

Dokumentácia

Projekt IMS

Nagel and Schreckenberg (NaSch) traffic model with Limited Braking Rule

1. Úvod

Zadaním tejto práce bolo vytvoriť model použitím celulárnych automatov [ims-9, slide 316] a previesť na ňom simulácie. Ako problematiku môjho projektu som si zvolil cestnú osobnú dopravu. Základom mojej práce sa stal vedecký článok o celulárnom automate simulujúci dopravu na jednosmernej ceste [1]. Použitý model pre pohyb vozidiel využíva interakciu s vpredu idúcim vozidlom, na základe rýchlosti a vzdialenosti určuje či je možné zrýchľovať alebo nutné brzdiť. Zmenou vstupných parametrov môžeme zvýšiť počet vozidiel pre simuláciu alebo tiež pravdepodobnosť reakcie daného vozidla na zmeny pred ním.

1.1. Autor a zdroje informácií

Autorom práce je Tomáš Smädo. Informácie potrebné pre vypracovanie práce boli získané z predmetu IMS a štúdiom vedeckých článkov zaoberajúcich sa touto problematikou, predovšetkým článok A Simple Cellular Automaton Model with Limited Braking Rule [1]. Projekt nebol konzultovaný so žiadnou inou osobou.

1.2. Validita a funkčnosť projektu

Projekt je založený na modeli uvedenom vo vedeckých článkoch, u ktorých predpokladám validitu. Testovanie prebiehalo porovnávaním zmien, ktoré sa prejavovali zadávaním rôznych vstupných parametrov.

2. Rozbor témy a použitých metod/technológií

Použitý model (NaSch) sa zaoberá analýzou dopravy na jednoprúdovej ceste. Model vychádza z vypozerovaných pravidiel prúdenia dopravy, ktoré sa zakladá na pravidlách pohybu vozidiel. Cesta je reprezentovaná jednorozmerným poľom, ktorého prvky znamenajú určité miesto na danej vozovke. Model neumožňuje výskyt viacerých vozidiel na jednom mieste vozovky. Vozidlá zrýchľujú a brzdia (zastavujú) na základe správania sa vozidla priamo pred nimi. Vozidlo zrýchľuje, ak vzdialenosť k pred ním idúcemu vozidlu je väčšia ako vzdialenosť, ktorú prejde aktuálnou rýchlosťou za jednotku času. Ak je vzdialenosť menšia, vozidlo spomaľuje až do zastavenia tak, aby sa vyhlo kolízii. Rýchlosť vozidla je ešte náhodne znižovaná o jedna s pravdepodobnosťou $1 - p_{Acc}$. Po vyhodnotení uprav rýchlostí všetkých vozidiel sa vykoná krok o vzdialenosť rovnú ich aktuálnej rýchlosti. Na daný model existuje mnoho variácií, ja som si pre svoj projekt zvolil rozšírenie o pravidlo limitovanej rýchlosti brzdzenia, ktoré je popísané v článku [1].

2.1. Použité postupy pre vytvorenie modelu

Pre vytvorenie projektu bol využitý jazyk C++ určený v zadaní projektu.

3. Koncepcia

Celulárny automat je najčastejšie diskretný systém skladajúci sa z poľa buniek (cell = bunka), v ktorom každá bunka je v jednom z konečných počtov stavov. Ďalšou dôležitou súčasťou CA je súbor prechodových pravidiel, ktoré určujú nový stav bunky v nasledujúcom čase. Každý model má taktiež stanovené okolie bunky, ktoré určuje s ktorými bunkami daná bunka interaguje.

3.1. Model

Každá bunka modelu odpovedá 3 metrovému úseku cesty, do ktorého sa zmestí zvolené referenčné vozidlo [2]. Maximálna rýchlosť vozidla je 6 úsekov za sekundu, čo sa rovná 18 m/s (64,8 km/h). Vozidlo, ktoré má pred sebou voľnú cestu zrýchľuje vždy o jednu jednotku rýchlosti až do dosiahnutia maxima. Vozidlo idúce za iným vozidlom sa riadi vzťahom popísaným nižšie. Každé vozidlo (bunka) teda mení svoj stav len na základe najbližšieho pred ním idúceho vozidla (najbližšia bunka napravo).

4. Architektúra simulačného modelu/simulátoru

Jadrom simulátora je jednorozmerné pole znázorňujúce cestu, ktoré na každom prvku obsahuje štruktúru s dátami o tom, či je dané miesto cesty obsadené vozidlom a ak áno, tak určuje taktiež jeho aktuálnu (v čase t) a predchádzajúcu rýchlosť (v čase $t-1$).

$$v_t^i = \begin{cases} v_{t-1}^i + 1 & \text{if } v_{t-1}^i + 1 \leq \mu(v_{t-1}^{i+1}, \delta_{t-1}^i) \text{ and } \xi \leq p_{acc}, \\ v_{t-1}^i & \text{if } v_{t-1}^i + 1 \leq \mu(v_{t-1}^{i+1}, \delta_{t-1}^i) \text{ and } \xi > p_{acc}, \\ \mu(v_{t-1}^{i+1}, \delta_{t-1}^i) & \text{otherwise.} \end{cases}$$

„ V_i “ v čase „ t “ – nová rýchlosť vozidla

„ V_i “ v čase „ $t-1$ “ – predchádzajúca rýchlosť vozidla

„ μ “ - funkcia určujúca maximálnu možnú rýchlosť daného vozidla „ i “ v čase „ t “

„ p_{Acc} “ – pravdepodobnosť zrýchlenia vozidla

Spustenie simulácie:

`./traffic carCount length pAcc`

Kde:

- `carCount` – počet vozidiel na vygenerovanie
- `length` – dĺžka sledovanej cesty
- `pAcc` – pravdepodobnosť zrýchlenia vozidla

5. Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Cieľom simulácie bolo určiť rýchlosť prejdenia určitého počtu vozidiel daným úsekom cesty, založená na počte vozidiel, ale aj na pravdepodobnosti zrýchľovania (spomaľovania). Táto pravdepodobnosť nám môže napríklad ukázať, ako pozornosť vodičov ovplyvňuje rýchlosť premávky.

5.1. Simulácia č. 1

Parametre simulácie:

- Počet vozidiel – 50
- Dĺžka cesty – 20
- Pravdepodobnosť zrýchľovania – 0,9 – 0,3

0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
106	123	158	236	296	394	603
111	121	154	231	302	380	495
115	131	141	209	290	407	512
107	127	162	222	280	395	518
113	119	179	216	292	413	583
113	124	149	220	285	372	513

Tabuľka popisuje čas trvania simulácie (v sekundách) pri použití rôznych hodnôt pravdepodobnosti zrýchľovania (sústredenia sa vodiča).

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že čas na prechod úsekom cesty závisí od pozornosti/sústredenia sa vodičov na vedenie vozidla. Vodiči so sústredením na úrovni 90 % reagujú zrýchlením takmer hneď, ako vidia že vodič pred nimi tiež zrýchľuje.

5.2. Simulácia č. 2

Parametre simulácie:

- Počet vozidiel – 100
- Dĺžka cesty – 20, 50, 100
- Pravdepodobnosť zrýchľovania – 0,9

20	50	100
213	220	233
221	220	229
214	222	234
212	214	227
217	221	221

Tabuľka popisuje vplyv dĺžky trate na čas prejdenia všetkých áut daným úsekom.

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že dĺžka trate, má takmer minimálny vplyv na čas prechodu všetkých vozidiel. Je to spôsobené tým, že vozidlá sa na trati môžu lepšie rozostúpiť a teda dosiahnu aj vyššiu rýchlosť.

6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver

Pri študovaní materiálov pre tento projekt som sa dozvedel zaujímavé možnosti pre simulovane dopravných situácií, inšpirované skutočným správaním vodičov na cestách. Takisto som sa dozvedel mnohé veci o využití celulárnych automatov pre simulovanie reálnych problémov.

Výsledky testov preukázali, aký veľký vplyv na rýchlosť premávky môže mať nielen počet vozidiel na ceste, ale aj pozornosť vodičov v nich sediacich.

Použitá literatúra

[1] článok Nagel and Schreckenberg (NaSch) traffic model with Limited Braking Rule

https://www.researchgate.net/publication/269810509_A_Simple_Cellular_Automaton_Model_with_Limited_Braking_Rule

[2] údaje o vozidle Smart

<https://www.smart.com/sk/sk/index/smart-fortwo-453/technical-data.html>

[3] prednášky IMS - 9

<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS-9.pdf&cid=12760>