

Komplex jármű-hálózat analízis

Szauter Ferenc*, Péter Tamás**

Széchenyi István Egyetem *

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék**

(e-mail: szauter@sze.hu; peter.tamas@mail.bme.hu)

Absztrakt: A bemutatásra kerülő új megoldás alkalmazásával, megvalósítható a felszíni közúti közlekedési hálózatok folyamatainak és a hálózatokon közlekedő járműdinamikai folyamatok egyesített rendszerben történő modellezésére és analízisére. Ez egy igen korszerű és új eredményekre vezető megközelítés, ugyanakkor igen komplex vizsgálati módszereket igényel. A leírt kutatási módszertan egyszerre vizsgálja a makroszkopikus elven működő, nemlineáris nagyméretű felszíni hálózati modellt és a dinamikus terhelések és menetstabilitás számítására alkalmas nemlineáris 3D –s gépjármű dinamikai modellt.

1. Bevezetés

A kutatás komplex modellt vizsgál a valós közúti és jármű-folyamatok leírására. Ennek során, a tetszőleges méretű és topológiájú közúti hálózat speciális matematikai modellezési technikáját használjuk fel. Ennek során, tovább vizsgáljuk a járműsűrűség állapotterben a komplex rendszer működését leíró nemlineáris differenciálegyenlet-rendszert, amely a pozitív rendszerek osztályába tartozó makroszkopikus közúti közlekedési modell.

Ez a környezet – annak ellenére, hogy makroszkopikus a modell – alkalmas arra is, hogy a valós közlekedési folyamatokat (lámpák, torlódások stb.) figyelembe véve, tetszőleges közúti hálózat esetén két kiválasztott pont között szabadon választott trajektóriákon, tetszőleges időszakban valós eljutási folyamatot határozzunk meg. Ez, a klasszikus igényeket jelentő útvonal-ajánlásokon kívül, az intelligens járművizsgálatok területén fontos eredmény, (pl. autonóm járművek célba juttatása mellett, a gépjárművek dinamikai analízise, méretezése, környezeti terhelése, emisszió vizsgálata, stb., területeken), mivel különböző időpontokban és helyeket figyelembe véve, nagyszámú járműre vonatkozó, gyorsan elvégezhető analízist biztosít. A modell validálása során az is megállapítást nyert, hogy a modell lehetővé teszi olyan egyedi sebességfolyamatok kinyerését, amelyek a valóságnak megfelelnek.

2. Gépjármű dinamikai rendszerek modellezése

A jármű lengőrendszerek általánosabb matematikai vizsgálatainál sztochasztikus dinamikus modelleket alkalmaznak. Ez fellép, ha járműtípus vizsgálata történik és nem lerögzített paraméterekkel rendelkező járművet, hanem

paramétereit, valószínűségi változóknak tekintik és ekkor, a matematikai modell már eleve sztochasztikus rendszer feltételezését igényli. Másrészt, a valóságos körülmények közepette üzemelő gépjármű rendszerek bemenetein jelentkező sebességfolyamatok és a keréktalppontokon fellépő gerjesztések is sztochasztikus folyamatok. Mérések és spektrális analízis felhasználásával számos kutató állapotított meg lényeges összefüggéseket a sztochasztikus útprofilok leírásakor.

Bizonyos esetekben a motor, az erőátviteli berendezések és a kerekek un. paraméteres rezgéskeltő hatásait is figyelembe kell venni.

A közúti járművek lengéseinek vizsgálatára vonatkozó mechanikai modellek az esetek többségében idő-invariáns és nemlineáris differenciálegyenlet-rendszerek felírását igénylik. Idővariáns modellekkel dolgozunk, ha figyelembe vesszük a szállítmány változását, vagy ha nagyon hosszú időtartamon folyik a vizsgálat, továbbá, ha az üzemeltetés során igen erős fázisú igénybevételek lépnek fel.

Michelberger felvetése alapján, az output folyamatok között a jármű haladási sebességét is figyelembe véve - a változó haladási sebességfolyamat már visszahat az input útprofil-folyamatra és azt transzformálja. A jelenség közvetlen leírására tehát szintén visszacsatolásos modellt kell alkalmazni.

A vizsgálatok kimutatták, hogy a változó haladási sebességű üzemmódok esetében integrál-transzformációs módszer alkalmazásával levezethető az útprofil spektrum torzulása. Az ilyen folyamatok vizsgálata tehát, a torzított spektrum meghatározásával kezdődik és ennek felhasználásával a probléma megoldása (kis elhanyagolással) visszavezethető nyitott hatásláncú modellek alkalmazására.

3 A pályát figyelembe vevő komplex út-jármű modell dinamikai tulajdonságainak vizsgálata

A gépjárműre ható gerjesztés elsődleges forrása maga az útpálya felülete. Az útpálya egyenetlenségét alapvetően sztochasztikus és véletlenszerű komponensek alkotják, amire ráakódnak az általában rövid ideig tartó egyszeri zavarásból származó determinisztikus komponensek.

A sztochasztikus útprofil-folyamatok modellezésénél feltételezzük, hogy a járműkerek az úttest mindenkor középvonalával párhuzamosan haladnak. Egy mérőkerék rögzített v haladási sebesség mellett történő végigvezetése az útfelületen, egy ω_n elemi eseményt eredményez, amelynek szemléletes megfeleltetése az, hogy a keréktalppont egy meghatározott távolságra halad az úttest középvonalával párhuzamosan. Az ω_n elemi eseményhez a keréktalpponton fellépő $\xi(t, \omega_n)$ útprofil gerjesztés tartozik, amely a sztochasztikus folyamat egy realizációja és ez t időparamétertől függő függvény.

Adott úttípusra a sztochasztikus útprofil folyamat, a $\xi(t, \omega)$ realizációk összességéből áll, $t \in [0, T]$, $\omega \in \Omega$. A $[0, T]$, a felmérés időintervallumát, az Ω pedig az elemi események halmazát jelöli. A jármű lengőrendszerek irodalmában elfogadott feltételezés, hogy a sztochasztikus útprofil folyamatok GAUSS -folyamatok és másodrendig bezárólag stacionáriusak. Gyakran élnek a kutatók azzal a kiegészítő erős megkötéssel, hogy a sztochasztikus útprofil folyamatok másodrendig bezárólag még ergodikusak is.

4. A közlekedés dinamikai hatásainak figyelembe vétele az elektromos és hibridelektromos meghajtású járművek esetében

Az elektromos és hibrid járművekre az elmúlt évtizedben széles körben kifejlesztett modellezési és szimulációs technikák jelentős fejlődésen mentek keresztül. Ugyanakkor, továbbra is az alapvető cél az, hogy az elektromos és hibrid járművek kialakítása, tökéletesítése és fejlesztések folyamata felgyorsuljon.

Hazai vonatkozásokban, a kutatásoknál alapvetően fontos feladatunk, hogy az új tervezési módszereket alkalmazzuk, ugyanakkor speciális területeken a saját kutatásokból származó versenyelőnyeinket is kiaknázzuk. Ilyen területek pl., a modern irányításmélet alkalmazása és az elektromos és hibrid járművek analízise és diagnosztizálása, a valós közlekedési folyamatokat és hálózatokat figyelembe vevő környezetekben.

Ugyanakkor, a különböző összetevők közötti dinamikus kölcsönhatások feltárása és a multidiszciplináris környezet, jelentősen megnehezíti az újonnan tervezett hibrid elektromos járművek (HEV) elemezéseit.

Minden paramétertervezésekor, gondosan meg kell választani a gazdaságosabb üzemanyag fogyasztást, a nagyobb biztonságot, a jármű jó vezethetőségét és dinamikus tulajdonságait és előállításának versenyképességét, mert mindezt elfogadható áron kell nyújtani a fogyasztói piacon. A prototípusfejlesztésnél és vizsgálatánál minden kialakítás

kombinációja nehézkes és drága, ugyanakkor nagyon rövid a rendelkezésre álló idő.

A nemzetközi kutatási tanulmányok egyértelmű megállapítása, hogy a HEV prototípusoknál és elemzéseknél, a modellezések és szimulációk nélkülözhetetlenek. Ez különösen igaz akkor, amikor új hibrid hajtáslánc konfigurációk és vezérlők fejlesztése történik.

Az új hajtáslánc tervezésének a bonyolultsága komoly kihívást jelent az autóiipari kutatásoknál és érinti a fejlesztési erőfeszítéseket az is, hogy megnövekedett az igény a beágyazott szoftverek kutatásával és modellezésével kapcsolatban is.

Az új modellezési környezet, már képes modellezni, nem csak az egyes alkatrészeket, hanem olyan beágyazott szoftverek is, mint például az elektronikus fojtószelep vezérlő (ETC) szoftver.

A hatékony diagnosztizálás is nagy kihívást jelent. A modellezések fontos szerepet játszanak a diagnosztika területén, az elemek és alkatrészek kooperációinak vizsgálatánál.

Diagnosztikai módszerek a teljesítmény és nyomaték görbe meghatározására is szolgálnak az elektromos hajtású járműveknél.

Fontosa az új és modern diagnosztikai eljárások módszertanának kidolgozása és bevezetése a gyakorlatban. Erre kitűnő terepet ad a Széchenyi István Egyetem Járműves Laborjainak eddigi tapasztalatai és a további fejlesztési lehetőségei – figyelembe véve, a meglévő és folyamatosan bővülő nemzetközi kapcsolatrendszer is, (teljesítmény, nyomaték, görgős próbapad - diagnosztikai fejlesztések). Hatékony motorteljesítmény mérés a fedélzeti diagnosztika segítségével. A teljesítmény mérésére további lehetőség a fedélzeti diagnosztikai rendszer jellemzőinek kihasználása, (on-board diagnostic system, OBD). Új mérési módszerek pl., a fék nélküli készülékekkel.

Az autóiipari rendszerek tervezésének meggyorsítása és a komplexitás kezelése, azokat a tervezési eszközöket - és ezek kellő fejlettségét igénylik, amelyek automatizálják az alacsony szintű részletek tervezési folyamait is P. Struss and C. Price (2004) és W. Gao et al., (2005).

A fizika-alapú modellek a különböző időskálákon a dinamikus szimulációkkal, nagy pontossággal megközelíthetik a járműrendszerek működését. A fizika-alapú modellezéssel és szimulációval, a hibrid és az elektromos járművek dinamikus teljesítményét és üzemanyag-gazdaságosságát, az energiahatékonyságot és a kibocsátást lehet előre számítani és modellezni.

A speciális hibrid elektromos meghajtású rendszerek és a jármű modellek szimulációjára, a legkülönbözőbb típusú járműveknél közkezdvelt és igen kiterjed modellezési eszközök a MATLAB Simulink R. Arendt (2011), D. Radan (2008) és SimPowerSystems T. Nord (2006) környezetek, továbbá az irányítási modellek szimulációja a dSPACE hardware loop platform. Fontos terület a szimulációknál pl., a HEV modell energiatároló rendszerének töltöttsége, a haladási sebesség beállítása és az optimális terhelések

meghatározásra. A járművek lejtős közúti forgalomban történő működéséről lehet információkat kapni és előre becsülni a rendszer összeteljesítményét, amelyre K. L. Butler, M. Ehsani, and P. Kamath, (1999) egy ilyen rendszerszintű Matlab/Simulink-alapú modellezési módszert és szimulációs eszközt fejlesztett ki, továbbá analízist végzett el. Az alkalmazott rendszereknél, folyamatos kihívást jelent az energiatakarékos elektromos fedélzeti egységek tervezése és az alacsony energiafogyasztású megoldások alkalmazása a hajtásláncoknál.

A klasszikus járművezetési ciklusokat szabvány szerint állítják össze, pl., FTP-75 a városi vezetési ciklus és az autópályára vonatkozó vezetési ciklus.

Ugyanakkor, a kutatásoknál fontos a valósághű üzemi körülmények biztosítása is a bonyolult dinamikai rendszerek optimalálásánál.

A legtöbb modellezésnek integráltan kell tartalmaznia az energiavesztés (mechanikai, - és hő veszteség) problémáját, a súlycsökkentés feladatát, a hatékonyság növelését és a különböző kedvezőtlen hatások minimálásának feladatát, a paraméterek és rendszerkonstrukciók optimalálásánál.

A nemzetközi és hazai tapasztalatok alapján a kutatási feladatok az alábbiakban foglalható össze.

Kihhasználva a meglévő hazai vizsgálati módszereinket, ki kell terjeszteni a vizsgálatainkat azokra a területekre, amelyekben speciális és új eredményekkel tudunk hozzájárulni a nemzetközi kutatásokhoz. A nemzetközi kitekintés alapján, időszerű és újdonságtartalmat jelentenek azok a hazai komplex kutatások, amelyek az üzemeltetéséhez és a városi környezethez kapcsolódó diagnosztikai technikák és technológiák, az irányításméleti és az optimalási tervezési témákban tudunk elindítani.

A Hibrid és elektromos járművekkel kapcsolatos, további járműipari kutatási feladatok tervezésénél az alábbi célkitűzések fogalmazhatók meg.

1. *Modellezési eljárásaink hasznosítása és további kutatások indítása a valóságos közlekedésdinamika hatásainak figyelembe vételével, az elektromos és hibrid-elektromos meghajtású járművek esetében a diagnosztikánál és a tervezésnél.*

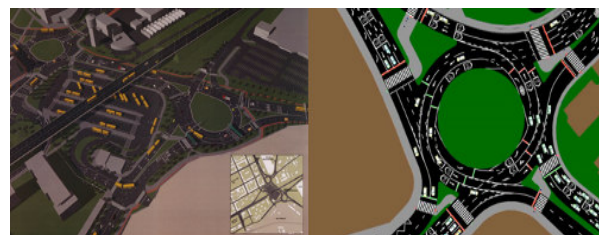
2. *A jármű oldalról vizsgálva a közlekedési hálózatok esetén működő, valós ITS rendszerek hatását, a járművek igénybevételeinél figyelembe véve az elektromos és a hibrid-elektromos járművek üzemeltetési sajátosságait (pl: ITS-sel kommunikálva, a járművek kevesebb energia átalakítást, a fékezési energia igények változásait, adott útvonalakon).*

3. *A zöld, közlekedési hálózatmodellezési eljárásainak kutatásait bevonva, a járművek együttes összetételének környezeti hatásainak vizsgálata a városi terhelések és igénybevételek optimalálásainál*

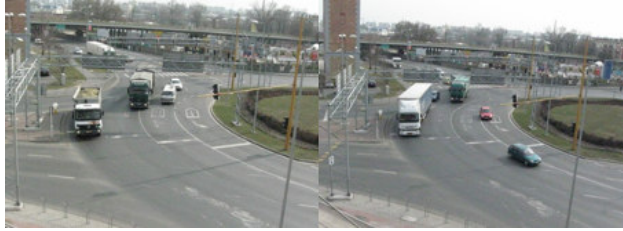
5. Komplex modell a közúti közlekedés forgalmi folyamatainak és a térbeli nemlineáris járműdinamika együttes analizisére

A kutatás komplex modellt vizsgál a valós közúti jármű-folyamatok leírására. Ennek során, a tetszőleges méretű és topológiájú közúti hálózat speciális matematikai modellezési technikáját használjuk fel. Megadjuk a járműsűrűség állapotterben a komplex rendszer működését leíró nemlineáris differenciálegyenlet-rendszert, amely a pozitív rendszerek osztályába tartozó makroszkopikus közúti közlekedési modell. A szimuláció a PannonTraffic Engineer szoftver alkalmazásával történik, amely szoftvercsalád a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok komplex modellezésére és analizisére kifejlesztett eszköz, Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.1), S. Fazekas, T. Peter: (2012.2).

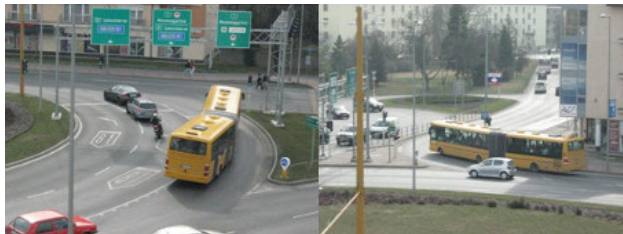
A gépjárművek összetett, nemlineáris dinamikus modellezéséhez számítógépes algebrai módszert alkalmazó intelligens modell-alkotó rendszer kifejlesztését mutatjuk be és röviden elemezzük az módszert. Ennek felhasználásával, az emberi oldalon fellépő modell-tervezés időszükségletét minimalizáljuk. A rendelkezésre álló hálózati IT eszközök és a járművekbe beépített számos elektronikus és elektromechanikai alkatrésznek köszönhetően a komplexitásra kitűzött célok java része ma már elérhető. Fontos feladat lesz majd az új eszközök ipari alkalmazása, ill., bevezetésének a vizsgálata is, továbbá az új eredményeknek az egyetemi oktatásban történő hasznosítása is. Kiemelendő, hogy a valós közúti trajektóriákon történő járműmozgás és a forgalmi események számos olyan összetett dinamikai folyamatot eredményeznek, ill. helyzetet idéznek elő, amely a kutatás jelentőségét indokolja és az általunk tárgyalt módon modellezhető. Ilyen például a járműgeometria kérdéseinek elemzése a körgeometriában való haladásnál. Ez esetben a nagyméretű hálózati modell egy részhálózati eleme az a körforgalmi elem is *5.1 ábra*, amelyen valamely trajektória választáskor áthalad a jármű. Az *5.2 ábra* a Győrben megépült körforgalomban szemlélteti a valós, tehergépjárművek és autóbuszok okozta legkritikusabb konfliktusokat. Ezek tehát már a valós trajektórián fellépő járműdinamikai folyamatok körébe tartoznak. Az *5.2 és 5.3 ábrákon* pl. jól látható, hogy a tehergépjárművek ívben haladásakor az üldözőgörbe a szomszédos forgalmi sávok területeire is kiterjed, ezért erre a tehergépjárművek, autóbuszok és a közlekedő partnerek dinamikai folyamatainak vizsgálatánál különös figyelmet kell fordítani.



5.1 ábra A Győrben megépült körforgalmi csomópont szimulációja



5.2 ábra A Győrben megépült valós körforgalmnál a gépjárművek okozta konfliktusok



5.3 ábra Győrben megépült körforgalmi valós, csuklós autóbusz okozta konfliktusok

Ugyanez állapítható meg a hossz –és függőleges járműdinamikára gyakorolt hatásokkal kapcsolatban is. A felszíni közlekedés tehát egy rendkívül komplex dinamikus rendszer. Ennek korszerű vizsgálata is komplex módszereket igényel!

Ma már elvégezhető a hálózati folyamatok és a hálózatokon közlekedő járművek egységes rendszerben történő vizsgálata. E célból a hálózatok dinamikájának tárgyalására a pozitív rendszerek elméletén alapuló vizsgálati módszertant javasolunk, ahol a modell lényegét tekintve, makroszkopikus modell. A pozitív rendszerek irányíthatóságának és a megfigyelhetőségének a feltételei nem vezethetők le egyértelműen az általános rendszereknél megismert módszerekből, Luenberger (1979). A probléma különösen igaz, ha nemcsak az állapotokra, de még a beavatkozó jelre is nem negatív értékkészletet követelünk meg. Ezért a közúti folyamatok tisztán pozitív rendszerként történő leírása az irányítástechnikai szempontból sem triviális feladat. Az irányítási feladat ebben az esetben azt jelenti, hogy úgy kell egy állapotból egy másik állapotba irányítani a rendszert, hogy az állapotátmenet közben is érvényes, hogy nem negatív értékeket vehetnek fel az állapotok, Varga I. and Bokor J. (2007). Ez a környezet – annak ellenére, hogy makroszkopikus a modell – alkalmas lesz arra is, hogy a valós közlekedési folyamatokat (lámpák, torlódások stb.) figyelembe véve, egy tetszőleges indulási időpontban a hálózat bármely „A” pontjából egy kiválasztott „B” pontjára történő valóságos eljutási folyamatot is leírjon, T. Peter, and M. Basset (2009).

Ez, a hálózaton járműcsoportok optimális átvezetésén, O. Derbel, T. Péter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012), (2013) és útvonalajánlásokon kívül, az intelligens jármű vizsgálati területen is fontos eredmény, pl. a

gépjárművek dinamikai analízise, méretezése, környezeti terhelése, emisszió vizsgálatok, Lakatos István (2007), Lakatos István (2010), Dr. Lakatos István (2001), mivel különböző időpontokban és helyeken, nagyszámú járműre rendkívül gyorsan elvégezhetőek a számítások. A valós forgalomban mért trakektóriák alkalmasak a hálózati modell validálására is!

6. Az alkalmazott dinamikus hálózati modell

A kutatásainkban kiindulásul a szűkített hálózati forgalmi modellt alkalmazzuk, Péter, T. (2012.1), Péter T, and Bokor J (2011, 2010.1, 2010.2.), Péter, T. and Szabó, K. (2012), Péter Tamás (2012.2), amely egy tartományban elhelyezkedő „n” szektorból álló x 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 s állapotvektorát mérés alapján ismertnek tekintjük. Ennél a modellnél a kapcsolati hipermatrixot alkotó mátrixok közül, csak a K_{11} és K_{12} mátrixok játszanak szerepet, mert általuk képviselve van minden átadás, amely a belső szektorokra vonatkozik.

$$\dot{x} = \langle L \rangle^{-1} [K_{11}(x, s)x + K_{12}(x, s)s] \quad (6.1)$$

Ahol: $x \in \mathfrak{R}^n$, $\dot{x} \in \mathfrak{R}^n$, $s \in \mathfrak{R}^m$, $L = \text{diag}\{l_1, \dots, l_n\}$, l_i a főátlóban a belső szakaszok hossza ($\forall l_i > 0$, $i=1,2,\dots,n$), $K_{11} \in \mathfrak{R}^{n \times n}$, $K_{12} \in \mathfrak{R}^{n \times m}$.

A gyakorlatban fellépő késleltetések, amelyek nagy részben a reakció időből (*észlelés, döntés, cselekvés*: 0,6...0,7 s időtartam) és működtetésétől a hatás kialakulásáig eltelt időből (*értéke*: 0,15...0,3 s) származtatható időveszteségek **figyelembe vétele, a valóságot pontosabban leíró matematikai modellt eredményeznek.**

Ez esetben feltesszük, hogy az $S(x)$ és $E(x)$ belső automatizmusok x szerint, az $u_{i,j}(t)$ forgalomirányítási lámpa függvények pedig t szerint folytonosan differenciálható függvények. Ez a modellezésnél különösebb megszorítás nélkül teljesíthető

7. A sebességfolyamatok analízise

Modell-feltételezés, hogy $\forall x_i$, ($x_i \in [0,1]$, $i=1,2,\dots,n$) állapotjellemzőhöz hozzárendelhető a $v_i \geq 0$ sebesség érték is, egy x_i szerint folytonosan differenciálható f_i függvény alkalmazásával:

$$v_i = f_i(x_i(t)) \quad (7.1)$$

A makroszlópikus hálózati modelltől az egyedi sebességfolyamatok kinyerésével és egy vezető-jármű modell felhasználásával, vizsgálni lehet az egyes járművek motor

teljesítményigényét és károsanyag kibocsátását is. A sebességfolyamatok alkalmasak modell-validálásra is. A modell validálása Budapesten történt a Petőfi híd és Nyugati térig terjedő körúton, Peter, Fülep and Bede (2011) lámpás keresztesedéseknél aktuális lámpa-beállítási adatok mellett és a helyszínen elvégzett forgalomszámlálási adatok alapján.

8. A gyorsulásfolyamatok analízise

A sebességfolyamatok ismerete alapján, a szakaszokon fellépő hosszirányú gyorsulások is kiszámíthatók a forgalmi modell tetszőleges i -ik szakaszán:

$$\dot{v}_i(t) = a(t) = \frac{df_i(x_i(t))}{dx_i} \cdot \dot{x}_i(t) = f'_i \cdot \dot{x}_i \quad (8.1)$$

($i=1,2,\dots,n$).

Ekkor, a teljes belső tartományon a sebességvektor:

$$v(t) = f(x(t)) = \begin{bmatrix} f_1(x_1) \\ f_2(x_2) \\ \dots \\ f_n(x_n) \end{bmatrix} \quad (8.2)$$

Továbbá, az idő szerinti deriválás elvégzésével a gyorsulásvektor is felírható:

$$a(t) = \dot{v}(t) = \begin{bmatrix} f'_1(\dot{x}_1) \\ f'_2(\dot{x}_2) \\ \dots \\ f'_n(\dot{x}_n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f'_1 & & & \\ & f'_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & f'_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} \quad (8.3)$$

Ily módon a rendszer állapotegyenlete alapján közvetlenül számítható a folytonos gyorsulásvektor is:

$$a(t) = \langle f_i \rangle \cdot \dot{x} = \left\langle \frac{f_i}{l_i} \right\rangle \cdot [K_{11}(x, s)x + K_{12}(x, s)s] \quad (8.4)$$

Ahol: $a \in \mathfrak{R}^n$, $\langle f_i \rangle = \text{diag}\{f'_1, f'_2, \dots, f'_n\}$.

9. Konklúzió és az eredmények összefoglalása

A fentiekben leírtak alapján, a valós körülményeket figyelembe vevő rendkívül komplex közlekedési hálózati matematikai modellből kiindulva, mérést helyettesítő analitikus megoldást adtunk, valamely vizsgált trajektóriát alkotó szakaszok mentén fellépő folytonos sebesség és gyorsulásfolyamatokra. A tetszőleges trajektóriára vonatkozó integrálegyenlet megoldásával t_0 időpontból kiindulva meghatároztuk a trajektória menti út-idő függvényt is. Meghatároztuk a nagyméretű a valós forgalmi modellel felépítéséhez szükséges adatokat és bemutattuk a méréseket.

Az így létrehozott hálózati modell, a rendkívül hektikus közlekedési folyamatokat figyelembe vevő, mérést helyettesítő új módszert nyújt a járműdinamikai, jármű lengésterhelési és járműmotorok környezetterhelési vizsgálatokhoz. A módszer új szimulációs környezetet biztosít az által, hogy egy időszakban, nagyszámú kiválasztott trajektória mentén tetszőleges t_0 időpontból kiindulva, biztosítja a vizsgálatokhoz a trajektóriák mentén fellépő valós gyorsulás, sebesség és út-idő függvényeket.

A közlekedési hálózati állapot-modellből kiindulva analitikus megoldást adtunk a hálózat tetszőleges trajektóriáján a trajektória-irányú folytonos sebességfolyamatok felírására.

A módszer figyelembe veszi a teljes hálózaton a forgalomirányító lámpák tényleges működését, a vezetők reakcióidő-késedelem idejét és a valós forgalmi folyamatokat. Az így nyert valós sebességfolyamatok karakterisztikus hatását - a Michelberger féle spektrum-torzulást - figyelembe vettem a sztochasztikus útprofilok előállításánál, amelynek meghatározó jelentősége a függőleges jármű-dinamikánál van.

A módszer ugyancsak figyelembe veszi a teljes hálózaton működő valós forgalomirányító lámpák működését, a vezetők reakcióidő késedelem idejét és a valós forgalmi folyamatokat is. A vizsgálatok szempontjából, az így nyert valós gyorsulásfolyamatok hatása, meghatározó jelentőségű a függőleges és hosszirányú jármű-dinamikánál.

A hálózati állapot-modellből kiindulva, ugyancsak analitikus megoldást adtunk a hálózat tetszőleges trajektóriáin, a trajektória-irányú folytonos gyorsulásfolyamatok felírására is. A módszer ugyancsak figyelembe veszi a teljes hálózaton működő valós forgalomirányító lámpák működését, a vezetők reakcióidő késedelem idejét és a valós forgalmi folyamatokat is. A vizsgálatok szempontjából, az így nyert valós gyorsulásfolyamatok hatása, meghatározó jelentőségű a függőleges és hosszirányú jármű-dinamikánál.

Irodalom

- R. Arendt (2011)** "Simulation investigations of ship power systems," in Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2011 10th International Conference on, 2011, pp. 1-4.
- K. L. Butler, M. Ehsani, and P. Kamath, (1999)** Matlab-based modeling and simulation package for electric and hybrid electric vehicle design, IEEE Trans. Vehicular Technol., vol. 48, no. 6, pp. 1770-1118, Nov. 1999.
- O. Derbel, T. Péter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012)** Modified Intelligent Driver Model, Peridoica Polytechnica-Transportation Engineering 40/2 (2012) 53-60. doi: 10.3311/pp.tr.2012-2.02 web: <http://www.pp.bme.hu/> tr

ISSN 1587-3811 (online version); ISSN 0303-7800 (paper version)

O. Derbel, T. Péter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2013) Modified Intelligent Driver Model for driver safety and traffic stability improvement, 7th IFAC Symposium Tokyo 2013 szept. 4-7. <http://www.sice.or.jp/IFAC-AAC2013/details.html> Organized by: International Federation of Automatic Control, Technical Committee on Automotive Control (IFAC-TC7.1) pp. 734-739 132-ik anyag. Doi: SaB2.3

S. Fazekas, T. Péter: (2012.1) 3D Traffic visualization FIRST SCIENTIFIC WORKSHOP of Doctoral Schools Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, BME (Budapest, April 25, 2012) pp. 1-8. Doi: KJK2012-1-K4, ISBN 978-963-313-062-9

Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.2) 3D modell alkalmazó szoftverrel a nagyméretű hálózatokon, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2012). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.29-2012.08.31. Budapest: Óbudai Egyetem, Paper 13. pp. 87-90. (ISBN:978-963-88875-3-5) <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>

W. Gao et al., (2005) Hybrid powertrain design using a domain-specific modeling environment, in Proc. IEEE Vehicle Power Propulsion Conf., Chicago, IL, Sep. 2005, pp. 6-12.

Lakatos István (2007) Effect of valve timing on exhaust emission, 8th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection. 214 Balatonfüred, Magyarország, 2007.05.28-2007.05.30. Balatonfüred: BUTE Department of Energy Engineering, 2007. pp. 207-214. (ISBN:978 963 420 907 2)

Lakatos István (2010), Instacioner üzemállapotú motorteljesítmény-mérés görgős járműfékpadon, MicroCAD 2010, F Section: XXIV. International Scientific Conference, Miskolc, 2010.03.18-2010.03.20. Miskolci Egyetem Innovációs és Technológia Transzfer Centrum, 2010. pp. 33-38. Fluid and Heat Engineering (ISBN:978-963-661-910-7)

Dr. Lakatos István (2001) Modern emission test of diesel engines in Europe, Symposium on Euroconform Complex Retraining of Specialists in Road Transport. 460 p. Budapest, 2001.06.09-2001.06.15. Budapest: BME, 2001. pp. 147-153. In: Péter T

Luenberger (1979) Introduction to Dynamics Systems, Wiley, New York, 1979

T. Nord (2006) "Voltage stability in an electric propulsion system for ships," 2006.

Peter, T. and Basset, M. (2009): Application of new traffic models for determine optimal trajectories, pp. 89-94. Sessions 1 Automation and Mechatronics. (1-C-1 Sistem Modelling and Control). Oct.21-Oct.23, INTERNATIONAL FORUM ON STRATEGIC TECHNOLOGIES (IFOST 2009) HoChiMinh City University of Technology, Vietnam.

Péter, T. (2012.1) 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

Péter 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)

Péter, T. and Szabó, K. (2012) A new network model for the analysis of air traffic networks. Periodica Polytechnica-Transportation Engineering 40/1 (2012) 39-45 DOI: 10.3311/pp.tr.2012-1.07

Péter Tamás (2012.2) Paradigmaváltás, amely elvezetett a globális közúti hálózat működésének leírásához és a dinamikus modell létrehozásához, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2012). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.29-2012.08.31. Budapest: Óbudai Egyetem, Paper 3. pp. 3-19. (ISBN:978-963-88875-3-5) <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>

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 (SAE), 2011. pp. 26-36. (ISBN:978-84-615-1794-7)

D. Radan (2008) "Integrated control of marine electrical power systems," 2008.

P. Struss and C. Price (2004) Model-based systems in the automotive industry, AI Mag., vol. 24, no. 4, pp. 17-34, Winter 2004.

Varga I. and Bokor J. (2007) New Approach in Urban Traffic Control Systems, Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng., Budapest, Hungary, 2007, Vol. 35. No 1-2. pp. 3-13.