

Współczesne techniki heurystyczne
Sprawozdanie nr 2.
Zastosowanie algorytmu rozmytego do sterowania prędkością
samochodu

Piotr Jastrzębski
Marcin Nazimek

1 Szczegółowy opis zadania

Rozważmy poruszający się samochód. W celu stworzenia modelu ruchu bierzemy pod uwagę dwie zmienne wejściowe: PRĘDKOŚĆ i ODLEGŁOŚĆ od jadącego z przodu samochodu oraz jedna zmienna określająca zmianę tego ruchu PRZYSPIESZENIE. Sterowanie odbywać będzie się poprzez zmianę prędkości. Przykładowe możliwe stany to: przyspieszenie, utrzymanie prędkości i hamowanie (ale można przyjąć więcej stanów, np. odległość jest bardzo mała, itp.).

Dla rozpatrywanego przypadku, baza reguł ma postać:

- IF odległość jest mała AND prędkość jest mała THEN utrzymaj prędkość.
- IF odległość jest mała AND prędkość jest duża THEN zredukuj prędkość.
- IF odległość jest duża AND prędkość jest mała THEN zwiększaj prędkość.
- IF odległość jest duża AND prędkość jest duża THEN utrzymaj prędkość.

Zmienne ODLEGŁOŚĆ, PRĘDKOŚĆ i PRZYSPIESZENIE to zmienne lingwistyczne, które mogą przyjmować rozmyte wartości: krótki, długi, mała, duża, utrzymaj, zredukuj i zwiększaj. Projektant ma teraz za zadanie dobrać tak parametry zbiorów rozmytych i obszarów rozważań by odpowiadały one rzeczywistości w jak najlepszym stopniu.

2 Założenia projektu

Projekt ma symulować i prezentować wykorzystanie algorytmu logiki rozmytej do sterowania prędkością samochodu w możliwie największym stopniu

odwzorowując rzeczywistość.

W przygotowanym środowisku na potrzeby prezentacji wykorzystane są dwa uproszczone modele reprezentujące samochody – pierwszy, dalej oznaczany jako A , będący samochodem, dla którego przygotowane zostanie sterowanie, oraz samochód B , który w sposób niedeterministyczny, ale zgodny z przepisami i realnymi wartościami przyspieszeń, będzie poruszał się przed A . Każdy z nich w danej chwili czasu opisany będzie prędkością bezwzględną.

Odległość między samochodami wynika wprost z różnic prędkości, a prędkość auta A modyfikowana jest przez wartość wyjścia modułu logiki rozmytej – przyspieszeniem.

2.1 Ograniczenia

Na potrzeby projektu przyjęto następujące ograniczenia:

- **Prędkość** - przyjmuje wartości z zakresu $0 \div 140 km/h$ ¹.
- **Przyspieszenie** - jest zmienne w czasie. Kwestią do rozstrzygnięcia pozostaje, czy będzie ono takie samo czy przyjmie różne wartości dla opóźnienia i przyspieszenia. Na bazie zgromadzonych informacji odpowiednie wydaje się przyjęcie wartości przyspieszenia z zakresu $\langle -9 \frac{m}{s^2}; 4 \frac{m}{s^2} \rangle$ ² i dla aktualnego stanu zaawansowania projektu takie jest wykorzystywane.
- **Odległość** - wyrażona w kilometrach dowolną nieujemną liczbą dziesiętną. Testowane jest rozwiązanie, które rozważa niejako dwa stany:
 - stan bliski – do odległości $1 km$, gdzie aktywny jest moduł logiki rozmytej
 - stan daleki – powyżej $1 km$, gdzie samochód porusza się prędkością autostradową, tak długo, aż nie na trafi w odległości $1 km$ ma poprzedzające auto. Tym samym wartość $1 km$ jest wartością rozgraniczającą niejako nieskończoność od skutecznej odległości działania modułu dystansującego.

Każde przekroczenie wartości 0 świadczy o najechaniu na samochód poprzedzający i w końcowej wersji projektu nie ma prawa wystąpić.

2.2 Stan początkowy

Przed rozpoczęciem symulacji stan układu (wartości poszczególnych parametrów) mogą być modyfikowane. Ustalane mogą być zarówno prędkość początkowa samochodu A oraz B jak i odległość między nimi. Celem symulacji jest tak sterować parametrami samochodu A , aby zachowywał on

¹Założono, że ruch odbywa się na autostradzie w Polsce.

²Wartości prawdziwe dla suchej nawierzchni.

stałą odległość od poprzedzającego go samochodu nie powodując kolizji (najeżdżania). Aktualnie zaimplementowana funkcjonalność pozwala na dowolne sterowanie prędkością samochodu poprzedzającego.

2.3 Implementacja

W celu prezentacji działania algorytmu wykorzystywane są funkcjonalności zawarte w programie *Matlab R2011a* wraz z rozszerzeniem *Fuzzy Logic Toolbox*. Moduł ten zapewnia funkcje, narzędzia graficzne i elementy *Simulink* dla systemów bazujących na logice rozmytej. W aktualnie zaproponowanym rozwiązaniu bezwzględne prędkości aut prezentowane są na tym samym wykresie pozwalając obserwować proces reakcji samochodu sterowanego modulem logiki rozmytej.

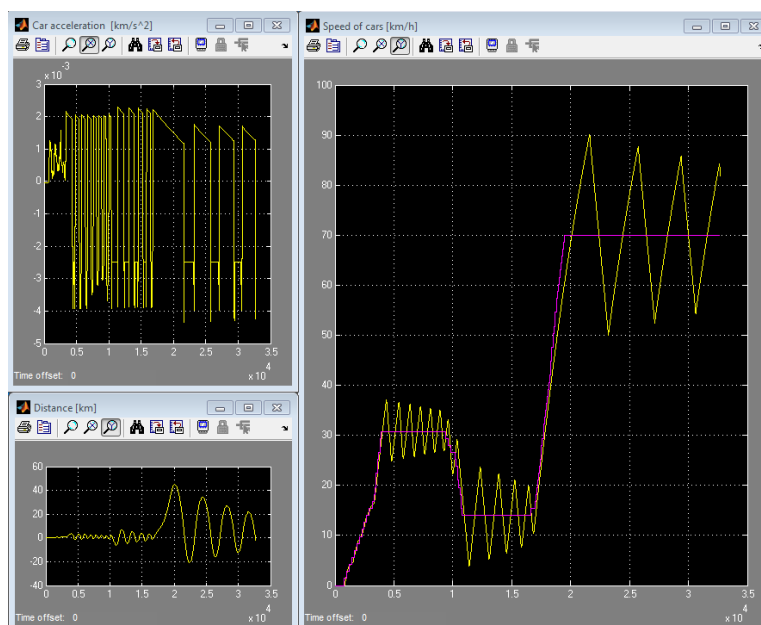
2.4 Aktualny postęp prac

Jako początkowe założenie przyjęliśmy, że dwa stany odległości oraz prędkości oraz wynikające wprost z nich cztery reguły decyzyjne wystarczą do wiernego symulowania procesu. Wydaje się jednak właściwe zwiększenie ich liczby i np. odpowiednie reagowanie na nagłe zatrzymanie (hamowanie awaryjne) samochodu poprzedzającego. W toku dalszej pracy nad projektem takie przypadki zostaną sprawdzone.

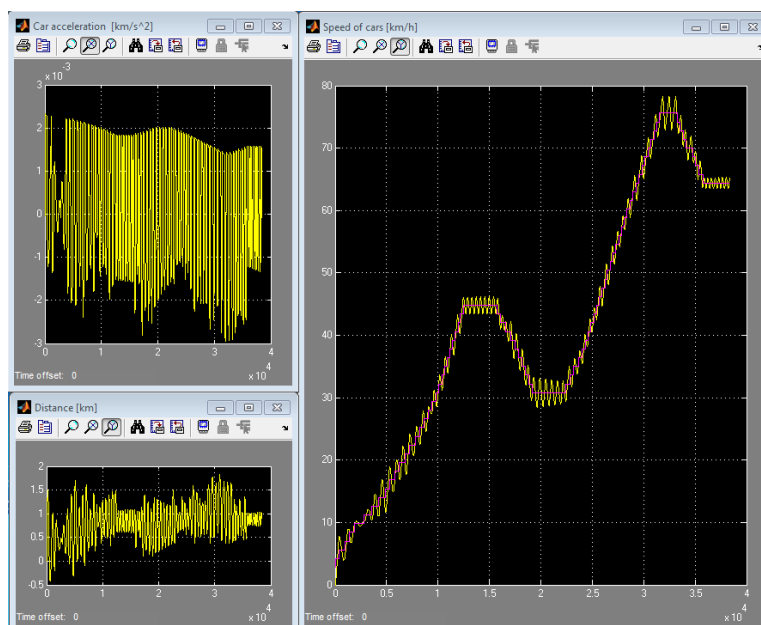
W międzyczasie wyklarowała się koncepcja prezentacji wyników symulacji. Wykorzystany został moduł *Simulink*, który za pomocą kontrolera *Fuzzy Logic Controller* oraz połączeń i sprzężeń zwrotnych realizuje zależności zmiennych między *A* oraz *B*. Okazało się, że ze względu na specyfikę *Matlab*a, konieczne jest wykorzystanie elementów opóźniających np. o jeden takt w celu eliminacji tzw. *Algebraic Loops*, co dobrze zostało wytłumaczone w [7]. Nie wpływa to jednak na działanie programu. Do wyświetlania danych, m.in. wartości prędkości obu aut, odległości i przyspieszenia wykorzystane są elementy typu *Display* oraz *Scope*. Pierwsze próby, przedstawione na rysunku 3, sprawiły jednak spore problemy ze względu na brak możliwości wymuszenia taktu symulacji na predefiniowaną wartość np. jedną sekundę.

2.5 Napotkane problemy

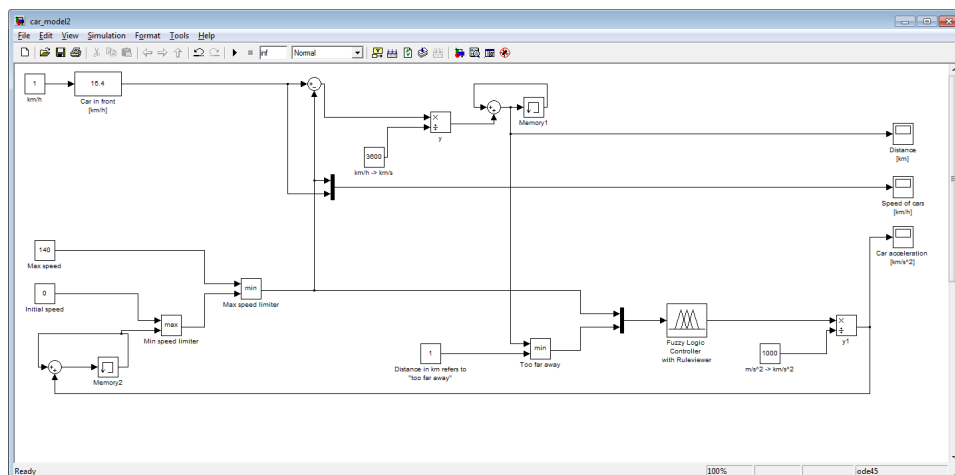
Oprócz niemożności wymuszenia sekundowego taktowania, dość problematyczne wydaje się zachowanie modułu logiki rozmytej w zależności od częstotliwości odświeżania stanu. Jak widać na rysunku 1 oraz 2 jego zmiana silnie wpływa na oscylacje i wygaszanie prędkości samochodu. Należy ten parametr dobierać rozważnie.



Rysunek 1: Wykresy parametrów samochodów przy 100 odświeżeń na sekundę stanu modułu Fuzzy Logic. (kolor żółty - samochód A, fioletowy - samochód B)



Rysunek 2: Wykresy parametrów samochodów przy 1000000 odświeżeń na sekundę stanu modułu Fuzzy Logic. (kolor żółty - samochód A, fioletowy - samochód B)

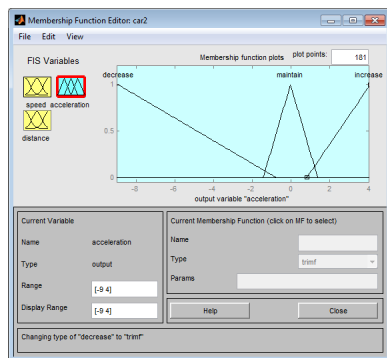


Rysunek 4: Rozwijane rozwiązanie w programie Simulink.

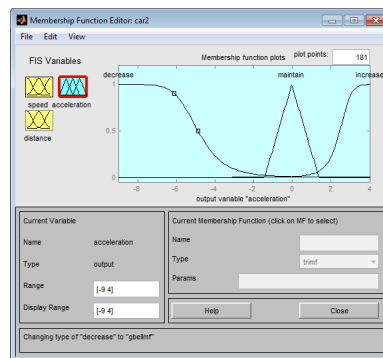
ty funkcji, jak na rysunku 2.7 oraz przetestowane zostanie wykorzystanie większej liczby przedziałów odległości i prędkości. Wyniki testów, po ich zakończeniu można obserwować na wykresach.

Literatura

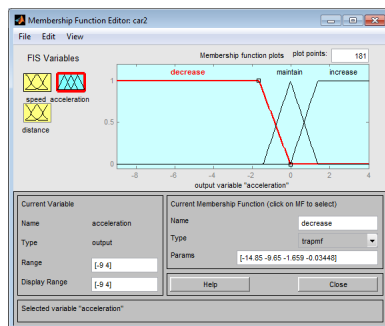
- [1] *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*
http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf
- [2] Ross T., *Fuzzy Logic with Engineering Applications*
- [3] Rykaczewski K., *Systemy rozmyte i ich zastosowania*
<http://math.uni.lodz.pl/~fulmanp/zajecia/ssn/materialy/duszek.pdf>
- [4] Mamat M., Ghani N. M., *Fuzzy Logic Controller on Automated Car Braking System*, IEEE International Conference on Control and Automation, 2009. ICCA 2009.
- [5] Khodayari, A., Kazemi, R., Ghaffari, A., Braunstingl, R., *Design of an improved fuzzy logic based model for prediction of car following behavior*, IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), 2011
- [6] Sato, T., Akamatsu, M., Pengjun Zheng, McDonald, M., *Comparison of car following behavior between UK and Japan*, ICCAS-SICE, 2009
- [7] *Simulating Dynamic Systems*
<http://www.mathworks.com/help/simulink/ug/simulating-dynamic-systems.html>



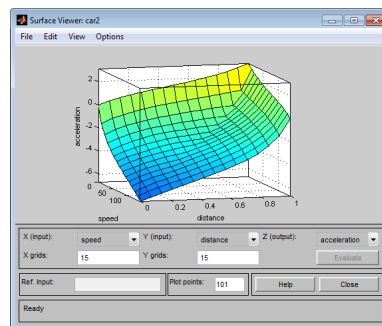
(a) Funkcje trójkątne



(b) Funkcje krzywych różnego stopnia



(c) Funkcja trapezoidalne



(d) Płaszczyzna przyspieszenia

Rysunek 5: Porównanie przykładowych kształtów funkcji oraz płaszczyzny wartości przyspieszenia w zależności od prędkości i odległości.