

Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe. Logika rozmyta jako forma reprezentacji wiedzy w systemach sterowania lub podejmowania decyzji.		
Autor: Izabela Grysztar	„Wykorzystanie modelu Mamdani do sterowania działaniem zmywarki”	Data oddania projektu: 27.11.2020
Identyfikator przedmiotu: IW-is-io-2020/2021		Prowadzący: Dr hab. inż. Barbara Mrzygłód KISiM, WIMIIP, AGH mrzyglod@agh.edu.pl

1. WPROWADZENIE DO PROJEKTU

- 1.1. W niniejszym projekcie został stworzony system, który steruje działaniem zmywarki. Precyzyjniej opisując, jest to dobór odpowiednich parametrów do zmywania w programie „automatycznym” mycia naczyń.
Temat ten został wybrany, ponieważ zmywarka jest obecnie powszechnym urządzeniem domowym. Dlatego warto zastanowić się nad jej sposobem działania oraz rozważeniem innych sposobów, które mogą okazać się lepsze i wydajniejsze. Nad tym problemem pracuje dużo konkurencyjnych firm na rynku, walcząc o klienta.
- 1.2. Opracowany w ten sposób system, może być wykorzystany przez producentów zmywarek.
Istnieją już systemy sterowania działaniem zmywarek, które rozwiązują ten problem w inny sposób. Są to na przykład:
Zmywarki firmy Electrolux posiadają system „QuickSelect”, który sam dobiera optymalne parametry, na podstawie wybranego czasu trwania zmywania.
Zmywarki m.in. firmy Bosch wyposażone są w czujnik wody „AquaSensor”. Ocenia on mętność wody na podstawie obecności małych cząstek brudu czy resztek jedzenia. Taka informacja zmienia przebieg programu: czas trwania, zużycie wody.
- 1.3. Charakterystyka zmiennych wejściowych:
„Czas” – wartość podawana jest przez użytkownika urządzenia.
„Stopień zabrudzenia” – wartość ustawiana jest optymalnie za pomocą czujnika mętności wody po płukaniu wstępnym.
„Wielkość wsadu” – wartość procentowa podawana jest przez użytkownika urządzenia, np. za pomocą pokrętła.
Charakterystyka zmiennych wyjściowych:
„Ilość detergentu”, „Temperatura” oraz „Ilość wody” – to parametry, które są wykorzystane przez urządzenie do wykonania swojego zadania.
- 1.4. Do realizacji projektu został wykorzystany model Mamdani, ponieważ przy tworzeniu zmiennych lingwistycznych oraz reguł opierano się na „wiedzy eksperckiej i zdrowym rozsądku”.

W projekcie wprowadzone zostały trzy zmienne wejściowe, a model Mamdani w takiej sytuacji wykazuje dobre właściwości.

1.5. Proces pozyskiwania wiedzy

Tworzenie reguł odbyło się na podstawie ogólnej wiedzy i intuicji.

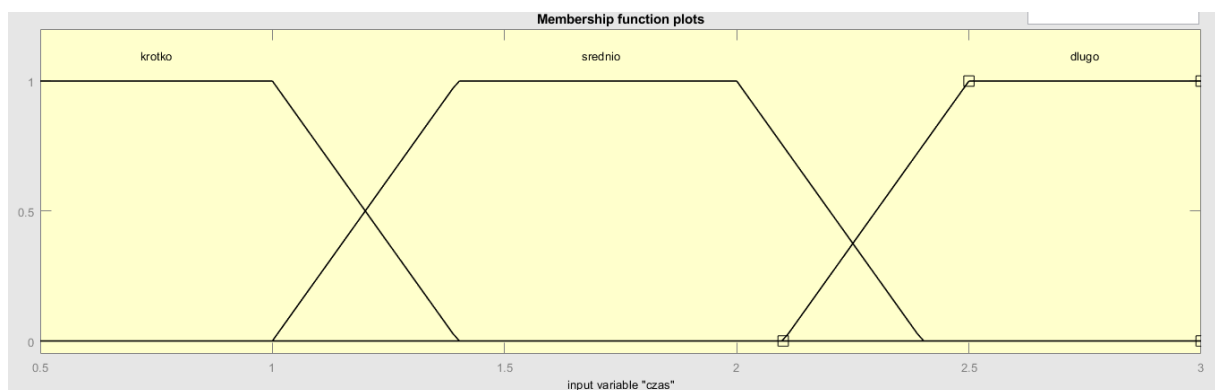
2. OPRACOWANIE SILNIKA WNIOSKOWANIA ROZMYTEGO

2.1. Reprezentacja wybranych zmiennych lingwistycznych w postaci zbiorów rozmytych.

Zmienne wejściowe:

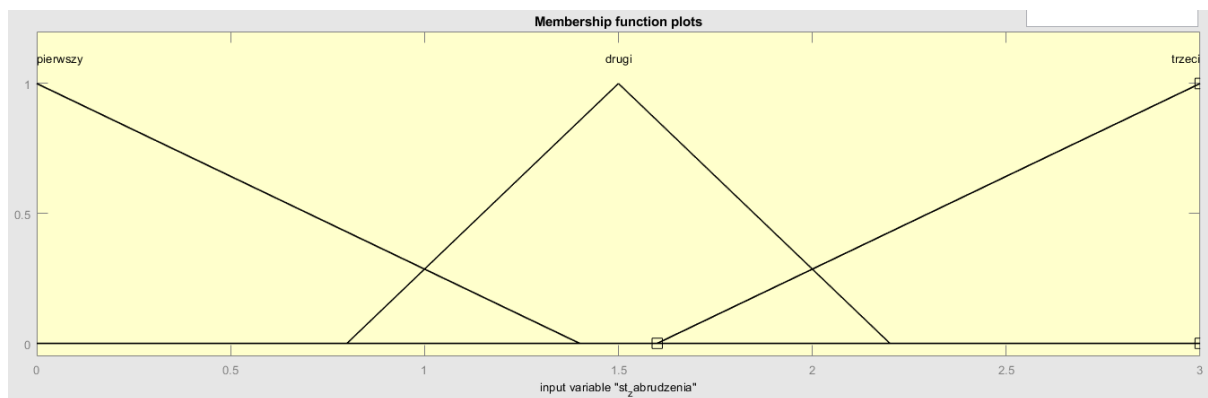
- „Czas”
 - Zakres: [0.5 3]
 - Jednostka: godzina
 - Zbiory rozmyte:

NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„krótko”	trapezowa	0.5	0.5	1	1.4
„średnio”	trapezowa	1	1.4	2	2.4
„długo”	trapezowa	2.1	2.5	3	3



- „Stopień zabrudzenia”
 - Zakres: [0 3]
 - Jednostka: stopień
 - Zbiory rozmyte:

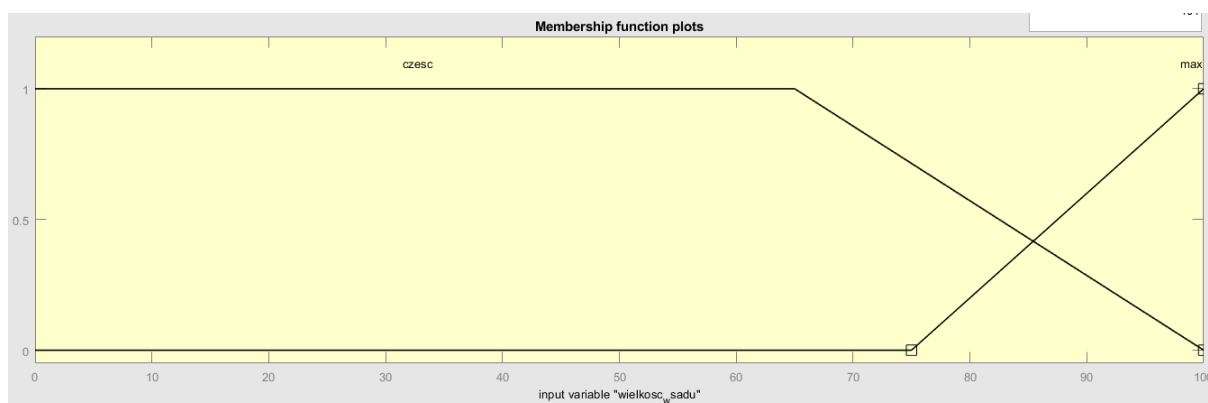
NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„pierwszy”	trójkątna	0	0	1.4	-
„drugi”	trójkątna	0.8	1.5	2.2	-
„trzeci”	trójkątna	1.6	3	3	-



● „Wielkość wsadu”

- Zakres: [0 100]
- Jednostka: procent
- Zbiory rozmyte:

NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„część”	trapezowa	0	0	65	100
„max”	trójkątna	75	100	100	-

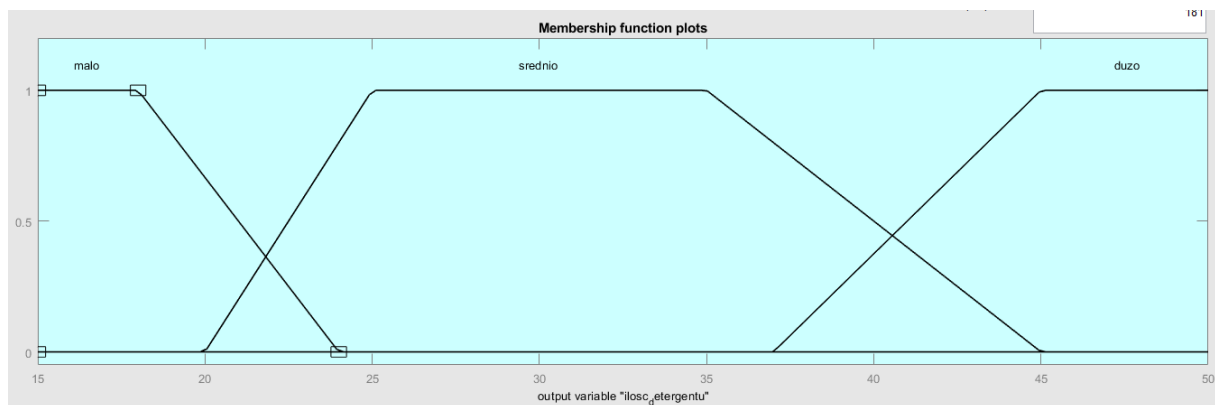


Zmienne wyjściowe:

● „Ilość detergentu”

- Zakres: [15 50]
- Jednostka: mililitr
- Zbiory rozmyte:

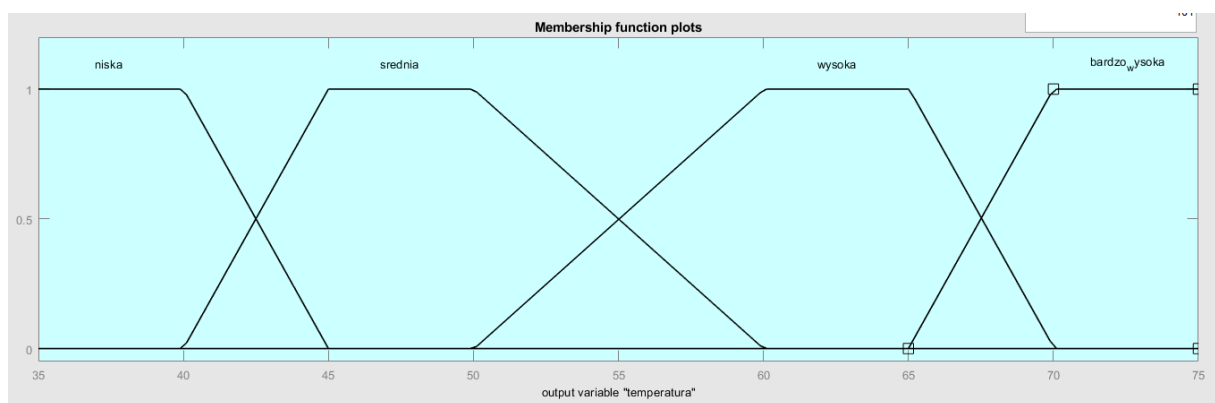
NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„mało”	trapezowa	15	15	18	24
„średnio”	trapezowa	20	25	35	45
„dużo”	trapezowa	37	45	50	50



● „Temperatura”

- Zakres: [35 75]
- Jednostka: stopnie Celsjusza
- Zbiory rozmyte:

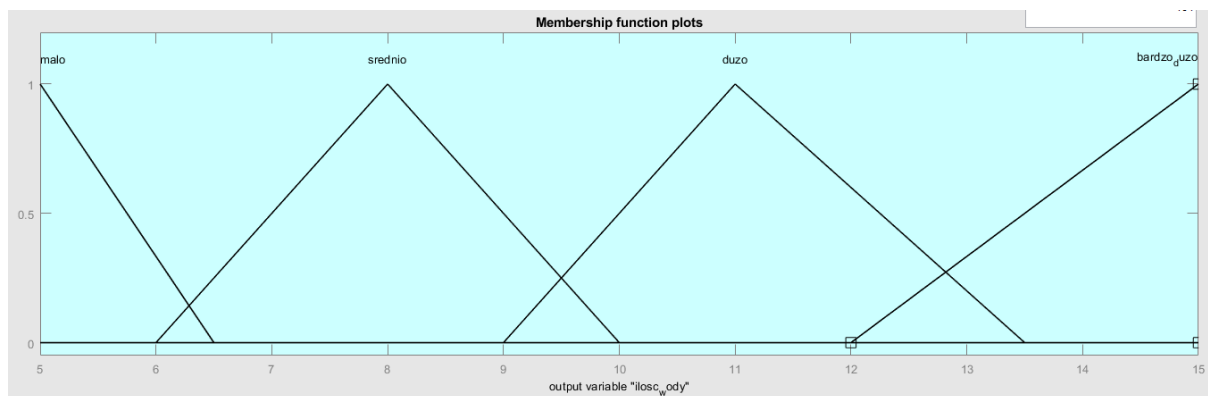
NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„niska”	trapezowa	35	35	40	45
„średnia”	trapezowa	40	45	50	60
„wysoka”	trapezowa	50	60	65	70
„bardzo wysoka”	trapezowa	65	70	75	75



● „Ilość wody”

- Zakres: [5 15]
- Jednostka: litr
- Zbiory rozmyte:

NAZWA ZBIORU	TYP FUNKCJI	PARAMETRY FUNKCJI			
		a	b	c	d
„mało”	trójkątna	5	5	6.5	-
„średnio”	trójkątna	6	8	10	-
„dużo”	trójkątna	9	11	13.5	-
„bardzo dużo”	trójkątna	12	15	15	-



Wybrano odcinkowo-liniowe funkcje przynależności: trójkątne i trapezowe, ponieważ najlepiej opisują stopień w jakim elementy należą do poszczególnych zbiorów rozmytych.

2.2. Rozmyta baza wiedzy.

Utworzono 18 reguł w rozmytej bazie wiedzy, tak aby zbiory rozmyte każdej ze zmiennych wejściowych występowały we wszystkich kombinacjach z pozostałymi zbiorami rozmytymi danych wejściowych. Wartości zmiennych wyjściowych dobierane były na podstawie ogólnej wiedzy oraz przeprowadzając research w sieci.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Czas	krótko	krótko	krótko	krótko	krótko	krótko	średnio	średnio	średnio
Stopień zabrudzenia	pierwszy	pierwszy	drugi	drugi	trzeci	trzeci	pierwszy	pierwszy	drugi
Wielkość wsadu	część	max	część	max	część	max	część	max	część
Ilość detergentu	mało	średnio	średnio	dużo	średnio	dużo	mało	mało	średnio
Temperatura	średnia	średnia	wysoka	bardzo wysoka	bardzo wysoka	bardzo wysoka	niska	średnia	wysoka
Ilość wody	mało	średnio	średnio	dużo	dużo	bardzo dużo	mało	dużo	średnio

	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Czas	średnio	średnio	średnio	długo	długo	długo	długo	długo	długo
Stopień zabrudzenia	drugi	trzeci	trzeci	pierwszy	pierwszy	drugi	drugi	trzeci	trzeci
Wielkość wsadu	max	część	max	część	max	część	max	część	max
Ilość detergentu	średnio	średnio	dużo	mało	mało	średnio	średnio	średnio	dużo
Temperatura	wysoka	bardzo wysoka	bardzo wysoka	niska	niska	średnia	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Ilość wody	dużo	dużo	bardzo dużo	mało	średnio	mało	średnio	dużo	dużo

```

1. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is malo)(temperatura is srednia)(ilosc_wody is malo) (1)
2. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is srednia)(ilosc_wody is srednio) (1)
3. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is wysoka)(ilosc_wody is srednio) (1)
4. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is duzo)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)
5. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)
6. If (czas is krotko) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is duzo)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is bardzo_duzo) (1)
7. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is malo)(temperatura is niska)(ilosc_wody is malo) (1)
8. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is malo)(temperatura is srednia)(ilosc_wody is duzo) (1)
9. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is wysoka)(ilosc_wody is srednio) (1)
10. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)
11. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)
12. If (czas is srednio) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is duzo)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is bardzo_duzo) (1)
13. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is malo)(temperatura is niska)(ilosc_wody is malo) (1)
14. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is pierwszy) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is malo)(temperatura is niska)(ilosc_wody is srednio) (1)
15. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is srednia)(ilosc_wody is malo) (1)
16. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is drugi) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is srednia)(ilosc_wody is srednio) (1)
17. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is czesc) then (ilosc_detergentu is srednio)(temperatura is wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)
18. If (czas is dlugo) and (st_zabrudzenia is trzeci) and (wielkosc_wsadu is max) then (ilosc_detergentu is duzo)(temperatura is bardzo_wysoka)(ilosc_wody is duzo) (1)

```

2.3. Uzasadnienie przyjętych operatorów logicznych.

Przy tworzeniu reguł wybrano operator AND, żeby każda zmienna wejściowa była brana pod uwagę w tworzeniu konkluzji.

Wybrany operatorem t-normy do wnioskowania jest MIN, aby otrzymać minimalne wyniki. Natomiast do kumulacji wybrano operator s-normy – MAX, aby wynikowy zbiór rozmyty był sumą konkluzji częściowych.

Do procesu wyostrzania wykorzystano metodę Centroid – Center of Gravity, czyli metodę środka ciężkości.

Wykazuje się lepszą czułością na zmiany danych wejściowych niż w przypadku metod środka, pierwszego lub ostatniego maksimum. Wybór tej metody nastąpił również dlatego, że w wyostrzaniu biorą udział wszystkie aktywne reguły.

2.4. Wnioskowanie rozmyte – analiza.

Do przedstawienia działania systemu wybrano następujące zmienne wejściowe:

czas = 2.25 h = 2 h i 15 min

stopień zabrudzenia = 2.14

wielkość wsadu = 80%

W wyniku otrzymano następujące wartości:

ilość detergentu = 34 ml

temperatura = 61.9 st. C

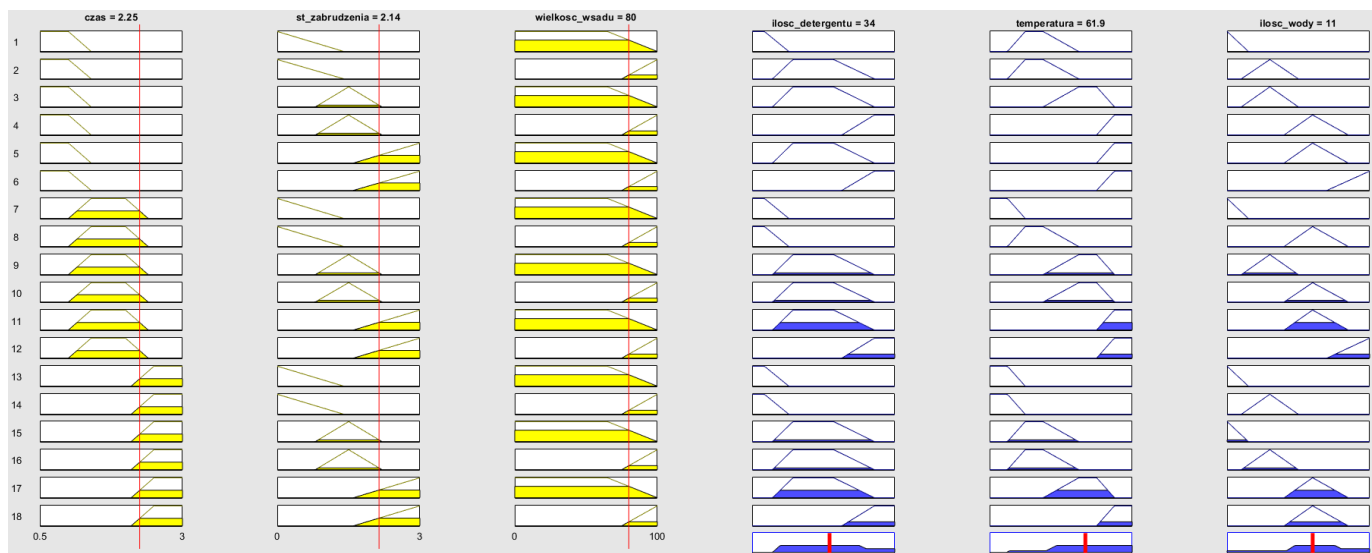
ilość wody = 11 l

W procesie agregacji przesłanek 18 reguł, 8 z nich (9, 10, 11, 12, 15, 16, 17 i 18) ma niezerowe stopnie spełnienia. Za pomocą operatora minimum wybrane zostały stopnie spełnienia przesłanek (kolor żółty).

W procesie wnioskowania (inferencji) zostały określone stopnie spełnienia konkluzji (kolor niebieski).

Kumulując wynikowe zbiory rozmyte wykorzystano operator MAX, który je sumuje.

Metodą Centroid wybrano wynikowe wartości.



Dla innego przykładu wybrano zmienne:

czas = 0.75 h = 45 min

stopień zabrudzenia = 0.88

wielkość wsadu = 100%

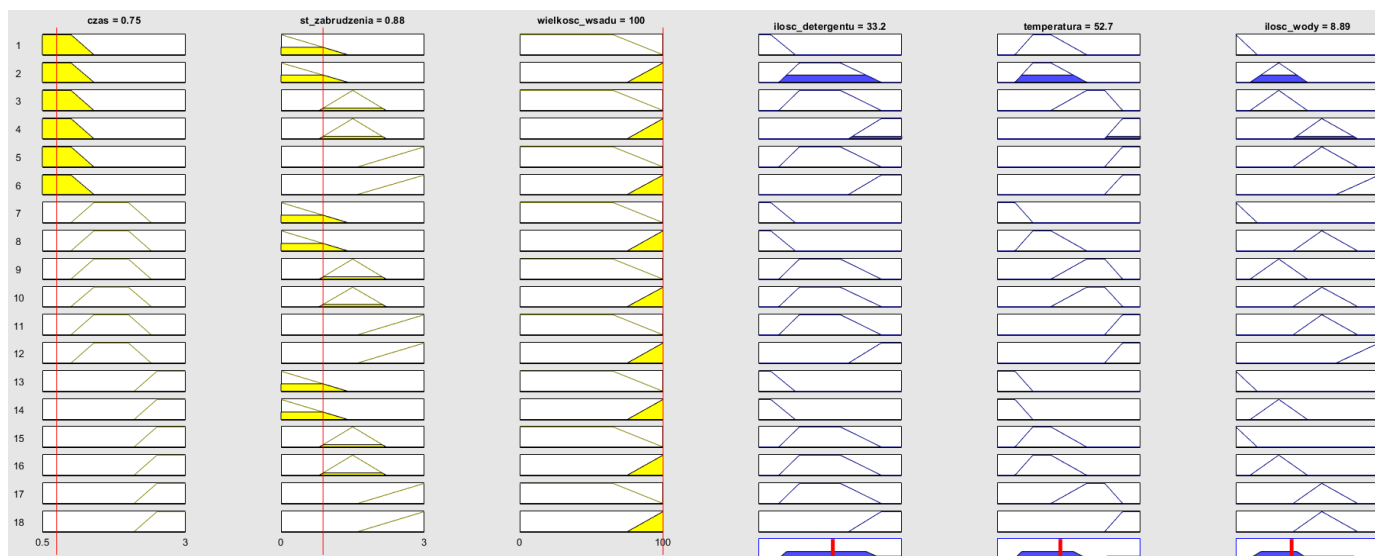
W wyniku otrzymano następujące wartości:

ilość detergentu = 33.2 ml

temperatura = 52.7 st. C

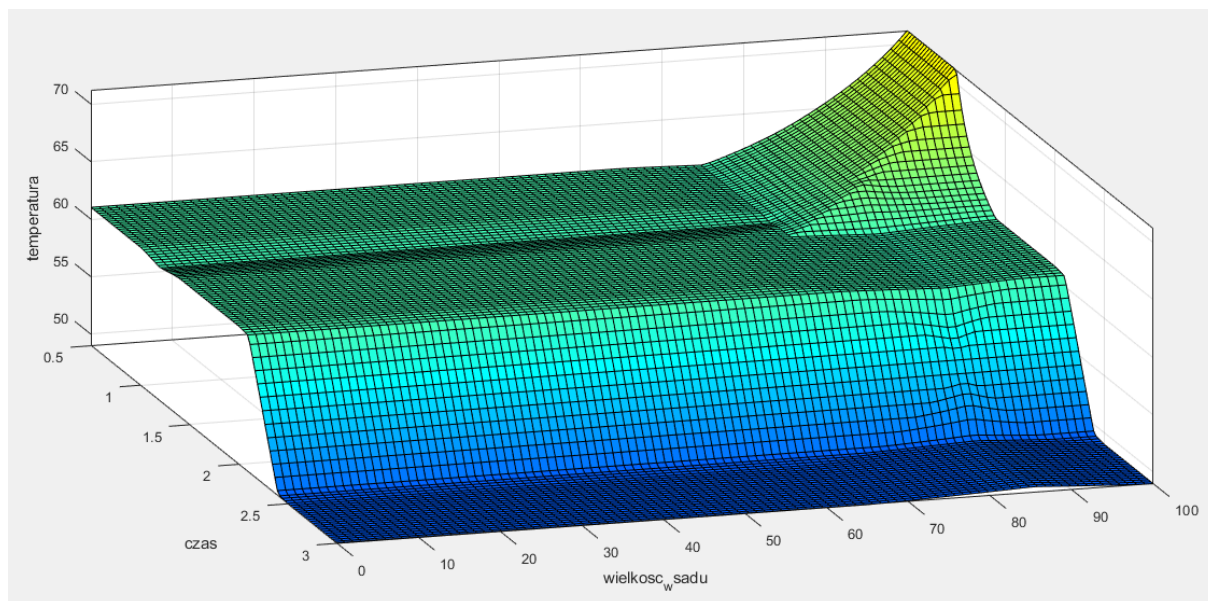
ilość wody = 8.89 l

W procesie agregacji, niezerowy stopień spełnienia mają tylko dwie reguły – 2 i 4.

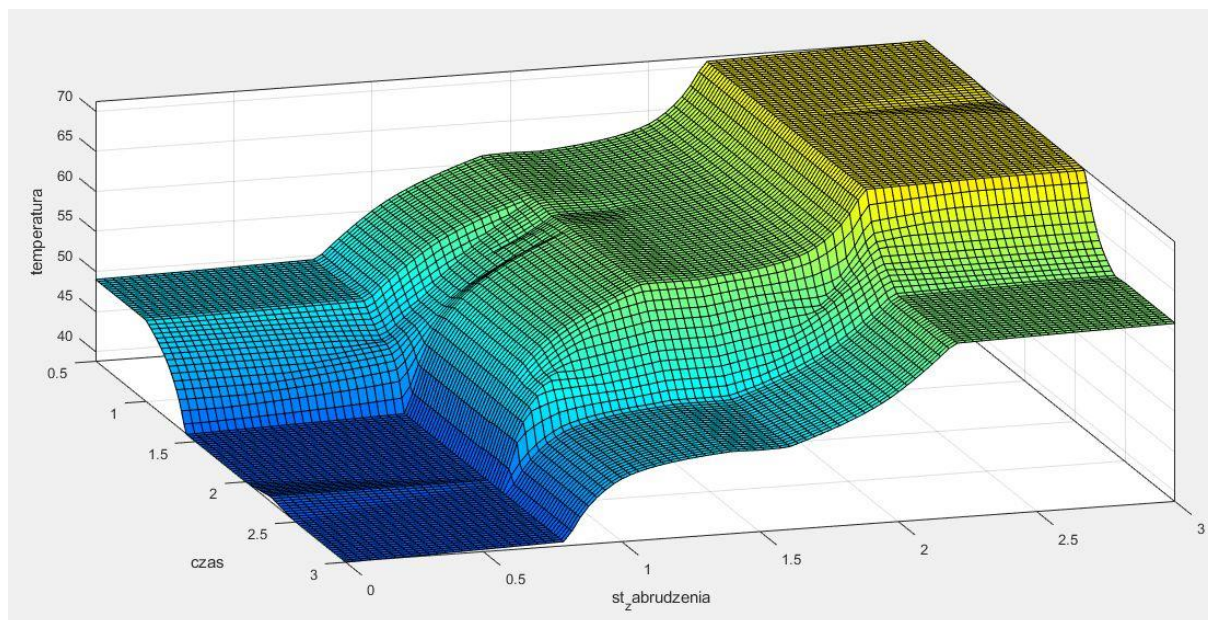


Porównując dwa scenariusze, można z łatwością zauważyć wpływ stopnia zabrudzenia i wybranego czasu na dobór parametrów. W pierwszym przypadku mamy dużo wyższy stopień zabrudzenia niż w drugim oraz krótszy czas. Dlatego potrzebna jest większa ilość wody oraz znacznie wyższa temperatura.

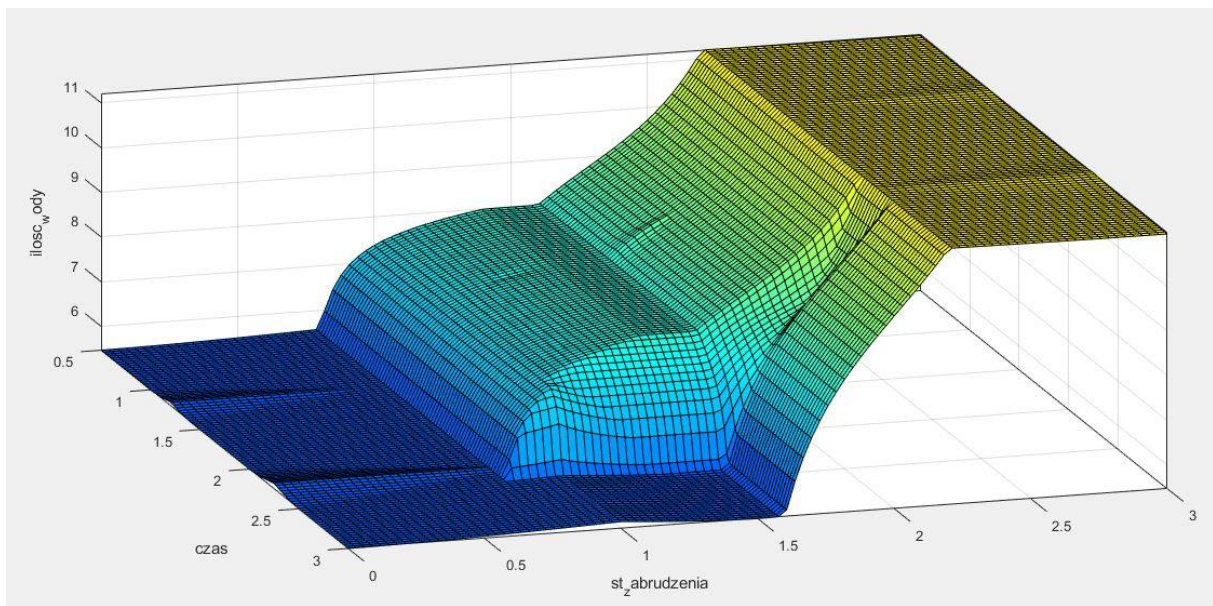
Ilustracje modułu „Surface”:



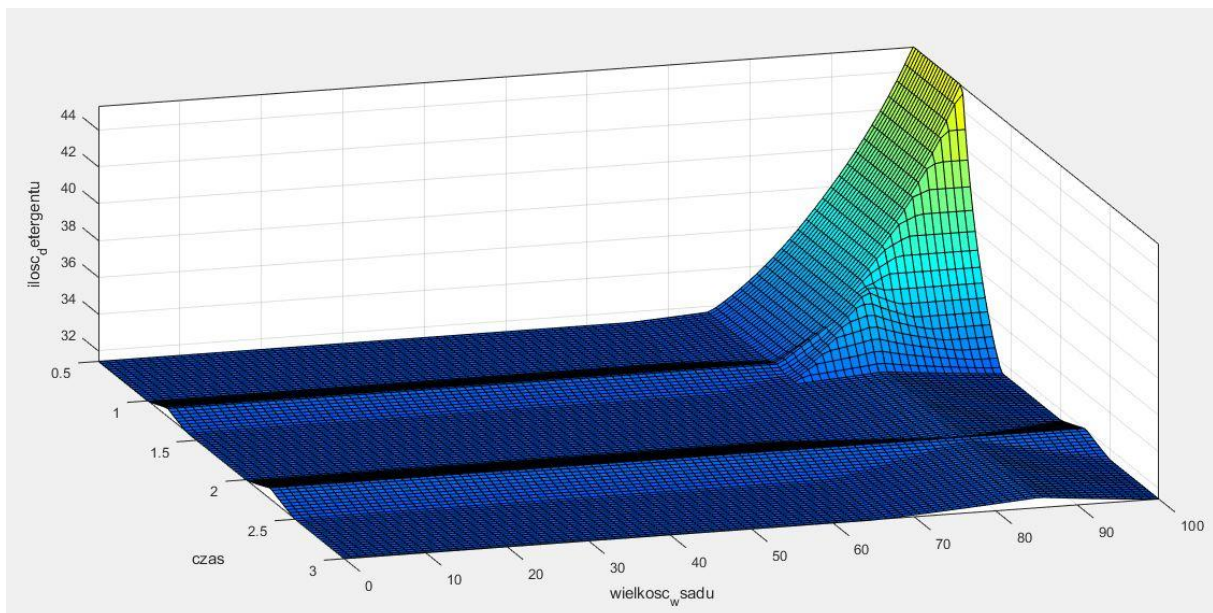
Na powyższej ilustracji widać wyraźny wzrost temperatury w przypadku krótkiego czasu, oraz bardzo dużego wsadu. Dla najwyższego czasu, wielkość wsadu nie wpływa na wartość temperatury.



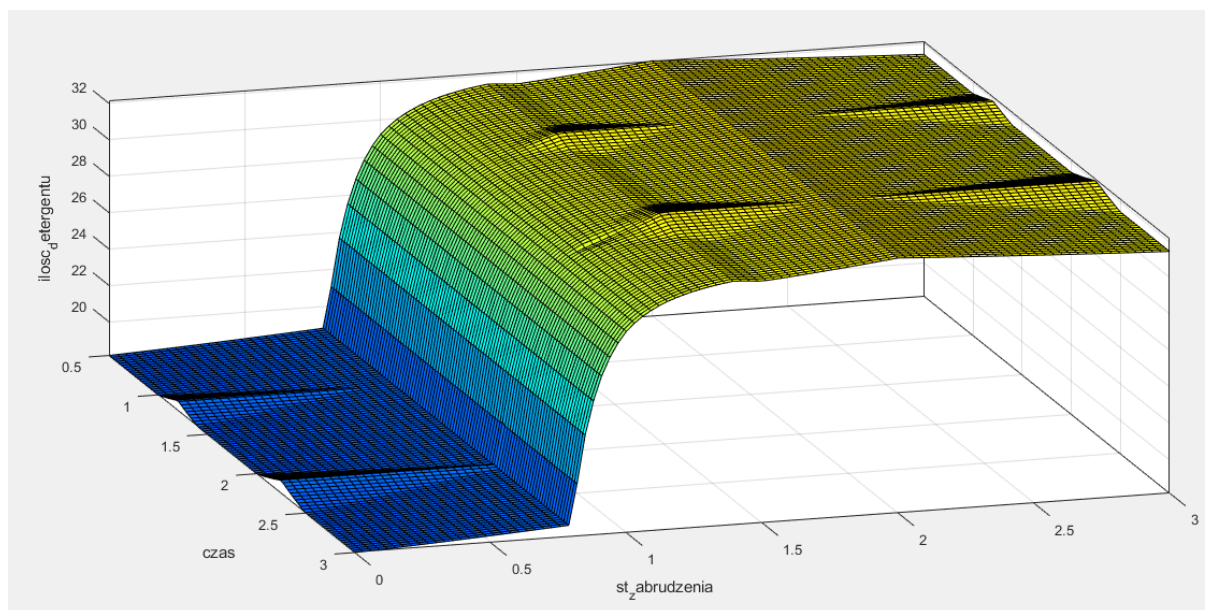
Tutaj jest zauważalny wpływ stopnia zabrudzenia na temperaturę. Im naczynia brudniejsze, tym wyższa temperatura. Jednak przy dłuższym czasie zmywania temperatura jest niższa.



Na powyższej powierzchni można zauważyć, że dla bardzo wysokich i bardzo niskich wartości stopnia zabrudzenia, czas nie ma wpływu na objętość wykorzystanej wody. Natomiast dla środkowych wartości stopnia zabrudzenia oraz długiego czasu, ilość wody jest znacznie niższa niż, dla krótkiego i średniego czasu.



Wysoki wzrost ilości detergentu występuje w przypadku bardzo krótkiego czasu oraz bardzo dużego wsadu.



Ta powierzchnia wyraźnie pokazuje wysoki skok ilości detergentu, gdy stopień zabrudzenia zbliża się do wartości 1.

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

System przy pomocy reguł został tak skonstruowany, aby przy wyborze minimalnych parametrów, naczynia zostały skutecznie umyte. Dzięki temu, system jest oszczędny oraz efektywny.

Jedną z możliwości rozwoju systemu mogłoby być mierzenie wielkości wsadu przez odpowiedni czujnik, np. wagę, lub taką informację pozyskiwać z wartości określającej mętność wody – podobnie jak w przypadku stopnia zabrudzenia.

Dzięki temu, zmniejszając wpływ użytkownika do ustawień programu, system stanie się jeszcze bardziej „automatyczny”.

Aby rozwinąć zaprojektowaną aplikację, również można byłoby dobierać parametr potrzebnej energii, aby uzyskać system bardziej ekonomiczny.

4. IMPLEMENTACJA

Do implementacji systemu wykorzystano środowisko „MATLAB”. Projekt znajduje się w załączonym pliku „zmywarka.fis”.