieńczenia oznaczają wzmocnienie lub osłabienie rozmytości zbioru elementów. Dla zaznaczenia tego wpływu przyjmuje się w opisie wariantów zmienne lingwistyczne np. „bardzo”, „raczej”, „prawie” itp. W przedstawianym przykładzie doboru materiałów do produkcji wprowadzono operację koncentracji dla zbioru  $A_p$ , oznaczającą osłabienie wyboru prętów walcowanych w przedziałach dla których wartość  $\mu_A(n) < 1$ , natomiast dla zbioru  $A_o$  wprowadzono operację rozcieńczenia, co oznacza zwiększenie roli odkuwki matrycowej w przedziałach niejednoznaczności wyboru. Zastosowane operacje dla przyjętych zbiorów rozmytych wraz z wyznaczoną sumą zbiorów pokazano na rys. 5.

Porównując rys. 3 z rys. 5, gdzie pokazano zastosowanie działania sumy zbiorów rozmytych, można zauważyć, że zwiększył się przedział liczbowy  $(n2; n2o)$ , związany z wyborem odkuwki matrycowej. Powodem tego jest działanie rozcieńczenia zbioru  $A_o$ . Odbyłoby się to kosztem przedziału  $(n1; n2)$ , który uległ skróceniu. Z kolei dla przedziału  $(n1p; n1)$ , związanego z wyborem pręta walcowanego nie zauważono zmiany, ponieważ koncentracja w tym przedziale, powoduje zmniejszenie wartości funkcji przynależności zbioru  $A_p$ . Można zauważyć, że działania koncentracji i rozcieńczenia nie zmieniają w przedstawianym przykładzie wielkości przedziałów liczbowych:  $(0; n1p)$  oraz  $(n2o; +\infty)$ , w których wybór materiału jest pewny.



Rys. 5. Działanie koncentracji, rozcieńczenia oraz sumy zbiorów rozmytych

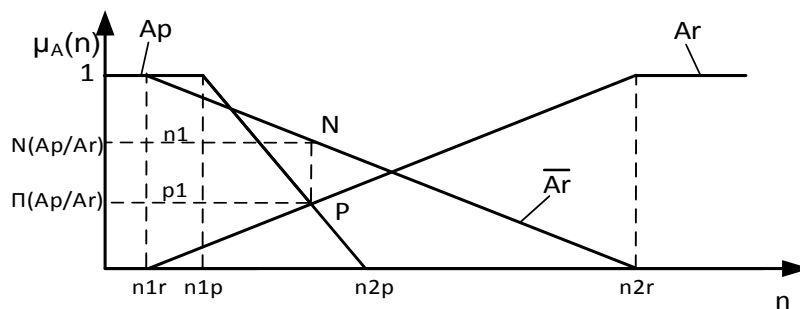
Przedstawione przykłady działań na zbiorach rozmytych dotyczą podejmowania decyzji w warunkach niepewności wiedzy produkcyjnej. Na podstawie wyników działań można opracować reprezentację wiedzy w postaci reguł wnioskowania, które są zapisywane w bazie wiedzy systemu zarządzania wiedzą.

#### 4. Stopnie możliwości i pewności stwierdzeń w przybliżonej reprezentacji wiedzy

W logice rozmytej stosowane są pojęcia stopni możliwości i pewności, które dotyczą stwierdzeń orzekających o wyborze określonego wariantu rozwiązania problemu decyzyjnego. Dla wyznaczonych wartości stopni ustalany jest zbiór stałych lingwistycznych, który można wykorzystać w budowie przybliżonych reguł wnioskowania.

Prezentowany przykład dotyczy zastosowania stopni możliwości  $\Pi$  oraz stopni pewności  $N$  stwierdzeń dla wyboru wariantów materiałów wejściowych do produkcji wybranych elementów maszyn. Stwierdzenia te zakładają możliwość i pewność wyboru danego wariantu i związane są ze stopniem podobieństwa postaci konstrukcyjnej materiału wejściowego z postacią konstrukcyjną gotowego elementu. Punktem wyjściowym wyznaczenia wartości stopni jest przyjęcie odpowiednich zbiorów rozmytych dla wariantów dopuszczalnych. Przebiegi przykładowych funkcji przynależności zostały przedstawione na rys. 2, a złożenie tych funkcji obrazuje rys. 3. Wartości stopni stwierdzeń zostały wyznaczone metodą graficzną [10].

Na rys. 6 pokazano sposób wyznaczania wartości stopni możliwości i pewności stwierdzenia dla wyboru rury grubościennej w przypadku, gdy wybór pręta walcowanego staje się niepewny. Wielkość produkcji znajduje się wtedy w przedziale  $(n1p; n2p)$ .



Rys. 6. Graficzne wyznaczenie stopni możliwości i pewności wyboru rury grubościennej

Wartości stopni stwierdzenia wyznaczone zostały na podstawie punktu P przecięcia funkcji:  $\mu_{Ap}(n)$  i  $\mu_{At}(n)$  dla stopnia możliwości p1 oraz poprzez rzut N tego punktu na wykres funkcji odwrotnej  $\mu_{At}(n)$  dla stopnia pewności n1.

Wyznaczone stopnie p1 i n1 są stosowane w budowie przybliżonych reguł wnioskowania. Ogólna budowa tych reguł dla przedstawianego przykładu wygląda następująco:

*JEŻELI liczba produkowanych elementów mieści się w przedziale (n1p; n2p)  
i stwierdzenie o możliwości i pewności wyboru wariantu  
TO wybrać wariant materiału wejściowego*

W częściach warunkowych reguł zamieszczono stwierdzenie orzekające o porównaniu postaci konstrukcyjnych materiału wejściowego z gotowym elementem. W celu zbadania, czy dane stwierdzenie jest spełnione zastosowano tzw. stałe lingwistyczne badania warunku, które można zapisać za pomocą stopni możliwości i pewności w postaci pary liczb  $\langle n \ p \rangle$ . Przykładowy zbiór stałych lingwistycznych pokazano w tabeli 1. Należy zauważyć, że wartości tych stopni dla konkretnej stałej lingwistycznej są ustalane w sposób intuicyjny dla rozwiązywanego problemu decyzyjnego.

Tab. 1. Przykładowy zbiór stałych lingwistycznych

Nazwa stałej lingwistycznej	Wartość stopnia możliwości oraz stopnia pewności
na pewno tak	$\langle 1 \ 1 \rangle$
prawie tak	$\langle 0,7 \ 1 \rangle$
raczej tak	$\langle 0,4 \ 1 \rangle$
raczej nie	$\langle 0 \ 0,6 \rangle$
prawie nie	$\langle 0 \ 0,3 \rangle$
na pewno nie	$\langle 0 \ 0 \rangle$

Wyznaczone wartości stopni p1 i n1 porównywane są z wartościami stopni dla stałych lingwistycznych i w przypadku, gdy mieszczą się w zakresie danej stałej to zostaje ona wybrana do zapisu przybliżonej reguły wnioskowania. Przykłady zapisu reguły, w których zastosowano stałe lingwistyczne oraz stwierdzenia orzekające o podobieństwie postaci konstrukcyjnych zamieszczono poniżej:

*JEŻELI liczba produkowanych elementów mieści się w przedziale (n1p; n2p)  
i postać materiału wejściowego raczej nie musi być zbliżona do postaci gotowego elementu  
TO zastosować materiał wejściowy w postaci pręta walcowanego*

*JEŻELI liczba produkowanych elementów mieści się w przedziale (n1p; n2p)  
i postać materiału wejściowego musi być prawie zbliżona do postaci gotowego elementu  
TO zastosować materiał wejściowy w postaci rury grubościennej*

Opracowane reguły wnioskowania umożliwiają wprowadzenie elementów niepewności w podejmowaniu decyzji, co związane jest z niepełną wiedzą o projektowaniu procesów produkcyjnych.

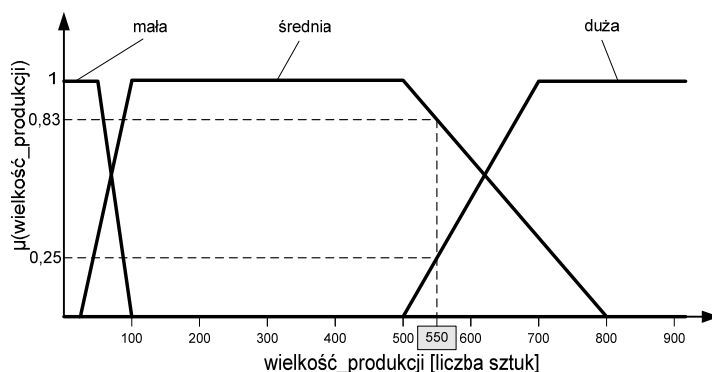
## 5. Przykład wnioskowania rozmytego w projektowaniu procesów produkcyjnych

Wnioskowanie rozmyte, rozumiane jako sposób znajdowania rozwiązań problemów decyzyjnych, można przeprowadzić dzięki odpowiedniej reprezentacji wiedzy opisującej dany problem za pomocą elementów logiki rozmytej. W trakcie wnioskowania stosowane są przekształcenia przybliżonych informacji wejściowych w postać końcową, przydatną dla budowy systemu zarządzania wiedzą. Efektem wnioskowania rozmytego jest funkcja przynależności dla konkluzji, która jest wyznaczona na podstawie wejściowych funkcji przynależności dla warunków problemu decyzyjnego [5].

Prezentowany przykład wnioskowania rozmytego dotyczy doboru liczby obrabiarek określonej grupy technologicznej (np. tokarek, frezarek itp.) do obróbki wybranych elementów maszyn. Można zauważyć, że dobór ten zależy w głównej mierze od wielkości produkcji. Informacje wejściowe mają charakter nierozmyte i przedstawiane są w postaci konkretnej liczby sztuk wybranych elementów, przeznaczonych do produkcji. Wnioskowanie rozpoczyna się od operacji rozmywania informacji wejściowych, które zostają wyrażone w postaci funkcji przynależności. Dla pojęcia wielkość produkcji przyjęto trzy zmienne lingwistyczne według następującego zbioru termów:

$$\text{wielkość\_produkcji} = \{\text{mała}, \text{średnia}, \text{duża}\} \quad (5)$$

Dla zbioru termów opracowano funkcje przynależności zbiorów rozmytych w zależności od wielkości produkcji. Złożenie tych funkcji pokazano na rys. 7. Przedstawiono też przykładowe rozmycie wartości wejściowej (wielkość produkcji = 550 sztuk) w trzy wartości funkcji przynależności dla kolejnych termów, a mianowicie:  $\mu_{\text{mała}}(550) = 0$ ,  $\mu_{\text{średnia}}(550) = 0,83$  oraz  $\mu_{\text{duża}}(550) = 0,25$ .



Rys. 7. Wykresy funkcji przynależności dla zbioru termów wielkości produkcji

Wartości funkcji przynależności występują na wejściu bloku wnioskowania w systemie zarządzania wiedzą. System posiada bazę wiedzy, w której zapisane są reguły wnioskowania. Reguły przedstawiają powiązanie przesłanek dotyczących pojęcia



wielkość produkcji, z konkluzjami utworzonymi dla pojęcia typ produkcji. Dla tego pojęcia przyjęto trzy zmienne lingwistyczne według następującego zbioru termów:

$$\text{typ\_produkcji} = \{\text{jednostkowa, seryjna, masowa}\} \quad (6)$$

Zapis reguł w bazie wiedzy dla przyjętych pojęć przedstawia się następująco:

R1: JEŻELI wielkość produkcji = mała TO typ produkcji = jednostkowa

R2: JEŻELI wielkość produkcji = średnia TO typ produkcji = seryjna

R3: JEŻELI wielkość produkcji = duża TO typ produkcji = masowa

Kolejnym etapem wnioskowania jest opracowanie reguł dla wyrażenia związków pomiędzy typem produkcji, a stosowaną liczbą obrabiarek. Przesłanki reguł dotyczą pojęcia typ produkcji, a konkluzje reguł budowane są dla pojęcia poziom wykorzystania stanowisk, które przyjmuje wartości związane z wymaganą liczbą obrabiarek. Dla tego pojęcia przyjęto następujące termy:

$$\text{poziom\_wykorzystania\_stanowisk} = \{\text{od 1 do 5 obrabiarek, od 3 do 9 obrabiarek, od 7 do 14 obrabiarek}\} \quad (7)$$

Opracowane reguły zostały przedstawione poniżej:

R4: JEŻELI typ produkcji = jednostkowa

TO poziom wykorzystania stanowisk = od 1 do 5 obrabiarek

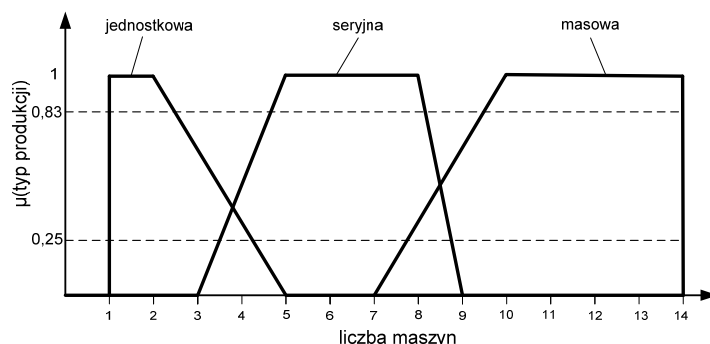
R5: JEŻELI typ produkcji = średnia

TO poziom wykorzystania stanowisk = od 3 do 9 obrabiarek

R6: JEŻELI typ produkcji = masowa

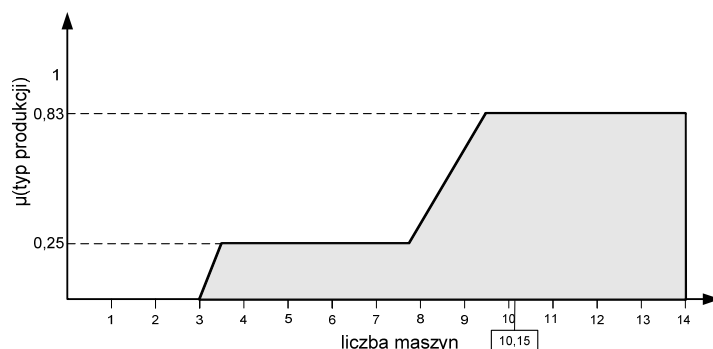
TO poziom wykorzystania stanowisk = od 7 do 14 obrabiarek

Jak widać na rys. 7 przykładowa wielkość produkcji 550 sztuk spowodowała utworzenie funkcji przynależności dla termów: *średnia* i *duża*. W bloku wnioskowania systemu spowoduje to uruchomienie reguł R2 i R3, a następnie dla przyjętych termów *seryjna* i *masowa*, zostają „odpalone” reguły R5 i R6. Przykład uruchomienia tych reguł został pokazany na rys. 8.



Rys. 8. Przykład uruchomienia reguł wnioskowania rozmytego

Na wyjściu bloku wnioskowania otrzymano zbiór rozmyty wynikowy przedstawiony na rys. 9. Jest on sumą zbiorów rozmytych przedstawionych na rys. 8. Następnie w systemie odbywa się wyostrzenie zbioru rozmytego wynikowego. W bloku wyostrzenia zostaje zastosowana metoda COG, metoda środka ciężkości figury utworzonej ze zbioru wynikowego. W wyniku wyostrzenia otrzymano wartość 10,15, która jest wartością wyjściową wnioskowania (rys. 9).



Rys. 9. Wynikowy zbiór rozmyty oraz wartość wyjściowa

W ostatecznym wyniku należy jeszcze uwzględnić rzeczywistą liczbę obrabiarek, zaokrąglając wartość wyjściową do liczby całkowitej. Na tej podstawie można sformułować następujący wniosek:

*Dla wielkości produkcji danego elementu maszyny wynoszącą 550 sztuk należy zastosować grupę technologiczną składającą się z 10 obrabiarek.*

Przedstawiony przykład pokazuje, że wnioskowanie rozmyte umożliwia określanie nowych konkluzji, związanych z wymaganą liczbą maszyn przeznaczonych do obróbki, na podstawie przyjętych przesłanek, dotyczących liczby sztuk produkowanych elementów. Należy przy tym uwzględnić przyczynowo-skutkowy charakter relacji, zachodzący pomiędzy przesłanką a konkluzją.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Opracowanie przybliżonej reprezentacji wiedzy oraz metod wnioskowania rozmytego umożliwia budowę systemów zarządzania wiedzą wspomagających podejmowanie decyzji w warunkach niepewności i braku pełnej informacji o rozwiązywanych problemach. Systemy posiadają bazę wiedzy, w której zapisywane są reguły wnioskowania. Przesłanki i konkluzje tych reguł zostały opracowane za pomocą elementów logiki rozmytej. Wiedza zamieszczona w systemie powinna pochodzić głównie od eksperta dziedzinowego, a skuteczność i efektywność działania systemu zależy głównie od umiejętności zamodelowania tej wiedzy przez projektanta systemu.

Przedstawione w artykule elementy logiki rozmytej znajdują zastosowanie w rozwiązywaniu zadań z dziedziny technologicznego przygotowania produkcji. Ważny jest przy tym prawidłowy dobór wariantów technologicznych oraz ich uporządkowanie pod względem ważności. Istotnym problemem jest prawidłowe zdefiniowanie zbiorów rozmytych poprzez wyznaczenie dla nich przebiegów funkcji przynależności. Podstawową

zaletą zastosowania logiki rozmytej w budowie systemów zarządzania wiedzą jest uwzględnienie wielowariantowości oraz przybliżenia rozwiązywania problemów decyzyjnych.

### **Literatura**

1. Probst B., Raub S., Romhardt K.: Zarządzanie wiedzą w organizacji. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2002.
2. Kowalczyk A., Nogalski B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2007.
3. Davenport T.H., Probst B.: Knowledge management case book. Best Practises. Corporate Publishing John Wiley&Sons, Berlin&Munich 2002.
4. Madanmohan R.: Knowledge Management. Tools and Techniques. Practitioner and Experts Evaluate KM Solutions, Elsevier Butterworth-Heinemann, New York 2005.
5. Trajer J., Paszek A., Iwan S.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
6. Knosala R. i zespół: Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
7. Yager R., Filev D.: Essential of fuzzy modelling and control. John Wiley & Sons, Inc., New York 1994.
8. Kacprzyk J.: Zbiory rozmyte w analizie systemowej. PWN, Warszawa 1986.
9. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
10. Paszek A., Wittbrodt P.: Application of decision tables in technological knowledge representation. Applied Mechanics and Materials, Vol. 791/2015, p. 18-25.

Dr inż. Alfred PASZEK  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
e-mail: a.paszek@po.opole.pl