

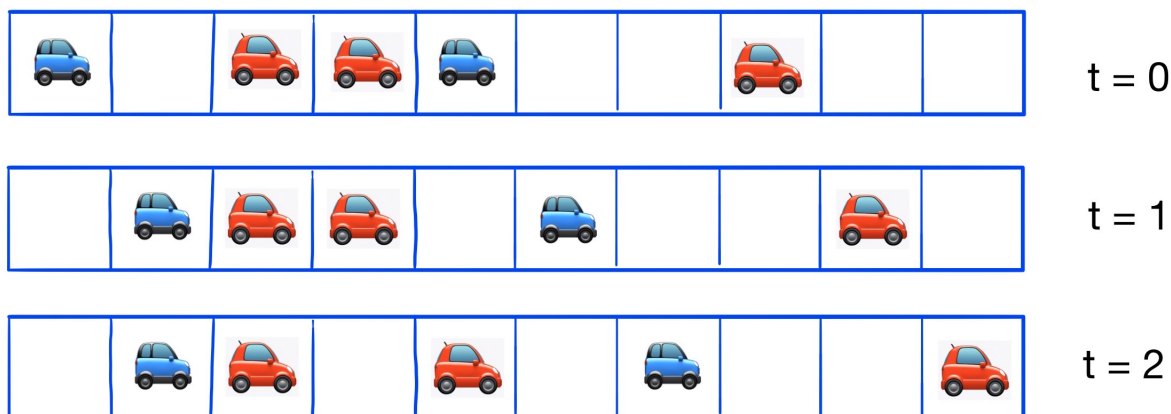
# Symulacja ruchu na II obwodnicy Krakowa

Paweł Pytlowski, Krzysztof Sawina, Miłosz Wrzesień

## 1 Opis problemu

Problematyka projektu obejmuje symulację ruchu miejskiego [0, 1, 2]. Problem ten może zostać rozwiązany z wykorzystaniem automatów komórkowych [1, 3]. Automaty komórkowe (CA), które przedstawia się w postaci czwórki (L, S, N, f). Elementy te oznaczają po kolei: L - przestrzeń podzielona na siatkę komórek, S - zbiór skończonych stanów, N - zbiór sąsiadów komórki, f - funkcja zmiany konfiguracji w danych komórkach. Zgodnie z założeniami projektu zostanie wykorzystany istniejącego już modelu Nagela-Schreckenberga (lub jego modyfikacja) [4]. Model Na-Sch wykorzystywany jest zwykle do symulacji ruchu na autostradzie, lecz można go również stosować do ruchu miejskiego. W wymienionym modelu przyjęto rozmiar komórki równy  $d = 7.5\text{m}$ . Prędkość pojazdu jest opisywana poprzez liczbę komórek pokonanych w określonej chwili czasu. Model Na-Sch opisują następujące reguły [1]:

- Przyspieszenie:  $v(t+1) \rightarrow \min(v(t) + 1, v_{\max})$ , gdzie  $v(t)$  to prędkość aktualna,
- Hamowanie:  $v(t+1) \rightarrow \min(v(t), g(t) - 1)$ , gdzie  $g(t)$  jest liczbą pustych komórek pomiędzy,
- Element losowy (losowe hamowanie): prawdopodobieństwo  $p$ , że zajdzie  $v(t+1) \rightarrow \max(v(t) - 1)$ , jeżeli  $v(t) \geq 1$ ,
- Ruch (zmiana położenie w czasie):  $x(t+1) = x(t) + v(t)$ .



**Rys. 1.** Ruch w modelu Nagela Schreckenberga na pasie ruchu w kolejnych chwilach czasowych, na podstawie [1]

Nasz model będzie musiał symulować dodatkowo zmianę pasa ruchu oraz uwzględnić wielkość samochodów (osobowe, ciężarowe). Symulacja będzie przebiegać na drugiej obwodnicy Krakowa. Dane drogowe będą najprawdopodobniej oparte o mapy z OpenStreetMap [6] lub MapBox [7].

## 2 Automaty komórkowe

AK weszły do bibliotek fizyków na początku lat 80-tych. Jednym z głównych popularyzatorów tej idei był Stephen Wolfram, znany jako twórca pakietu Mathematica. Próbował on również sklasy-

fikować AK [8].

Deterministyczny automat komórkowy [3, 8] jest pojęciem matematycznym definiowanym przez:

- sieć komórek i D-wymiarowej przestrzeni,
- zbiór  $S_i$  stanów pojedynczej komórki — najczęściej ten sam dla wszystkich komórek i n-elementowy,
- regułę  $F$  określającą stan komórki w chwili  $t + 1$  w zależności od stanu w chwili  $t$  tej komórki i komórek ją otaczających:  $s_i(t + 1) = F(s_j(t))$ , gdzie  $j \in O(i)$  i  $O(i)$  jest otoczeniem i-tej komórki,

Najbardziej zbadaną klasą automatów są jednowymiarowe automaty deterministyczne ( $D = 1$ ), o dwóch stanach komórki ( $n = 2$ ) i otoczeniu składającym się z najbliższych sąsiadów ( $r = 1$ ) - zgodnie z najprostszą notacją te automaty oznaczamy jako  $(2, 1)$ . Argumentem funkcji  $F$  jest stan  $2r + 1 = 3$  komórek, każda z nich może być w  $n = 2$  stanach — funkcja  $F$  jest więc określona dla  $2^3 = 8$  różnych konfiguracji. Dla każdej z nich funkcja  $F$  może przyjmować  $k = 2$  wartości. Można ją więc opisać na  $2^8 = 256$  sposobów. Za Wolframem te 256 jednowymiarowych AK nazywamy elementarnymi [3,8].

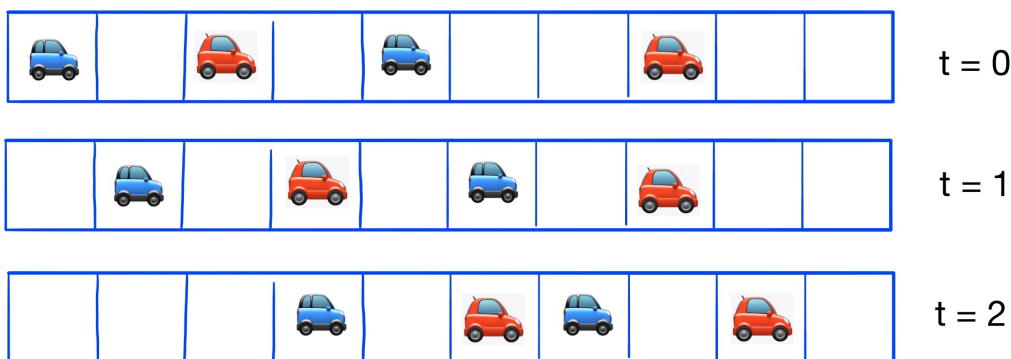
Najprostszy automat komórkowy [9], który symuluje ruch pojazdów na jednokierunkowej i jednopasmowej drodze należy do rodziny elementarnych automatów zdefiniowanych przez Wolframa i odpowiada regule numer 184. Droga, po której poruszają się cząstki (samochody) przedstawiona jest przez łańcuch komórek. Każda z nich może przyjmować jeden z dwóch stanów: pusta lub zajęta. Wszystkie obiekty poruszają się w jedną stronę zgodnie z następującymi zasadami:

- każdym kroku cząstka może zostać przesunięta o jedno miejsce lub pozostać na poprzedniej pozycji,
- przesunięcie następuje wtedy, gdy komórka docelowa jest pusta,
- wszystkie pola są uaktualniane jednocześnie,

Zakładając, że ruch odbywa się w prawą stronę, można napisać:

$$S_i(t + 1) = S_{i-1}(t)[1 - S_i(t)] + S_i(t) \cdot S_{i+1}(t)$$

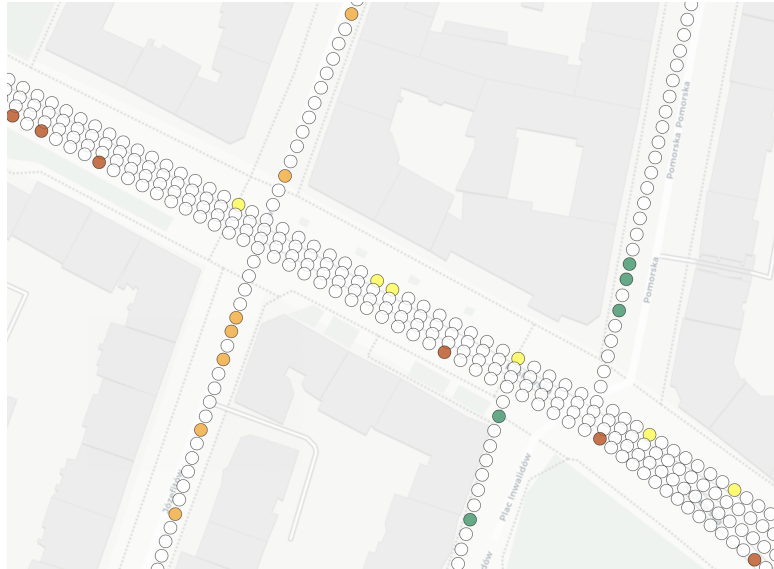
gdzie:  $S_i(t)$  — stan i-tej komórki w chwili  $t$ : wartość 0 odpowiada pustej komórce, 1 — zajętej.



**Rys. 2.** Ilustracja przepływu opisanego elementarnym automatem Wolframa [9]

### 3 Propozycja rozwiązania

Bazując na modelu Na-Sch zostanie zaprojektowana i przygotowana interaktywna mapa (Rys. 3). Zostanie również dodana możliwość przybliżania i oddalania mapy w celu wyraźnego zobaczenia działania modelu, na danym skrzyżowaniu.



**Rys. 3.** Fragment mapy przedstawiający symulację [a4]

Najprawdopodobniej całość zostanie zrobiona jako aplikacja Webowa używając HTML, CSS i JavaScript, część back-end'owa (jeszcze nie wybrana technologia). Jak zostało wspomniane wyżej, skorzystamy z OpenStreetMap bądź z MapBox w celu wizualizacji symulacji.

### 4 Plan działania

- Etap 1 - pobranie i przygotowanie mapy (oczyszczenie ze zbędnych danych),
- Etap 2 - opracowanie skryptu, który umożliwi podział drogi na odpowiednie komórki ruchu,
- Etap 3 - opracowanie automatu komórkowego,
- Etap 4 - implementacja modelu,
- Etap 5 - łączenie modułów,
- Etap 6 - przeprowadzenie symulacji

### 5 Pytania

- Czy wydaje się Panu, że idziemy dobrą drogą? Czy może należy zmienić strategię? Na jaką?
- Czy można uprościć rondo do skrzyżowania?, ponieważ wydaje nam się, że modelowanie ruchu na rondzie może być zbyt skomplikowane.
- Obecnie mamy spory problem w etapie 1 i 2, gdyż pobrane są dużych rozmiarów i nie mamy koncepcji jak je szybko obrobić dane do bardziej przyjaznego formatu wymaganego formatu, czy możemy poprosić o jakieś sugestie.

## Literatura:

- [0] J. Esser, M. Schreckenberg, Microscopic Simulation of Urban Traffic Based on Cellular Automata. International Journal of Modern Physics, vol. 8, No. 5, 1997, 10251036.
- [1] J. Wąs, R. Bieliński, B. Gajewski, P. Orzechowski; Problematyka modelowania ruchu miejskiego z wykorzystaniem automatów komórkowych, Automatyka, AGH, 2009
- [2] <http://przeglad-its.pl/2014/10/03/symulacja-ruchu-pojazdow-w-skali-duzego-miasta-jej-zastosowania-w-pozyskiwaniu-wiedzy-na-temat-ruchu-drogowego-poprzez-dialog-z-ekspertami/>
- [3] K. Kułakowski, Automaty komórkowe, OEN, Kraków, 2000
- [4] K.Nagel, M.Schreckenberg, J. Phys. I2 (1992) 2221
- [5] [http://www.zis.agh.edu.pl/app/MSc/Kamil\\_Nowak/](http://www.zis.agh.edu.pl/app/MSc/Kamil_Nowak/)
- [6] <https://www.openstreetmap.org/#map=15/50.0614/19.9430>
- [7] <https://www.mapbox.com>
- [8] K. Malarz <http://home.agh.edu.pl/~malarz/dyd/ak/>
- [9] <http://www.zis.agh.edu.pl/ak/ca.pdf>