Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Sztuczna Inteligencja w Automatyce

Sprawozdanie z projektu 1
Polecenie 5
Zadanie 2

Michał Kwarciński, Bartosz Gałecki

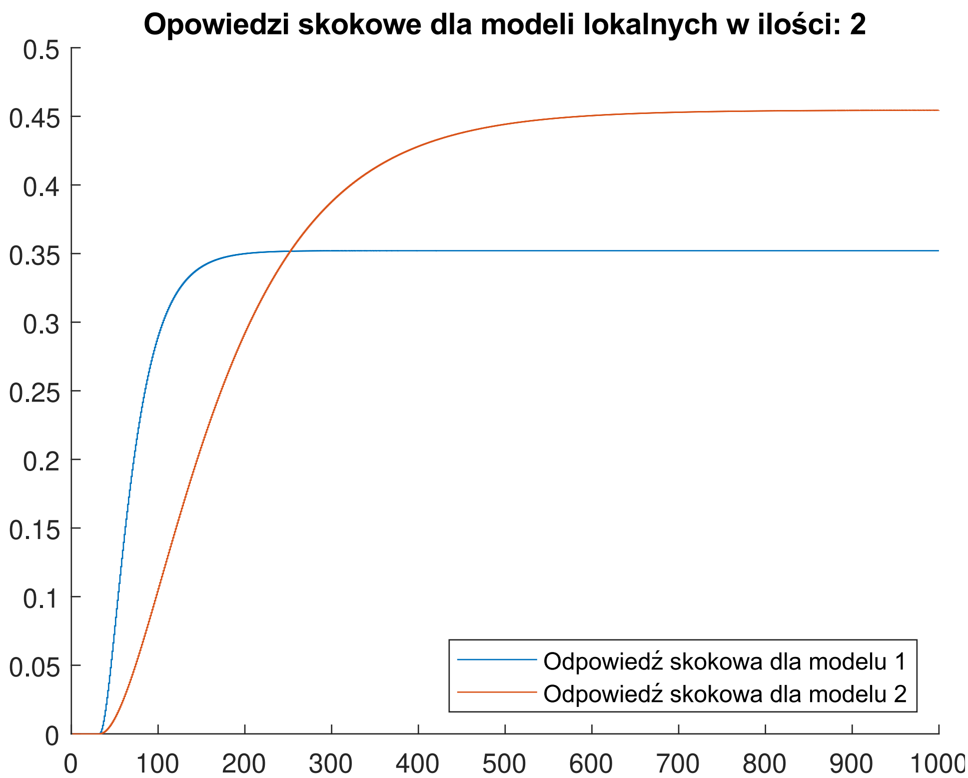
Warszawa, 2022

Spis treści

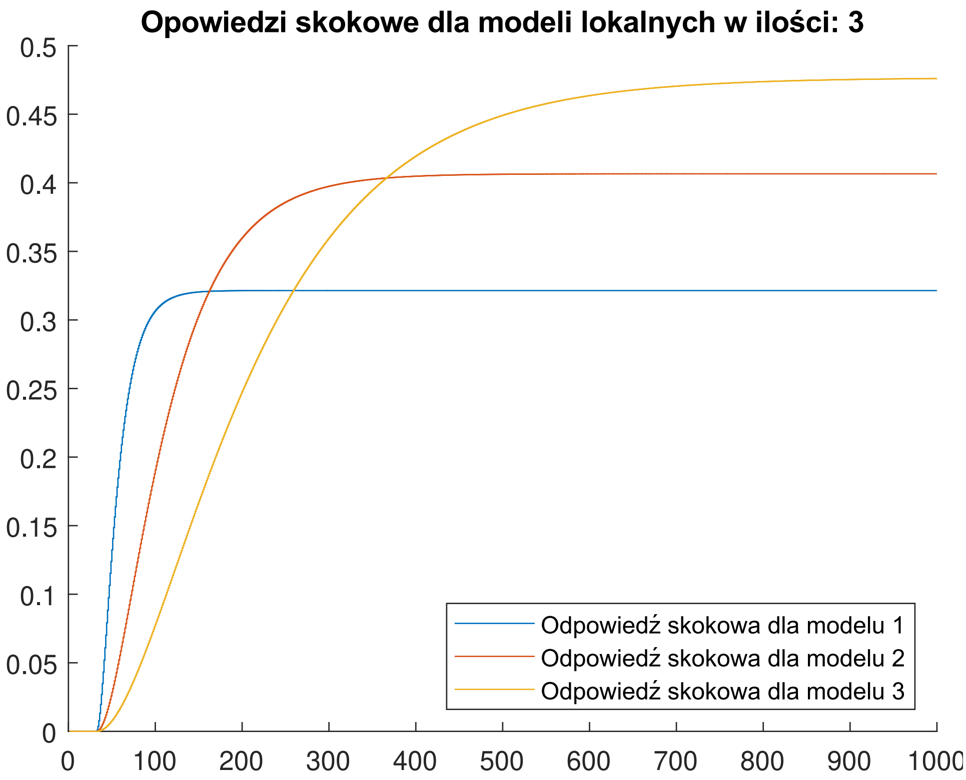
1. Zadanie 2

1.1. Modele lokalne obiektu

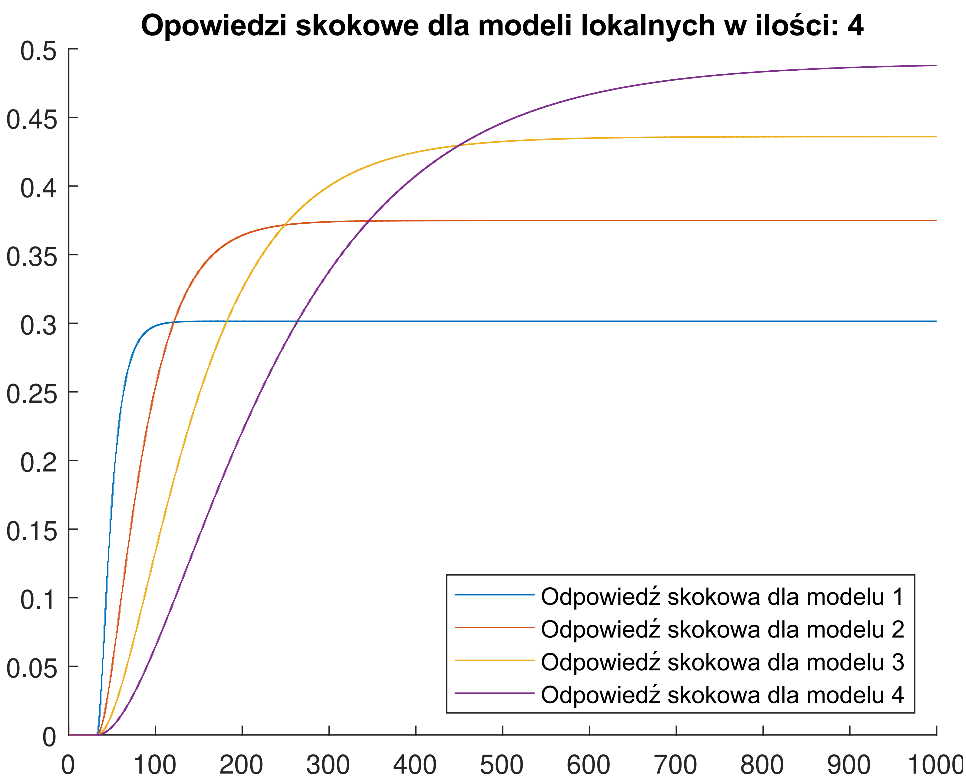
By uzyskać model Takagi-Sugeno trzeba wyznaczyć modele lokalne. Z powodu tego, że sterowanie obiektu jest obarczone opóźnieniem, zdecydowaliśmy się rozmywać te modele względem wyjścia. Założyliśmy, że obiekt będzie pracował na wartościach wyjścia z przedziału $h_2 \in (5, 35)$, więc podzieliliśmy ten przedział na równe części i linearyzowaliśmy względem miejsc podziału.



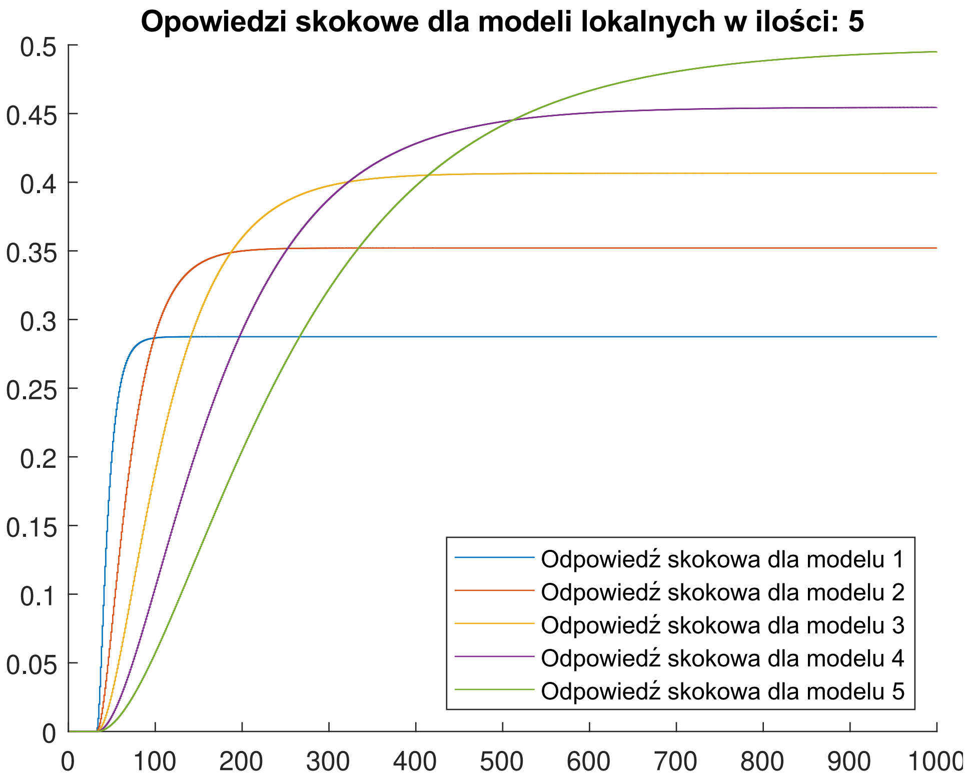
Rys. 1.1: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 2



Rys. 1.2: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 3



Rys. 1.3: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 4

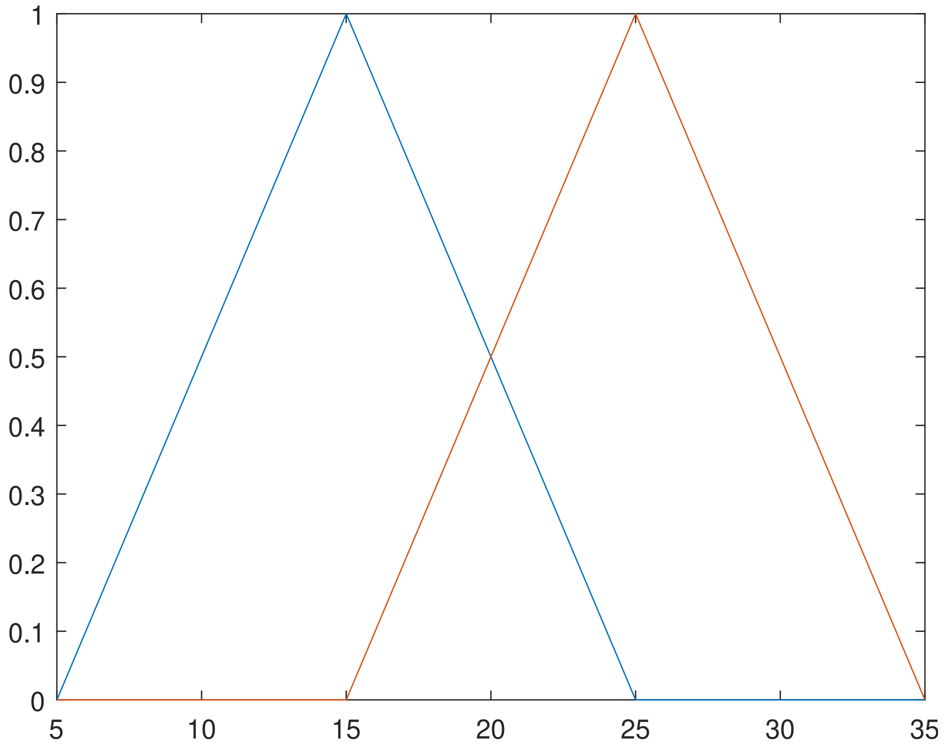


Rys. 1.4: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 5

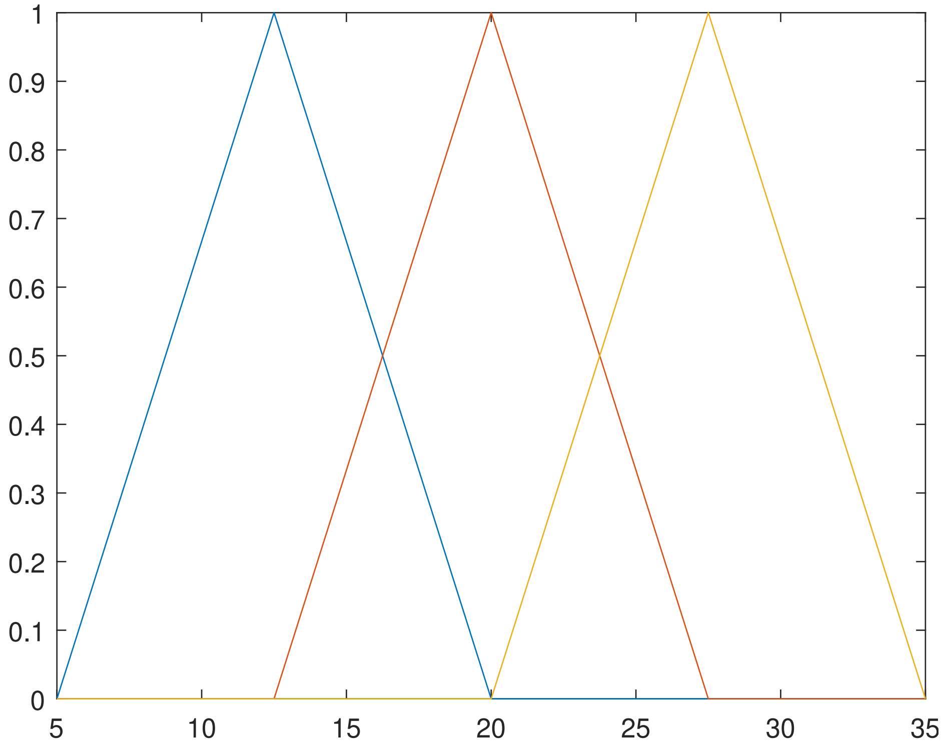
1.2. Funkcje przynależności

Dalsze testy będziemy przeprowadzać dla 2 rodzai funkcji przynależności - trójkątnej i gaussowskiej.

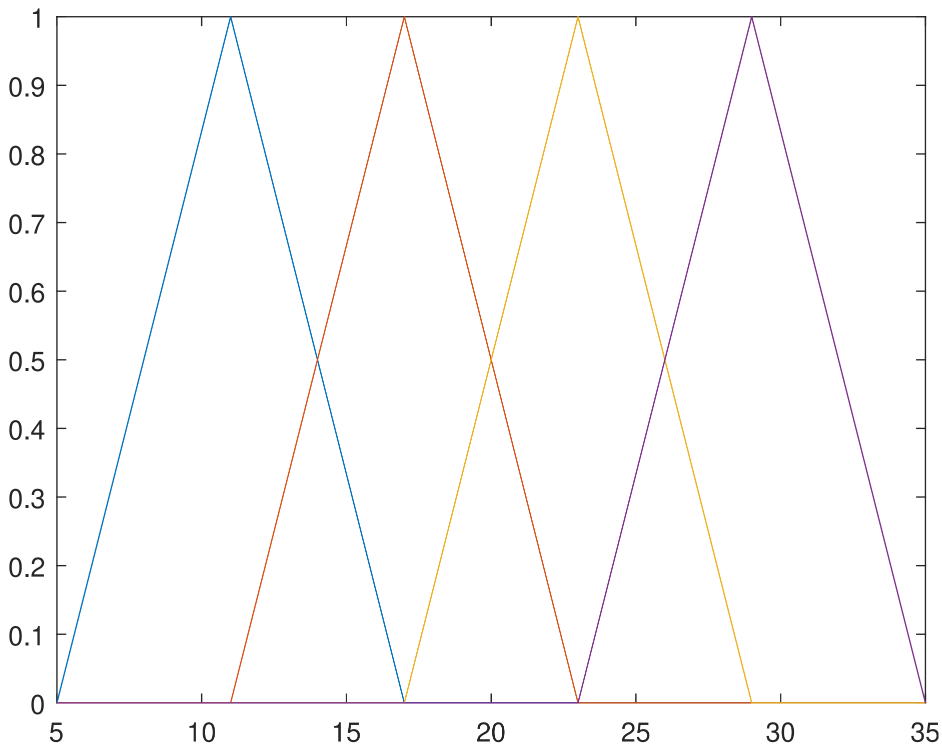
Dla trójkątnej:



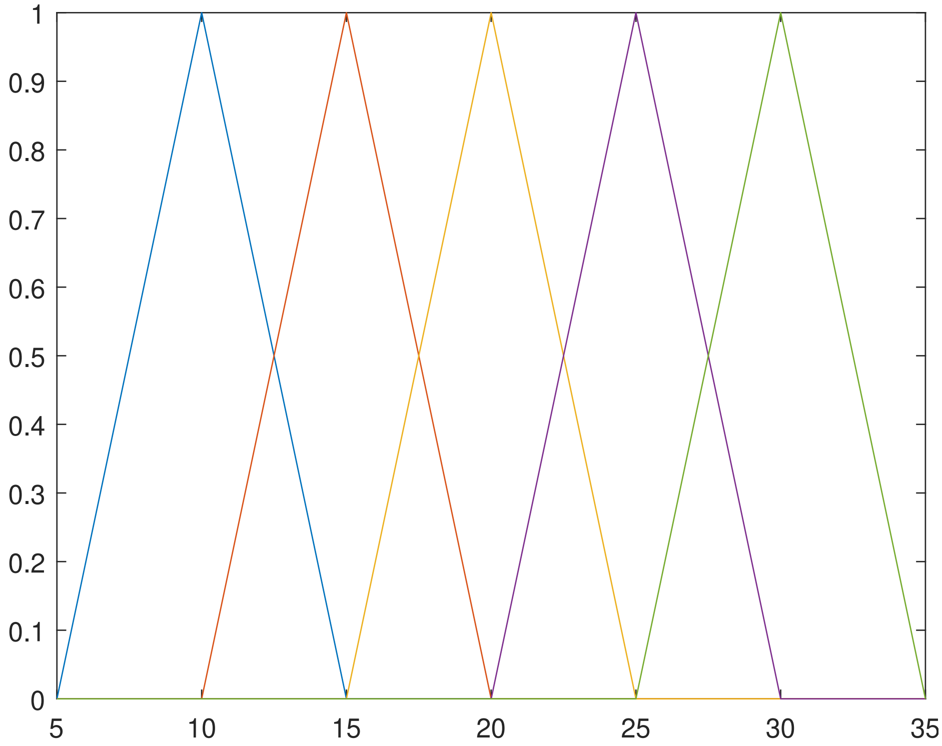
Rys. 1.5: Funkcje przynależności - 2, trójkątne



Rys. 1.6: Funkcje przynależności - 3, trójkątne

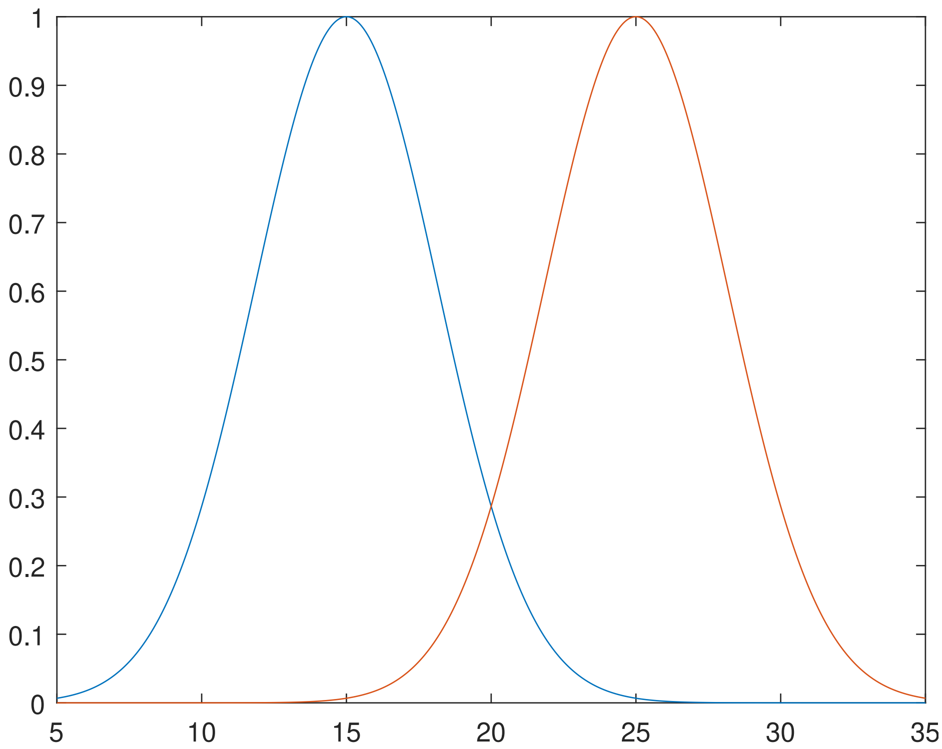


Rys. 1.7: Funkcje przynależności - 4, trójkątne

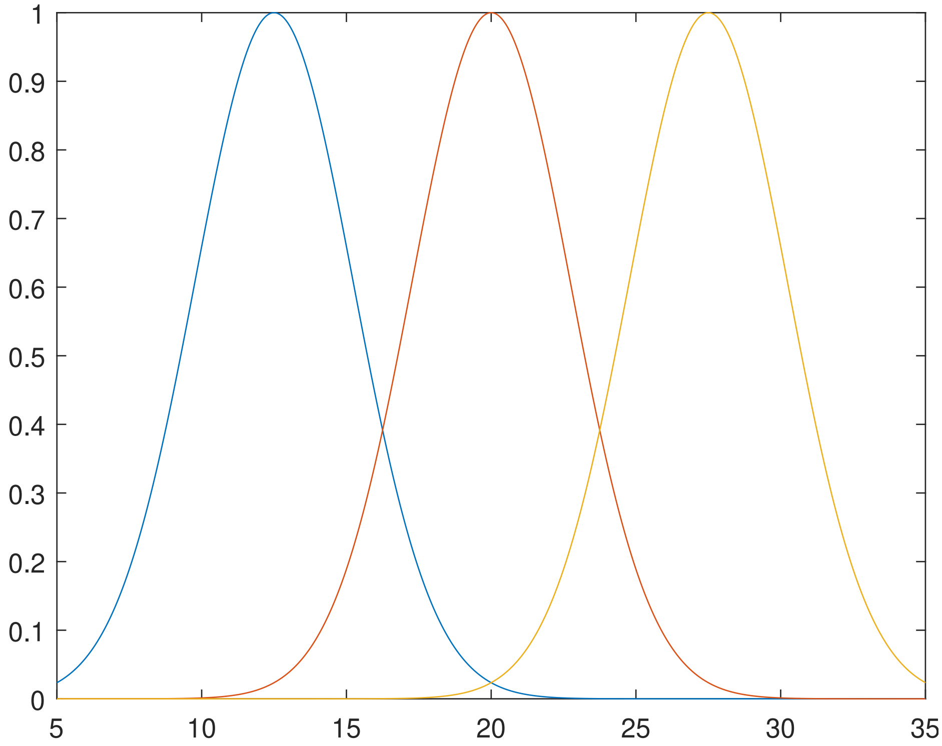


Rys. 1.8: Funkcje przynależności - 5, trójkątnych

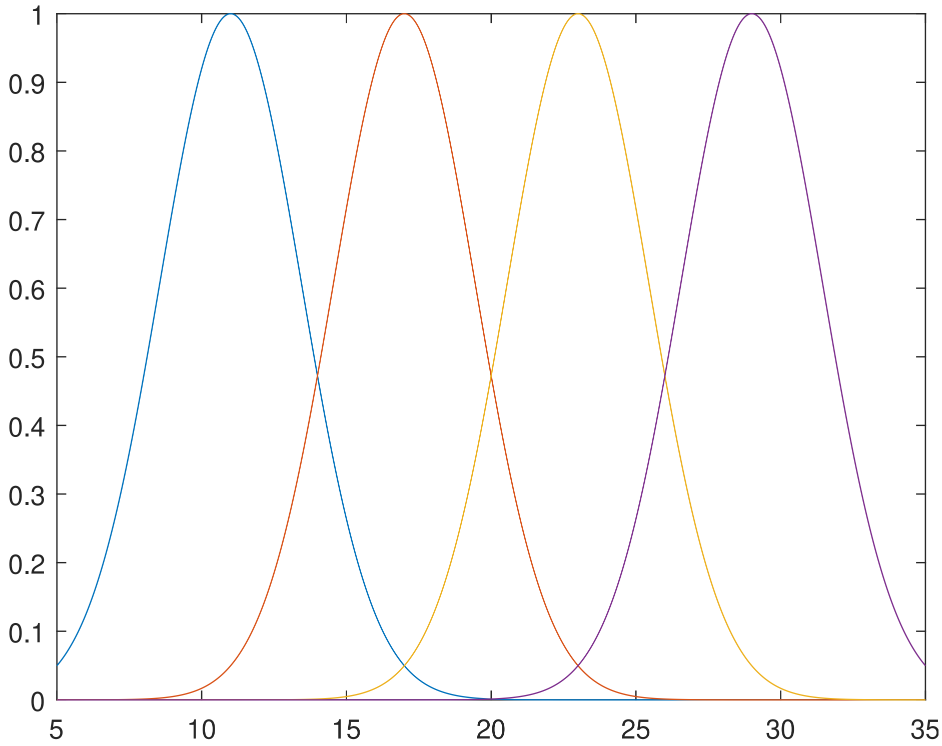
Dla gaussowskiej:



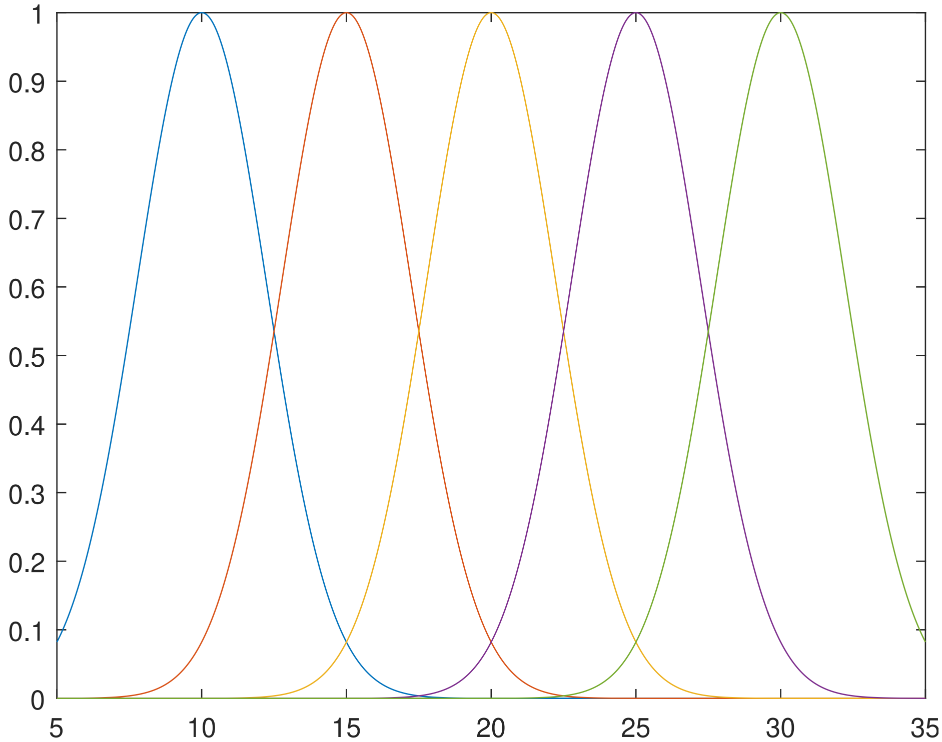
Rys. 1.9: Funkcje przynależności - 2, gaussowskie



Rys. 1.10: Funkcje przynależności - 3, gaussowskie



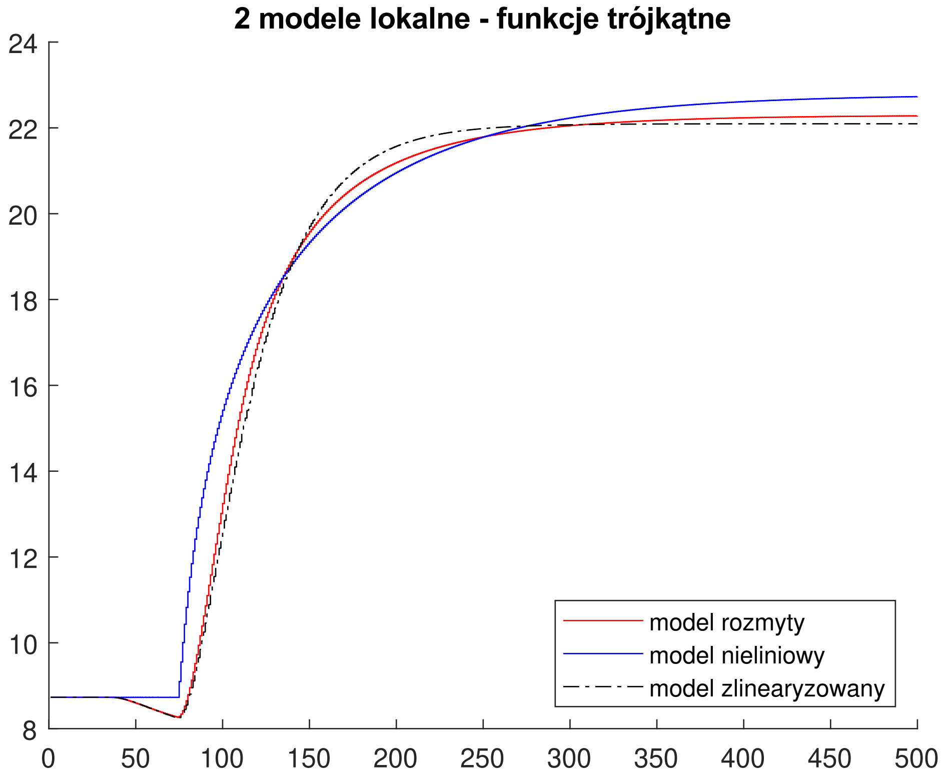
Rys. 1.11: Funkcje przynależności - 4, gaussowskie



Rys. 1.12: Funkcje przynależności - 5, gaussowskich

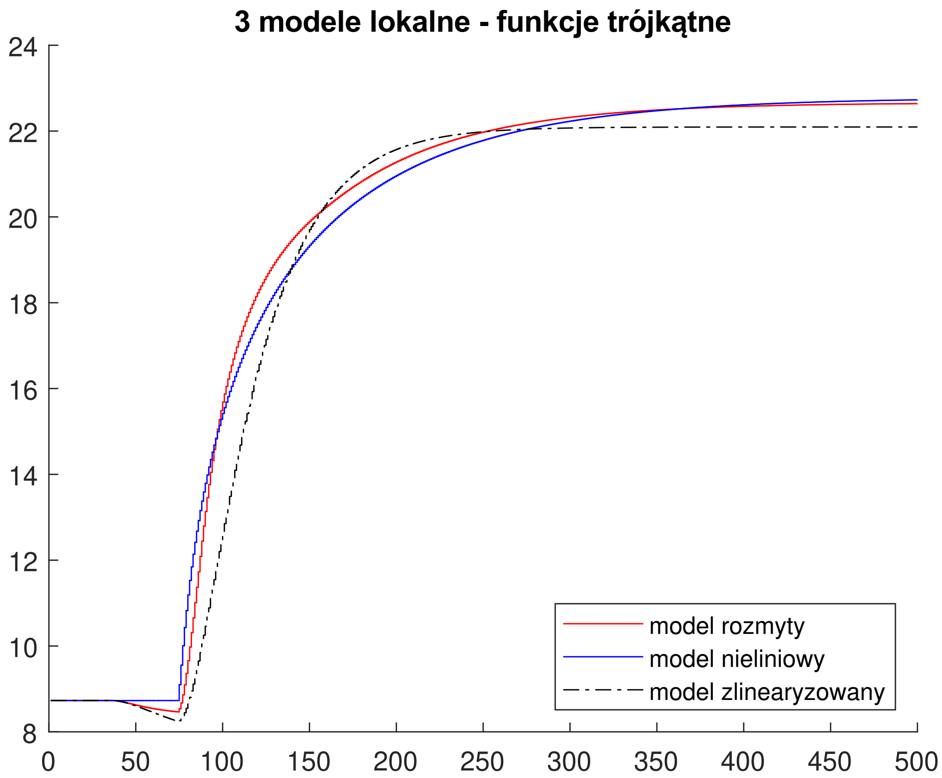
1.3. Porównanie rozmytego i konwencjonalnego modelu

By porównać działanie modelu rozmytego z modelem nieliniowym i modelem liniowym symulowaliśmy jak modele by się zachowały podczas skoku sterowania o 40 jednostek, startując z punktu stabilnego różnego od punktu linearyzacji modelu liniowego ($h_1 = 10{,}56, h_2 = 8{,}73$).

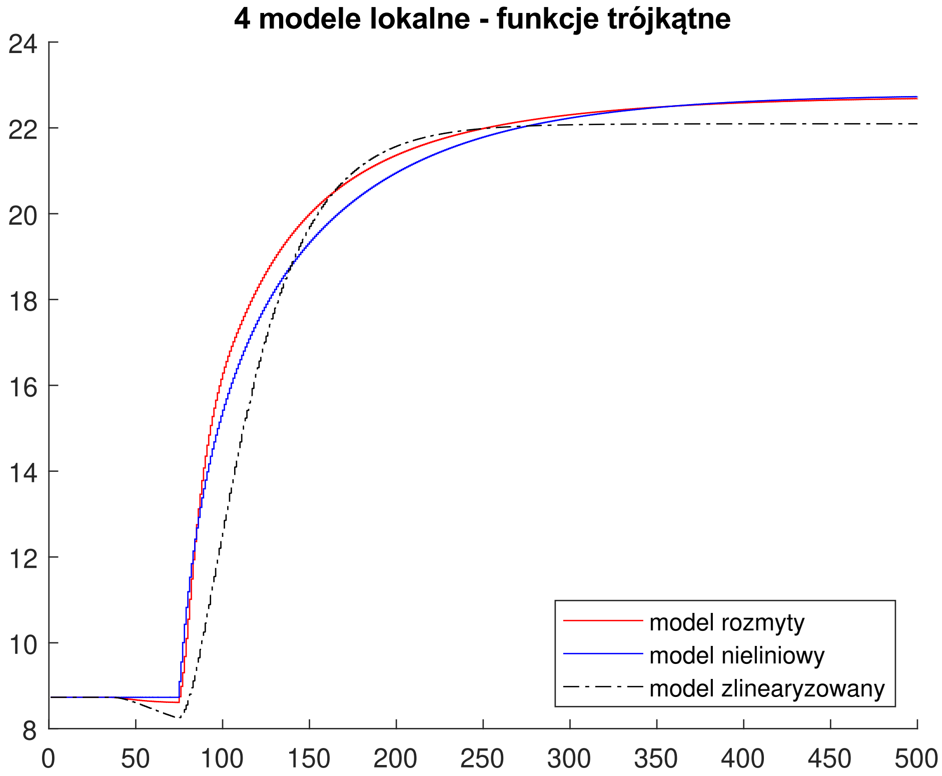


Rys. 1.13: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 2

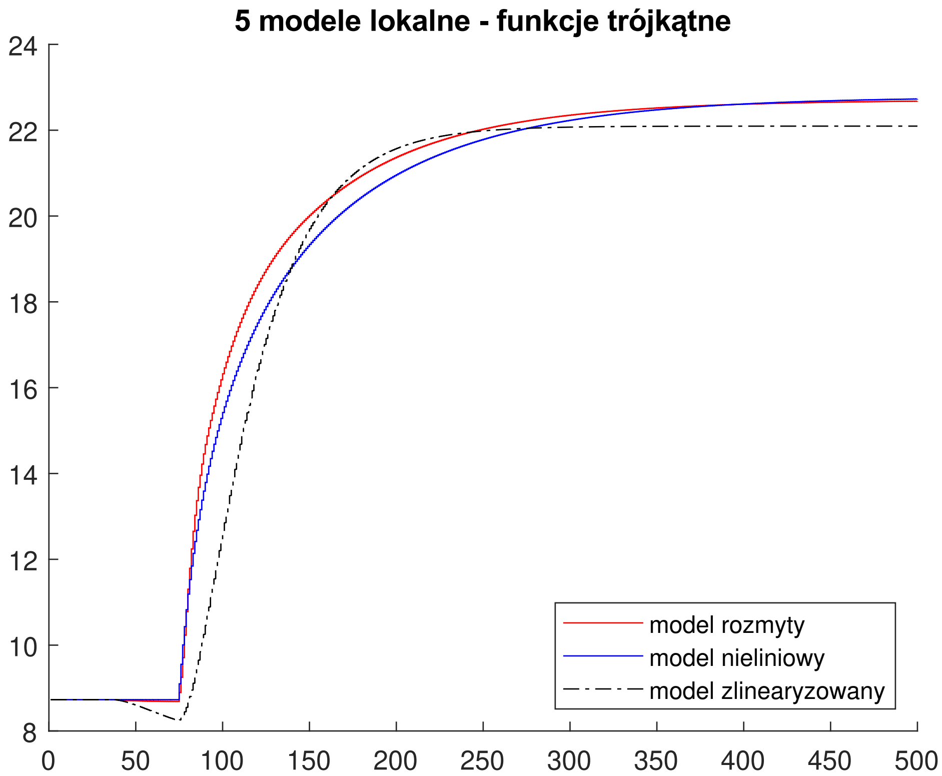
Już dla 2 modeli lokalnych można zauważyć, że przebieg wyjścia modelu rozmytego jest bardziej zbliżony do modelu nieliniowego, niż model liniowy, chociaż nie zbiega do tej samej wartości.



Rys. 1.14: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 3



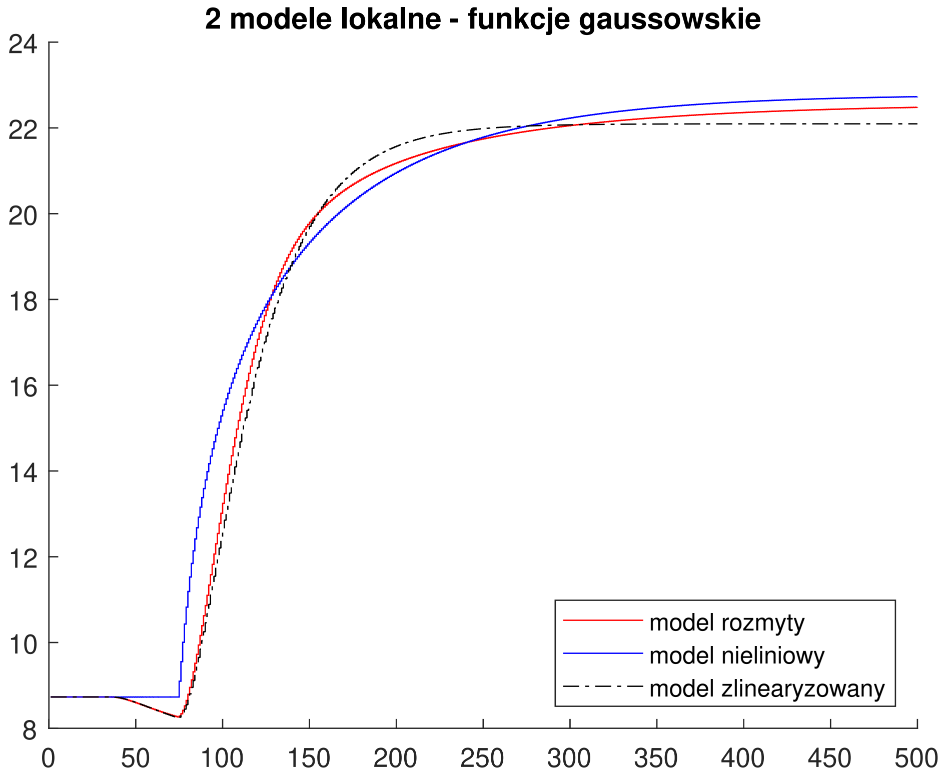
Rys. 1.15: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 4



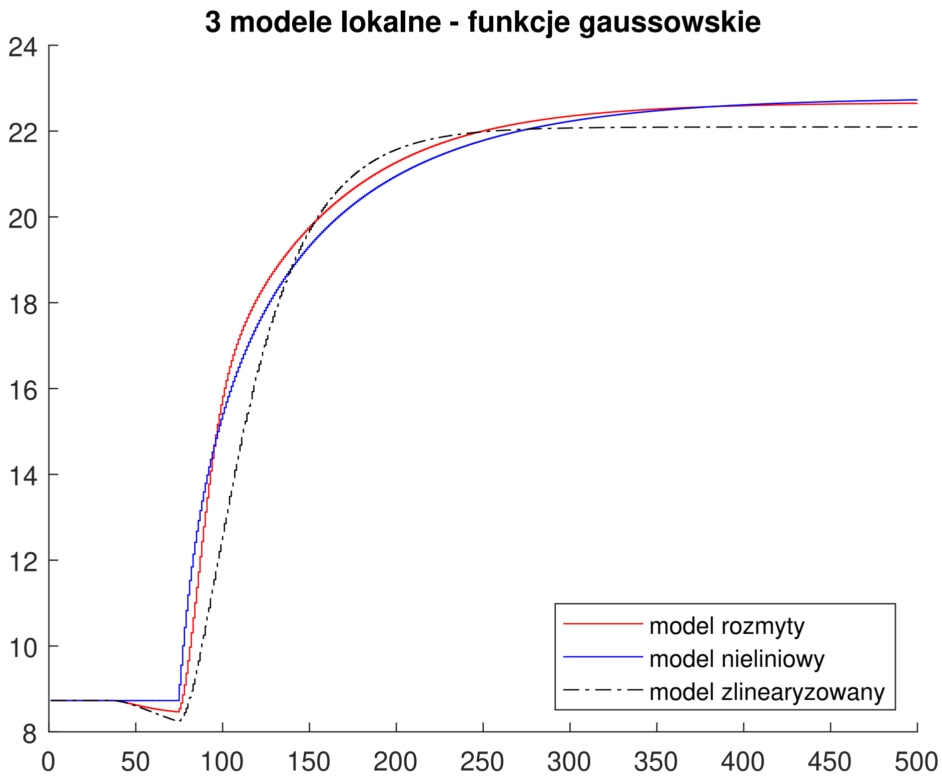
Rys. 1.16: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 5

Modele Takagi-Sugeno dla modeli z 3, 4 i 5 modelami lokalnymi zbiega już do tej samej wartości co model nieliniowy i przybiera podobny kształt.

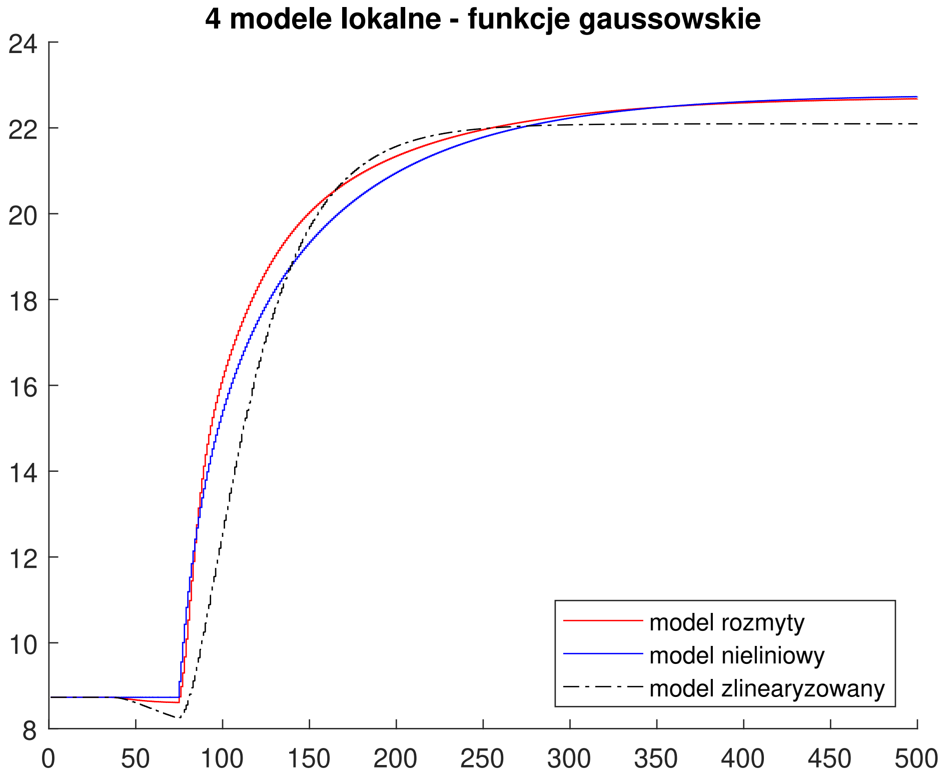
Podobne symulacje przeprowadziliśmy dla modeli z gaussowskimi funkcjami przynależności.



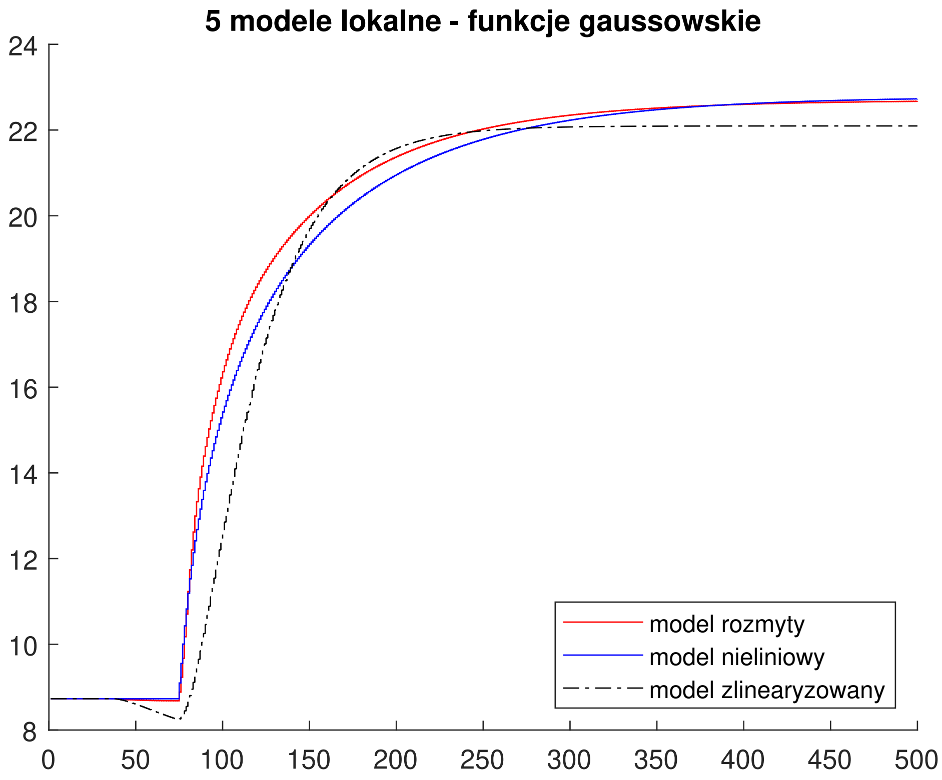
Rys. 1.17: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 2



Rys. 1.18: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 3



Rys. 1.19: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 4



Rys. 1.20: Odpowiedzi skokowe dla modeli lokalnych w ilości 5

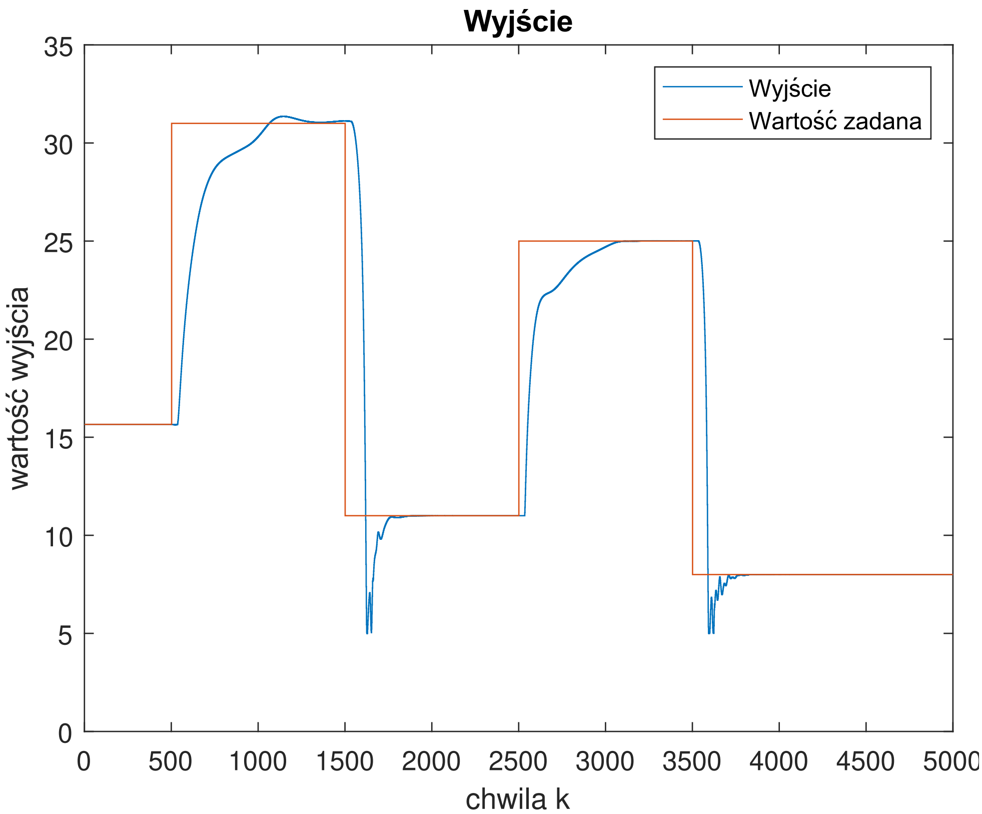
Przy zmianie kształtu tej funkcji widać poprawę jakości modelu z 2 modelami lokalnymi. Dla modeli z większą ilością modeli lokalnych zmiany praktycznie nie są widoczne (widać zmiany na początku i końcu symulacji).

Do wykonania kolejnych punktów wybraliśmy model Takagi-Sugeno z 5 modelami lokalnymi, gdyż według nas najlepiej przybliżają model nieliniowy.

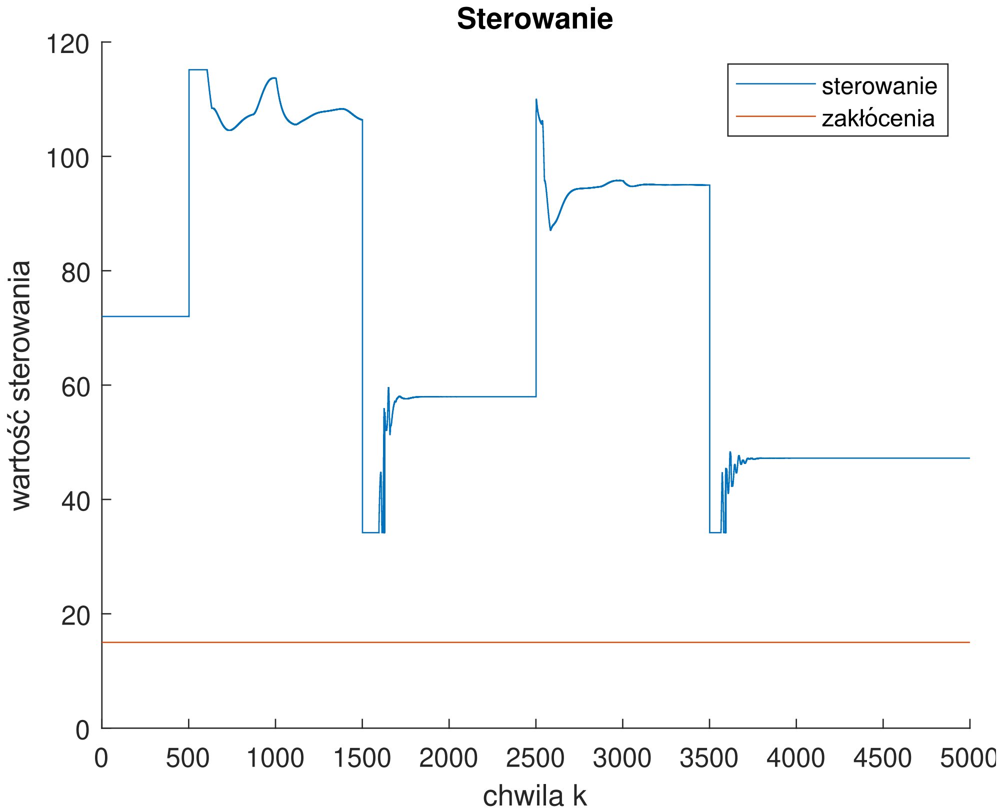
1.4. Symulacja obiektu, testy kształtu funkcji przynależności

Zrobiliśmy testy dla takich samych parametrów $N = 132$, $N_u = 1$ i $\lambda = 0.32$ co dla nierozmytego regulatora DMC, żeby otrzymać jak najlepsze porównanie. Od razu rzuca się w oczy dużo lepsza regulacja. Dla nierozmytego DMC wyjście jak i sterowanie było złe. Tutaj dalej widać oscylacje sterowania i wyjścia, ale występują one z dużo mniejszą amplitudą i szybko gasną.

Dla funkcji przynależności trójkątnej: Dla 5 modeli lokalnych:

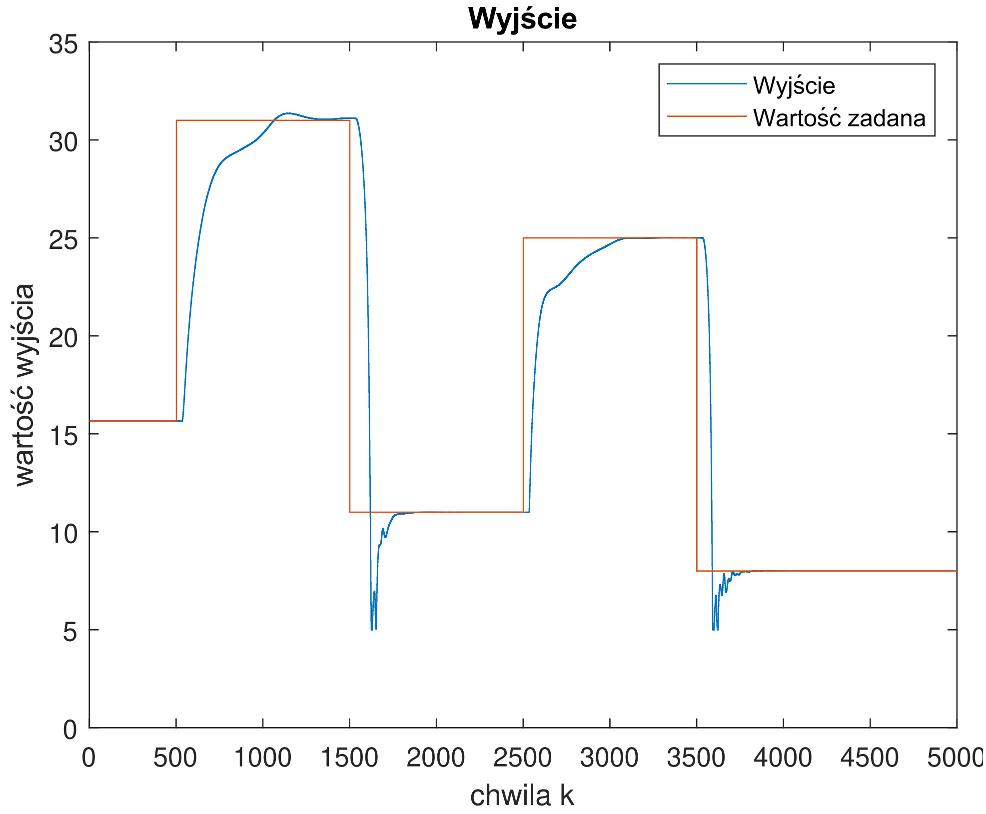


Rys. 1.21: Rozmyty DMC

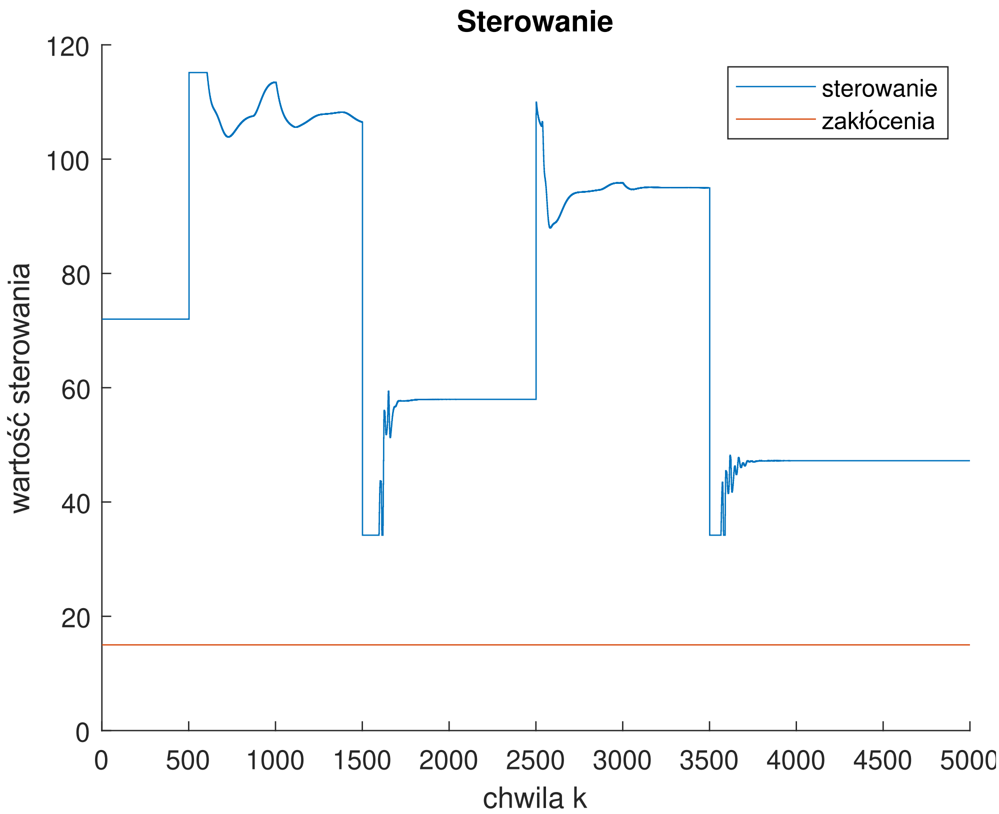


Rys. 1.22: Rozmyty DMC

Błąd: $9,093 \cdot 10^4$.
Dla funkcji przynależności gaussowskiej:

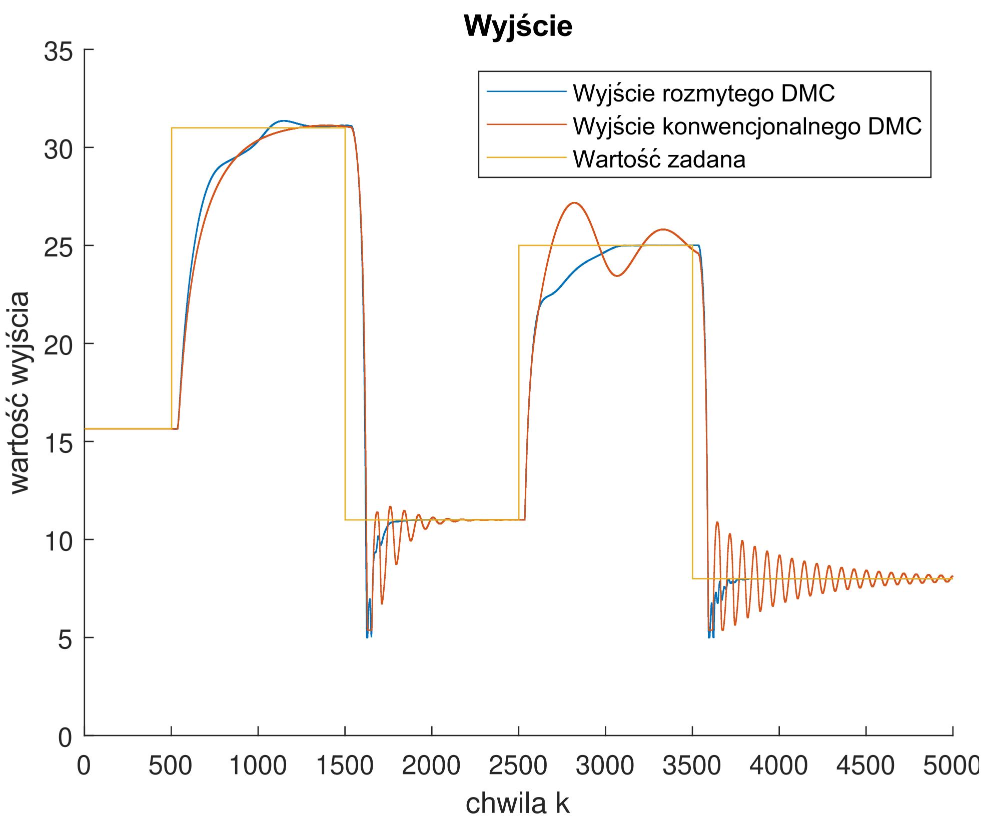


Rys. 1.23: Rozmyty DMC

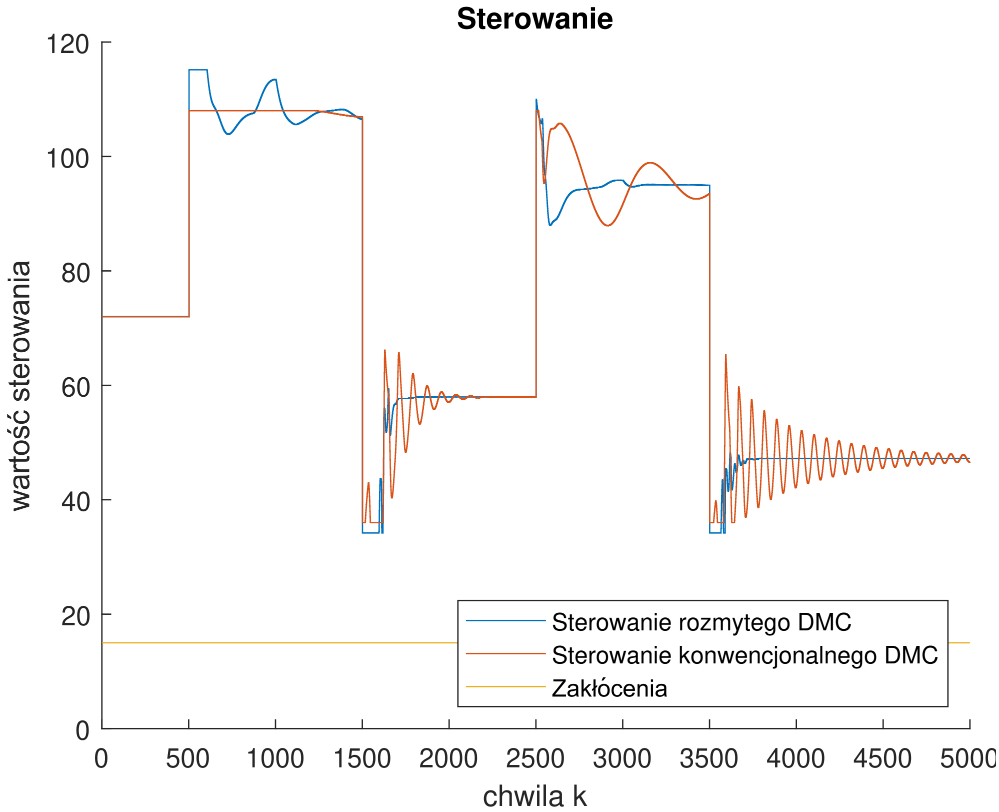


Rys. 1.24: Rozmyty DMC

Błąd: $9,0998 \cdot 10^4$. Widać, że DMC z użytą funkcją przynależności gaussowską, działa minimalnie lepiej niż z funkcją trójkątną. Do dalszych testów będziemy używali funkcji gaussowskiej. Porównanie rozmytego DMC i konwencjonalnego:



Rys. 1.25: Rozmyty DMC



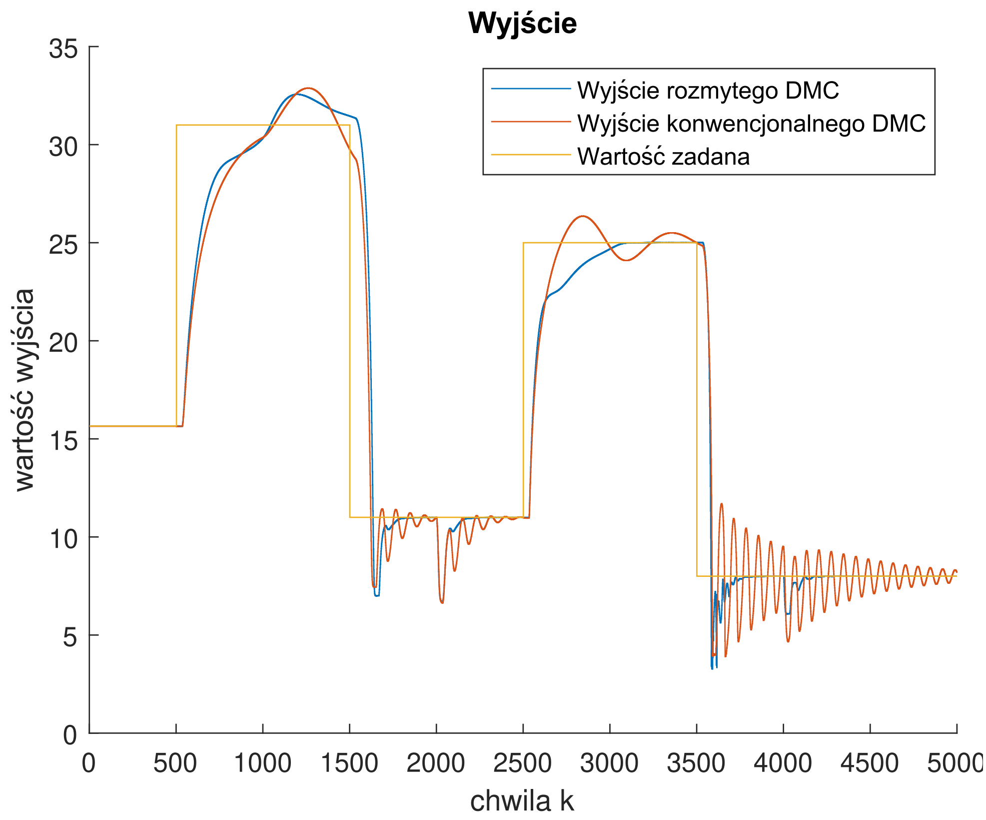
Rys. 1.26: Rozmyty DMC

Widać dużo lepsze działanie i pod względem błędu, który w konwencjonalnym DMC wynosił $9.4040 \cdot 10^4$, jak również jakości sterowania.

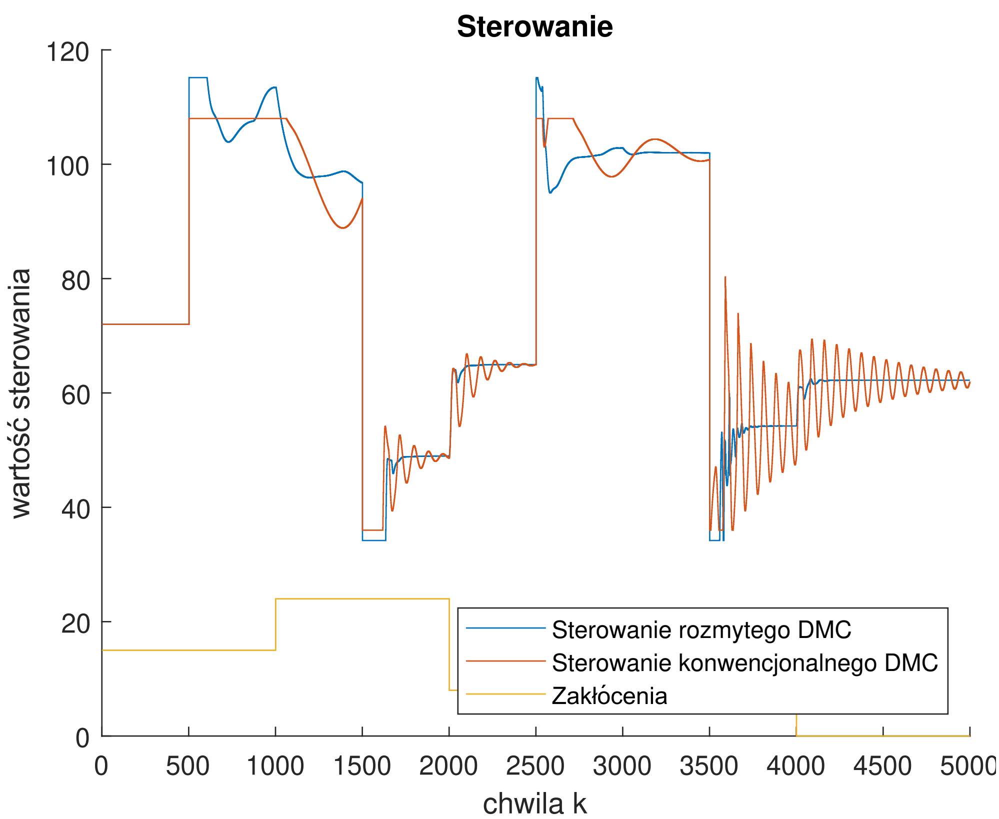
1.5. Zakłócenia

Przetestowaliśmy rozmyty DMC z 5 modelami lokalnymi i gaussowskimi funkcjami przynależności na odporność na zakłócenia.

Analogicznie do porównania obu wersji regulatorów bez zmian zakłóceń regulator rozmyty wygląda lepiej pod względem oscylacji wyjścia i sterowania.



Rys. 1.27: Rozmyty DMC z zakłóceniami



Rys. 1.28: Rozmyty DMC z zakłóceniami