



AGH

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE**

Modelowanie i Symulacja Systemów
Data-driven modelling:
Predykcja ruchu samochodów

Autorzy:
Łukasz Gosek
Fryderyk Muras
Przemysław Michałek

1. Wprowadzenie

Zatory komunikacyjne przyciągają uwagę wielu naukowców, ponieważ stają się jednym z największych problemów środowisk miejskich. Aby zrozumieć zjawisko zatłoczenia ruchu, naukowcy przeprowadzili wiele badań na podstawie różnych modeli i metod. Model automatu komórkowego (Cellular Automaton) opracowany przez Nagela i Schreckenberga [1] jest jednym z najwydajniejszych modeli problemów z przepływem ruchu. Przepływ ruchu jest zależny od kilku czynników, w tym od zachowania kierowców (np. niedoskonały styl jazdy, wolniejsze samochody i wypadki), które odgrywają ważną rolę w tworzeniu się korków w systemie transportowym, zwłaszcza w połączeniu ze wzrostem ilości i co za tym idzie gęstości samochodów [2]. Gdy zwiększa się gęstość samochodów zachodzi przejście fazowe: ze swobodnego przepływu do fazy przeciążenia. W fazie swobodnego przepływu samochody poruszają się z prędkością bliską ograniczeniu, co prowadzi do zwiększenia gęstości pojazdów. Jednak faza przeciążenia charakteryzuje się ujemną liniową zależnością między przepływem ruchu a gęstością. Wykazano, że w fazie przeciążenia zachowanie kierowców ma znaczny wpływ na przestrzenną dystrybucję pojazdów na drodze względem siebie [3]. Jednym z rozwiązań rozładowania zbyt gęstego ruchu drogowego jest rondo - skrzyżowanie bez świateł oferujące rozwiązania korzystne pod względem bezpieczeństwa obiegu, opóźnień i przepustowości. Zostało po raz pierwszy opracowane w Wielkiej Brytanii i obecnie jest szeroko stosowane w większości państw. Kierowcy zbliżający się do ronda muszą zmniejszyć prędkość i przed wjazdem szukać potencjalnych konfliktów z pojazdami, które już są na rondzie.

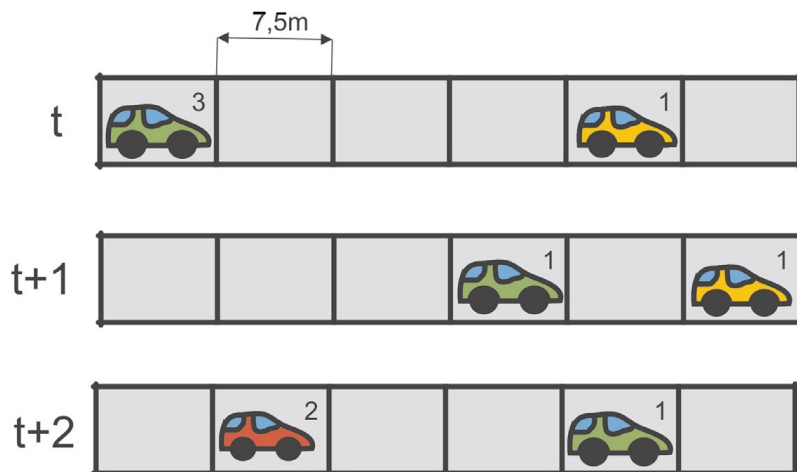
W wielu raportach stwierdzono, że ryzyko wypadku na rondach znacznie zmalało w porównaniu z innymi konwencjonalnymi skrzyżowaniami [4]. Jednak wypadki samochodowe na środku ronda są jednym z najczęstszych czynników przyczyniających się do powstawania zatoru. Wśród przyczyn wypadków samochodowych jest wysoka prędkość i wymuszanie pierwszeństwa. Pomimo wykazanych korzyści bezpieczeństwa rond, wypadki na nich zdarzają się regularnie. Badanie kolizji na 38 rondach w Maryland wykazało, że zdarzały się one częściej przy wjazdach na ronda niż wewnątrz czy przy wyjściach [5].

2. Proponowany model

Wspomniane we wprowadzeniu automaty komórkowe można przedstawić w postaci czwórki (L, S, N, f) , gdzie kolejne elementy oznaczają: przestrzeń podzieloną na siatkę cel, zbiór skończonych stanów, zbiór sąsiadów danej celi oraz funkcję zmiany konfiguracji w poszczególnych celach. Konfiguracja $C:L \rightarrow S$ jest funkcją, która łączy każdą celę siatki ze stanem. Funkcja f zmienia konfigurację C_t w nową konfigurację C_{t+1} . O klasyfikacji automatów komórkowych można dowiedzieć się więcej w pracy [6] o ich użyciu, również dla predykcji ruchu pieszych, w pracy [7], dokonano też w pracy [8] pewnej formalizacji dla automatów ze stałą siatką, wykorzystywanych do modelowania systemów o stałej topologii przestrzennej. Założenia tej pracy będą wykorzystywane w dalszej części projektu.

Klasycznym modelem opisującym ruch samochodowy (opartym na automatach komórkowych) jest model Nagela-Schreckenberga [1] (nazywany krócej *Na-Sch*). Model ten z założenia opisuje ruch samochodów na autostradzie, lecz po kilku modyfikacjach można opisać nim również ruch miejski. W modelu *Na-Sch* przyjęty został stały rozmiar komórki równy $d = 7,5$ m, w każdej komórce może znajdować się tylko jeden pojazd, prędkość pojazdu opisywana jest liczbą komórek pokonywanych przez pojazd w następnej iteracji. *Na-Sch* opisują następujące reguły ruchu:

- Przyspieszenie: $v(t+1) \rightarrow \min(v(t+1), v_{max})$, gdzie $v(t)$ to prędkość aktualna
- Hamowanie: $v(t+1) \rightarrow \min(v(t+1), g(t)-1)$, gdzie $g(t)$ jest liczbą pustych komórek pomiędzy pojazdami
- Element losowy (nieuzasadnione, przypadkowe hamowanie): prawdopodobieństwo p , że nastąpi $v(t+1) \rightarrow \max(v(t-1))$, jeżeli $v(t) \geq 1$
- Ruch: $x(t+1) = x(t) + v(t)$



Rysunek 1: Ruch w *Na-Sch* dla jednego pasa ruchu.

Liczby przy samochodach oznaczają aktualną prędkość pojazdu \rightarrow liczbę pokonywanych komórek w trakcie iteracji

Na bazie modelu *Na-Sch* stworzono z sukcesem szereg wiarygodnych modeli dla ruchu samochodowego o czym świadczy liczba łącznych cytowań (ponad 4 500) artykułu w którym model został opublikowany. Wśród tych prac należy wyróżnić pracę Hartmana [9] w której autor wprowadza nie tylko obsługę wielu pasów ruchu jak również ronda, skrzyżowania, uwzględnia długości poszczególnych typów pojazdów (motocykl, samochód, ciężarówka etc) oraz odpowiednio modyfikuje prędkości dla potrzeb realizmu modelu. Bardzo szczegółowo wykorzystanie *Na-Sch* opisuje również praca [10] gdzie z kolei każde skrzyżowanie zastąpione jest rondem.

Głównym powodem dla którego czysty model *Na-Sch* nie gwarantowałby wiarygodnych rezultatów dla ruchu w mieście jest jego pierwotne założenie: ma opisywać ruch na autostradzie. Ruch pojazdów na autostradzie diametralnie różni się od ruchu miejskiego, gdzie pojazdy naprzemiennie przyspieszają i hamują. Niemal każdy samochód porusza się z inną prędkością niż jadący blisko inny pojazd co wymaga innego podejścia. Różnice pomiędzy modelowanym ruchem miejskim a rzeczywistością opisuje książka [11]. W naszym modelu wprowadzono odpowiednie modyfikacje:

- Przedwczesne unikanie kolizji: zwalnianie przed najbliższym pojazdem z dużym wyprzedzeniem
- Warunki konieczne do zmiany pasa ruchu: zbliżanie się do poprzedzającego pojazdu oraz wolny pas obok
- Szansa niezmiennienia pasa ruchu pomimo spełnionego warunku zmiany (losowość zachowania kierowców)

3. Symulacja zjawiska

4. Wyniki Symulacji

5. Wnioski

Literatura

- [1] Kai Nagel and Michael Schreckenberg. A cellular automaton model for freeway traffic. *Journal de physique I*, 2(12):2221–2229, 1992.
- [2] Debashish Chowdhury, Ludger Santen, and Andreas Schadschneider. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems. *Physics Reports*, 329(4-6):199–329, 2000.
- [3] Ferenc J  rai-Szab   and Zolt  n N  da. Earthquake model describes traffic jams caused by imperfect driving styles. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(22):5727–5738, 2012.
- [4] Bhagwant Persaud, Richard Retting, Per Garder, and Dominique Lord. Safety effect of roundabout conversions in the united states: Empirical bayes observational before-after study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1751):1–8, 2001.
- [5] Srinivas Mandavilli, Anne T McCartt, and Richard A Retting. Crash patterns and potential engineering countermeasures at maryland roundabouts. *Traffic injury prevention*, 10(1):44–50, 2009.
- [6] J W  s. Algorytmy modelowania inteligentnych zachowa   w zagadnieniach dynamiki pieszych z zastosowaniem niehomogenicznych automat  w kom  rkowych, rozprawa doktorska, akademia g  rniczo-hutnicza, krak  w 2006.
- [7] J W  s and B Gudowski. Zastosowanie automat  w kom  rkowych w symulacji dynamiki pieszych. *Automatyka/Akademia G  rniczo-Hutnicza im. Stanis  awa Staszica w Krakowie*, 8:303–313, 2004.
- [8] E Dudek-Dyduch and J W  s. Formalizacja automat  w kom  rkowych w zagadnieniach dynamiki pieszych. *Automatyka (p  lrocznik AGH)*, 9(3), 2005.
- [9] David Hartman. Head leading algorithm for urban traffic modeling. *Positions*, 2:1, 2004.
- [10] Younes Regragui and Najem Moussa. A cellular automata model for urban traffic with multiple roundabouts. *Chinese Journal of Physics*, 2018.
- [11] Peter Wagner. *Traffic simulations using cellular automata: Comparison with reality*. Univ., 1995.