

# Systemy rozmyte

## Instrukcja laboratoryjna 2

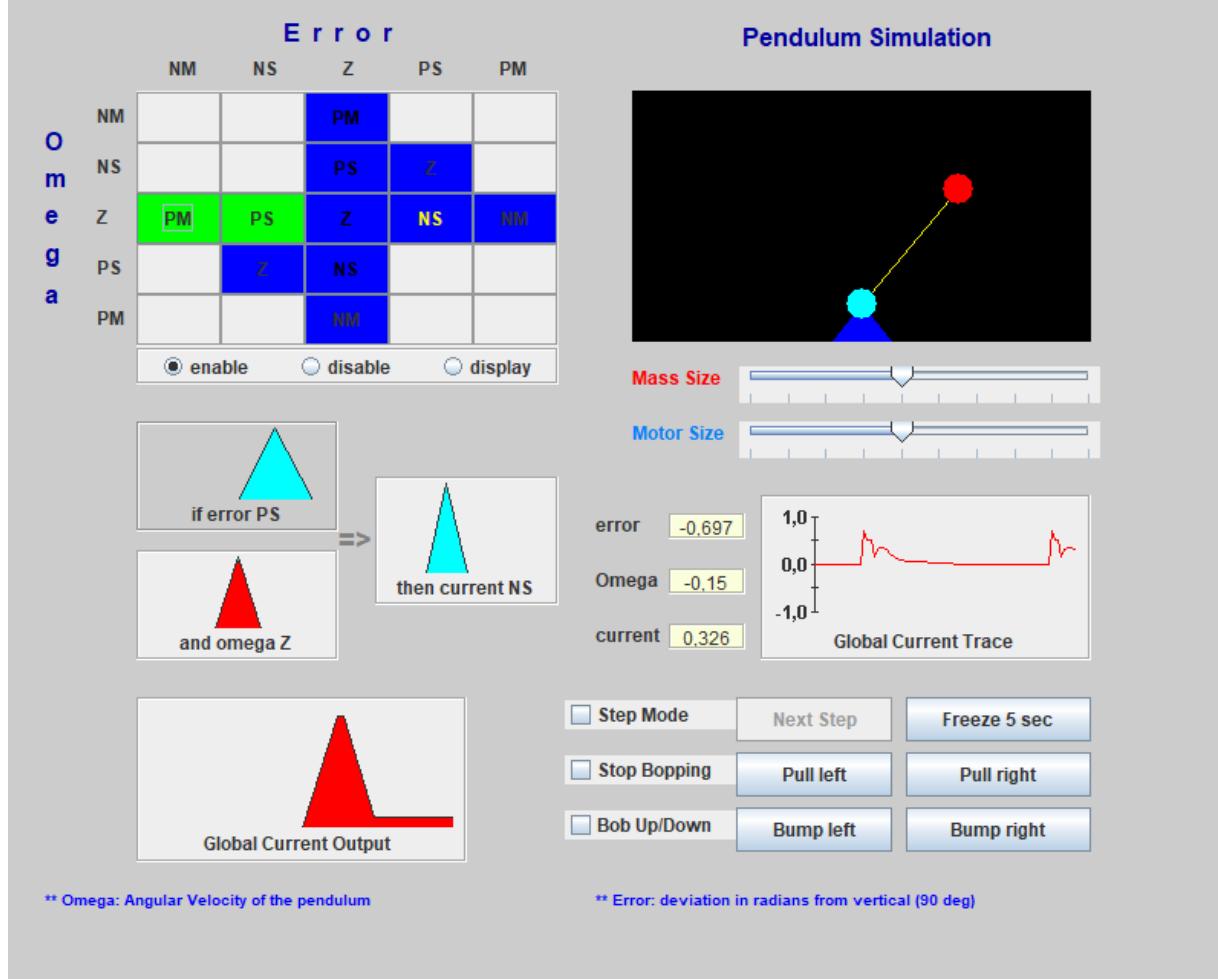
- Pobierz pliki aplet.html i FuzzyPendulum.jar. Najwygodniej umieścić je w folderze C:\\.
- W jdk w wersji 8. przejdź do folderu bin i wywołaj polecenie:

```
.\appletviewer.exe C:\\\aplet.html
```

Na ekranie powinien pojawić się debugger apletów:

Applet Viewer: examples/fuzzypendulum/FuzzyPendulumJApplet.class

Applet



Program to demonstracja sterownika rozmytego, w którym stacjonarne odwrócone wahadło ze środkiem ciężkości o zmiennej masie, umieszczonym na górze wahadła, jest balansowane przez silnik o zmiennej mocy, znajdujący się na dole wahadła. Celem jest, aby wahadło utrzymało pozycję pionową, czyli innymi słowy, miało pozycję w kącie 90 stopni.

Z uwagi, że jest to demonstracja, użytkownik może swobodnie zmieniać masę środka ciężkości, jak i moc silnika. Istnieje możliwość podglądu reguł decyzyjnych oraz ich dynamicznego włączania/wyłączania. Symulacja może być wykonywana w sposób ciągły, jak i krokowy (step mode). W stanie początkowym wszystkie reguły są aktywne oraz dodano

działanie zewnętrznej siły, która jeżeli wahadło jest ustabilizowane (z pewną tolerancją), uderza w nie i przechyla je w prawo, po czym oczekujemy że silnik zneutralizuje po chwili działanie tej siły i ponownie ustabilizuje wahadło.

		Error				
		NM	NS	Z	PS	PM
Omega	NM			PM		
	NS			PS	Z	
	Z	PM	PS	Z	NS	NM
	PS		Z	NS		
	PM			NM		

enable  
  disable  
  display

Powyżej zapisano reguły sterowania w wersji tabelarycznej. Error oznacza różnicę w radianach pomiędzy aktualnym kątem wahadła a docelową pozycją PI/2 (90 stopni). Omega jest prędkością kątową wahadła. Zmienne lingwistyczne oznaczono jako:

NM - negative medium

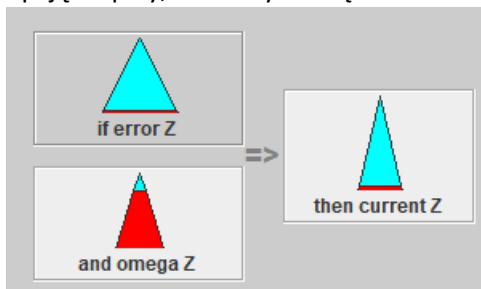
NS - negative small

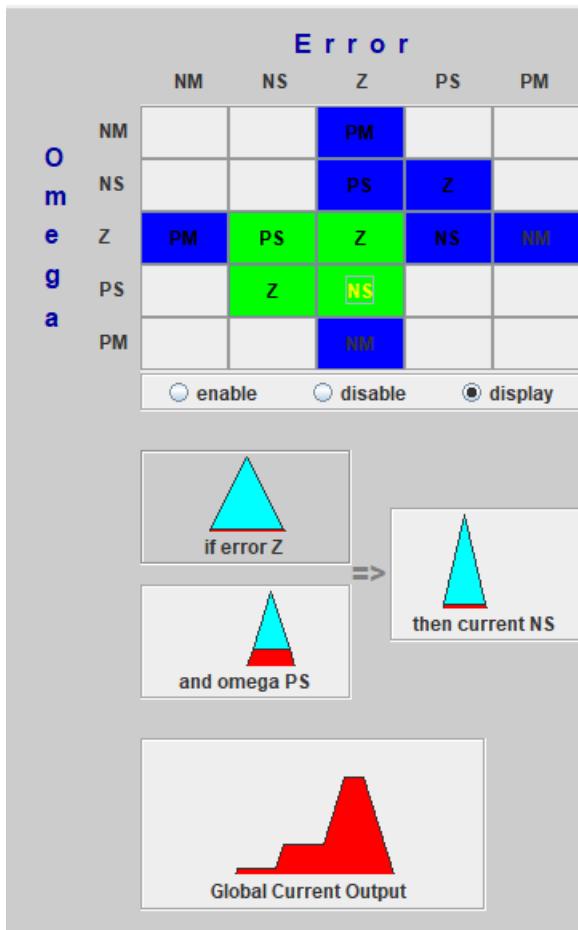
ZE - zero

PS - positive small

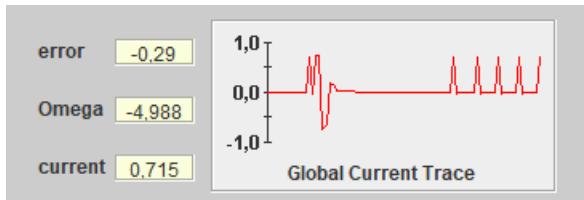
PM - positive medium

Reguły, które są aktywne, ale nie są odpalone, pokolorowane są na niebiesko. Reguły odpalone w danym momencie pokolorowane są na zielono, natomiast reguły wyłączone na szaro. Reguła aktualnie prezentowana w podglądzie, ma żółty kolor czcionki. Jeżeli ustawimy opcję display, możemy kliknąć na dowolną regułę i zostanie ona wtedy zaprezentowana.

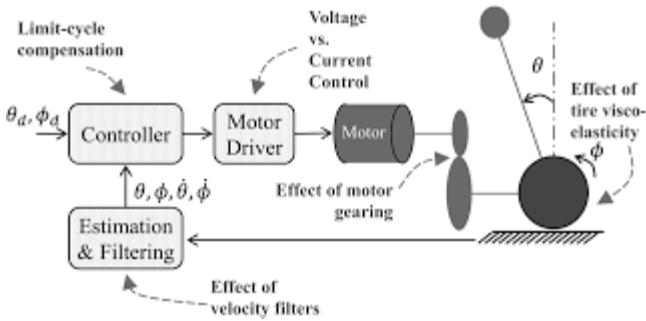




W powyższej sytuacji odpalone są 4 reguły, ale widzimy podgląd jednej z nich, natomiast jako Global Current Output mamy już kombinację konkluzji wszystkich 4 reguł.



W tym miejscu widzimy ostre wejścia i wyjście już po defuzyfikacji, wraz z wykresem jego wartości. W dokumentacji apletu nie podano dokładnej interpretacji, jak jest tutaj rozumiana wielkość Current. Nazwa wskazuje na wykorzystanie prądu elektrycznego, co należy interpretować w literaturze anglojęzycznej jako current control, czyli jedną z metod sterowania silnikiem elektrycznym. Wartość 0 będzie tu oznaczać brak poruszania silnika, natomiast wartości poniżej i powyżej poruszanie się odpowiednio zgodnie albo przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, przy czym im bliżej -1 i 1 będzie to bardziej intensywne. Poniżej zaprezentowano diagram, pokazujący ten problem bardziej szczegółowo.



3. Włącz step mode i następnie podglądnij wszystkie odpalone w danej sytuacji reguły. Czy potrafisz wytlumaczyć jak powstała na ich bazie wartość Global Current Output?
4. Naciśnij next step i przeanalizuj reguły aktywne w tej sytuacji. Uwaga! Jeżeli nie spowodowało, to zmiany aktywnych reguł, można nacisnąć przycisk kilkukrotnie.
5. Wyłącz następujące reguły i deaktywuj step mode.

		Error				
		NM	NS	Z	PS	PM
O m e g a	NM			PM		
	NS			PS	Z	
	Z	PM	PS	Z	NS	NM
	PS		Z	NS		
	PM			NM		

enable      disable      display

Jak opiszesz pracę sterownika w tej sytuacji

6. Dodatkowo zaznacz opcję Stop Bopping (zewnętrzna siła przestaje działać), co obserwujesz?
7. Przywróć wszystkie reguły i porównaj działanie sterownika, zarówno z opcją Stop Bopping i bez niej. Jaka jest zasadnicza różnica?
8. Wyłącz wszystkie reguły, po czym naciśnij Pull right. Następnie włączaj reguły aż wytypujesz tę, która sprawi, że wahadło odchyli się z powrotem.
9. Ustaw masę wahadła na maksimum, natomiast moc silnika na minimum. Ponownie przechyl maksymalnie wahadło (w lewo albo prawo), co obserwujesz?
10. Ustaw teraz masę na minimum, a moc na maksimum. Wyłącz oznaczoną regułę

		NM	NS	Z	PS	PM
O m e g a	NM			PM		
	NS			PS	Z	
	Z	PM	PS	Z	NS	NM
	PS		Z	NS		
	PM			NM		

enable      disable      display

Co się stało?

Ustaw następnie masę na dowolną wartość powyżej minimum, co się stało?

11. Włącz opcję Bob up/Down, która emuluje zachowanie wahadła, gdyby było umieszczone na sprężynie (zatem powstają dodatkowe drgania). Jak opiszesz działanie sterownika w tej sytuacji względem pierwotnej?
12. Na koniec ustaw moc silnika na proporcjonalną względem masy, jak zmieniło się zachowanie sterownika?

Celem wykonania powyższych ćwiczeń było pokazanie, że w niektórych sytuacjach lepiej jest wykonać komputerową symulację działania sterownika, zwłaszcza na wstępnych etapach prac, aby z jednej strony przekonać się empirycznie, że działa on zgodnie z zamierzeniami, a z drugiej, w przypadku wykrycia jakiegoś błędu, uniknąć uszkodzenia potencjalnie bardzo drogich komponentów (zaawansowana automatyka, robotyka, pojazdy autonomiczne). Jednakże warunkiem koniecznym jest z kolei poprawne napisanie programu symulacyjnego, tak aby modelował on rzeczywistość i zachowanie sterownika w tym modelu było bardzo zbliżone do faktycznego zachowania po zastosowaniu prawdziwych komponentów.

Materiały uzupełniające dla zainteresowanych:

1. Poglądowo o analizowanym problemie:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Inverted\\_pendulum](https://en.wikipedia.org/wiki/Inverted_pendulum)
2. Dokładna analiza instancji powyższego problemu i przykład faktycznej realizacji sprzętowej:  
[https://www.st.com/content/dam/AME/2019/Educational%20Curriculums/motor-control/Introduction\\_to\\_Integrated\\_Rotary\\_Inverted\\_Pendulum\\_v2.pdf](https://www.st.com/content/dam/AME/2019/Educational%20Curriculums/motor-control/Introduction_to_Integrated_Rotary_Inverted_Pendulum_v2.pdf)
3. Analiza problemu dla wahadła poruszającego się na wózku, wraz z symulacją działania na rzeczywistych komponentach:  
<https://www.elektr.polsl.pl/images/elektryka/230/230-11.pdf>
4. W tej pracy można znaleźć kompleksową analizę tego problemu z punktu widzenia sterowania silnikami (sekcja 7):  
[https://www.eng.yale.edu/grablab/pubs/vasudevan\\_jmr2015.pdf](https://www.eng.yale.edu/grablab/pubs/vasudevan_jmr2015.pdf)
5. W książce Klar (zamieszczona na Teams) na stronie 339 (356 w pdf) również jest przykład instancji tego problemu.