

## Sprawozdanie

### Wprowadzenie do logiki rozmytej

Laboratorium komputerowe WFilS AGH

Amadeusz Filipek

#### 1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest stworzenie prostego rozmytego systemu wnioskującego i zbadanie działania tego systemu w zależności od ustalonych parametrów.

Logika rozmyta jest logiką wielo-wartościową, która operuje na całym zakresie wartości logicznych  $[0, 1]$  w odróżnieniu od klasycznej logiki binarnej, która operuje na dwóch wartościach 0 oraz 1. Logika rozmyta bazuje na teorii zbiorów rozmytych. Każdemu parametrowi przypisuje się funkcje przynależności, które określają w jakim stopniu dane stwierdzenie jest prawdziwe np. dla parametru temperatury funkcje przynależności mogą opisywać w jakim stopniu prawdziwe jest określenie „zimno” lub „ciepło”. Logika rozmyta znajduje zastosowanie między innymi w elektronicznych systemach sterowania a także w układach sztucznej inteligencji.

Rozmyty system wnioskujący stanowi układ logiczny wykorzystujący logikę rozmytą. Składa się z określonej ilości danych wejściowych oraz jednego wyjścia. Zarówno dla wejść jak i wyjścia zdefiniowane są funkcje przynależności. Ilość wprowadzonych funkcji przynależności określana jest mianem ziarnistości. Dodatkowo, każda z funkcji przynależności ma określony kształt zdefiniowany przez osobę projektującą układ. Najczęściej wykorzystywane są funkcje o postaci trójkątnej, trapezowej lub dzwonowej. System przetwarza dane wejściowe na wyjście za pomocą reguł. Reguły to warunki logiczne wprowadzone w postaci „if-then”. Nie ma ustalonych wytycznych co do wprowadzania reguł do systemu po za faktem, że reguły nie mogą być sprzeczne. Reguły wprowadza się na podstawie wiedzy ekspertów w danej dziedzinie. Wydajność układu w dużej mierze zależy od wprowadzonych reguł.

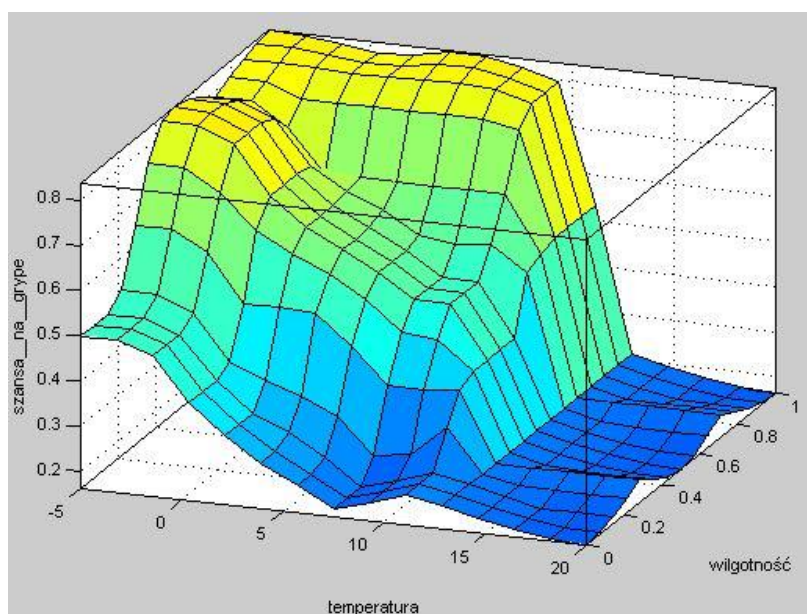
#### 2. Realizacja ćwiczenia

W ramach ćwiczenia wykonano rozmyty system wnioskujący mający na celu stwierdzić jaka jest szansa na przeziębienie w zależności od temperatury oraz wilgotności powietrza na zewnątrz. Układ wykonano w środowisku obliczeniowym Matlab przy wykorzystaniu pakietu *Fuzzy Logic Toolbox*. Wprowadzono 3 funkcje przynależności w postaci trójkątnej dla wszystkich wejść oraz wyjścia. Wprowadzono także zestaw reguł przedstawiony w poniższej tabeli nr 1. Każdą regułę wprowadzono w postaci koniunkcji wyrażeń „if-and-if-then”.

Tabela 1. Zestaw reguł szansy zachorowania przeziębienie dla ziarnistości równej 3

Wilgotność \ Temperatura	zimno	chłodno	ciepło
sucho	średnia	niska	niska
umiarkowanie	duża	średnia	niska
mokro	duża	duża	niska

Uzyskana odpowiedź systemu na wejścia wygląda w sposób następujący:



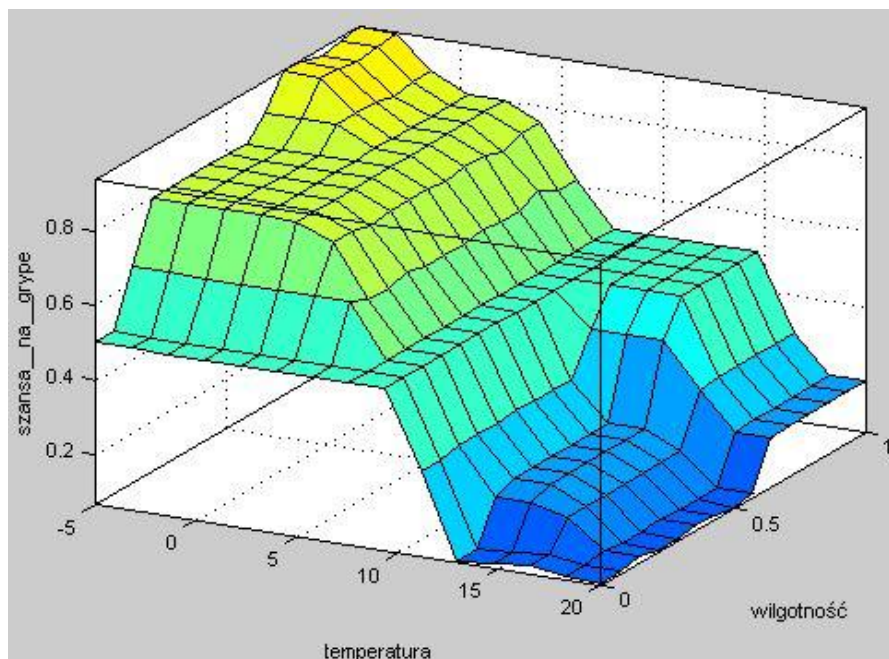
Wykres 1. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla ziarnistości 3 i 9 reguł

Na powyższym wykresie widać, że układ spełnia założenia w szczególności dobrze opisuje punkty graniczne tzn dla wysokiej temperatury i niskiej wilgotności i przeciwnie. Odpowiedź układu ma charakter nieliniowy. Widać obszary o ostrym spadku dla temperatur w okolicy 13 stopni a także dla wilgotności około 0,2.

Następnie zmieniono ziarnistość układu na 5 funkcji przynależności. Zestaw reguł pokazany jest w poniższej tabeli nr 2. Uzyskana odpowiedź systemu na wejścia przedstawiona jest na wykresie 2.

Tabela 2. Zestaw reguł szansy zachorowania przeziębienie dla ziarnistości równej 5

Wilgotność \ Temperatura	zimno	chłodno	umiarkowanie	ciepło	gorąco
bardzo sucho	średnia	średnia	średnia	Bardzo niska	bardzo niska
sucho	duża	duża	średnia	niska	bardzo niska
umiarkowanie	duża	duża	średnia	niska	bardzo niska
mokro	bardzo duża	duża	średnia	średnia	niska
bardzo mokro	bardzo duża	duża	średnia	Średnia	niska



Wykres 2. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla ziarnistości 3 i 9 reguł.

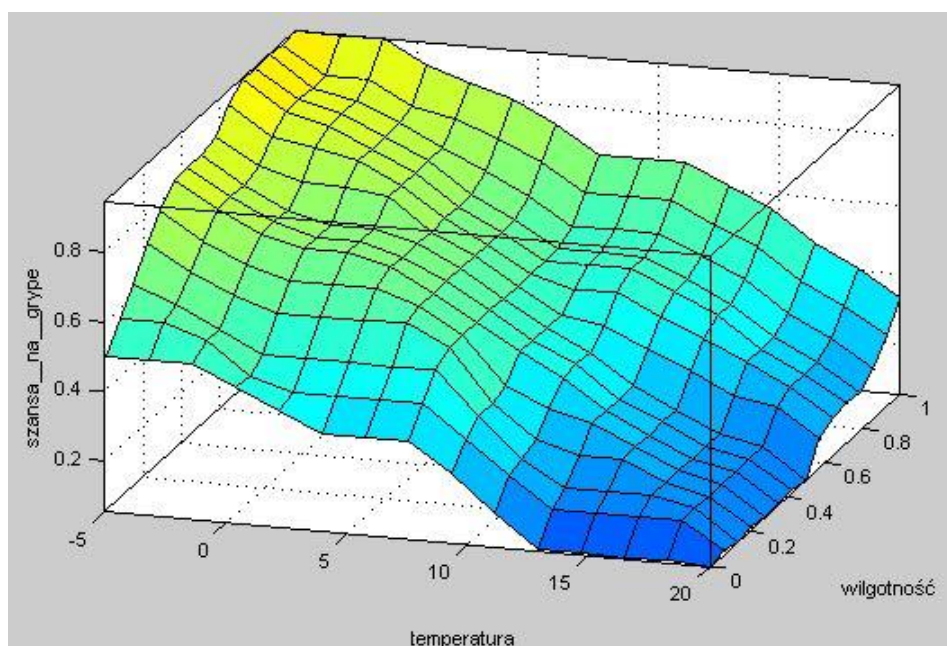
Wprowadzenie większej ilości funkcji przynależności oraz reguł wpłynęło na zmianę nachylenia charakterystyki odpowiedzi układu. Zbocze odpowiedzi ma bardziej gładki przebieg bez ostrych przejść. Większa ilość funkcji przynależności pozwala lepiej zamodelować odpowiedź dla pośrednich wartości wejściowych.

Następnie ziarnistość układu rozszerzono do 7 funkcji przynależności w każdym wejściu oraz wyjściu. Tablica reguł została wykonana poprzez rozszerzenie poprzedniej tabeli i przedstawiona jest poniżej:

Tabela 3. Zestaw reguł szansy zachorowania przeziębienie dla ziarnistości równej 7

Wilgotność \ Temperatura	mroźno	zimno	chłodno	umiarkowanie	ciepło	gorąco	upał
susza	średnia	średnia	niska	niska	zerowa	zerowa	zerowa
bardzo sucho	duża	średnia	średnia	średnia	bardzo niska	bardzo niska	zerowa
sucho	bardzo duża	duża	duża	średnia	niska	bardzo niska	zerowa
umiarkowanie	bardzo duża	duża	duża	średnia	niska	bardzo niska	zerowa
mokro	ogromna	bardzo duża	duża	średnia	średnia	niska	bardzo niska
bardzo mokro	ogromna	bardzo duża	duża	średnia	średnia	niska	bardzo niska
maksymalnie	ogromna	ogromna	bardzo duża	duża	duża	średnia	niska

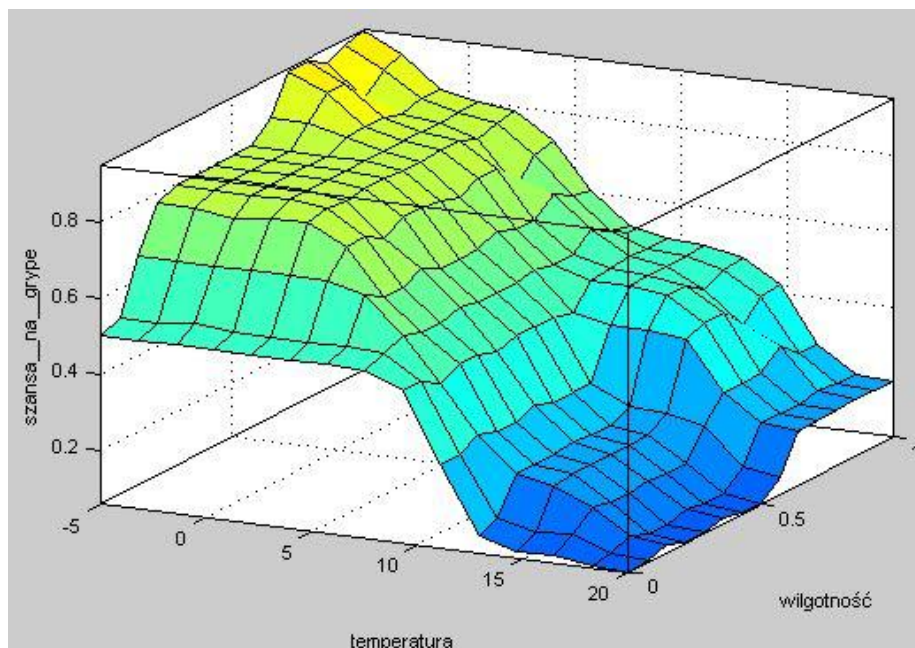
Odpowiedź systemu na wejścia dla ziarnistości 7 wygląda następująco:



Wykres 3. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla ziarnistości 7 i 49 reguł.

Rozszerzenie ziarnistości układu prowadzi do dalszego wygładzenia odpowiedzi układu. Charakterystyczne schodki o wysokim spadku widoczne na wykresach nr 1 oraz 2 teraz sprowadzone są do bardziej liniowego przebiegu.

W kolejnym etapie ćwiczenia wykorzystano ziarnistość 5 funkcji przynależności i zbadano jak zmienia się charakter działania badanego układu w zależności od postaci funkcji przynależności. Poniżej przedstawiono odpowiedź działania układu przy wykorzystaniu funkcji Gaussa:

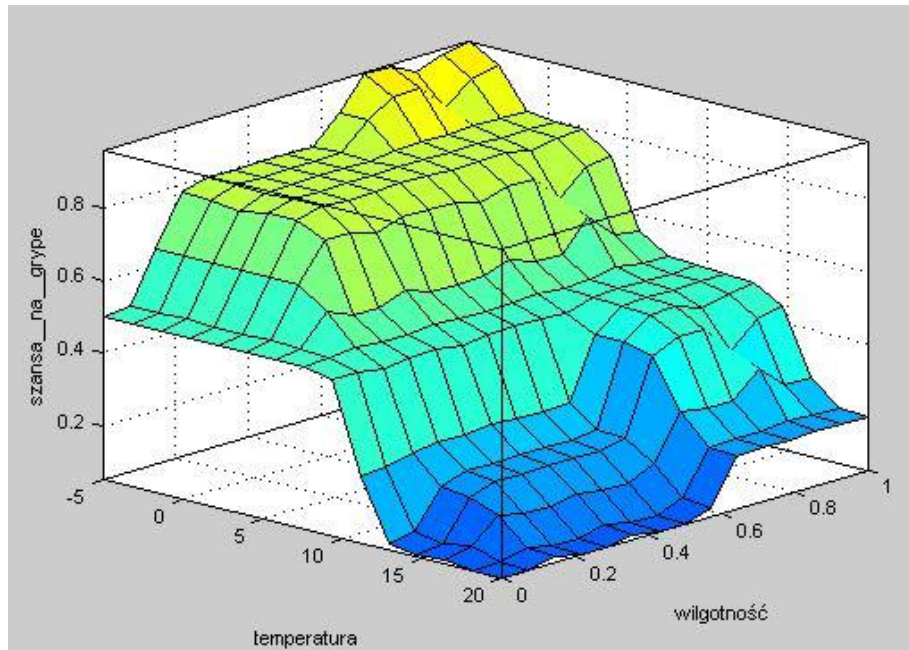


Wykres 4. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla funkcji przynależności postaci Gaussa.

Zmiana postaci funkcji przynależności z funkcji trójkątnej na Gaussa prowadzi do znacznego wygładzenia charakterystyki odpowiedzi, niwelując ostre skoki wartości wyjściowej. Następnie

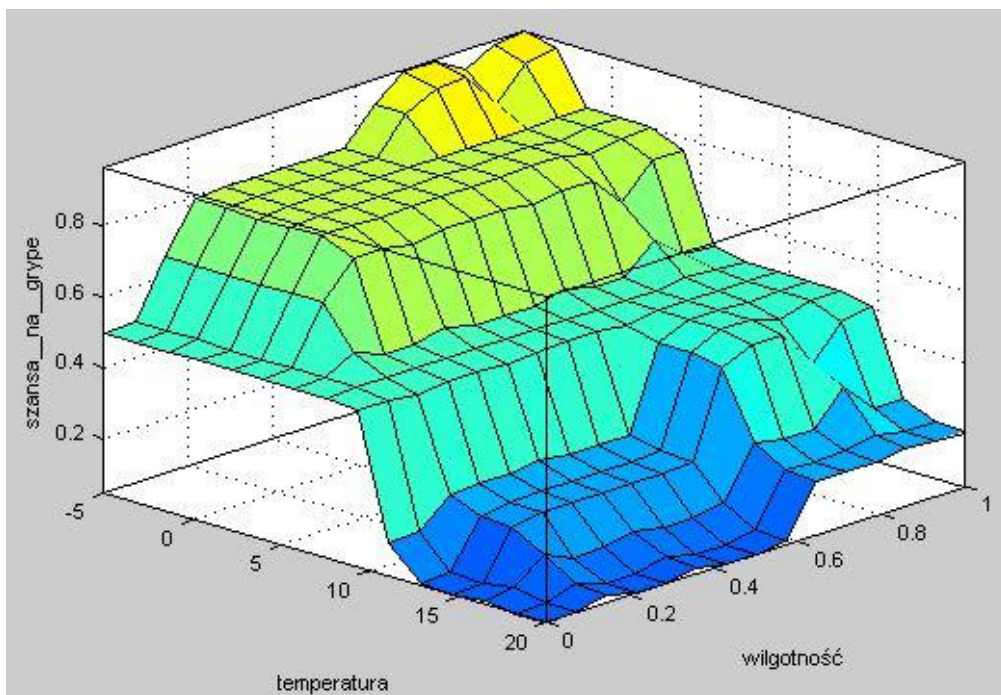


wykorzystano funkcję przynależności postaci dsigmoidalnej, która stanowi różnicę dwóch funkcji sigmoidalnych. Uzyskana postać odpowiedzi układu wygląda następująco:



Wykres 5. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla funkcji przynależności postaci dsigmoidalnej.

Wprowadzenie funkcji dsigmoidalnej także wprowadza pewne wygładzenie do odpowiedzi układu. Odpowiedź układu praktycznie nie różni się od tej przedstawionej na wykresie nr 4 dla funkcji Gaussa. Następnie wykorzystano funkcje przynależności postaci zgeneralizowanej funkcji dzwonowej (*gbell*). Uzyskana postać odpowiedzi układu przedstawiona jest na poniższym wykresie:



Wykres 6. Odpowiedź układu wnioskującego w funkcji danych wejściowych dla funkcji przynależności postaci dzwonowej.

Wprowadzenie funkcji dzwonowej także prowadzi do wygładzenia odpowiedzi układu. Odpowiedź układu praktycznie pokrywa się z tymi przedstawionymi na wykresach nr 5 oraz 4. Największa zmiana w charakterze pracy układu zachodzi zatem przy przejściu z trójkątnej postaci funkcji o ostrych brzegach na funkcje typu Gaussowskiego o gładkim spadku zbocza.

### 3. Podsumowanie

W zakresie ćwiczenia wykonano rozmyty system wnioskujący i przeanalizowano charakter pracy układu w zależności od ziarnistości i liczby reguł a także od postaci funkcji przynależności. Zaobserwowano, że zwiększenie ziarnistości wygładza charakter odpowiedzi, tym samym wprowadzając stabilizację do systemu gdyż zmniejszone są ostre skokowe zmiany odpowiedzi. Ze zwiększeniem ziarnistości wiąże się jednak potrzeba zwiększenia liczby reguł, która może być problematyczna do zaprojektowania. Dalsze zwiększanie ziarnistości prowadzi także do trudności w obsłudze układu przez użytkownika, który przy dużej ziarnistości musi określić dość dokładnie wartość parametrów wejściowych. Wprowadzenie do układu ciągłych funkcji przynależności takich jak funkcja Gaussa zamiast funkcji trójkątnej także skutkowało wygładzeniem charakteru odpowiedzi co jest równoznaczne ze zwiększoną stabilizacją systemu.