

	<p style="text-align: center;">AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA KRAKÓW</p>	<p style="text-align: center;">Tomasz Kąkol</p>
<p style="text-align: center;">Model Nagela-Schreckenberga (ruch uliczny 1D)</p>		
<p style="text-align: center;">Automaty komórkowe</p>		
<p>Data wykonania ćwiczenia: semestr letni</p>	<p>Data złożenia sprawozdania: 10.09.2018</p>	<p>Ocena:</p>

Wstęp teoretyczny:

Model Nagela-Schreckenberga - zgodnie z definicją, jest to teoretyczny model wykorzystywany m.in. w symulacji ruchu ulicznego. W dużej mierze jest to relatywnie prosty model automatu komórkowego, budowanego w celu zbadania przepływu ruchu drogowego, który może odtworzyć zjawisko korków samochodowych. Dzięki zastosowaniu tego modelu możemy zobrazować zmniejszenie średniej prędkości samochodu, gdy droga jest zatłoczona (tzn. gdy jest duża gęstość samochodów). Omawiany model może dostarczyć prognozy m.in. na temat natężenia ruchu (pojazdy na sekcję) oraz przepływu ruchu (przejeżdżające pojazdy na jednostkę czasu).

Model został stworzony w celu wyjaśnienia zjawiska ‘zatoru drogowego’ w przypadku, gdy występowanie takiego zatoru wynika wyłącznie z nieprzestrzegania marginesu bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

W przedstawionym projekcie wykonałem najprostszy AK dla podstawowego modelu jednowymiarowego, który jest symulacją przepływu w ruchu pojazdów na jednokierunkowej oraz jednopasmowej drodze. Dla maksymalnej prędkości równej jeden (zamiast pięciu) i bez prawdopodobieństwa spowolnienia, AK należy do klasy elementarnych automatów, zdefiniowanych przez Wolframa (odpowiada regule numer 184).

Struktura modelu:

W modelu droga jest opisywana za pomocą komórek (tzn. reprezentowana jest przez łańcuch komórek). Wypełnienie komórek odbywa się w sposób binarny.

- Komórka może być pusta lub zajęta przez jeden i tylko jeden pojazd
- Pojazd nie przekracza granic komórki.
- Wszystkie pojazdy poruszają się w jednym kierunku

- w każdym kroku pojazd może zostać przesunięty o jedną komórkę lub pozostać na obecnej pozycji
- przesunięcie pojazdu jest możliwe, gdy komórka docelowa nie jest zajęta przez inny pojazd
- wszystkie komórki są aktualizowane w tym samym momencie
- Wyprzedzanie i wypadki są wykluczone
- Czas jest podzielony według tego samego schematu (nazywanego rundami)

W każdej rundzie wykonujemy obliczenia stanów jednocześnie dla wszystkich pojazdów w komórkach których się poruszają, a następnie tylko przemieszczamy pojazdy. Przedstawiona struktura odpowiada automатовi komórkowemu. Model jest oparty na zasadzie ‘założenia najgorszego możliwego ruchu’.

Przyspieszenie:

$$V_j(t) \rightarrow V_j(t + \frac{1}{3}) = \min \{V_j(t) + 1, V_{max}\}$$

Hamowanie:

$$V_j(t + \frac{1}{3}) \rightarrow V_j(t + \frac{2}{3}) =$$

$$\{dj(t) \Leftrightarrow V_j(t + \frac{1}{3}) > dj(t), V_j(t + \frac{1}{3}) \Leftrightarrow V_j(t + \frac{1}{3}) \leq dj(t)\}$$

$dj(t)$ - liczba pustych komórek przed samochodem ‘j’ w chwili ‘t’

$$V_j(t + \frac{1}{3}) \rightarrow V_j(t + \frac{2}{3}) = \min \{j(t + \frac{1}{3}), r_{j+1}(t) - r_j(t)\}$$

Losowanie:

$$V_j(t + \frac{2}{3}) \rightarrow V_j(t + 1) = \max \{0, V_j(t + \frac{2}{3}) - 1\}$$

z prawdopodobieństwem ‘p’

Ruch (prowadzenie pojazdu):

$$r_j(t) \rightarrow r_j(t + 1) = r_j(t) + r_j(t + 1)$$

‘j’-ty pojazd porusza się $V_j(t + 1)$ komórek do przodu jeśli $\Delta t = 1 [s]$ to ‘długość’ komórki wynosi ok. $\Delta x \approx 7,5 [m]$

Przykład obliczeniowy:

Długość komórki powinna być równa długości pojazdu wraz z odpowiednią korektą. Wartość ta jest sumą średniej długości pojazdu oraz luki między dwoma pojazdami. W rzeczywistości często przyjmuje się, że długość komórki wynosi 7,5 metra. Czas trwania rundy to typowy czas reakcji kierowcy, który wynosi około jednej sekundy. Wobec tego otrzymujemy prędkość 7,5 m/s (tj. 27 km/h), gdy pojazd przemierza komórkę na rundę. Jako

maksymalną prędkość zwykle przyjmuje się pięć komórek na jedną rundę (tj. 37,5 m/s, czyli 135 km/h).

Koniec rundy (objaśnienie “zasady aktualizacji”)

Dla każdego pojazdu wykonujemy cztery kroki dla każdej rundy:

- Jeśli maksymalna prędkość pojazdu nie została jeszcze osiągnięta, to zwiększamy prędkość o jeden (reguła: przyspieszenie).
- Jeśli przerwa (wyrażana w ilości pustych komórek) do następnego pojazdu jest mniejsza niż prędkość (komórki/runda), to prędkość pojazdu zmniejszamy do wielkości luki. Przykład: jeśli prędkość samochodu wynosi teraz 4, ale przed nim są tylko 2 wolne komórki, a trzecia komórka jest zajęta przez inny samochód, prędkość samochodu zmniejsza się do 1 (reguła: hamowanie)
- Zmniejszamy prędkość pojazdu, która wynosi co najmniej 1 o jedną jednostkę zgodnie z prawdopodobieństwem ‘ p ’. Przykład: jeśli $p = 0,5$ i prędkość wynosi 4, to zostaje zmniejszona do 3 50% czasu (reguła: losowanie)
 - Pojazd, który jeszcze nie osiągnął maksymalnej prędkości (a więc przyspieszył wcześniej) i który nie musiał hamować (ponieważ nie jest jeszcze zbyt blisko kolejnej pełnej komórki), może anulować swoje przyspieszenie (pojazd nie wykorzystuje możliwości przyspieszenia)
 - Pojazd, który osiągnął maksymalną prędkość, może spowolnić. Występują wahania w górnym zakresie prędkości (obecnie duża część pojazdów posiada tempomat, co pozwala uwidocznić korzystniejszy rezultat, gdy kierowcy nie prowadzą samochodów w okolicach maksymalnej prędkości).
 - Pojazd, który musiał już hamować z powodu zbyt małej odległości od poprzedzającego pojazdu, może zmniejszyć prędkość, wykonując kolejny raz hamowanie (kierowca nadmiernie reaguje na hamowanie). Ta nadmierna reakcja została zidentyfikowana jako przyczyna zatorów ‘znikąd’.
- Wszystkie pojazdy są przesuwane do przodu zgodnie z ich aktualną prędkością. Przykład: jeśli prędkość wynosi 2, samochód jest przesuwany do przodu o 2 komórki (reguła: ruch)

Przyczyna zastosowania losowości

Bez zastosowania kroku związanego z losowością model jest algorytmem deterministycznym. Oznacza to, że samochody zawsze poruszają się po ustalonym wzorcu (po ustawieniu początkowym). Losowość odzwierciedla stan rzeczywisty (zachowanie kierowców). Jeden samochód hamujący z powodu losowego spowolnienia może spowolnić pozostałe samochody, spontanicznie tworząc zator. Cecha hamowania jednego samochodu przypadkowo z efektem spowolnienia pozostałych samochodów nie występuje w modelu deterministycznym.

Instrukcja użytkowania stworzonej symulacji

Użytkownik ma możliwość ustawienia następujących parametrów:

- | | | |
|-----------------------|----------------------|----------------|
| • Rundy | zakres od 0 do 1000, | domyślnie 100 |
| • Gęstość | zakres od 0 do 1, | domyślnie 0.35 |
| • Liczba komórek | zakres od 0 do 500, | domyślnie 100 |
| • Maksymalna prędkość | zakres od 0 do 20, | domyślnie 5 |
| • Prawdopodobieństwo | zakres od 0 do 1, | domyślnie 0.30 |

Na podstawie podanych wartości wstępnych obliczane są następujące parametry:

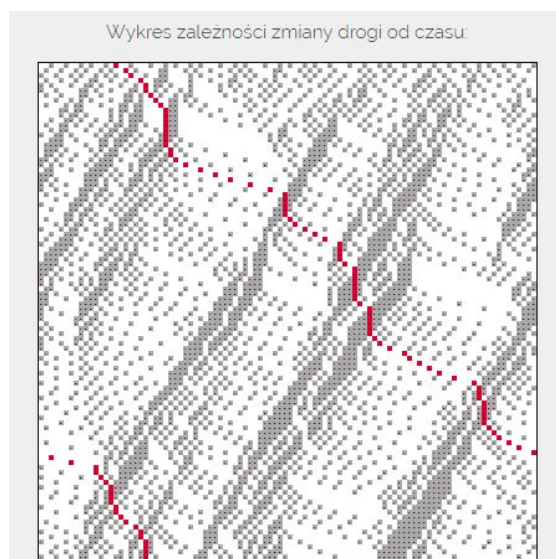
- Ilość pojazdów
- Średnia prędkość
- Średni przepływ

The screenshot shows a web interface for the Nagel-Schreckenberg traffic model. At the top, the title 'Model Nagela - Schreckenberga' is displayed in a large, bold, dark blue font, with the subtitle 'Ruch uliczny 1D' below it in a smaller, bold, black font. The interface is divided into two main sections: 'Ustawienia' (Settings) and 'Obliczenia' (Calculations). The 'Ustawienia' section contains five input fields: 'Rundy' (Rounds) set to 100, 'Natężenie ruchu (gęstość)' (Traffic intensity (density)) set to 0.35, 'Liczba komórek' (Number of cells) set to 100, 'Maksymalna prędkość' (Maximum speed) set to 5, and 'Prawdopodobieństwo' (Probability) set to 0.3. Below these is a dropdown menu for 'Wybierz kolor pojazdów' (Choose vehicle color) with 'Jednolity' (Uniform) selected. The 'Obliczenia' section contains three output fields: 'Ilość pojazdów to:' (Number of vehicles is:), 'Średnia prędkość:' (Average speed:), and 'Średni przepływ:' (Average flow:), each followed by an empty input box. At the bottom center is a 'Start' button.

Rys. 1. Panel sterowania.

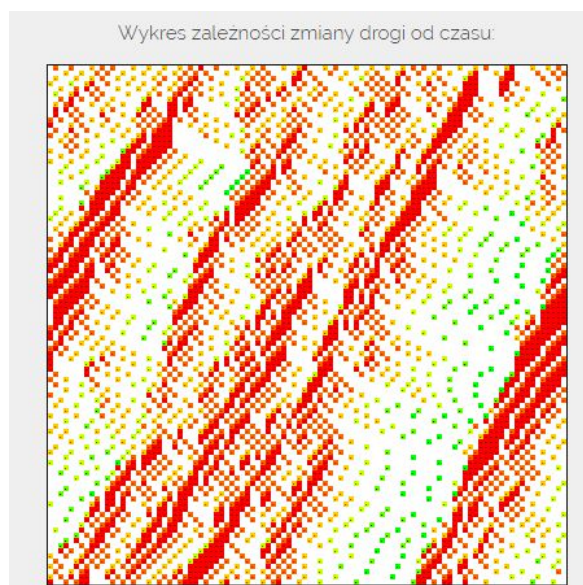
Interpretacja wykresu zależności zmiany drogi od czasu jest następująca:

Każda linia pikseli reprezentuje drogę (np. zadane 100 komórek) w tym samym czasie. Czarne piksele to komórki z samochodami, białe piksele to puste komórki. Od góry do dołu kolejne linie pikseli oznaczają drogę w kolejnych czasach, tj. Górna linia to droga o $t = 1$, linia poniżej to droga o $t = 2$ itd. Droga jest okrężna (taki przyjąłem warunek brzegowy), tzn, samochody przesuwają się w prawo wychodząc przez prawą krawędź i łącząc się z lewą krawędzią.



Rys. 2. Wykres zależności zmiany drogi do czasu.

Analogiczny wykres do poprzedniego, jednakże dzięki zastosowanej kolorystyce podkreślono momenty, gdy samochody posiadały większą i mniejszą prędkość.



Rys. 3. Wykres zależności zmiany drogi do czasu

W celu łatwiejszego namierzenia pojedynczego samochodu, jeden z pojazdów został wyróżniony przez nadanie mu innej barwy. Liczba wszystkich pojazdów może czasem różnić się od tej obliczonej, ponieważ wykres jest skalowany względem szerokości okna, ale Rysunek 3 zawsze pokazuje prawdę.



Rys. 4. Wykres symulacji przemieszczenia w jednym wymiarze.

Wnioski

- Modelowi wyjaśnia tworzenie się "korków ulicznych" m.in w wyniku nadmiernej reakcji kierowców podczas hamowania.
- Mocniejsze przybliżenie rzeczywistego ruchu można osiągnąć, biorąc pod uwagę efekt świateł drogowych i skrzyżowań (model 2D)
- Model jest minimalistyczny. Żaden punkt definicji modelu nie może zostać pominięty. Usunięcie jednego z punktów definiującego opisany model będzie skutkować utratą istotnych właściwości omawianego przez nas ruchu

Materialy:

<http://www.zis.agh.edu.pl/ak/ca.pdf>

<http://www.chemie.de/lexikon/Nagel-Schreckenberg-Modell.html>

<http://www.christophschuette.com/blog/?p=50>

https://en.wikipedia.org/wiki/Nagel%E2%80%93Schreckenberg_model