ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1996
Seria: AUTOMATYKA z.119 Nr kol. 1339

Jerzy HONCZARENKO, Andrzej JARDZIOCH, Piotr PAWLUKOWICZ
Politechnika Szczecińska

ZASTOSOWANIE LOGIKI ROZMYTEJ DO PROJEKTOWANIA ZROBOTYZOWANYCH SYSTEMÓW OBRÓBKOWYCH (ZSO)

Streszczenie. W referacie przedstawiono sposób wykorzystania logiki rozmytej do komputerowo wspomaganego projektowania zrobotyzowanych systemów obróbkowych. Zaproponowano sposób doboru podsystemów składowych oparty na rozmytych regułach decyzyjnych. Wykorzystano w tym celu zmienne lingwistyczne stanowiące bazę wiedzy. Dysponując zbiorem reguł decyzyjnych oraz zdefiniowanymi funkcjami przynależności dla poszczególnych zmiennych lingwistycznych, dokonano wyboru robota przemysłowego i obrabiarek do pracy w zrobotyzowanym systemie. Umożliwiło to formułowanie złożonych reguł sterowania oraz uwzględnienia jednocześnie wielu celów.

APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR DESIGNING OF ROBOTIZED MACHINING SYSTEMS (ZSO)

Summary. The article presents the way of application of fuzzy logic to the computer aided designing of the robotized machining systems. The method of selection of subsystem based on fuzzy decision rules are proposed. Linguistic variables that create datebase is applied. Disposing the set of decision rules and defining function of belonging for particular linguistic variables the industrial robot and machine tools were selected. It enabled formulation of the complicated control rules and respecting many aims.

1. Wstęp

W latach 90. nastąpił ogromny rozwój technik związanych ze sztuczną inteligencją, takich jak: algorytmy genetyczne, logika rozmyta czy też sieci neuronowe. Udowodniono wielką przydatność tych metod w zagadnieniach związanych ze sterowaniem, optymalizacją oraz rozpoznawaniem [1,2,4]. W referacie przedstawiono sposób wykorzystania logiki rozmytej do komputerowo wspomaganego projektowania zrobotyzowanych systemów obróbkowych. W wyniku przeprowadzonej analizy głównych etapów procesu projektowania stwierdzono, iż szczególnie podatne na zastosowanie logiki rozmytej są etapy wstępnego projektowania związane z doborem i konfiguracją systemu, jak również problemy opracowania odpowiednich algorytmów sterowania pracą podsystemów transportowych.

W chwili obecnej algorytmy sterujące pracą systemów produkcyjnych oparte są na sztywnych regułach priorytetowych typu FIFO, LIFO [3]. Tego typu algorytmy nie pozwalają na maksymalizację wykorzystania możliwości nowoczesnych elastycznych systemów produkcyjnych, zwłaszcza w przypadku coraz częściej występującej produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Zastosowanie złożonych reguł heurystycznych opartych na wiedzy eksperta napotyka na barierę w postaci trudności w przeniesieniu często niejednoznacznej i nieprecyzyjnej wiedzy na grunt systemów komputerowych sterujących pracą zrobotyzowanych systemów obróbkowych. Podobna sytuacja występuje w przypadku wstępnego ustalania konfiguracji systemu, gdy znane są tylko pewne założenia, niejednokrotnie znacznie przybliżone, często określone także w postaci opisowej, na podstawie których należy dokonać doboru robotów przemysłowych, obrabiarek czy też podsystemów magazynowych. Moment ten cechujący się koniecznością podejmowania strategicznych decyzji inwestycyjnych mających decydujące znaczenie o powodzeniu całego projektu wymaga szczegółowego opracowania z punktu widzenia komputerowo wspomaganego projektowania.

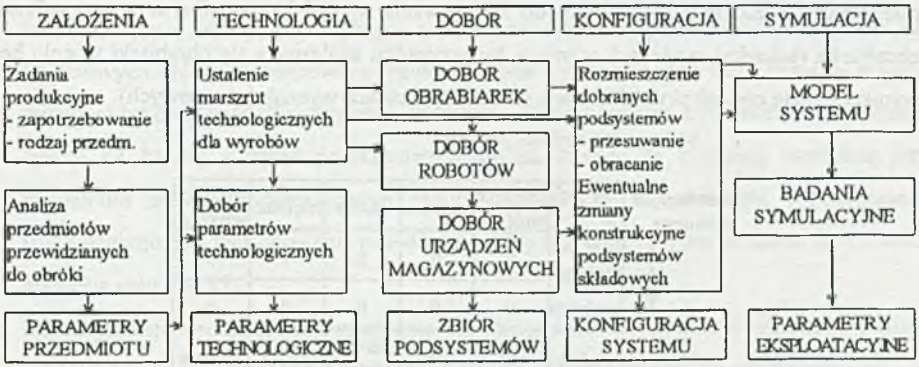
Proces komputerowo wspomaganego projektowania zrobotyzowanych systemów obróbkowych (rys.1.) składa się z wielu powtarzających się cyklicznie etapów, które sukcesywnie wzbogacane nowymi informacjami pozwalają w końcowej iteracji na uzyskanie rozwiązania spełniającego stawiane wymagania [3]. W ramach procesu projektowania wyróżnić można następujące etapy:

1. Etap wstępnych danych i założeń (zadania produkcyjne, zapotrzebowanie, analiza przedmiotów przewidzianych do obróbki).
2. Etap ustalania założeń technologicznych (ramowe procesy technologiczne dla poszczególnych wyrobów, marszruty technologiczne, parametry skrawania).
3. Etap doboru podsystemów składowych (obrabiarki, roboty przemysłowe, podsystem transportowo-magazynowy).
4. Etap konfiguracji systemu obejmujący ustalenie przestrzennych relacji między dobranymi urządzeniami.
5. Etap budowy modelu symulacyjnego i prowadzenia badań symulacyjnych pozwalający na dokonanie kompleksowej oceny generowanych rozwiązań.

2. Zastosowanie logiki rozmytej do doboru podsystemów składowych w ZSO

Etap doboru podsystemów składowych to trzy wzajemnie powiązane problemy: dobór obrabiarek, robotów przemysłowych i urządzeń transportowo - magazynowych [3]. Każdy z tych problemów wymaga uwzględnienia wielu informacji wynikających między innymi z parametrów przedmiotów przewidzianych do produkcji w projektowanym systemie, oraz

ustalonych w poprzednim etapie założeń technologicznych i organizacyjnych. Informacje te nie są jednak z góry jednoznacznie ustalone. Reguły, według których dokonywany jest dobór podsystemów składowych, uwzględniają dodatkowo wpływ takich parametrów urządzeń, jak elastyczność, nowoczesność rozwiązań czy też niezawodność, oraz opierają się w dużym stopniu na wiedzy i doświadczeniu projektanta. Zawierają one w sobie pewien stopień nieprecyzyjności, niejasnych preferencji i uwarunkowań, co nie pozwala stosować tradycyjnych sposobów wnioskowania. Zastosowanie na etapie doboru podsystemów składowych elementów wnioskowania rozmytego, uwzględniającego sformułowane przez eksperta lingwistyczne reguły decyzyjne, pozwala na skonstruowanie możliwego do implementacji algorytmu komputerowo wspomagającego proces doboru podsystemów składowych w ZSO.



Rys. 1. Struktura komputerowo wspomaganego procesu projektowania ZSO
Fig. 1. The strukture of a computer-aided on robotized machining systems designing

Zbiór schematów postępowania i pewnych prawidłowości, według których dokonywana jest selekcja i wybór urządzeń technologicznych, transportowych i magazynowych zapisywany jest w postaci bazy reguł zawierających zdania warunkowe o następującej strukturze:

$$\text{IF } X_1 = A_1 \ldots \text{ AND } X_i = A_i \ldots \text{ AND } X_n = A_n \text{ THEN } Y_1 = B_1 \qquad (1)$$

gdzie: X_i - zmienne rozmyte,

A_i - wartości zmiennych rozmytych,

Y_i - konkluzja rozmyta,

B_i - wartość konkluzji rozmytej.

Przykładowe reguły dotyczące doboru obrabiarki do pracy w projektowanym systemie przedstawiono na rys.4. Określają one warunki, jakie musi spełniać w konkretnym przypadku

obrabiarka, aby została zakwalifikowana do jednej z pięciu grup (bardzo dobra, dobra, średnia, zła, bardzo zła). Zarówno złożoność reguł, jak i całego procesu wnioskowania zależy od liczby zmiennych lingwistycznych. W celu prawidłowej oceny obrabiarki należy uwzględnić takie parametry, jak moc napędu głównego, maksymalna średnica toczenia, maksymalna długość toczenia, liczba mocowanych narzędzi, wymiary gabarytowe, prędkość ruchów ustawczych, możliwości komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi, pojemność pamięci itp.

Dla przejrzystości pokazano przykład doboru obrabiarki przy dwóch zmiennych lingwistycznych (maksymalna średnica toczenia i moc napędu głównego). Zbiór reguł można przedstawić wtedy w postaci dwuwymiarowej bazy reguł. Na rys.2. przedstawiono przykładową bazę reguł dla opisanego powyżej przypadku. W takim układzie dla rozdzielczości systemu rozmytego równego 5 (pięciu wartości zmiennych rozmytych) oraz dla dwóch zmiennych rozmytych liczba reguł sterujących równa się 25. Jak widać, mimo iż maksymalna liczba reguł możliwych do zastosowania wynosi 25, to tylko w 9 przypadkach obrabiarka (tokarka) może być oceniana (w przypadku znalezienia się obrabiarki w polu bez wyniku zostaje ona zdyskwalifikowana jako nie spełniająca wymagań progowych).

Maksymalna średnica toczenia →

Moc napędu głównego ↓

	znacznie mniejsza	mniejsza	dobra	większa	znacznie większa
znacznie mniejsza	0	0	0	0	0
mniejsza	0	0	0	0	0
dobra	0	0	bardzo dobra	dobra	średnia
większa	0	0	dobra	zła	zła
znacznie większa	0	0	średnia	zła	bardzo zła

Rys. 2. Przykładowe reguły dotyczące doboru obrabiarki (tokarki)
Fig. 2. Example rules for selection of the machine tools

Podstawową wielkością wykorzystywaną przy ocenie obrabiarek jest stosunek wartości wymaganych parametrów do rzeczywistych (katalogowych) parametrów robota.

$$I = P_W / P_R \tag{2}$$

gdzie: P_W - parametr wymagany,
P_R - parametr rzeczywisty (katalogowy).

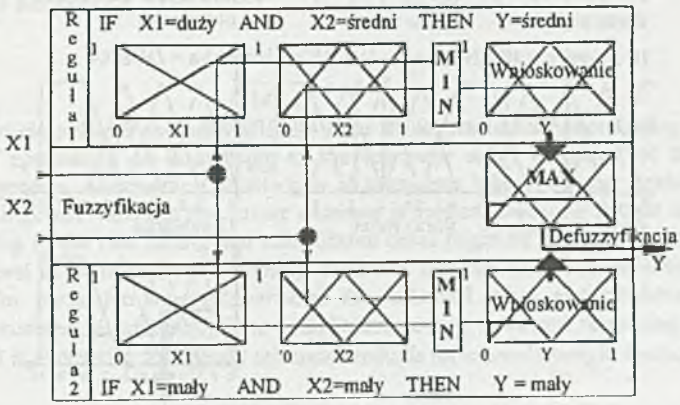
Funkcje przynależności określają, w jaki sposób ten iloraz wpływa na ocenę obrabiarki. W podanym przykładzie do każdego z parametrów zastosowano pięć wartości zmiennych

rozmytych (począwszy od: „znacznie mniejszy" przez „mniejszy", „równy", „większy", kończąc na „znacznie większy").

Nakładanie się poszczególnych zakresów zmiennych i wynikająca z tego pewna niejednoznaczność w przyporządkowaniu robotów do określonej grupy odzwierciedla typowy dla człowieka, nieostry, zawierający wiele uwarunkowań sposób klasyfikacji. Implikuje to konieczność uwzględnienia tego typu wieloznaczności w regułach decyzyjnych wykorzystywanych na etapie wnioskowania.

Algorytm procesu wnioskowania rozmytego składa się z trzech etapów (rys.3.):

1. Fuzzyfikacja - polegająca na rozmyciu „ostrej" wartości wejściowej, pozwalająca na przetworzenie wartości liczbowej w szeroko pojętą wartość typu: „mały", „średni", „duży" czy „bardzo mały", „odpowiedni", „bardzo duży".
2. Wnioskowanie - polegające w pierwszym etapie na poszukiwaniu minimum wartości dla każdej przyjętej reguły, tzn. wyborze najmniejszej wartości spośród znaczników danych wejściowych objętych analizowaną regułą. Blokiem wynikowym jest zbiór rozmyty mający miano określonej wielkości fizycznej. W drugim etapie następuje końcowe wnioskowanie oparte na każdej z zasad podstawowych w ten sposób, że końcową wartością jest maksimum spośród podstawowych reguł. Taki proces ma strukturę przetwarzania równoległego, zaś wnioskowanie nosi nazwę zasady **MIN, MAX** i jest podobne do sposobu myślenia człowieka [2].
3. Defuzzyfikacja - polegająca na przetworzeniu wartości rozmytych na wartość „ostrą", która odbywa się np. przez odnalezienie środka ciężkości wyjściowego zbioru rozmytego.



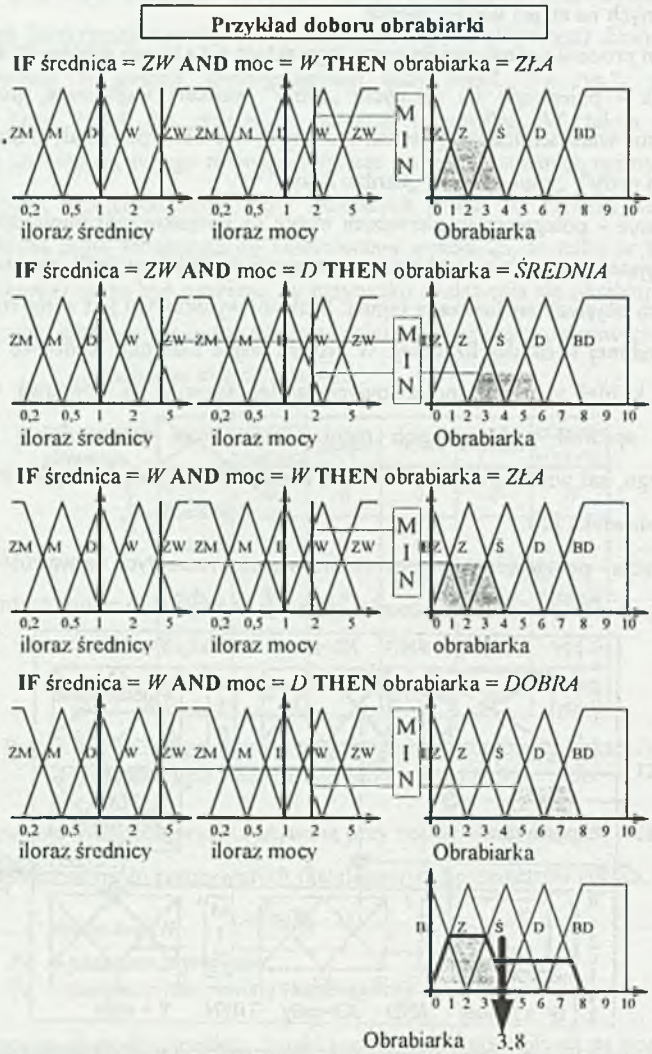
Rys.3. Fuzzyfikacja, wnioskowanie oraz defuzzyfikacja metodą środka ciężkości
Fig.3. Fussification, concluding and defussification according to the graviti center method

Na rys.4. przedstawiono sposób wykorzystania lingwistycznych reguł decyzyjnych do doboru obrabiarki. Przykładowe reguły oraz funkcje przynależności dotyczące oceny obrabiarki uwzględniają następujące wymagania:

– moc napędu głównego N = 12 kW; max średnica toczenia D = 100 mm.

Sprawdzana tokarka TZC 32N1 posiada następujące parametry:

– moc napędu głównego N = 18 kW; max średnica toczenia D = 320 mm.



Rys.4. Sposób wykorzystania lingwistycznych reguł decyzyjnych do doboru obrabiarki
Fig.4. Application of the decision linguistic rules for selection of the machine tool

W wyniku przeprowadzonego procesu oceny zilustrowanego na rys.4. uzyskano wyjściowy zbiór rozmyty będący iloczynem logicznym poziomu działania każdej reguły oraz zbioru rozmytego konkluzji. Zastosowanie etapu denazyfikacji pozwoliło przydzielić konkretną liczbę punktów ocenianej obrabiarce (3,8).

3. Podsumowanie

Wynikiem końcowym doboru z wykorzystaniem logiki rozmytej jest liczbowa ocena sprawdzanej obrabiarki w skali 0 do 10. W celu dokonania doboru przedstawiony powyżej proces należy przeprowadzić dla wszystkich obrabiarek znajdujących się w bazie danych. Obrabiarka otrzymująca najwyższą ocenę uznana jest za najlepszą.

LITERATURA

1. Adamczyk Z.: Teoria zbiorów rozmytych w sterowaniu procesem obróbki. Materiały IV Naukowej Szkoły Nadzorowania i Diagnostyki. Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji nr 57, Seria Konferencje nr 23, Oficyna Wyd. Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1995.
2. Pedrycz W.: Fuzzy Control and Fuzzy Systems. Reserch Studies Press LTD. John Wiley & Sons INC. New York 1993.
3. Jardzioch A., Honczarenko J., Banaszak Z.: Configuration optimization of robotized machining systems: an object oriented approach. Proceedings of the Second International Symposium on Method and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje 1995.
4. Honczarenko J.: Elementy i zastosowanie robotów przemysłowych. Wyd. Wyższa Szkoła Inżynierska, Zielona Góra 1995.

Recenzent: Prof.dr inż. Tadeusz Puchałka

Wpłynęło do Redakcji do 30.06.1996 r.

Abstract

The article presents the basis of fuzzy logic theory, mein fuzzy concluding elements of the way of application of fuzzy logic to the computer aided designing of the robotized machining systems. The method of selection of subsystem based on fuzzy decision rules are proposed. Linguistic variables that create datebase is applied. Database is built of elementary rules auording to the rule stating that complicated coses might be divided into basic elements with low lewel of complication. Disposing the set of decision rules and defining function of belonging for particular linguistic variables the industrial robot and machine tools were selected. It enabled formulation of the complicated control rules and respecting mamy aims. This method is alternativy for applied selection methods for example weight method.