

Mirosław ADAMSKI  
Norbert GRZESIK

## ALGORYTM PROJEKTOWANIA ROZMYTYCH SYSTEMÓW EKSPERCKICH TYPU MAMDANI – ZADEH OCENIAJĄCYCH EFEKTYWNOŚĆ WYKONANIA ZADANIA BOJOWEGO

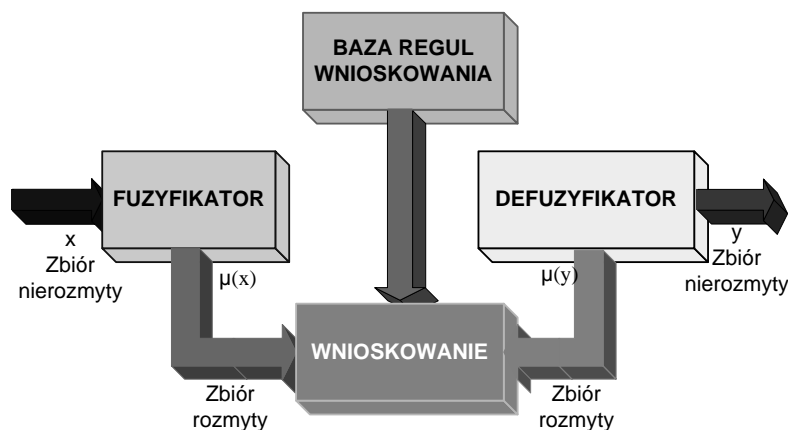
### 1. WSTĘP

Coraz szersze zainteresowanie i zastosowanie teorii zbiorów rozmytych w wielu dziedzinach nauki i techniki, skłoniło autorów do podjęcia próby przedstawienia algorytmu projektowania nieadaptacyjnych sterowników rozmytych oceniających efektywność wykonania zadania bojowego, np. dla bojowych wozów piechoty, z wykorzystaniem programu MATLAB. Przystawiono krok po kroku, projekt sterownika rozmytego, czyli proces definiowania funkcjonalnych i operacyjnych charakterystyk niezbędnych przy ocenie efektywności wykonania zadania bojowego, określenie funkcji przynależności oraz granic zbiorów rozmytych, określenie reguł wnioskowania oraz jednoczesną inferencję wszystkich reguł wnioskowania przy użyciu wartości sygnałów wejściowych, jak również wyostrzenie, czyli defuzyfikację w celu uzyskania konkretnej wartości sygnału wyjściowego (w tym przypadku efektywność wykonania zadania bojowego). Przedstawiony projekt jest integralną częścią opracowywanej przez autorów większej pracy badawczej. Ma ona dowieść, że przy wykorzystaniu odpowiedniej ilości i jakości informacji, projekt ten mógłby być praktycznie wykorzystany.

### 2. PROJEKT STEROWNIKA ROZMYTEGO (ROZMYTEGO SYSTEMU EKSPERCKIEGO)

Za pomocą zbiorów rozmytych można stworzyć rozmyty model systemu (układu), reprezentującego interesujące nas cechy (takim układem może być sterownik rozmyty określający efektywność zadania bojowego). Podstawą takiego systemu jest pojęcie kodowania rozmytego informacji. Systemy rozmyte operują na zbiorach rozmytych zamiast na liczbach, co umożliwia uogólnienie informacji.

Schemat takiego modelowania znajduje się na poniższym rysunku:



Rys. 1. Schemat wnioskowania rozmytego.

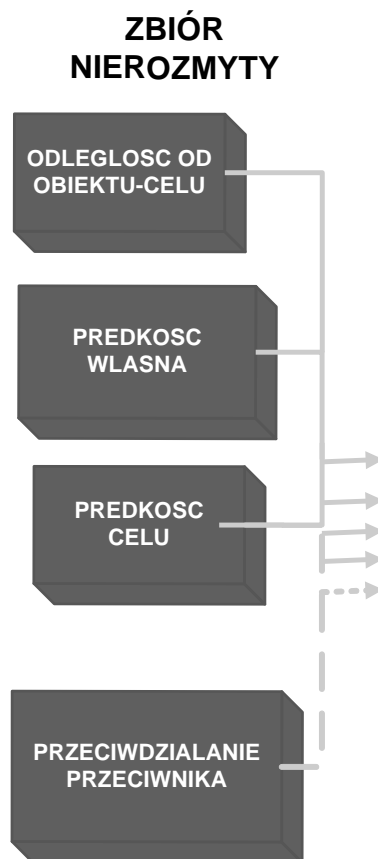
Nasza wiedza o systemie znajduje się w bazie reguł, które wykorzystujemy przy modelowaniu systemu. Kończącym etapem jest przetworzenie wyjść z powrotem na zmienne ilościowe. Proces obliczeń w logice rozmytej jest naszkicowany na Rys. 2. Kolejność obliczeń może być podzielona na dwie zasadnicze funkcje - wnioskowanie i wyostrzenie.



**Rys. 2. Proces obliczeń w logice rozmytej.**

- **proces definiowania funkcjonalnych i operacyjnych charakterystyk niezbędnych przy ocenie efektywności wykonania zadania bojowego;**

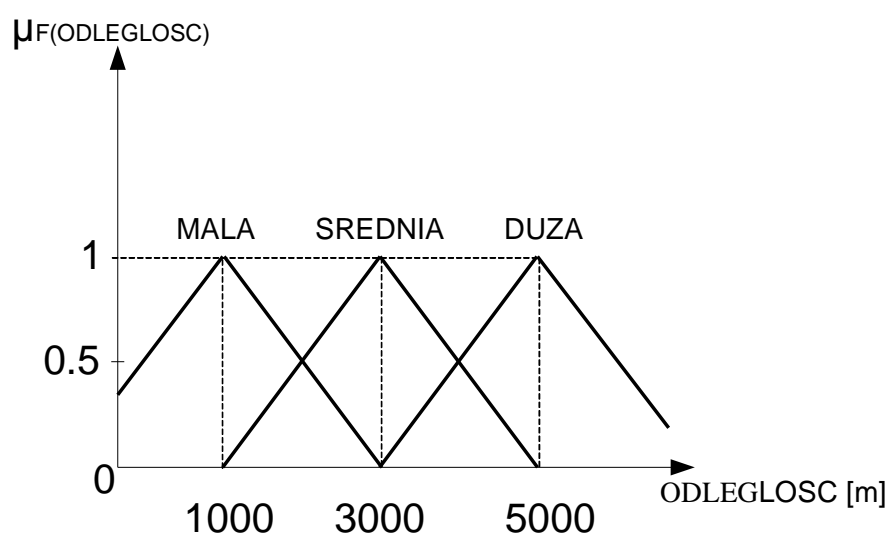
Na wstępie należy określić, jakie parametry (sygnały wejściowe) będą nas interesowały, tzn. miały wpływ na wykonanie zadania bojowego i na podstawie, których dokonana zostanie ocena (Rys. 3.)



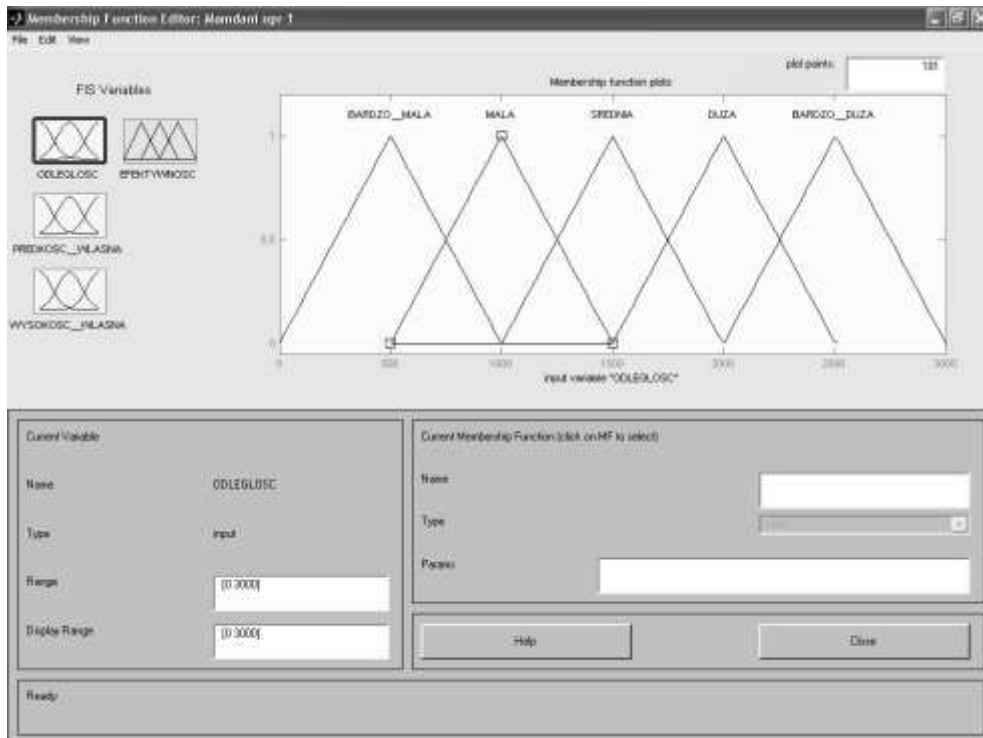
**Rys. 3. Ilustracja procesów wejściowych procesu.**

- **określenie funkcji przynależności oraz granic zbiorów rozmytych;**

Tak wygląda przykładowy przebieg funkcji przynależności np. dla odległości (trzy) oraz ich granice (Rys. 4.).



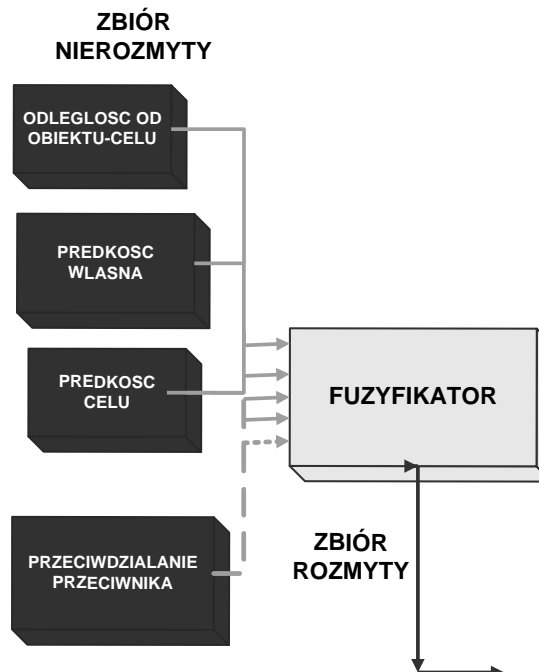
**Rys. 4. Przykładowy przebieg funkcji przynależności.**



**Rys. 5. Okno dialogowe sygnałów wejściowych i wyjściowych.**

Dla pozostałych sygnałów wejściowych i wyjściowych należy również określić funkcje przynależności oraz ich granice.

Przyporządkowaniu konkretnych zakresów funkcji przynależności sygnałom wejściowym towarzyszyć będzie fuzyfikacja, (czyli rozmywanie). Służy do tego blok fuzyfikatora (Rys. 6).



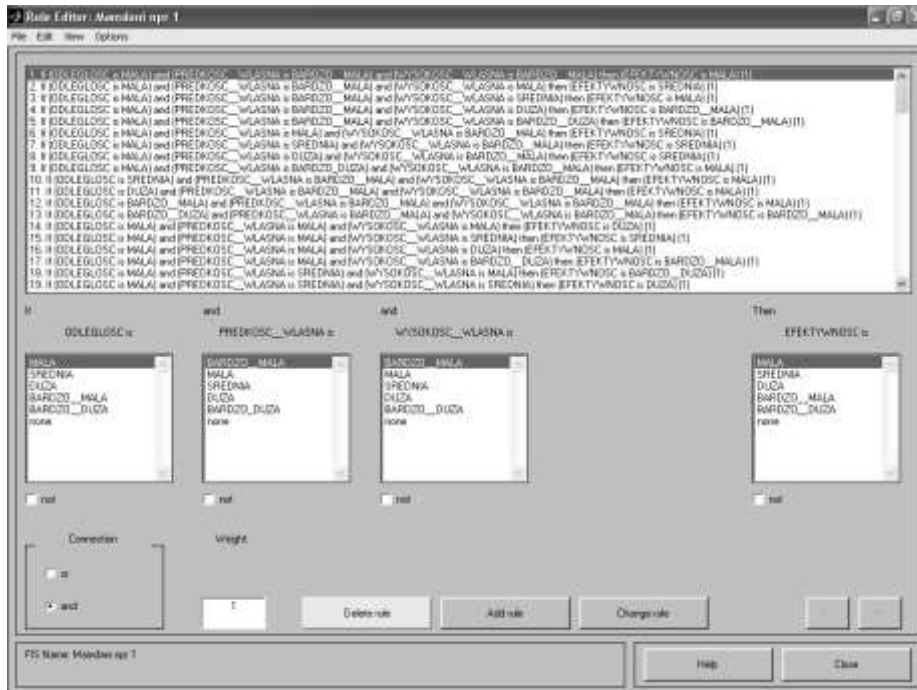
**Rys. 6. blok fuzyfikatora.**

- określenie reguł wnioskowania oraz jednoczesna inferencja wszystkich reguł wnioskowania przy użyciu wartości sygnałów wejściowych;

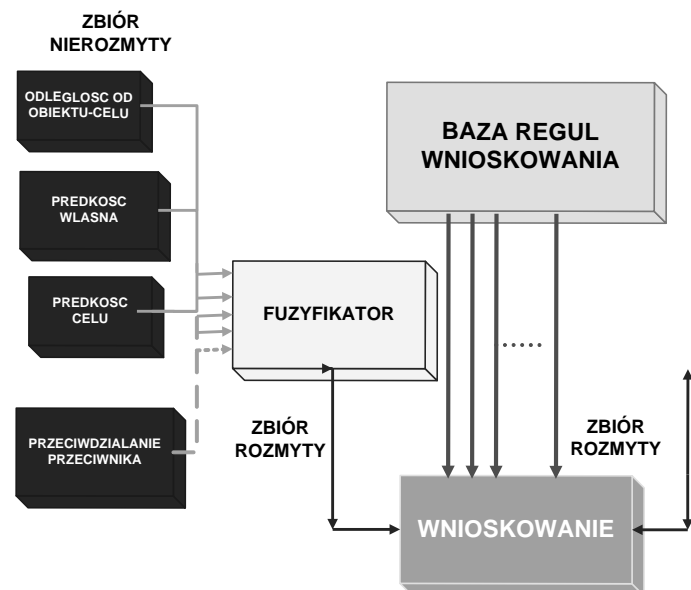
Kolejnym krokiem jest stworzenie bazy reguł wnioskowania (ich ilość uzależniona jest od ilości sygnałów wejściowych).

Postać reguły wnioskowania to np.:

*Jeśli ODLEGŁOŚĆ OD OBIEKTU-CELU jest MAŁA i PRĘDKOŚĆ WŁASNA jest MAŁA i PRĘDKOŚĆ CELU jest MAŁA to EFEKTYWNOŚĆ WYKONANIA ZADANIA jest DUŻA., itd.*



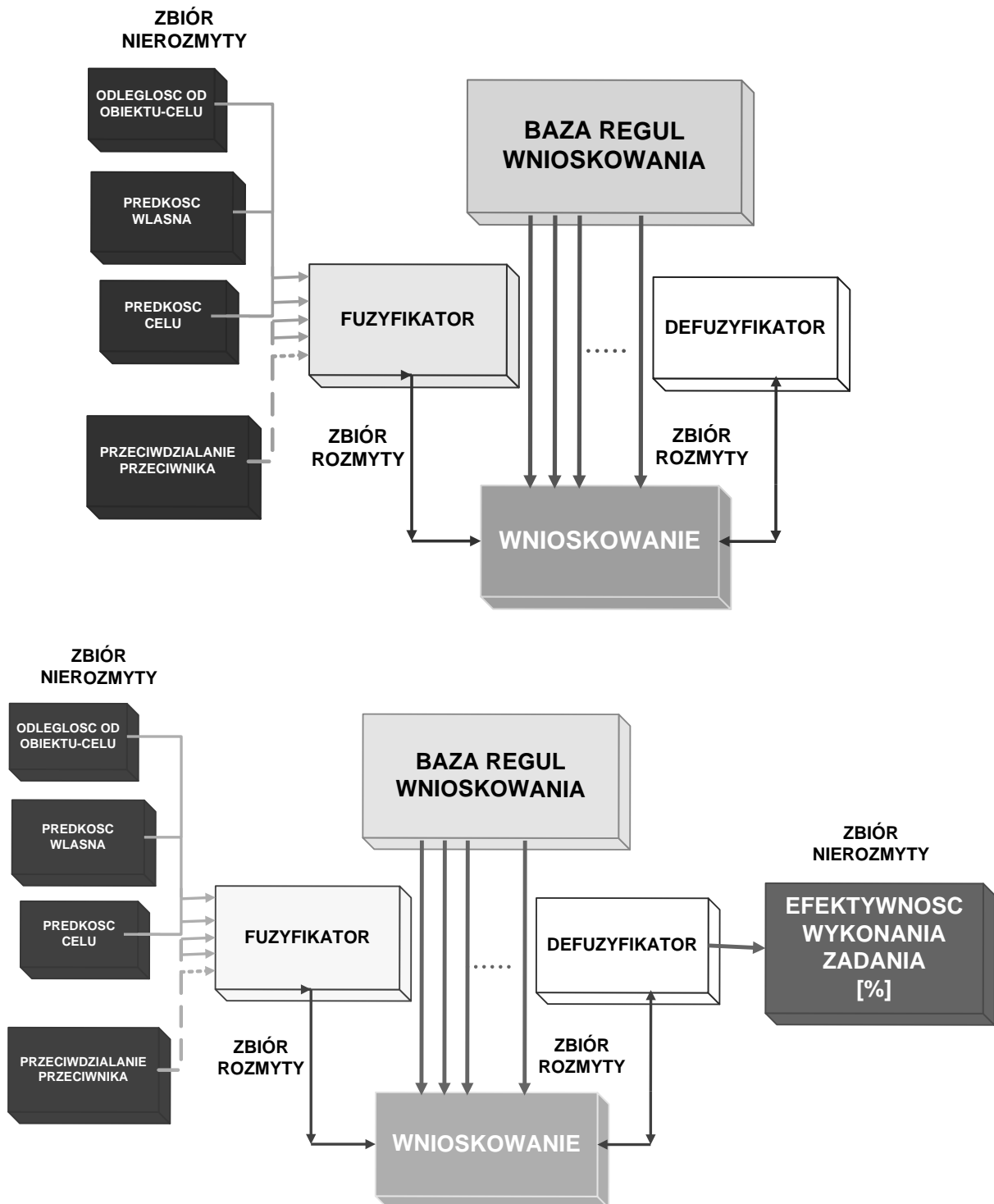
Rys. 7. Okno dialogowe bazy reguł wnioskowania.



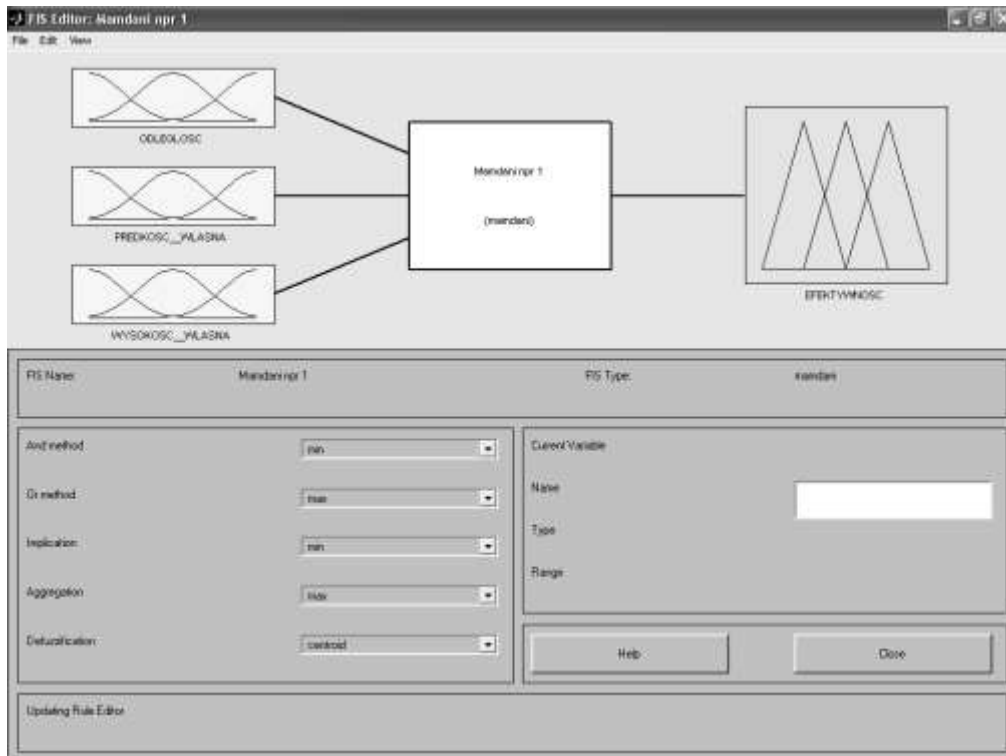
Rys. 8. Schemat blokowy bazy reguł wnioskowania.

- wyostrzenie, czyli defuzyfikacja w celu uzyskania konkretnej wartości sygnału wyjściowego;

Następnie zakładamy parametry wejściowe (mieszczące się w przedziałach funkcji przynależności), dla których zostanie oceniona efektywność (stopień) wykonania zadania bojowego.



Rys. 9. Schematy blokowe bazy reguł wnioskowania.

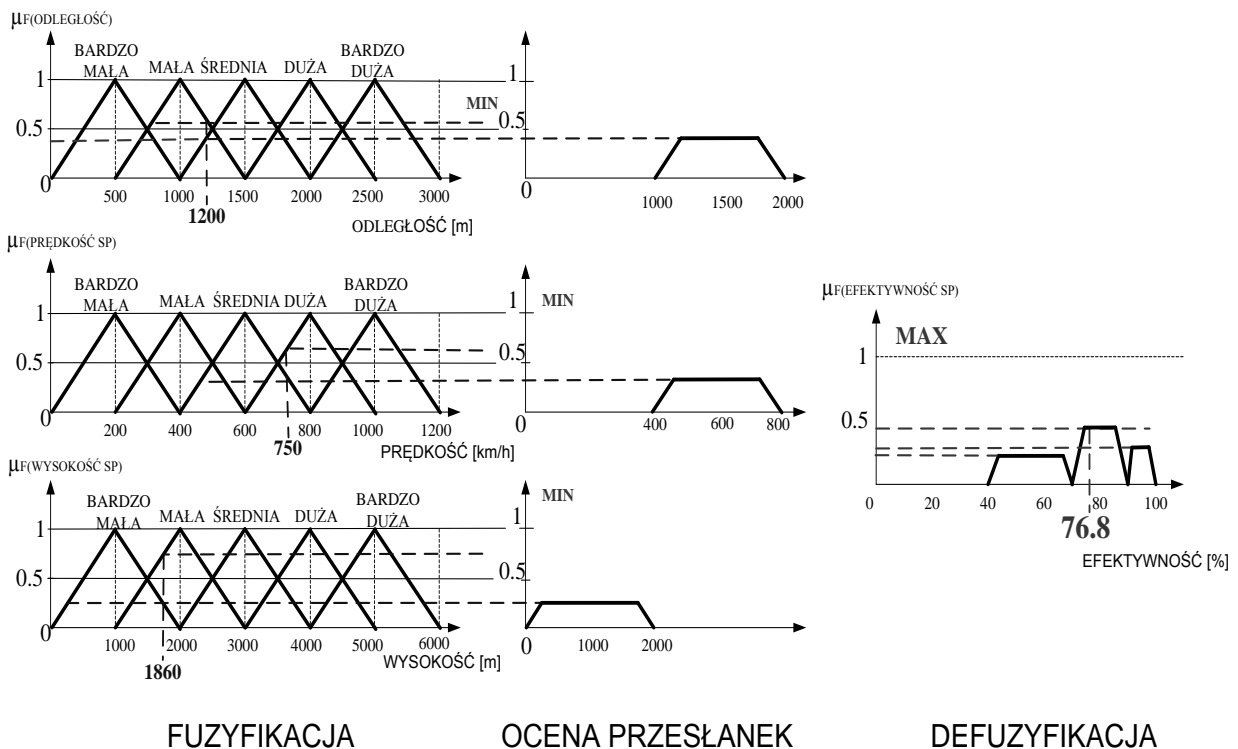


Rys. 10. Okno dialogowe parametrów reguł wnioskowania.

Efektywność wykonania zadania bojowego, czyli zniszczenia obiektu – celu dla zadanych parametrów wejściowych przedstawiona jest w postaci reguł bądź płaszczyzn.

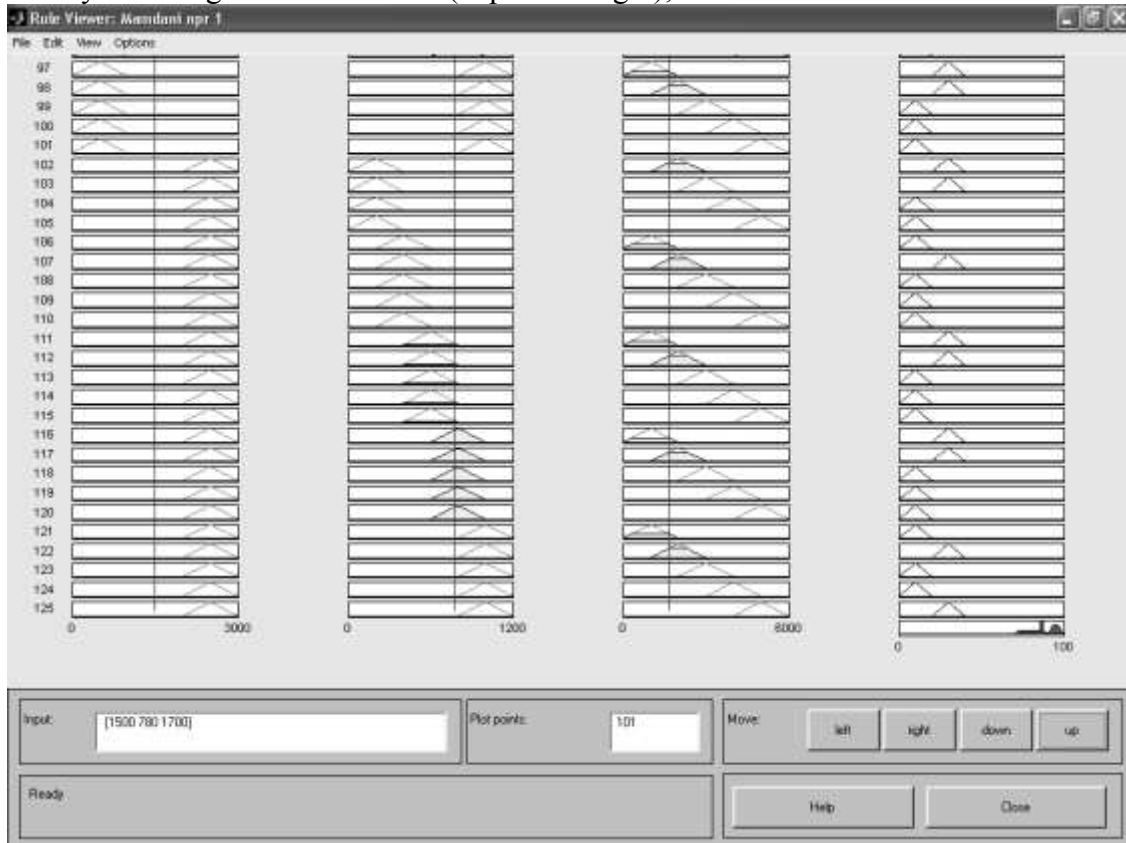
Przykład:

- dla jednej reguły wnioskowania (w postaci reguł);

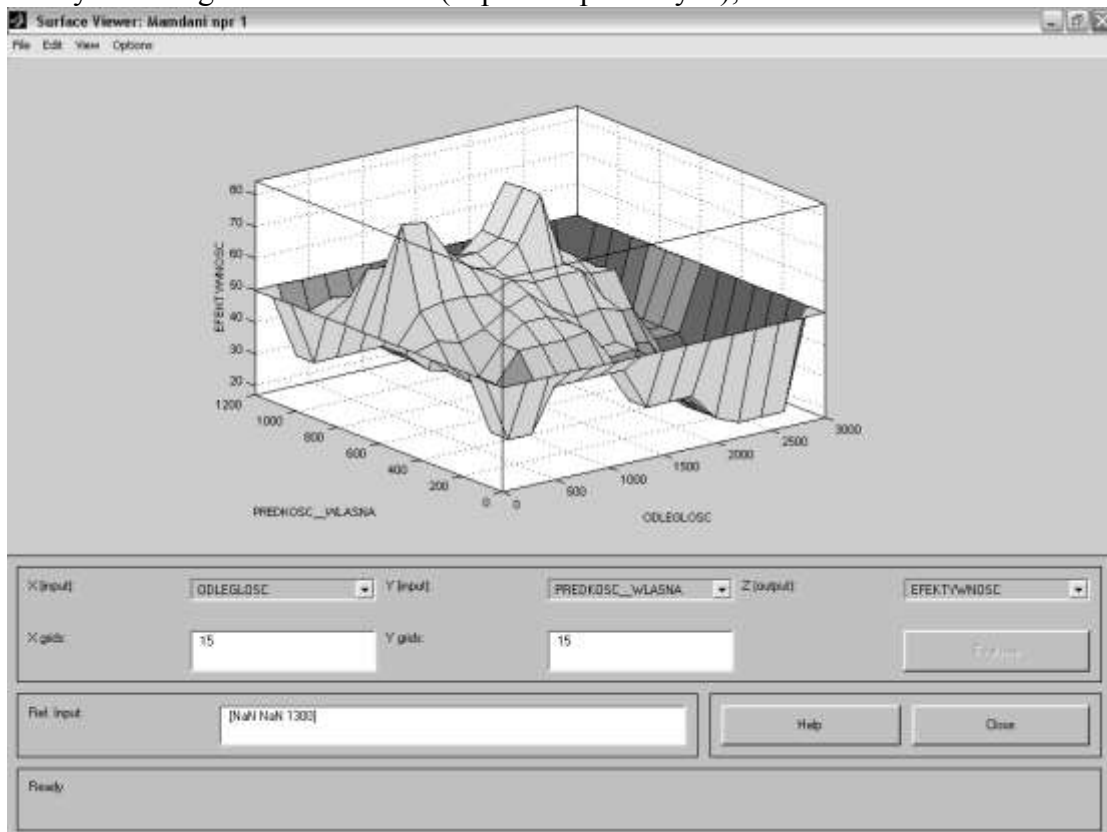


Rys. 11. Prezentacja wyników reguł wnioskowania.

- dla wszystkich reguł wnioskowania (w postaci reguł);



- dla wszystkich reguł wnioskowania (w postaci płaszczyzn);



Rys. 12. Okno dialogowe i końcowe wyniki reguł wnioskowania.



### 3. PODSUMOWANIE

Wykonane projekty charakteryzują się precyzyjną i niezawodną pracą. Mała ilość sygnałów wejściowych pozwala na otrzymywanie wyników w czasie rzeczywistym (ten parametr zależy również od szybkości maszyny liczącej – japończycy opracowali procesory rozmyte liczące ponad dwa miliony reguł wnioskowania na sekundę, to daje duży zakres możliwości wykonywanego projektu). Mogą być one wykorzystywane zarówno jako człony wspomagająco – decyzyjne, bezpośrednio w trakcie realizacji zadania, jak również np. podczas treningów na symulatorach do określenia optymalnych rozwiązań, bądź do oceny wykonywanych przez załogę symulowanych zadań bojowych.

Duża ilość założeń upraszczających spowoduje określenie jedynie przybliżonej wartości efektywności. Jednak zalety tego typu rozwiązań skłaniają do przeprowadzenia dalszych badań i sukcesywne zmniejszanie ilości założeń upraszczających, które niewątpliwie obarczają wynik końcowy błędami.

### 4. LITERATURA

- [1] Lotfi Zadeh: „The concept of linguistic variable and its applications to approximate reasoning”. Part 1-3. Information Sciences, 1975 r.
- [2] Lotfi Zadeh: „Fuzzy Sets”. Information and Control, 1965 r.
- [3] CZOGAŁA E., PEDRYCZ W.: „Elementy i metody teorii zbiorów rozmytych” PWN, Warszawa 1985 r.
- [4] YAGER R., FILEV D.: „Podstawy modelowania i sterowania rozmytego” Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1995 r.
- [5] TAKAGI T., SUGENO M.: „Fuzzy identyfikation of systems and its application to modeling and control” IEEE Trans. SMC, 1985r.
- [6] Praca zbiorowa: „Poradnik inżyniera – Automatyka” Warszawa 1973 r.
- [7] PEATMAN John B.: „Projektowanie systemów cyfrowych”.