

Jármű és közlekedés integrált modellje, együttes dinamikus analízishez

Szauter Ferenc*, Péter Tamás**, Lakatos István*
Széchenyi István Egyetem* – BME**

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

Abstract: A járműdinamikai folyamatok analízise és kutatása komplex feladat, amelyet a valós közlekedés és környezet figyelembe vételével kell végezni. Ebből a célból, az általunk vizsgált hibrid modell, a járműdinamikai modell és a közlekedési hálózati folyamat-modell uniója. Kapcsolatukban meghatározóak a járművezetők, illetve robotpilóták, akik mind a két, rendszer működését egyaránt figyelembe veszik.

1. BEVEZETŐ

A cikkben bemutatjuk a hibrid modellt, amely matematikai módszerekkel, egzakt módon vizsgálható. Ebből következik a cél, amely egy olyan labor-konceptió megalapozása, amely a gépjárművek és a közlekedés rendszerére vonatkozó széleskörű egzakt és nagy sebességű vizsgálatok elvégzését teszi lehetővé. A valós forgalmi szimulációkból nyert jármű-vizsgáló jelek révén, új minőségű, nagy volumenű adathalmazok válnak kiértékelhetővé. Kockázatmentesen, tetszőleges számban vehetők figyelembe és analizálhatók a valós forgalomban fellépő extrém, veszélyes események is.

A járműdinamikai analízis elméletének megalapozása visszanyúlik, a mechanika variációs elvén alapuló Euler-Lagrange egyenletekhez, továbbá az elemekre vonatkozó különböző fizikai megfontolások alkalmazása során, az első - és másodfajú Lagrange féle egyenletekhez.

Természetesen, a további modern műszaki megvalósulások következtében fellépő komplexitásaik alapján ez utóbbiaknál, önmagukban is megvalósul a jármű és a modellek hibriditása.

Jelen vizsgálatunk azonban, a komplex környezet figyelembevételére összpontosít. A valós **közlekedési folyamatok** figyelembe vétele ugyan is, nem hanyagolható el a járművek dinamikai analízisénél. Ezeknek a tömegjelenségeknek az egzakt matematikai modellezése a bonyolult közlekedési hálózatokon egy másfajta modellesoportba, az **Euler-hálózati modellek** körébe tartozik. A két rendszer dinamikus csatolásánál, további hibriditást jelent az is, hogy a **vezetőnek, vagy robotpilótának mind a két eltérő típusú rendszer működését egyaránt figyelembe kell vennie.**

Ennek a **hibrid rendszernek** a vizsgálata és alkalmazása több területre terjeszthető ki. A labor alkalmas, nagysebességű számítógépes analíziseket elvégzésére, a nagy mennyiségű adathalmazon, a hálózati emisszóra, járműdinamikai igénybevételekre, fárasztó vizsgálatokra, út, infrastruktúra igénybevételekre és baleseti helyek felderítésére és analízisére is. Továbbá, magas fokú infokommunikációs környezetet teremt.

Az ebben a cikkben szereplő **járműdinamikai modell** természetesen, egy lehetséges példa. Ez mindenkor helyettesíthető egyéb, az adott vizsgálatnak megfelelően többféle más összetettebb dinamikai modellel is, pl. a kormányzás, fékezés, abroncs, összetettebb dinamikájával is. Fontosnak tartjuk a matematikai modellezésnél, a nagyfokú bonyolultság miatt a computar-algebra alkalmazását is. Lehetséges a laborban valamely valós jármű, vagy pl. összetett szoftveres modell alkalmazása is, amelyen diagnosztikai vizsgálatot végzünk a valós körülményeket figyelembe vevő szimulációs adathalmaz, inputként történő bevezetésével.

Új lehetőséget teremt az is, hogy létezik egy általunk fejlesztett, új modell-paradigmákon alapuló, egzakt közlekedési hálózati modell, a bonyolult folyamatok leírására.

2. A KUTATÁS TERÜLETE

A kutatás a matematikai modellezéstől a tervezésen és prototípus-készítésen át, a diagnosztikai módszerek fejlesztéséig rendkívül szerteágazó.

A kutatásaink felölelik a járművekkel kapcsolatos komplex dinamikai- környezeti- forgalmi hatásokat, és ennek modellezési, mérési és újjelvű laboratóriumi analízisét is. Modellek vonatkozásában, egyaránt vizsgáljuk a hagyományos nemlineáris jármű dinamikát és az IDM dinamikát, O. Derbel, T. Peter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012), (2013) és ezeket a közlekedési folyamatok környezetében is T. Peter, and M. Basset (2009), Peter, T., and Bokor, J. (2010), (2011), Peter, T. (2012).

Az általunk kidolgozott modell-környezet (annak ellenére, hogy makroszkopikus modellt építettünk), alkalmas arra is, hogy a valós közlekedési folyamatokat, forgalomirányító lámpákat, torlódásokat, parkolókat, stb. figyelembe véve, egy tetszőleges kiindulási időpontból a hálózat bármely más elérhető pontjába, a valóságos eljutási folyamatot is leírja, T. Peter, and M. Basset (2009). Ez az eljárás, a

hálózaton járműcsoportok optimális átvezetésénél, útvonalaajánlásokon kívül, más területeken is fontos. Például, az intelligens járművek vizsgálata területén, továbbá a gépjárművek dinamikai analízise, méretezése, környezeti terhelése, emissziós vizsgálatok, I. Lakatos (2007), (2015) területén is, mivel különböző időpontokban és helyeken, nagyszámú járműre elvégezhető a rendkívül gyors számítások! A gépjárművek összetett, nemlineáris dinamikus modellezéséhez számítógépes algebrai módszert alkalmazó intelligens modell-alkotó rendszert fejlesztettünk ki. 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.

Fontosak a folyamatban lévő kutatások és fejlesztések az alábbi területeken: Diagnosztikai rendszerek tervezése. A hibrid-elektromos járművekre valóságos hatásainak gyakorlati vizsgálata. A zöld, közlekedési hálózati megvalósítások modellezési eljárásainak kutatásai. Új közlekedési hálózat-fejlesztési tervezési módszerek kialakítása. Új mérőrendszerek és technológiák kifejlesztése hibrid-elektromos járművek vizsgálatához.

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).

3. EGYES NEMZETKÖZI MODELLEZÉSI ÉS SZIMULÁCIÓS TECHNIKÁK

Széleskörű területet fednek le, a hagyományos, valamint elektromos és hibrid járművekre kifejlesztett modellezési és szimulációs technikák. Összehasonlítva a hagyományos járművekkel az elektromos, hibrid, valamint az üzemanyag-cellás járműveket, jellegüknél fogva, ez utóbbiak több elektromos alkatrészt (pl., elektromos gépek, elektronika, elektronikus fokozatmentes sebességváltó CVT) és beágyazott hajtáslánc vezérlőket használnak, K. Muta, M. Yamazaki, and J. Tokieda (2004), T. Horie, (2006).

Legfontosabbak a „fizika-alapúak”, a „Resistive Companion Form technikák” és a „Bond Graph” módszerek. A Bond Graph modellezést jól lehet alkalmazni a HEV rendszereknél, használni lehet a hidraulika, mechatronika és a termodinamikai, valamint az elektromos rendszereknél is. Hatékonyak bizonyult a modellezés és szimuláció a „multidomain” rendszereknél is, ide értve ezen a területen az autóiipari rendszereket is M. Khemliche, I. Dif, S. Latreche, and B. O. Bouamama (2004), M. Filippa, C. Mi, J. Shen, and R. Stevenson (2005).

A fizika-alapú modellek a különböző időskálákon dinamikus szimulációkkal nagy pontossággal megközelíthetik a járműrendszerek 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. Seenamani (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 meghatározására.

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).

Figyelnünk 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) modell, 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 modell bázisú tervezési optimalálás 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).

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.**

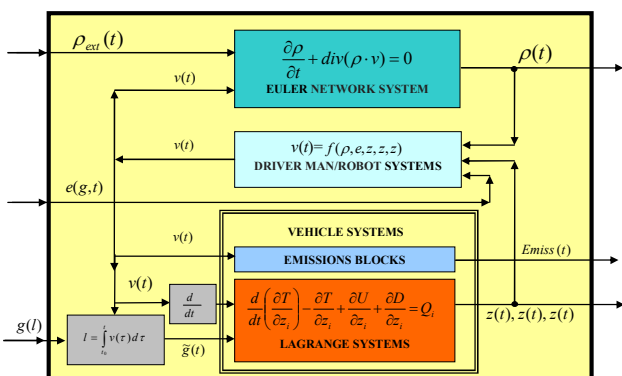
A hatékony diagnosztizálás is nagy kihívást jelent. A modellezések fontos szerepet játszanak a diagnosztika területén, az elemek és alkatrészek kooperációjának vizsgálatánál.

Fontos az új és modern diagnosztikai eljárások módszertanának kidolgozása és bevezetése a gyakorlatban. Erre kitűnő terepet ad a Széchenyi István Egyetem Járműves Laborjainak eddigi tapasztalatai I. Lakatos (2001), (2007) és a további fejlesztési lehetőségei – figyelembe véve, a meglévő és folyamatosan bővülő nemzetközi kapcsolatrendszer is.

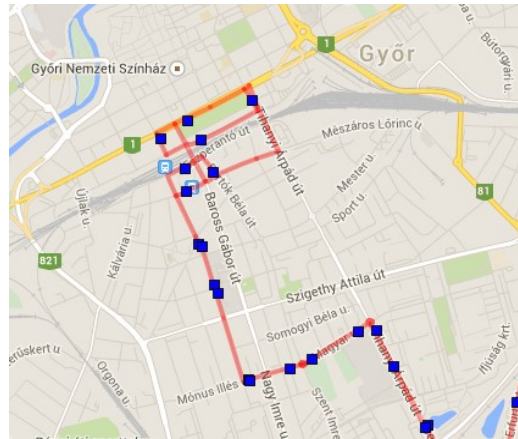
4. A DINAMIKAI ANALÍZIS FEJLESZTÉSE. HATÁSVÁZLAT

Komplex dinamikus hatások analizisét tudjuk megvalósítani, szimulátor fejlesztésével. A közlekedési, járműdinamikai és humán rendszerek együttesének és a környezeti változások dinamikájának analizise látható az *1. ábrán*. Ehhez rendelkezésre állnak az általunk fejlesztett közlekedési hálózati folyamat-modellek (Euler network system). Ezzel egységes rendszerben vizsgálhatjuk a jármű dinamikai folyamatokat is az általunk elkészített jármű-szimulátor szoftverrel (Vehicle systems). Ez figyelembe veszi a modellben résztvevő, (irányító/befolyásoló) emberek által megvalósuló humán döntéseket, folyamatokat is (Driver, man/robot systems). (Jelenleg ez a sebesség választását jelenti.) A szimulátor és a valós forgalmi mérések összekapcsolása objektív feltételek teremt az alábbi analiziseknél:

- Hálózati folyamatok megfigyelése
- Egybeesések dinamikus analizise, kritikus helyek detektálása
- Környezeti állapotok bekövetkezésének együttes valószínűségének analizise
- Járműben meglévő baleseti források analizise
- Forgalomban meglévő biztonságkritikai hatások analizise, Humán adottságok analizise



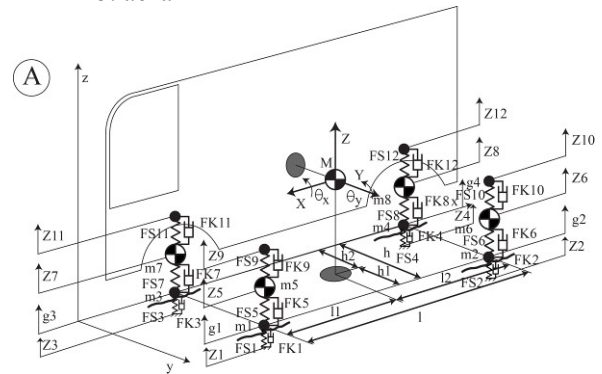
1. ábra Komplex dinamikus forgalom-analizátor



2. ábra GPS-alapú trajektóriák menti mérések

4.1. JÁRMŰVEK DINAMIKUS ANALÍZISE

A kutatásokat a közúti/városi forgalomhoz illetően kívánjuk végrehajtani, így pl. az úttest –és infrastruktúrára gyakorolt dinamikus hatások modellezése és elemzése területén is *3. ábra*.



3. ábra az úttest infrastruktúrára gyakorolt nemlineáris gépjármű dinamikai hatások analizise

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.

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:

Ebben az esetben, 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 *2. ábra*. 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 rugókaraktisztikák és az abroncsok rugókaraktisztikái a valóságnak megfelelően szintén nemlineárisak. A modellt

computer-algebrai módszer alkalmazásával hoztuk létre. Ennek eredményeként, automatikusan generálhatóak további nemlineáris matematikai modellek is, L. G. Gissinger, 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 Péter, T. and Bellay, A., (1986).

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!

4.2 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), Dömötörfi, A., Tamás P. and Szabó, K., (2016), amely egy tartományban elhelyezkedő „n” szektorból álló $x \in \mathbb{R}^n$ 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 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 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:

$$v_i(t) = a(t) = \frac{df_i(x_i(t))}{dx_i} \cdot x_i(t) = f'_i \cdot x_i \quad (2)$$

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

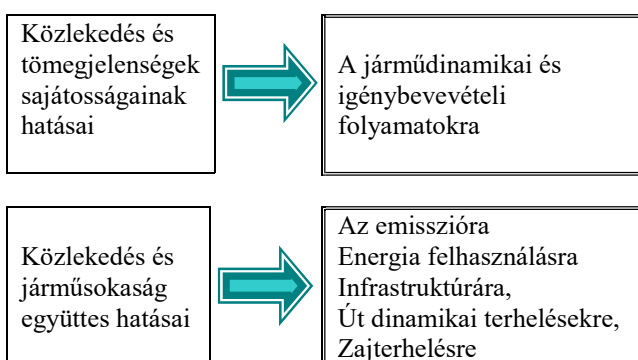
Ahol, $x_i(t)$ értékét, az állapotegyenlet határozza meg.

5. A LABORATÓRIUMI ÉS MODELLEZÉSI ELJÁRÁSOK GYORSÍTOTT HATÁS-ELEMZÉSEKHEZ

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

A bonyolult közlekedési rendszer-modell alapján, meghatározásra kerülnek a forgalmi modelltől kinyerhető trajektória irányú sebesség és gyorsulásfolyamatok. A nemlineáris térbeli modell alapján, meghatározásra kerülnek a kocsit-testen, a járműelemeken, a vezetőn 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 laborfejlesztés egyik célja, a nagy volumenű hálózati folyamatok és események generálása és laborban történő tárolása. Másrészt, ennek kapcsán, a valós körülmények figyelembe vétele a laboratóriumi diagnosztikai méréseknél továbbá, az így biztosított feltételek között gyorsított vizsgálatok elvégzése. Ezzel az integrált rendszerrel tehát, nagy sebességű módszerek fejleszthetők ki és nagy mennyiségű adat értékelése végezhető el. A hatásvizsgálat az alábbi 4. ábrán látható területeken folyik:



4. ábra Közlekedés és a tömegjelenségek sajátosságainak hatásai

Fontosak a háttérben működő sajátosságok feltárása:
 Statisztikus jelenségek (pl. paraméterek eloszlása)
 Sztochasztikus folyamatok (pl. sebességfolyamatok)
 Humán sajátosságok (pl. vezetők, szezonálisak, szokások).
 Környezet, város, specialítások (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

A fő cél a zöld közlekedési hálózati megvalósítások modellezési eljárásainak kutatásaival kapcsolatban, hogy a laboratórium bevonható a jármű-együttes összetételének környezeti hatásainak vizsgálatába a városi terhelések és igénybevételek optimalálásainál. Az új közlekedési hálózat-fejlesztési tervezési módszerekkel analizálhatók a hagyományos és a hibrid-elektromos járművek tényleges képességei. Új, ITS közlekedésirányító rendszerek fejlesztők az elektromos és hibrid járművek működésének és a teljes járműösszetételben képviselt arányuknak figyelembe vételével.

Fontos területek: az Infokommunikációs technológiák fejlesztése, a nagyméretű közúti hálózatok közlekedési –és járműdinamikai folyamatainak komplex modellezése és diagnosztikája, a valós folyamatok vizsgálatára és optimális irányítása.

A vizsgálatok a közlekedési hálózatok esetén, a működő hálózati ITS rendszerek figyelembe vételével történik. Járművek tényleges igénybevételeinek vizsgálata figyelembe veszi az üzemeltetési sajátosságokat. Pl., lehetőség van olyan vizsgálatok elvégzésére is, amikor az ITS-sel kommunikálva, a járművek kevesebb energia átalakítást végeznek, ez által az áthaladás a fékezés energiájának igények optimalását is eredményezi az adott útvonalakon.

Különlegesen és fontosak azok az aszfaltba épített kijelzők is, amelyek az útviszonyokról, a hőmérsékletről, és a forgalmi helyzetről adnának információkat. Ezek alapján a vezetők mindig pontosan tisztában lehetnek azzal, mely sávban érdemesebb haladniuk, várható-e lassulás, illetve forgalmi dugó az úton, vagy vigyázniuk kell-e a vizes, esetleg lefagyott útszakaszok miatt. Fontos kutatási terület továbbá az akkumulátorok tárolókapacitásának és így az gépjármű hatósugarának növelése, illetve a gyorstöltő hálózat kiépítése, korszerűsítése és folyamatos fejlesztése.

Olaszországban, az Univ. Salernon Gianfranco Rizzo professzor és teamje elkészítette a napelemes jármű átépítő kit prototípusát személygépkocsi kategóriára (WO2011125084). 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.

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

Heinitz, Erik Fritslar (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.

5.1 KÖRNYEZET ANALÍZIS

Ez a vizsgálat integrálja a közlekedési folyamatokat és hálózatokon közlekedő járművek dinamikai folyamatainak vizsgálatát. Ily módon, a valós közlekedési folyamatok figyelembevételével egyesített dinamikus rendszerben történik a komplex analízis, a sztochasztikus dinamikus számításra alkalmas 3D-s hibrid elektromos járműveknél és a hagyományos járműveknél is, a hozzájuk tartozó emissziós blokkok alkalmazásával is. A környezetterhelés számításánál a kibocsátásokat a valós forgalom szimulációval is vizsgáljuk. A városokban a legnagyobb kibocsátó, a felszíni közlekedés, különböző szennyezőanyagok esetén 42 % - 86% kibocsátás a közlekedésből származik. A módszertanunk lényege, hogy az új elvű modellezés - modern irányítás - új mérőrendszer hármassal, teljes kapcsolatrendszerének kutatására és fejlesztésére irányul.

Az általunk alkalmazott nagyméretű hálózati modellből korábbi validálások alapján, kinyerhetők a haladási profilok, amelyek a valóságnak megfelelően bonyolultak, összetettek, gyorsulások, lassulások és gyakori megállások sorozatából állnak Bede, Zs., Péter, T. (2010), Bede, Zs. Péter, T. (2011), Péter, T. and Fazekas, S., (2014). A valóságos folyamatok ilyenek, amelyek eltérnek a hagyományos laboratóriumokban a görgős fékpadon alkalmazottaktól. Az új európai menetciklus (NEDC) ugyanis, az EU-ban jóváhagyott olyan laboratóriumi tesztek alkalmaz, amelyeknek kiindulópontjai két európai főváros (Párizs és Róma) forgalmi adatai voltak.

A valóságban azonban, a járművek dinamika igénybevétele és káros-anyag kibocsátása nagymértékben függ a vezetési stílustól, továbbá nagy hatással van rá az adott forgalom alakulása is! A fentiekből adódóan jelentős eltérések léphetnek fel a különböző régiókban és országokban is. Ma már pl. egyre több helyen alkalmaznak zárt láncú forgalomszabályozást. A különböző csomópontokban elhelyezett detektorok információit feldolgozva úgy szabályozzák a jelzőlámpák működését, hogy az optimális legyen a járműfolyamat tekintetében. A projektben a valós járműdinamikai-forgalmi folyamatokat és a környezetterhelés optimalizálását is figyelembe véve dolgozunk ki új diagnosztikai és egyben szabályozási módszereket is. A jellemző sebességprofilok figyelembe vételével és a valós forgalomban elhaladó járművek kategóriáinak azonosításával határozzuk meg a várható emissziót. A módszereket mérések sorozatával validáljuk.

5.2 BIZTONSÁG ÉS BALESETANALÍZIS

A közlekedési folyamatokat és a velük kapcsolatos sajnálatos baleseti eseményeket az alábbi peremfeltételek határozzák meg:

1. A meglévő forgalmi szabályozási rend Varga I. and Bokor J. (2007)
2. A közúti hálózat szerkezete, kiépítettsége áttekinthetősége Peter T, and Bokor J (2010, 2011), Peter, T. (2012)
3. Adott pontban a jármű környezetét jellemző paraméterek (Látási viszonyok (jó láthatás távolsága, felület megvilágítása [Lux]), a megvilágítás erősségének, gyors/lassú változása. Időjárás viszonyok. Út minősége, út vezetése, sáv szélessége, anyaga, felületi érdessége/simasága). Egyenetlenségek minősége, útprofil spektruma), Peter, T. and Szabo, K. (2012), T. Peter, and M. Basset (2009)
4. A jármű típusa, műszaki állapota, a biztonságot befolyásoló jellemző paraméterek, G. L. Gissinger, Y. Chamaillard, and T. Stemmelen (1995),
5. A járművezetők jellemző tulajdonságai, O. Derbel, T. Peter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012, 2013) a biztonságot befolyásoló egyéni adottságai

Természetesen, a felsorolás nem jelent fontossági sorrendet. Minden pozitív adottság életet menthet, ill. minden hiányosság súlyos helyzetet teremthet. A felsorolás nem végleges. Kiegészíthető a vizsgálat során megállapított további fontos összefüggésekkel

A közlekedési folyamatokat alapvetően befolyásolja a környezet és annak változása. Minden járműtípus esetén meghatározó a biztonság és baleset szempontjából a környezetanalízis. Az általunk indított vizsgálatok körében megkülönböztetünk statikus és dinamikus vizsgálatokat. A mintázat analízist, a statikus a kvázi baleset analízis a dinamikus analízis körébe tartozik.

Ez segíthet a helyes intézkedések meghozatalában, amelyek egyrészt, a nem kívánt hatásokat gyöngítik, másrészt a biztonság növelését eredményező arányos feltételeket is megteremtik.

Ezek a közúti balesetek további átfogó analízise mellett, új kutatásokat jelenthetnek a baleseti mérések automatizálása és az egzakt fizikai jellemzők rögzítésére. A pontosabb összefüggések feltárása és a baleseti események minimalizálása érdekében, fontosnak tartjuk az alábbiakat kiemelni:

A baleseti jegyzőkönyvek esetében célszerű a minél egzaktabb, fizikailag mérhető jellemzők felvételét szorgalmazni és ezek rekonstruálható számítását biztosítani. Szükséges a mérések fejlesztése és automatizálása. Az eredmények megfelelő adatbankba, infokommunikációs eszközökkel történő automatikus elküldése. A gyors helyszíni intézkedés biztosítása és a minél kevesebb helyszíni adminisztratív munka végzése. Különösen fontos az együttes hatások egzakt elemzése, mivel az egy időben fellépő különböző negatív hatások felerősítik a baleset bekövetkezésének valószínűségét. A fentiek alapján fel kell tárnunk a hálózat azon tér-, és időbeni pontjait, ahol nagy valószínűséggel lépnek fel az együttes negatív hatások! Ezeket folyamatosan kell rögzíteni a hálózatot jellemző adatbázisban és az elhárításukat is folyamatosan kell elvégezni. A fentiek összesített eredménye egy zárt ciklusú optimális irányítást valósít meg. Ez egyrészt, javítja a komplex közlekedési rendszer paramétereit, másrészt dinamikus (időben) oly módon szabályoz, hogy folyamatosan növeli a közlekedés biztonságát.

Kiemelt cél, a jövőbeni bekövetkezések becslése, a környezet tudományos analízise, a kedvezőtlen együttes események bekövetkezésének minimalizálása.

A matematikai modellezés egyrészt statikus számítási módszerek fejlesztését öleli fel, másrészt a dinamikus hatások analízisét. Statikus analízisek fejlesztése elsősorban a környezeti hatások komplex vizsgálatára szolgálhatnak.

A környezeti jellemzők analízise, az általunk javasolt $K[k_{ij}]$ Incidencia mátrix bevezetésével végezhető el. Ennek jelentése a környezeti jellemzők illeszkedése (kapcsolata) adott baleseti helyen. A mátrix elemek: $k_{ij}=I*J$; $(i,j=1,2,\dots,n$; n a figyelembe vett környezeti paraméterek száma, „I” az i -ik állapota, „J” a j -ik állapota. Ezek bináris változók.)

Kiemeljük a kvázi balesetek detektálásának fontosságát a trajektóriák mentén, mely analízist tovább fejlesztve, automatikussá tehető a felderítés.

Kvázi baleset olyan körülmény, amely során konkrét szituációk ill., fizikai változások következtek be az út – környezet, vagy járművek tekintetében, de baleset még nem következett be. Ez nagyobb számú, mint a valós balesetek bekövetkezése és a veszély jelzését, a felderítést teszi lehetővé. Hogy ismerhető fel a baleseti veszély? Hol és miért következik be nagy valószínűséggel? A balesetek megelőzésének az a legeredményesebb módja, ha a baleseteket előidéző okok még azok bekövetkezése előtt megszüntetésre kerülnek. Ennek érdekében, rendszerszemléletű baleset-megelőző folyamat-analizátor építhető fel a rendszerbe. A naprakész egységes közlekedési

hálózati informatikai adatbázis és erre rászervezett szabályozott szervezeti kapcsolatrendszer számos előnyt és új lehetőségeket biztosít. Fejlesztésénél nagyon fontos az infokommunikációs eszközök alkalmazása és az információhoz való gyors és egyszerű hozzáférés is.

A klasszikus adatszolgáltatási körből hiányoznak azok az értékes információk, amelyek, az úgynevezett kvázi baleseteket jelentő körülményeket tartalmazó adatok.

5. KONKLÚZIÓ

Fontos az elektromos és hibridelektromos meghajtású járművek esetében a modellezés és a laboratóriumi mérések kapcsolatának feltárása.

Az általunk alkalmazott nagyméretű hálózati modellből korábbi validálások alapján, kinyerhetők a haladási profilok, amelyek a valóságnak megfelelően bonyolultak, összetettek, gyorsulások, lassulások és gyakori megállások sorozatából állnak.

A városi trajektórák menti környezetterhelés analízisére gyorsított módszerek kifejlesztésére és validálása nyílik mód. Napjainkban fontos kutatási terület a motorteljesítmények és az emisszió csökkentése, a közúti járművek károsanyag-kibocsátásának modellezésével I. Lakatos (2007, 2015).

A projekt és a kapcsolódó kutatások olyan új ipari diagnosztikai módszerek kidolgozását eredményezik, amelyek ki vannak terjesztve a környezetkutatásra és a biztonság hatás-analízisére is. Az eszközök fejlesztése, nemzetközi tudományos kutatási és ipari partnereinkkel folytatott kooperációban valósul meg. Ezek az eredmények egyszerre gyakorolnak pozitív hatást az új diagnosztikai rendszer kifejlesztésre és a közúti-városi közlekedésre, a környezetre és a biztonságra is.

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 laboratóriumi 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 trajektóriáján 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.

Minden csomópontnak, útszakasznak van egy baleseti mintázati gyakorisága, eloszlása és a kimenetek alapján súlyozott eloszlása is. A balesetek megelőzésének kutatása szempontjából fontos meghatározni a kritikus mintázatok halmazát. Mivel ezek a mintázatok, mind-mind megtörtént balesethez tartoznak, együttes struktúrájuk nagyon fontos információkat hordozhat magában. Ezek ismerete alapján a

közlekedési hálózati gráf, a környezeti paraméterek szempontjából vizsgálható. Azon végighaladva, ha bárhol kritikus mintázat fellelhető, akkor kimondható, hogy a vizsgálatok szempontjából, az adott hely balesetveszélyesnek tekinthető. A mátrix elemek kapcsolatainak eloszlásának vizsgálata, alapjelentőségű lehet a baleset megelőzésben. Vizsgálандók az egyes környezeti paraméterek hatása a mintázatokra és definiálandó a mintázatok távolsága, ez alapján a köztük lévő távolságok és korrelációk is. Ezek ismerete és ezekből levonandó következmények, pl. ITS, változtatható jelzésképű táblák alkalmazása, csökkenthetik a jövőbeni balesetek számát.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk az EFOP-3.6.2-16-2017-00016 "Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában" projektben nyújtott támogatásért.

Köszönetet mondunk az EFOP-3.6.2-16-2017-00016 "Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában" – projekt támogatásáért.

REFERENCES

- R. Arendt (2011)**, "Simulation investigations of ship power systems," in Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2011 10th International Conference on, 2011, pp. 1-4.
- Bede, Zs. Péter, T. (2011)** The development of large traffic network model, Periodica polytechnica Transportation Engineering 39/1 (2011) 3–5. Doi: [10.3311/pp.tr.2011-1.01](https://doi.org/10.3311/pp.tr.2011-1.01)
- Bede, Zs., Péter, T. (2010)** The extraction of unique velocity processes from a macro model, Period. Polytech. Transp. Eng., Vol. 38, No. 2 (2010), pp. 105-111. DOI: [10.3311/pp.tr.2010-2.08](https://doi.org/10.3311/pp.tr.2010-2.08)
- O. Derbel, T. Peter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012)** Modified Intelligent Driver Model, Periodica 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. Peter, 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
- Dömötörfi, A., Tamás P. and Szabó, K., (2016)**, Mathematical Modeling of Automotive Supply Chain Networks Period. Polytech. Transp. Eng., Vol. 44, No. 3 (2016), pp. 181-186. DOI: [10.3311/PPtr.9544](https://doi.org/10.3311/PPtr.9544)
- M. Filippa, C. Mi, J. Shen, and R. Stevenson (2005)**, Modeling of a hybrid electric vehicle test cell using bond graphs, IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 54, no. 3, pp. 837–845, May 2005.

- 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. Stemmelen (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.
- Florian Heinitz, Erik Fritzljar (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)
- T. Horie (2006)**, Development aims of the new CIVIC hybrid and achieved performance, in Proc. SAE Hybrid Vehicle Technologies Symp., San Diego, CA, Feb. 12, 2006.
- M. Khemliche, I. Dif, S. Latreche, and B. O. Bouamama (2004)**, Modeling and analysis of an active suspension 1/4 of vehicle with bond graph, in Proc. First Int. Symp. Control, Communications Signal, Mar. 2004, pp. 811–814.
- Luenberger (1979)** Introduction to Dynamics Systems, Wiley, New York, 1979
- 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: Balatonfüred, Magyarország, 2007.05.28-2007.05.30. (ISBN:978 963 420 907 2)
- I. Lakatos (2015)**, Development of a New Method for Comparing the Cold Start- and the Idling Operation of Internal Combustion Engines, Period. Polytech. Transp. Eng., Vol. 43, No. 4 (2015), pp. 225-231. DOI: [10.3311/PPtr.8087](https://doi.org/10.3311/PPtr.8087)
- 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.
- K. Muta, M. Yamazaki, and J. Tokieda (2004)**, Development of new-generation hybrid system THS IIV Drastic improvement of power performance and fuel economy, presented at the SAE World Congr., Detroit, MI, March 8–11, 2004, SAE Paper 2004-01-0064.
- T. Nord (2006)**, "Voltage stability in an electric propulsion system for ships," 2006.
- Online**. 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.).
- Péter, T. and Bellay, Á., (1986)** Integral Transformations of Road Profile Excitation Spectra for Variable Vehicle Speeds, Vehicle System Dynamics 15(1):19-40 · January 1986, DOI:10.1080/00423118608968838
- 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
- Péter, T. and Fazekas, S., (2014)**, Determination of vehicle density of inputs and outputs and model validation for the analysis of network traffic processes, Period. Polytech. Transp. Eng., Vol. 42, No. 1 (2014), pp. 53-61. DOI: [10.3311/PPtr.7282](https://doi.org/10.3311/PPtr.7282)
- D. Radan (2008)**, "Integrated control of marine electrical power systems," 2008.
- Gianfranco Rizzo**, Co-Author of a patent "[117. \(WO2011125084\) KIT FOR TRANSFORMING A CONVENTIONAL MOTOR VEHICLE INTO A SOLAR HYBRID VEHICLE, AND RELEVANT MOTOR VEHICLE OBTAINED BY THE KIT.](https://patents.google.com/patent/WO2011125084)"
- 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
- 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.