

Okos járművek és közlekedéstervezés

Ispány Márton, Besenczi Renátó

Debreceni Egyetem
Informatikai Kar



6. Magyar Jövő Internet Konferencia
2019. november 27.

- Járműipar a Debreceni Egyetemen.
- Közlekedéselemzés és -tervezés.
- Markov modell alapú szimulációk.
- Implementáció és large-scale szimuláció.
- Esettanulmány.

- Debrecen, Észak-Alföldi (keleti) régió fővárosa
 - Új Főnix terv: Észak-nyugati Gazdasági Övezet (130 Mrd)
 - Járműipari képzések felső és középszinten (30 Mrd), duális szakképzés a BMW-vel
 - Járműipari cégek: **BMW**, **Continental**, **Deufol**, **Krones**, **Diehl Aircabin**, **Schaeffler**, **FAG**, **Thyssenkrupp**, **Trans-Sped**, **ITK Holding**
- Fejlesztések a Debreceni Egyetemen (20-35 Mrd)
 - Járműipari Kutatási-Fejlesztési Intézet
 - Műszaki Kar bővítése
 - Kémiai épület felújítása
- Fejlesztések az Informatikai Karon
 - Ipari kooperációk: **GE**, **Bosch**, **NVIDIA**
 - Projektek: **Smart City** (EFOP 3.6.1), **Ipari Matek** (EFOP 3.6.2)
 - Autonóm járművek: **NVIDIA Ambassador Program**, **ZalaZone** (Mini város), **NI (FPGA)**, **MIT Catalyst program**
 - Autonóm jármű csoport

NVIDIA DRIVE Hyperion Developer Kit

[HOME](#)[SOLUTIONS](#)[DOWNLOADS](#)[DOCUMENTATION](#)[TRAINING](#)[FORUM](#)

NVIDIA DRIVE Hyperion™ is a reference architecture for NVIDIA's Level 2+ autonomy solution consisting of a complete sensor suite and AI computing platform, along with the full software stack for autonomous driving, driver monitoring, and visualization. The DRIVE Hyperion Developer kit can be integrated into a test vehicle, enabling AV developers to develop, evaluate, and validate AV technology. Software is updated to DRIVE Hyperion using the NVIDIA DRIVE OTA over-the-air update infrastructure and services.

DRIVE Hyperion is designed for:

- Autonomous vehicle (AV) developers focusing on Level 2+ autonomy and up.

It is ideal for the following objectives:

- DRIVE AV perception evaluation
- DRIVE IX evaluation
- Data collection for AV perception neural network training
- Data collection for mapping
- On-road testing



- **Intelligens közlekedési rendszerek (ITS) jellemzői:**
 - nagy méret és felbontás, időben változás;
 - komplex, nemlineáris és sztochasztikus;
 - többszörös aggregációs szint.
- **Közlekedési adatok:** térben és időben változnak.
- **Közlekedés-modellezés:** a közlekedés egyes tulajdonságainak jellemzése egy tér-időbeli folyamattal.
- **Közlekedés-előrejelzés:** a közlekedés egyes tulajdonságainak becslése a $T + \Delta$ időpillanatban a T időpillanatig ismert információk alapján.
- **Közlekedés-szimuláció:**
 - Makroszópikus: statisztikai, idősor, autópálya modell ...
 - Mikroszkópikus: sejt-automata, multi-ágens szimuláció, statisztikus fizika alapú ...
 - Mezozszópikus: közbenső szint.
- A (jó) predikció kulcseleme minden ITS-nek.

- Box-Jenkins idősor modellek, ARIMA (Kohonen, S $\sim$, $\sim$ X) (Levin & Tsao Lee & Fambro, 1999; Stathopoulos & Karlaftis, 2003; Ghosh et al., 2005; Chen et al., 2008; Xue & Shi, 2008),
- Kálmán szűrés (Wang et al., 2006; Ngoduy, 2008),
- Nemparaméteres módszerek (k-NN, kernel, lokális regresszió) (Davis & Nihan, 1991; Smith et al., 2002; Turochy & Pierce, 2004, Smith & Demetsky, 1997),
- Exponenciális simítás (Messer, 1993; Gould et al., 2008; Castro-Neto et al., 2009),
- Szimulációs modellek (Duncan & Littlejohn, 1997; Chrobok et al., 2001),
- Spektrálanalízis (Nicholson & Swann, 1974),
- Wavelet (Jiang & Adeli, 2005; Sun et al., 2006; Xie & Zhang, 2006; Cheng et al., 2007)

- Gépi tanulás, mesterséges intelligencia és adatbányászat:
 - Támaszvektor regresszió, SVR (Jeong et al., 2013)
 - Mesterséges neurális háló, többrétegű perceptron (Chan et al., 2012; Park et al., 1998; Dia, 2001)
 - Bayes háló (Sun et al. 2006)
 - Mélytanulás (Yisheng Lv et al. 2015)
 - Genetikus programozás, LGP (Brameier & Banzhaf, 2007)
 - Fuzzy módszerek, FL (Iokibe et al., 1993; Li et al., 2006; Zhang & Ye, 2008; Srinivasan et al., 2009)
- Markov modellek:
 - Fuzzy alapú felosztás (Chen et al., online 2017)
 - Változó rendű Markov-láncok (Necula, 2014)
 - Google Pagerank motivált modell (Chrisostomi et al., 2011)

Markov modell alapú szimulációk

Úthálózat: $G = (V, E)$ irányított gráf, V csúcsok, E élek;
 $L(G) = (V', E')$ duális (él) gráf, ahol $V' = E$.

Feltesszük, hogy az úthálózat zárt.

Valószínűségi eloszlás G -n: $\pi := (\pi_v)_{v \in V}$

(i) $\pi_v \geq 0 \ \forall v \in V$;

(ii) $\sum_{v \in V} \pi_v = 1$.

Markov kernel G -n: $P := (p_{uv})_{u,v \in V}$:

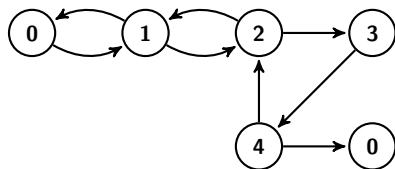
(i) $p_{uv} \geq 0 \ \forall u, v \in V$;

(ii) $\sum_{v \in V} p_{uv} = 1 \ \forall u \in V$;

(iii) ha $p_{uv} > 0$ akkor $u \rightarrow v$ or $u = v$ (**G-compatibility**)

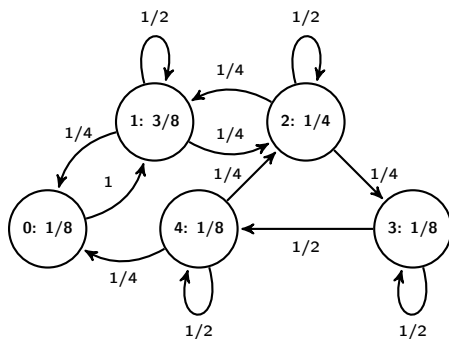
Stacionárius eloszlás: $\pi := (\pi_v)_{v \in V}$

$\sum_{u \in V} \pi_u p_{uv} = \pi_v \ \forall v \in V$ (**global balance** egyenlet)



Mátrix reprezentáció:

$$A_G := \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array}$$



$$A_{\overline{G}} := \begin{array}{c|ccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

Markov modell alapú szimulációk

Markov bolyongás: egy gépjármű mozgása a G úthálózaton a P Markov kernel dinamikája szerint.

Markov közlekedés: N számú egymástól függetlenül bolyongó gépjármű.

Közlekedési konfiguráció: egy $f : V \rightarrow \mathbb{N}_0$ függvény.

Stacionárius eloszlás: ϱ egy olyan eloszlás, amely invariáns marad a közlekedési konfigurációk terén a Markov dinamikára nézve. Ez az eloszlás multinomiális N és π paraméterekkel, azaz

$$\varrho(f) := N! \prod_{v \in V} \frac{\pi_v^{f_v}}{f_v!}$$

Szimulációs alaptétel: $\varrho_n \rightarrow \varrho$ minden ϱ_0 kezdeti eloszlás esetén.

Markov modell alapú szimulációk

2D stacionárius eloszlás: $Q = (q_{uv})_{u,v \in V}$, ahol $q_{uv} = \pi_u p_{uv}$.

Tulajdonságok: (i) $q_{uv} \geq 0 \quad \forall u, v \in V$ és $q_{uv} = 0 \implies u \nrightarrow v$;

(ii) $\sum_{u,v \in V} q_{uv} = 1$;

(iii) $\sum_{v \in V} q_{uv} = \sum_{v \in V} q_{vu} = \pi_u \quad \forall u \in V$.

Statisztikai következtetés Markov közlekedésben: a feladat a (P, π) pár vagy a Q 2D stacionárius eloszlás becslése k számú megfigyelt trajektória alapján.

Becslési módszer: összetett (kvázi) legkisebb négyzetek módszere.

Minimalizáljuk az alábbi súlyozott hiba-négyzetet:

$$\text{SSE} := \sum_{i=1}^k w_i^{-1} \|N_i - w_i M\|_G^2,$$

ahol w_i normalizált súlyok, N_i az i -edik trajektória 2D gyakorisági mátrixa, M pedig a paraméter mátrix. ($\|\cdot\|_G$ a Frobenius norma G -n.)

Markov modell alapú szimulációk

Jelölés: $N = \sum_{i=1}^k N_i$, $\mathbf{s}, \mathbf{e} : V \rightarrow \mathbb{N}_0$ kezdő és végpontok konfigurációja

Az optimalizációs feladat megoldása

Létezik és egyértelmű az SSE hibát minimalizáló $(\hat{M}, \hat{\mathbf{w}})$ pár, amely előáll mint

$$\hat{w}_i := \frac{\|N_i\|_G}{\sum_{j=1}^k \|N_j\|_G}, \quad i = 1, \dots, k,$$

és

$$\hat{M} := N + (\mathbf{1}\boldsymbol{\lambda}^\top - \boldsymbol{\lambda}\mathbf{1}^\top) \circ A,$$

ahol a $\boldsymbol{\lambda} : V \rightarrow \mathbb{R}$ korrekciós vektor az

$$L\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{s} - \mathbf{e}$$

lineáris egyenlet egyértelmű megoldása, ahol L az úthálózat Laplace mátrixa ($\circ$ jelöli az elemenkénti (Hadamard) szorzatot).

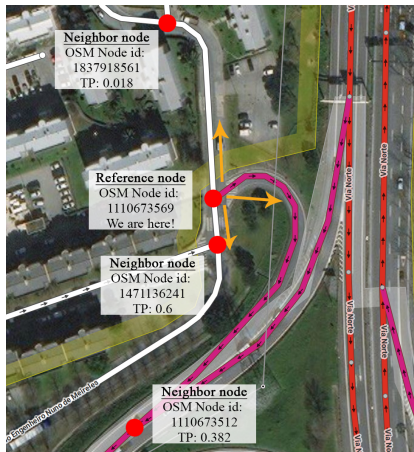
Szimuláció egy 1000 csúcsú útgráfon

# of trajectories	length	ML based	SSE based
1000	3	0.166 (0.0559)	0.025 (0.0007)
1000	5	0.184 (0.1214)	0.025 (0.0007)
1000	10	0.169 (0.0938)	0.025 (0.0008)
3000	3	0.064 (0.1725)	0.023 (0.0005)
3000	5	0.070 (0.1665)	0.023 (0.0005)
3000	10	0.063 (0.1705)	0.023 (0.0005)
5000	3	0.016 (0.0150)	0.023 (0.0004)
5000	5	0.014 (0.0055)	0.023 (0.0004)
5000	10	0.014 (0.0126)	0.023 (0.0003)

Robocar World Championship – OOCWC

- Smart infrastruktúrák és önvezető autók kapcsolata
- Multiágens alapú szimulációs környezet
- Főként városi közlekedés
- Osztott memória, C++14 implementáció, Boost Graph Library
- Nagel-Schreckenberg cella alapú modell





Az intersection node-okban tárolt átmenet-valószínűség vezérli az ágenseket.

Szomszédos node	SSE based TP
1471136241	0.600
1110673512	0.382
1837918561	0.018
Sum	1

Összehasonlítás:

Szomszédos node	ML based TP
1471136241	0.879
1110673512	0.103
1837918561	0.018
Sum	1

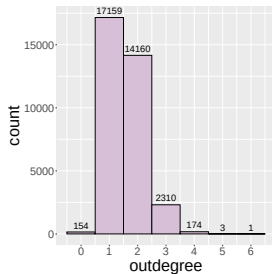
Taxi Trajectory Prediction dataset, Portó

- 82.345 trajektória
- Átlagos úthossz: 3,6 km

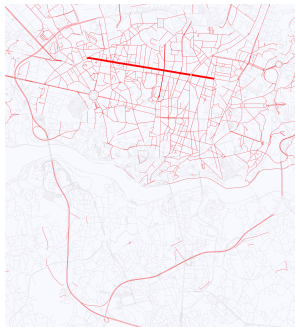
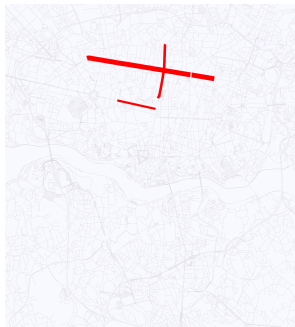
OpenStreetMap Portó térkép

- 44 km², 857 km úthálózat

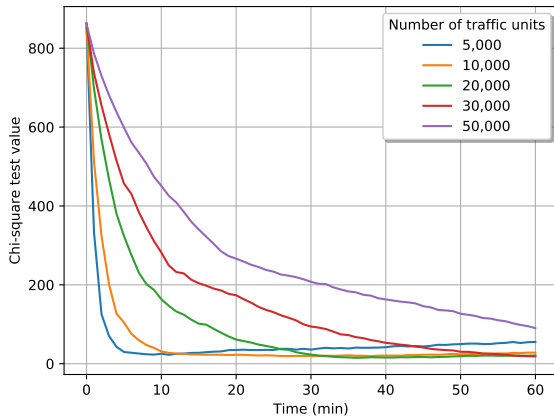
Gráf: 33.961 csomópont, 53.126 él,
alacsony fokszám



60 perces szimuláció a feltanított forgalmi gráfon.



Különböző autószámmal, χ^2 próba.



Köszönjük a figyelmet!

