

**LABORATORIUM**  
**METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

**Laboratorium nr 13\_14\_4F**

Temat: **Fuzzy Logic Toolbox - przykład modelowania rozmytego**

Celem laboratorium jest zapoznanie się z możliwościami aproksymacji funkcji nieliniowych dwóch zmiennych przy pomocy układów z logiką rozmytą, z zastosowaniem przybornika pakietu Matlab - Fuzzy Logic Toolbox.

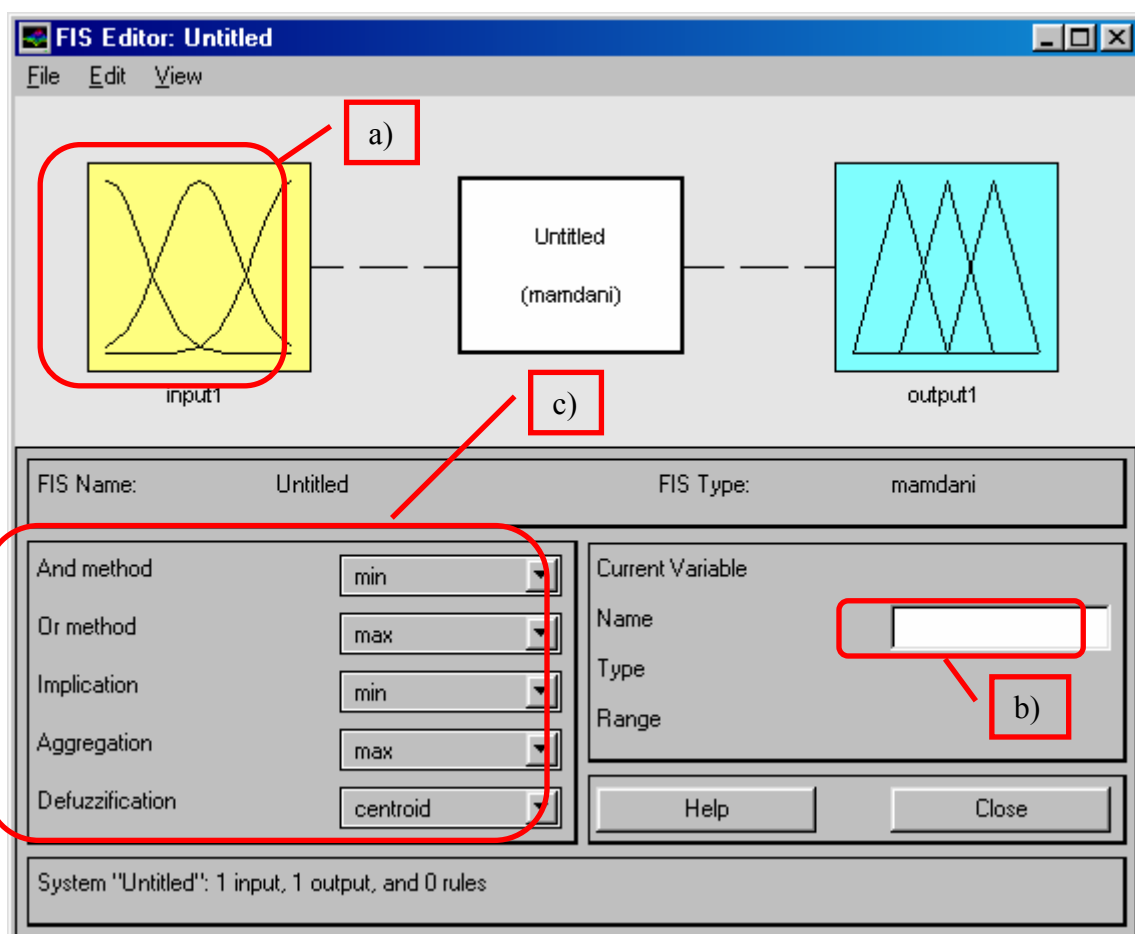
## 1. Projektowanie układów rozmytych - Fuzzy Logic Toolbox

*Fuzzy Logic Toolbox* – to pakiet z interfejsem graficznym do budowy modeli rozmytych w Matlab-ie. Pakiet *Fuzzy Logic Toolbox* uruchamiamy z poziomu linii poleceń programu Matlab przy pomocy komendy:

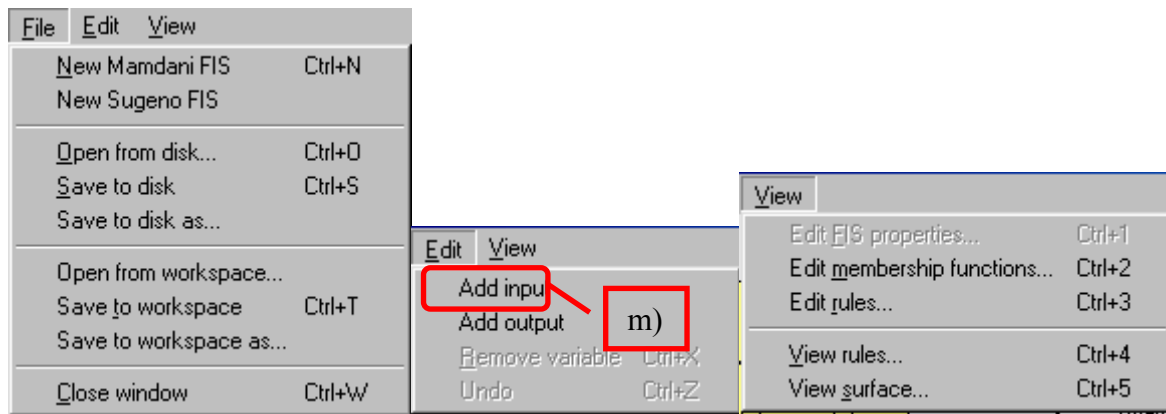
>fuzzy.(enter)

Na rys. 1 pokazano główne okno pakietu *Fuzzy Logic Toolbox*. Na rys. 2 zamieszczono rozwijane menu *File*, *Edit*, *View*. Procedura projektowania układu rozmytego z zastosowaniem pakietu *Fuzzy Logic Toolbox* przebiega następująco:

1. Uruchomić pakiet *Fuzzy Logic Toolbox* przy pomocy polecenia >fuzzy wpisanego w wierszu poleceń programu Matlab i potwierdzonego klawiszem *Enter*,
2. Kliknąć „input1” (odnośnik a), rys. 1) oraz nadać nazwę wejściu (odnośnik b) rys. 1),
3. Ustawić parametry układu rozmytego, wybierając odpowiednie opcje menu (odnośnik c) rys. 1),
4. Dwukrotnie kliknąć na „input1” (odnośnik a), rys. 1), zostanie wyświetlone nowe okno „Membership Function Editor” (rys. 3),

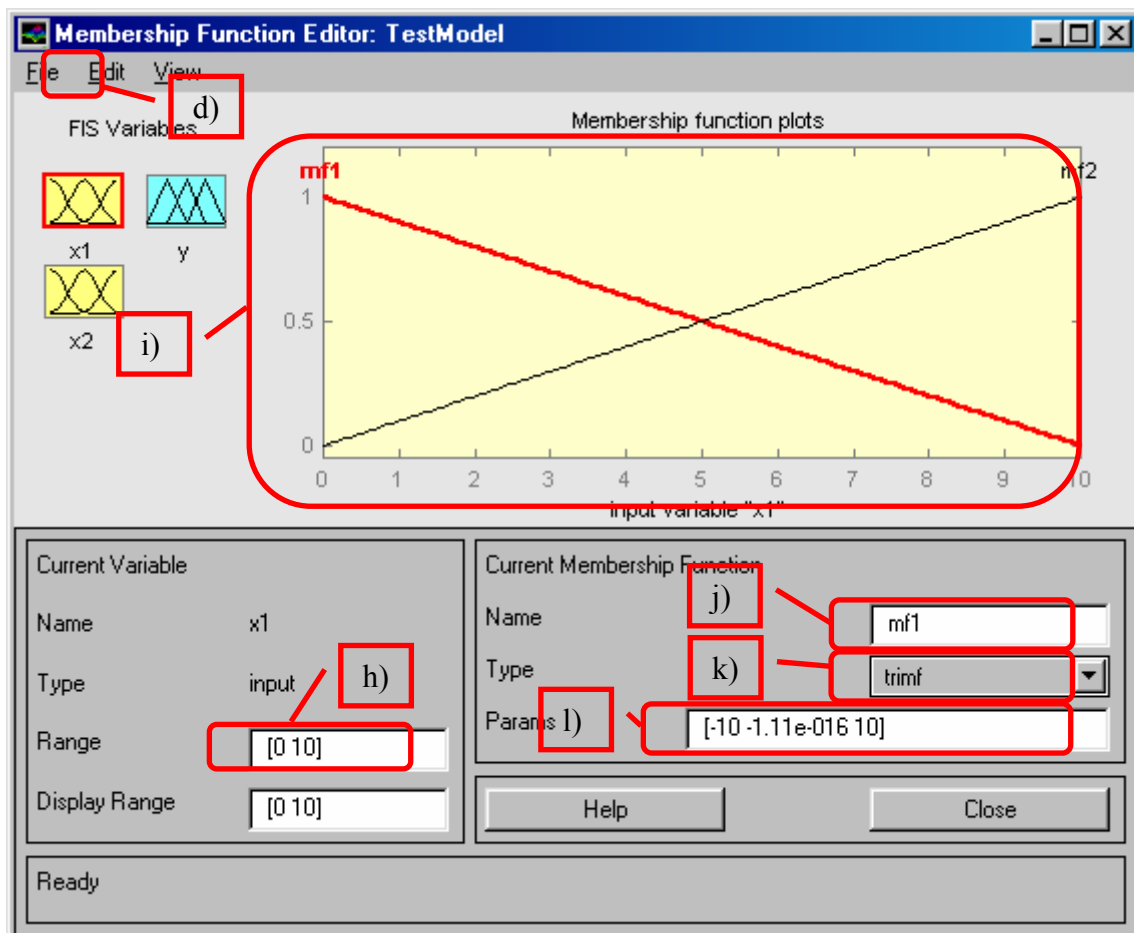


Rys. 1. Główne okno pakietu *Fuzzy Logic Toolbox*

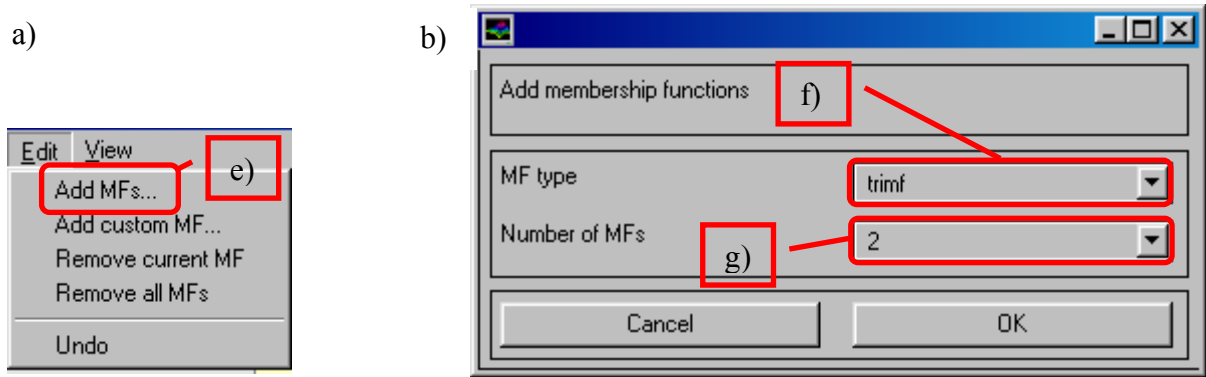


Rys. 2. Rozwijane menu pakietu Fuzzy Logic Toolbox, File, Edit, View

5. W oknie edytora „Membership Function Editor” wybrać menu *Edit* (odnośnik d) rys. 3),
6. Z menu *Edit* (rys. 4.a)) wybrać *Add MFs...* (*Membership Functions*) (odnośnik e) rys. 4.a)),
7. W oknie wyboru funkcji przynależności (rys. 4.b)) określić liczbę (odnośnik g) rys. 4.b)) oraz kształt funkcji przynależności (odnośnik f) rys. 4.b)), zaakceptować wybór klikając przycisk „OK”,
8. Wprowadzić przewidywany przedział wartości wejścia  $x_1 \subseteq X_1$  (odnośnik h) rys. 3), dla każdej z utworzonych funkcji przynależności, której parametry można edytować po kliknięciu na jej wykres (odnośnik i) rys. 3), podać nazwę funkcji przynależności (odnośnik j) rys. 3, np. „S”, „M”, „L”), ustawić odpowiedni typ funkcji przynależności (odnośnik k) rys. 3), podać parametry funkcji przynależności (odnośnik l) rys. 3) - położenie charakterystycznych punktów wykresu funkcji przynależności w przestrzeni wejścia,

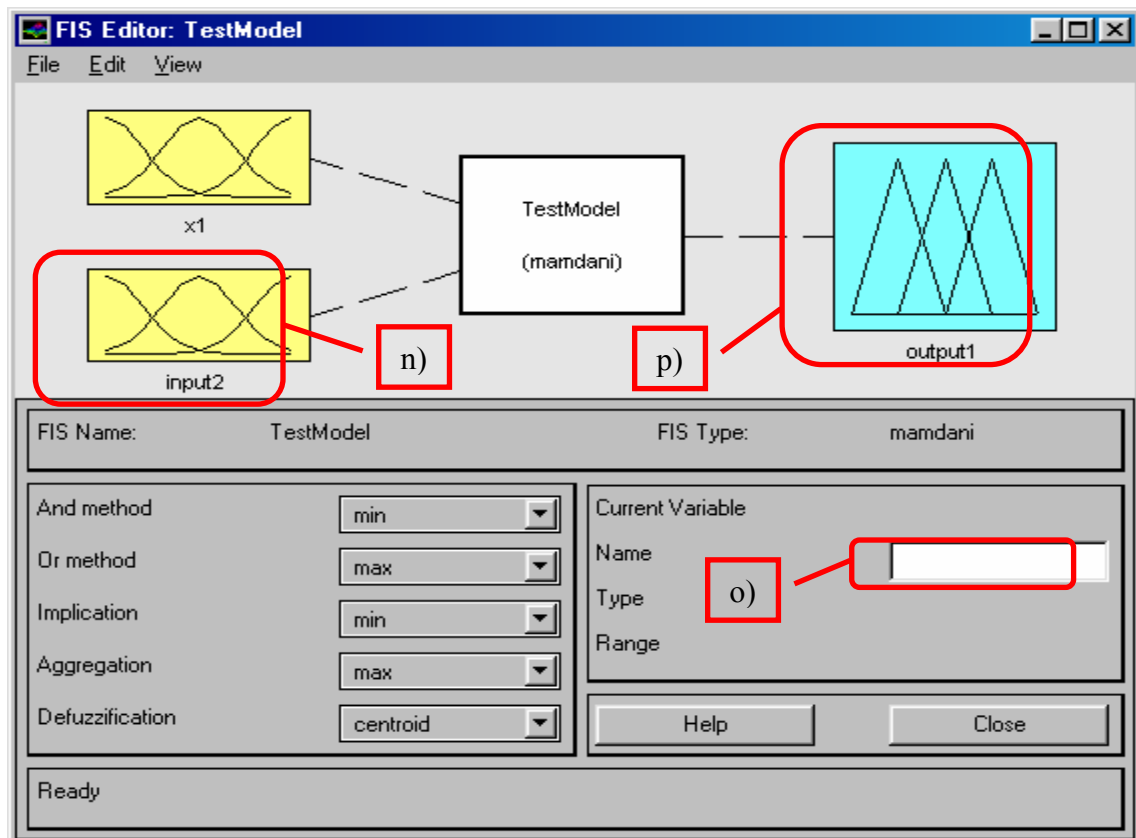


Rys. 3. Okno edytora „Membership Function Editor”

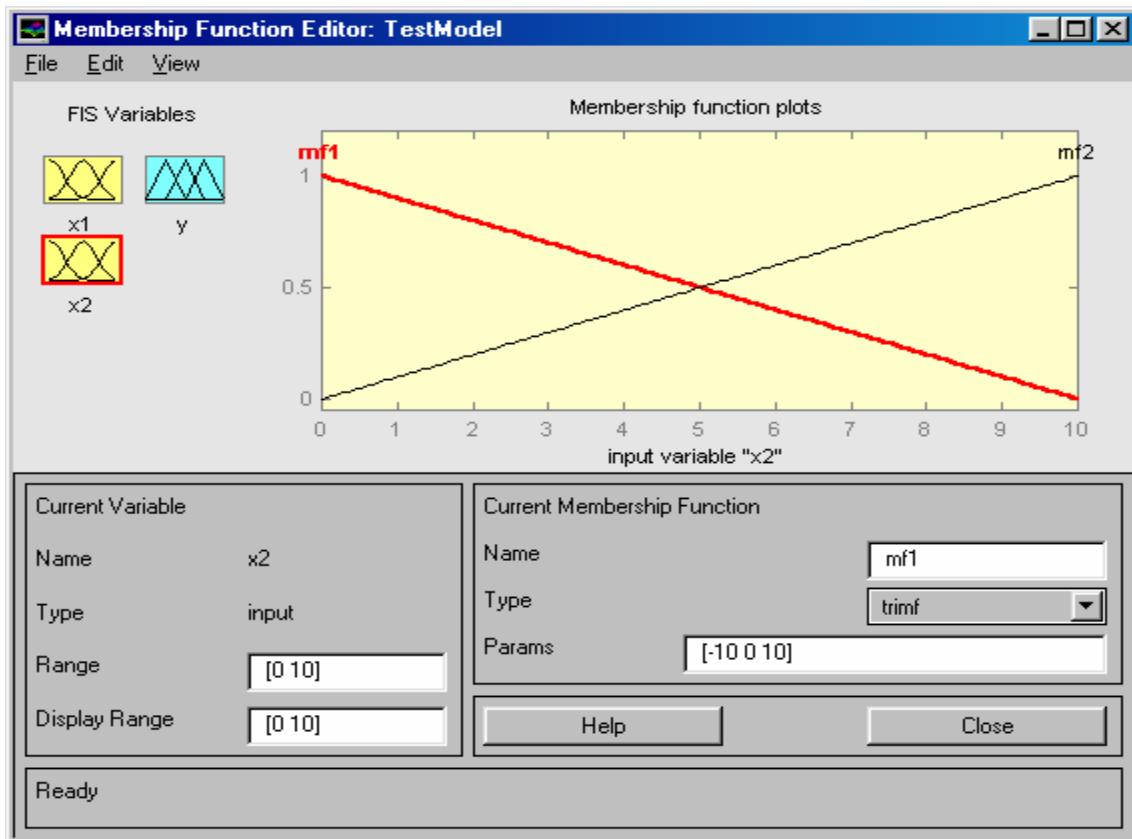


Rys. 4.a) Menu *Edit*, b) okno wyboru funkcji przynależności (MFs - Membership Functions)

9. Wrócić do głównego okna pakietu *Fuzzy Logic Toolbox* (rys. 1), z menu *Edit* wybrać *Add input* (odnośnik m) rys. 2), dodać funkcje przynależności dla drugiego wejścia  $x_2$  (*input2*),
10. Nadać nazwę utworzonemu zbiorowi funkcji przynależności dla drugiego wejścia (*input2*) (odnośnik n) rys. 5), wpisując w polu *Name*: „ $x_2$ ” (odnośnik o) rys. 5),
11. Powtórzyć procedurę wyboru funkcji przynależności dla drugiego wejścia  $x_2$  wg. punktów 2-8 instrukcji (rys. 6),

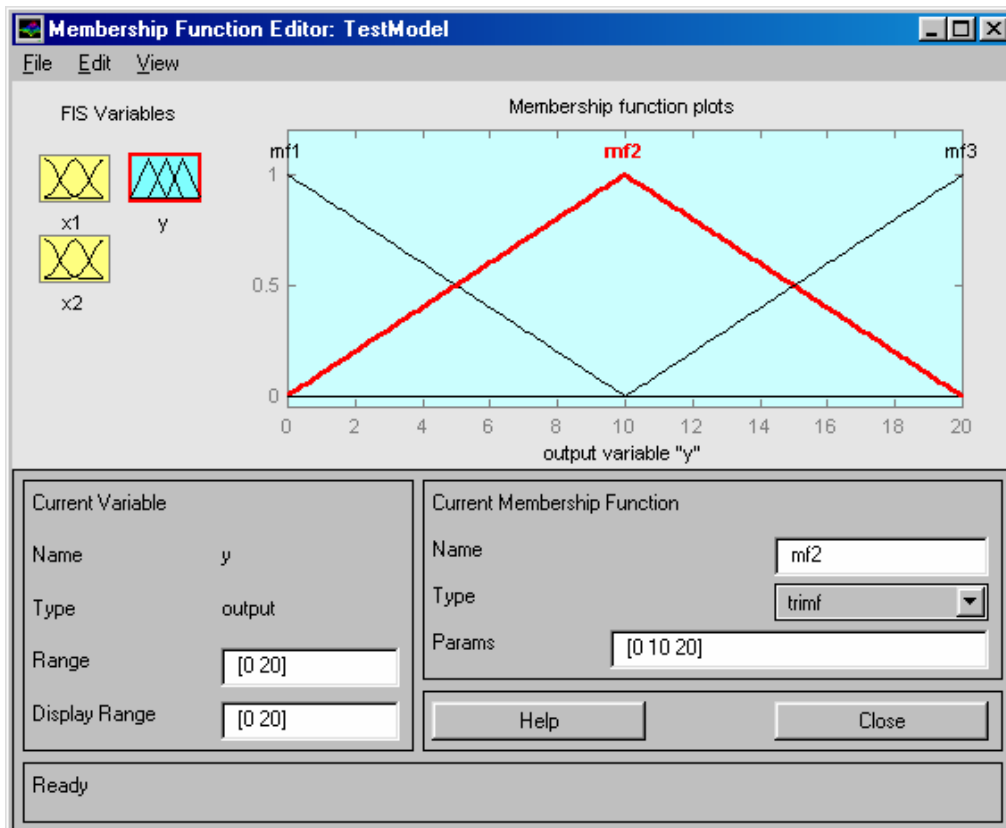


Rys. 5. Dodanie funkcji przynależności dla drugiego wejścia  $x_2$



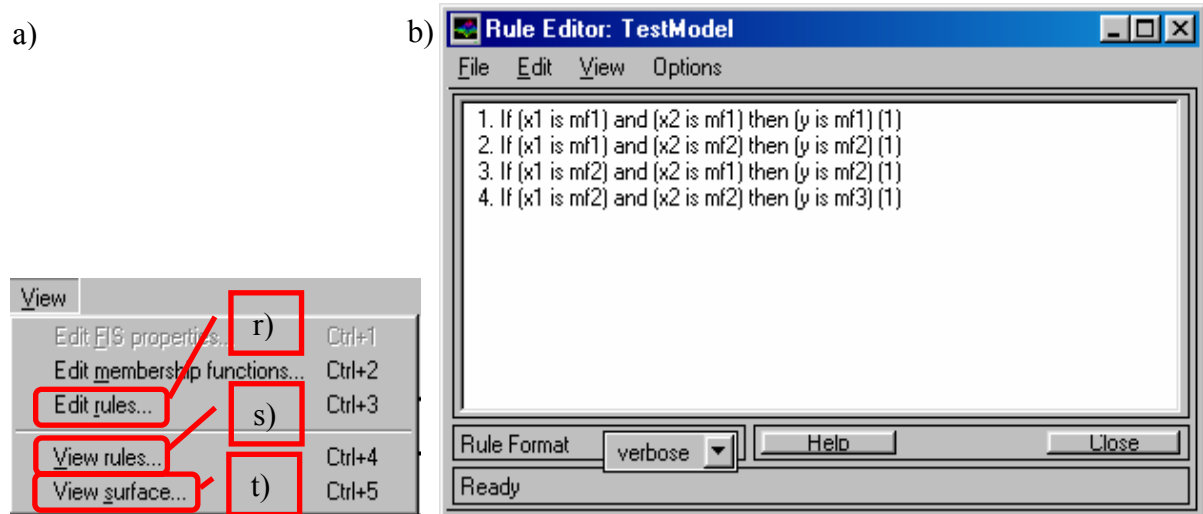
Rys. 6. Ustawianie parametrów funkcji przynależności zbiorów rozmytych wejścia  $x_2$

12. Nadać nazwę zmiennej wyjściowej (*output*) (odnośnik p) rys. 5), wpisując w polu *Name*: „y” (odnośnik o) rys. 5),
13. Powtórzyć procedurę wyboru funkcji przynależności dla wyjścia y wg. punktów 2-8 instrukcji (rys. 7),

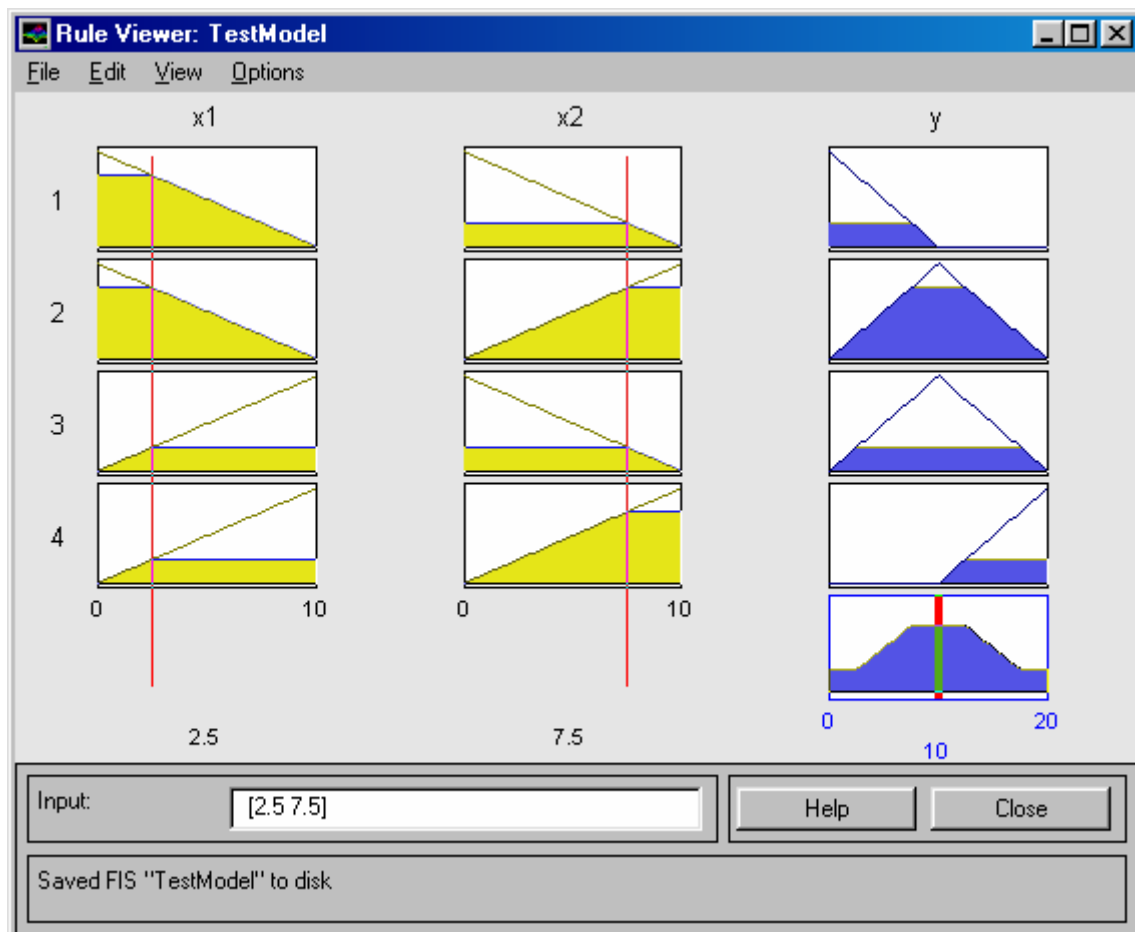


Rys. 7. Ustawianie parametrów funkcji przynależności zbiorów rozmytych wyjścia y

14. Uruchomić edytor bazy reguł (*Rule Editor*) (odnośnik r) rys. 8.a)), następnie wprowadzić bazę reguł zgodnie z zależnością (7), rys. 8.b). Interpretację graficzną wprowadzonej bazy reguł (rys. 9) można podglądać wybierając opcję *View Rules...* (odnośnik s) rys. 8.a)),

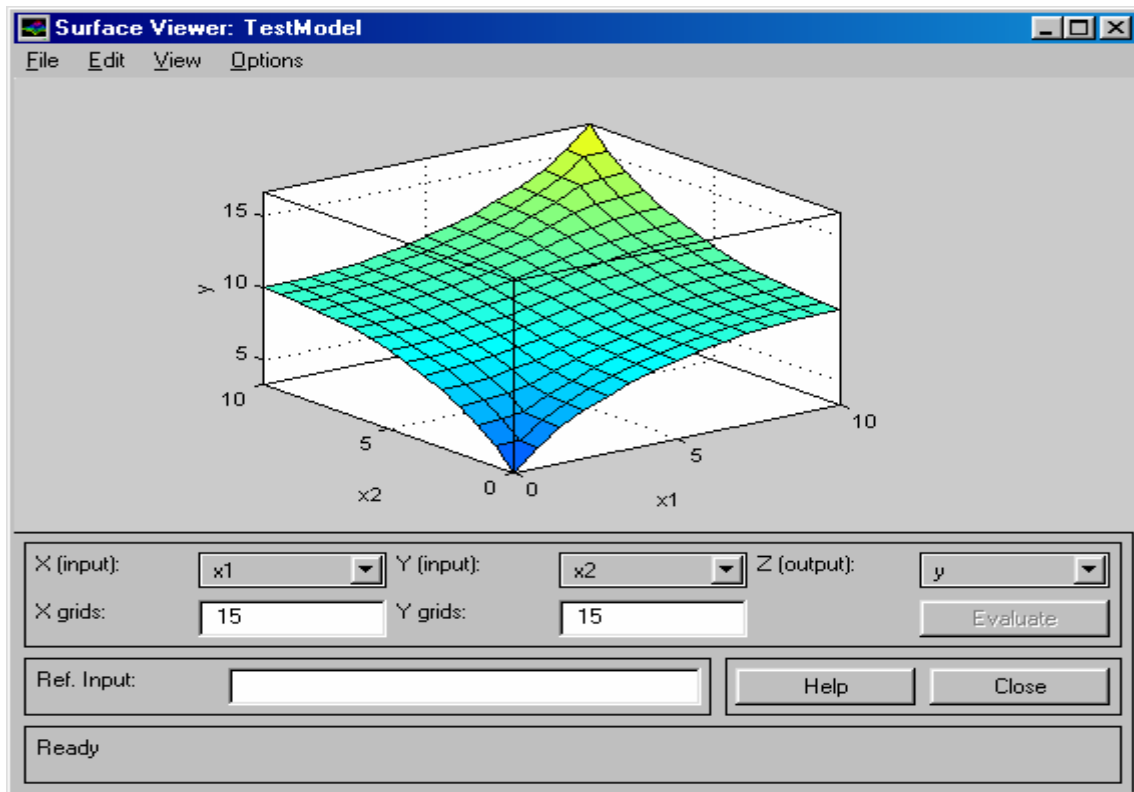


Rys. 8.a) Uruchamianie edytora bazy reguł, b) edycja bazy reguł



Rys. 9. Okno *Rule Viewer* umożliwiające graficzny podgląd wprowadzonej bazy reguł

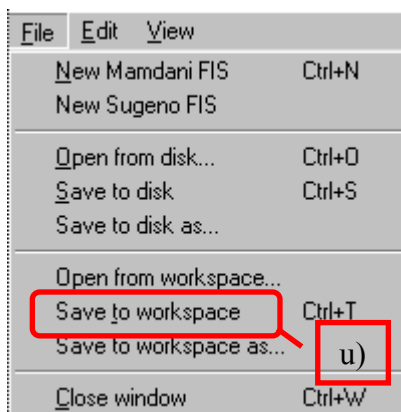
15. Wybierając z menu *View* opcję *View Surface...* (odnośnik t) rys. 8) wyświetlone zostanie okno *Surface Viewer* (rys. 10), umożliwiające podgląd wartości wyjścia modelu rozmytego  $y$  w funkcji wejść  $x_1, x_2$  w postaci wykresu przestrzennego,



Rys. 10. Okno *Surface Viewer* zawierające graficzną interpretację powierzchni modelu rozmytego  $y(x_1, x_2)$

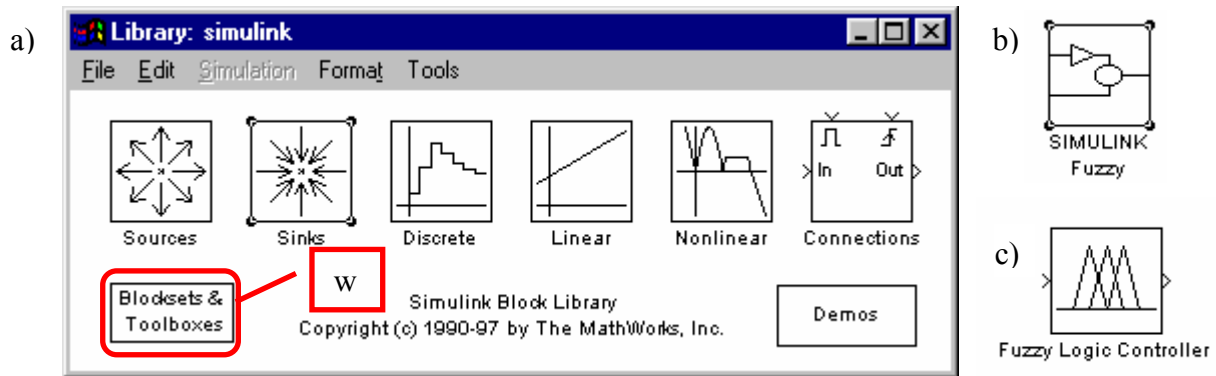
Zastosowanie modelu rozmytego lub rozmytego sterownika zbudowanego w pakiecie *Fuzzy Logic Toolbox* wymaga przeprowadzenia następującej procedury:

16. W pakiecie *Fuzzy Logic Toolbox* należy z menu *File* (rys. 11) wybrać opcję *Save to Workspace* (odnośnik u) rys. 11) i podać nazwę dla utworzonego wcześniej modelu rozmytego, np. *TestModel*. Model zostanie zapisany do przestrzeni roboczej (*Workspace*) Matlab-a, co umożliwi jego zastosowanie w pakiecie Simulink (model rozmyty stworzony w pakiecie *Fuzzy Logic Controller* można zachować w pamięci komputera w postaci pliku z rozszerzeniem *.fis* wybierając z menu *File* opcję *Save to disk* (rys. 11)),



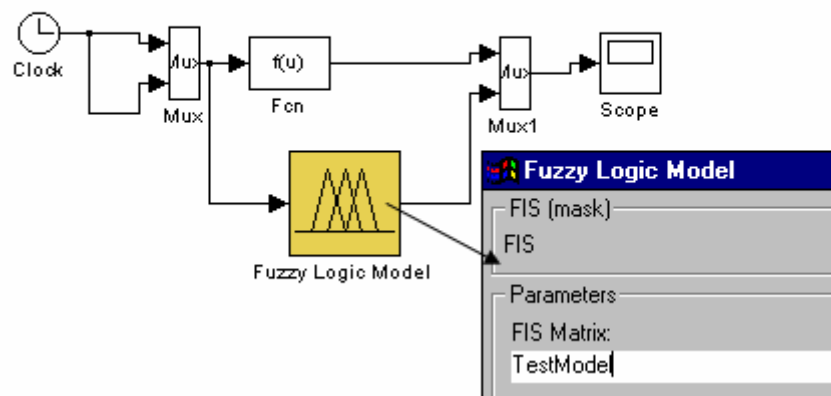
Rys. 11. Menu *File* pakietu *Fuzzy Logic Toolbox*

17. Z biblioteki pakietu Simulink (rys. 12.a)) należy wybrać *Blocksets & Toolboxes* (odnośnik w) rys. 12) -> *SIMULINK Fuzzy* (rys. 12.b)), następnie blok *Fuzzy Logic Controller* (rys. 12.c)) należy przenieść do edytowanego modelu w Simulink-u (rys. 13),



Rys. 12. Wybór bloczka *Fuzzy Logic Controller* z bibliotek Simulink-a

18. Dwukrotnie kliknąć na bloczek *Fuzzy Logic Controller* i wpisać nazwę modelu rozmytego nadaną modelowi stworzonemu w *Fuzzy Logic Toolbox* w pkt. 16.



Rys. 13. Model Simulink-a z zastosowaniem modelu rozmytego stworzonego w pakiecie *Fuzzy Logic Toolbox*

**Stosując wiadomości podane na wykładzie należy zrealizować poniższe zadania.**

## 2. Zadania do wykonania

Zaprojektować układ rozmyty aproksymujący ciągłą funkcję  $g(x_1, x_2)$  zdefiniowaną na zbiorze  $U = [-2, 2] \times [-2, 2] \subset \mathbf{R}^2$  z dokładnością  $\varepsilon$  ( $\sup_{x \in U} (|g(x) - f(x)|) < \varepsilon$ ), stosując system wnioskujący Mamdaniego lub Takagi-Sugeno dla dowolnie wybranych funkcji przynależności.

### 3.1. Wyznaczyć graficzny przebieg zadanej nieliniowej funkcji

Nieliniową funkcję należy dobrać zgodnie z nr zespołu:

- $g(x_1, x_2) = x_1^2 - x_1 x_2 + x_2^2$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1^2 - 2x_1 x_2 + 2x_2^2 + 2x_1$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1 x_2 + \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1^3 + x_2^3 - x_1^2 - 2x_1 x_2 - x_2^2$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1^3 - 2x_2^3 - 3x_1 + 6x_2$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1^3 - 2x_1^2 + 2x_2^2 + x_2^4$ ,
- $g(x_1, x_2) = x_1^2 - x_1 x_2 - x_2^2$ ,



$$h) g(x_1, x_2) = x_1^2 + x_1 x_2 + x_2^2 - 4 \ln(x_1 + 1),$$

### 3.2. Wyznaczyć model rozmyty zadanej nieliniowej funkcji

Tab. 1. Parametry dokładności odwzorowania zadanej nieliniowej funkcji

nr zespołu	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
$\varepsilon$	0.2	0.1	0.15	0.35	0.25	0.4	0.5	0.3

Należy przeprowadzić badania symulacyjne dla układu z logiką rozmytą, sprawdzając wpływ typu zastosowanych funkcji przynależności (dla dwóch dowolnych funkcji) do zbiorów rozmytych oraz ich rozłożenia w przestrzeni wejść, na dokładność aproksymacji zadanej nieliniowej funkcji.

#### Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Wstęp teoretyczny
  - podstawowe wiadomości na temat układów z logiką rozmytą,
  - podstawowe wiadomości na temat pakietu Fuzzy Logic Toolbox.
2. Przebieg ćwiczenia
  - obliczenia związane z doбором wartości  $h_1$  oraz  $h_2$ ,
  - obrazy modelu Simulinka modelu rozmytego,
  - wykresy funkcji przynależności do zbiorów rozmytych dla wejść  $x_1, x_2$  oraz wyjścia modelu rozmytego  $y$ ,
  - bazę reguł modelu rozmytego,
  - graficzną interpretację powierzchni modelu rozmytego.
3. Wyniki symulacji
  - graficzny przebieg zadanej nieliniowej funkcji  $g(x_1, x_2)$ ,
  - przebieg funkcji zadanej  $g(x_1, x_2)$  i wyjścia z modelu rozmytego  $y^*$ , oraz błędu odwzorowania  $e$ , dla  $x_1 = -2, x_1 = -1, x_1 = 0, x_1 = 1, x_1 = 2, x_2 \in \langle -2, 2 \rangle$ ,

#### 4. Wnioski