INNOKATALIZÁTOR
2021 Projekt

DUNAINFOCONTROL

Javaslat a dunai vízi közlekedés forgalmának folyamatos felügyeletére és központi irányítására korszerű IT eszközökkel

Götz Sándor
Hajóépítő, okl. Gépészmérnök
sandor.gotz.msc@gmail.com

Dr. PéterTamás
MMA Kutatóprofesszor
peter.tamas@mail.bme.hu

Bóta János László
Okl. vill. mérnök, szakmérnök
bjl.bta@gmail.com
www.botainnovations.com

2019

Tartalomjegyzék:

1. ELŐZMÉNYEK
2. JAVASLATOK
3. INFORMATIKAI RENDSZER
4. MELLÉKLETEK
5. SZERZŐK FELHASZNÁLT IRODALOM
6. SZERZŐK
7. HATÁSTANULMÁNY

ELŐZMÉNYEK

Amint a „Hableány” hajóbaleset körülményeiből ismerjük, valamint látjuk azt a fejlesztési koncepciót, amelyet 2030-ra a Dunára, mint nemzetközi folyóra tervezünk - figyelembe véve azt az elmaradást - amely a vízi forgalom területén napjainkat sajnos jellemzi, a hajózási és informatikai ismeretek mai technikai színvonalának megfelelő fővárosi forgalmi rendszert szeretnénk javaslatunkkal létrehozni, amelyet a későbbiekben természetesen országos szinten, több stratégiailag jól megtervezett lépcsőben gondolunk végrehajtani.

A fejlesztés első lépcsője véleményünk szerint, kizárólag szervezési és jogi tevékenységet igényel, amely aránylag rövid idő alatt végrehajtható, és ez már önmagában is növelheti a fővárosi nagy forgalmú dunai folyamszakasz biztonságát.

A már kiépített és 2018 vége óta PannonRIS név alatt futó, valamint a NOVOFER Zrt. által kiépített RSOE folyami informatikai rendszerhez képest, a javaslatunk elsősorban műszaki és alkalmazástechnikai kiegészítést jelent, ami jól illeszkedik a hazai bevezetés alatt álló un.

„intelligens bója” fejlesztéséhez.

Mai helyzetkép és a problémák feltárása:

Ebben az évben három fontos lépés történt, amire javaslatunk nagy részben támaszkodhat:

- Vízre tették a vízi mentő szolgálat speciális mentőhajóját (2019.03.23)
- Telepítésre került a Vodafone 5G informatikai rendszerének f = 3,6 GHz frekvencián működő fővárosi kísérleti adó tornya (2019.05.23)
- A nemzetközi folyón minden teherhajó és 12 fő feletti kapacitású személyhajó fel van szerelve AIS (EU hajó-azonosító) rendszerrel, valamint térképes szolgáltatással, így azok konkrét útvonala követhető még 4G-s szolgáltatás mellett is. (Ez azonban nem biztosítható on-line és real-time beavatkozás esetén – erre már csak az 5G IT technológia alkalmas.)

Megállapítható, hogy számos jogszabályi hiányosság, valamint felelőtlen szakmai felfogás és képzési hiányosság miatt, emberi hibából és ezzel egyidejűleg kedvezőtlen természeti, időjárási tényezőktől függően is bekövetkezhet tömegbaleset, amely viszont megfelelő és ellenőrzött megelőző intézkedések, valamint folyam km-re lebontott folyamatos működésű operatív rendszer mellett elkerülhető. A baleseti vészjelzések időben történő észlelése, valamint központi beavatkozás esetén, pedig a balesetek száma is jelentősen csökkenthető.

Napjainkban a főszezonban mintegy 130-150 igen nagyméretű folyami cruiser többször is felkeresi a fővárost, átlagosan 12-15 hajó naponta manőverezik a Duna fővárosi szakaszán, ahol a helyi személyhajó forgalomban – és kimondottan az esti órákban - sok olyan manőverezés is előfordul, amelyben a baleseti veszély előfordulásának magas a valószínűsége.

JAVASLATOK

A fentiek miatt helyi szabályozásokat szükséges a forgalom irányításba bevezetni, valamint állandó ellenőrzést az egyes folyamszakaszok biztonságának érdekében, így biztosítva az operatív szakértői felügyeletet.

A javaslatunk lényege, hogy nemcsak „passzív" hajózási forgalmi adatgyűjtést, adatbázis kezelést, forgalmi nyilvántartást végezne az informatikai rendszer, hanem aktívan részt is vesz a kritikus dunai hajózási szakaszokon - elsősorban a két **M0 híd** között, északon a **1659,74** folyam km és délen az **1633** folyam km folyószakaszbeli területen, a közvetlen hajózás irányításában egy központosított folyami forgalmi 24 órás felügyelet, amely jól képzett szakemberekből áll.

Ehhez a tevékenységhez a műszaki alapok lényegében adottak.

Természetesen nem minden, mert ahhoz, hogy egy ilyen rendszer jól működjön, nemcsak HW és SW műszaki fejlesztésekre, beruházásokra, hanem adminisztratív és jogi lépésekre is szükség van.

Ezen lépéseket az **EU szabványok és előírások** is alátámasztják (**6.** sz. melléklet)

Teszt-üzemi javaslat:

Javaslatunk szerint a meglévő folyami kamera rendszert - végleges kiépítésben - az **5G** informatikai rendszerbe célszerű integrálni, és ehhez önálló diszpécser központot létesíteni 24 órás emberi operatív beavatkozásra alkalmas irányító szolgálat bevezetésével, amelynek a feladatai a következők:

- a hajóforgalom állandó figyelése és figyelmeztetések adása, szükség esetén a követési és oldalirányú távolságok, valamint a sebesség betartására (hajófajtához rendelt paraméterek mellett)
- kirívó forgalmi vagy egyéb szabálytalanság esetén rendőrjárőr értesítése és küldése

- baleset esetén baleseti szemléző járőr, mentők, tűzoltók és a vízi
  mentők, valamint a katasztrófavédelem közvetlen irányítása
- havaria, vagy más üzemeltetési probléma esetén technikai eszközök bevetése – pld. drónok, amelyek kutató, illetve közvetlen segítség nyújtásra is alkalmasak.
  M.o.-i példa a VMSZ siófoki szakszolgálata – 2019-ben
- viz/levegő szennyezésre, vagy nem azonosítható úszóműre vonatkozó információk gyűjtése és kezelése.
- ”ember a vizben” riasztás esetén, drónos mentőmellények alkalmazása – példa a VMSZ siófoki szakszolgálat rendszere
- forgalmi korlátozások automatikus és/vagy élő üzenetek küldése az érintett folyamszakaszon közlekedőknek

Fenti irányító tevékenység ellátásához ki kell dolgozni egy összes hajófajtára vonatkozó műszaki paramétersort - amely az önjáró teher és konténerhajók, személy szállító hajók, tolóhajók (természetesen a tolatmányoktól függő méretekkel), a 20 fm alatti személyhajók, ill. a 20-40 fm közötti személyhajókra vonatkozik. Ezen műszaki paraméterek az egyes hajó fajtákra vonatkozóan, az elsőbbségi szabályok által meghatározott folyam km szakaszokon - az engedélyezett hajózási korlátozó paramétereket is meghatározzák.

Ezeket a paramétereket (**1.** sz. melléklet) be kell illeszteni a fővárosi folyó szakaszokkal kapcsolatos közlekedési szabályzatba. Ugyancsak itt célszerű szabályozni, hogy mely hajó típusokon milyen alapvető műszaki felszereltséget kell biztosítani rossz látási viszonyok közötti, ill. éjszakai hajózási szolgáltatások ellátásához. A megfelelő képesítési előírások betartását hatóságilag rendszeresen ellenőrizni kell.

Ugyancsak egyértelműen meg kell határozni a kikötésekkel, valamint a 100 m-t meghaladó hajók irányváltásával kapcsolatos manőverek végrehajtására, illetve a manőverekhez tartozó figyelmeztető jelzések kötelező használatára vonatkozó szigorú utasításokat.

A fentebb leirt szabályozásokat és az 5 G-s kamera hálózatra támaszkodó diszpécser rendszert egy előkészítő munka eredményeként célszerű teszt üzemben elindítani, amelyhez megfelelő írott szabályzati (több-nyelvű kiadvány) hivatalos terjesztését és személyzeti oktatást követően lehet bevezetni.

Ehhez azonban még célszerű kidolgozni egy olyan értékelő táblázatos algoritmust, amely bázisán a különböző szabályok betartása, valamint az azokból következő intézkedések és esetleges baleseti események valóságot tükröző értékelése automatikusan megtörténhet bármely folyószakaszi folyam km esemény és következményei formájában.

Ezt az értékelést a későbbiekben javasolható felhasználni a megindítandó fejlesztési projekt kidolgozásának munkálataihoz. Fentiekből adódó eredmények hozzájárulnak ahhoz, hogy a szakemberek számára kialakítja azon fókusz csoportos intézkedések lehetőségeit, amelyek az egyes folyam km szakaszokra jellemzően meghatározzák a forgalmi korlátozó feltételeket a későbbi projekt mesterséges intelligencia (**MI)** bázisú alkalmazásaira.

A fejlesztési projekt célkitűzései:

A fejlesztést az **5 G** minta projektjeként célszerű végrehajtani, az alábbi módon:

- illeszthető legyen a jelenleg már fejlesztés alatt álló “intelligens bójarendszer” HW/SW szerkezetébe (KÖVIM-RSOE CEF projekt)

- telepíthető legyen a Balaton, Velencei-tó és a Tisza-tó területére

- funkcionális bővítése tegye lehetővé baleset esetén, az adott hajó főbb berendezéseinek diagnosztikai állapotának, valamint a személyzeti beosztások aktuális lekérdezését

- a diszpécser számára tegye lehetővé az adott eset automatikus beavatkozás, üzenet stb. esetén, ha annak eredménye nem mutatkozik, vagy ha több objektum közötti baleseti veszély nem hárul el, olyan kapcsolatot létesíteni az objektumokkal, amely eredményes kommunikációt, és/vagy beavatkozást hoz létre, a baleseti helyzet kezelésére,

- hasonló kommunikációs kapcsolat létrehozásával képessé váljon a mentési és katasztrófavédelmi személyzetet összekapcsolni az adott eseményben résztvevő objektumokkal a segítség adás előmozdítására, ill. a még a hajón lévő utasok és személyzet pánik helyzetének feloldására is.

INFORMATIKAI RENDSZER:

Elképzelésünk szerint az informatikai rendszert három lépcsőben érdemes megvalósítani – nem utolsó sorban gazdasági, pénzügyi okok, valamint honvédelmi és katasztrófa védelmi szempontok figyelembe vételével.

1. A meglévő információs hálózatok HW-es és SW-es kibővítése, módosítása és egy forgalomirányító központ létrehozása, Budapest székhellyel, valamint a későbbiekben további alközpontok létesítése a Duna és a Tisza mentén.

2. Új informatikai hálózat üzemeltetése a kiépítendő 5G rendszerekre alapozva (az 5G inf. rendszer konkrét műszaki paramétereit még definiálni kell. Az első 5G szolgáltatások már 2019 harmadik negyedévben elindulhatnak a 26 GHz frekvenciatartományban, a nagy kapacitású innovatív szolgáltatások várhatóan csak 2020 után lesznek elérhetőek.)

3. Országos irányítástechnikai alközpontok létesítése (min. 4 db. a Dunán és 2 db. a Tiszán) - a már kiépített rendszerek tapasztalatai alapján - valamint a Balatonon, későbbiekben a Velencei tavon és a Tisza tavon.

Az informatikai rendszer terepi kiépítésének első ütembeli HW alapjai nagy részben rendelkezésre állnak – felhasználva a már telepített eszközöket – lásd a (**2.** sz. melléklet) NOVOFER Zrt. informatikai rendszereit.

A projektben, a központi forgalomirányítás fejlesztését az alábbi három szinten javasoljuk végrehajtani -

1. **Diszpécser központ fejlesztése.** Kiterjed az irányítással kapcsolatos, minden információ kétirányú áramlásának nagy biztonsággal történő megvalósítására. Ide értve annak a képességnek az ellenőrzését is, hogy a belépő járműnek minden, a biztonsággal kapcsolatos eszköze, berendezése hibátlanul működik. Intelligens kommunikációs felügyelet alkalmaz. Ez a Központ biztosítja az optimális mozgásokat és az információk tárolását is. Időben beavatkozik, ha a forgalmi előírásoknak nem megfelelő a helyzet, vagy kritikus-közeli helyzet kezd kialakulni. (A Diszpécser központ lokális beüzemelését követően, országos központtá fejleszthető.)

2. **Vízi járművek egymásközi mozgásának automatikus irányítása**. Jármű-jármű optimális dinamikus kapcsolatának és kiterjed a jármű - infrastruktúra dinamikus kapcsolatának irányítása is. Ez a vízi járművek fedélzetére telepített intelligens rendszer. Autonóm vízi járműirányítás történik, robotpilóta /robotkapitány modell – rendszer kiépítésével és megvalósításával.

3. **Automatikus irányító központ fejlesztése, optimális vízi irányító rendszer telepítése.** (Ez a Diszpécser központ továbbfejlesztése.) Minden, a körzetébe tartozó vízi jármű pozícióját pontosan meghatározza, előre számol és optimális fogalomirányítást hajt végre.

A 2. és 3. fejlesztésekhez kiválóan alkalmazhatók a **Módosított Intelligens Driver Model (IDM)** (**3. sz.** melléklet**)** modellek területén végzett tudományos kutatásaink. Az irányításnál a **Model predictive control (MPC)** (**4. sz.** melléklet)

Módszer és a Nagyméretű hálózatok és környezet (**5.** sz. melléklet) – közlekedés összetett kapcsolatrendszerét leíró kutatásaink hasznosíthatóak. A most előkészített javaslatunk alapján, (támaszkodva a BME és **Zala Zone** tesztpálya között fennálló tudományos kutatásokra) az

autonóm járműipari kutatások kiterjeszthetők és általánosíthatók az autonóm vízi járművekre és irányításuk területére.

A forgalomirányítási központ kiépítése az egyik lényeges feladat, valamint az ehhez tartozó szoftver rendszer fejlesztési tevékenység.

A SW a kötelezően leadott hajózási útvonal tervekkel együtt és egyéb adatok alapján, 3D profilokat számol és rajzol fel, akár több százas nagyságrendben és ezek között 20-25 percre előre képesnek kell lennie a potenciálisan problémás helyzetek észlelésére. Emellett a valódi radaradatok és nagy felbontású széles spektrumú CCD kamerák alapján, rövid távú konfliktuskutatást is végez, és cca. 5-10 másodpercenként újraértékeli az egész forgalmi helyzetet.
A nyári csúcsidőszakban lehet olyan nap, amikor több száz jármű mozoghat egyidejűleg a monitoron.
A szoftver úgynevezett SSR kód helyett, az AIS lesugárzott rádióhívójelet kell, hogy használja a vízi járművek azonosítására a térbeli pozíció, valamint a megadott útvonal terv összerendelésére.

(A kép a MATIAS 10.0 rep. irányítási rendszer egy operátori munkaállomását mutatja)

Egy-egy új verzióhoz (build) való hozzákezdés előtt figyelembe kell venni az aktuális trendeket és szabályozásokat, az irányítók igényeit, saját fejlesztéseket, majd egyeztetés után indulna a SW fejlesztése.

Ha kész van a build, akkor a tesztelés következik előbb a gyártónál, majd a szoftverhibák kijavítása után, hónapokkal később normál üzemben. Egy build általában tíz-húsz kisebb nagyobb fejlesztési igényt szolgál ki. Ennek része a **CPDLC** (Controller Pilot Data Link Communications) képesség, ami tulajdonképpen automatikus sms-ezésre cseréli a jelenlegi fónikus telefonálgatást.

Az irányító és a hajó közti adatkapcsolati kommunikáció bevezetése elsősorban a növekvő vízi forgalom miatt egyre telítettebb frekvenciák miatt szükséges.

Egy körzethez ugyanis egy frekvencia tartozik, ezen kommunikál az irányító központtal az adott időben arra hajózó objektum. A néhány másodperces rádiózás nem tűnik soknak, de a csúcsidőszakokat nézve, a félreértések elkerülése miatt fontos visszaolvasási szabályt is beleszámítva igencsak sűrű lehet egy-egy frekvencia. Ha a kommunikáció egy része adatkapcsolaton történik, az a hangforgalmazáshoz képest elenyésző ideig terheli a csatornát, másrészt gyakorlatilag lecsökken a félreértések, félrehallások esélye.

A szoftver fejlesztés célja:

hogy egyre több információt láthasson a központi forgalom irányítás, viszont elég keveset és elég kényelmes formában ahhoz, hogy a képernyőn látható adatmennyiség még emberileg kezelhető maradjon.

MELLÉKLETEK:

1. sz. melléklet **Hajózási paraméterek:**

- kikötőből indulás ellenőrző feltételei,
- megengedett legnagyobb sebesség,
- megengedett követési távolság,
- megengedett oldaltávolság,
- megengedhető előzés az adott szakaszon,
- előírt rádiós kommunikáció az adott szakaszon akciók esetén
- előírt radar alkalmazása az adott szakaszon ill. akciók esetén

2. sz. melléklet **Informatikai rendszer kiépítése és bővítése**

– Mikrohullámú rendszer redundáns hálózati bővítése (optikai kábel hálózatokkal és HUB alközpontokkal)
– VHF rendszer bővítése és korszerűsítése
– AIS rendszer bővítése és korszerűsítése
– DGNSS rendszer bővítése
– Meteorológiai rendszer bővítése és összekötése a Vízügy információs hálózatával
– Radar rendszer bővítése a kritikus hajózási szakaszokon
– Kamera rendszer további kiépítése, főleg a fővárosban
– Egységes felügyeleti és riasztási rendszer az OMSZ és a BM felé
- A biztonságos mobil helymeghatározást szolgáló on-line és real-time GPS alkalmazások technikai lehetőségeinek bővítése, tekintettel arra, hogy a különböző és időben változó időjárási és egyéb külső zavaró körülmények befolyásolhatják a készülékek működési megbízhatóságát.

3. sz. melléklet **Az IDM modell és forgalmi alkalmazása**

Az Adaptive Cruise Control (ACC) olyan járműforgalmi rendszer, amely lehetővé teszi a jármű számára, hogy a sebességet a környezethez igazítsa. Az Intelligens Driver Model (IDM), egy adaptív tempomat (ACC) modell, amelyet széles körben használnak a közlekedési kutatásokban a longitudinális mozgások modellezéshez. Treiber, Hennecke és a Helbing 2000-ben, a Drezdai Műszaki Egyetem közlekedési laboratóriuma dolgozta ki az Intelligens Vezető Modellt (IDM), amelyet a BMW autógyár használ.

A klasszikus IDM modellt, folyamatos forgalomáramlás modellezésében alkalmazzák az autópálya és a városi forgalom szimulációjánál.

Ezen munkák eredményei azt mutatják, hogy alkalmazásuk a forgalom hatékonyságágának növekedését idézi elő.

A klasszikus IDM, ütközésmentes modell. Ez kritikus baleseti helyzetben viszont már nem elegendő a biztonság garantálására. Munkáikban az IDM modell pontosabb működésével és módosításaival foglalkoztunk, a járművek valós képességének figyelembe vételével.

A módosítás alapján, a vezetőnek már figyelembe kell vennie az őt követő járművek viselkedését is és ez által, egy új módosított IDM modellt fejlesztettünk ki és teszteltünk le mikroszkópikus szimulátorral a húrstabilizálás figyelembe vételével.

Ez a módosított IDM modell már a valódi gépjármű-képességeket helyezte előtérbe. Figyelembe vettük azt a valós folyamatot is, amelynél görbe vonalú trajektóriákon haladnak a járművek. A folytonos trajektória követés esetére levezetett modell-rendszerünk alapján, megállapítható, hogy a trajektória követésre alkalmazott fizikai megfontolások jól hasznosíthatók az előre meghatározott mértékű hibaelkövetést is magában hordozó vezetési technikai stratégiáknál is.

Ez figyelembe veszi a bonyolult, valós forgalmi környezetet és a járművek együttes dinamikáját is.

4. sz. melléklet **Model predictive control (MPC)**

A modell prediktív irányítási (MPC) módszer olyan numerikus-optimalizáláson alapuló irányítási módszer, amelynél – diszkrét időt feltételezve – a beavatkozó jel jövőbeni étékeit (véges időhorizonton előretekintve) minden diszkrét időlépésben egy előírt célfüggvény optimálása révén határozzák meg.

A célfüggvény értéke függ a rendszer jövőbeni állapotaitól, melyeket a rendszer-modellje alapján, a beavatkozó jelek és a kezdőállapot függvényében lehet számítani. Az ily módon működő irányítási eljárás esetén, a programalkotó rendszer már teljesen forgalomtól függő és a fő jellemzője az adaptivitás.

Amennyiben a forgalomirányító rendszer kellően fejlett, megfelelő naplózás és a pontos idő ismeretében lehetőség van arra is, hogy meghatározzuk az időfüggő aktuális jelzésképet is.

5 sz. melléklet **A Hálózati forgalmi modell alkalmazása**

Ezekhez a kutatásainkhoz a szűkített hálózati forgalmi modellt alkalmazzuk, Péter T, and Bokor J (2011, 2010.1, 2010.2,), Péter T (2012), amely egy tartományban elhelyezkedő „n” szektorból álló „*x”* járműsűrűség állapotvektorral jellemzett belső hálózati elemet tartalmaz. A modellhez „m” darab külső szektorok is tartozik, amelyek közvetlen kapcsolatokkal rendelkeznek valamely belső szektorral, ill., szektorokkal.

Ez utóbbiak „*x”* járműsűrűség állapotvektorát mérés alapján ismertnek tekintjük.

6. sz. melléklet **EU szabványok és előírások jegyzéke**

ES-TRIN-2017 szabvány ‚A belvízi hajók műszaki követelményeit meghatározó európai szabvány

ADN-2017 szabvány Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodáshoz (**ADN**) csatolt **Szabályzat** belföldi alkalmazásáról.

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) **2017/2397 IRÁNYELVE** (2017. december 12.) a belvízi hajózásban szükséges szakmai képesítések elismeréséről, valamint a 91/672/EGK és a 96/50/EK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg)

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) **2016/1629** IRÁNYELVE (2016. szeptember 14.) a belvízi hajókra vonatkozó műszaki követelmények megállapításáról, a 2009/100/EK irányelv módosításáról és a 2006/87/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről

FORRÁSMUNKÁK, FELHASZNÁLT IRODALOM:

Götz Sándor – A hajóipar lehetőségei az Innovatív Járműgyártás

területén - NIH 2013

PannonRIS Folyami Információs Rendszer Távközlési és rendszertechnikai megoldásai OKF HTE 2019.04.15.

Turcsán Zsolt - NOVOFER Zrt.

„Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project”

IEEE Communications Magazine 52 (5), 26–35.
o. DOI:10.1109/MCOM.2014.6815890. ISSN 0163-6804.

5G Mobile and Wireless Communications Technology. Cambridge University . ISBN 9781107130098.

„Leading Towards Next Generation "5G" Mobile Services”, *Federal Communications Commission*

Hungarocontrol - Matias 10.1 rep. irányítási rendszer ált. isme

1) Az IDM modell és forgalmi alkalmazása

References

Tamás Péter and István Lakatos, Vehicle Dynamic-based Approach for the Optimization of Traffic Parameters of the Intelligent Driver Model (IDM) and for the Support of Autonomous Vehicles' Driving Ability, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 16, No. 3, 2019. pp. 121 – 142 .

T. Péter,F. Szauter,Z. Rózsás, I. Lakatos, Integrated application of network traffic and IDM models in the test laboratory analysis of autonomous vehicles and electric vehicles , Int. J. Heavy Vehicle Systems, ***(ISSN: 1744-232X)*** *24. (2019). pp. 1-18.*

Derbel, O., Péter, T., Mourllion B., & Basset M. (2017), 'Generalized Velocity–Density Model based on microscopic traffic simulation', Transport, DOI: 10.3846/16484142.2017.1292950 To link to this article: http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2017.1292950 ISSN: 1648-4142 (Print) 1648-3480 (Online) Journal homepage: http://www.tandfonline.com/loi/tran20

Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2013). 'Modified intelligent driver model for driver safety and traffic stability improvement', IFAC Proceedings Volumes 46(21): 744–749. https://doi.org/10.3182/20130904-4-JP-2042.00132

Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2012). 'Modified intelligent driver model', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 40(2): 53–60. https://doi.org/10.3311/pp.tr.2012-2.02

2) *Model predictive control (MPC)*

References

Péter, T. (2012) 'Modeling nonlinear road traffic networks for junction control', International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), 2012, Vol. 22, No. 3. pp. 723-732. DOI: 10.2478/v1006-012-0054-1

Peter, Fülep and Bede (2011) 'The application of a new principled optimal control for the dynamic change of the road network graph structure and the analysis of risk factors', 13th EAEC European Automotive Congress 13th-16th June 2011. Valencia – SPAIN Society of Automotive Engineers (STA), 2011. pp. 26-36. (ISBN:978-84-615-1794-7)

Péter T. and Bokor J. (2011) 'New road traffic networks models for control', GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176_2010-2283_1.2.65 February 2011

Péter T., and Bokor J. (2010.1) 'Research for the modelling and control of traffic', In: Scientific Society for Mechanical Engineering, 33rd Fisita-World Automotive Congress: Proceedings, Budapest, Magyarország, 2010.05.30-2010.06.04. Budapest: GTE, 2010. pp. 66-73. (ISBN:978-963-9058-28-6)

Péter T., and Bokor J. (2010.2) 'Modeling road traffic networks for control', Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8)

3) A Hálózati forgalmi modell alkalmazása

References

Péter, T. and Lakatos I. (2017) 'Hybrid model of vehicle and traffic for combined dynamic analysis', Int. J. Heavy Vehicle Systems, (ISSN: 1744-232X) 24: (2) pp. 1-14. (2017).

Péter, Tamás és Szabó, Krisztián (2017) Combined Mathematical Modeling of Different Transport Networks, Considerations and Complex Analysis. ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, 14 (2). pp. 7-26. ISSN 1785-8860 10.12700/APH.14.2.2017.2.1

Peter, T., Lakatos, I., Szauter, F., Pup D. (2016) 'Complex analysis of vehicle and environment dynamics', 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. (MESA) August 29-31, 2016, Auckland, New Zealand, pp. 1-7. Paper 34. (ISBN:978-1-5090-6190-7)

Péter, T., Lakatos, I. and Szauter, F. (2015) 'Analysis of the complex environmental impact on urban trajectories', ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Mechatronics for Electrical Vehicular Systems, 2–5 August, Boston, Massachusetts, USA, Paper No. DETC2015-47077, pp.V009T07A071; p.7, DOI: 10.1115/DETC2015-47077, ISBN: 978-0-7918-5719-9.

Péter T., Fazekas S. (2014) 'Determination of vehicle density of inputs and outputs and model validation for the analysis of network traffic processes', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 42:(1) pp. 53-61. (2014) (Budapest University of Technology and Economics)