
Symulacja dyskretna systemów złożonych

Symulacja ruchu samochodów na IV Obwodnicy Krakowa

Kamil Tomaszewski, Karol Widuch, Kacper Duda

4 kwietnia 2020

1. Wstęp

Symulacją można nazwać dowolne przybliżone odtwarzanie właściwości lub zachowań danego obiektu lub zjawiska za pomocą jego modelu. Ta oficjalna definicja będzie podstawą naszego projektu. W dzisiejszych czasach postęp urbanizacji wymusza coraz większy i szybszy rozwój infrastruktury zarówno w jak i wokół największych metropolii. Jeszcze na etapie planowania przedsięwzięć o skali naszego tytułowego projektu należy sobie odpowiedzieć na zasadnicze pytanie, jakie rozwiązanie będzie najkorzystniejsze?

Tutaj z pomocą przychodzą wszelkiego rodzaju symulacje pozwalające rozważyć i przetestować różne rozwiązania jeszcze zanim ruszą prace nad fizycznym obiektem. W przypadku ruchu drogowego ma to kolokwialne znaczenie; mądrze zaplanowane obwodnice pozwolą znacznie zniwelować korki i wszelkie uniedogodnienia związane z przemieszczaniem się zarówno w samym mieście jak i jego okolicach.

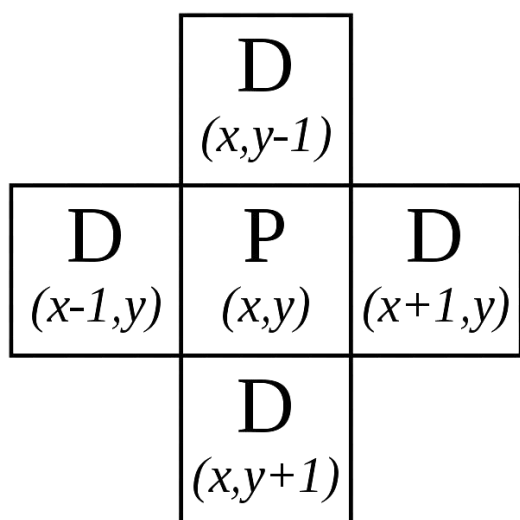
Symulacja którą będziemy przeprowadzać spełnia powyższe kryteria; znaczna (północna) część obwodnicy jest dopiero w planach lub budowie. W naszym modelu będziemy starać się jak najrzetelniej odwzorować całość obwodnicy kiedy ta będzie już w całości ukończona, co może pozwolić snuć pewne przypuszczenia co do funkcjonowania danych odcinków drogi, a w szczególności powstawania korków.

2. Przegląd literatury

„Automaty Komórkowe”

[http://home.agh.edu.pl/~lmadej/wp-content/uploads/wyklad_5a.pdf]

Automaty komórkowe stanowią system komórek który wykorzystywany jest do uproszczenia rzeczywistego układu fizycznego. Każda z komórek posiada pewne jednoznacznie określone właściwości umożliwiające modelowanie za ich pomocą rozważanego zjawiska. Przestrzeń automatów stanowi siatkę złożoną z pojedynczych komórek, którą można porównać do szachownicy; skończona ilość pól oraz określony stan w danej jednostce czasu. W przypadku właściwości komórek poza oczywistym stanem istotne jest również sąsiedztwo które wraz z regułą przejścia stanowi główne kryterium decydujące o zmianie stanu komórki w czasie $t + 1$. Model naszego projektu implementowany będzie na podstawie modelu Nagela-Schreckenberga w którym kluczową rolę odgrywa omówiony wyżej system.



Bezpośrednie sąsiedztwo komórki P, poszczególne komórki posiadają swoje współrzędne jednoznacznie definiujące ich położenie w układzie

„Discrete-event simulation”

[https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete-event_simulation]

Kolejnym istotnym elementem modelu Nagela-Schreckenberga jest symulacja dyskretna. Dostępnych metod jest kilka, w rozpatrywanym przypadku symulacja będzie prawdopodobnie najczęściej spotykanym typem; symulacja z krokiem czasowym, inaczej symulacja krokowa. Idea jest dość prosta i bazuje na kilku składowych:

- Stan - system posiada skończony zbiór zmiennych z których każda posiada określony stan.
- Zegar - zdarzenia przebiegają skokowo na podstawie z góry założonej jednostki czasu po której poszczególne komponenty systemu mogą zmienić swój stan.
- Zbiór zdarzeń - skończona liczba możliwych wydarzeń w systemie, może być określona funkcją przetwarzającą układ przy każdym „kroku” .
- Generator zdarzeń losowych - aby uniknąć sytuacji w której zaproponowany model jest deterministyczny (dane wejście określa jednoznacznie stan wyjściowy, brak elementu losowości) .

„Nagel-Schreckenber model”

[https://en.wikipedia.org/wiki/Nagel-Schreckenberg_model]

Model ruchu drogowego zaproponowany przez Nagela i Schreckenberga (NaSch) bazuje na koncepcie automatów komórkowych. W danym modelu pas ruchu podzielony został na 7,5-metrowe komórki z których każda może posiadać jeden z dwóch stanów: pusta lub zajęta przez samochód. W podstawowym modelu pojazdowi przypisywana jest tylko ich aktualna prędkość która może przyjmować wartości od 0 do maksymalnej prędkości (w oryginalnej pracy = 5). Symulacja opisanego modelu następuje w krokach wykonywanych w równych odstępach czasowych, domyślnie co jedną sekundę. Każdy krok powoduje równoczesne zaaplikowanie dostępnych akcji wszystkim samochodom w symulacji, istotna jest tutaj kolejność, sama zmiana stanu komórek czyli ruch samochodów odbywa się dopiero jako ostatnia po ustaleniu odpowiedniej prędkości która jest ekwiwalentem ilości przebytych kratek w jednej jednostce czasu. Dostępne są następujące akcje:

1. Przyśpieszenie - każdy pojazd który nie posiada maksymalnej prędkości zwiększa swoją aktualną prędkość o jedną jednostkę.
2. Hamowanie - jeżeli dystans od samochodu z przodu jest mniejszy od aktualnej prędkości to zostaje zredukowana do ilości wolnych kratek przed pojazdem.
3. Element losowy - kluczowa pozycja stanowiąca o realizmie prezentowanego modelu i fakcie że nie jest on deterministyczny. Dany jest za pomocą prawdopodobieństwa p które będzie decydować o tym czy samochód zmniejszy swoją prędkość o jeden (tylko w przypadku prędkości większej od 0).
4. Ruch pojazdów - każdy samochód porusza się do przodu o liczbę kratek równą jego aktualnej prędkości.

„Problematyka modelowania ruchu miejskiego z wykorzystaniem automatów komórkowych”

[\[https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-AGH1-0022-0043/c/Was.pdf\]](https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-AGH1-0022-0043/c/Was.pdf)

Model NaSch z którego chcemy skorzystać w naszym projekcie jest dość prosty a co za tym idzie posiada swoje ograniczenia. Nie przewiduje on na przykład dróg wielopasmowych, zmian pasów lub skrzyżowań. Autorzy powyższej publikacji rozszerzyli podstawowy model o właśnie te atrybuty. Algorytm zmiany pasu jest następujący i aplikowany dla wszystkich samochodów:

- Decyzja o zmianie pasu
- Zmiana pasa
- Obliczenie prędkości
- Uwzględnienie losowości
- Ruch

Czynnikami mogącym wywołać decyzję o zmianie pasa jest kończący się tor jazdy którym aktualnie się poruszał lub możliwość osiągnięcia większej prędkości na innym pasie (manewr wymijania). Za każdym razem jest to jednak obarczone pewnym prawdopodobieństwem które zależy głównie od stanu pasa docelowego (wymuszenie hamowania u innego samochodu znacząco obniża prawdopodobieństwo podjęcia decyzji o zmianie pasa). Autorzy przedstawiają również model skrzyżowania który z pewnością znajdzie swoje zastosowanie w naszym projekcie. Sam ruch na skrzyżowaniach nie jest modelowany, istotne są tylko wejścia i wyjścia oraz jego przepustowość.

„ZASTOSOWANIE AUTOMATU KOMÓRKOWEGO DO MODELOWANIA RUCHU DROGOWEGO W ZMIENNYCH WARUNKACH POGODOWYCH”

[\[http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL9-0065-0010/c/Bernas.pdf\]](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL9-0065-0010/c/Bernas.pdf)

Istotnym czynnikiem wpływającym na funkcjonowanie ruchu drogowego są warunki pogodowe, czego dotyczy dana publikacja. Autorzy badają w nim zachowanie modelu NaSch symulując różne poziomy zagrożenia atmosferycznego prostą modyfikacją parametru p . Dany parametr decyduje o prawdopodobieństwie zahamowania przez samochód w każdym kolejnym kroku, a co za tym idzie prostą konsekwencją zwiększania prawdopodobieństwa p można wywołać częstsze losowe zahamowania prowadzące do zmniejszenia średniej prędkości i powstawania korków. Manipulacja poziomem zagrożenia umożliwia uwzględnienie w symulacji parametrów pogodowych, a tym samym zaobserwowanie wpływu widoczności i stanu nawierzchni na sytuację na drodze.

3. Plan działania

1. Analiza literatury
2. Implementacja bazowej funkcjonalności, poruszanie się samochodów po prostej drodze
3. Rozszerzona funkcjonalność odcinka drogi, zmiany pasów, zjazdu, wjazdu
4. Łączenie odcinków drogi w całość, funkcjonowanie całej obwodnicy, prosta symulacja
5. Prezentacja symulacji w GUI
6. Ewentualne dodatkowe rozszerzenia aplikacji (opcje symulacji, dane o ilości samochodów, prędkości)

Aplikacja będzie realizowana w Javie, GUI przy użyciu JavaFX, kolejność poszczególnych punktów jest orientacyjna, w trakcie pracy nad aplikacją może ulec lekkim modyfikacjom.