

Bevezetés

- ▶ A városi közlekedésben sokszor alakul ki dugó. Többen is használnak olyan navigációs app-okat az okostelefonjukon, ami a pillanatnyi forgalmi helyzet alapján próbálja kitalálni a várhatóan leggyorsabb útvonalat. A jövőben az autonóm autók számára is ezekhez az alkalmazásokhoz hasonlóan mesterséges intelligencia algoritmusok segítségével kell navigálniuk. Erre dolgozunk ki módszereket, és szimulátor segítségével vizsgáljuk, hogy használatuk esetén optimális forgalom alakul-e ki az utakon.
- ▶ Az elmúlt években sok áruraktárban alkalmaztak mobil robotokat a termékek egyik helyről a másikra történő áthelyezésére. Intenzív kutatások indultak a robotok diszkrét időlépésekben történő ütközésmentes és optimális mozgásának megoldására. A nagy e-kereskedelmi vállalatokat élénken érdekli ez a kutatás, különösen hogy a közelmúlt világvármegnövelte az e-kereskedelem iránti igényt.

Probléma

- ▶ Városban: Számítástechnikai szempontból a közúti forgalom nagy méretű és nyílt multi-ágens rendszer, amely megpróbálja megoldani az útvonalválasztási problémát. Az útvonalválasztási probléma egy hálózatban a forrás csomópontokból a cél csomópontba torlódásokra érzékeny módon menő forgalom útvonalainak megtalálása úgy, hogy a forgalom résztvevői optimalizálni szeretnék útvonalukat.
- ▶ Áruraktárban: Ügyfelünk arra kért minket, hogy mondjuk meg hány dolgozóra van szükség a napi műszak optimális teljesítéséhez. Az optimalizálási célok a teljes bérköltés minimalizálása és a munkavállalók „bosszúságának” minimalizálása. A dolgozók „bosszúságát” az okozza, ha egymást kell kerülgetniük, vagy ha egy polc előtt kell várniuk amíg a másik dolgozó végez.

Publikációk, hivatkozások

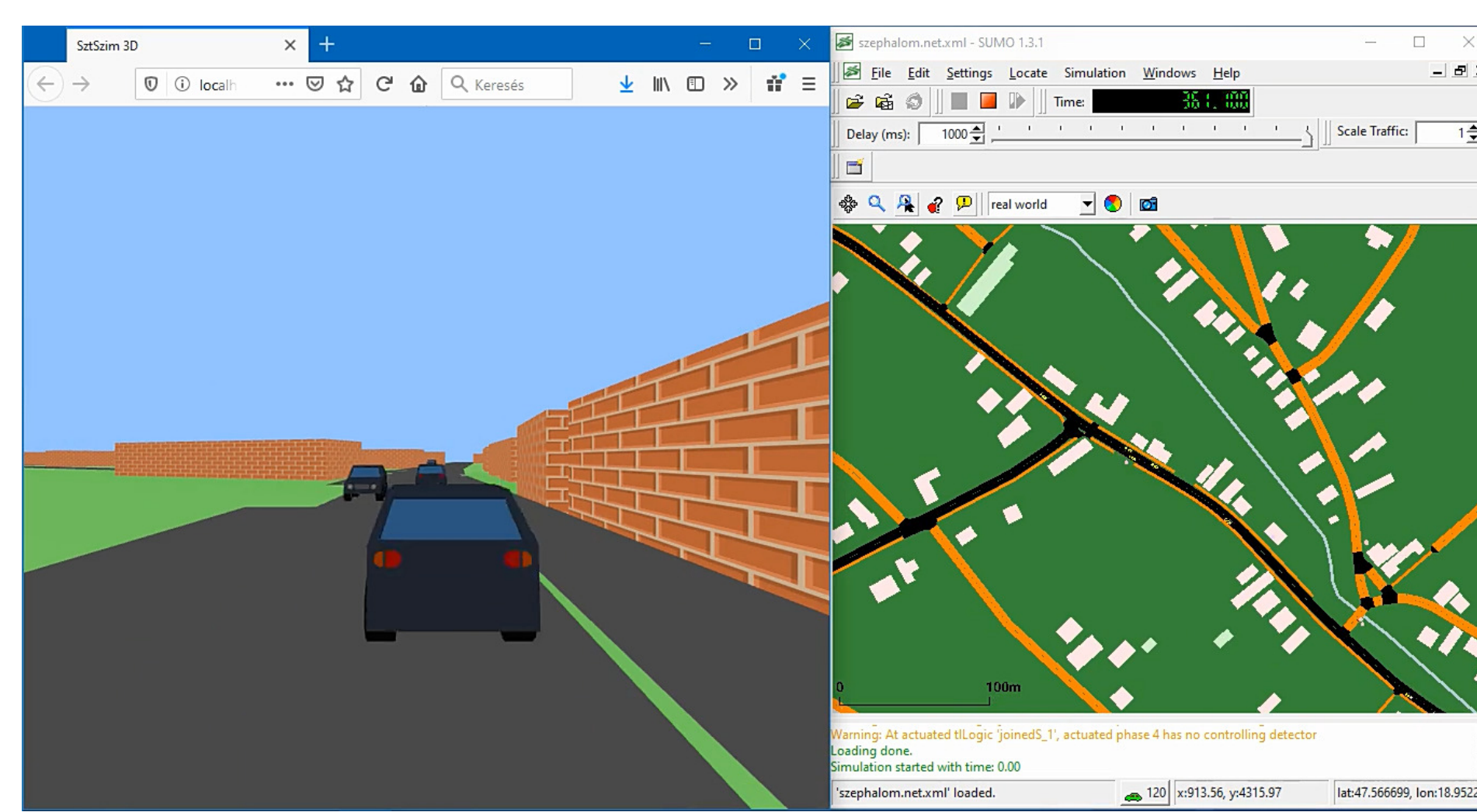
- [1] V. Antal, T. G. Farkas, A. Kiss, M. Miskolczi, and L. Z. Varga, „Routing model evaluator,” in *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Trustworthiness*. Springer International Publishing, 2020, pp. 30–41.
- [2] —, „A demonstration of the routing model evaluator,” in *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Trustworthiness*. Springer International Publishing, 2020, pp. 384–387.
- [3] —, „Intention-aware model to support agent deliberation in a large-scale dynamic multi-agent application,” in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, 2020, pp. 301–314.

Ipari alkalmazások és együttműködések

- ▶ HERE Technologies, Zürich: adatsorok felhasználásával előre jelezni a bonyolult forgalmi rendszerek jövőbeli állapotait (<https://www.here.com/events/traffic4cast-2020>)
- ▶ Hazai hagyományos áruraktárak optimalizálása (például Metro/TTK).

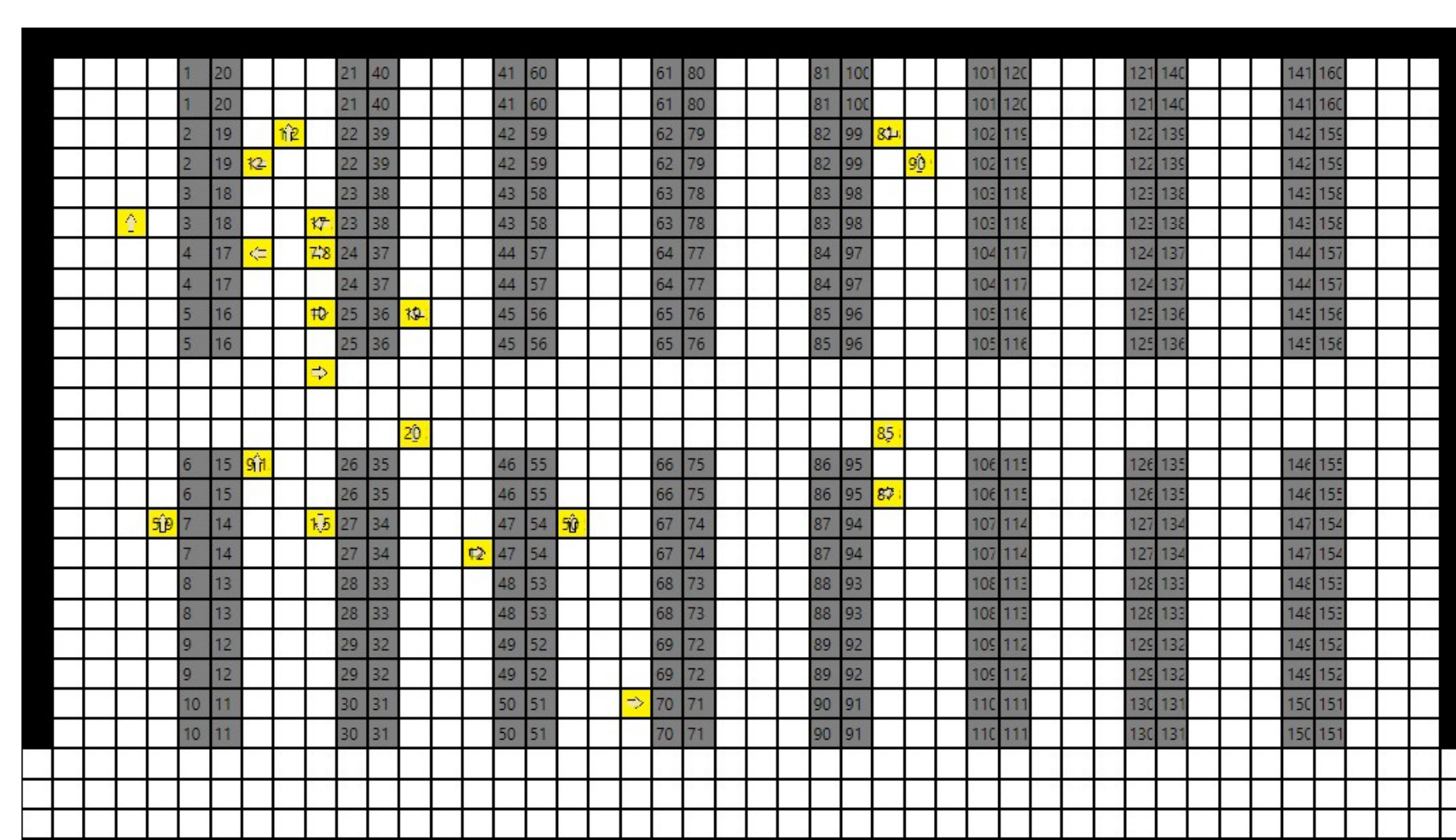
Megoldások

- ▶ Városban: Tesztkörnyezetet építettünk, ahol a különböző modellek döntéshozatali módszerei szinte valós forgalomban értékelhetők. A szinte valós forgalom a SUMO szimulációs platformon fut valós OpenStreetMap adatokat használva. A szándéktudatos online útvonalválasztási modellünket a Routing Model Evaluator (RME) valósítja meg. Az útvonalválasztásokat a szimulációs platformba injektáljuk, és a SUMO reálisan szimulálja az autók mozgását. A szimulációs platform emellett eszközöket kínál a dinamikus egyensúlyi forgalom hozzárendelésének kiszámításához, de ennek hosszú időre és sok számítási erőforrásra van szüksége. A dinamikus egyensúly a racionális ágensek viselkedésének eredménye.



1. ábra. Routing Model Evaluator (RME) futása

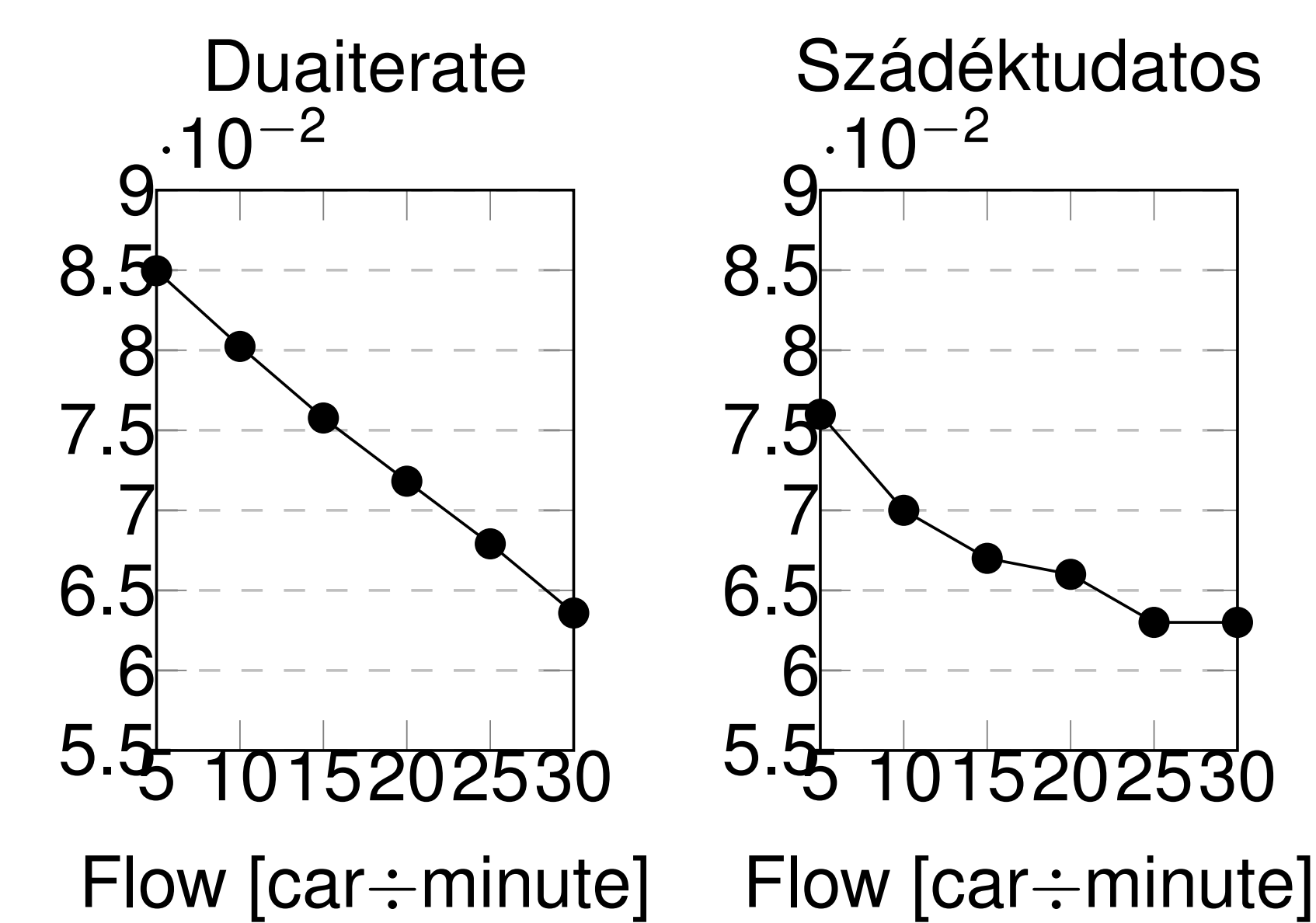
- ▶ Áruraktárban: Javasoltunk egy megoldást, amely Multi-Agent Path Finding (MAPF) megoldási technikákat alkalmaz a következő kiegészítésekkel: 1) Kiterjesztettük a CBS algoritmust, hogy oszthatatlan műveletként kezelje a polcok előtti várakozási időt. 2) Megoldottunk egy „félíg életre szóló” MAPF-et. Minden ügynök számára az újratervezés módszerét alkalmaztuk, amikor új rendelési helyre van szükség. 3) Az ablakos megoldást használtuk a „félíg életre szóló” MAPF számítási bonyolultságának csökkentésére. 4) Heurisztikus optimalizálással állapítjuk meg a kiszállítandó csomagok sorrendjét. Javaslatunkat egy szimulációs szoftverben valósítottuk meg, és több szimulációs kísérletet is lefuttattunk.



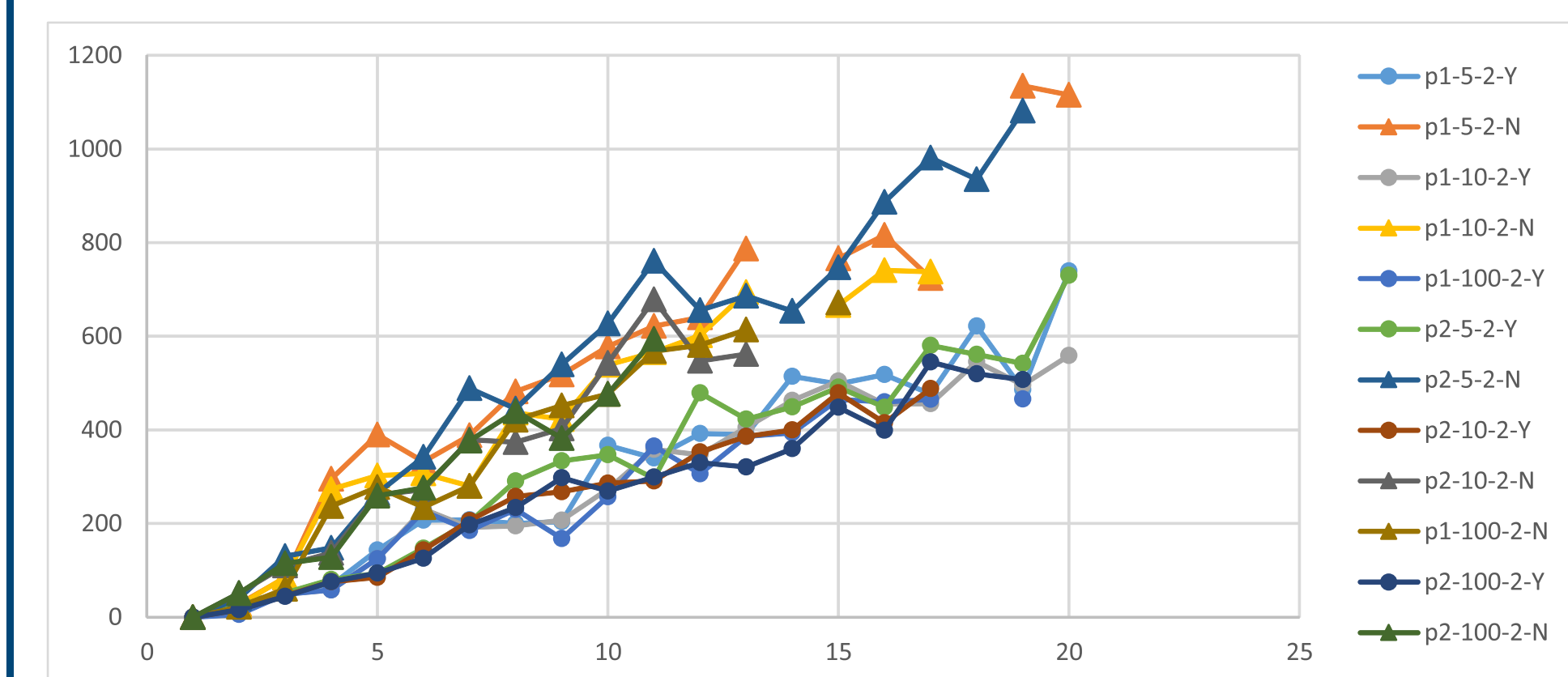
2. ábra. Áruraktár szimulációja

Eredmény (szakmai tartalma)

- ▶ Az RME a valós idejűnél gyorsabban tudja kiszámolni az egyes járművekre vonatkozó szándéktudatos online útvonalválasztási modell útvonalválasztását. Hipotézisünk az volt, hogy a szándéktudatos online útvonalválasztási modell hasonló forgalmat produkál, mint a dinamikus egyensúly. Ezt a hipotézist egy valós forgatókönyv igazolta. [1, 2, 3] Baloldalt a SUMO által számolt dinamikus egyensúly relatív szórása, jobboldalt a modellünké. Az alacsonyabb érték a jobb.



- ▶ A kísérletek szerint a gyártási idő és a bérköltés nem csökkenthető a heurisztikus optimalizálással, azonban a heurisztikus optimalizálás jelentősen csökkenti a „bosszúságot”. Az előretekintő ablak mérete közömbösnek tűnik, ezért az emberi előrelátás rövid hatótávolsága ugyanúgy teljesíthető, mint egy hosszú távú számított előretekintés. Áruraktári ügyfelünk számára gyakorlati alkalmazási iránymutatót készítettünk.



3. ábra. „Bosszúság” optimalizációval és nélküle

Az Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások című projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi kiválósági program (TKP2020-NKA-06, Nemzeti Kihívások Alprogram) finanszírozásában valósult meg.