

Forgalmi és járműdinamikai folyamatok integrált analízise, valós forgalmi körülményeket alkalmazó labor fejlesztése

Dr. Lakatos István¹, Dr. Péter Tamás², Szauter Ferenc¹ és Dr. Lázár-Fülep Tímea³

Széchenyi István Egyetem¹
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem²
Óbudai Egyetem³

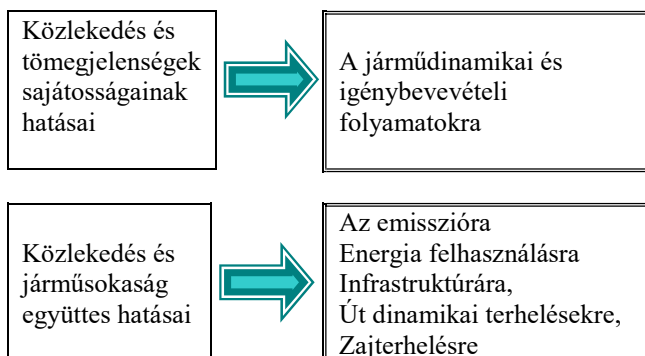
lakatos@sze.hu; ¹ peter.tamas@mail.bme.hu; ² sauter@sze.hu; ¹ lazarfulep.timea@bgk.uni-obuda.hu; ³

Abstract Az anyag a közlekedési hálózati folyamatokat és a hálózatokon közlekedő járművek dinamikai folyamatait egyesített rendszerben vizsgálja. Ennek laboratóriumi körülmények közötti alkalmazása új mérési környezetet teremt. Rámutat arra, hogy újdonságtartalommal bírnak azok a komplex kutatások, amelyek a valóságos üzemeltetéshez és a városi környezethez kapcsolódó diagnosztikai technikákat és technológiákat fejlesztenek, továbbá a területen a modern irányításméletet és az optimális tervezési módszereket alkalmazzák.

Kulcsszavak: integrált nemlineáris közlekedési, járműdinamikai rendszer, laborfejlesztés, valós forgalmi körülményeken alapuló gyorsított analízis.

1. BEVEZETÉS

A kutatás célja az egy modellben integrált, közlekedési - járműdinamikai rendszer analíziséből származó előnyök feltárása és az ehhez kapcsolódó laborfejlesztések elindítása. Ennek során, 3D-s járműdinamikai modellezés történik a valós trajektóriák és valós forgalmi folyamatokat figyelembevételével.



1. ábra Közlekedés és a tömegjelenségek sajátosságainak hatásai

A bonyolult közlekedési rendszermodell alapján, meghatározásra kerülnek a forgalmi modellből kinyerhető trajektória irányú sebesség és gyorsulásfolyamatok. A nemlineáris térbeli modell alapján, meghatározásra kerülnek a kocsit-testen, a járműelemeken, a vezetőkön és utasokon fellépő forgalomfüggő dinamikus igénybevételek. További fontos terület az energia és környezeti terhelések vizsgálata,

továbbá az úttest –és infrastruktúrára gyakorolt hatások modellezése és elemzése.

A vizsgálatokhoz kapcsolódó laboratóriumi fejlesztés egyik célja, a nagy volumenű hálózati folyamatok és események generálása és laborban történő tárolása. Ennek kapcsán, a valós körülmények figyelembe vétele a laboratóriumi diagnosztikai méréseknél, továbbá az így biztosított feltételek között gyorsított vizsgálatok elvégzése. Ezzel az integrált rendszerrel, nagy sebességű módszerek fejleszthetők ki és nagy mennyiségű adat értékelése végezhető el. A hatásvizsgálat az *1. ábrán* látható területeken folyik.

Fontosak a háttérben működő sajátosságok feltárása:

Statisztikus jelenségek (pl. paraméterek eloszlása).

Sztochasztikus folyamatok (pl. sebességfolyamatok).

Humán sajátosságok (pl. vezetők, szezonálisok, szokások).

Környezet, város, specialitások (pl. éghajlat, domborzat, szállítási típusok, feladatok).

Külön érdekes további területek:

Laborok adatbankjainak feltöltése valós körülményeknek megfelelő input-folyamatokkal, helyi statisztikákkal.

Kiterjesztési lehetőségek a balesetek és a konfliktus helyzetek analízise területeken.

2. A MODELLEZÉSEL KAPCSOLATOS NEMZETKÖZI VIZSGÁLATOK

A fizikai-alapú modellek a különböző időskálákon dinamikus szimulációkkal nagy pontossággal megközelíthetik a jármű-rendszerek működését G. L. Gissinger, Y. Chamaillard, and T. Stemmelen (1995). A

fizika-alapú modellezéssel és szimulációval, a hibrid és az elektromos járművek dinamikus **teljesítményét** és **üzemanyag-gazdaságosságát**, az **energia-hatékonyságot** és a **kibocsátást** lehet előre számítani és modellezni. Ezekre és még további alkalmazásokra használatos szoftvercsomagok mutatnak be a M. Otter and H. Elmqvist. (2001), L. Glielmo, O. R. Natale, and S. Santini (2003) és Online munkák. A speciális hibrid elektromos meghajtású rendszerek és a jármű modellek szimulációjára, a legkülönbözőbb típusú járműveknél, közkedvelt és igen kiterjed modellezési eszközök a **MATLAB Simulink** környezetek, R. Arendt (2008), D. Radan (20078) és **SimPowerSystems (SPS)** T. Nord (2006), G. Seenumani (2010) 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 meghatározása**. A járművek lejtős közúti forgalomban történő működéséről lehet információkat kapni és előre becsülni a rendszer összteljesítményét, amelyre K. L. Butler (1999) egy ilyen rendszerszintű Matlab/Simulink-alapú modellezési módszert és szimulációs eszközt fejlesztett ki, továbbá analízist végzett el. Ez a fajta dinamikus modellezés hasznos lehet a hatékony hajtásláncok fejlesztési és ellenőrzési stratégiájánál is B. Powell, K. Bailey, and S. Cikanek, (1998). Ugyanakkor, a modellezési és szimulációs eszközök alkalmazásainak analízisei bebizonyították az autó-elektronikai iparban, hogy az autóiipari területen a más hasonló eszközökhöz képest, ezeknek még mindig nem eléggé megfelelő a kifinomultságuk. Ez főleg az automatizálás által megkövetelt elektronikai tervezések esetében mutatható ki P. Struss and C. Price (2004).

Az autóiipari rendszerek tervezésének meggyorsítása és a komplexitás kezelése, a tervezési eszközök olyan, magasabb fejlettségű igénylik, amelyek automatizálják az alacsony szintű részletek tervezési folyamait is P. Struss and C. Price (2004), W. Gao et al.(2005).

Figyelnél kell a bonyolult rendszerösszetevők egyes sajátosságaira is. A megoldások attól is függenek, hogy az egyes szinteken, az egyes komponensek a jármű modellben lehetnek **SteadyState** (stabil állapotúak), **kvázistacionáriusak**, ill. **dinamikusak**. Így például, az ADVISOR K. B. Wipke, M. R. Cuddy, and S. D. Burch (1999), T. Markel, A. Brooker, T. (2002) modellt, egy SteadyState modellnek lehet minősíteni, a PSAT modellt kvázi stacionáriusnak, PSAT Documentation és a PSIM Website, valamint a Virtual Test Bed (VTB) virtuális teszt rendszer modelleket dinamikusoknak VTB Website.

A fő előnyük, a steady-state modellek és a quasi-steady (kvázi-egyensúlyi) modellek alkalmazásainak, a gyors számítás, míg a hátrányuk a dinamikus szimulációkkal szemben a pontatlanságuk.

A számítás irányától függően, a jármű modellek sorolhatók az „előretékintő” modellek, vagy a „hátra tekintő” modellek körébe is K. B. Wipke, M. R. Cuddy, and S. D. Burch (1999). Ez felhasználóbarát és könnyen használható. Egy előre tekintő modell, a jármű sebességét oly módon szabályozza, hogy az **előretékintő** a vezetési ciklus

elemzése során az üzemanyag-takarékosságot is, megkönnyítve ezzel a vezérlő controller működését. Előretékintő modellt alkalmaz a PSAT segítségével a PSAT Documentation, ahol PSAT mintájára egy **MATLAB / Simulink** környezetben, be van állítva egy grafikus felhasználói felület (GUI) is.

A modell bázisú tervezési optimalás is gyakori követelmény, erre mutat példát a W. Gao and S. Porandla,(2005) irodalom. Fontos szerepet játszanak tehát a különböző modellezési és szimulációs módszerek az elektromos és hibrid járművek esetében. Fontos a járműrendszer működésének modellezéséhez a meglévő járműmodellező eszközök pontosabb ismerete is (PSAT, alkalmazások, ADVISOR modellezési módszerek, hajtáslánc modellezés).

3. A HIBRID ELEKTROMOS JÁRMŰVEK KUTATÁSA ÉS A KIFEJLESZETT MODELLEZÉSI - SZIMULÁCIÓS TECHNIKÁK

Az áttekintett irodalom és az e célból elkészített helyzetértékelések alapján egyértelműen látható, hogy 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 versenylőnyeinkeket is kiaknázzuk. Ilyen területek pl., a modern irányításmélet alkalmazása és az elektromos és hibrid járművek analízise és diagnosztizálása. A valós, nagyméretű hálózatokon a közlekedési folyamatok és valós környezetek figyelembe vétele.

4. A SZAKTERÜLET EGYES KUTATÁSI TENDENCIÁI ÉS IRÁNYAI, NEMZETKÖZI SZINTEN

Olaszországban, az Univ. Salernon Gianfranco Rizzo professzor és teamje elkészítette a napelemes jármű átépítő kit prototípusát személygépkocsi kategóriára. Tanszékünkön kishaszongépjárműre készült hasonló kutatás és prototípus. Magyarországon is több város önkormányzata foglalkozik a közösségi közlekedés és a kommunális járművek elektromos hajtású járművekkel történő megoldásában. Ezek a trendek kijelölik a hazai kutatási irányokat is. Nagy hangsúlyt fektetnek napjainkban a hibrid és elektromos járművek direktkontakt nélküli töltésének kutatására is. Ennek egyik megvalósulása az intelligens autópálya kiépítése. A cél az, hogy az autózás élményét és biztonságát ne a járművek fejlesztésével próbálják fokozni (amit nem biztos, hogy mindenki megengedhet magának), hanem magát az utat változtassák meg és építsenek bele minél több interaktív kijelzőt, a vezetést támogató segédeszközt. Megvalósulhat az elektromos járművek indukciós elven történő töltése menet közben is. Az intelligens út, a működéséhez szükséges energiát napelemekkel és mini

szélkerekekkel szerezne be. Az aszfaltba épített kijelzők nappal a napsugárzással töltenék magukat, hogy éjjel világítani tudjanak. A sötétben derengő fényt bocsátana ki a záróvonal, illetve az út szélét jelző csík, hogy segítse az éjjeli vezetést, hasonló funkciót látnak el az út mellett elhelyezett fényforrások is, amelyek mozgásérzékelőkkel lennének ellátva, és csak akkor kezdenek világítani, ha jármű közeledne feléjük.

5. A PROJEKT SZAKMAI TARTALMA

A hibrid és elektromos járművek modellezésekhez kapcsolódó alap- és alkalmazott kutatások területén a nemzetközi tapasztalatokat figyelembe véve, az alábbiakban foglalható össze a projekt szakmai tartalma. Kihhasználva a meglévő hazai komplex modellezési és vizsgálati módszereinket, ki kell terjeszteni a vizsgálatainkat azokra a területekre, amelyeken speciális és új eredményekkel tudunk hozzájárulni a nemzetközi kutatásokhoz. A nemzetközi kitekintés alapján, Florian Heinitz, Erik Fritzljar (2014), időszerű és újdonságtartalommal bírnak azok a magyarországi komplex kutatások, amelyek a valóságos üzemeltetéshez és a városi környezethez kapcsolódó diagnosztikai technikákat és technológiákat fejlesztenek, továbbá a modern irányításméletet és az optimális tervezési módszereket alkalmazzák. Ezen kutatási területek nálunk valamint az Európai Unióban is innovatívnak számítanak. A Hibrid és elektromos járművekkel kapcsolatos további járműipari vizsgálatok és kutatási területek tervezésénél az alábbi célterületek fogalmazhatók meg:

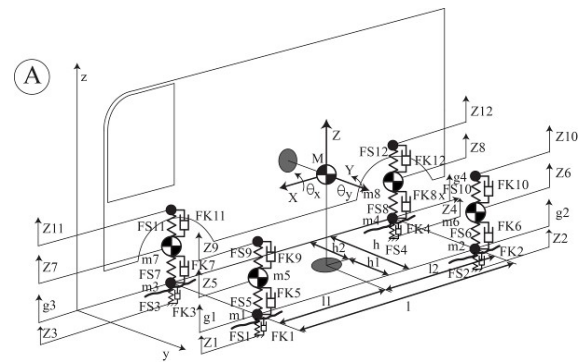
(1) Modellezési eljárásaink hasznosítása és további kutatások indítása az alábbi területen:

a valóságos közlekedésdinamikai hatások figyelembe vételével, az elektromos és hibrid-elektromos meghajtású járművek diagnosztikai rendszereinek tervezésénél.

(2) Új mérőrendszerek és technológiák kifejlesztése hibrid-elektromos járművek vizsgálatához:

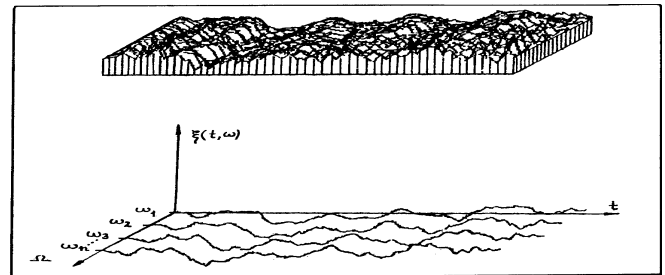
- Üzemeltetési célú diagnosztikai vizsgálatok,
- Jogszabályok által előírt mérések,
- Jogszabályalkotás, a meglévők kiegészítése és/vagy módosítása,
- A hibrid és elektromos hajtású járművek üzemeltetése diagnosztikájának kidolgozása.

A kutatásokat a közúti/városi forgalomhoz illetően kívánjuk végrehajtani, így pl. az úttest-és infrastruktúrára gyakorolt dinamikus hatások modellezése és elemzése területén is.



2. ábra az úttest infrastruktúrára gyakorolt nemlineáris gépjármű dinamikai hatások analízise

A vizsgálatok szempontjából meghatározó, az adott úttípusra jellemző sztochasztikus útprofil folyamat, amely a $\xi(t, \omega)$ realizációk összességéből áll, ahol: $t \in [0, T]$, $\omega \in \Omega$. A $[0, T]$, a felmérés időintervallumát, az Ω pedig az elemi események halmazát jelöli, 3. ábra.



3. ábra: a sztochasztikus útprofil folyamat

Hasonlóan meghatározók a trajektóriák menti forgalomfüggő, sebességfolyamatok is, amelyek alapján egy t_0 indulási időponttól történő haladás esetén, a számított tartózkodási hely és kerék talppontok, a sebességfüggvényből állíthatók elő:

$$s(t) = \int_{t_0}^t v(t) dt$$

A hagyományos forgalomhoz kötődő vizsgálatok mellett, kiemelten fontos a jármű-diagnosztikai eljárások és rendszerek fejlesztése. Létre kívánunk hozni egy **hibrid** és elektromos meghajtású jármű-minősítő és diagnosztika központot a laborjainkon belül. Ez a központ akkreditált (márka független) vizsgálatokra lenne alkalmas és magában foglalna egy oktatóközpontot is, amely folyamatos kutatási és fejlesztési célokra is szolgáló egységekkel rendelkezik.

6. A PROJEKT VÁRHATÓ HATÁSA ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

Hazai és nemzetközi szinten élvonalbeli iskola és laboratórium létesülhet a hibrid, elektromos járművek analízise és a diagnosztikája területén. Lehetőség nyílik élvonalbeli kutatási eredmények elérésére és ipari hasznosításra a pozitív rendszerostályba tartozó,

bonyolult nemlineáris közúti hálózatok új elvű modern irányítása területén. Fiatal kutatók számára nyílik lehetőség eredményeik megjelentetésére nemzetközi szakmai konferenciákon. További új ipari diagnosztikai módszerek fejlesztésére és kidolgozása nyílik lehetőség a környezeti hatás-analízis és eszközök fejlesztése területén, I. Lakatos (2007), (2001). Mindezek, további új nemzetközi kapcsolatok felvételét eredményezhetik az ipari partnerekkel is.

Felmerül a kérdés, miért fontos ez a terület? A válasz kézenfekvő, mivel egyszerre veszi figyelembe és gyakorol pozitív hatást a városi közlekedésre, a környezetre és az új diagnosztikai rendszer kifejlesztésre is.

7. LABORATORIUMI, MODELLEZESI MODSZEREK GYORSÍTOTT IGENYBEVETEL ANALÍZIS ELVEGZESÉHEZ

A Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpontja továbbá a Közúti és Vasúti Járművek Tanszék évek óta foglalkozik elektromos hajtású járművek kutatásával és fejlesztésével. A kutatás a matematikai modellezéstől a tervezésen és prototípus-készítésen át, a diagnosztikai módszerek fejlesztéséig rendkívül szerteágazó. A projektötlet, a szélesebb kapcsolatrendszerünk és több kutatási terület eredményei alapján született meg. A kutatás új hálózati megközelítését alapozták meg az alábbi munkák: T. Peter, and M. Basset (2009), Peter, T. (2012). A modellezési módszereink tudományosan megalapozottak és mérésekkel validáltak. Az ipari fejlesztésekhez szükséges prototípus-rendszerek elkészítése a soron következő feladat. Ez egyaránt igényel konkrét tervezéseket, továbbá laboratóriumi és városi eszközfejlesztéseket is.

Folyamatban vannak az alábbi tevékenységek:

- A hálózati folyamatok matematikai és számítógépi modellezése,
- Hálózati vizsgálatok és a vizsgáló labor kiépítése,
- A diagnosztikai módszerek és eszközök fejlesztése

Ki kell emelni a Smarter Transport kutatásokkal kapcsolatban, hogy kapcsolatrendszerünkben fontos partnereink a BME Közlekedés és Járműirányítási Tanszék és az MTA SZTAKI. Az elmúlt időszakban az egyetemünkön megkezdődött az új diagnosztikai módszerek bevezetésének a vizsgálata és kutatása, továbbá a bonyolult hálózati folyamatok komplex figyelembe vétele a nagyméretű városi közlekedési hálózatok új elvű irányítása területén is. Ebben a fázisban, szükségessé válik ezeknek a kutatásoknak az ipari alkalmazások területén történő felgyorsítása is. Az új diagnosztika és irányítási rendszerek létrehozásához szükséges rendszerterv és prototípusok elkészítése, amel-

a hibrid, elektromos járművek diagnosztikai rendszereinél a valós közlekedési folyamatokat is figyelembe veszi.

Az előzőekben bemutatott összefüggések alapján, az elektromos hajtású járműveket nem lehet kizárólag a belsőégésű motorral hajtott járművek esetében alkalmazott módszerekkel diagnosztizálni.

- Tekintettel kell lenni a nagyfeszültséggel történő munkavégzésre,
- Teljesítmény mérés esetén a padnak visszahajtásra is alkalmasnak kell lennie,
- A teljes elektromos hajtási rendszer diagnosztikájára alkalmas mérőrendszert/mérőrendszereket kell kifejleszteni.

8. GÉPJÁRMŰ DINAMIKAI VIZSGÁLATAINAK

A forgalomban résztvevő járművek dinamikai vizsgálatához háromdimenziós modellt vizsgálunk. A modellezés során a jármű egy tetszőlegesen megválasztott útvonalat (trajektóriát) követi és felveszi a forgalom által diktált változó sebességet is. A jármű kocsiszekrényét merev tömegként kezeljük, amelynél szöglengések lépnek fel a hossz és keresztengely körül, továbbá függőleges irányú lengéseket végeznek a jármű tömegpontjai. A felfüggesztésnél a lengéscsillapító karakterisztikák, a rugókarakterisztikák és az abroncsok rugókarakterisztikái a valóságnak megfelelően szintén nemlineárisak. A modellt computer-algebrai módszer alkalmazásával hoztuk létre. Ennek eredményeként, automatikusan generálhatóak további nemlineáris matematikai modellek is, L. G. Gissingner, T. Peter, A. Racle (2002), amelyek alkalmasak más jellegű, ill. további térbeli nemlineáris kapcsolatok figyelembevételére is. Bővíthetővé válnak a nemlineáris járműdinamikai rendszerek újabb dinamikus részrendszerekkel is.

A trajektória menti változó sebesség hatással van a járműdinamikára. A trajektória menti változó sebességek figyelembe vétele, a sztochasztikus útprofil-gerjesztéseknél hat a jármű függőleges irányú dinamikai folyamataira.

Fontos a valós közúti trajektóriákon történő járműmozgásokat és a forgalmi eseményeket is figyelembe venni. Ezek számos összetett dinamikai folyamat vizsgálati lehetőségét eredményezik, ill. általuk olyan különleges helyzeteket is lehet generálni, amelyek a kutatás jelentőségét kiemelik és a tárgyalt módszerrel lemodellezhetők. Ilyen például a járműgeometria kérdések elemzése a körgeometriában való haladásnál. Ugyanez állapítható meg a hossz –és függőleges járműdinamikára gyakorolt hatásokkal kapcsolatban, az energiafogyasztással és emisszióval kapcsolatban is. A járművek együttes dinamikai folyamatai és a felszíni közlekedési folyamatok együttese tehát, egy rendkívül komplex dinamikus rendszert alkot és ennek korszerű vizsgálata is komplex módszereket igényel!

9. AZ ALKALMAZOTT DINAMIKUS HÁLÓZATI MODELL

A kutatásainkban a szűkített hálózati forgalmi modellt állapotegyenletét alkalmazzuk, Péter T, and Bokor J (2010, 2011), Péter, T. and Szabó, K. (2012), Péter T. (2012), amely egy tartományban elhelyezkedő „n” szektorból álló $x \in \mathcal{R}^n$ állapotvektorral jellemzett belső hálózati elemet tartalmaz. A modellhez „m” darab külső szektorok is tartozik, amelyek közvetlen kapcsolatokkal rendelkeznek valamely belső szektorral, ill., szektorokkal. A sebességfolyamatok analízise és meghatározása során, modell-feltételezés, hogy $\forall x_i, (x_i \in [0,1], i=1,2, \dots, n)$ hálózati sűrűség állapotjellemzőhöz hozzárendelhető a $v_i \geq 0$ sebesség érték is, egy x_i szerint folytonosan differenciálható f_i függvény alkalmazásával:

$$v_i = f_i(x_i(t)) \quad (1)$$

A makroszkópikus hálózati modellből 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 gyorsulásfolyamatok analízise és meghatározása során a sebességfolyamatok ismerete alapján történik. A szakaszokon fellépő hosszirányú gyorsulások a forgalmi modell tetszőleges i -ik szakaszán az alábbi módon számíthatók ki:

$$\dot{v}_i(t) = a(t) = \frac{df_i(x_i(t))}{dx_i} \cdot \dot{x}_i(t) = f_i' \cdot \dot{x}_i \quad (2)$$

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

Ahol, $\dot{x}_i(t)$ értékét, az állapotegyenlet határozza meg.

10. CONCLUSIONS

A projekt jól illeszkedik a nemzetközi élvonalbeli kutatásokhoz. Az elektromos és hibrid járművek valós körülményekhez kapcsolódó vizsgálati módszereivel kapcsolatban ki kell emelnünk, hogy a figyelembe vett környezet, a felszíni közlekedési hálózat, egy nagyméretű dinamikus rendszer. A nemzetközi kutatásokon túlmutatóan, a fentiekben bemutatottak és javasoltak szerint, megvalósítható a hálózati folyamatok és a hálózatokon közlekedő járműdinamikai folyamatok egyesített rendszerben történő analízise és ennek labor körülmények közötti alkalmazása, amely új mérési környezetet teremthet. Ez egy új és igen komplex vizsgálati módszer. Az új módszer egyrészt, tetszőleges méretű közúti hálózati modellek bármely trajektoriáján képes kiszámítani a közlekedés sebesség- és gyorsulás folyamatait; másrészt, ezeket a hálózati folyamatokat egy hiper-rendszerben integrálja a hálózatokon közlekedő járművek dinamikai folyamataival és azok vizsgálatával.

A hálózatok a pozitív rendszerek osztályába tartoznak, Luenberger (1979), Varga I. and Bokor J. (2007).

Igen modern megközelítés az is, hogy a hálózatok dinamikájának tárgyalása területén, a pozitív rendszerek további kiterjesztése is megtörtént és az új kutatás már a pozitív nemlineáris rendszerek elméletén alapuló vizsgálati módszertant igényel, ahol a modell lényegét tekintve, makroszkópikus modell.

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)**, A 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.
- Florian Heinitz, Erik Fritzlär (2014)**, Reconstructing Surveyed Itineraries and Choices between Inter-City and Regional Train Services, Period. Polytech. Transp. Eng., Vol. 42, No. 2 (2014), pp. 111-117. DOI: [10.3311/PPtr.7465](https://doi.org/10.3311/PPtr.7465)
- 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.
- W. Gao and S. Porandla (2005)**, BDesign optimization of a parallel hybrid electric powertrain, in Proc. IEEE Vehicle Power Propulsion Conf., Chicago, IL, Sep. 2005, pp. 530–535.
- L. G. Gissinger, T. Peter, A. Racle (2002)**, NON-LINEAR MODELLING, IDENTIFICATION AND VALIDATION In: Zobory I Proceedings of the 8th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, Magyarország, 2002.11.11-2002.11.13. Budapest University of Technology and Economics, 2002. pp. 227-240.
- G. L. Gissinger, Y. Chamailard, and T. Stemmlen (1995)**, Modeling a motor vehicle and its braking system, J. Math. Computers Simulation, vol. 39, pp. 541–548, 1995.
- L. Glielmo, O. R. Natale, and S. Santini (2003)**, Integrated simulations of vehicle dynamics and control tasks execution by Modelica, in Proc. IEEE/ASME Int. Conf. Advanced Intelligent Mechatronics, Jul. 20–24, 2003, vol. 1, pp. 395–400.
- Luenberger (1979)**, Introduction to Dynamics Systems, Wiley, New York, 1979
- I. Lakatos (2001)**, Modern emission test of diesel engines in Europe In: Péter T (szerk.) Symposium on Euroconform Complex Retraining of Specialists in Road Transport. 460 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2001.06.09-2001.06.15. Budapest: BME, pp. 147-153.
- I. Lakatos (2007)**, Effect of valve timing on exhaust emission In: Anon (szerk.) 8th International

- Conference on Heat Engines and Environmental Protection. 2007. pp. 207-214. Konferencia helye, ideje: Balatonfűred, Magyarország, 2007.05.28-2007.05.30. (ISBN:978 963 420 907 2)
- T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, and K. Wipke (2002)**, ADVISOR: A systems analysis tool for advanced vehicle modeling, J. Power Sources, vol. 110, no. 2, pp. 255–266, Aug. 2002.
- T. Nord (2006)**, "Voltage stability in an electric propulsion system for ships," 2006.
- Online.** Available:
http://www.synopsys.com/news/pubs/compiler/art2_saber-feb04.html.
- M. Otter and H. Elmqvist (2001)**. Modelica language, libraries, tools, workshop, and EU-project RealSim, in The Modelica Organization. [Online]. Available:
<http://www.modelica.org/documents/ModelicaOverview14.pdf>. (2001, Jun.).
- T. Peter, and M. Basset (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.
- Peter T, and Bokor J (2010)**, 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)
- Peter 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
- Peter, T. and Szabo, 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
- Peter, 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
- B. Powell, K. Bailey, and S. Cikanek (1998)**, Dynamic modeling and control of hybrid electric vehicle powertrain systems, IEEE Contr. Sys. Mag., vol. 18, no. 5, pp. 17–22, Oct. 1998.
- PSAT Documentation.**[Online]Available:
<http://www.transportation.anl.gov/software/PSAT/>
- PSIM Website.** [Online]. Available:
<http://www.powersimtech.com/>.
- D. Radan (2008)**, "Integrated control of marine electrical power systems," 2008.
- G. Seenumani (2010)**, "Real-time power management of hybrid power systems in all electric ship applications," 2010.
- 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
- VTB Website.** [Online]. Available:
<http://vtb.ee.sc.edu/>.
- K. B. Wipke, M. R. Cuddy, and S. D. Burch (1999)**, ADVISOR 2.1: A user-friendly advanced powertrain simulation using a combined backward/forward approach, IEEE Trans. Vehicular Technol., vol. 48, no. 6, pp. 1751–1761, Nov. 1999.