Zaprojektować układ rozmyty aproksymujący ciągłą funkcję $g(x\_{1},x\_{2})$ zdefiniowaną na zbiorze $U=\left[-2,2\right]×[-2,2]⊂R^{2}$ z dokładnością $ε(sup\_{x\in U}\left(\left|g\left(x\right)-f\left(x\right)\right|\right)<ε)$, stosując system wnioskujący Takagi-Sugeno dla dowolnie wybranych funkcji przynależności.

$$g) g\left(x\_{1},x\_{2}\right)=x\_{1}^{2}-x\_{1}x\_{2}-x\_{2}^{2} ε=0.5$$

 **Obliczenia związane z doborem wartości** $h\_{1}$ **oraz** $h\_{2}$**.**

$$\left‖\frac{δg}{δx\_{1}}\right‖\_{\infty }=sup\_{x\in U}\left(\left|2x\_{1}-x\_{2}\right|\right)=2$$

$$\left‖\frac{δg}{δx\_{2}}\right‖\_{\infty }=sup\_{x\in U}\left(\left|-2x\_{2}-x\_{1}\right|\right)=6$$

 Przyjmujemy, że $h\_{1}$ =$h\_{2}$= $0.0625$

$$\left‖ g\left(x\_{1},x\_{2}\right)- f\left(x\_{1},x\_{2}\right)\right‖\_{\infty }\leq 2∙0.0625+6∙0.0625=0.125+0.375=0.5$$

Dla każdej zmiennej należałoby zdefiniować po 64 zbiory rozmyte co daje 64x64=4096 reguł rozmytych. Ze względu na ograniczenia programu co do ilości reguł, przyjęliśmy 5 zbiorów rozmytych dla zmiennej $x\_{1}$ oraz 3 zbiory rozmyte dla zmiennej $x\_{2}$ co daje 15 reguł. Dla takich zbiorów rozmytych $h\_{1}$ wyniesie 0.8 natomiast $h\_{2}$=1.3(2).

 Dokładność $ε$ będzie równa $2∙0.8+6∙1.3(2)=1.6+8=9.6$



Rys. 1 Schemat modelu Simulink modelu rozmytego.

Sposób ustawienia Fuzzy Logic Controllera pokazuje rysunek poniżej.



Rys. 2 Interfejs graficzny Fuzzy Logic Toolbox wraz z ustawionymi parametrami modelu rozmytego.

Stosując narzędzie projektowe Fuzzy Logic Toolbox zbudowano model rozmyty z dwoma zbiorami rozmytymi z 5 i 3 Gaussowskimi funkcjami przynależności na wejściu.



Rys. 3 Rozkład funkcji przynależności zbiorów rozmytych wejścia $x\_{1}$.



Rys. 4 Rozkład funkcji przynależności zbiorów rozmytych wejścia $x\_{2}$.



Rys. 5 Wartości konkluzji bazy reguł.

Baza reguł modelu rozmytego zawiera 15 reguł gdzie przesłankami są zbiory rozmyte natomiast konkluzję są konkretnymi wartościami funkcji $g\left(x\_{1},x\_{2}\right)$.



 Graficzna reprezentacja powierzchni modelu określona na podstawie zdefiniowanych zbiorów rozmytych zmiennych wejściowych funkcji g oraz bazy reguł. Wykres został wygenerowany za pomocą Toolboxa.



Rys. 6 Okno Surface Viever zawierające graficzną interpretację powierzchni modelu rozmytego $g\left(x\_{1},x\_{2}\right)$.

 Przeprowadziliśmy również dodatkowe obliczenia w programie Maple aby zweryfikować uzyskaną graficzną interpretację powierzchni modelu rozmytego.





Jak widać charakter i kształt powierzchni modelu rozmytego jest podobny do powierzchni otrzymanej w symulacji w programie Maple. Różnice kształtu wynikają z niedokładności modelu rozmytego.

Przebieg funkcji zadanej oraz modelu rozmytego pokazują wykresy poniżej.



Rys. 7 Przebieg funkcji $y^{\*}$wygenerowanej przez model rozmyty oraz funkcji $g\left(x\_{1},x\_{2}\right)$.



Rys. 8 Wykres różnicy $ε=f\left(x\_{1},x\_{2}\right)-g(x\_{1},x\_{2})$

Wartości błędu odwzorowania dla $x\_{1}=\left\{-2,-1,0,1,2\right\}, x\_{2}\in <-2,2>$ :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $$x\_{1}$$ | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |
| $$ε$$ | -0.00028046 | -1.2521 | -1.1246 | -1.2521 | -0.00028046 |

Błąd maksymalny wyniósł : 1.6308