

Rozmyte systemy regułowe

Informacja, którą przetwarzają ludzie często (prawie zawsze) jest nieprecyzyjna, a mimo to potrafimy poprawnie wnioskować i podejmować decyzję, czego klasyczne komputery nie potrafią. Jest to związane z faktem, iż systemy informatyczne przystosowane są do przetwarzania danych liczbowych, które są jednoznaczne (precyzyjnych). Ale jak maszyna powinna zrozumieć zdanie:

Jeśli przeszkoda jest blisko to przyhamuj

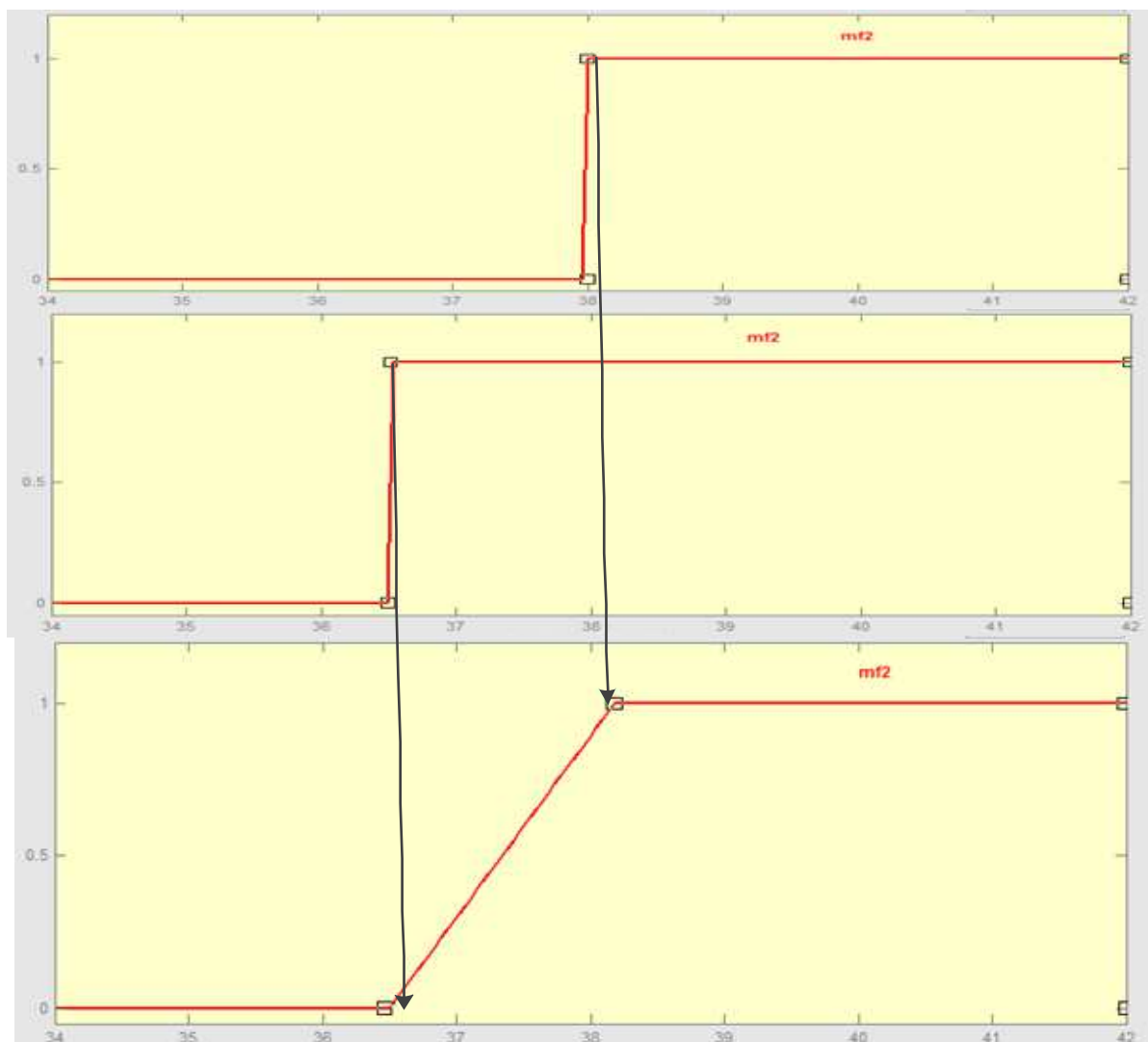
Co to znaczy „blisko”, jaką to ma wartość?

Co to znaczy „przyhamuj” jak bardzo mam nacisnąć na hamulec?

Rozwiązaniem tego jest zastosowanie wspomnianej w tytule teorii zbiorów rozmytych [4], która umożliwia transformację niepewnej informacji do postaci liczbowej zrozumiałej dla komputera.

Innym typowy przykładem zastosowań teorii zbiorów rozmytych jest tzw. problem wielu ekspertów. Często bowiem każdy z ekspertów ma inne zdanie na dany temat, jak więc interpretować uzyskane odpowiedzi. Odpowiednia jest tutaj maksyma: „Gdzie kucharek sześć tam nie ma co jeść” – czyli ilu ekspertów tyle pomysłów na rozwiązanie problemu.

Przykład :



Kiedy mamy gorączkę?

Odpowiedź 1:

Jeśli temperatura jest większa niż 36,6 st. C

Odpowiedź 2:

Jeśli temperatura jest większa niż 38 st. C

Obydwie te odpowiedzi można zapisać w postaci funkcji opisującej przynależność do zbioru osób mających gorączkę. Przedstawiają to poniższe rysunki (a) i (b). Pytanie jest więc kiedy mamy gorączkę, skoro uzyskane odpowiedzi są sprzeczne? Rozwiązaniem jest tutaj wprowadzenie możliwości wystąpienia częściowej gorączki, czyli zdefiniowanie funkcji, która nie tylko przyjmuje wartości *prawda* – (1), *fałsz* – (0) ale również wszystkie inne wartości z przedziału [0-1].

Powyższa idea zaproponowana została przez prof. Lotofi Zadecha w 1965 roku. Bazuje ona na zdefiniowaniu tzw. funkcji przynależności. Funkcja ta przyporządkowuje każdemu elementowi ze zbioru A wartość z przedziału [0,1], określającą stopień przynależności tego elementu do zbioru A. W odróżnieniu od klasycznego podejścia do teorii zbiorów, gdzie mówiliśmy o funkcji opisującej przyjmującej dwie wartości {0,1}, w zbiorach rozmytych wyróżniamy trzy przypadki:

$\mu_A(x)=1$ – pełna przynależność do zbioru rozmytego A,

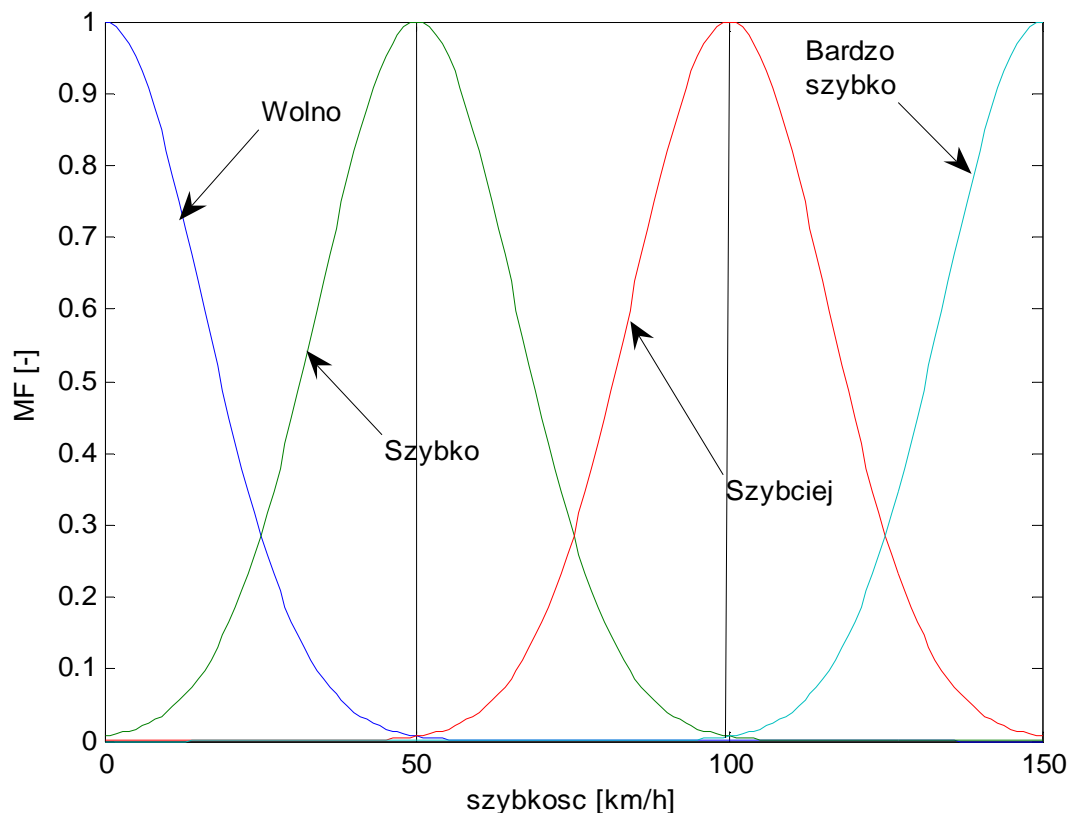
$\mu_A(x)=0$ – brak przynależności elementu x do zbioru rozmytego A,

$0 < \mu_A(x) < 1$ – częściowa przynależność elementu x do zbioru rozmytego A

Każda ze zdefiniowanych funkcji przynależności definiuje jeden zbiór rozmyty. Przechodząc z teorii zbiorów rozmytych do analizy zachowania naturalnego spotykamy się z problemem odwzorowania wartości języka naturalnego na wartości teorii zbiorów rozmytych. Typowe są tutaj pojęcia:

- ❑ **Zmienna lingwistyczna** – wielkość wejściowa lub wyjściowa, zmienna stanu. Nazwa zmiennej przyjmująca wartości lingwistyczne. Przykłady: „prędkość”, „ciśnienie”, „wiek”
- ❑ **Wartość lingwistyczna** – jest to słowny opis wartości jakie przyjmuje zmienna lingwistyczna. Przykład: „szybko”, „wolno”, „duże”, „małe”, „stary”, „młody”
- ❑ **Przestrzeń numeryczna zmiennej** – zbiór wartości numerycznych (zakres wartości), jaki może przyjąć dana zmienna lingwistyczna
- ❑ **Funkcja przynależności** – funkcja opisująca parametr, stopień w jakim dany punkt należy do danego zbioru

Przedstawia to poniższy rysunek

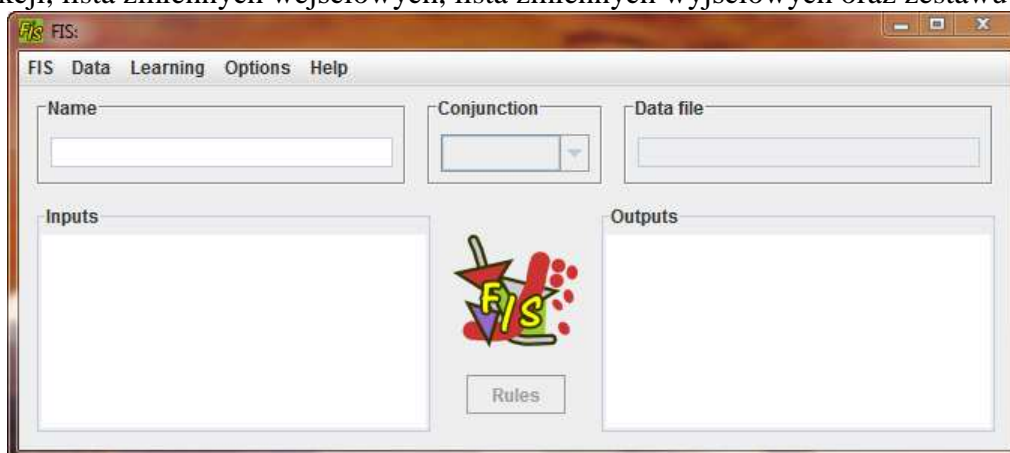


Rys. 1 Zmienna lingwistyczna "szybkość" wraz z czterema funkcjami przynależności określającymi wartości lingwistyczne „wolno”, „szybko”, „szybciej”, „bardzo szybko”

Budowa systemu regałowego rozmytego

Przykładową aplikacją realizującą proces wnioskowania rozmytego (ang. fuzzy inference system – FIS) jest program FISPro [9]. Jest to aplikacja napisana w Javie.

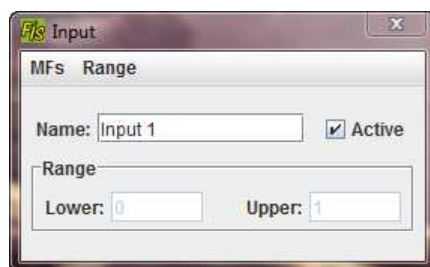
Po jej uruchomieniu otwiera się okno programu umożliwiające dostęp do wszystkich elementów systemu FIS. Na okno składają się: Menu, nazwy systemu, typu realizowanej koniunkcji, lista zmiennych wejściowych, lista zmiennych wyjściowych oraz zestawu reguł



Rys. 2 Główne okno programu FISPro

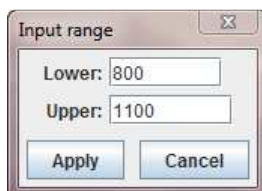
Aby utworzyć własny system należy wydać polecenie: *Menu->FIS->New*. Po jego wydaniu można zdefiniować nazwę projektowanego procesu wnioskowania oraz wybrać typ operatora koniunkcji

(rozmyte *and*). Każdy system rozmyty wymaga zdefiniowania zmiennych lingwistycznych, które będą się składały na ów system. Aby je dodać wydajemy polecenie *FIS->Inputs->New Input* :



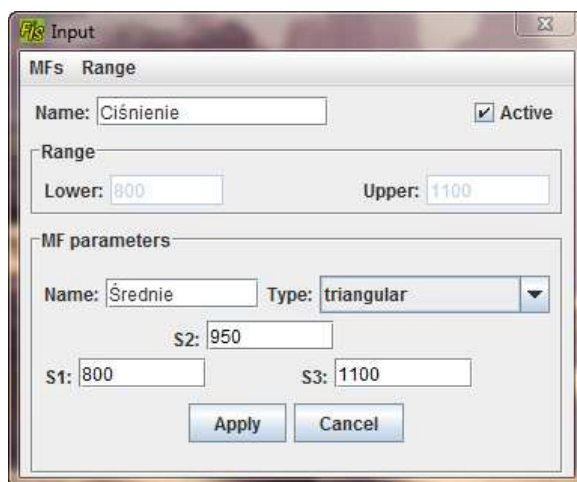
Rys. 3 Okno definiowania zmiennej wejściowej systemu

Gdzie w miejsce Input 1 wpisujemy nazwę wybranej zmiennej lingwistycznej. Dodatkowo z menu wybierz polecenie *Range-Input*, które umożliwi zdefiniowanie zakresu numerycznego dla danej zmiennej. Dla ciśnienia atmosferycznego typowymi wartościami jest zakres 800 do 1100 hPa.



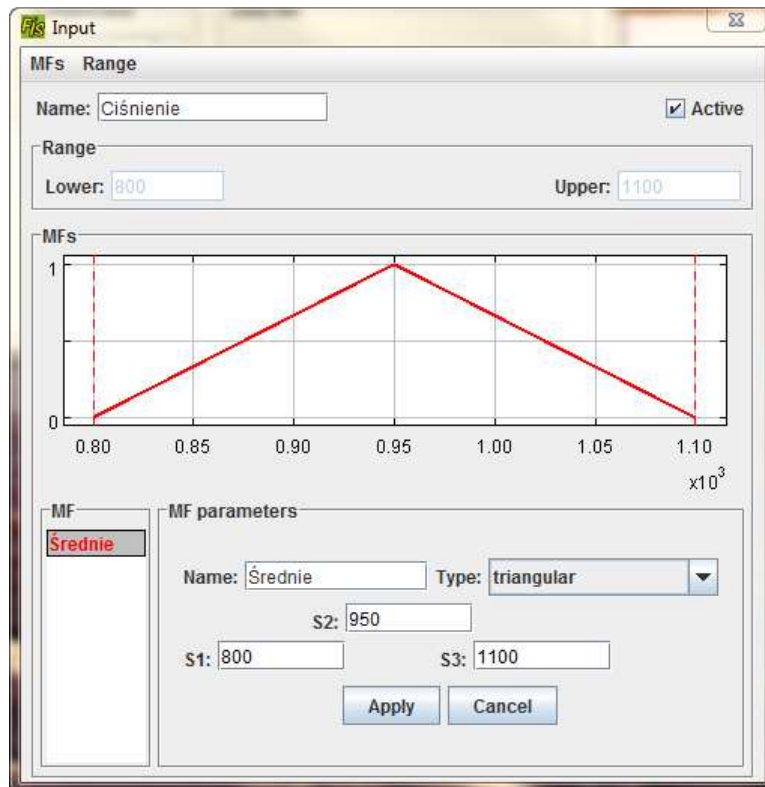
Rys. 4 Okno definiowania przestrzeni numerycznej danej zmiennej

Następnym krokiem jest zdefiniowanie wartości lingwistycznych oraz przypisanie do nich odpowiednich funkcji przynależności. W tym celu w oknie *Input* wybieramy polecenia: *MFs->New MF*. Wówczas ulega zmianie okno *Input* rozbudowując się o kolejne elementy – sekcję *MF parameters*, gdzie definiujemy nazwę wartości lingwistycznej np. *Średnie*, określamy kształt funkcji przynależności (domyślnie jest to funkcja trójkątna)



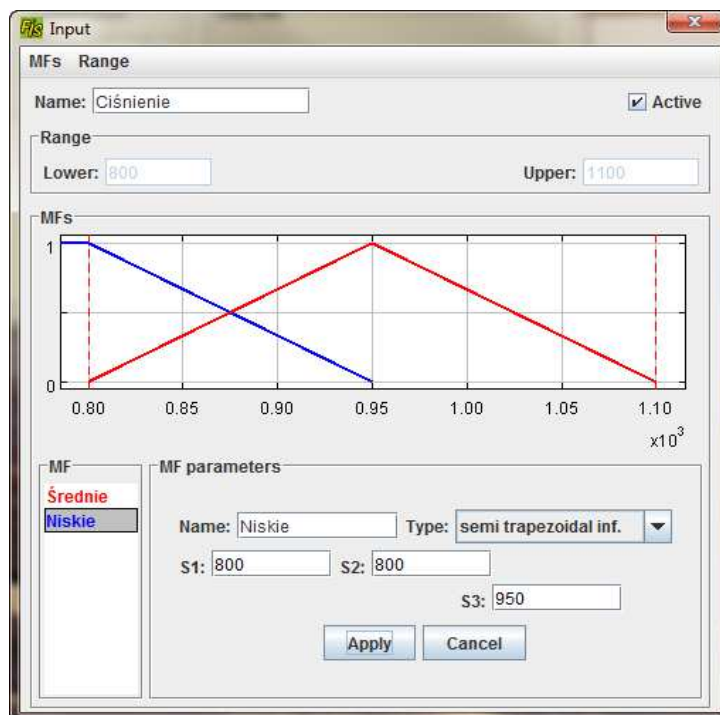
Rys. 5 Okno definiowania funkcji przynależności i wartości lingwistycznych. W tym kształt oraz właściwości funkcji przynależności

Po kliknięciu *Apple* uzyskujemy podgląd graficzny zdefiniowanej funkcji przynależności:



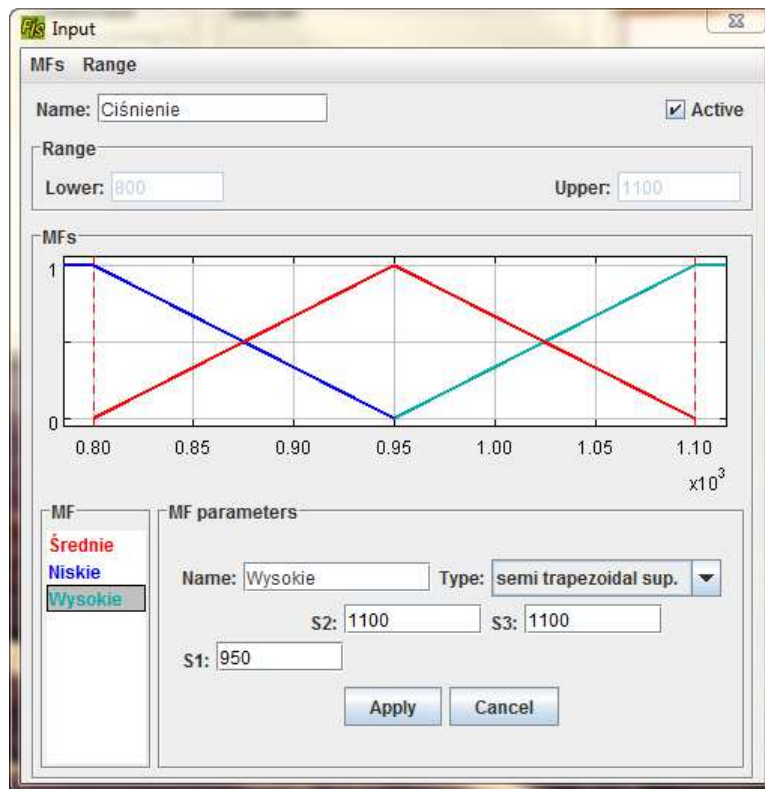
Rys. 6 Widok okna dodawania funkcji przynależności dla wartości lingwistycznych „Średnie” dla zmiennej ciśnienie

Chcąc dodać kolejne wartości lingwistyczne i dodać nową funkcję przynależności wykonujemy *Menu->MFs->New MF*. I określamy wartość lingwistyczną oraz definiujemy odpowiednie parametry funkcji przynależności, jak na rys:



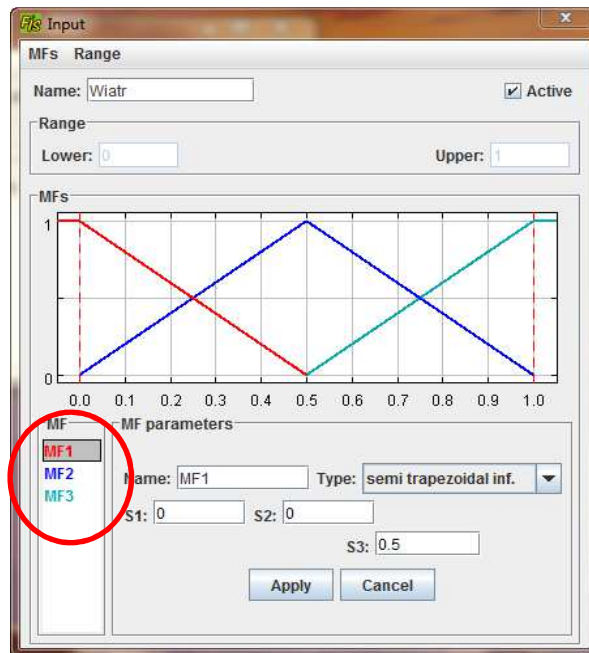
Rys. 7 Widok okna definiowania funkcji przynależności dla wartości lingwistycznej „niskie” dla zmiennej ciśnienie

Dodajemy kolejną funkcję przynależności dla wartości lingwistycznej *ciśnienie wysokie*.



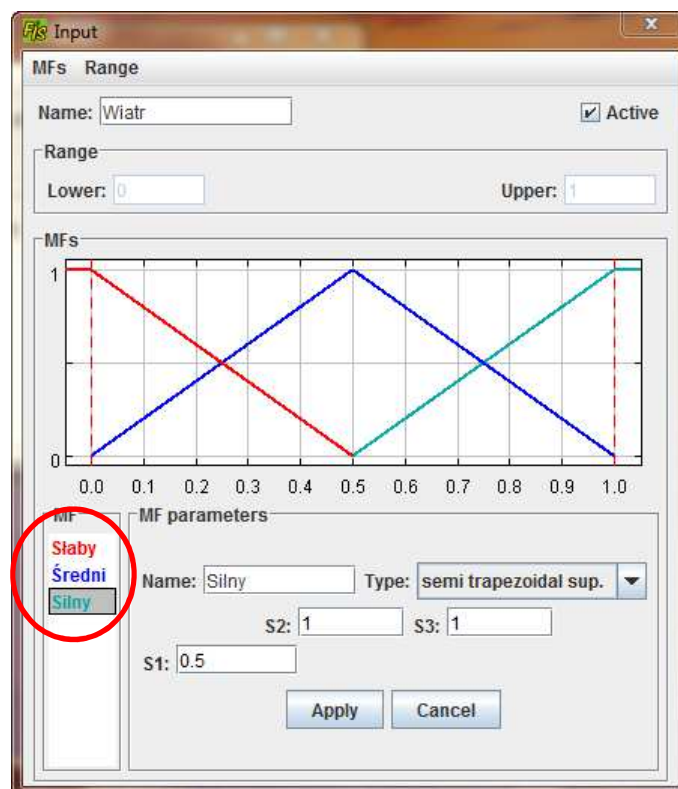
Rys. 8 Widok okna definiowania funkcji przynależności dla trzeciej wartości lingwistycznej dla zmiennej **ciśnienie**

Po zdefiniowaniu wszystkich funkcji przynależności można zamknąć otwarte okno *Inputs* i dodać kolejne wejście (zmienną) do systemu, tym razem będzie to zmienna *Wiatr*, której zakres numeryczny jest z przedziału od [0 do 1], gdzie 0 oznacza brak wiatru, a 1 oznacza wicher. Teraz tworząc funkcje przynależności można wykorzystać wbudowaną funkcję automatycznie definiującą odpowiednie funkcje przynależności: *Menu->MFs->Regular Grid*. Pyta nas ona ile funkcji przynależności ma utworzyć, a następnie po kliknięciu *Apply* uzyskujemy wynik:



Rys. 9 Widok okna definicji funkcji przynależności wygenerowany dla zmiennej „Wiatr”

Teraz niezbędne jest jedynie zdefiniowanie odpowiednich nazw (wartości lingwistycznych) i przypisanie ich do utworzonych funkcji przynależności:

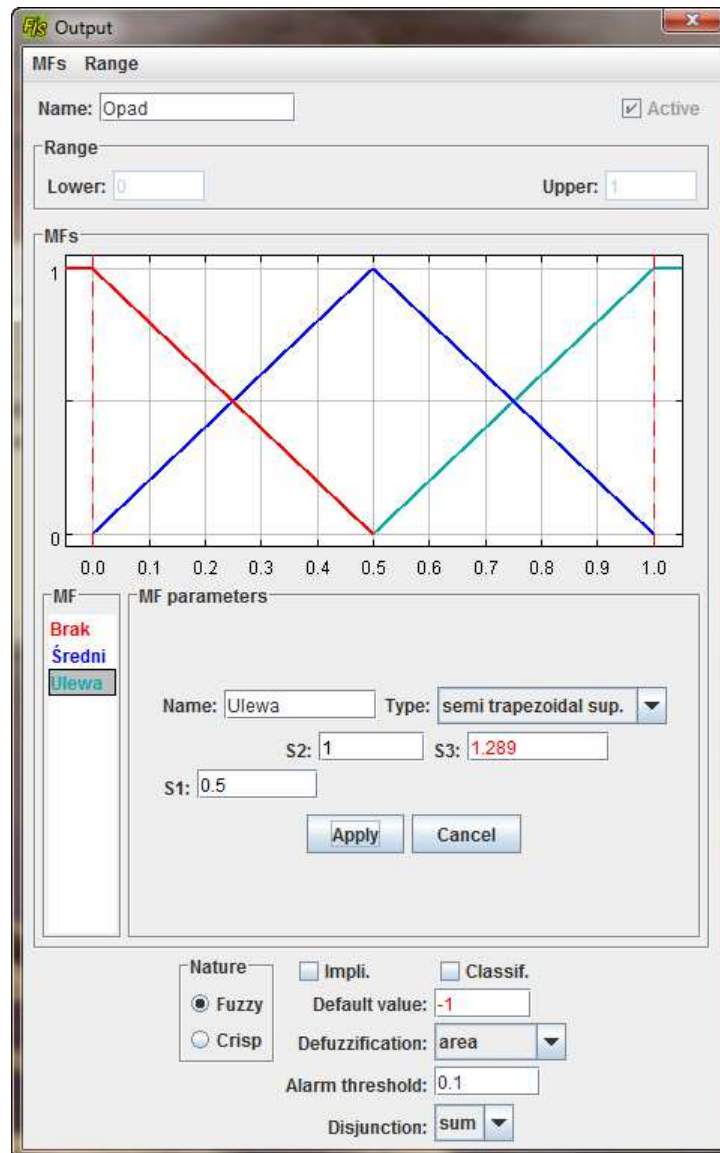


Rys. 10 Definiowanie nazw wartości lingwistycznych dla zmiennej "Wiatr"

Po zamknięciu tego okna pozostaje jeszcze stworzenie odpowiedniej zmiennej (zmiennych) wyjściowych, stanowiących odpowiedź systemu. W tym celu w oknie FIS wykonujemy *Menu->FIS->Outputs->New Output*. Przykładowym wyjściem naszego systemu może być *Opad* (np. deszczu).

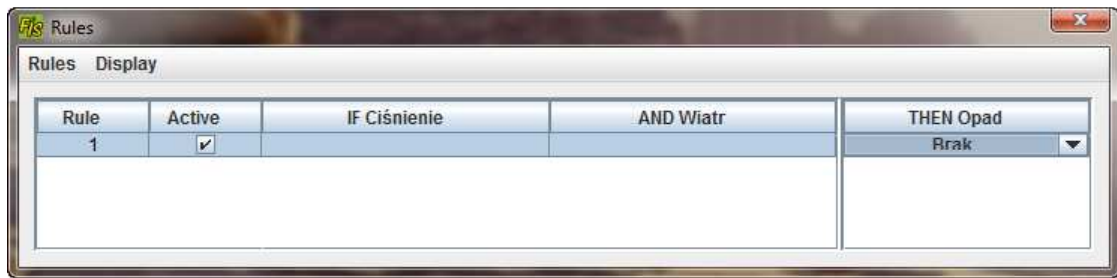
Okno to obok klasycznego widoku ma również część poświęconą sposobowi wnioskowania (Mamdaniego/Takagi-Sugeno) oraz sposobom denazyfikacji i dysjunkcji. Dysjunkcja określa tutaj sposób reakcji systemu na sytuację, w której kilka reguł jest jednocześnie częściowo aktywowanych, natomiast *Defuzyciation* określa sposób uzyskania konkretnej wartości liczbowej – ostrego wyjścia.

Podobnie jak dla zmiennych wejściowych można tutaj automatycznie wygenerować odpowiednie funkcje przynależności. *Menu->MFs->Regular grid*. Po ich wygenerowaniu niezbędne jest jeszcze przypisanie odpowiednich wartości lingwistycznych.



Rys. 11 Zdefiniowanie funkcji przynależności i wartości lingwistycznych dla zmiennej wyjściowej

Ostatnim elementem jest zdefiniowanie odpowiednich reguł, co wymaga powrotu do okna *FIS*. W celu ich stworzenia klikamy na przycisk *Rules* znajdujący się na środku okna. Nowo otwarte okno jest edytorem reguł. Dodanie nowej reguły odbywa się poprzez wydanie z menu poleceń: *Rules->New rule*.



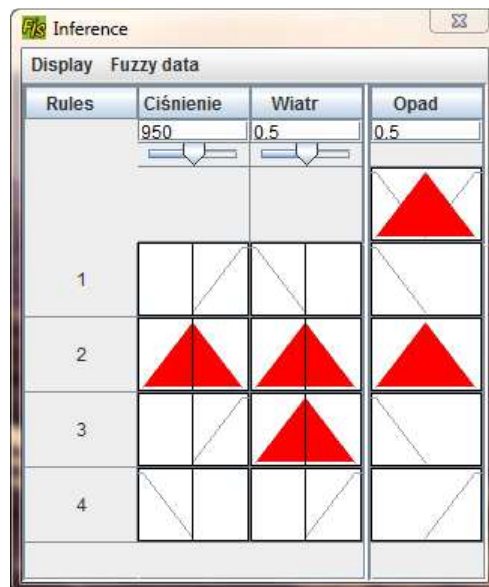
Rys. 12 Widok okna definicji reguł

Gdzie za pomocą list rozwijanych definiujemy odpowiednie reguły:



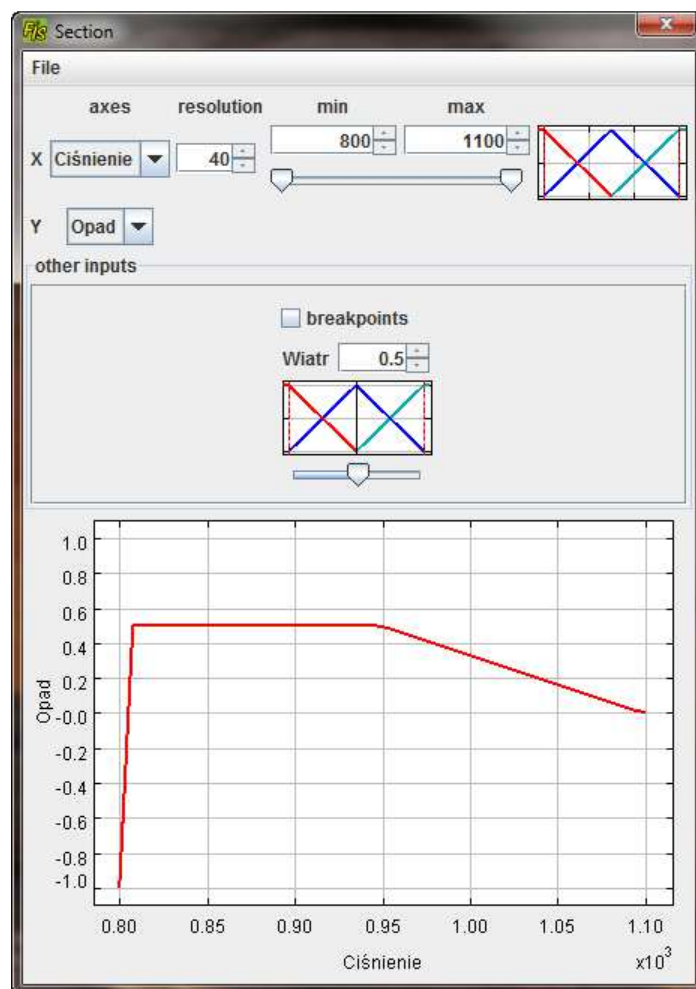
Rys. 13 Widok okna zdefiniowanych reguł

Sposób działania systemu w zależności od wartości określonych wejść można śledzić i analizować w oknie *Inference* dostępnym z *FIS->Menu->Infer*, gdzie przesuwając suwakami możemy określać poszczególne wartości ciśnienia oraz wiatru i obserwować przewidywany przez system Opad.



Rys. 14 Podgląd działania systemu wnioskowania rozmytego

Obserwacje działania systemu możesz również prowadzić za pomocą *FIS->Menu->FIS->System response->Section*



Rys. 15 Okno analizy i wizualizacji zależności wartości wyjściowej systemu dla zadanych wartości wejściowych systemu

Okno to umożliwia wizualizację odpowiedzi systemu dla założonej jednej ze zmiennych jako stała.

Zadanie

Zad. 1.

Zaobserwuj jak wpływają na zbudowany system parametry systemu wnioskowania (dolna część okna dot. zmiennych wyjściowych). Podaj i opisz działanie systemu, gdy zmieni się operator dysjunkcji oraz defuzyfikacji. W tym celu dla określonych ustawień zmieniaj położenia suwaków i obserwuj wartość intensywności opadów. Uwaga: pamiętaj aby zestaw reguł był dostatecznie duży oraz by reguły wzajemnie się pokrywały.

Zad. 2.

Zaobserwuj również wpływ operatora koniunkcji (główne okno FIS). W razie konieczności posiłkuj się wzorami znanymi z wykładu.

Zad. 3.

Zbadaj i porównaj dla wybranych identycznych wartości zmiennych wejściowych sposób działania systemu dla różnych kształtów funkcji przynależności

Zad. 4.

Zaobserwuj sposób podejmowania decyzji przez system na podstawie wykresu Section. Czy wartości wyjściowe zmieniają się w sposób ciągły, czy są w nim nieciągłości.

Zad. 5.

Za pomocą Excela lub programu RapidMiner dokonaj wizualizacji i przyjrzyj się danym Iris34.csv, a następnie spróbuj samodzielnie zbudować system wnioskowania samodzielnie podejmujący decyzję o gatunku kwiatu Irysu. Jako wynik do sprawozdania dołącz plik opisujący strukturę FIS (*.fis). Nazwa pliku FIS powinna być zgodna z nazwą pliku sprawozdania