

A jövő járműve

Járműipari innováció
www.jret.sze.hu | www.ejkt.bme.hu

09
1-2

Alternatív tüzelőanyagok

Futóművizsgáló próbapad

Intelligens járműrendszerek

Járműforgalmi rendszerek

Kamerával történő mérés



Grafika: Bosch



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont

Széchenyi István Egyetem
Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont

ATZ/MTZ worldwide az interneten

Az ATZ/MTZ szakmai folyóiratok szerkesztősége a 2008/1-es lapszám editorial rovatában, angolul tájékoztatta az olvasóközönséget a népszerű tudományos folyóiratokat érintő aktuális változtatásokról, „Moving into the Global Village” címmel. Az ATZ/MTZ folyóiratok fő cikkeinek angol nyelvű tömörítvényeit tartalmazó ATZ/MTZ worldwide nyomtatott változata ugyanis 2008-tól megszűnik, de on-line hozzáférhetővé tették a www.atzonline.com weboldalon, amely a jól ismert All4engineers portál utódja. A továbbiakban a főszerkesztő leveléből idézünk.

„Dear Readers,

You might be somewhat surprised that I am writing you in English this time. There's no need to worry – we will continue to publish ATZ in German, as most of our readers find it more comfortable to read articles presented in this language. I would simply like to take this opportunity to address our international readers and all those of you who work in an international environment.

ATZ and its publishing house initiated a policy of internationalization some ten years ago. Since then, ATZworldwide has provided a translation of the main articles in a text supplement. Six years ago, the publisher took the next important

step: the launch of AutoTechnology, a global magazine that reports on developments on a highly technical level. It was not long before this magazine became the official journal of FISITA, the world body for automotive engineers.

From 2008 on we will move even further ahead: in the future, ATZworldwide will include all the pictures. And it will reach you all over the globe on the very same day it is published in Germany. How is this possible? ATZworldwide had become an electronic magazine. Subscribers also receive the FISITA magazine ATZautotechnology (formerly AutoTechnology) 10 times a year – free of charge. The new magazine will cooperate more intensively with ATZ and MTZ, will become more scientific and will appeal to more readers in the developing economies.”

A változási folyamat aktív részese csak az lehet, aki **a megfelelő tudással rendelkezik**. Az autós- és motorfejlesztés szakembereinek ezért naprakésznek kell lenniük a kutatásfejlesztés legújabb eredményeiben, tendenciáiban.

Szakkiadványainkban nemcsak tényekről és számokról olvashat, hanem aktuális kutatási eredményekről, tudományosan megalapozott szakmai ismeretekről és az ágazat aktuális híeiről. Ez a koncepció teszi a német nyelvű, de angol nyelvű kivonattal is megrendelhető ATZ és MTZ folyóiratokat olyan kiadványokká, melyekből ön naponta profitálhat. Hozzá szeretne járulni jövőnk formálásához? Örömmel tölt el bennünket, hogy segíthetünk ebben, és a megfelelő tudáselőnyt nyújthatjuk önnek.

Kérjen ingyenes próbaszámot!



További információkat a www.atzonline.com honlapon, az autóiipari mérnökök tudásportálján olvashat, ahol az ön munkáját egyedülálló on-line szakcikkarchívum is segíti.



Trencsényi Balázs



Köszöntő

Az emberi tevékenység globális hatásai mellett ma már nem mehetünk el szó nélkül. Egyértelmű összefüggést fogalmaztak meg ugyanis Földünk klímájának változása és az emberi tevékenységek következményeként a légkörbe került gázok, elsősorban a szén-dioxid és egyéb üvegházhatást fokozó gázok mennyisége között. A jelenleg általánosan elterjedt szénelapú tüzelőanyagok elégetésekor legnagyobb részben szén-dioxid keletkezik, az égéstermék többi összetevője tulajdonképpen csak a töredékét teszi ki a keletkező gáznak. Mivel a szén-dioxid erősen üvegházhatást fokozó gáz, és az égésfolyamatba bevitt tüzelőanyaggal összemérhető a keletkezett CO_2 mennyisége, ezért alapvető fontosságú energiatermelésünk hatékonyságának növelése, illetve más, lehetőség szerint nem szénelapú energiaforrások fejlesztése.

Ugyanakkor az antropogén emissziók közvetlen hatásairól sem feledkezhetünk meg. A mai nagyvárosok levegőminőségének romlásáért nagyrészt a közúti közlekedés a felelős, mely alól Budapest sem kivétel. Az emissziós termékek relatív mennyiségét a tüzelőanyag típusa és pontos összetétele (adalékokat is beleértve), az égés feltételei (a motor típusa, műszaki állapota és üzemi körülményei), továbbá a kipufogógázok utókezelése is befolyásolja. A belső égésű motorok kipufogógázaiban megtalálható vegyületek egy részére ma már szigorú előírások vonatkoznak, egy részük hatásmechanizmusáról pedig még zajlanak a szakmai viták. Az Európai Unió mindenesetre többé-kevésbé felismerte a szálló por részecskéinek veszélyeit, amelyekre rákkeltő vegyületek tapadnak, és

könnyedén belégzéssel az emberi szervezetbe kerülhetnek. Az üvegházhatást fokozó gázok mellett tehát a kipufogógázok egyéb mérgező anyagainak és a motorok részecsk kibocsátásának csökkentése is aktuális feladata a gépjárművek hajtástechnikájának.

Az emberi tevékenység hatásainak felismerése és az eddig hagyományosnak tekintett fosszilis energiahordozók készleteinek alakulása új kihívások elé állítja az energiaipart és a nagy energiafogyasztó szektorokat, amilyen a közúti közlekedés is. Új típusú energiaforrások bevonása szükséges a környezet megóvása és az energiaellátás biztonságának szavatolása miatt egyaránt. A környezetkímélő technológiák elterjedésében rendkívül fontos szerep hárul a járműflottákat üzemeltető nagyvállalatokra. Ők azok, akik flottájuk méreténél fogva nemcsak a környezeti feltételek alakulását képesek mérhető mértékben befolyásolni, de náluk a technológiák továbbfejlődése és elterjedése szempontjából is lényeges döntések születnek. Az egyéni felhasználók ugyanis legtöbbször csak követői lehetnek a fejlődésnek, hiszen a jármű üzemeltetéséhez szükséges infrastruktúra kiépítése általában az ő erejüket meghaladja. Ha azonban egy nagy gazdasági potenciállal bíró flottaüzemeltető gazdasági érdekei érvényesítése mellett – kezdetben talán csak saját használatra, de – megkezdí az új infrastruktúra kiépítését, akkor ezzel lökést adhat az ésszerűen gondolkodó kifelhasználóknak, hogy újraértékeljék vásárlásukat. Az infrastruktúra-fejlesztés és a környezetkímélő gépjárművek elterjedése tehát szorosan összefonódik.

Büszkeséggel tölt el, hogy a BME Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpontjában magunk is szerepet játszhatunk a környezetkímélő járműtechnológiák hazai elterjedésében, az infrastruktúra fejlődésében. Az eddig lezárt kutatások célja pusztán a közúti közlekedésben alkalmazható technológiák áttekintése és összehasonlítása volt. Különböző szimulációs eljárások alkalmazásával tudunk képet alkotni az egyes alternatív energiaforrások lehetséges szerepéről a fenntartható mobilitás érdekében. Célunk az alternatív tüzelőanyagok és hajtárendszer technológiai problémáinak elemzése mellett, hogy megvilágítsuk a felhasználók szempontjából a lehetséges előnyöket és hátrányokat, valamint, hogy előkészítsük további vizsgálati – például empirikus – módszerek kidolgozását. Flottaüzemeltetőknél az első látásra gyakran viszonylag drágának tűnő környezetkímélő technológiák alkalmazása már ma is jó eséllyel térülhet meg gazdaságilag, különösen, ha az össztársadalmi hatásokat is figyelembe vesszük. Ezek minden valószínűség szerint ugyan nem jelentenek egy vállalatnak közvetlen profitot, az ország gazdasági fejlődését azonban képesek elősegíteni, már csak azért is, mert egyszerűen az életkörülményeket javítják. Mi, a Tudásközpontban minden tudásunkkal és erőnkkel elköteleztettek vagyunk az iránt, hogy a döntéshozatali folyamatok támogatásával, különböző társadalmi szférák, illetve esetleges ütköző érdekek közötti párbeszéd kialakításával előremozdítsuk a minél környezetkímélőbb közúti közlekedés fejlődését.

Tartalomjegyzék

3	Köszöntő – Trencsényi Balázs
5	Intelligens járműrendszerek funkcionális vizsgálatának modellezése a HAVEit-projektben – Gubovits Attila, dr. Szalay Zsolt
10	Hatszabadságfokú gyorsulásérzékelővel történő tesztelés járműdinamikai mérés – Gubovits Attila, dr. Szalay Zsolt
16	Haszonjármű futóművizsgáló próbapad fejlesztése az EJT-ben – Kádár Lehel, Szabó Bálint
19	Járművek újrahasznosítása során keletkező shredderezési könnyűfrakció energetikai hasznosítása – Újsághy Zsófia, dr. Lukács Pál
22	Alternatív jármű-tüzelőanyagok elterjedésének üzleti modellje – Pézsa Nikolett, Trencsényi Balázs
27	Versenyautó járműdinamikai modelljének kialakítása – Bári Gergely
32	Versenyautó-szimulátor fejlesztése – Dóra Szabolcs, Bári Gergely
35	A gépkocsihajtás villamosítása 2. rész – Petrók János
43	2020 – Clarity beyond the chaos – Kalman Gyimesi, Sanjay Rishi, Benjamin Stanley
54	Videó alapú sávkövető és figyelmeztető rendszerek – Dr. Oláh Ferenc
58	Regisztrációs lap
59	Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, célok, kutatási területek és eredmények – Dr. Péter Tamás
79	Felváltja-e az olajtól való függőségünket a lítium? – Szemerédy László
82	Negyedik alternatív(a) – Beszámoló a IV. Széchenyi Futamról – Nagy Viktor
84	Shell Eco-marathon 2009 – Szauter Ferenc
86	A Shell személyautó-jövőképe 2030-ig – Onódi Gábor
88	Könyvajánló
90	A Daimler AG és a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem közös oktatási programja – Balvin Nándor
96	Egy kamerával történő mérés ACC-alkalmazásokhoz – Dr. Oláh Ferenc

Intelligens járműrendszerek funkcionális vizsgálatának modellezése a HAVEit-projektben

Gubovits Attila

PhD-hallgató,
BME Gépjárművek Tanszék

Dr. Szalay Zsolt

egyetemi adjunktus, BME
Gépjárművek Tanszék

A BME EJJT részt vesz a 2008 februárjában indult HAVEit-projekt kutatásaiban (HAVEit – Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport), mely az Európai Unió EU 7-es keretprogramjának témához kapcsolódó legnagyobb költségvetésű projektje. A BME EJJT feladata az egyik demonstrációs jármű rendszerarchitektúrájának CAN-kommunikációs szempontból történő analízise, funkcionális rendszerszimuláció, és a biztonságkritikus rendszerek hibátűrő képességének vizsgálata (FMEA).

The BME EJJT participates on the research works of HAVEit projects started in February 2008 (HAVEit - Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport), which is a project with a biggest budget in this topic in the EU 7 frame program. The task of the BME EJJT is the CAN communication based analysis of the system architecture on one of the demonstration vehicles, the functional system simulation, and the analysis of the fail-safe property of safety critical systems (FMEA).

BEVEZETÉS

2008 februárjában több európai multinacionális vállalat és kutatócsoport részvételével kezdetét vette az EU 7-es keretprogram témához kapcsolódó legnagyobb költségvetésű projektje, a HAVEit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport). A projektet megvalósító konzorciumban Európa legnagyobb személyautó- és haszongépjármű-gyártói, illetve számos egyetem és kutatóintézet vesz részt. A 23 tagból álló együttműködés koordinátora a világ egyik legnagyobb autóelektronikai beszállítója, a Continental Automotive GmbH.

A HAVEit célja egy olyan hosszú távú elképzelés megvalósítása, melynek segítségével létrehozható a magas szinten automatizált intelligens közlekedés. A projekt lépésről lépésre jut el a nagyfokú automatizáltság szintjéig. Ezzel jelentős mértékben hozzájárul a túlszűfolt közlekedés biztonságának és gazdaságosságának a növeléséhez a személyautók, a buszok, illetve a teherautók terén, elősegítve az emberek és áruk intelligens és biztonságos mozgását.

A HAVEit a biztonsági, gazdaságossági és kényelmi szempontból fontos célkitűzések megvalósítását három lépcsőben kívánja elérni [3]:

- A vezető és a vezetőt segítő rendszer (ADAS) közötti kapcsolat újragondolása a közös rendszerben;
- Hibátűrő járműarchitektúra kidolgozása, beleértve a fejlett redundáns irányítást is;
- Az ADAS következő generációjának megtervezése a mindenkor legmagasabb automatizáltsági szintnek megfelelően.

A vezető és a vezetőt támogató rendszer közötti kapcsolat újragondolása

Még egy magasan automatizált rendszer esetén is nagyon fontos szempont, hogy a vezető az általa irányított rendszerben, bármikor az irányítási hurok része lehessen. Így biztosak lehetünk abban, hogy egy kritikus helyzet bekövetkeztekor megfelelően tud reagálni az eseményekre. A HAVEit egy teljesen újszerű megközelítést dolgozott ki: ahelyett, hogy egy esetleges baleset bekövetkeztekor teljesen kikapcsolná az ADAS-rendszert: fokozatosan, lépésről lépésre adja vissza a beavatkozás során a szabályzórendszer az irányítást a sofőr kezébe. A beavatkozás az eseményláncolat előtt fog elkezdődni, vagyis néhány másodperccel azelőtt, hogy

a baleset bekövetkezne. Így adja át az irányítást a vezetőnek a kritikus helyzetben, és biztosítja a szükséges automatizáltsági és asszisztens szintet. A vezető és az őt segítő rendszer feladat-körének ez az újszerű megközelítése figyelembe veszi a vezetői éberséget is.

Hibátűrő járműarchitektúra kidolgozása, beleértve a fejlett redundáns irányítást

Maga az eljárás az előző SPARC-projekt folytatása, aminek továbbfejlesztéseként kell a hibátűrő architektúrát implementálnunk. A fejlesztés célja, hogy az igényeknek és a követelményeknek megfelelő magas szinten automatizált járműveket fejlesszünk, valamint biztosítani tudjuk mind a rendelkezésre állást, mind pedig a megbízhatóságot.

Az ADAS következő generációjának megtervezése, a mindenkor legmagasabb automatizáltsági szintnek megfelelően

A HAVEit hat élenjáró járműfejlesztési vonalat követ a személy- és a haszongépjárművek terén, melyek célja a nagyobb biztonság és kényelem, valamint az energiahatékonyság javítása. Ezzel szeretne hozzájárulni a tüzelőanyag-fogyasztás és a környezetszennyezés csökkentéséhez az egyre növekvő közúti forgalom mellett. Legfontosabb célkitűzések az automata járműkövető asszisztens, illetve az időszakos autópilóta. Végül pedig az energiaoptimalizáláson alapuló aktív „zöld vezetés” fogja a gazdaságos, ugyanakkor biztonságos vezetést megvalósítani. Mind a hat élenjáró járműfejlesztési vonal realizálásához hat darab demonstrátor járművet fejlesztenek ki a konzorciumi tagok mérnökei.

KONKRÉT CÉLOK A HAVEit-EN BELÜL

A közúti közlekedés biztonságának, energiahatékonyságának, illetve kényelmének javítására egy virtuális irányítórendszer kerül kidolgozásra a HAVEit-en belül, amely képes lesz a vezető támogatására. A vezetőt figyelő rendszer meg tudja becsülni a sofőr pillanatnyi mentális állapotát, így a teljesítőképességét is, beleértve annak zavartságát, valamint az éberségét. Ahhoz, hogy minimálisan lehessen csökkenteni a vezető alul-, illetve túlterheltségéből származó baleseteket, a sofőr és az irányítórendszer között több lépésben kell a feladatok újrafelosztását elvégezni. Ezt a már meg-



1. ábra: a HAVEit által fejlesztett rendszer felépítése

lévő irányítási réteg átalakításával lehet elkezdni, majd ezt bővíve, a jövőorientált szintek felé mutatókat továbbfejleszteni, ami nagyobb jogosultságot adna ennek az irányítórendszernek és lehetővé tenné a hatékonyabb ellenőrzést.

Az automatizált vezetés megköveteli a megfelelő biztonsági és hibatűrő architektúra meglétét. Ezért szükséges, hogy az eddigi ADAS-rendszert felváltsa a teljes mértékben automatizált vezetői koncepció.

A kényelem, a biztonság és az energiafelhasználás hatékonysága érdekében a következő alkalmazásokat kell létrehozni a HAVEit-en belül mind a személygépkocsik, mind pedig a teherautók terén a magas szintű automatizált járművek kifejlesztéséhez:

- Automata sorkövető asszisztens
- Anomáliákat kezelő asszisztens
- Ideiglenes vezetőt segítő rendszer
- „Aktív zöld” vezetés.

A fent említett alkalmazások implementálása után kerül sor azok előnyeinek, valamint hatásaiknak az értékelésére.

A MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

A HAVEit célja, miszerint jelentős mértékben kívánja a közlekedés biztonságát és hatékonyságát javítani, három lépésben fog megvalósulni [3]:

1. A következő generációs ADAS-rendszer kifejlesztése, mely meghatározott lépésekként osztja fel újra a feladatokat a vezető és a magas szinten automatizált rendszer között, a jelenlegi legfejlettebb műszaki szintnek megfelelően.

2. Optimális rendszerilleszkedés és kölcsönhatás a vezető és az irányítórendszer között, amit az automatizált vezetés különböző szintjei szerint definiálunk, a vezetési feladatnak megfelelően.

3. Egy továbbfejleszthető és biztonságos jármű tervezése és megvalósítása, amely magába foglalja az alkalmazott hibatűrő irányítást azzal a céllal, hogy igény szerint alkalmazni lehessen az intelligens rendszereket a gépkocsiban.

A HAVEit hét fejlett alkalmazást integrál mind a személygépkocsiba, mind pedig a teherautóiba, melyek célja a fokozott biztonság és kényelem megteremtése, továbbá a javuló tüzelőanyag-hatékonyság elérése.

Ezek az alkalmazások két csoportba sorolhatóak:

- Magas szinten automatizált vezetés csoportja.
- Biztonsági architektúra alkalmazásának csoportja.

A magas szinten automatizált vezetés csoportja az előző fejezetben már említett négy megoldást fogja implementálni (Automata sorkövető asszisztens; anomáliákat kezelő asszisztens; ideiglenes vezetőt segítő rendszer; „aktív zöld” vezetés).

A biztonsági architektúra alkalmazásának csoportja fogja bemutatni a koncepciót, hogy milyen lehetőségek vannak a rendszerek átalakítására, illetve milyen változtatásokat lehet alkalmazni a demonstrációs járműveken.

ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉS

A HAVEit által fejlesztett rendszer felépítése három alrendszerre bontható (1. ábra). A jármű pillanatnyi állapotáról az azt figyelő érzékelők nyújtanak megfelelő információt a központi egységek számára, ami az első egységet jelenti. Legfontosabb és legbonyolultabb része az irányítási huroknak még mindig az ember, ami a következő egységet adja. Végül a teljes irányítási rendszer harmadik nagy része a platformszint.

Szenzorok

Különböző külső érzékelők alkalmazása a minél szélesebb látómező lefedésére az összes applikáció számára. Különösen a biztonsági egységek szempontjából fontos a többszörözött érzékelők használata, hogy teljes mértékben le tudják fedni a teljes területet.

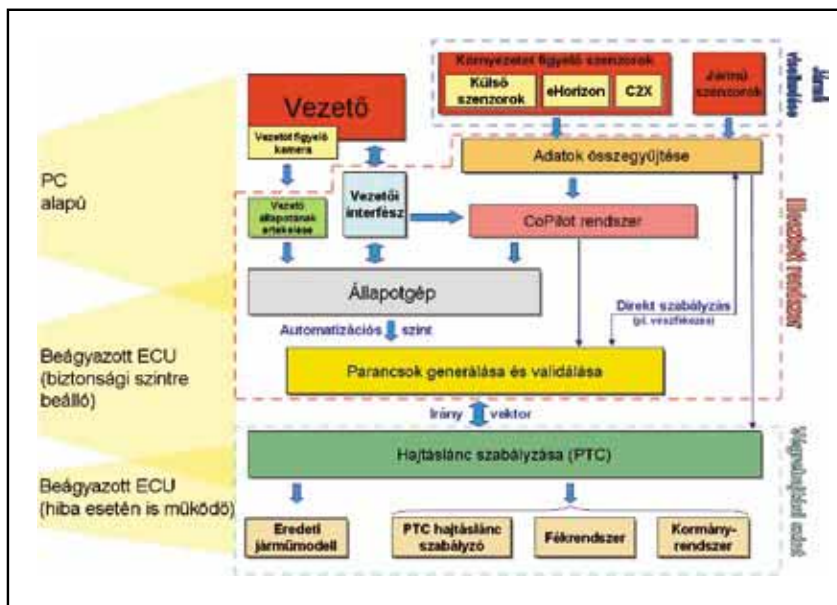
Vezető monitorozása

Szükséges, hogy a vezetőt közvetve, illetve közvetlenül a teljes folyamat alatt figyelemmel kövessük, így nyerünk bizonyosságot a reakcióképességéről és az éberségéről, ezzel is optimalizálni tudjuk a feladatok felosztását és a visszacsatolási stratégiát.

Platform

A változtatható járműarchitektúra az intelligens szenzorok, a hibatűrő ECU és az intelligens aktuátorok segítségével eleget tesz a magas szinten automatizált vezetés feltételeinek, mely a hagyományos aktuátorok drive-by-wire rendszerbe történő integrálásával járul hozzá az autonóm vezetéshez.

Az intelligens járműarchitektúrát további alrendszerekre bontva mutatja a 2. ábra. Jól látható a kapcsolat a vezetőt segítő rend-



2. ábra: intelligens járműarchitektúra

szer (CoPilot) és a vezetői interfész között. Az állapotgép feladata eldönteni, hogy mikor és milyen módon osztja fel az irányítási feladatot a sofőr és az automatizált rendszer között.

VÁRHATÓ EREDMÉNYEK

A HAVEit várható eredményeit négy pontban foglalhatjuk össze [3]:

- Architektúra: biztonsági architektúra, beleértve a hibátűrő irányítást.
- Közlekedési szituációtól függő, optimalizált felosztása az irányítórendszernek: vezető – vezető segítő rendszer.
- Biztonsági architektúra alkalmazása.
- Magas szinten automatizált vezetés a közúti közlekedésben.

a) Architektúra: biztonsági architektúra, beleértve a hibátűrő irányítást

Cél egy olyan biztonságkritikus felügyeleti rendszer fejlesztése, integrációja és ellenőrzése, amely gondoskodik a szoftveroldali variálható és konfigurálható adatközlésről, az adatbázis alapú konfigurációs környezetről és az adatbázis-fordító környezetről. A kommunikáció biztonságának növelése – beleértve a jármű-jármű kapcsolatot a konvojban haladás során (1 m-es követési távolságtól egészen a 20 m-ig), a környezeti objektumok (villanyrendőr, táblák) és a járművek közötti rádiós kapcsolatot, valamint a globális hálózaton történő adatforgalmat – szükséges a biztonságkritikus rendszer létrehozásához.

Végül a gyors, intelligens és megbízható aktuátorok fejlesztése következik, melyek közé sorolható az elektromos kormány, illetve az elektronikus fék, azaz a brake-by-wire rendszer komponensei.

b) Közlekedési szituációtól függő, optimalizált felosztása a közös rendszernek: vezető – vezető segítő rendszer

A biztonsággal kapcsolatos döntést hozó szabályozóegység egyetlen bemenő csatornáját adja az irányítórendszer utasítása, ami a virtuális vezető ADAS-funkcióba történő integrálásával valósul meg. Az észlelőréteg, ami az érzékelőket és az adategyesítő modult tartalmazza, továbbítja a környezet felől érkező adatokat a feldolgozóegységnek. Hasonlóan a vezetőhöz, itt is egy többtényezős rendszer fogja végrehajtani a számításokat, mely más-más szabályzási lehetőségeket tartalmaz a különböző szituációknak megfelelően. „Driver in the loop” rendszerben a vezető állapotára utaló információk egy fontos kimeneti jelet képeznek a későbbi döntés során az optimális automatizáltsági szinten. Mindkét közvetlen (pl. a vezetői éberség vizsgálata kamerás rendszerrel) és közvetett (járművezető aktivitásának értékelése a pedáljel, a kormányaktivitás, illetve a vezető viselkedése által) mérést kombinálja, hogy megvalósítsa a kívánt, megfelelő biztonságu vezetői állapot értékét. Fontos dimenziók egyfelől a vezető ébersége, álomossága és az idegesség mértéke, másfelől a vezetőt jellemző mentális modell összetettsége, valamint validálhatósága a rendszerbe. A közös rendszer tervezése és validálása során azok elemei közti kölcsönhatás – különös tekintettel a vezetőre és az őt segítő rendszerre – irányelvek alapján kerül megállapításra (figyelembe véve a jövő rendszerével szemben támasztott elvárásokat), mely lehetőséget biztosít a mai általánosan alkalmazott ADAS-rendszerektől egészen a HAVEit fejlettségi szintig eljutni.

c) Biztonsági architektúra alkalmazása

A FASCAR kiterjesztett rendszer bemutatása során egy átlagos járművet fognak a 2E kormányrendszerrel felszerelni (drive-by-wire) azért, hogy bemutassák a továbbfejlesztett platform kibővített funkcióit.

Az EWB – Drive-by-wire rendszerű ékfékes nehéz-haszongépjármű közúti használata – haszonjármű-fejlesztés a modern platform koncepcióra és az elektronikus ékes fék aktuátoraira fog fókuszálni. A rendszermodell eredményét ennek a járműnek a tervezése során fogják felhasználni, figyelembe véve a homologizációs feltételeket.

d) Magas szinten automatizált vezetés a közúti közlekedésben

Az automata sorkövető asszisztensnek a hossz- és keresztirányú támogatás integrálása és tökéletesítése révén nőtt az automatizáltsági szintje. Megfelelően kiértékelt mérési eredményekkel, melyek leírják mind a vezető, mind pedig a jármű állapotát, definiálható lesz a rendszer számára a vezetői kényelem és a közlekedés biztonsága érdekében szükséges beavatkozás módja.

Automatizált segítő rendszer az útlezárásoknál, illetve a forgalmi torlódásoknál kap fontos szerepet.

Az ideiglenes vezető segítő rendszer autonóm módon képes kezelni az előre definiált követelményeket, így járul hozzá ahhoz, hogy a vezetőt egy pár másodpercre kivegye az irányítási hurokból. Ez egy teljesen új lehetőséget nyit az alkalmazások terén, aminek a segítségével néhány szituációt önállóan tud majd kezelni a rendszer. Ugyanakkor gondoskodik róla, hogy minden megváltozott helyzetet időben jelezzon a sofőrnek, illetve, amikor a vezető „találékonyasága” szükségszerű – pl. hogy elkerüljön vagy mérsékeljen egy ütközést –, azonnal vissza fogja adni a vezetőnek az irányítást.

Az „aktív zöld” vezetés célja, hogy növelje a hatékony energiafogyasztás mértékét. Az „aktív zöld” rendszer gazdaságra gyakorolt hatását előre definiált esetekben vizsgáljuk, összehasonlítva az alaprendszerrel. Ezt olyan adatok elemzésével tesszük meg, mint a tüzelőanyag-fogyasztás, vagy az akkumulátor töltöttségi állapotának a változása speciális esetekben.

MAGAS SZINTŰ AUTOMATIZÁLTSÁG

A közlekedési biztonságot alapvetően három tényező befolyásolja: az infrastruktúra, a jármű és a vezető. A legújabb baleseti elemzés azt mutatja, hogy a járművezető tehető felelőssé a bekövetkezett balesetek 97%-áért [3].

Két dolgot lehet figyelembe venni a vezetői szerep javítása érdekében:

- A vezető megbízhatóságán kell javítani, például visszacsatolt monitorozással;
- A vezető helyettesítésének növelése szükséges mind a „közepes”, mind pedig a „hosszabb” szakaszokban – megfelelő a magas szintű automatizáltságnak, melyet elsőként a Chauffeur-programban mutattak be, illetve a „rövidebb” szakaszokban, ami a kritikus helyzetekben történő beavatkozást jelenti.

Az automatizáltság magasabb fokán további kihívások merülnek fel: „hogyan lehet a sofőrt optimálisan a vezetési hurokban tartani” és „hogyan lehet biztosítani az optimális és biztonságos lezárását a beavatkozásnak és lépésenként átadni a sofőrnek az őt segítő rendszertől az irányítást”. Ahhoz, hogy ezeket a feladatokat meg lehessen oldani, gondoskodnia kell az intelligens irányításnak a jármű és a vezető összekapcsolásáról, ami egy döntési szabályzást jelent, így garantálni lehet a biztonságot és az adaptív feladatok újrafelosztását a közös rendszerben.

A közúti közlekedés biztonságának a növelése érdekében nagyobb mértékű integráció és megbízhatóság szükséges, továbbá a beavatkozó biztonsági funkciók tehetik még érzékenyebbé a rendszert a balesetek elkerülésére. Fontos lépés a nagyobb biztonság irányába az, hogy kombinálni lehet a beavatkozó és a vezető segítő modellt egy költséghatékony platformon. A HAVEit a továbbfejlesztések révén integrálni fogja a megbízható és hibátűrő SPARC-architektúrát a magas szinten automatizált vezetésbe. Hosszú távon a „magas szinten automatizált vezetés” a következő jelentéssel fog bírni a HAVEit-en belül.

A biztonságos vezetés kulcsfontosságú szereplőjének a sofőrnek kell lennie. Minden másnak az a feladata, hogy az ő tevékenységét támogassa. Figyelembe véve, hogy a beavatkozás mértéke erősen függ a vezető pillanatnyi teljesítőképességétől, az irányítási feladatok elosztása a sofőr és az intelligens rendszer



3. ábra: VW Passat demonstrációs jármű

között bonyolult számítások függvénye. Az automatizáció magasabb fokán ezek az összefüggések hatással vannak a vezető feladatainak támogatására (pl. dugóban araszolás a túlsúlyolt autópályán), valamint a magasabb követelményű feladatokra (pl. automatizált becsatlakozás a közlekedési folyamba). Az automatizáltságot úgy kell megtervezni, hogy a támogatás különböző szintjeit rugalmasan hozhassa létre (az egyszerű beavatkozástól kezdve a részleges vezetői segítő rendszerig bezáróan, és így tovább), azokat bármikor kombinálni lehessen egy újabb CoPi-lot funkcióval.

Az egyik legfontosabb követelmény annak az optimális szintnek a meghatározása, ami a vezetői részesedését mutatja a vezető és a magas szinten automatizált rendszer között. Amennyiben engedélyezett, hogy a sofőr egy pár másodpercig kikerülhessen az irányítási hurokból, adni kell neki szintén néhány másodpercet, amikor visszakerül a szabályzási körbe, hogy megfelelően alkalmazkodhasson (azaz folytathassa a vezetést), abban az esetben, ha a magas szinten automatizált rendszer az előírtaknak megfelelően nem irányíthat tovább automatikusan. Általános tulajdonsága az e fajta és a többi kísérleti rendszernek, hogy ilyen esetekben először figyelmeztetik a vezetőt és csak ezután hagyják magára a kritikus helyzetben. A HAVEit azt a szemléletet vallja, hogy úgy kell lépésről lépésre (kezdve a kritikus helyzet kezdetétől, amikor még nem képes automatikusan irányítani) megtervezni a rendszert, hogy az irányítást fokozatosan adja vissza a sofőrnek, így biztosítva, hogy az tényleg képes megfelelően beavatkozni a vezetési helyzetbe.

A biztonsági előírások betartása mellett az optimális újrafelosztás az adott rendszerben (a vezető és az őt segítő rendszer között) az első kulcsfontosságú feladata a HAVEit-nek.

Az optimális feladat-újracsatolás koncepcióját úgy valósítják majd meg az adott rendszerben, hogy az a biztonsági és kényelmi rendszernek különböző fejlesztési vonalait célozza meg. Az újgenerációs ADAS-rendszer a második kulcsfontosságú célkitűzés a HAVEit-en belül.

A rendszerek az automatizáció egy magasabb szintjét célozzák meg, és magukba kell hogy foglalják a lehetőségét egy karambol elkerülésének vagy mérséklésének azokban az esetekben, amikor a vezető egy-egy pillanatra kilép az irányítási körből. Ehhez az is szükséges, hogy az autonóm vészfékezési funkciót integrálni lehessen a magas szinten automatizált vezetésbe a jövő közúti közlekedésében.

A vezetői segítő rendszer megalkotásához figyelembe kell venni a PEIT-projektben használt sofőrt támogató rendszert: ott egy olyan járműplatformot hoztak létre, mely képes helyet biztosítani egy kiterjesztett stabilitási rendszernek (ESP), mely a végrehajtási szintet irányítva átveszi a járműről érkező parancsokat, és azokon javítva növeli a megbízhatóságot.

Második lépésként végrehajtják a SPARC-projektbe integrált legmagasabb szintű biztonságkritikus emberközpontú architektúráját. A vezetői segítő rendszer így már képes közbelépni a kritikus helyzet irányításába (megelőzés, beavatkozás és az irányítás visszaszerzése) a vezetői parancs korrigálásával, mielőtt még azt a végrehajtási szint mint a járműről érkező parancsot megkapná. A koncepció megvalósítása a SPARC-projektben már sikeresen megtörtént.

Amennyiben sorozatgyártásban is meg szeretnénk valósítani a HAVEit-projektben kifejlesztett termékeket, fel kell ismernünk, hogy a legtöbb vevő, akik ugyan szeretnék magukat biztonságban érezni, csupán minimális összeget hajlandók erre áldozni. Másfelől viszont a piaci nyomás hatására az OEM (Original Equipment Manufacturer), vagyis a járműgyártó cégek nem tudják ingyen beszerezni a biztonsági rendszereket a járművekbe. Így a biztonságot közvetetten kell hogy megfizetessék, és olcsóbbá kell tenni a rendszereket abból a szempontból, hogy más funkciókat is rábízunk ugyanarra a platformra. Ezek után a vevők már hajlandóak lesznek elfogadni, hogy fizetniük kell a kényelmi extráért vagy épp a tüzelőanyag-megtakarításért.

A biztonságorientált technológiát széles körben el fogják fogadni, amennyiben az költség- vagy súlycsökkenési előnyt eredményez az aktuális csúcstechnológia terén, vagy épp új, értékes funkciókkal fogja gyarapítani a vevőt egy elfogadható járulékos költség mellett.

A TUDÁSKÖZPONT FELADATA A HAVEIT-PROJEKTEN

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen működő Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont feladata az egyik demonstrációs jármű, egy VW Passat (3. ábra) rendszer-architektúrájának, illetve biztonságkritikus elemeinek hibátűrő szempontból történő vizsgálata (FMEA), továbbá a CAN kommunikációjának továbbfejlesztése mind gyorsasági, mind pedig megbízhatósági szempontból.

A demonstrációs jármű nagyban eltér a szériában gyártott változattól. Erőforrásként megmaradt a kétliteres common rail rendszerű dízelmotor, mely a mellső kerekekre adja le 170 lóerős teljesítményét. Ugyancsak megmaradt a DSG automata váltó, ami precíz vezérelhetősége miatt megfelelő erőátviteli rendszernek bizonyul a későbbiek során.

A kormányzást a gyári egységet kiegészítve egy Steer-by-Wire rendszer oldja meg, ahol az elektromos szervokormány mellett egy kiegészítő elektromos motor és a hozzá tartozó vezérlőelektronika is részt vesz az irányításban. Előnye a hagyományos kormányzással szemben, hogy a rendszernek köszönhetően megvalósítható az autonóm kormánybeavatkozás, továbbá a kormányzási szög, illetve a kormányzási nyomaték a vezető szándékától függően vagy függetlenül vezérelhető ki.

A gyárinál megszokott fékrendszert is lecserélték és helyére egy Brake-by-Wire rendszert építettek. A kifejlesztett fékrendszer kettes elektromos körének köszönhetően megfelelő redundanciával bír, és amennyiben mindezek meghibásodnának, úgy a mechanikus elemek biztosítják a jármű megfelelő lefékezhetőségét.

HIBÁTŰRŐ RENDSZEREK BIZTONSÁGI ANALÍZISE

A Tudásközpont biztonsági analízise a projektben a szenzoroktól érkező jeltől egészen a jármű irányvektorának meghatározásáig tart. A feladat egy olyan összetett rendszer felállítása, mely megfelelően paraméterezhető, és a bemenő jelek meghibásodása esetén a modellben lévő logika alapján veszi figyelembe a hiba súlyát, és ennek függvényében adja meg a kimeneteken várható jel megbízhatóságát. Az FMEA-modell felállítására több lehetőség is van. Általános probléma, hogy az eddig alkalmazott elemzések szubjektívek voltak, vagyis nagymértékben függtek az elemző ismeretanyagától még akkor is, ha egy meghatározott eljárást

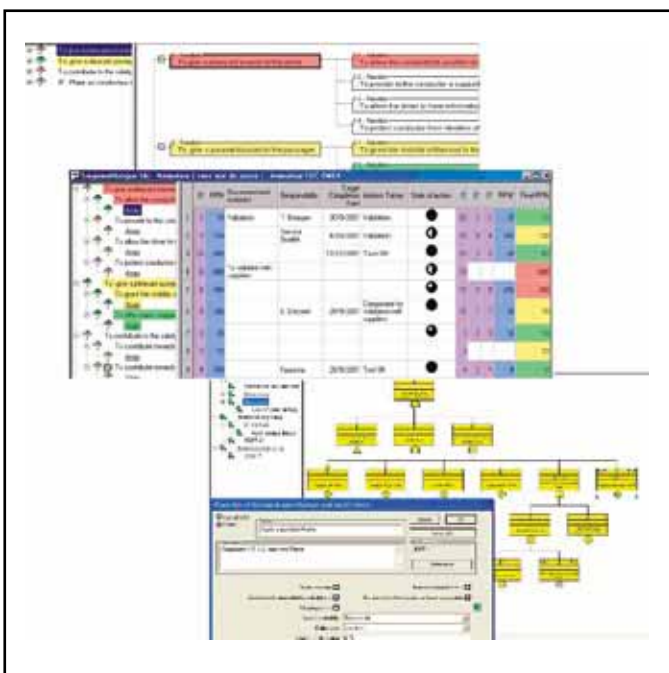
követett az elkészítése során. További gondot jelentett, hogy az úgynevezett statikus modellek esetén bármely paraméter megváltoztatásával újra kellett számolni az egész folyamatot, hogy egy megbízhatósági értéket kaphassunk. Éppen ezek miatt döntöttünk úgy, hogy a Continentaltól kapott adatok alapján egy saját modellt készítünk, mely dinamikus módon képes a különböző aspektusok szerint végigfuttatni a számolást, amivel egyrészt nyomon követhető a modell bármely pontjában a hiba alakulása, másrészt a megváltoztatott paraméterek vagy esetleg komplett alrendszerek cseréje esetén is azonnali eredményt kaphatunk. A jelenlegi hibaelemző rendszerek grafikus felülettel rendelkeznek, így magunk előtt láthatjuk a teljes járműmodellt, melyen a hibaelemzést végezzük (4. ábra). Jellemzőjük, hogy képesek automatikusan egy innovatív hibafaszerkeztúra elkészítésére, mely a statikus eljárás mellett a dinamikus is tartalmazza. A logikusan felépített hierarchia, illetve a blokkdiagramok átláthatóvá teszik a rendszert, a további kiegészítő funkciók, mint a Markov gráfok vagy a Petri hálók használata pedig újabb vizsgálati lehetőséget biztosítanak az elemzés során.

KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK BIZTONSÁGI SZEMPONTBÓL TÖRTÉNŐ VIZSGÁLATA

További feladatunk a projektben a tesztjármű kommunikációs rendszerének a fejlesztése. Összehasonlítva a jelenlegi CAN-kommunikációt a fejlettebb FlexRay-rendszerekkel látható, hogy mind a determinisztikus tulajdonságában, mind a redundancia mértékében, mind pedig a kellő sávszélességben alulmarad a vetélytárhoz képest. Célunk ugyanakkor, hogy a már meglévő CAN-buszt továbbfejlesztve kapjuk meg azokat a tulajdonságokat, melyekkel fel tudja venni a versenyt.

Egyik probléma a CAN tulajdonságából adódó eseményvezérelt adatközlő mód, ami megbízhatatlanságot okoz. Könnyebb a hibák észlelése és egy hibatűrő rendszer kiépítése, amennyiben idővezérelt kommunikációs protokollt alkalmazunk [1].

További gondot jelent, hogy nincs pontos reakcióidő. Az előre meg nem mondható átviteli hibák okozta késedelmek elkerülése végett olyan modern kontrollereket kell alkalmazni, melyek egyszeri üzenetküldési módot tesznek lehetővé, így akadályozva meg az üzenetek automatikus újraküldését.



4. ábra: modell alapú FMEA, rendszergrafikus felülettel (TDC)



5. ábra: PSA és VW CAN-VAN-LIN kommunikációs próbapad, valamint DecomSYS kommunikációs platform

Amennyiben gondoskodni tudunk arról, hogy a busz hibamentes legyen (nincs újraküldés), a CAN-en jelentkező reakcióidő a ciklikus adatsere időtartamától, illetve az aperiodikus minimális kézbesítési idejétől függ [2].

Különböző alrendszerek ugyanabba a hálózatba kapcsolásával a teljes rendszer nem fog esetlegesen megfelelni néhány időzítési követelménynek még akkor sem, ha az összes egységet külön tesztelték, és bebizonyosodott, hogy egyesével megfelelően viselkednek.

A kétszatos topológiával jelentős mértékben növelhető a teljes rendszer robusztussága, a fontos üzenetek ugyanabban az adatküldési ciklusban történő kétszeri elküldésével pedig az elektromágneses zavarok okozta interferenciáktól lehet megvédeni azt. A biztonság legmagasabb foka, ha az összes biztonságkritikus eszközt megduplázzuk. Így mind a térbeli, mind pedig az időbeli redundanciát elérhetjük ugyanabban az időben.

A Tudásközpont számára rendelkezésre állnak olyan mérőberendezések, illetve szoftverek, amelyek kimondottan a CAN-busz szimulációjára, illetve ellenőrzésére szolgálnak (5. ábra). Az SDK-szimulátor, valamint a SimPack komplett járműmodelleket tartalmaz, és különböző interfészekkel képes kommunikálni. Tesztpadjaink között megtalálható egy jármű komplett CAN-hálózata a különböző egységekkel, valamint CAN-, LIN- és FlexRay-csatornákkal ellátott kommunikációs eszköz is.

VÁRHATÓ EREDMÉNYEK

A HAVEit-projektben történő részvétel elsődleges jelentősége a Tudásközpont folyamatos és aktív részvétele az EU autóipari fejlesztés vérkeringésében. A konzorciumi tagok között szerepel több olyan autóipari cég, melyek jelentős részét teszik ki a világ autógyártásának. A Tudásközpont célja, hogy élve a partnerként adódó lehetőségekkel, a rábízott feladatokat kifogástalanul végrehajtsa, ezzel európai szintű ismertséget és elismertséget szerezzen saját kutatási területein, és a tapasztalatokat hatékonyan integrálja az oktatásba, a jövő autómérnökeinek képzésébe.

Irodalom

- [1] G. Cena, A. Valenzano, S. Vitturi: Advances in automotive digital communications. Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni, C.so Duca degli Abruzzi; Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni, Unit of Padova c/o Department of Information Engineering, Via Gradenigo Torino, Italy, 2005
- [2] K. Tindell, A. Burns, A. Wellings: Calculating controller area network (CAN) message response times. University of York, Department of Computer Science, York, YO1 5DD, England
- [3] HAVEit Management: Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport. Seventh Framework Programme Theme ICT for Intelligent Vehicles and Mobility Services 212154 (2008). 1-161. p.

Hatszabadságfokú gyorsulásérzékelővel történő teszt pályás járműdinamikai mérés

Gubovits Attila

PhD-hallgató,
BME Gépjárművek Tanszék

Dr. Szalay Zsolt

egyetemi adjunktus,
BME Gépjárművek Tanszék

A cikk röviden ismerteti egy hatszabadságfokú gyorsulásérzékelővel történő járműdinamikai mérés menetét. A mérés során felszenzoroztunk két, azonos geometriai méretekkel, de más súlypontkoordinátákkal rendelkező, eltérő hajtásmódú Opel Zafirát, majd teszt pályás méréssel vizsgáltuk a különböző manőverek során tanúsított viselkedésüket. A kapott gyorsulás, illetve szögsebességjelek kiértékelésével pontosan megállapíthatók a más paraméterek miatti dinamikai különbségek.

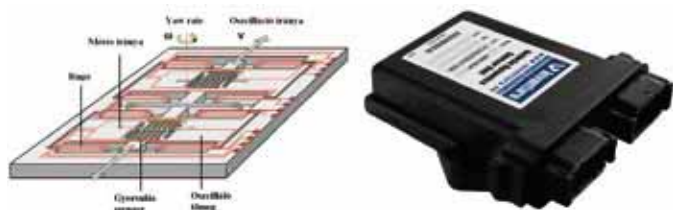
The article gives you a brief description of the process of vehicle dynamics measurement with the help of a 6 DoF acceleration sensor. In the course of measuring we installed sensors two Opel Zafiras which had the same geometrical parameters, but differing gravity points and different fuelling. Later we measured their behaviours during various manoeuvres on a test course. By the evaluation of the received acceleration and Yaw rate signs we can find the exact dynamics differences due to other parameters.

BEVEZETÉS

A projekt célja volt az EJJT (Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont) 3.1-es, a Járműdinamikai állapotbecslő algoritmus fejlesztése, szenzor-optimalizáció projektjének implementálása a szintén tudásközpontos Földgázzal hajtott gépkocsi üzemi optimalizálása és vizsgálata tanulmányba. Az állapotbecslő algoritmus fejlesztése során kitűzött egyik cél, annak validációjához szükséges szenzorok fejlesztése szolgáltatott alapot a mérőrendszer megtervezéséhez, ami egy mai járműben is megtalálható kétszabadságfokú gyorsulásérzékelő továbbfejlesztése hatszabadságfokúvá. Az egységet az Inventure Kft. készítette el VDSU (Vehicle Dynamics Sensor Unit) néven, amely képes a háromirányú gyorsulásjelek, valamint a három gyorsulástengely körüli szögsebesség mérésére. A tanulmány során a mérőrendszerrel felszerelt járművek menetdinamikai tulajdonságait figyeltük a szenzorjelek alapján, és ezeket kiértékelve tudtuk a járművek közötti összehasonlítást elvégezni.

MÉRŐRENDSZER

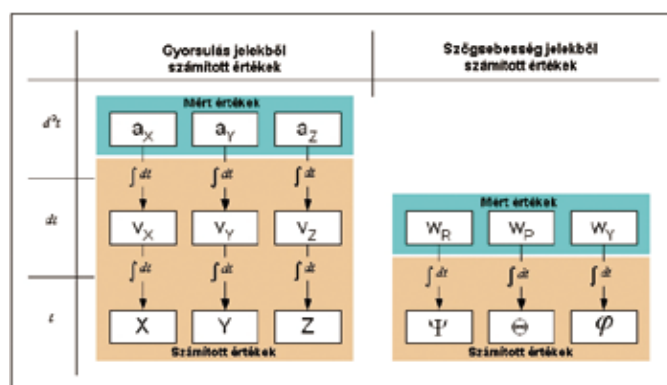
A mérőrendszer a korábban már említett hat szabadságfokú gyorsulás- és szögsebességszenzor, melyet egy egységként szoktak a jármű tömegközéppontjába helyezni. A működése kapacitív elven történik. A több fegyverzettel rendelkező kondenzátorok elmozdulásával megváltozó légrésnek megfelelően fog a kapacitás is változni. Ennek elvi felépítését, illetve a modult magát mutatja az 1. ábra.



1. ábra: gyorsulásérzékelő elvi működése, valamint a megvalósított mérőegység (VDSU)

A szenzorral megvalósítható kinematikai jellemzők a három irányba történő gyorsulás, sebesség, illetve a megtett út, valamint a tengelyek körüli szögsebesség- és szöggyorsulásértékek. Az alapmérési adatok a gyorsulás és a szögsebesség, és ezeket előfeldolgozás – szűrés – után a CAN-buszon továbbítja, SAE J1939

formátumban. A tárolt értékek egyszeres, illetve kétszeres integrálásával az orientációhoz szükséges elmozdulási koordinátákat kapjuk. Ennek logikai menetét mutatja a 2. ábra.



2. ábra: VDSU-jelek integrálása az orientáció meghatározásához

A VDSU lehetőséget biztosít továbbá a szimulált, számított helyzetek validálására valós körülmények között, illetve ESP-funkciónál parabola helyzetben fellépő hiba kiküszöbölésére. Az eszköz alapkonfiguráció szerint 10 ms-onként küldi ki a CAN-adatbuszra a mért hossz- (a_x), kereszt- (a_y), valamint függőleges (a_z) irányú gyorsulás, mind a három tengely körüli szögsebesség- és hőmérsékletadatokat. A szenzor installálásakor meg kell határozni a jármű súlypontkoordinátáit, és a műszer középpontját ebbe a pontba kell elhelyezni. Ellenkező esetben a járulékos gyorsulás- és szögsebességértékek a különböző járműves mérések összehasonlításakor valótlan eredményeket fognak produkálni.

VIZSGÁLAT ELŐKÉSZÍTÉSE – JÁRMŰ TÖMEGKÖZÉPPONTJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgálat során két járművet hasonlítottunk össze: Opel Zafira 1,6 normál, benzinüzemű, valamint ennek sűrített földgázzal üzemelő (CNG) változatát, az Opel Zafira 1,6 CNG Ecotec-et. A mérések célja, hogy megvizsgáljuk, jár-e valamilyen biztonsági hátránnyal az alternatív tüzelőanyag alkalmazása menetdinamikai szempontból. Általánosságban ugyanis megállapíthatjuk, hogy alternatív tüzelőanyag alkalmazásához a járműben elhelyezendő kiegészítő berendezésekre van szükség, melyek a jármű tömegét jelentősen

befolyásolhatják. A gyári adatok csupán a jármű bizonyos paramétereit tartalmazzák (1. táblázat), a súlypontkoordinátákat méréssel kellett meghatározni.

Motor és erőátvitel	
Hengerszám:	4
Lökettérfogat (cm ³):	1598
Furatátmérő (mm):	79,0
Lökethossz (mm):	81,5
Szelepvezérlés típusa:	OHC
Max. teljesítmény (LE (kW)):	105(77); 94(69)
Max. nyomaték (Nm / 1 min):	150/3900; 133/4200
Kéziváltó fokozatai:	5
Futómű	
Abronsok:	195/45 R16
Méret és tömeg	
Tengelytáv (mm):	2716
Nyomtáv elől (mm):	1417
Nyomtáv hátul (mm):	1440
Hosszúság (mm):	4322
Szélesség (mm):	1684
Saját tömeg vezetővel (kg):	1503; 1769
Magasság (mm):	1801
Menetteljesítmény	
Gyorsulás 0–100 km/h:	14,3; 17
Végsebesség (km/h):	176; 165
Átlagfogyasztás (l; kg/100 km):	7,3; 5,5

1. táblázat: az Opel Zafira 1,6 és az Opel Zafira 1,6 CNG paramétereit

A járművek súlypontját az egyes kerekek alá elhelyezett kerék-, illetve tengelyterhelés-mérő berendezés segítségével vizsgáltuk, mely mérő-átalakító nyúlásmérő bélyeg segítségével közli elektronikusan a tömegre vonatkozó információt. Hosszirányú dinamika esetén lemérve egyenként a két tengely terhelését, kapjuk meg a jármű össztömegét. Erre a mérésre tökéletesen megfelelő a tengelyterhelés-mérő. Keresztirányú dinamikánál a tengelytávolság-nyomtáv közötti jelentős méretkülönbség miatt kerékterhelés-mérő segítségével kell mind az első, mind pedig a hátsó kerekekre egy-egy oldalon a kerékterheléseket meghatározni. A BME Gépjárművek Tanszék tulajdonában lévő tengelyterhelés-mérő alkalmas a kerekek külön-külön történő mérésére, így a súlypont meghatározásánál megfelelő eszköznek bizonyult.

SÚLYPONT HOSSZIRÁNYÚ KOORDINÁTÁINAK MEGHATÁROZÁSA

Mérlegeléssel először az egyik, majd a másik tengely terhelésének leérése, ezek összege adja a teljes jármű súlyát:

$$G = G_1 + G_2 \quad (1)$$

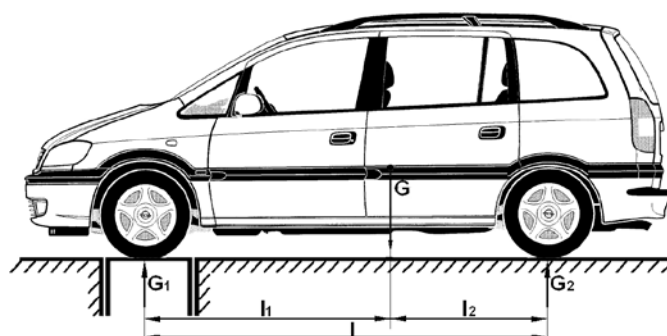
ahol:

G_1 : a mellső tengely terhelése;

G_2 : a hátsó tengely terhelése;

G : a teljes jármű súlya

A jármű tengelytáv-súlypont koordinátái (3. ábra):



3. ábra: hosszirányú súlypontkoordináták

$$l = l_1 + l_2 \quad (2)$$

ahol:

l_1 : a súlypont és a mellső tengely közötti távolság;

l_2 : a súlypont és a hátsó tengely közötti távolság;

l : tengelytáv

Összefüggés a hosszirányú súlypontkoordinátákra:

$$l_1 = \frac{G_2}{G} \cdot l = l - l_2 \quad (3)$$

SÚLYPONT KERESZTIRÁNYÚ KOORDINÁTÁINAK MEGHATÁROZÁSA

Külön kerékterhelés-mérőkkel vizsgáljuk a jármű egyik oldalának súlyhányadát, és az előző mérés során kapott teljes terhelés segítségével számoljuk a keresztirányú koordinátákat:

$$G = G_1 + G_2 \quad (1)$$

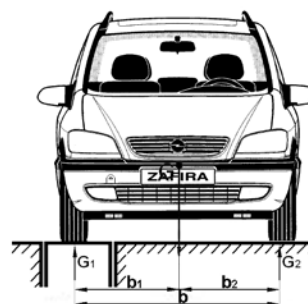
ahol:

G_1 : a jármű jobb oldalának terhelése;

G_2 : a jármű bal oldalának terhelése;

G : a teljes jármű súlya

A jármű tengelytáv-súlypont koordinátái (4. ábra):



4. ábra: keresztirányú súlypontkoordináták

$$b = b_1 + b_2 \quad (4)$$

ahol:

b_1 : a súlypont és a jobb mellső kerék közötti távolság;

b_2 : a súlypont és a bal mellső kerék közötti távolság;

b : mellső nyomtáv

Összefüggés a keresztirányú súlypontkoordinátákra:

$$b_1 = \frac{G_2}{G} \cdot b = b - b_2 \quad (5)$$

A súlypont keresztirányú koordinátájának meghatározása szempontjából lényegtelen, hogy a mellső vagy a hátsó nyomtávhoz

viszonyítjuk a féldoldalas terhelést. A különböző nyomtávok miatt azonban pontosabb értéket kapunk, ha a mellső keréssel számolt b_1 értékhez hozzáadjuk a két nyomtáv különbségének a felét:

$$b_{1m_korrigált} = b_{1m} + \frac{b_h - b_m}{2} \quad (6)$$

ahol:

$b_{1m_korrigált}$: a súlypont és a jobb mellső kerék közötti korrigált távolság;

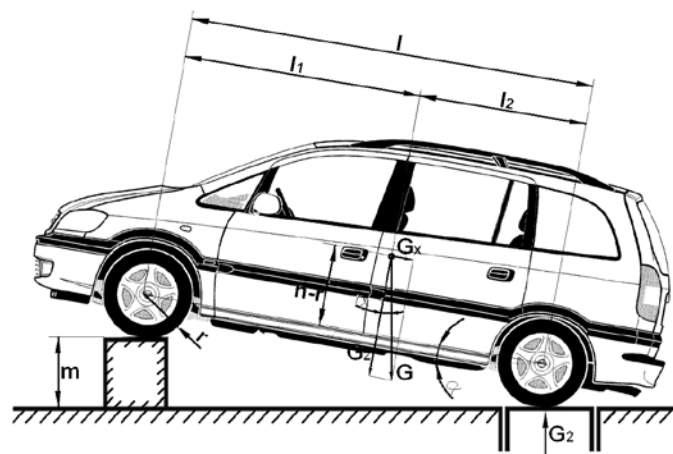
b_{1m} : a súlypont és a bal mellső kerék közötti távolság;

b_m : mellső nyomtáv;

b_h : hátsó nyomtáv

SÚLYPONT FÜGGŐLEGES IRÁNYÚ KOORDINÁTÁINAK MEGHATÁROZÁSA

A járművet valamelyik tengelyénél meghatározott szögben számolyra emelve, a talajszinten maradt tengely terhelését mérjük. A koordináták meghatározásához itt is szükségünk van a teljes tömegre, amit az első mérés során kapunk. A jármű tengelytáv-súlypont adatai a jármű relatív koordináta-rendszerében (5. ábra):



5. ábra: függőleges irányú súlypontkoordináták

$$l = l_1 + l_2 \quad (2)$$

ahol:

l_1 : a súlypont és a mellső tengely közötti távolság;

l_2 : a súlypont és a hátsó tengely közötti távolság;

l : tengelytáv

Összefüggés a keresztirányú súlypontkoordinátákra:

$$G_2 \cdot l \cdot \cos \alpha = G_z \cdot l_1 + G_x \cdot (h - r) \quad (7)$$

ahol:

α : a jármű hossz tengelye és a talaj által bezárt szög;

$G_z = G \cdot \cos \alpha$: a jármű súlyvektorának a jármű hossz tengelyére merőleges komponense;

$G_x = G \cdot \sin \alpha$: a jármű súlyvektorának a jármű hossz tengelyével párhuzamos komponense;

r : a gumiabroncs gördülési sugara

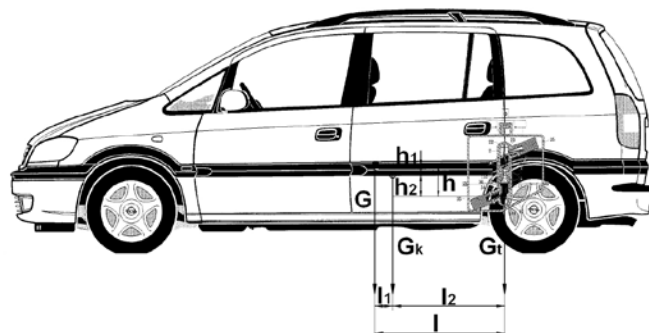
Ebből a jármű talppontjához képest a súlypont magassága:

$$h = \frac{G_2 \cdot l - G \cdot l_1}{G} \cdot \operatorname{ctg} \alpha + r \quad (8)$$

A mérés előtt a jármű rugózását ki kellett iktatni úgy, hogy kitérítést tettünk a felfüggesztés és a rugóstag felső bekötése közé.

TÜZELŐANYAG-TARTÁLYOK (PALACKOK) HELYZETE, MÉRETEI

Az előző méréseket valamekkora benzin, illetve sűrített gáz mennyiség mellett végeztük. A teszt pályás vizsgálatok során előfordulhatnak azonban ennél eltérőbb töltöttségi értékek. Hogy ekkor is pontosan tudjuk a jármű súlypontjának a helyzetét, szükséges a tartályokban lévő tüzelőanyag „szintje”, amit le tudunk olvasni a műszerfalról, valamint tömegközéppontjának helyzete a jármű súlypontjához képest. Mivel ezek a tartályok, illetve palackok közel szimmetrikusan lettek a jármű hossz tengelyéhez képest elhelyezve, így csupán a hossz- és függőleges irányú súlypontkoordináták szempontjából lényeges a vizsgálatuk (6. ábra). A korrigált értékeket a következő összefüggések mutatják:



6. ábra: tüzelőanyag-mennyiség függvényében az eredő súlyvektor

$$l_1 = \frac{l_{1+2}}{1 + \frac{G}{G_t}} \quad (9)$$

ahol:

l_{1+2} : a jármű mért tömegközéppontja és a tüzelőanyag-tartály tömegközéppontja közötti hosszirányú távolság (az ábrán l -el jelölve);

l_1 : a jármű mért tömegközéppontja és a korrigált tömegközéppont közötti hosszirányú távolság;

G : a jármű mért súlyvektora;

G_t : a tüzelőanyag súlyvektora;

G_k : az eredő súlyvektor

$$h_1 = \frac{h_{1+2}}{1 + \frac{G}{G_t}} \quad (10)$$

ahol:

h_{1+2} : a jármű mért tömegközéppontja és a tüzelőanyag-tartály tömegközéppontja közötti függőleges irányú távolság (az ábrán h -val jelölve);

h_1 : a jármű mért tömegközéppontja és a korrigált tömegközéppont közötti függőleges irányú távolság

Benzintartállynál a függőleges irányú súlypont a pillanatnyi tüzelőanyag-oszlop felénél található, gázpalacknál folyékony gáz lévén homogén eloszlást tekintünk, így ott a tömegközéppont fix koordinátájú, a tartály magasságának felénél van.

JÁRMŰVEK FELMŰSZEREZÉSE

A sűrített földgáz üzemű járművek, valamint környezetük elemző vizsgálata során egyik szempont volt a CNG-s járművek hagyományos üzemű társaikkal történő összehasonlítása. Ennek egyik módja a teszt pályás járműdinamikai vizsgálat, melynél az Opel Zafira 1,6 CNG típusú, valamint az Opel Zafira 1,6 benzines kocsin hajtottunk végre járműdinamikai teszteket, és vetettük össze

az eredményeket egy előre meghatározott metodika alapján. A két jármű a motor bizonyos alkatrészein kívül a tüzelőanyag-tartályok számában, helyzeteiben, illetve ennek következtében a padlólemez kialakításában különbözik a leginkább egymástól. Ezek a különbségek okozzák a járművek tömegéből, illetve a súlypont helyzetéből adódó eltérő saját kormányzási és inerciális tulajdonságokat. A más-más jellegből adódóan két azonosan megtervezett és végrehajtott mérés nem ad megfelelő eredményt a járműdinamikai összehasonlításához, szükséges a súlypont alapján történő gyorsulásjelek korrekciója, amely a jármű súlypontja és az elhelyezett gyorsulásérzékelő közötti távolság alapján irányonként a következő összefüggésekkel határozható meg:

$$\ddot{x}_{corr} = \ddot{x} - (\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2) \cdot x_{disp} + (\dot{\theta} \cdot \dot{\phi} - \ddot{\psi}) \cdot y_{disp} + (\dot{\psi} \cdot \dot{\phi} + \ddot{\theta}) \cdot z_{disp} \quad (11)$$

$$\ddot{y}_{corr} = \ddot{y} + (\dot{\theta} \cdot \dot{\phi} + \ddot{\psi}) \cdot x_{disp} - (\dot{\phi}^2 + \dot{\psi}^2) \cdot y_{disp} + (\dot{\psi} \cdot \dot{\theta} - \ddot{\phi}) \cdot z_{disp} \quad (12)$$

$$\ddot{z}_{corr} = \ddot{z} + (\dot{\psi} \cdot \dot{\phi} - \ddot{\theta}) \cdot x_{disp} + (\dot{\psi} \cdot \dot{\theta} + \ddot{\phi}) \cdot y_{disp} - (\dot{\phi}^2 + \dot{\theta}^2) \cdot z_{disp} \quad (13)$$

ahol:

$\ddot{x}_{corr}$; $\ddot{y}_{corr}$; $\ddot{z}_{corr}$: a hossz- a kereszt-, illetve a függőleges irányú gyorsulásjelek súlyponttávolsággal korrigált értékei;

$\ddot{x}$; $\ddot{y}$; $\ddot{z}$: a gyorsulásérzékelő által mért hossz-, kereszt-, illetve függőleges irányú gyorsulásjelek;

x_{disp} ; y_{disp} ; z_{disp} : a gyorsulásérzékelő koordináta-középpontja, valamint a jármű súlypontja közötti hossz-, kereszt-, illetve függőleges irányú távolságok;

$\dot{\phi}$; $\ddot{\phi}$: az x-tengely körüli „dőlés” szögsebessége, illetve szöggyorsulása;

$\dot{\theta}$; $\ddot{\theta}$: az y-tengely körüli „bólintás” szögsebessége, illetve szöggyorsulása;

$\dot{\psi}$; $\ddot{\psi}$: a z-tengely körüli „pörgés” szögsebessége, illetve szöggyorsulása

MÉRÉSEK VÉGREHAJTÁSA

Statikus mérés

A súlypontot a BME Gépjárművek Tanszékének Csonka laboratóriumában mértük le a precíziós csúszólapos fékpad tengelyterhelés-mérőjével. A hossz-, illetve keresztirányú súlypontmérésnél a megfelelő oldali kerekeket külön-külön lemérve határoztuk meg a rajta ébredő súlyadatokat. A függőleges súlypontkoordináta meghatározásához a járműveket a mellső tengelyükönél fogva egy hidraulikus emelő segítségével közel 500 mm magasságig emeltük, majd a hátsó kerekek jobb és bal oldali kerekénél hajtottuk végre a korábbival megegyező mérést. A kapott értékeket behelyettesítve a fenti egyenletekbe, a kapott korrigált gyorsulásértékekkel történt a diagramok kiértékelése.



7. ábra: az Opel Zafira 1,6 és az Opel Zafira 1,6 CNG kerékkerheléseinek mérése

Dinamikai mérés

A mérések jellegéből kifolyólag azokat csak zárt, erre kialakított pályán lehetett elvégezni. Míg a hosszirányú dinamikai vizsgálathoz hosszú betoncsíkra volt szükség, addig a keresztirányú méréseknél nagyobb kiterjedésű, összefüggő beton-, illetve

aszfalttábla kellett, melynél vízzel lehetett csökkenteni a felület tapadási tényezőjét. A tököli repülőtér kifutópálya mellett kialakított tesztszakasza tökéletesen megfelelt az előbbi kívánalmaknak (8. ábra).



8. ábra: Opel Zafira 1,6 és Opel Zafira 1,6 CNG a tököli repülőtéren

A mérés megkezdésekor fel lettek jegyezve az időjárási, illetve a pályával kapcsolatos egyéb paraméterek. Ezek közé tartozik a levegő, valamint a pálya hőmérséklete, a pálya nedvessége, szennyezettsége, felületének állapota. Tesztköröket tettünk meg, hogy a becült sebességi, illetve tesztgeometriai paraméterek megfeleljenek-e a valós mérések végrehajtására. Ezek alapján lehetett a korrekciót elvégezni. A teszteket ugyanaz a vezető végezte el az azonos mérések végrehajthatósága miatt, és ennek megfelelően célszerű volt ugyanannak a gyorsulásszenzornak az adatait feldolgozni. Ehhez egy olyan felfogatási módszert alkalmaztunk, mellyel a szenzort rövid idő alatt lehetett egyik járműből a másikba áttelepíteni. A méréseket célszerű volt hossz- és keresztirányú dinamika vizsgálata szerint az alábbi módon szétbontani.

Hosszirányú dinamikai mérések (9. ábra):

- Lassulás teljes fékezés mellett → ABS-aktivitás;
- Lassulás teljes fékezés mellett → kikötött ABS mellett



9. ábra: Opel Zafira 1,6 CNG hosszirányú dinamikai mérésének következménye teljes fékezés mellett

Mindkét esetben figyelembe kellett venni az átterhelődés okozta hatásokat, amikor a bólintás miatt téves lassulásértéket közöl a gyorsulásérzékelő. Ekkor a Pitch-rate adatokkal korrigáltuk a hosszirányú gyorsulásértékeket.

- Kigyorsítás 0 km/h sebességről;
- Kigyorsítás megadott sebességről;
- Kigyorsítás során a különböző fokozatokban elért fordulatszám nagyságát vesszük figyelembe, illetve a megadott fokozatban a két sebesség közötti időintervallumot. Így a váltás a megadott fordulatszám és sebességlepték szerint a következő módon alakul:
 - 1-es fokozatban: 4000 1/min-ig;
 - 2-es fokozatban: 4000 1/min-ig;
 - 3-as fokozatban: 4000 1/min-ig;
 - 4-es fokozatban: 100 km/h-ig.

A megadott sebességről történő kigyorsítás menete:

- 4-es fokozatban: 60–100 km/h.

Kigyorsításkor éppúgy figyelembe vettük a Pitch-rate értékeket, mint lassításkor.

- A kigyorsítást elvégeztük 1-es fokozatban a motor le szabályozásáig.

Keresztirányú dinamikai mérések: a keresztirányú dinamikai mérések során figyeljük egyrészt az oldalgyorsulás mértékét, továbbá a stabilitásvesztés határát. Ez utóbbihoz csökkentett tapadási tényező, locsolt útfelületet is igénybe vettünk (10. ábra).



10. ábra: Opel Zafira 1,6 CNG keresztirányú dinamikai mérés közben

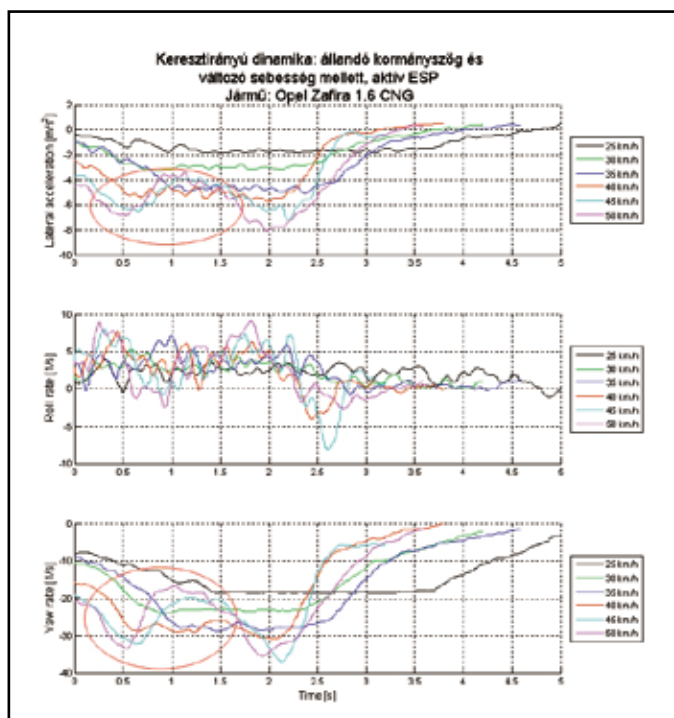
A méréseket mind ESP-vel, mind pedig kikötött ESP mellett is elvégeztük rész körpályás íven, amelyek a következőket foglalják magukba:

- Haladás állandó köríven/ állandó kormánysszög mellett, egyre növekvő sebességlépcsőkkel;
- Haladás állandó köríven/ változó kormánysszög mellett, állandó sebességgel.

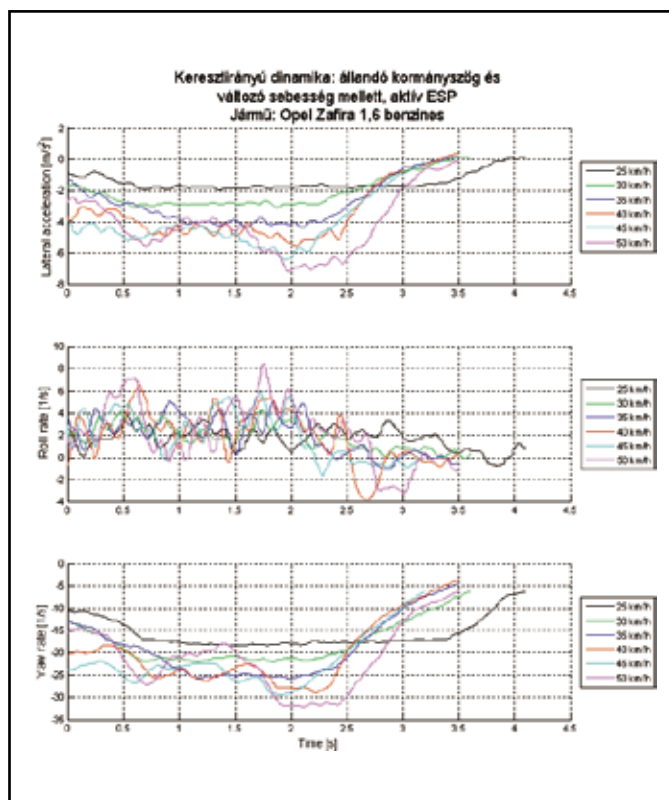
MÉRÉSI ADATOK KIÉRTÉKELÉSE

Keresztirányú dinamika

Keresztirányú mérés során a jármű azonos íven haladva csökkentett tapadású felületre érkezett. A két járművel elérhető keresztirányú gyorsulás (Lateral acceleration) és legyezési szögsebesség (Yaw rate) kiolvasható a következő ábrákból (11. ábra és 12. ábra), miközben látható a két jármű dőlését jellemző szögsebesség is (Roll-rate).



11. ábra: keresztirányú dinamika állandó kormánysszög, illetve változó sebesség mellett a CNG-s járművön



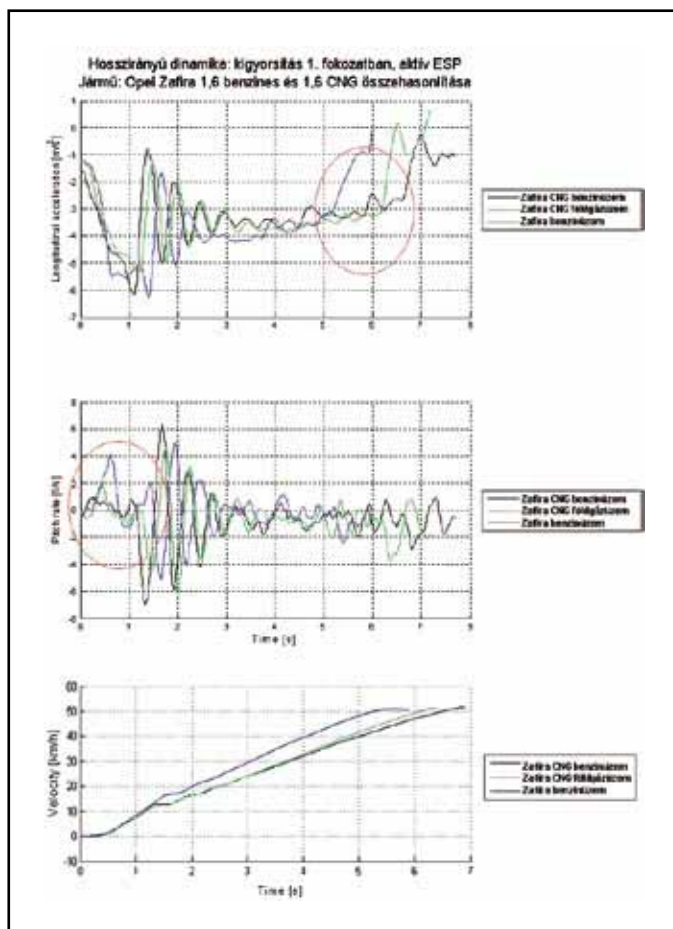
12. ábra: keresztirányú dinamika állandó kormánysszög, illetve változó sebesség mellett a normál benzines járművön

A 11. ábra a CNG-üzemű Zafira, míg a 12. ábra a normál 1,6 literes benzines változat dinamikai állapotát mutatja. A CNG-s jármű túlkormányozottabb (kevésbé alulkormányozott) benzines társánál, amit a nagyobb oldalgyorsulási értékek mutatnak. Ez a súlypontkoordináták elhelyezkedése alapján egyértelműen várható volt, hiszen a kormányzott kereken ébredő oldalirányú erő nagyobb karon forgat a hátrébb került súlypont miatt, vagyis nagyobb forgatónyomatékok tud kifejtetni. A stabilitásvesztés, illetve ennek köszönhetően az ESP beavatkozása a nagyobb, 40–50 km/h-s tartományban következik be mind a két járműnél. Bár a CNG-s autó súlypontmagassága kisebb, nagyobb tömeg miatt a földgázos jármű dőlése mégis nagyobb, mint benzines társáé. A CNG-s jármű esetén valószínűleg ezért, nagyobb dőlés miatt avatkozik be a menetdinamikai szabályzó – körülbelül ugyanannál a sebességnél. Megállapítható tehát, hogy az ESP-nek köszönhetően nagyjából azonos dinamikai tulajdonságokat kapunk a két jármű esetén.

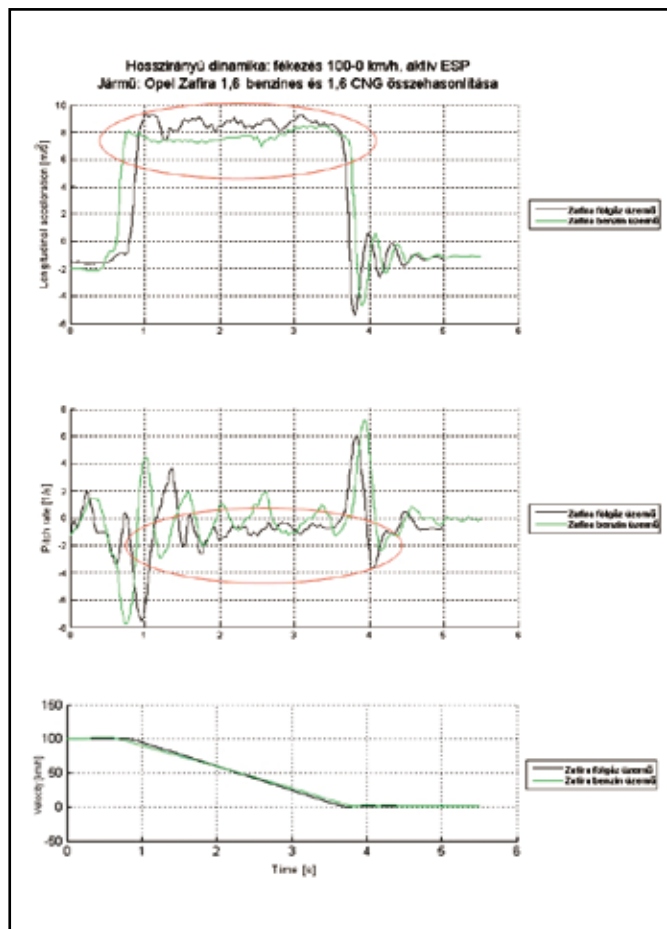
Hosszirányú dinamika

Hosszirányú kigyorsításkor egyértelműen megmutatkozik a normál benzin üzemű Zafira kisebb tömegéből és nagyobb nyomatékából adódó jobb gyorsítóképessége, mint a CNG-s társáé (13. ábra alsó diagramon előbb eléri az adott sebességet). Amellett, hogy kisebb vonóerőt visz át az útra, a sűrített földgázzal üzemelő jármű súlypontja alacsonyabban van, így kigyorsításkor a bőlintási szögsebessége kisebb értékű, mint a benzinesé.

A 14. ábra felső diagramján leolvasható, hogy a CNG-s Zafira hosszirányú lassulás értéke a 8,5 m/s² értéket is elérte, míg a benzines társa alig tudott 8 m/s² értéket folyamatosan produkálni. A középső diagramon a bőlintási szögsebességből látszik, hogy annak középértékének abszolút értéke a földgázüzemű jármű esetén nagyobb, vagyis annak nagyobb a bőlintási szöge.



13. ábra: hosszirányú dinamikai mérés: kigyorsítás első fokozatban



14. ábra: hosszirányú dinamikai mérés: teljes fékezés 100 km/h-ról 0 km/h-ra

KÖVETKEZTETÉS

Feladatunk volt meghatározni, hogy mennyiben különböznek biztonsági, illetve dinamikai jellegüket tekintve a sűrített földgázzal működő járművek a hagyományos benzines társaikkal összehasonlítva. A vizsgálat során az 1,6 literes Opel Zafira CNG kettős üzemű jármű tulajdonságaival vetettük egybe az Opel Zafira 1,6 normál benzines autót.

A mérés előkészülete a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépjárművek Tanszékének csarnokában történt, ahol a két jármű statikai paramétereit határoztuk meg tengelyterhelés-mérő segítségével, illetve a geometriai méreteket olvastuk le, melyek a főbb egységekhez tartoztak. Felszereltük a járművet továbbá egy nagy pontosságú gyorsulás-, illetve szögsebességmérővel, amit a jobb első ülés mögötti vezetősinen helyeztünk el, minél közelebb a jármű

súlypontjához. A méréseket a tököli repülőtér egyik elválasztott részén végeztük, ahol lehetőség volt mind a hossz-, mind pedig a keresztirányú gyorsulási értékek pontos felvételére változó tapadási feltételekkel.

A mért, majd kiértékelt adatok bebizonyították, hogy menetdinamikai szempontból, amennyiben a hosszirányú gyorsulást vesszük alapul, úgy a normál benzines Zafira nagyobb nyomatékának és teljesítményének köszönhetően valamivel jobb tulajdonságokat mutat a földgázüzeművel szemben. Fékezéskor azonban a nagyobb tömege ellenére a sűrített földgáz üzemű jármű valamivel jobban szerepelt, köszönhetően a feltehetően nagyobb mértékű átterhelődésének. Ugyanez vonatkozik a keresztirányú dinamikára is, ahol a földgázüzemű jármű kevésbé mutatott alulkormányozottságot mint a benzines, viszont nagyobb dőlése miatt a menetdinamikai szabályozója körülbelül ugyanannál a sebességnél avatkozott be.

Haszonjármű futóművizsgáló próbapad fejlesztése az EJJT-ben

Kádár Lehel

Szabó Bálint

egyetemi tanársegéd,
BME Gépjárművek
Tanszék

A Tudásközpont részt vett egy nemzetközi projektben, amelynek részeként egy olyan vizsgáló próbapad kifejlesztésére és kivitelezésére került sor, amely alkalmas a haszongépjármű-pótkocsi futóművének lengéstani vizsgálatára. A próbapadon különböző lengéscsillapító-légrugó párosítások vizsgálatát lehet elvégezni. A vizsgálóberendezés egy elektronikus vezérelhető hidropulzátorra épült, vagyis a kerékre bármilyen függőleges irányú elmozdulás-függvény kivezethető.

The Knowledge Centre took part in an international project. As a result of this project a test bed was developed with which dynamical analysis can be carried out on different running gears of commercial vehicles. On this test-bed different spring damper combination are to be examined and compared. The basis of the test bed is an electronically controllable hydraulic shaker with which any kind of vertical motion function can be driven out.

CÉLKITŰZÉS

Minden járműrendszer, járműkomponens fejlesztési folyamatban egymásra épülve, egymást kiegészítve alkalmazzák a szimulációs modellezést, a laboratóriumi fizikai modellezést és az országúti járművizsgálatokat. Először virtuális modellt készítenek, amellyel az adott részegység működését számítógépes környezetben lehet szimulálni. A virtuális modell megfelelőségének elbírálásához szükség van validáló mérések elvégzésére, vagyis a rendszer valós körülmények közötti vizsgálatára, amelyek során ellenőrizni kell, hogy a modell a valóságnak megfelelően működik-e. A haszongépjármű-futóművek fejlesztése többféle megközelítésben történhet, az egyik a lengéstani vizsgálat. Ebben az esetben elegendő egyetlen futóművet, azaz egy fél hidat vizsgálni. A minősítés során a kerékre ható gerjesztés hatására végbemenő felépítménymozgásokat kell elemezni. A rugózás és a csillapítás akkor a leghatékonyabb, ha minél jobban elnyeli a futómű az útgerjesztést, ugyanakkor a kereket kellő erővel szorítja le az úttestre.

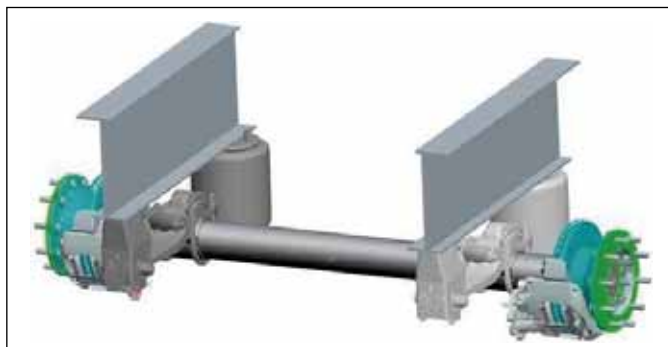
Az Elektronikus Jármű- és Járműirányítási Tudásközpont bekapcsolódott egy nemzetközi tudományos kutató-fejlesztő munkába, amely egy speciális haszongépjármű-rugózás és lengéscsillapítás kifejlesztésére irányul. Ennek részeként a Tudásközpont részadata egy olyan vizsgálóberendezés tervezése, kivitelezése, majd azon mérések elvégzése, amely alkalmas a különböző légrugók és lengéscsillapítók valóságos üzemi körülmények közötti vizsgálatára.

A Tudásközpontban megvalósított futóművizsgáló berendezés követelményei voltak, hogy egy félpótkocsi egy fél hídjának lengéstani modelljét vizsgálni lehessen különböző légrugó-lengéscsillapító kombinációk mellett. A próbapadot a félpótkocsi tengelyterhelésének felével, azaz négy tonnával kell leterhelni. Meg kellett oldani, hogy a kerékre függőleges irányú gerjesztést adjunk. A felépítményt, amelynek 4 tonnás össztömegűnek kell lennie, meg kell vezetni úgy, hogy függőleges irányban szabadon mozoghasson, azaz a futómű ki- és berugózását engednie kell, de az összes többi szabadságfokát rögzíteni kell. A működtetés során mérni kell a kerék talppontjának, a lengőkarnak, illetve a felépítménynek a gyorsulását, az ezek közötti távolság változását – azaz ezeknek a részeknek az elmozdulásait –, valamint a pneumatikus rugó-lengéscsillapító rendszer különböző szakaszain a légnyomást.

KONSTRUKCIÓ

A kerék mozgatását, azaz az útgerjesztés szimulálását leghatékonyabban elektronikus vezérlésű pulzátorral lehet megvalósítani. A vizsgálóberendezés működtetéséhez szükséges nagy teljesítményű pulzátorral a JÁFI-AutóKut Kft. rendelkezik. A hidraulikus elven működő pulzátoroknak három fő alkotóeleme van. Az első a hidraulikaaggregát, amely a rendszer működtetéséhez szükséges nyomást és térfogatáramot biztosítja. A használt aggregát tápszivattyúja 280 bar nyomást és 100 liter/perc térfogatáramot szállít. Az aggregát tartalmazza a nyomáshatároló szelepet, amely állandó nyomást tart a rendszerben, a szűrőket, illetve a hűtőkört, amely a túlmelegedés ellen védi az olajat. A másik alkotóelem a hidraulikus munkahenger. Ennek az elemnek a feladata, hogy a hidraulikus energiát mechanikai energiává alakítsa. A munkahenger 280 bar nyomáson 60 kN erőt képes kifejteni. Vagyis a 4 tonnás szerkezetet statikusan elbírja, és kisebb dinamikus terheléseket is képes a szerkezetre átadni, amelyek elegendőek egy futómű lengéstani vizsgálatához. A harmadik elem a szervoszelep, vagyis egy kétfokozatú rászigetítővel kialakított útváltó szelep. Ez működteti az aktuátort úgy, hogy hol az egyik, hol pedig a másik ágára kapcsolja a tápnyomást.

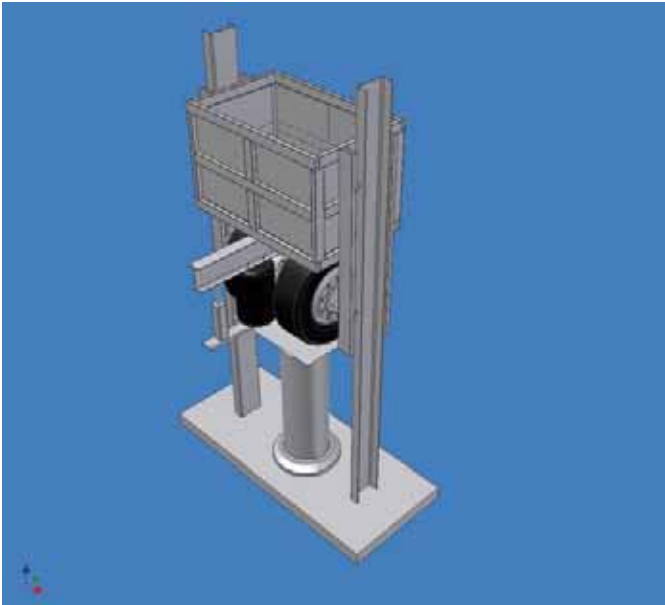
A vizsgálóberendezés konstrukciójának kialakításakor jelentős műszaki problémát jelentett a félbevágott futóműhíd és a hozzá kapcsolódó felépítmény egyszabadságfokú, vagyis függőleges irányú megvezetése. A félpótkocsi futóműve ma szinte kizárólag merevhidas, hosszlevegőkaros, légrugós kivitelű (1. ábra), vagyis a



1. ábra: a vizsgálandó futómű 3D modellje

két kereket merev, nagy szilárdságú csőtengetly kapcsolja össze, így a futómű a pótkocsira építve kétszabadságfokú mozgást végez: mozoghat a függőleges z tengely irányába, és billeghet a hosszirányú x tengely körül.

A légrugó és a lengéscsillapító vizsgálatához elegendő a függőleges irányú mozgás megvalósítása. Ezt úgy sikerült szerkezetileg megoldani, hogy a futómű hosszirányú lengőkarjára szimmetrikusan mindkét oldalra kereket szereltünk fel, amely kisebb tömegű és méretű az eredeti keréknél. A mérőkeretek geometriai és tömegadatait, valamint a gumiabroncsok levegőnyomását számításokkal és próbamérésekkel úgy határoztuk meg, hogy az átalakított fél futómű lengéstanilag egyenértékű legyen az eredeti fél futóművel. A felépítmény mechanikai modellezése már egyszerűbb feladat volt, a szekrényesen kialakított acélszerkezet magába foglalja az egyenként 25 kg tömegű hitelesített mérő súlyokat, amelyekből a kívánt felépítményterhelést vagy részterhelést pontosan be lehet állítani. A felépítmény mozgását két, függőleges oszlop irányítja, az oszlopokhoz a szekrény rugalmas abroncsú golyóscsapágyazott görgőkkel támaszkodik (2. ábra).



2. ábra: a próbapad térbeli vázlata

A hidropulzátor mozgató platformjához a két járműkerék egyértelműen támaszkodik, a lengőkar mozgásából adódó kismértékű x irányú elmozdulást az elforduló kerekek lehetővé teszik. A futóműbe beépített rugók, csillapítók a mérés folyamán változtak, hiszen a mérés célja éppen az volt, hogy különböző légrugó-lengéscsillapító kombinációk mellett vizsgáljuk a futómű viselkedését. Az eredeti futóműbe egy 350 mm átmérőjű légrugó volt beépítve hidraulikus lengéscsillapítóval. Emellett vizsgálatokat végeztünk kisebb, 300 mm átmérőjű légrugóval is. Beépítésre került egy régi, illetve egy új hidraulikus csillapító is. Újdonságként vizsgálat tárgyát képezte a pneumatikus működésű csillapító is. Lényegében egy pneumatikus munkahengerről van szó, amelynek felső és alsó kamráját különböző fojtásokon keresztül kötjük össze. Ez a pneumatikus lengéscsillapító a lengőkar és a hossztartó közé került, a légrugó mögé. Ezért meg kellett hosszabbítani mind a lengőkart, mind pedig a hossztartót. De nemcsak pneumatikus munkahenger tudja a pneumatikus csillapítást megoldani, hanem a légrugót is be lehet úgy kötni, hogy csillapítsa a lengéseket. Ehhez egy kiegészítő 20 liter térfogatú tartályra van szükség, amelyet különböző fojtásokkal kötünk össze a légrugóval.

A változó frekvenciájú lengéstani vizsgálatoknál mindig kritikus követelmény, hogy a vizsgálóberendezés különböző alkatrészei-

nek sajátfrekvenciája ne essen egybe a vizsgálandó szerkezet sajátfrekvenciájával. A pótkocsi futóművének sajátfrekvenciája 14–15 Hz, míg a felépítmény sajátfrekvenciája 1–3 Hz tartományba esik. A próbamérések során kiderült, hogy a vizsgálóberendezés kritikus frekvenciája 16–17 Hz értékű, amelyet elsősorban a függőleges oszlopok rugalmassága határoz meg. Így a 14–17 Hz frekvenciatartományban igen erős rezonancia lépett fel, ami a mérési eredmények jelentős torzulását okozta. A vezetőoszlopok merevségének növelését kellett megoldani, amelyet végül az oszlopok acélsodrony kötélekkel történő kifeszítésével sikerült elérni. Az elkészült szerkezetet mutatják a 3. és 4. ábrák.



3. ábra: futóművizsgáló próbapad



4. ábra: futóművizsgáló próbapad

MÉRŐRENDSZER

A mérés során gyorsulás-, út- és nyomásszenzorokat alkalmaztunk. A gyorsulásszenzorok induktív elven működnek, méréshatáruk 15 g. Három szenzort kellett elhelyezni a próbapadon: egyet a pulzátor lemezén, egyet a lengőkaron és egyet pedig a felépítményen. Utóbbi kettőn külön tartólemezt helyeztünk el a szenzorok felfogására. Hasznos információt szolgáltatnak az úteladó szenzorok. Az elmozdulásokat megkaphatnánk a gyorsulásjelek kétszeres integrálásával, azonban a gyorsulásjeleket terhelő zaj miatt az integrálás nehezen kivitelezhető, ezért érdemes elmozdulásjeladót beépíteni a próbapadba. Ugyanúgy, mint a gyorsulásszenzorok esetében, itt is a három külön mozgó résznek, a pulzátor lapjának, a lengőkarnak, továbbá a felépítménynek a pozícióját kell meghatároznunk. A pulzátor lapjának mindenkor helyzetét ismerhetjük, ugyanis a munkahengerben található egy induktív úteladó, amely a dugattyú aktuális pozícióját szolgáltatja. Ezen felül távolságjeladók segítségével mérhetjük a pulzátor lapja és a lengőkar között, továbbá a lengőkar és a felépítmény között. Az úteladók ultrahangszenzorok, ahol a szenzor bocsátja ki és fogadja a sugarakat, de az ellenoldalon szükség van egy visszaverő lemezre, amely a kibocsátott ultrahangsugarakat visszaveri a szenzor felé. Fontos figyelembe venni azt a tényt is, hogy a szenzor tengelye mekkora szöget zár be a visszaverő lemezzel. Ha túl meredek a szög, akkor a visszaverődő hanghullámok nem a szenzor membránjába verődnek vissza, és nem érzékelik a távolságot. A szenzorok méréstartománya 100 és 1000 mm között van. A pneumatikus rendszerbe épített jeladók 16 bar méréshatárú nyomásszenzorok. Ezeket a szenzorokat szabványos pneumatikus vizsgálócsatlakozókra lehet felszerelni. A pneumatikus rendszer kiépítésétől függően többféle helyen történik a nyomás mérése, de egyszerre legfeljebb három helyen, azaz három nyomásmérő szenzor elegendő (5. ábra).



5. ábra: szenzorok elhelyezése

A szenzorok felől érkező jelek rögzítéséhez, illetve a pulzátor vezérléséhez egy adatgyűjtő AD- és DA-átalakítókkal ellátott mérés-adatgyűjtő eszközre van szükség. A dSpace AutoBox elnevezésű mikroszámítógépet, illetve annak AD/DA kártyáját használtuk erre a célra. Ez a mikroszámítógép hálózati kábellel kommunikál a személyi számítógéppel. A PC-n megírt pulzátorvezérlő és a szenzorok adatait rögzítő programot be lehet fordítani a mikroszámítógépbe, ami aztán abban real-time módban fut. Ennek köszönhetően kiküszöbölhető a személyi számítógépek multitask üzemmódjának következményeként fellépő akadozás az adatgyűjtésben és a vezérlésben.

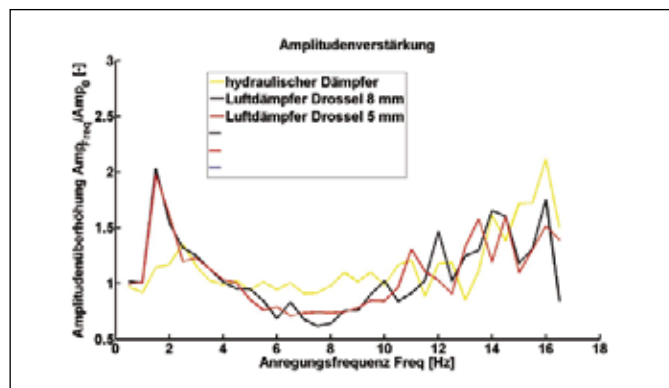
MÉRÉSEK

Minden légrugó-lengéscsillapító kombinációnál többféle mérést kell elvégezni, hogy minősíteni lehessen, és össze lehessen hasonlítani az egyes csillapítók hatását. A futómű lengéstanai szempontból történő vizsgálatának egyik legjellemzőbb függvénye a nagyítási karakterisztika. Miután a futóműve kéttömegű lengőrendszer, ezért két

nagyítási függvényt lehet értelmezni: a gumibroncs, illetve a rugózás nagyítási karakterisztikáját. De elemezhetjük a kettőt együtt is, vagyis a felépítmény mozgásának és a kerék talppontja elmozdulásának hányadosát. Mivel a nagyítás frekvenciafüggő, különböző frekvenciákon kell méréseket végezni, hogy elemezni lehessen a nagyítási tényező változását a frekvencia függvényében. A legegyszerűbb módszer, ha a pulzátorra szinuszos mozgást vezérlünk adott amplitúdóval és különböző frekvenciával. Ezt automatizálni is lehet, hogy a program lépteti a frekvenciát egy kezdő értéktől egy végértékig adott lépésközzel. A frekvenciatartományt úgy kell megválasztani, hogy a teljes – futóművet érő – intervallumot lefedjük. Célszerű tehát 0,5 Hz-től indulni, 0,5 Hz-es vagy még finomabb lépésközzel növelni a frekvenciát, de legfeljebb 20 Hz-ig. E felett ugyanis a gumibroncs elnyeli a rezgéseket. Az amplitúdót a szerkezet szilárdsága korlátozza. Olyan amplitúdót kell választani, amelyet a teljes frekvenciatartományban elvisel a futómű. Igaz, hogy alacsony frekvenciákon több tíz milliméteres lengéseket is elvisel a szerkezet, de ekkora amplitúdónál a sajátfrekvencián vagy magasabb frekvenciákon már a futómű is károsodik. Ezért a kiválasztott amplitúdó 3 mm volt. A nagyítási függvényt meg lehet adni elmozdulások hányadosaként, de a gyorsulások aránya is ugyanazt az eredményt kell hogy szolgáltatassa. További méréseket érdemes végezni a futómű viselkedésének vizsgálatára. Az egyik ilyen vizsgálat a lépcsőfüggvény. Ezzel szimulálható az az eset, amikor a jármű egy járdaszegélyre hajt fel vagy arról hajt le. Két különböző magasságú lépcsőfüggvénnyel végeztünk méréseket: egy 30 mm-es és egy 100 mm-es magasságúval. Ezeknél a méréseknel jól lehet vizsgálni a csillapító hatékonyságát, ugyanis az egységugrás hatására a felépítmény lengeni kezd, amely ideális, csillapítás nélküli rendszer esetén végtelen ideig tartana: a csillapítás hatására csökken a lengések intenzitása. A csökkenés mértéke a csillapítással arányos. Ezeket a vizsgálatokat kívül elemezni lehet, hogyan viselkedik a futómű az úton. Mivel a pulzátor vezérlése úgy történik, hogy minden időpillanatban megadjuk a dugattyú helyzetét, ezért a hidraulikus rendszer teljesítménykorlátján belül bármilyen útprofilfüggvényt ki lehet vezérelni. A legcélszerűbb egy rossz minőségű útnak megfelelő gerjesztést a próbapadra vezérelni.

KIÉRTÉKELÉS

Az eredmények kiértékelése során a különböző lengéscsillapító-légrugó kombinációk kerültek összehasonlításra. Lengéstanai szempontból a legjellemzőbb minősítési karakterisztika a nagyítási tényező változása a frekvencia függvényében. Ezt a frekvenciaanalízis mérőeszköztől határozhatjuk meg, vagyis amikor állandó amplitúdóval, de



6. ábra: nagyítási függvény

folyamatosan növekvő frekvenciával végeztünk méréseket. A 6. ábrán látható diagram 3 különböző kivittet hasonlít össze: a hidraulikus lengéscsillapítót, valamint a pneumatikus lengéscsillapítót két különböző méretű fojtással. A nagyítási függvényből jól kivehető a felépítmény 1–2 Hz körüli, illetve a futómű 13–15 Hz körüli sajátfrekvenciája.

Járművek újrahasznosítása során keletkező shredderezési könnyűfrakció energetikai hasznosítása

Újsághy Zsófia

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Gépjárművek Tanszék

Dr. Lukács Pál

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Gépjárművek Tanszék

A hulladékkezelés területének mára igen jelentős hányadát teszi ki a roncsautókból származó hatalmas mennyiségű és tömegű hulladék megfelelő begyűjtése, szállítása, előkezelése és feldolgozása, amely egy komplex feldolgozó rendszert kíván. Elsődleges cél, minél nagyobb arányban visszavezetni az alkotóelemeket – akár változatlan formában újra felhasználva azt; akár másodlagos nyersanyag formájában újrahasznosítás révén – a körfolyamatba. A technológiai háttérrel a még tisztább alkotók, anyagfélék még nagyobb arányú visszanyeréséhez és újrahasznosításához a shredder- és az azt követő szeparátor-technológia fejlesztések biztosítják. Ha az anyagában történő hasznosítás nem lehetséges, akkor kerülnek előtérbe az energetikai hasznosítás technológiái, a főként termikus úton történő bontásával az anyagoknak: azaz a pirolízis és az égetés korszerű technológiái. Mindegyik új technika lényege végső soron változtatni a jelenlegi gyakorlaton, csökkenteni a lerakókba kerülő hulladék mennyiségét.

Nowadays a great proportion of the waste-management problem is composed by the proper collection, transport, preparation and processing of the huge quantity and mass of waste materials originating from car wrecks, that requires a complex processing system. The primary aim is to refeed as much constituents as possible into the technological cycle, either by reusing them without any changes, or else recycling them as secondary raw materials. The technological background for regaining and reusing even more components and materials at an even higher proportion and purity is provided by the continuous improvements in the shredder - and subsequent separator - techniques. Only, when the material recovery is not feasible, the technologies of energy recovery are becoming conspicuous, mainly by the thermal decomposition of materials: i.e. the up-to-date technologies of pyrolysis and burning. At last the ultimate purpose of each new technique is to change the present practice, to decrease the volume of wastes landing in landfills.

BEVEZETÉS

Évente 8–9 millió tonna hulladék keletkezik az Európai Unióban csak gépjárműroncsokból, Magyarországon pedig évente 100–120 ezer jármű kerül kiselejtezésre, ez közel 100–120 ezer tonna hulladékot jelent. Magyarország uniós csatlakozása után a roncsautókról szóló irányelv harmonizálása és végrehajtása ránk nézve is kötelező érvényű lett. A legfontosabb célok között szerepelt a lerakóba kerülő, roncsautókból származó hulladékok mennyiségének csökkentése, megfogalmazásra került a roncsautókból származó hulladékok előírt kezelési arányai. [1]

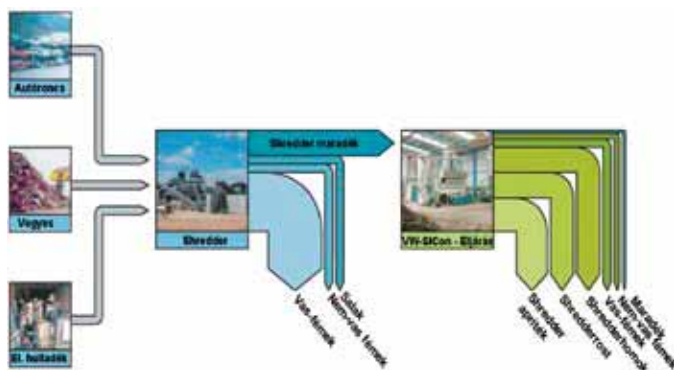
UNIÓS DIREKTÍVÁK

A gépjárművek újrahasznosításával kapcsolatban megjelent környezetvédelmi jogszabályok és ezek szigorítása a járművekben található szerves anyagok (műanyag és gumialkatrészek) felértékeléséhez vezetnek. Elsődleges szempont ugyan a gépkocsi tömegcsökkentése lenne, köszönhetően az emissziós előírásoknak, azonban a közlekedésbiztonsági, újrahasznosítási, illetve a komfortigényeknek megfelelően átlagos súlygyarapodás figyelhető meg az elmúlt néhány évtizedben. A felhasznált anyagokat a tervezési, illetve gazdasági szempontok mellett a környezetvédelmi hatások is befolyásolják. A gépjárművek újrahasznosítására vonatkozó 2000/53/EC Közösségi Direktíva, más néven az ún. Roncsautó-rendelet megtiltja bizonyos anyagok járműgyártásban történő alkalmazását, illetve arányokat határoz meg az újrahasznosítás során. Ennek értelmében 2006. január 1-jétől a jármű szerkezeti anyagmennyiségét 80%-ban anyagában, míg 5%-ában energetikailag kell hasznosítani, ami 85% hasznosított hányadot

tesz ki összesen. Ezt tovább növelve 2015. január 1-jétől már összesen 95% hasznosítási mértékkel kötelesek a gyártók számolni, melyből 85% az anyagában, és 10% az energetikailag hasznosuló rész. Más a helyzet az 1980. január 1. előtt gyártott járműveknél. Ott a 70/5% arálynak kell teljesülnie az anyagában és energetikailag történő hasznosítás folyamán. [2]

A JELENLEGI HELYZET ÉS A NAPJAINKBAN HASZNÁLT TECHNOLÓGIA

A roncsautók feldolgozásának jelenleg a legelterjedtebb módja az ún. shredderezés. A forgókalapácsos aprítóművekben ökölnyi darabokra őrlik a már előbontott, szárazra fektetett autóroncsokat, karosszériadarabokat, majd ezt követi az anyagfajták különböző eljárásokkal eltérő anyagtulajdonságokon (sűrűség, mágneses, elektromos vezetőképesség) alapuló szeparálása, szétválasztják az egyes anyagfajtákat (1. ábra), és továbbküldik hasznosításra az azzal foglalkozó cégeknek. A fémtartalmú anyagoktól való elválasztás utáni maradék az ún. shredderezési könnyűfrakció, melyet műanyag, gumi, üveg és textil alkot vegyesen, ezek adják a közel 18–22% problémás frakciót, melynek túlnyomó része szennyezett, vegyes műanyag és gumihulladék. A probléma magja, hogy ezek anyagában történő hasznosítása annak ellenére, hogy erre lenne hazai feldolgozó kapacitás, a visszaforgatást elősegítő gazdasági és jogi ösztönzők hiányában, valamint a piac másodlagos nyersanyagokat elutasító álláspontja miatt nem működik. Legjobb megoldás lenne az alapanyagok ismételt felhasználása (reuse), használat utáni visszaforgatása (recycling), vagy legalább a belefektetett energia visszanyerése (recovery), de semmiképp a már meglévő gyakorlat folytatása, vagyis a bezúzási maradáanyag



1. ábra: VW-SiCon eljárás, egy haladó technológia a különböző hulladékfrakciók szétválasztására [3]

monodepóniákba, lerakókba kerülése. Mivel ezeknek a lerakókba kerülő anyagoknak igen nagy százaléka műanyag, melynek a fajlagos térfogat/tömeg aránya nagy, lebomlási ideje hosszú, különösen fontos megoldást találni, hogyan lehetne hatékonyan csökkenteni ezek lerakókba kerülő mennyiségét.

Jelenleg a járművek döntő hányadát kitevő (70–75%) fémtartalom a shredderezési folyamat során nehézfракcióként anyagában hasznosul, míg az előzetesen kibontott műanyag és gumialkatrészek, vagyis az őrlés utáni könnyűfrakciót főképpen alkotó elemek cementművekben történő égetésével az energiahasznosítás 4–5%-ot jelent, amivel a teljes hasznosítási mennyiség a várt 85% helyett csupán 80%-os. A Ronscautó-rendeletre hasonlóan a lerakási direktíva az, ami az autógyártást jelentősen befolyásoló tényező. Ennek értelmében tilos az autóröncsokból származó szerves eredetű hulladékok deponálása, vagyis általános lerakása. Emiatt a gyártók kénytelenek más alternatívákat találni az aprítási könnyűfrakciók újrahasznosításáról szóló fejlesztésekben. Hazánkban a járművek elhasználódása sokkal intenzívebb a rosszabb minőségű utak miatt. Az itt található, közel 3 millió jármű átlagéletkora is jóval magasabb, ezen túlmenően a hulladékkezelési és újrahasznosítási problémák miatt is – amely részben a lakosság hiányzó környezeti tudatosságát is tükrözi – rosszabb a helyzet, mint külföldön. Jelenleg Magyarországon közel 280 legális autóbontó, illetve hulladékkezelő cég van, melyek száma elenyészik az ötször ennyi illegális telep mellett, akik a keletkező roncsautók több mint felét veszik át a gazdáiktól. Jelenleg két működő shredder található Budapesten, melyhez nemrégiben épült harmadikként egy új üzem a Fejér megyei Fehérvársurgón, az ALCUFER-csoportnak köszönhetően. A 2. ábrán a shreddermű látható működés közben.

FEJLESZTÉSEK AZ ANYAGÁBAN TÖRTÉNŐ HASZNOSÍTÁSRA – A MAGNETOHIDROSZTATIKUS ELJÁRÁS

A járművek tömegének növekedésével a bennük található műanyagok és elasztomerek aránya is egyre nő, köszönhetően a



2. ábra: a fehérvársurgói shreddermű

könnyűszerkezetek nyújtotta konstrukciós előnyöknek. Jelenleg közel 11–12%-ban tartalmaznak műanyag alkatrészeket a járművek, melyek nagyrészt poliolefinnek (polipropilén, polietilén), valamint sztirol-bázisú anyagok (polisztirol; akrilnitril butadién sztirol). A shredderezésből keletkező különböző, lakossági eredetű lemez hulladék, illetve autóröncsok aprított szerves őrléményét az EU-s direktívák ellenére lerakókban helyezik el, amely ellentétes a szerves anyaggal kapcsolatos lerakási irányelvnek és így a kívánt hasznosítási értéket sem érjük el. Példaként szerepelhet Ausztria előttünk, ahol a lerakási tilalom egészében vonatkozik a teljes szerves hulladékmennyiségre és a könnyűfrakciót elsődlegesen erre szakosodott égetők 180 EUR/tonna díj ellenében szállítják el a shredderüzemeltetőktől energetikai hasznosításra. A cél más nyugati országhoz hasonlóan olyan fejlesztési folyamatok elindítása, mellyel az EU által kívánt értékek megvalósulhatnak. Erre reagálva, az EU7 K+F keretprogramban támogatásra került W2Plastics projektben olyan szeparációs technológiát fejlesztenek ki, ahol utánkapcsolt ultrahangos minőségbiztosítási rendszer segítségével poliolefinet tudnak kiválasztani a shredderezési könnyűfrakcióból, a magnetohidrosztatikus szeparációs eljárásnak köszönhetően. További előnye a rendszernek, hogy egy lépésben képes akár nyolc különböző homogén frakciót is elkülöníteni egymástól, mely jelentős lehet az autóiipari újrahasznosítás során is. Az anyagokénti szétválasztás a szeparációs folyadék változtatható sűrűségével valósul meg. A projekt hazai résztvevői: az ALCUFER Kft., valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépjárművek, Polimertechnika, illetve Szerves Kémiai Technológia Tanszéke; a 13 tagú, a Delfti Műszaki Egyetem vezetésével 2009 januárjában indult négyéves fejlesztési projektben. Az ALCUFER Kft. feladata a Fehérvársurgón épülő shreddermű könnyűfrakciójának, az anyagában nem hasznosítható szerves részek energetikai hasznosításának fejlesztése. A BME piaci elemzések készítésével, illetve a szeparált szerkezeti anyagok mechanikai vizsgálatával, az anyagminőség kémiai adalékolás által történő javításával, új termékötletekkel segíti a projekt megvalósítását. [4]

A KINYERT MŰANYAG ÚJRAHASZNOSÍTÁSA, ELŐÁLLÍTOTT TERMÉKEK

Az újrahasznosított műanyag hulladékot általában regránulálva vagy darálás után közvetlenül fröccsöntve árulják. Az ezekből készült műanyag termékek időnként nemcsak minőségükben, hanem esztétikai szempontból is messze elmaradnak az eredeti anyagból készített társaiktól. Ugyanakkor a másodlagos anyag granulátum formájában történő értékesítése igen nehézkes. Erre lenne megoldás az anyagnak olyan blendékké, illetve kompozit mátrixokká történő alakítása, melyek piacképesek ellentétben az eredeti anyaggal, és az újrahasznosítás során létrejövő minőségromlással (down-cycling) szemben minőségjavulás (up-cycling) jöhetne létre. Hátráltatja ezt a folyamatot, hogy a heterogén eloszlású műanyag keverék a különböző anyagok határainál gyenge kapcsolatot létesít. Ennek segítésére másodlagos kötéseket szoktak létrehozni különböző adalékok, kompatibilizálószerkezetek használatával. A másodlagos kötéseket erősebb kovalens kötésekkel is ki lehet váltani úgynevezett elektron besugárzásos technológiával. Az üvegszál-erősítéses polimerek segítségével a blendék közötti kapcsolat erősíthető, ahol különböző kémiai adalékokkal az üvegszálakat az alkotóelemekhez kapcsolják. További gondot okoz a műanyag-újrahasznosítás terén az öregedés. Az újrahasznosítandó műanyagok életük során ért fárasztásokat az eljárás során még tovább erősítik. További adalékok szükségesek az UV-sugárzással szembeni stabilitás fokozására. Az autóiipari piac jelenleg még nem áll készen az újrahasznosított műanyagok alkalmazására. Éppen emiatt kell más ipari résztvevőket találni ezen anyagok ismételt körforgásba hozására. [4]

FEJLESZTÉSEK AZ ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSBAN – A HULLADÉKKEZELÉS TERMIKUS ELJÁRÁSAI: A HULLADÉKÉGETÉS, ILLETVE A HŐBONTÁS

A hőátadással járó termokémiai eljárások közül a két legfontosabb termikus eljárás: a hulladékégetés és a hőbontás. Az anyagátalakítási folyamat itt döntő mértékben hő hatására következik be.

- Égetés: oxidatív lebontás sztöchiometrikus vagy többszörös oxigén (levegő) adagolásával.
- Pirolízis: redukzív lebontás a sztöchiometrikus aránynál kisebb oxigén biztosításával vagy annak teljes kizárása mellett. [5]

Az égetés során a hulladék szervesanyag-komponensei a levegő oxigénjével reagálva gázokká, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak a rendszerből, míg az éghetetlen szervesetlen anyag salak, ill. pernye alakjában marad vissza.

Előnyei:

- jelentősen csökkenti a hulladékok térfogatát és tömegét,
- az égetés energiatermeléssel jár és az így keletkezett hő hasznosítható,
- közegészségügyi szempontból a leghatékonyabb, mivel a károsok elpusztulnak.

Hátrányai:

- másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyezés, pernye, salakelhelyezés problémái),
- ökológiai szempontból kedvezőtlen: a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból,
- beruházási és üzemeltetési költségei lényegesen magasabbak a hagyományos eljárásoknál.

A pirolízis a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigén-szegény vagy oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz, pl. nitrogénbevezetés közben –, szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. A folyamat során a szerves hulladékból pirolízisgáz; folyékony termék: olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz; és szilárd végtermék: pirolíziskoksz keletkezik, melyek összetétele, aránya és mennyisége a kezelt hulladék összetételétől, a reaktor üzemi viszonyaitól és szerkezeti megoldásától függ. A végtermék elsősorban energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koksz), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállításához) hasznosítható. A hőbontás során döntőek a kémiai átalakulás reakciófeltételei: hőmérséklet, felfűtési idő, reakcióidő, szemcse-, darabnagyság, az átkeveredés mértéke, hatékonysága. Az alkalmazott hőmérséklet-tartomány általában 450–550 °C, egyes eljárásoknál ennél magasabb. Használt reaktortípusok: vertikális vagy aknás reaktor, horizontális fix reaktor, forgódobos reaktor és fluidizációs reaktorok. A szilárd maradékok a vízfürdős leválasztást követően különbözőképpen dolgozhatók fel. A gáz- és gőzállapotú termékek leválasztására és tisztítására különféle gáztisztítási és gáz-gőz szétválasztási módszereket és kombinációkat (ciklonok, elektrofilterek, gázmosók, utóégető kamrák, krakkoló reaktorok) alkalmazták.

Előnyei:

- termékei értékesíthető alifás és aromás szénhidrogének,
- légszennyező hatása jelentősen kisebb, mint a hulladékégetésé.

Hátrányai:

- a fokozott anyag-előkészítési igény,
- a kisebb hőmérsékletű eljárásokban a gáztisztítás összetettebb és komplikáltabb, az erősen szennyezett mosóvizet komplex módon tisztítani kell,
- az égetéshez képest nagyobb a lehetősége a nehezen bomló, nem tökéletes égéstermékek képződésének.

Az eredményes fejlesztési eljárásokból az üzemi megvalósítás alatt álló négy legjellemzőbb technológia: Siemens-eljárás, Lurgi-eljárás, Noell-eljárás, Thermoselect-eljárás. Az eljárások gyakorlatilag több-fokozatú termikus hulladékkezelést valósítanak meg, így biztosítva a részfolyamatok jobb szabályozhatóságát és az előzetes és köztes válo-

gatással az inert anyagok mennyiségének csökkentését. A Siemens- és a Lurgi-eljárásoknál a gázfázis tökéletes kiégetése a berendezésben megy végbe, míg a Noell- és Thermoselect-eljárás olyan gázt állít elő, amely a hulladékkezelő berendezésen kívül is elégethető. [5]

Hazai oldalon is megjelent egy saját kezdeményezésű fejlesztés, mely az NKTH Nemzeti Technológiai Programjának része, és 2009-ben vette kezdetét. Célja olyan optimális szeparációs technológia kifejlesztése, ahol az anyagában nem hasznosítható szerves összetevőket pirolizáció útján hasznosítják. A RECYTECH nevű konzorciumban az ALCUFER Kft. koordinálása mellett a Polimertechnika Tanszék, a Szerves Kémiai Technológia Tanszék, az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont, a dunaújvárosi E-Elektra Zrt., a miskolc-tapolcai Bay-Logi Intézet, a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete, valamint a solti Powerenergy Kft. vesz részt. Ez utóbbi feladata a pirolízis technika kifejlesztése. A cél egy-egy olyan szeparátor és pirolizátor berendezés elkészítése, melyet a fehérvárcsurgói shredder, illetve a dunaújvárosi elektronikai hulladékfeldolgozóban alkalmazva lehetővé tenné az energetikai hasznosítását a keletkezett könnyűfrakciónak. [6]

ÖSSZEFOGLALÓ

A pirolízis során a hulladékok gyakorlatilag melléktermékek keletkezése nélkül bonthatók szét olyan termékekre, melyek külön-külön felhasználhatók és értékesíthetők. A pirolízis üzemeltetési költségei a végtermékek kedvező értékesítése következtében még fedezhetők is. Az égetéshez képest kisebb káros emisszióval és sokkal nagyobb mennyiségű hasznosítható anyagmennyiséggel szolgál, gazdaságossága azonban jelentősen függ a végtermékek piaci eladhatóságától. Ma a legjobb megoldásnak az kínálkozik, ha a pirolízist belső égésű aggregátokban „zöld áram” termelésére használják fel, mert ez a támogatott energia a technológia gyorsabb megtérülését eredményezi. A jelenlegi olajárszintnél azonban már érdemes a pirolízist az olajforgalmazó cégeknek tovább adni, a továbbfinomítás különböző lépéseinek alávetni. A pirolízist gázturbinákban áramtermelésre vagy fűtőművekben használják fel, a pirokokszot pedig a festékiparban színezékként vagy filterek szűrőanyagaként. A hőbontás maradékát olaj formájában, vagy magát a kevert műanyag hulladékot az égetőbe vitt hulladék alkotórészeként hasznosíthatjuk mint energiahordozót, igen jó hatásfokkal. A műanyag hulladék fő alkotói, a tiszta PE, PP, PS, PET energiatartalma gyakorlatilag megegyezik a legjobb fűtőolaj 44 MJ/kg fűtőenergiájával, és teljes mértékben hasznosul. Egyedül a PVC fűtőenergiája kisebb (22 MJ/kg) a viszonylag magas klórtartalom és a kisebb „kőolajtartalom” miatt. [7] Mindezek mellett vagy ellenére továbbra is – az EU által is támogatott – elsődleges cél a minél nagyobb arányú anyagában történő hasznosítása a hulladékoknak.

Irodalom

- [1] Lukács P.: Elhasznált gépjárművek és mobil gépek újrahazsnosítása; BME – Doktori értekezés; 2002, Budapest; 1–88. old.
- [2] Stakeholder consultation on the review of the 2015-targets on reuse, recovery and recycling of end of life vehicles - Final Report, Version of 4 November 2005
- [3] VW-SiCon Process, en.sicontechnology.com, (Letöltve: 2008 márc.)
- [4] Lukács P.; Ronkay F.: A gépjármű-recycling aktuális feladatai a szerves hulladékok hasznosítása vonatkozásában; Műanyag és Gumi; 2009, 46. évf. 2. szám; Budapest; 70–73. old.
- [5] Barótfi I.: Környezettechnika; Mezőgazda Kiadó; 2000, Budapest
- [6] Chrabák P.; Lukács P.: Elaboration of recycling technologies for non-metallic automotive and electronic wastes avoiding further deposition of organic materials; Bay-Logi Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet; 2009, Miskolc
- [7] Czvikovszky T.; Nagy P.; Gaál J.: A polimertechnika alapjai; Műegyetemi Kiadó; 2003, Budapest; 430–439. old.

Alternatív jármű-tüzelőanyagok elterjedésének üzleti modellje

Pézsza Nikolett

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi
Egyetem Gépjárművek
Tanszék

Trencsényi Balázs

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi
Egyetem Gépjárművek
Tanszék

A globálisan jelentkező problémák, úgymint a CO₂-emisszió, az energiatüzelőanyagfüggetlenség, illetve a kőolajfüggőség azonnali megoldások keresését teszik szükségessé az összes érintett szektorban, így a közlekedési szektorban is. Különösen nagy kihívást jelent a közlekedési szektorban, hogy a CO₂-emissziót, az energia-, illetve a kőolajfüggőséget az egyre növekvő mobilitási igények kielégítése mellett kell csökkenteni. Az energiahatékonyság növelése, illetve alternatív tüzelőanyagok alkalmazása reális alternatívaként vetődhet föl a globális problémák mérséklésére a közlekedési szektorban. Az alternatív tüzelőanyagok tekintetében hosszú távon a hidrogén ígérkezik a legjobb megoldásnak, középtávon azonban a földgáz jelenti a megvalósítható technológiát, amely egyben hídaként is szolgálhat a hidrogénalapú gazdaság felé.

Global problems such as CO₂ emission, energy dependency and oil dependency urge for solutions in all affected sectors and therefore also in the transport sector. The biggest challenge for the transport sector is that CO₂ emissions energy dependency and oil dependency have to be reduced at the same time when increased mobility needs have to be met. The increase of energy efficiency and the application of alternative fuels are alternatives to tackle global problems in the transport sector. Among alternative fuels hydrogen offers the best solutions on long term, however on middle term natural gas is the most realistic option and its application can also serve as a bridge towards hydrogen based economy.

A kutatás során különböző alternatív tüzelőanyagok (LPG, CNG, bioetanol, RME, biodízel) alkalmazhatóságát vetettük össze gazdaságossági szempontok szerint. Általánosságban elmondható, hogy a hagyományos motorhajtó anyagoktól eltérő tüzelőanyagok alkalmazása jelenleg bizonyos kezdeti többletköltségeket ró a felhasználókra, azaz beruházásra van szükség az átállás kivitelezéséhez. A beruházás csak akkor éri meg a felhasználónak, ha azt követően a felhasználás fázisában kisebb működési költségeket tud elérni, amivel képes az – adott esetben – emelt szintű beruházási költséget kompenzálni, vagyis a beruházása megtérül. Alternatív tüzelőanyagok elterjedése csak akkor várható, ha egyértelmű gazdasági előnyöket tudnak felmutatni anélkül, hogy a gépjárművek használati értéke jelentősen degradálódna, azaz az elvárt funkcióikat továbbra is képesek ellátni. Célunk az egyes alternatív tüzelőanyagok felhasználásakor adódó többletberuházások megtérülési idejének, valamint a földgázüzemű autózás elterjedéséhez szükséges gazdasági feltételek meghatározása volt.

A FÖLDGÁZ MINT JÁRMŰ-TÜZELŐANYAG

A földgáz kétféle módon tehető alkalmassá járművekben való alkalmazhatóságra: komprimálással, melynek során a földgázt 250 bar-ra sűrítik (CNG), illetve cseppfolyósítással, melynek során közel atmoszférikus nyomáson a földgázt -163 °C-on cseppfolyósítják (LNG). [1]

A földgáz relatív olcsó és kisebb emissziós értékekkel is rendelkezik a hagyományos tüzelőanyagokhoz képest, emiatt mind környezetvédelmi, mind gazdasági előnyökkel rendelkezik. A földgázüzemű járművekkel a benzinüzemhez képest 60–80%-kal kisebb szén-monoxid-emisszió, 50–80%-kal kisebb NO_x-emisszióval érhető el, a dízelüzemmel szemben pedig nagy előnyük, hogy alig emittálnak részecskéket. [2]

A FÖLDGÁZÜZEMŰ AUTÓZÁS HELYZETE NAPJAINKBAN – NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Világviszonylatban a földgázüzemű autózás egyre nagyobb térhódításának lehetünk tanúi. Az IANGV (International Association for Natural Gas Vehicles) adatai szerint a világon kb. 7 millió földgázüzemű jármű és 10 000 földgázöltő állomás létezik. A világon Argentínában, Pakisztánban, Braziliában a legelterjedtebbek a földgázüzemű járművek. [3]

Európában a földgázüzemű járművek elterjedése az elmúlt 10–15 évben nem mutat egységes arculatot, és az egyes országok között nagy különbségek tapasztalhatók a CNG-üzemű járművek végfelhasználóit tekintve. [4]

A CNG-használat területén Olaszország nagy hagyományokkal rendelkezik, és Európában a több mint 500 000-es CNG-üzemű járműállományával még mindig a vezető helyet foglalja el. A CNG-üzemű járművek zöme személyautó és furgon, melyeket az ország területén található 630 nyilvános töltőállomáson látnak el üzemanyaggal. A földgázüzemű járművek ezt a jelentős számot az elmúlt 30 évben érték el, ami az átalakító iparág aktivitásának és a népszerű kis és közepes méretű Fiat gépkocsik elérhetőségének tulajdonítható. Természetesen erős ösztönző volt a kedvező gazdasági vonatkozás is. Egy földgázüzemű közepes haszonjármű esetén a kilométerenkénti üzemanyagköltség benzinüzemhez viszonyítva 60%-ra, míg dízelüzemhez viszonyítva 33%-ra csökkenthető. Egyre több új modell érhető el, melyeket a gyártás után CNG-üzemre lehet átalakítani. Ez a tendencia tovább ösztönzi a földgázüzemű járművek piaci részesedésének növekedését. A haszongépjárműveket tekintve Olaszországban 2300 busz és 1200 CNG-üzemű teherautó található, utóbbi főként szemétszállító vállalatoknál. [4]

A földgázüzemű járművek számát tekintve Németország a második helyet foglalja el, mintegy 80 000 földgázüzemű járművével.

A földgázüzemű járművek száma a 80 000-et nagyon gyorsan, csupán néhány év alatt érte el. Ezen fejlődést a német kormány két stratégiai intézkedése ösztönözte, amelyek egyrészt a nyilvános CNG-töltőállomások gyors fejlesztésére irányultak, másrészt az CNG-üzemanyag árát csökkentett adótartalommal garantálják 2018-ig. Ezzel biztosítják a földgáz gazdaságosabb voltát. Ezen felül sok olyan város létezik, amely helyi ösztönzőkkel kívánja a földgázüzemű járművek elterjedését elősegíteni. A szakmai felhasználók (autósiskolák, taxivállalatok stb.) körében ezeket az ösztönzőket szívesen fogadták. A gyártókat tekintve a Mercedes jelenleg egyetlen CNG-üzemű modellt kínál, míg a Volkswagen három, az Opel pedig kettőt. A BMW és az Audi jelenleg nem kínálnak CNG-üzemű autókat. A haszonjárműveket tekintve Németországban közel 450 CNG-üzemű nehéz haszongépjármű és 1300 CNG-üzemű busz található, melyeket mind városban üzemeltetnek. Az Opel és a VW néhány CNG-üzemű könnyű haszongépjárműve is megtalálható. [4]

16 900 földgázüzemű járművel Svédország áll a harmadik helyen a földgázüzemű járművek számát tekintve. Svédország földgáz-üzemű flottája 15 650 könnyű haszonjárműből, 850 buszból és 400 nehéz haszongépjárműből áll. Különös jelenség, hogy Svédország, amely a délnyugati part 300 km-es sávját kivéve nem rendelkezik vezetékes földgázellátással, képes volt egy jó földgáz-töltőállomás hálózatot kiépíteni az ország déli részén, melyet az ország északi felére is szeretnének kiterjeszteni. A töltőállomáshálózat-létesítés a helyi biometán előállító üzemek révén vált lehetségessé. Az így előállított biometán teszi ki a svédországi földgázüzemű járművek metánfelhasználásának az 58%-át. Több tucat olyan város létezik Svédországban, melynek buszflottája teljes mértékben a biometán-előállításra alapul. A svéd siker nagymértékben az önkormányzati tulajdonban levő biogázüzemeknek nyújtott állami támogatáson alapul. Számos más ösztönző is nagy jelentőséggel bír, pl. 40%-kal csökkentették a jövedelemadót CNG-üzemű vállalati autó használata esetén, díjmentes parkolást biztosítottak számos városban, elsőbbségi sávokat biztosítottak a CNG-üzemű taxik számára a reptereken, vasútállomásokon és kompállomásokon. Szívesen fogadták a 24 órán át üzemelő önkiszolgáló töltőállomásokat bankkártyás fizetési lehetőséggel. Svédország most úttörője a faipari hulladékból előállított nagyüzemi biometán-termelésnek. Egy másik innováció a jövőben a cseppfolyósított földgáz/biometán szárazföldi szállítása tartálypótkocsik segítségével olyan töltőállomásokra, melyek nincsenek biogázüzemek közelében vagy nem rendelkeznek vezetékes földgázhálózattal. A cseppfolyósított gáz elérhetősége az L-CNG töltőállomások használatát is támogatni fogja, ellátva majd a hagyományos CNG-üzemű járműveket, valamint a hosszú 44 tonnás LNG-vontatókat. [4]

Nyugat-Európában Franciaország áll a negyedik helyen a földgázüzemű járművek számának tekintetében, mintegy 12 000 földgázüzemű járművel. A földgázüzemű járművek térhódítását Franciaországban az ipar és a kormány között létrejött különböző megállapodások mozdították elő. Az első megállapodást 1994-ben írták alá, melynek célja 350 CNG-busz üzembe helyezése volt 1999-ig bezárólag. A második megállapodással, melyet 1999-ben írtak alá, jelentős sikereket értek el: 1600 városi buszt, 300 teherautót (főleg városi tisztítási célra) és 5500 személyautót és furgont helyeztek üzembe. Minden flottatulajdonos privát töltőállomásán látta el üzemanyaggal járműveit. A legutóbbi megállapodásban, melyet 2005 júliusában írtak alá, ambiciózus célokat tűztek ki, ami a földgáz/biometán üzemű járművek 2010-re előírányzott számára vonatkozik: 3000 CNG-busz, 1200 városi áruszállító teherautót és 100 000 CNG személy- és könnyű teherjárművet kívánnak üzemeltetni. Annak érdekében, hogy ezek a célok (főként a személyautókra vonatkozó célok) teljesíthetők legyenek, a megállapodás előírta 300 nyilvános kút telepítését a működő privát kutak helyett. A közlekedési minisztérium felajánlotta azonnali segítségét egy adórendszer meghatározására, mely a földgázüzemű

járművek fejlődését ösztönözné Franciaországban. A minisztérium szerint ez az intézkedés teljes mértékben összhangban volt azzal a törvénnyel, amelyik a levegőtisztaságról és a racionális energiafelhasználásról szól. 2008 végére Franciaországban a földgázüzemű járművek száma 12 450-re nőtt, melyből 9500 személy- és könnyű teherjármű, 2100 városi busz és 850 városi áruszállító teherautó. 125 CNG-töltőállomás működik az országban, melyből 15 nyilvános kút. További erőfeszítéseknek köszönhetően a földgáz-töltőállomás hálózat kiterjesztése várható a jövőben. [4]

Spanyolország a maga 1800 CNG-üzemű járművel a rangsorban Ausztria (3574) és Svájc (7122) mögött áll, érdekes azonban megvizsgálni, hogy hogyan alakult a földgázüzemű járművek fejlődése az elmúlt néhány évben. A földgázüzemű járművek használata gyakorlatilag a városi személyszállító tehergépjárművekre és városi buszokra korlátozódik. A jelenlegi 1800 jármű 450 új teherautóval bővül majd Barcelonában és további 350 busszal Madridban. Egy napi 12–16 órán át üzemelő nehézgépjárművekből álló városi földgázüzemű flotta üzemanyaggal történő ellátása felér 23–30 személygépkocsi gázzal történő ellátásával. A 42 spanyol CNG töltőállomásból 40 nagy városi flották ellátására korlátozódik és csak kettő nyilvános kút. A földgázüzemű járművek fejlődési iránya középtávon a potenciális felhasználókat célozza meg, úgymint nagy áruházláncok és csomagküldő vállalatok flottáját, de minden olyan más felhasználót is, aki nagy városi flottákat üzemeltet. Ezzel egy időben más jellegű ösztönzések is hatnak, mint például a Gas Natural kezdeményezése a taxiszektor bevonására. [4]

A FÖLDGÁZÜZEMŰ AUTÓZÁS HELYZETE MAGYARORSZÁGON

A külföldi példák tanulmányozása alapján megállapítható, hogy napjainkban a földgázüzemű autózás elterjesztéséhez valamilyen támogatás (állami, önkormányzati, ipari, vállalati) szükséges. Magyarországon a földgázüzemű autózás még gyermekcipőben jár, azonban az utóbbi években megjelentek a kezdeményezések a földgázüzemű autózás népszerűsítésére és elterjesztésére. Várhatóan a földgázüzemű autók először vállalati flották részeként jelennek majd meg. A nem kielégítő sűrűségű töltőállomás-hálózat a CNG-vel történő autózás elterjedésének jelentős akadályaként említhető. Jelentős töltőállomásinfrastruktúra-bővítésnek kell bekövetkeznie ahhoz, hogy megjelenjenek az egyéni felhasználók is.

A következőkben áttekintjük a földgázüzemű autózás jelenlegi helyzetét, felhasználóit és az infrastruktúrát Magyarországon.

A Tisza Volán Zrt. 1997-ben 2 db, 1999-ben 15 db autóbust üzemeltetett földgázzal, 2005-ben pedig ez a szám 42-re nőtt. Az autóbuszok Szeged város helyi közlekedésében vesznek részt, nagymértékben javítva a város levegőjének tisztaságát. Az autóbuszok a szegedi töltőállomáson tankolnak, melynek kapacitása 890 m³/h. Az autóbuszokon kívül a vállalat 40–50 saját gépjárműve, 10–15 egyéb felhasználó, több magángépjármű és külföldi gépkocsik is a szegedi töltőállomáson tankolnak. [5]

A Hajdú Volánnál már az 1986-ban 19 járműből álló flottát alakították át vegyes és kettős üzemre állami támogatás segítségével. A helyközi üzemnél jelenleg 7 darab nagykapacitású autóbust szállítja az utasokat, a teljes járműpark összesen 29 darabból áll. Városi körülmények között tesztelték a biogáz motorikus felhasználását is. A buszok átlagfogyasztása 55–58 kg CNG (80,7 Nm³)/100 km-re adódott. [6]

Az Égáz-Dégáz Zrt. kirendeltségeinél jelenleg 8 lassútöltő berendezés üzemel: Hódmezővásárhelyen (2), Szentesen (2), Orosházán, Kiskunhalason, Kalocsán és Szabadszálláson. Egy töltőberendezés 3–4 gépkocsi kiszolgálására alkalmas. A lassútöltőkkel évente mintegy 20–25 000 m³ autógázt állítanak elő. Békéscsabán, Kiskunfélegyházán, Kecskeméten 50 m³/h, Baján 25 m³/h, Győrött 340 m³/h teljesítményű töltők létesültek a vállalat környezettudatos stratégiájának köszönhetően. [5]

2009. április 15-én a Fővárosi Gázművek Zrt. hat szolgáltatócéggel (Budapesti Közlekedési Vállalat Zrt., Budapesti Elektromos Művek Nyrt., Budapesti Távhőszolgáltató Zrt., Magyar Posta Zrt., Fővárosi Csatornázási Művek Zrt., Fővárosi Vízművek Zrt.) közösen írta alá a földgázalapú közlekedés budapesti meghonosítását és elterjesztését szolgáló szándéknyilatkozatot. A nyilatkozat célja, hogy aláírói hozzájáruljanak a tisztább, élhetőbb környezet megteremtéséhez. A megállapodás értelmében a közreműködő társaságok CNG-üzemű járműveket szereznek be és állítanak üzembe. A következő években a lehetőségeknek megfelelően a társaságok bővítik földgázüzemű járműveik állományát. Az együttműködés alapját képezi, hogy a Fővárosi Gázművek Zrt. a partnercégekkel egyeztetett helyszíneken olyan töltőállomásokat épített és működtet, amelyek lehetővé teszik a társaságok által beszerzendő CNG-üzemű járművek megfelelő üzemanyaggal való ellátását, valamint a közforgalmi igények kielégítését is. A töltőállomások földgázzal való ellátását a Fővárosi Gázművek Zrt. végzi. A CNG-üzemű közlekedés elterjesztésének további lépéseként a Fővárosi Gázművek Zrt. keresi az együttműködést az ásványolaj-forgalmazó társaságokkal is, a töltőállomásaikon történő CNG-üzemanyag értékesítése céljából. [7]

AZ ÜZLETI MODELL ISMERTETÉSE

A kutatás során különböző alternatív tüzelőanyagok (LPG, CNG, bioetanol, RME, biodizel) alkalmazhatóságát vetettük össze gazdaságossági szempontok szerint.

A megtérülési időket egy modell segítségével határoztuk meg, melynek bemenő paraméterei a következők voltak:

Üzemi jellemzők:

- futamidő [hónap],
- flottaméret [db],
- átlagos megtett út hossza [km],
- éves futásteljesítmény [km].

Fogyasztás, egységnyi megtett útra vonatkoztatva [l/100 km vagy kg/100 km]

- vegyes és/vagy városi fogyasztási adatok,
- hidegindítás során megnövekedett fogyasztás.

Változó költségek, amelyeket az üzemeltetés ideje alatt egységnyi megtett útra tudunk vonatkoztatni:

- tüzelőanyag-ár [Ft/l vagy Ft/kg],
- karbantartási költségek [Ft],
- karbantartás intervalluma [km].

Éves költségek, melyek a futamidő alatt évente egyszer jelentkeznek:

- teljesítményadó,
- kötelező biztosítás,
- egyéb költségek, melyek között figyelembe veendő például: behajtási díjak bizonyos útszakaszokra,
- környezetvédelmi adó (későbbiekben nem zárható ki bevezetése),
- tankolás/karbantartás időszükséglete (üzemi állásidő költségcsökkentése, mely tartalmazza a töltőállomásig/szervizig megtett utat is),
- infrastruktúra-üzemeltetés éves díja (esetleges önálló töltőállomás üzemeltetése esetén)

Egyszeri költségek, melyek a futamidő alatt várhatóan csak egyszer, de legalábbis ritkán jelentkeznek:

- beszerzés és átalakítás költségei,
- regisztrációs adó,
- egyéb költség, például:
- infrastruktúrabeszerzés (esetleges önálló töltőállomás üzemeltetése esetén).

Amortizáció [hónap], mely az egyszeri költségek tervezett elszámolási idejét tartalmazza.

Kamatláb, amely a futamidő alatt mind a nyereséget, mind a veszteséget diszkontálja.

A modell részeredményei:

- fajlagos változó költségek [Ft/100 km], mely a tüzelőanyag-költségből és a karbantartás szervizintervallummal figyelembe vett fajlagos költségből áll
- fajlagos éves költségek [Ft/100 km]
- fajlagos egyszeri költségek a beruházások amortizációjának ideje alatt [Ft/100 km]
- fajlagos összköltségek [Ft/100 km], a fentiek összegéből
- egységnyi összegből megtehető útszakasz [km]

A modell alkalmazása akkor célszerű, ha adott járműtípus egységnyi útszakaszon felvett fogyasztásértékei rendelkezésünkre állnak.

A modell alkalmazása során nem vettük figyelembe a motorikus tulajdonságok változásából adódó bizonyos felhasználói hátrányokat és előnyöket, amelyek közül többet nehéz összegszerűen kifejezni (pl.: teljesítménycsökkenésből adódó élvezeti veszteség). Ugyanakkor az infrastruktúra hiányából vagy annak működtetéséből származó hátrányok (pl.: utántöltési idő) az állásidő költségcsökkentésével könnyen figyelembe vehetők.

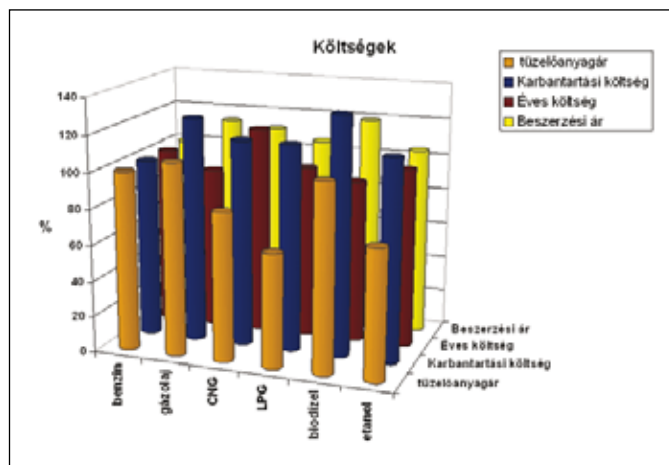
Az alternatív tüzelőanyagok bizonyos környezeti körülmények (alacsony hőmérsékleten) között olykor nem alkalmasak a motor indítására, illetve üzemeltetésére addig, amíg az el nem éri üzemi hőmérsékletét. Az indulás utáni ún. hidegindítási szakasz hosszát [km] ugyancsak meg lehet adni a modellben, ami az átlagos megtett útszakasznak mindig részét fogja képezni. Ugyancsak megadhatjuk, hogy ebben a hidegindítási fázisban a hagyományos tüzelőanyagokból (benzin, gázolaj) relatíve mennyivel fogyaszt többet a jármű – különösen, amennyiben motorját az alternatív tüzelőanyaghoz optimalizálták. A modell alkalmazása során a hidegindítási szakaszt, vagyis a motor bemelegedése alatt megtett utat 1 km hosszúságúra vettük fel, mialatt 3,5... 4,5%-kal nagyobb fogyasztást feltételeztünk.

A MODELL ALKALMAZÁSA

A modellel kétféle vizsgálatot végeztünk el: egy középkategóriás jármű vegyes, illetve városi fogyasztási adatait bemenő paraméterként megadva vizsgáltuk a megtérülési időket. Érzékenységvizsgálatot is végeztünk mindkét esetben, melynek segítségével a modell érzékenységét kívántuk meghatározni a tüzelőanyagár, az éves költségek, az egyszeri költségek, ill. a kamatlábváltozás hatására.

Alapeset

Az alapeset bemenő paramétereit úgy határoztuk meg, hogy azok az átlagos üzemeltetési feltételeknek megfeleljenek és az aktuális magyarországi árviszonyokat tükrözzék, töltőállomás üzemeltetése nélkül. A különböző költségek (tüzelőanyagár,



1. ábra: a különböző költségek egymáshoz viszonyított aránya alapesetben

karbantartási költség, éves költség, beszerzési ár) egymáshoz viszonyított arányát az 1. ábra szemlélteti.

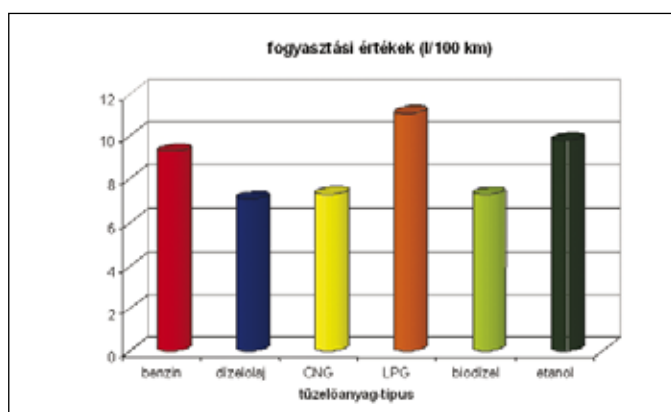
A tüzelőanyagárak az APEH 2008 októberében elszámolható tüzelőanyagárai benzin, gázolaj, LPG esetében. A CNG-ár gázszolgáltató által megadott ár. Biodízel és RME-árak a németországi kiskereskedelmi forgalomban kapható árak októberi árfolyammal forintba átszámított értékei, az etanol pedig töltőállomásonál aktuális ár a jelzett időszakban. A karbantartási költségeknél feltételeztük, hogy a dízelüzemű gépjárművek a drágább technológia miatt nagyobb karbantartási díjjal üzemeltethetőek. Az alternatív tüzelőanyagok esetén pedig az alapmotorok (benzin vagy dízel) karbantartási költségeire további költségeket feltételeztünk a kiegészítő berendezések miatt. Figyelembe kell továbbá venni, hogy a modern belső égésű motorokkal szerelt gépjárművek szervizciklusa akár a 30 000 km-et is elérheti: ezt alternatív tüzelőanyag használatkor azonban nem engedik meg a gyártók (eltérő üzemi feltételek és kevesebb tapasztalat miatt). Az éves költségeknél kizárólag a meglévő közterheket vettük figyelembe, környezetterhelési adóval nem számoltunk. Az általában kisebb teljesítményű dízelüzemű járművek kisebb éves költségét feltételeztük. A CNG-üzemű jármű esetén a nem megfelelő töltőhálózat miatt nagy állásidőket (illetve szükséges megteendő utakat), és annak magas költségeit tételeztük fel. Az új gépkocsi beszerzésének költségét a járműkategóriának megfelelő átlagárak alapján vettük fel benzin, dízel és CNG esetében. A többi esetben más típus ismert, olykor külföldi áraiból arányosítottunk. Kamat: a jegybanki alapkamat erős csökkentését prognosztizálva ennek értékét 5%-ra vettük fel.

Feltételeztük, hogy a jármű futásteljesítményének nagy részét városi forgalomban teljesíti, ezért a megtérülést az alapesetben a városi fogyasztási adatokkal vizsgáltuk meg.

A benzin, dízel és CNG-üzemű járművek városi fogyasztási adatai katalógusból vett adatok, a többi esetben kutatási jelentésekben, összefoglaló tanulmányokban fellelhető fogyasztásváltozást feltételeztünk a mindenkori bázis (benzines vagy dízel) motorhoz képest. A fogyasztási adatok alakulásáról a 2. ábra ad összefoglaló képet.

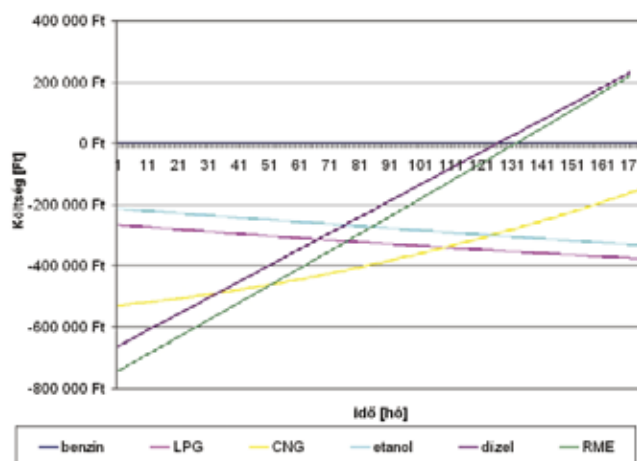
Ezen bemenő paraméterek hatására a megtérülés alakulását az 3. ábra szemlélteti.

Az ábrából látható, hogy egy alsó-közép, középkategóriájú CNG-üzemű jármű alkalmazása jelenlegi magyarországi árak mellett igen hosszú idő után térül csak meg. Az alkalmazott bemenő paraméterek esetén ez a megtérülés csak 215 hónap (18 év) elteltével következik be. Ennek oka egyrészt a viszonylag magas bekerülési költség, ami a dízelüzemű gépkocsik felárának szintjén helyezkedik el (aminek következtében mélyről indul a sárga diagram). Másrészt okolható a gáz adótaralommal együtt vett – más európai országokhoz képest – relatív magas ára a hagyományos tüzelőanyagok árához viszonyítva.



2. ábra: a városi fogyasztási értékek alakulása alapesetben

Alternatív tüzelőanyagok összehasonlítása
Nyereség / Veszteség benzinüzemhez viszonyítva



3. ábra: a megtérülések alakulása városi fogyasztási adatokat figyelembe véve

Az alapeset ezen bemenő paraméterei mellett megtérül még az RME és a dízel gépjármű üzemeltetése is, azonban az etanollal, illetve LPG-vel üzemelő autók beszerzése ilyen feltételek mellett egyáltalán nem térül meg a magas fogyasztásuk miatt.

Érzékenységvizsgálat városi üzemben

Érzékenységvizsgálatot végeztünk annak érdekében, hogy meghatározzuk az egyes költségek (tüzelőanyagár, éves költségek, egyszeri költségek, kamatláb) 20%-os csökkentésének hatását a megtérülési időre. Az üzleti modell arra a paraméterre a legérzékenyebb, amelynek változtatására a legnagyobb mértékű a kimenet, vagyis a megtérülés idejének változása.

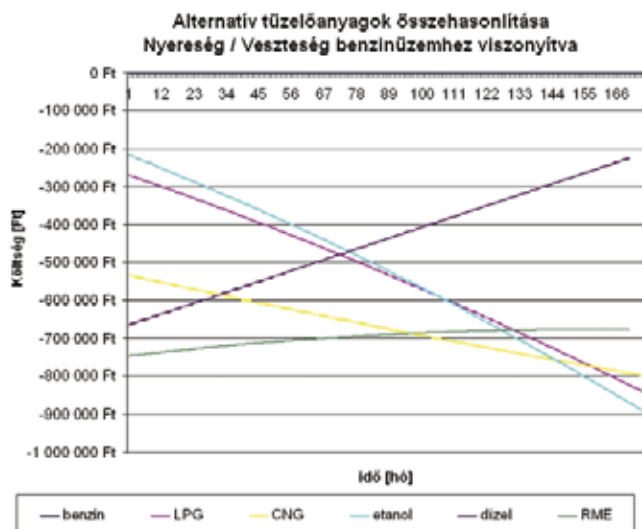
Az érzékenységvizsgálatokat elvégezve azt tapasztaltuk, hogy a megtérülési időt a CNG árában bekövetkező 20%-os csökkenés 80 hónapra, az éves költségek 20%-os csökkenése 155 hónapra, a kamat 20%-os csökkentése 206 hónapra csökkenti. Az egyszeri költség (például a jármű árának) 20%-os csökkentése esetén a beruházás azonnal megtérül. Ez az eset a gyakorlatban akkor következhet be például, ha a CNG-üzemű járművek regisztrációs adóját csökkentenék, vagy teljesen eltörölnék, mint ahogyan azt a hibrid járművek esetében tették.

Érzékenységvizsgálat vegyes üzemben

Amennyiben nem pusztán városi forgalomban üzemeltetjük a gépjárművet, hanem országúti és autópálya-szakaszokon is használjuk azt az éves futásteljesítmény növekedése nélkül, az ún. vegyes fogyasztási adatokkal kell figyelembe vennünk. Ezekkel a bemenő paraméterekkel a megtérülési idők alakulását a 4. ábra szemlélteti.

Az 4. ábrából kiolvasható, hogy ezen bemenő paraméterek hatására a CNG-üzemű jármű használata nem térül meg, az csak veszteséget termel.

Az érzékenységvizsgálatot elvégezve azonban megállapítható, hogy milyen feltételek mellett lehet mégis megtérülő a beruházás. A CNG-tüzelőanyag árának 20%-os csökkentése a beruházás megtérülését eredményezi vegyes használatban is, amely 175 hónap múlva következik be. Az éves költségek 20 %-kal való csökkentése ugyan nem eredményezi a beruházás megtérülését, de a veszteség gyakorlatilag nem növekszik a vizsgált futamidő alatt. A CNG-üzemű jármű egyszeri költségeinek 20%-os csökkentése például erőteljes regisztrációs adókedvezménnyel a megtérülési időt a városi fogyasztással vizsgálttal azonos módon változtatja meg, vagyis a beruházás kezdetétől megtakarítást jelent, bár



4. ábra: a megtérülések alakulása vegyes fogyasztási adatokat figyelembe véve

kétségtelenül nem akkorát, mint azt az alapesetben a paraméter ugyanilyen arányú változtatásával elértünk. A kamat változtatásának hatása vegyes fogyasztási adatokat véve sem jelentős: a beruházás megtérülését értelemszerűen nem érhetjük el, csak a veszteség termelését lassíthatjuk vele.

KONKLÚZIÓ

A kimerülő olajkészletek, az energiafüggőség és a klímaváltozás azonnali megoldások keresését teszi szükségessé minden érintett szektorban, így a közlekedési szektorban is. A földgáz környezetvédelmi és gazdasági előnyei miatt középtávon reális alternatív lehetőséget kínál a közúti közlekedésben.

Vizsgálódásaink során arra kerestük a választ, hogy Magyarországon a jelenlegi viszonyokat feltételezve, milyen feltételekkel tehető vonzóvá a földgázüzemű autózás. Ehhez a különböző alternatív üzemű járművek megtérülési idejét határoztuk meg, különös tekintettel a földgázra.

Egy új gépjármű beszerzésekor minden esetben figyelembe kell venni a felhasználás szempontját. A gépjármű üzemeltetésének jellege a fogyasztási értékeken keresztül (vegyes vagy városi) nagymértékben befolyásolja egy CNG-üzemű jármű gazdaságosságát. Ugyanolyan körülmények között városi fogyasztási adatokat felhasználva a beruházás megtérülhet, míg vegyes fogyasztási adatokat alkalmazva ez nem valószínű.

Az érzékenységvizsgálattal (tüzelőanyagár-érzékeny, éves költség-érzékeny, egyszerű költség-érzékeny, kamatérzékeny) határoztuk meg, hogy a költségnek milyen kihatással van a beruházás megtérülésére. Ez hosszú távon támogatási stratégiák kidolgozásának alapjául is szolgálhat. Erre nemzetközi példaként említettük, hogy Németországban a földgázt mint járműhajtóanyagot a kormány alacsony adóval terheli és erre garanciát is vállal. Emellett ráadásul a földgázszállítók árpolitikája minél több új vevő megnyerésére irányul.

A megtérülési időre a legnagyobb hatással a tüzelőanyagok árának alakulása, valamint az egyszeri költségekben bekövetkező változások vannak. A CNG árának meghatározása, pontosabban egy fix CNG-ár garantálása tehát alapvető stratégiai jelentőséggel bírhat a CNG-járművek alkalmazásának vonzóvá tételéhez. Az egyszeri költségek legjelentősebb tételét a jármű beszerzési költsége teszi ki. Az egyszeri költségek 20%-kal való csökkentése esetén a beruházás gyakorlatilag kezdettől fogva megtakarítást jelent egy hagyományos benzinüzemű gépkocsi beszerzéséhez képest, ami indokolt is a kisebb környezeti terhelésből származó társadalmi szintű előnyök biztosítása miatt. A gyakorlatban ennek a költségnek a befolyásolása többféleképpen is elképzelhető. Megoldási lehetőség lehet a flottakedvezmények adása, illetve a kedvezmények a regisztrációs adókban.

Kiseb mértékben befolyásolják a megtérülési időt az éves költségek, valamint az irányadó kamatláb alakulása.

A jövőre nézve megállapítható, hogy a CNG autózás vonzóvá tételéhez magas szintű kooperációra van szükség, melyben jelentős szerepet kell hogy vállaljon az állam, valamint az egyes gázszolgáltatók. Az erre utaló kezdeményezések már megjelentek hazánkban.

Irodalom

- [1] <http://www.iangv.org/natural-gas-vehicles/natural-gas.html> 2009-02-18
- [2] Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities Module 4d, Natural Gas Vehicles, <http://www.iangv.org/tools-resources/reports.html?func=select&id=7>, 2009-02-14
- [3] <http://www.iangv.org/tools-resources/statistics.html>, 2009-02-14
- [4] <http://www.ngvaeurope.eu/ngv-success-stories> 2009-07-20
- [5] http://www.egaz-degaz.hu/hu/korny_foldgazauto.html 2009-07-20
- [6] Dr. Bai A.: Bio-hajtóanyagok alkalmazása a tömegközlekedésben, Környezet és Energia Konferencia, Debrecen, 2009. május 8-9.
- [7] <http://www.euroastra.hu/node/25617> 2009-07-20

Versenyautó járműdinamikai modelljének kialakítása

Bári Gergely

PhD-hallgató,
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi
Egyetem
Gépjárművek Tanszék

Korábbi cikkekben már megtörtént a Formula Student versenyautókkal kapcsolatos követelmények bemutatása [3], és bemutattuk a jármű futóművének tervezési alapjait [4], míg egy további munka a motor szívórendszerének az átalakításával foglalkozott [5], bemutatva a használt szimulációs módszereket és azok validációját. E cikk keretében célunk, hogy a versenyautó tervezésekor készített szimulációs környezetet ismertessük, melynek segítségével értékes információkhoz juthattunk a jármű dinamikai viselkedésével kapcsolatban.

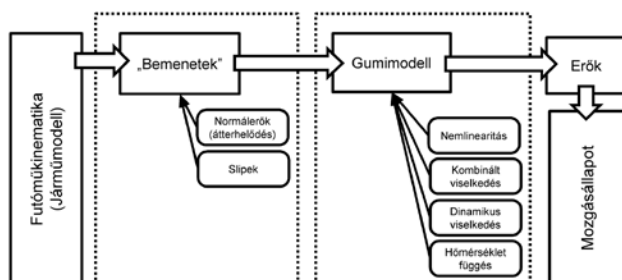
The requirements, and the design method of the Formula Student car were presented in previous papers [3],[4]. The intake system design and the validation of the simulations were also described previously in [5]. The purpose of this paper is to show the simulation environment created by the Formula Student team, and draw picture about the reasons behind the choices what we made.

BEVEZETÉS

Napjainkban a számítástechnika olyan fejlettségi szintet ért el, hogy még az egyszerűbb személyi számítógépeken is rendkívül összetett számítások végrehajtása vált lehetővé. Ennek következményeként manapság még a legegyszerűbb alkatrészek tervezésekor is rengeteg szimulációt végezhetünk, nem beszélve olyan összetett feladatokról, melyeket egy versenyautó fejlesztése igényel. Szinte minden jelenség mélyrehatóan modellezhető és vizsgálható, legyen szó hőtani, mechanikai, áramlási problémákról, vagy akár ezek kombinációjáról. Több százezer szabadságfokú rendszerek is analizálhatók, teljes járművek építhetők fel a virtuális világban. Már szinte minden jelenség szimulálható, így napjaink egyik trendje, hogy egyre hangsúlyosabbá válnak a szimulációk kiértékelését segítő eszközök, és igazi értékke az válik, hogy a virtuális tesztek során kapott adattömegből hogyan lehet minél értékesebb, szemléletesebb információkat nyerni. Cikkünkben a versenyautó modellezésével kapcsolatos igények bemutatása után áttekintjük néhány, a piacon elérhető járműszimulátor tulajdonságait, valamint azt, hogy miért alkalmas vagy épp alkalmatlan az adott szoftver az igényeink kielégítésére. Ezután az általunk készített járműmodell bemutatása következik, melyet az eredmények kiértékelési lehetőségeinek bemutatása követ. Röviden bemutatásra kerülnek azok az eljárások, amelyek a szimuláció során kapott adatok hatékony feldolgozását segítik.

A SZIMULÁCIÓS KÖRNYEZETTEL SZEMBEN TÁMASZTOTT IGÉNYEK

Esetünkben legfőbb célként a jármű dinamikai viselkedésének pontos modellezését jelölhetjük meg. Az ennek eléréséhez szükséges tényezőket az 1. ábra mutatja.

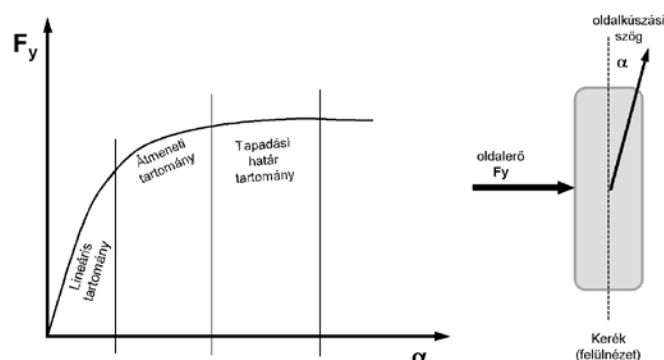


1. ábra: a pontos modell összetevői

A jármű pontos dinamikai viselkedése alatt azt értjük, hogy minden időpillanatban a valósághoz leginkább közelítő mozgásállapotot szeretnénk kapni. Ahhoz pedig, hogy pontos mozgásállapotot kapjunk, első lépésben alapvetően a járműre ható erőknek kell pontosnak lenniük. Esetünkben ezen erők főként a gumibroncs által közvetített erők (az aerodinamika a Formula Student autók kis sebessége miatt elhanyagolható), ami azt jelenti, hogy ahhoz, hogy ezek a lehető legvalóságosabbak legyenek, igen részletes gumimodellre van szükségünk. Természetesen az erőhatások pontos leírása mellett a kialakított modell tehetetlenségi és egyéb paramétereiről sem szabad elfeledkeznünk, azonban járműszimulációk esetén ezeknél jóval kritikusabb az út-kerék kapcsolat adekvát leírása, a megfelelő gumimodell kialakítása.

A GUMIMODELLEL KAPCSOLATOS IGÉNYEK

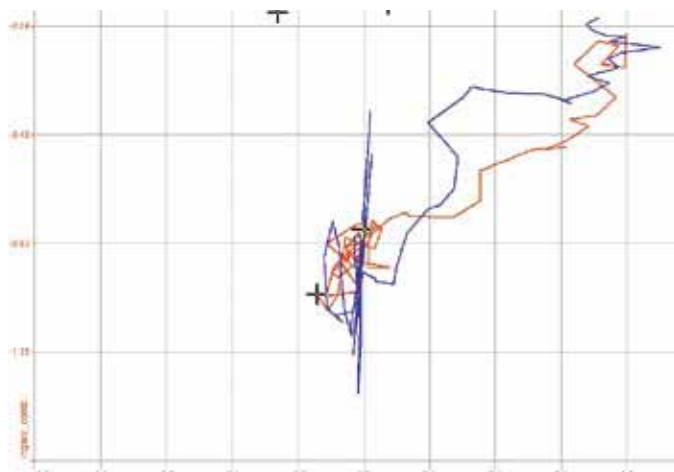
Versenyautóról lévén szó, a jármű üzemszerű működése során annak szinte mindig a gumibroncs tapadási határán kell üzemelnie (2. ábra). Amennyiben helyes modellt szeretnénk, természetesen muszáj nemlineáris gumimodellt használnunk, amely ebben a tartományban is helyesen kezeli az abroncs viselkedését.



2. ábra: slipgörbe tartományai

Ugyancsak különösen fontos a gumibroncs viselkedésének helyes modellezése kombinált slipek, azaz egyszerre jelentkező hossz- és keresztirányú erők esetén. Ennek oka, hogy a versenyautó egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy mennyire könnyen tudja pilótája végigvezetni a tapadási határon, kombinált oldal és hosszirányú gyorsulás esetén. Ilyen eset például a kanyarba

való befékezés vagy épp a kigyorsítás. A 3. ábra egy versenyautó kanyarbemenetkor való fékezését mutatja. Ez a kanyar kezdeti szakasza, amely során a pilóta a tiszta fékezésből (maximális hosszirányú gyorsulás) a tiszta kanyarodásba (maximális oldalgyorsulás) vezeti az autót. Az ábra függőleges tengelyén a hossz-, míg a vízszintes tengelyén a keresztirányú gyorsulás található. A kék és a piros görbe két különböző viselkedésű autót és pilótát jelez. Jól látható, hogy a kék görbe mennyivel jobban „behorpad” az átmeneti tartományban, azaz ilyenkor kisebb a jármű eredő gyorsulása, ami az abroncsok maximális tapadásának rosszabb kihasználására utal.



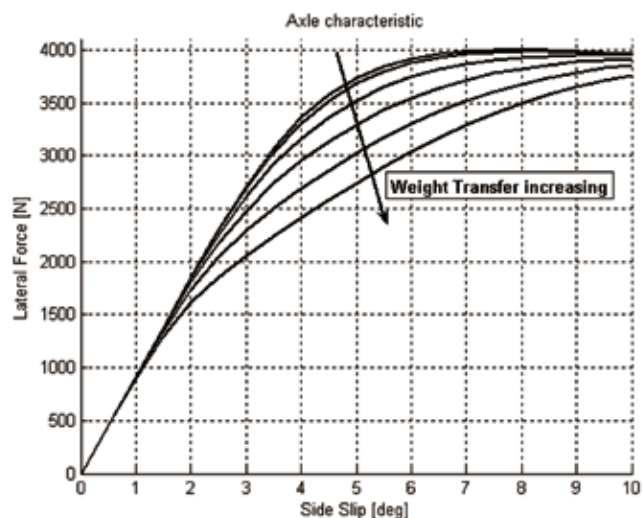
3. ábra: „G-G” diagram

Ha tehát a szimulációk során a járműnek ezekben a kulcsfontosságú helyzetekben való viselkedését is vizsgálni szeretnénk, muszáj a gumik kombinált viselkedését helyesen kezelő modellt használnunk. Egy további érdekes kérdés, hogy szükség van-e dinamikus gumimodellre, amely kezeli az abroncs tranziens viselkedését is, vagy elégséges statikus gumimodellt használnunk. Általánosságban elmondható, hogy kb. 8 Hz alatti manővereknél elégséges a statikus gumimodell, mivel a tranziensek általában ennél gyorsabban zajlanak le az abroncsban és hatásuk csak e frekvencia felett válik nagygyá. Esetünkben ezzel a feltételezéssel élhetünk, mivel a futómű sajátfrekvenciája 2 Hz körüli, és a pilóta által szolgáltatott bemenetek (kormányzás, pedálok kezelése) is általában a 8 Hz-es határ alatt maradnak. Érdekességként megjegyezzük, hogy merevebb, nagyobb sajátfrekvenciájú futóművel rendelkező versenyautók esetén (pl. Forma-1) már elengedhetetlen a dinamikus gumimodellek alkalmazása. Ugyancsak fontos jelenség a versenyautók világában a hőmérsékletfüggő gumimodellek alkalmazása, hiszen a közúti autók gumiabroncsaival ellentétben, itt az abroncsok ideális hőmérsékleten való működése kritikus kérdés.

NORMÁLÉRŐK ÉS SLIPEK

Amennyiben sikerül megfelelő gumimodellt találnunk, a következő fontos lépés, hogy a modell számára helyes bemeneteket adjunk meg. Az általunk használt modellben a fontosabb bemenetek az abroncs kúszási állapota, a kerék dőlése és a kereket terhelő normálérő, míg a kimenetet a keréktalppontban ébredő erők, nyomatók képezik. A normálérő fontossága nyilvánvaló, hiszen a kereket az úthoz szorító erő nagyban meghatározza az abroncs által átvihető hossz- és keresztirányú erőket. Kicsit másképp tekintve ez azt jelenti, hogy a járműmodellnek pontosan, valóságként kell kezelnie a jármű mozgása során kialakuló átterhelődéseket. A jármű egyes tengelyein kialakuló átterhelődések hatásának részletes bemutatása [2]-ben és [6]-ban található, itt pusztán

tényként közöljük, hogy egy adott tengelyen a növekvő átterhelődés csökkenti az átvihető oldalero nagyságát. Az átterhelődés tengelykarakterisztikára gyakorolt hatását a 4. ábra mutatja.



4. ábra: a tengelykarakteristika alakulása növekvő átterhelődéssel

Jól látható, hogy az átterhelődés hatása különösen a tapadási határ közelében jelentős. Ez azért fontos, mert mint azt már említettük, a versenyautó nagyrészt ebben a tartományban üzemel. Egy másik fontos jelenség, hogy e tartományban a görbék meredeksége erősen csökken. Ez azt jelenti, hogy a kormányzással szinte minimális kontroll marad a pilóta számára, hiszen hiába változtatjuk meg az elkormányzási szög révén az első tengely kerekeinek oldalkúszását, ehhez csak csekély oldalero-változás fog társulni a görbék kis meredeksége miatt. Jól leírja ezt a helyzetet a versenyzők által használt kifejezés is, miszerint „bedobják” az autót a kanyarba, azaz, amikor a kormányzáson keresztül ténylegesen irányítani tudják a járművet, az a forduló kezdeti, tranziens szakasza. A kanyar nagy részében már inkább csak a gázpedálon és az átterhelődéseken keresztül tudják befolyásolni a jármű viselkedését. Hogyan is lehet az átterheléseket befolyásolni a kanyarodás során? Bár azt az átterhelődést, ami összesen a belső két kerékről a külső két kerékre kanyarodáskor áthelyeződik nem tudjuk befolyásolni, de azt, hogy ebből mennyi megy az első és mennyi a hátsó tengelyen, azt igen. Ez a versenyautó futóművének egyik legfontosabb feladata, azaz, hogy hogyan képes minden üzemiállapotnak megfelelően elosztani az átterhelődéseket, meghatározni a keréktalpponti normálereket az egyes kerekek között. E tekintetben alapvető szerepük van a futómű rugalmas elemeinek (rugók, stabilizátorok) és a lengéscsillapítóknak, valamint a futómű kinematikai kialakításának, a momentáncentrumok és a bólintási centrumok helyzetének. Mindezek azért fontosak, mert mutatják, hogy az alkalmazott járműmodellnek helyesen kell kezelnie nemcsak a futómű rugalmas elemeit, hanem a futómű geometriai kialakítása miatt kialakuló átterhelődéseket is.

TOVÁBBI KRITÉRIUMOK

A gumimodell fontos bemenetei a normálérőn kívül a hossz- és keresztirányú slipek, valamint a kerékdőlés is. Nyilvánvalóan, amennyiben helyes keréktalpponti erőket akarunk kapni, ezen értékeknek is helyesen kell megjeleníteniük. Ez szintén a futóműkinematika és a hajtáslánc adekvát leírását igényli, pontosabban annak helyes modellezését, hogy a hajtásnak és a fékezésnek, illetve a kaszni mozgásának függvényében az egyes kerekek elkormányzási szöge és az úthoz viszonyított dőlése hogyan változik. [4]-ben az említett jelenségek hatásairól részletesebb

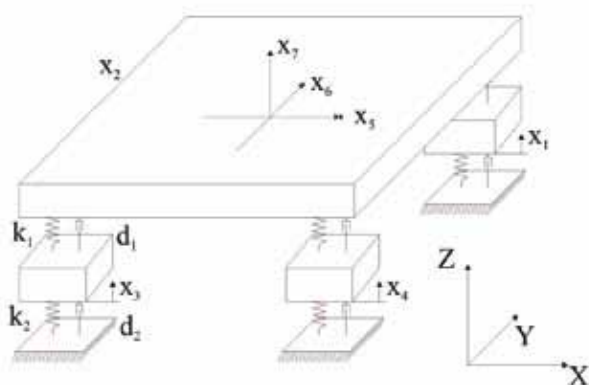
leírás található, számunkra jelenleg fontos annak belátása, hogy a futómű és a hajtáslánc modelljének a lehető legrészletesebbnek és mechanikai értelemben korrektnek kell lennie ahhoz, hogy a fent említett jelenségek hatásait vizsgálhassuk.

MODELLALKOTÁS

A fenti megfontolások alapján több lehetőség is kínálkozik egy összetettebb járműmodell kialakítására.

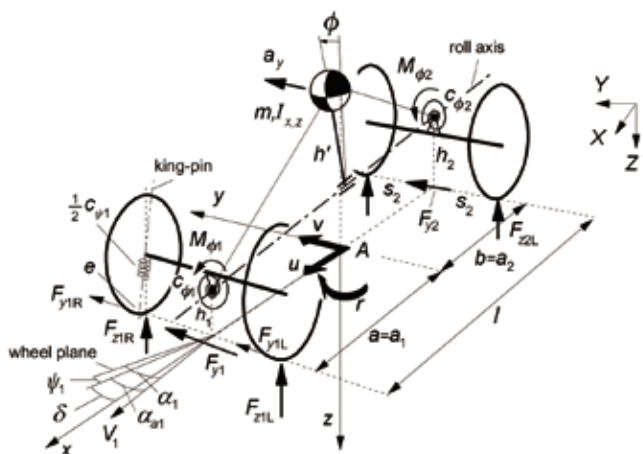
Lengéskényelmi modell

A lengéskényelmi vizsgálatok egyik alapvető modelljét mutatja az 5. ábra.



5. ábra: lengéskényelmi modell

A fenti modell alapvetően az útegyenetlenségek gerjesztési hatásainak vizsgálatára alkalmas. Míg közúti járművek esetén ezek főként lengéskényelmi vizsgálatokat takarnak, addig a versenysportban e vizsgálatok célja inkább a keréktalpponti erő minél állandóbb értéken tartásához szükséges paraméterek beállítása. Tehát e modell segítségével a lengéscsillapítóknak, rugóknak és egyéb paramétereknek a keréktalpponti normálerő szórására való hatását vizsgálhatjuk. A modell – céljából adódóan – nyilvánvalóan nem kezeli a futóműrudazat kinematikai hatását, azaz a futómű mozgása során kialakuló kerékdőlés-, nyomtáv- és összetartás-változást. Ez a probléma azonban elég jól megoldható és a modell kiterjeszthető, ha bizonyos előre definiált függvény szerint esetleg táblázatos formában (Look-up-table) megadjuk, hogy az említett paraméterek a kerékasztínihoz képest történő elmozdulásának függvényében hogyan változnak. A modell egyik nagy problémája az, hogy sajnos ilyen módon sem teszi lehetővé a momentáncentrum vándorlásának leírását, ami pedig nagyon



6. ábra: kétgyomú modell

erőteljesen hat mind a karosszéria mozgására, mind pedig az átterhelődésekre, és mint azt már említettük, különösképp ez utóbbinak nagy szerepe van a jármű viselkedésében, így ennek elhanyagolásával nagy hibát vétünk. Végül megemlítjük, hogy amennyiben ilyen modell alkalmazása mellett döntünk, a kinematikát leíró függvény vagy táblázat előállításához akkor is szükség van egy külön modellre, vagy valós járművön végzett mérésekre, így összesen két modellt kell használnunk, aminél egyszerűbb lehet, ha egy összetettebbet készítünk.

Egyszerű kétgyomú modell

Míg az előző pontban ismertetett modell főként lengéstani vizsgálatokra volt alkalmas, addig ebben az esetben a jármű dinamikai tulajdonságainak, főként a sajátkormányozottsági viselkedésének vizsgálatára van lehetőségünk.

E modell előnye az előzővel szemben, hogy a már említett „táblázatos” módszerrel a momentáncentrum vándorlása is kezelhetővé válik. Fontos azonban hangsúlyoznunk, hogy ez még mindig nem a mechanikai értelemben vett legkorrektebb megoldást adja, valamint ebben az esetben is szükség van valamiféle kinematikai modellre, amellyel az említett függvénykapcsolatot, táblázatot előállítjuk. Az eddigiekből jól látszik, hogy a legmegfelelőbb megoldást egy korrekt, többtestdinamikát használó modell jelentené, amelyben a kinematika és annak a járműdinamikára való hatása együtt jelentkezik. Összefoglalva tehát, a fenti két modell legfőbb problémája, hogy bár a futómű-kinematika keréksílepekre gyakorolt hatását tudják kezelni, a momentáncentrum vándorlásának az átterhelődésekre gyakorolt hatását nem. Ez utóbbi pedig – mint arról már szó volt – a folyamatosan a tapadási határ közelében üzemelő versenyautók esetén nagyon fontos.

JÁRMŰSZIMULÁCIÓS SZOFTVEREK

Az 1. táblázat néhány, a piacon megtalálható szoftver számunkra fontos tulajdonságait tartalmazza. A legnagyobb és elterjedten használt járműszimulációs szoftverek legfőbb problémája, hogy nem minden esetben ismerhető részletesen a mögöttes járműmodell.

Szoftver	Modell	Környezet	Gumimodell
CarMaker	Lengéskényelmi (???)	önálló, Simulink	saját
CarSim	???	önálló, Simulink	???
VehDyna	Lengéskényelmi (???)	Simulink	???
ChassisSim	Kétgyomú (???)	önálló	saját
ADAMS	Többtest	önálló	TM Easy, MF-Tyre
Simpack	Többtest	önálló, Simulink	
SimMechanics	Többtest	Simulink	

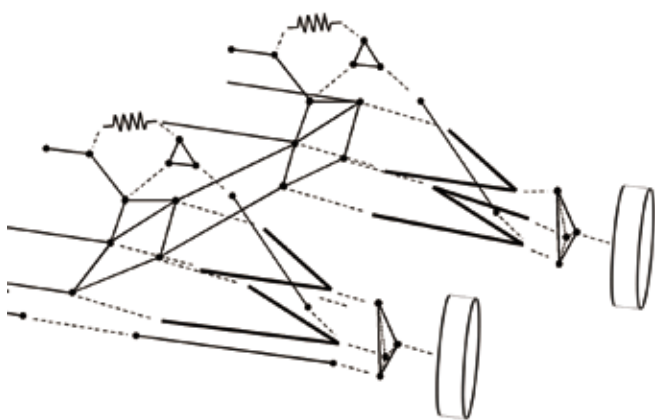
1. táblázat: néhány járműszimulációs szoftver

Ugyan minden fontosabb szoftver kezeli a futómű kinematikai kialakításából adódó jelenségeket és a rugalmas ágyazások hatását, de az, hogy ez pontosan hogyan történik, általában nehezen megállapítható. Mivel az előbbieken leírtak alapján jól látható,

hogy számunkra muszáj a futóműrudazat, a váz és a futómű csatlakozásában ébredő erőknek és a momentáncentrum vándorlásának pontos modellezése, így a járműmodell megalkotásakor egy többtestdinamikát használó programkörnyezet használata mellett döntöttünk.

A JÁRMŰMODELL KIALAKÍTÁSA

A modellalkotáshoz a Simulink programkörnyezet SimMechanics toolbox-át használtuk. Ennek legfőbb oka az volt, hogy a Matlab/Simulink környezet egy jól ismert, széles körben elterjedt programsomag. A modell alapvetően 30 merev testből áll, melyek a futóműrudazat, a rugózás és a kormányrendszer főbb elemeit és a kerekeket reprezentálják. A SimMechanics modell megalkotása során ezeken koordináta-rendszereket helyeztünk el, majd közöttük ideális kényszereket, valamint erőket definiáltunk. A járműmodell felépítését a 7. ábra mutatja.



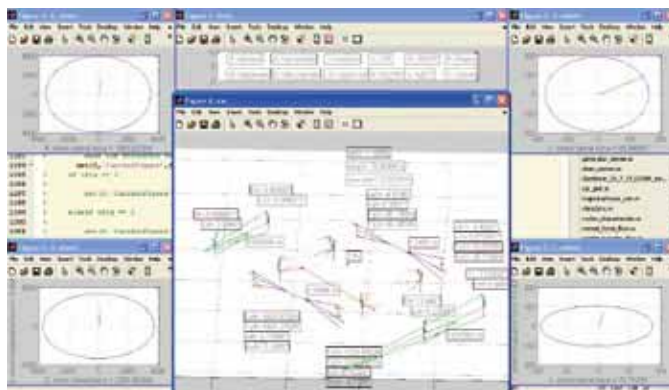
7. ábra: a járműmodell felépítése

A modellben minden lengőkar külön merev testnek van modellezve, melyek gömbcsuklós kényszerrel csatlakoznak a vázhoz és a tengelycsomókhoz. A rugózási rendszer modellezéséhez olyan modellt alakítottunk ki, melynek segítségével könnyen szimulálhatók a rugótag fizikai korlátai (gumiütközők ki- és berugózás határolására), a rugó előfeszítése, valamint a rugó és a lengéscsillapító nemlineáris karakterisztikája is. A rugózási rendszerben ugyancsak külön merev testeket képviselnek a himbák és a nyomórúdak is. A himba vázhoz való csatlakozása egy előre meghatározott tengely körüli elfordulás engedélyezésével van megadva, mely tengely merőleges a tengelycsomó alsó lengőkaron való bekötése, a rugótag vázhoz való csatlakozási pontja és a himba forgáspontja által meghatározott síkra, és átmegy a himba forgáspontján. Ezen sík meghatározása azért fontos, mert amennyiben a nyomórúd és a himba teljes egészében ebben a síkban helyezkedik el, a rugózás során ébredő erők, himba terhelése viszonylag kedvező lesz. A tengelycsomó a lengőkarokhoz és a kormányösszekötőhöz ugyancsak gömbcsuklós kapcsolattal csatlakozik, míg a kerék és a tengelycsomó között egy adott tengely körüli forgás van engedélyezve. A kerék és a gumibroncs modellezésére a TNO Automotive által készített MF-Tyre gumimodellt használtuk. E modell tökéletesen illeszkedik a SimMechanics környezetbe és mechanikailag korrektül modellezi a kerék, mint forgó tömeg mozgását. A hozzá illesztett gumimodell statikus és a hőmérsékletfüggést nem modellezi, azonban jól paramétrezhető, és a számunkra igazán fontos jelenségeket is kezeli. A modellalkotás kapcsán általában egy nagy probléma, hogy a modellt hogyan paraméterezzük fel. Esetünkben az MF-Tyre gumimodell pontos beállításához is közel 100 paraméter szükséges. Köszönhetően a Formula Student-sorozatot támogató cégeknek, ezen paraméterek a legtöbb olyan gumibroncsról

rendelkezésre állnak, amelyek a sorozatban használhatók, így ez az általában nehezen, költségesen megoldható probléma nem okoz gondot. A modell megalkotása után a legkritikusabb pont, hogy hogyan értékeljük ki azt a rengeteg adatot, amit a szimulációk szolgáltatnak, hogyan jutunk a lehető legtöbb információhoz. A kiértékelő algoritmusokról egy következő cikkben részletesen ismertetni fogjuk, most csak a fontosabbak kerülnek bemutatásra.

A KEREKEK KÚSZÁSI ÁLLAPOTA

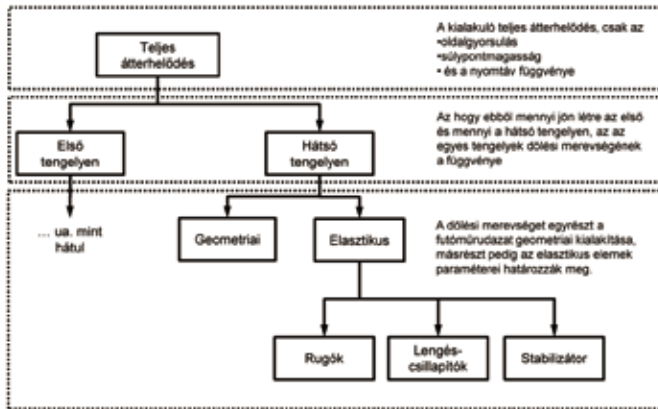
Fontos tudni, hogy milyen keréktalpponti erők ébrednek, és hogy ezek hogyan viszonyulnak az adott pillanatban maximálisan átvihető erőkhöz. Ebből látható például, hogy ha egy adott kerék éppen nagyobb oldalkúszást is „elbírna”, és így növelhető lenne az átvihető oldalerő (ami természetesen a kanyarsebesség növelését jelentené), vagy éppen túlságosan nagy oldalkúszás mellett üzemel, ami pedig túlzott gumikopást vagy túlmelegedést okoz, így annak csökkentése lenne kívánatos. Ezen információkat nagyon hasznosan tudjuk felhasználni a futómű kinematikai kialakításához, például a ki-be rugózás közbeni önkormányzási karakterisztika beállításához.



8. ábra: a járműmozgás kiértékelése

A 8. ábra az egyik kiértékelő képernyőkiosztást mutatja. Jól látható a négy keréktalpponti erő a kép négy sarkán látható diagramon. Piros vonal jelzi az adott pillanatban aktuális keréktalpponti erőket, míg a kék ellipszisek a maximálisan átvihető erő határát mutatják. Az ábra közepén látható ablakban a futómű kinematikai kialakítása, annak fontos paraméterei láthatók. Itt követhetők nyomon a momentáncentrumok vándorlásai, a kerekek elkormányzási szögei, a keréklipek és a kerékdölések, hogy csak a legfontosabbakat említsük. Mint arról már szó volt, versenyautók esetén, mivel azok különösen sokat üzemelnek a tapadási határ közelében, ugyancsak kritikus, hogy mennyi információt tudunk szerezni a keréktalpponti normálerőkről, azaz az átterhelődésekről. A versenyautó futóművének a kerekek minden szituációnak megfelelő slipen tartása mellett a másik igen fontos feladata, hogy hogyan „osztja szét” a kanyar egyes fázisaiban az átterhelődéseket. Az általunk készített részletes modell lehetővé teszi, hogy ennek kapcsán is információt szerezhessünk. Az átterhelődések csoportosítását a 9. ábra mutatja.

A teljes átterhelődés „összetétele”, az, hogy mennyi ebből a geometriai és a rugalmas, azon belül mennyi, ami a lengéscsillapítók és mennyi, ami a rugók miatt jön létre, folyamatosan, a kanyar során, pillanatról pillanatra változik. Legkönnyebben érthető például a lengéscsillapító és a rugók hatása, ugyanis, míg a lengéscsillapítók főként tranziensek során, kanyarba történő befékezéskor vagy kigyorsításkor (amikor a karosszériának dőlési sebessége van) hatnak az átterhelődésekre, addig a rugók

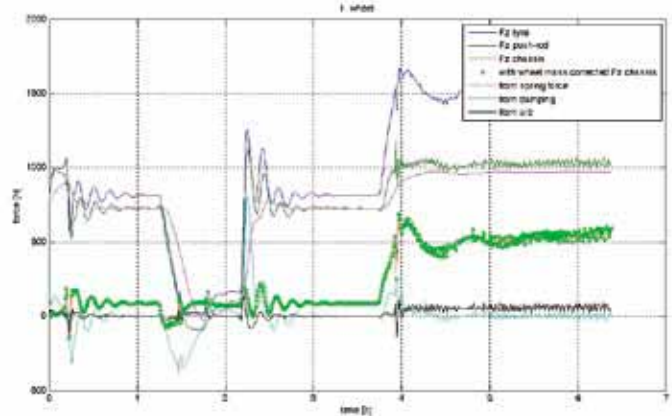


9. ábra: az átterhelődés megoszlása

főként akkor, amikor a kaszni már bizonyos szögben be van dőlve, azaz állandósult állapotú kanyarvételkor. A kiértékelő rész egyik igen hasznos funkciója tehát, hogy meg tudjuk állapítani a keréktalpponti normálerő, és így az átterhelődések „összetételét” (10. ábra).

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben a versenyautó modellezésével kapcsolatos igények bemutatása során részletesen ismertettük azokat a kritériumokat, amelyek a járműdinamikai szimulációk szempontjából meghatározóak. Elsőként a járművet mozgató erők nagy részét közvetítő gumibroncsokkal foglalkoztunk, majd a keréktalpponti normálerők szempontjából érdekes futóműmodellekkel kapcsolatos kritériumokat tekintettük át. Megvizsgáltunk néhány, a járművek modellezésére használható lehetőséget, valamint szó esett a piacon elérhető járműszimulátorok fontosabb tulajdonságairól. Ezután a készített járműmodell bemutatása következett, melyet az eredmények kiértékelési lehetőségeinek leírása követett. Ennek keretében röviden szó esett azokról a módszerekről is, amelyek a szimuláció során keletkező adatok minél hatékonyabb feldolgo-



10. ábra: a keréktalpponti normálerő összetevői

zását szolgálták, különös tekintettel a kerekek kúszási állapotára és az átterhelődések megoszlásának vizsgálatára.

Irodalom

- [1] Hans B. Pacejka, Tire and Vehicle Dynamics (Hardcover) p.627 Society of Automotive Engineers Inc (October 2002) ISBN-10: 0768011264 ISBN-13: 978-0768011265
- [2] Milliken, W. F., Milliken, D. L. Race Car Vehicle Dynamics (Hardcover) p. 993, SAE International (August 1995), ISBN-10: 1560915269 ISBN-13: 978-1560915263
- [3] Dóra, Sz., Csuzi, T., Bakó, Cs., Forsthofer, F., Csütörtöki, T.: Formula Student versenyautó futóművének tervezési alapjai, A jövő járműve, 2008: (1–2) pp. 59–63.
- [4] Bári, G.: Formula Student versenyautó futóművének tervezési alapjai, A jövő járműve, 2008: (3–4)
- [5] Dudás, Z.: Formula Student versenyautó négyhengeres benzinmotorjának modellezése és optimalása, A jövő járműve, 2008: (3–4)
- [6] Bári, G.: Application of Active Anti Roll Bar System for Enhancing Yaw Stability, FISITA 2008 World Automotive Congress

Versenyautó-szimulátor fejlesztése

Dóra Szabolcs

hallgató,
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Gépjárművek Tanszék

Bári Gergely

PhD hallgató,
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Gépjárművek Tanszék

A jövő járműve hasábjain már több Formula Student versenyautókkal kapcsolatos cikk is napvilágot látott. [3,4,5]. E cikk keretében célunk, hogy a versenyautó tervezésekor készített valós idejű futásra képes szimulációs környezetet ismertessük, mely lehetővé teszi, hogy a jármű virtuális modellje kormány és pedálok segítségével vezethető legyen.

There have been some papers about the Formula Student racecars in the previous numbers of this journal. [3,4,5]. The purpose of this paper is to show the simulation environment created by the Formula Student team, that makes possible to drive the virtual model of the car by real controls, such as force feedback steering wheel, an pedals.

BEVEZETÉS

A BME Formula Student versenyautójának megtervezése során merült fel az igény egy olyan szoftverre, amellyel a jármű futóműve, illetve egyéb részegységei vizsgálhatóak lennének működés közben. Ezzel a tervezés korai szakaszában kiszűrhetőek lennének egyes hibák, illetve szimulálni lehetne a valós működést anélkül, hogy le kellene gyártani a valódi alkatrészeket vagy egy a valódihoz hasonló modellt. A kereskedelemben kapható szoftverek nagyon drágák a csapat költségvetéséhez mérten, illetve nagy részük nem teljesen alkalmas a jármű határhelyzetben történő viselkedésének modellezésére, ami egy versenyautó szempontjából a normál üzemállapot nagy részét jelenti. Ekkor született az ötlet, hogy alkossunk meg egy saját teljesen merevtest dinamikára épülő járműmodellt, amin a nekünk szükséges jellemzők vizsgálhatóak lesznek. Ez a járműmodell a Matlab szoftver segítségével készült el, annak Simulink, SimMechanics és Virtual Reality toolboxának felhasználásával.

SZIMULÁTOR

A teljes járműmodell megalkotása után egy olyan szimulátor megalkotásának az ötlete merült fel, amely az emberi tényezőt sem hanyagolja el, méghozzá olyan módon, hogy egy vezérlőegységgel (ami jelen esetben kereskedelmi forgalomban kapható bármilyen erő-visszacsatolásos – Force Feedback – kormányt és pedálokat jelent) irányítható legyen a jármű.

A szimulátor működéséhez tehát 3 fő követelmény teljesülése szükséges:

- 3 dimenziós vizuális megjelenítés,
- külső vezérlő (joystick) használatának lehetősége,
- kis számítási igény a valós idejű futáshoz.

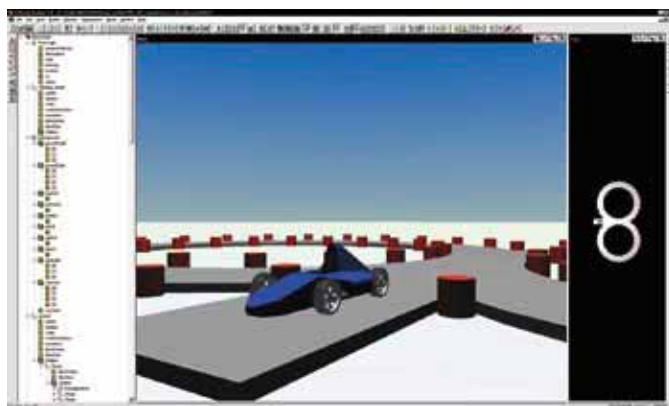
Ezek közül az első kettő a Virtual Reality toolbox segítségével megoldható, míg a harmadik feltételt nekünk kellett megteremteni egy egyszerűsített járműmodell alkalmazásával.

VIRTUAL REALITY TOOLBOX

A VR toolbox-ot direkt olyan céllal hozták létre, hogy segítse bármilyen modell működésének szimulálását 3 dimenziós környezetben. A megjelenítés mellett pedig képes különböző, a PC-hez csatlakoztatható beviteli eszköz kezelésére, aminek segítségével a modell irányítható szimuláció közben.

A 3 dimenziós környezet felépítéséhez bármilyen szoftver használható, ami képes vrml formátumú fájlok kezelésére. Mi a toolbox-hoz mellékelte V-Realm Buildert használtuk, amely működésének leírása a VR toolbox help-ben megtalálható. Ebben a programban

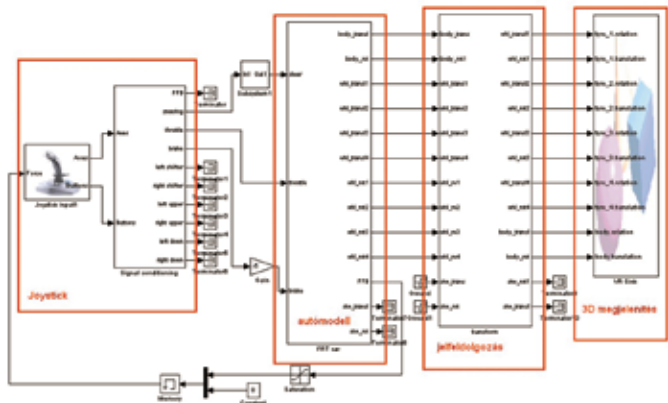
hozható létre a működési környezet, amely beépített elemekből (testek, textúrák, hangok, nézőpont, stb.) vagy külső forrásból importált elemekből állhat. Az egyes elemek egy előre definiált koordináta-rendszerben elhelyezhetők, és a tulajdonságaik (szín, méret, textúra, anyag stb.) is megváltoztathatók.



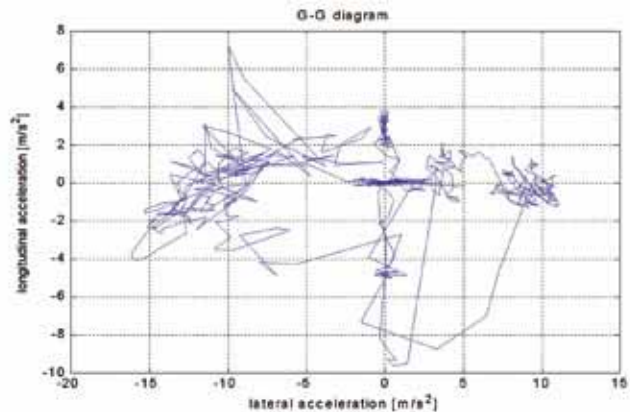
1. ábra: a Virtual Reality szimulátor képernyőkiosztása

Az első lépés tehát a szükséges testmodellek létrehozása volt. Ehhez a tervezés során használt Solidworks rajzprogramot használtuk, és ebben hoztuk létre az autó 3d modelljét, illetve a versenypályát. A program szerencsére képes vrml formátumban menteni, így tehát kompatibilis a VR toolbox editorával. A rajzolás során érdemes figyelni a különálló merevtestek koordináta-rendszereire, mivel ha ezeket jól választjuk meg, akkor az elemek importálása után a létrehozott világban automatikusan a megfelelő helyre kerülnek. Ezek után a különböző kamerák vagy nézőpontok elhelyezésére volt szükség, így született egy pilótanézet az autóban ülve és egy hátulnézet, ahonnan jobban belátható az autó és a környezete. Az egyes merevtestek egy-egy transformot képviselnek, amelyekre majd a Simulink modellben hivatkozni tudunk, illetve egyes tulajdonságaikat is módosítani lehet a modell futtatása közben is.

A VR és a SimMechanics toolbox szerencsére úgy lett létrehozva, hogy a blokkjaik kompatibilisek legyenek. Ez azt jelenti, hogy a SimMechanics-ban a forgómozgás leírására használt mátrixból a VR által használt jeleket előállító blokk mindkét toolbox eleme. Így a kapcsolat könnyen megteremthető a két blokk-készlet között. A 3d-ben létrehozott környezet a VR sink nevű blokk révén jeleníthető meg, ahol megadható, hogy melyik vrml fájlból dolgozzon, és a világ betöltése után annak melyik elemének melyik tulajdonságát szeretnénk változtatni a modell futása során. Ebből nekünk az



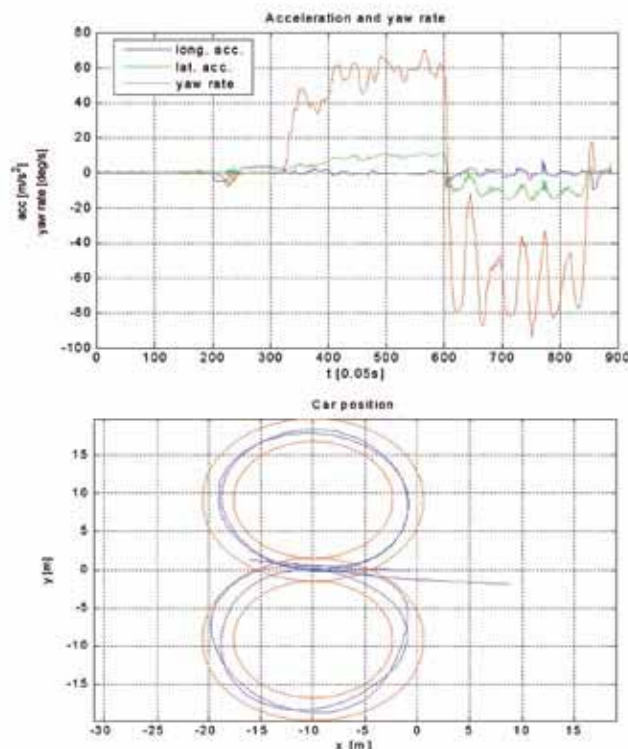
2. ábra: a Simulink-modell főbb részei



4. ábra: GG-diagram

autónak és a kerekeknek az elmozdulása és elfordulása a fontos. Ekkor ezek megjelennek a VR sink blokk bemenetén és a jeleket be lehet vezetni. Ez úgy történik, hogy a SimMechanics-ban elkészült modell egyes elemeinek az elmozdulásának és elfordulásának leírására szolgáló koordinátákat kivezetjük a járműmodellből és a VR sink blokk bemenetére kötjük. Így a VR modellben a testek ugyanazt a mozgást jelenítik meg a vizuális környezetben, amit a mechanikai modellben a testek a szimuláció során.

A külső irányítás megoldására a Joystick input blokk használható. Ebben megadható, hogy a PC-hez csatlakoztatott joystickok közül melyik működését vegye figyelembe. A bemeneten az erő-visszacsatolás A blokk kimenetei pedig a gombok és tengelyek által szolgáltatott jel. Ezek közül meg kellett keresni, hogy melyik csatornán melyik jel jön, illetve a modell működéséhez szükséges jelkondicionálást el kellett végezni, hogy a jelek abba a tartományba kerüljenek, amire szükség van, mivel eredetileg -1 és 1 között illetve 0 és 1 közötti jelek mérhetőek a kimeneteken. Ezeket a jeleket a járműmodell gáz, fék és kormányzás bemeneteire kötve a joystick használható.

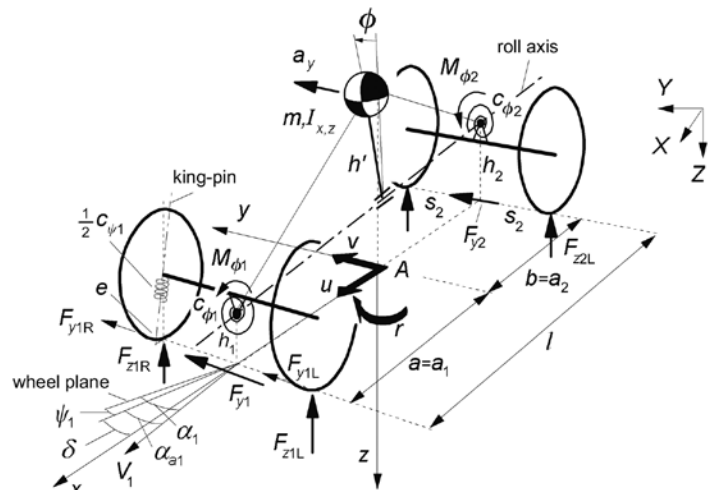


3. ábra: a szimuláció során mentett néhány adat

A szimulátor futtatása után egyes járműdinamikai jellemzők megtekinthetők, ezek közül párat mutat a következő két ábra.

EGYSZERŰSÍTETT JÁRMŰMODELL

Az egyszerűsített járműmodell a jól ismert kétnyomú modell, melyet a 6. ábra mutat. E modellel főként a jármű dinamikai tulajdonságainak, a saját kormányozottsági viselkedésének vizsgálatára van lehetőségünk.



5. ábra: kétnyomú modell [Pacejka]

A modellt a SimMechanics toolbox segítségével készítettük el. Hét merev testet tartalmaz, melyek a kasznit, a tengelycsonkokat, az első és hátsó tengelyeket reprezentálják, és egymáshoz ideális kényszerekkel csatlakoznak. Ezeken kívül természetesen a négy kerék is egy-egy merevtestként modellezve van. A tengelycsonkok a tengelyekhez csak a csapszeg tengelye körüli elfordulást engedélyező kapcsolattal vannak kényszerelve, míg a kerekek a tengelycsonkhoz ugyanilyen módon, csak épp a kerék forgástengelye körüli elfordulást engedélyező kényszerrel csatlakoznak. A kormányzás, hajtás és fékezés ezen kapcsolatokba bevezetett nyomatékokkal történik. A kerék és gumibroncs modellezésére a TNO Automotive által készített MF-Tyre gumimodellt használtuk. E modell tökéletesen illeszkedik a SimMechanics környezetbe és mechanikailag korrektül modellezi a kerék mint forgó tömeg mozgását. A hozzá illesztett gumimodell statikus és a hőmérsékletfüggést nem modellezi, azonban jól parameterezhető, és a számunkra igazán fontos jelenségeket is kezeli. Fontos hangsúlyozni, hogy a modell messze nem modellezi az

összes fontos jelenséget helyesen, azonban egyszerűsége miatt kiváló lehetőséget jelent, hogy valós időben futó szimulációnk alapjául szolgáljon.

FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A jelenlegi szimulátor egyelőre csak a futáshoz szükséges minimális követelményeket elégíti ki. Néhány plusz funkció beépítésével jelentősen lehetne növelni a használhatóságát:

- HUD megjelenítése futás közben (sebesség, sebességfokozat, köridő stb.)
- időmérő rendszer
- vizuális megjelenítés javítása
- ütközésetektálás
- hanghatások beépítése
- kormányérzet pontosabb modellezése
- járműmodell összetettségének növelése.

A járműmodell összetettségének növelése jelentősen megnöveli a számítási időt, ami miatt a valós idejű futás nem lenne biztosítható egy asztali számítógépen. Az XPC target toolbox segítségével viszont valószínűleg megoldható lenne, hogy egy számítógépen egy optimalizált programkódként valós időben fusson a teljes

mechanikai modell, míg a megjelenítést egy másik számítógép futtatná, miközben a két gép hálózaton kommunikálna egymással. Így a valóság még pontosabb modellezése válna lehetővé azonos hardverigény mellett.

Irodalom

- [1] Hans B. Pacejka, Tire and Vehicle Dynamics (Hardcover) p.627 Society of Automotive Engineers Inc (October 2002) ISBN-10: 0768011264 ISBN-13: 978-0768011265
- [2] Milliken, W. F., Milliken, D. L. Race Car Vehicle Dynamics (Hardcover) p. 993, SAE International (August 1995), ISBN-10: 1560915269 ISBN-13: 978-1560915263
- [3] Dóra, Sz., Csuzi, T., Bakó, Cs., Forsthoffer, F., Csütörtöki, T.: Formula Student versenyautó futóművének tervezési alapjai, A jövő járműve, 2008:(1-2) pp. 59–63.
- [4] Bári, G.: Formula Student versenyautó futóművének tervezési alapjai, A jövő járműve, 2008:(3-4)
- [5] Dudás, Z.: Formula Student versenyautó négyhengeres benzinmotorjának modellezése és optimalálása, A jövő járműve, 2008:(3-4)
- [6] Bári, G.: Application of Active Anti Roll Bar System for Enhancing Yaw Stability, FISITA 2008 World Automotive Congress

A gépkocsihajtás villamosítása

2. rész

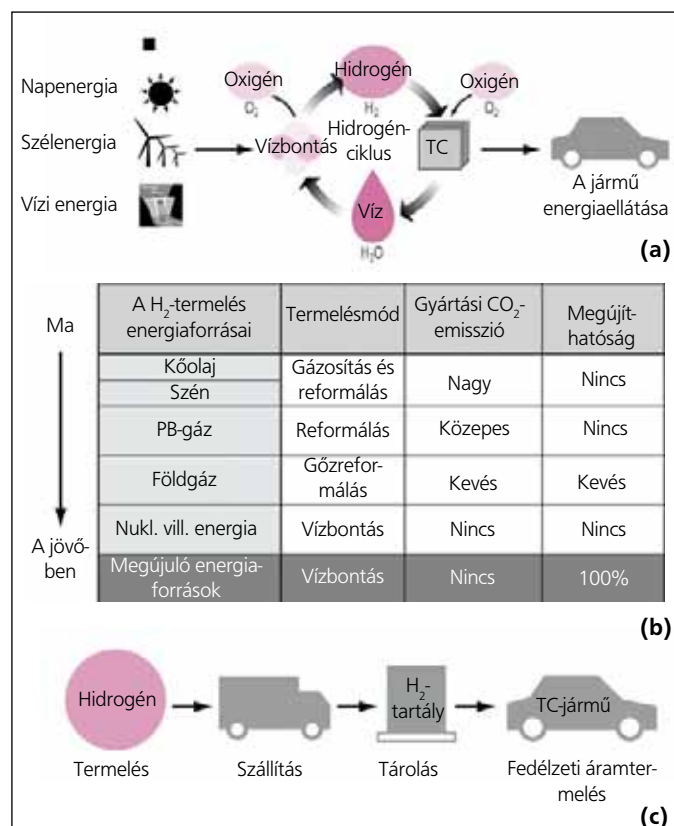
Petrók János

A hibridalapú fejlődés a villamos hajtások irányába mutat. Az ezzel összefüggő lehetőségek felvázolása előtt érdemes áttekintenünk a villamos hajtás-vontatás főbb jellemzőit.

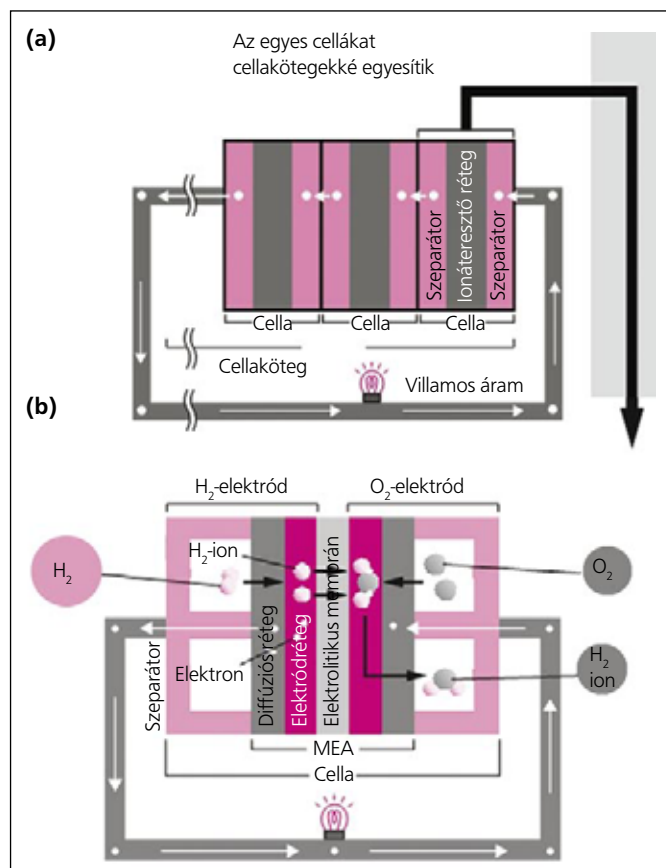
The hybrid-based development points towards the electric drives. Before outlining the connected opportunities, it is worth reviewing the main characteristics of the electric powertrains.

BEVEZETÉS

A legutóbbi szakmai konferenciák előadásai alapján, a gépkocsik villamos hajtásának elterjesztése egyre inkább közös célokban megfogalmazható, globális akcióprogrammá érik, a következő rendező gondolatokkal. 2008 óta az emberiség többsége városokban él, és az urbanizáció a jövőben is meghatározó tendencia marad. 2010-ben a Föld népessége meghaladja a 7, a gépkocsi száma az egymilliárdot. 2015-re az 5 milliónál nagyobb megvárosok száma meghaladja a 45-öt. Mindez a városi gépkocsiállomány további növekedését, a levegőtisztaság védelme fokozásának, a fosszilis üzemanyagokkal való takarékoskodás növelésének, a helyi energiaforrások jobb kihasználásának és a villamos hajtások bővülésének igény növekedését vonja maga után. E célok elérése az energiatároló eszközök erőteljes fejlesztését és a villamos hálózatok átalakítását teszi szükségessé, a világ valamennyi fejlett közlekedésű térségében. Úgy, hogy a prognózisok szerint 2020-ig a világ hibrid járműveinek száma 6,2, a hálózati hibridek és a tisztán villamos hajtású járművek állománya 1,1 millióra növekszik majd. A növekvő városi népesség mobilitása csak a városi levegőminőség javításával tartható fenn a jövőben. Az ezzel összefüggő célok meghatározó eszköze a gépkocsik villamo-

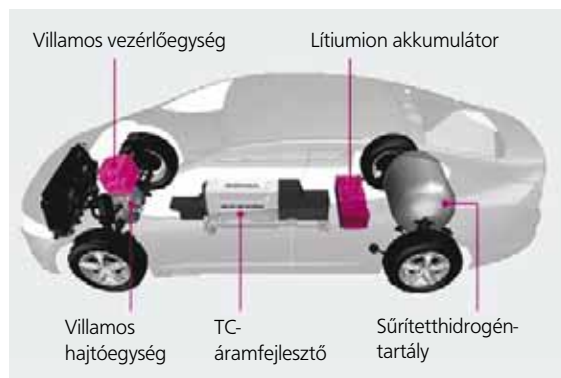


18. ábra: megújuló ciklusú TC-hajtás elemei (a); hidrogén előállításának átalakulása (b); és a TC-járművek hidrogénellátása



19. ábra: PEM-rendszerű TC felépítése (a) és áramátalakító folyamata (b)

sítása. Bár a villamos hajtású gépkocsikat a legtöbb vevő fokozott érdeklődéssel várja, e járműveket nagy sorozatban egyetlen autós világcég sem gyártja. Egyetlen ország ipari környezete sem készült fel a megfelelő befogadásukra, ezért üzemeltetésük jogi és pénzügyi feltételei sem alakultak ki. A villamos gépkocsi hajtásának hatáságilag szabályozatlan jövedéki helyzete a várhatónál kisebb üzemeltetői költségeket sejtet, pedig a tényleges költségeket az adók és támogatások állami szabályozása fogja meghatározni, a világ valamennyi országában. A hidrogén üzemanyag literenként 5 euró körüli vételára, a villamos gépkocsi másfél mázsátnál nagyobb többletterhelése és alig 200 kilométeres hatósugara még jó ideig kiküszöbölik azt, hogy a gépkocsi, kevesebb CO₂-t bocsásson ki a vezetőknél. A gépkocsi villamos hajtásának elterjesztése kiváló alkalom a világ lábon maradt gyártói számára a válság előtti fejlesztési adósságok kiegyenlítésére. Mert kezdet a szívre, ilyen adósságok világszerte akadtak. Meglétüket semmi sem bizonyítja jobban annál a fejlesztéstámogató igyekezetnél, amit a világ legbefolyásosabbjai a közelmúltban, óceánon innen és túl, kifejtettek. Ők ugyanis az autógyári vezetőknél korábban olvashatták a Föld klímaváltozásáról szóló borúlátó jelentéseket.

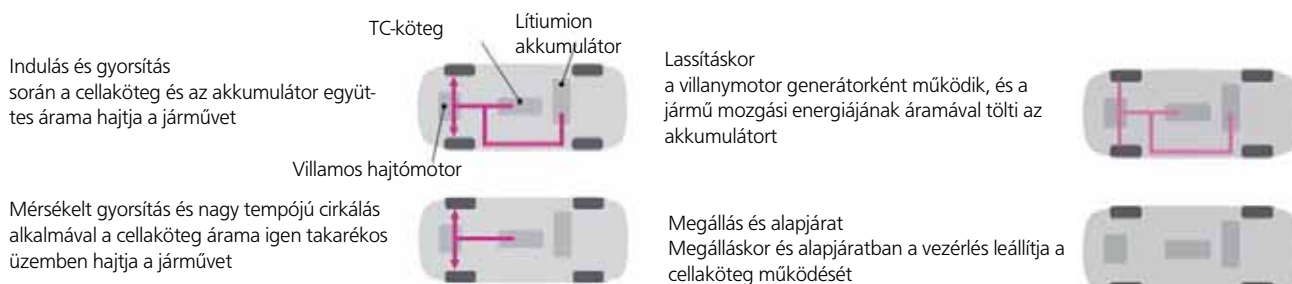


20. ábra: a Honda FCX Clarity hajtóelemeinek elrendezése (a és b), kerékagymotorja (c) és villamos hajtóegysége (d)

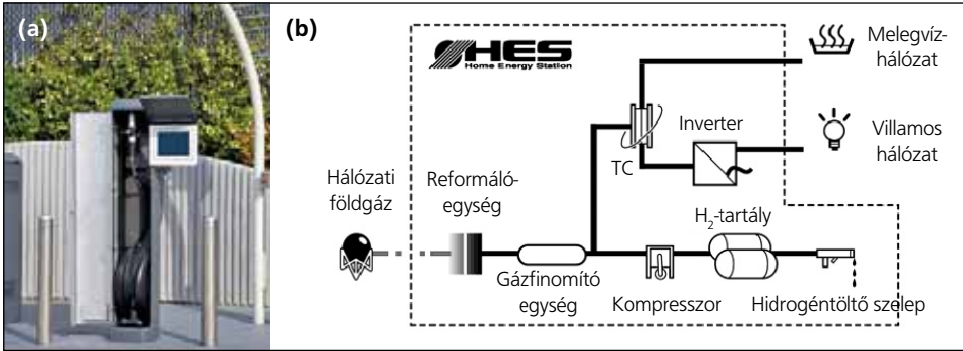
- (a) Az elkövetkező években Obama elnök 2,4 milliárd dollárral (egy B2B árával) támogatja az amerikai villamosítási programot. Ennek keretében 2015-ig egymillió hálózati villamos gépkocsit készítenek, és korszerű akkumulátorokat fejlesztenek ki, hogy az amerikai autóipar tisztább és versenyképesebb lehessen. Az európai gépkocsik villamosításának fejlesztési irányát és ütemét a német autó- és energiaipar diktálja. Ennek megfelelően fokozott várakozásokat ébreszt az a kancellári bejelentés, amely szerint, megfelelő állami támogatással, 2020-ig egymillió hibrid és villamos hajtású gépkocsit kívánnak gyártani és forgalomba hozni. A hazai villamos gépkocsiállomány kiszolgálására való felkészülés mindenekelőtt az energiaellátó rendszer felülvizsgálatát igényli. A primer energiarendszerek bővítési igényének feltárása, a meglévő kapacitások bővítése és új kapacitások létesítésének megfontolása céljából. További feladat: intelligens, hálózati villamos-áram vételezésre, hálózati visszatöltésre és elszámolásra alkalmas, gépkocsi és hálózat közötti intelligens terminálok kifejlesztése és forgalmazása, továbbá akkumulátortöltő eszközök kifejlesztése, kereskedelmi elterjesztése.

TÁVLATI CÉLOK

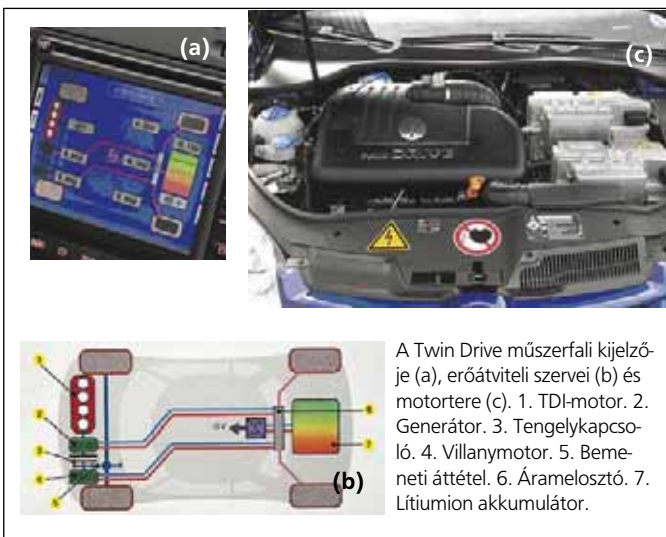
- Napjainkban a világ több kőolajat fogyaszt, mint amennyit feltár. Ma minden újonnan feltárt hordónyi kőolajra 4 hordó felhasznált olaj jut. Ezért századunk egyik legnagyobb feladata az energiaválság megoldása. Az új energiaformára való átmenet hosszú folyamat, amely több lépésből áll. Jó ideje folynak kísérletek a légkör védelme szempontjából legkínálkozóbb energiaforrás, a hidrogén alkalmazására. Jelenleg a világon több mint 750 millió közúti jármű fut az utakon. 20 éven belül ez a szám megkétszereződik. A népesség további növekedésével, a következő két évtizedben az energiaigény 50%-kal emelkedik. A világméretű környezeti problémákat nem maguk az autók okozzák. Az okok az autók helytelen energiaforrásában, a szennyező energiában keresendők. A károsanyag-kibocsátás döntően a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásától függ. A klímaváltozás mint legsúlyosabb következmény, szintén ennek tudható be. A hidrogén előállítása két előnnyel jár. Nem kell valutát adni a kőolaj-importért, és csökken az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása. A tiszta hidrogén előállítása megújuló erőforrások felhasználásával tehető költséghatékony. Ezért a cél az, hogy a hidrogént olyan megújuló energiaforrásokkal állítsuk elő, mint a napfény, a szél vagy a biomassza. Felhasználási nehézségei miatt, a hidrogén nem elsődleges energiaforrás, csupán energiahordozó. A hidrogén a legkönnyebb elem, molekulái különösen nagy nyomású és hőmérsékletű állapotban, a legtöbb anyagon átdiffundálnak és az acéltartályokat is törékennyé teszik. Tárolása, kezelése, szállítása ezért körülményes és költséges. A nagy nyomású hidrogén, biztonsági okokból csak hengeres tartályban tárolható. Mindez korlátokat szab a gépkocsin való elhelyezésének, és korlátozza a hidrogénüzemű gépkocsi hatósugarát. Tüzelőanyag-cel-



21. ábra: a tüzelőanyag-cellás Clarity főbb működési állapotai



22. ábra: a Honda otthoni töltőállomása (a) és felépítése (b)



23. ábra: a VW-konzern állami támogatású Golf Twin Drive elnevezésű dízel-hibrid kísérleti járműve

lákban csak nagy tisztaságú hidrogén használható, a CO₂ ugyanis még nyomokban is mérgezi a tüzelőanyag-cellát. A hidrogén rendkívül gyúlékony, a levegőben robbanékony gáz. Látható lángok nélkül ég, a hidrogéntüzek oltása igen veszélyes feladat.

Napjaink legnépszerűbb tüzelőanyag-cellája a PEM, a protonátteresztő membrán. A PEM tüzelőanyag-cellában a hidrogén egyesülni akar az oxigénnel, ezért a membrán ellenkező oldalán lévő levegő felé igyekszik. A membrán azonban csak a protonokat engedi át, ezért az elektronoknak meg kell azt kerülniük. Az elektronoknak ez a kerülő mozgása az áramtermelés. A membrán másik oldalán a hidrogén egyesül az oxigénnel, és ezzel iható minőségű, tiszta víz keletkezik. A tüzelőanyag-cellák olyan hatékonyan termelnek villamos áramot, hogy velük autókat, kamionokat és hajókat lehet hajtani. Mindezek ellenére, csak a megújuló energiával termelt, hidrogénként tárolt villamos energia tekinthető a fosszilis tüzelőanyagok valódi versenytársának. A decentralizált áramellátás révén, a településektől több száz kilométerre lévő erőműveket felváltják a házak pincéjébe, padlására vagy tetjére telepített tüzelőanyag-cellás áramfejlesztők, és ekkor beköszönt a hidrogéngazdaság kora. Ez azonban még messze van.

A távolabbi jövőben, minden autót hidrogénhajtására cserélnek. A villamosenergia-ipar szempontjából a lehetőségek ennél is nagyobbak. A gépkocsik tüzelőanyag-cellái hidrogénből a fedélzeten állítanak elő villamos áramot.

Energiainternet. Az informatikai internet példája nyomán, energiainternet építhető ki, amelyen a munkaidőben parkoló autók a villamos hálózatra kapcsolhatók, és a hidrogén előállításakor keletkező áram a hálózatba táplálható.

Az autós beáll a cége parkolójába, ahol a parkolóhelyek csatlakozódugasszal vannak ellátva. Ezekből a töltőáramon kívül, hidrogén is

vételezhető. Ha a világon ma meglévő összes gépkocsi 4%-át ilyen rendszerre kapcsolnánk, nem lenne szükség erőművekre.

Garázsban, autónk tüzelőanyag-cellájának áramával világíthatunk és fűthetünk. A megtermelt áramot pedig eladhatjuk az áramszolgáltatónak. A tüzelőanyag-cella alapvető előnye, hogy parkoláskor, automatikus áramfejlesztőként biztosítja az üzlethelyiség vagy az otthon áramellátását.

Ha az USA személy- és könnyű-tehergépkocsi-állománya ezt tenné, akkor a jelenlegi erőmű-kapacitás tizenkét-szeresét termelhetné vissza a hálózatba. Rendkívül izgalmas, hogy az energetikai internet milyen hatással lesz az életünkre a következő évtizedekben.

KÖZELEBBI EREDMÉNYEK

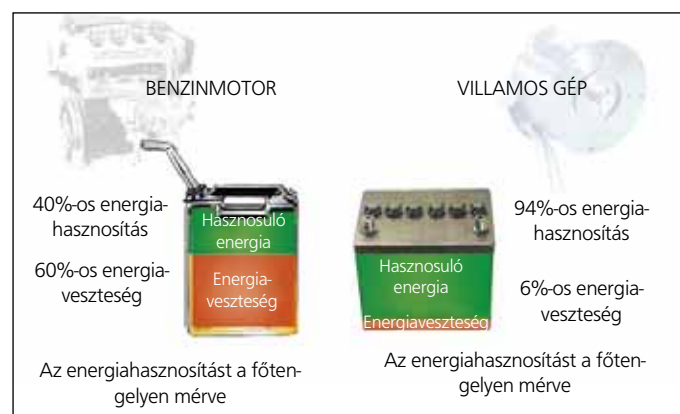
Tavaly, június 16-án, első ízben gördült le a gyártósorról zérus emissziójú, hidrogén tüzelőanyag-cellás gépkocsi, ami a Honda terméke. Az átvett járművek azonban a gyár tulajdonában maradnak. Havonta kb. 600 dollárért, vagyis átszámítva mintegy 105 ezer forintért – bérelhetik a tesztflotta autót azok, akiknek sikerül hozzájutni egy példányhoz.

A villamos hajtás részarányának növelése mindinkább globális céljá kezd válni. Ez ugyanis csökkenti az üzemanyag-fogyasztást és a károsanyag-kibocsátást. Javítja a részegységek járművön belüli elhelyezhetőségének rugalmasságát, irányíthatóságát és megbízhatóságát. Carlos Ghosn, a Renault és a Nissan elnöke, az évtized végéig, zérus emissziójú villamos járművek tömeggyártását tűzte célul.

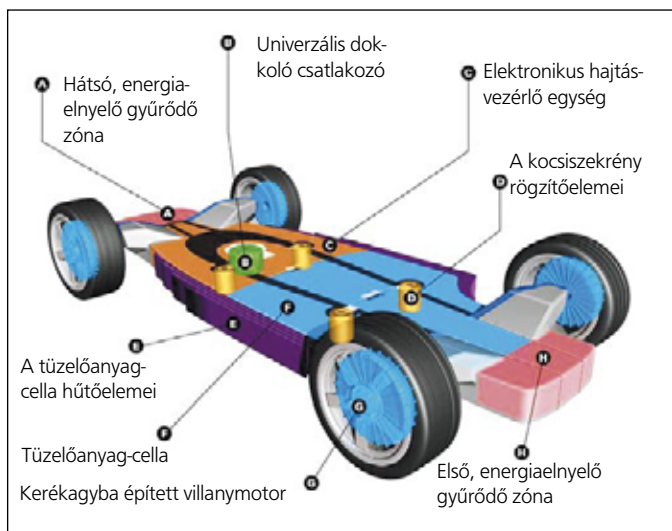
A VW-konzern Golf Twin Drive néven új kísérleti járművet mutatott be. A PHEV jármű villamos teljesítménye 82, turbódízel motorja 122 lóerős. A tervek szerint a Twin Drive-ből 2010-re 20 darabos tesztflottát fognak készíteni.

Ekkorra a Chevrolet Volt elnevezésű, Extended-Range Electric Vehicles (E-REV), azaz bővített hatósugarú villamos járműmodell is az utakra gördül 40 mérföldes villamos (64 kilométeres) hatósugarával, és 640 mérföldes (1030 kilométeres), együttes hatósugarával.

Az E-REV a következő lépés, a hidrogén tüzelőanyag-cellás gépkocsihajtás és az emissziómentes közúti közlekedés felé. Az ehhez vezető úton előbb alkalmas gépkocsit kell készíteni, az infrastruktúra kiépítését az majd hozza magával. Ezt követően a villamos hajtású járművek fedélzeti energiasűrűségét kell növelni. Ma az akkumulátorok korlátozott fajlagos energiasűrűsége jelent korlátot. Addig ugyanis a hidrogén vékony falú, szálerősítésű tankban való tárolása nagyobb energiasűrűségű az akkumulátorokénál.



24. ábra: mai személygépkocsi benzín-, illetve villanymotorjának energiahasznosítása



25. ábra: az alternatív hajtásmódok a jármű szerkezetét is megváltoztatják. A GM AUTOnomy, gördeszka alakú padlóvázba integrálja a jármű erőátviteli szerveit

A VILLAMOS HAJTÁS ELŐNYEI

A hibridalapú fejlődés a villamos hajtások irányába mutat. Az ezzel összefüggő lehetőségek felvázolása előtt, érdemes áttekintenünk a villamos hajtás-vontatás főbb jellemzőit.

A villamos hajtással kifejezhető tömeg és térfogatigényre jutó teljesítmény szolgáltatás, minden más hajtásmódnál kedvezőbb. Ez a jó tulajdonság, minden egyébnél nagyobb gyorsításdinamika kifejtésére teszi alkalmassá a villamos hajtásmódot.

A motorokkal végzett villamos hajtás előnye a fordulatszám és a kifejtett villamos teljesítmény belső égésű motorokénál olcsóbb és pontosabb szabályozhatósága.

A villamos hajtás olcsóbb a dízelnél, ezért az energiaellátó rendszerek megtérülési ideje is rövidebb. A villamosan hajtott jármű regeneratív üzemmódban is működik, ami javítja a járműhajtás fajlagos energia-költségét.

A villamos hajtás (zaj-, lég- és talajszennyező) környezeti hatásai kisebbek, ezért a gépkocsikon az akkumulátoros villamos hajtás van elterjedőben.

Az akkumulátorok újratölthető kémiai energiatároló eszközök, amelyek energiáját villanymotorok zaj, vibráció, CO₂, károsanyag-kibocsátás, és talajszennyező környezeti hatások nélkül alakítják járműhajtást végző, kontrollált forgómozgássá. Mindezek miatt, a villamos hajtású gépkocsik externális költségigénye is kisebb a belső égésű motorokkal végzett hajtásokénál.



28. ábra: a villamos hajtású Smart szerkezeti főegységei



26. ábra: a tisztán villamos hajtású Tesla Roadster



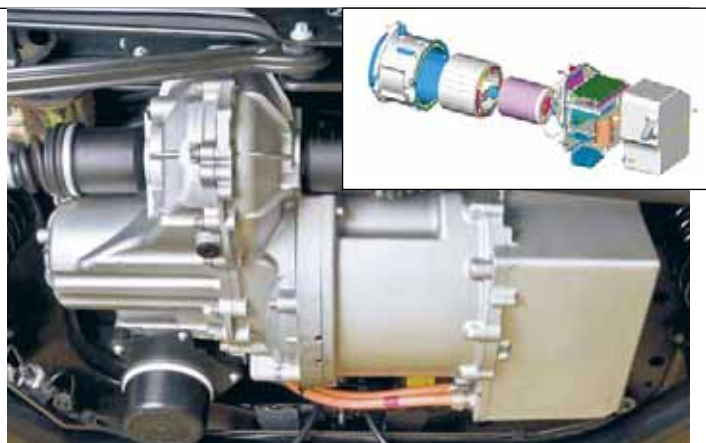
27. ábra: a Tesla Roadster erőátvitelének főegységei

Villamos hajtásra többféle alternatív energiaforrás hasznosítható. A perspektíva a megújuló energiafajtáké.

A villamos hajtás újfajta ellátó és töltőállomásokat igényel, ami nagymértékben módosítja a „tankolási szokásokat” is.

A villamos hajtás szerkezetileg egyszerűbb, működési megbízhatósága nagyobb, ezért az üzemeltetési és a fenntartási költségszintje is kisebb a belső égésű motorokkal végzettnél.

Villamos hajtású gépkocsikon az erőátvitel is rugalmasabban alakítható. A hajtás, a kormányzás, a lengéscsillapítás és a fékezés, közös szerkezeti egységgé integrálható. Úgy, mint a Siemens VDO esetében, amelynek eCornere egyetlen kerékbe épített egységgel váltja fel a hidraulikus lengéscsillapítóval közös egységet alkotó, hagyományos kerékfelfüggesztést, a mechanikus kormányzást, a hidraulikus féket, és mindenekelett a belső égésű járműmotort.



Villamos hajtás esetén a felsorolt részegységek működése más hajtásmódokénál pontosabban, elektronikus úton irányítható. E helyen elegendő csak a különféle x-by-technikákra utalnunk, amelyek teljesen új lehetőséget nyitnak a járműtervezők és újfajta járműterveik számára.

A villamos hajtású, akkumulátor energia-tárolós gépkocsik jóval egyszerűbbek a belső égésű motorral hajtottaknál, mert sem szűrők, sem motorolajuk, sem befecskendezők, sem gyújtógyertyáik, sem lambdaszondáik nincsenek. Az energiaforrásuk egyetlen forgó elemet foglal magába.

Lítiumion akkumulátoros változataik háromszor több villamos áram tárolására alkalmasak, négyszer hosszabb élettartamúak, mint az ólomakkumulátorosak. Karbantartási ciklusidejük a 150 ezer kilométert is meghaladja.

A villamos hajtású gépkocsik sebességrekordja ma 370 km/h, amit a nyolckerekű japán ELiCa (Electric Lithium-Ion Car, azaz elektromos, lítiumion) koncepcióautó tartja. A tokiói Keio egyetemen kifejlesztett jármű kerekeit, kerekenként egy-egy 60 kW-os (80 LE-s) villanymotor hajtja. A jármű 480 kW-os (640 LE-s) teljesítménye 370 km/h-s végsebességre gyorsítja a 0,8 g-s villamos lassításra, és regeneratív és tárcsafékekkel végzett fékezésre is alkalmas, 320 km-es hatósugarú, 320 ezer dolláros kísérleti járművet.

Ezzel együtt, a ma legjobbnak tartott lítiumion akkumulátornak is ötvenszer kisebb az energiasűrűsége, mint a benzinmotorú gépkocsikénak.

A ma legkedvezőbb adottságú Tesla Roadster hatásfoka 52,5%, kétszerese a Priusénak, és több mint kétszerese a mai tüzelőanyag-cellás gépkocsikénak. A hatósugara viszont 300 km. Úgy, hogy ez a kétszemélyes jármű 100 ezer dollárba kerül, és a teljesen kisütött lítiumion akkumulátorának 8 óra a feltöltési időigénye.

Az energiasűrűség, a hatósugár, a töltési idő, és mindenekelőtt az akkumulátor az, ami kijelöli a villamos hajtású gépkocsik legfőbb fejlesztési céljait, a zérus emissziójú gépkocsik felé vezető úton.

A VILLAMOS HAJTÁS ELTERJEDÉSÉNEK KÖVETKEZMÉNYEI

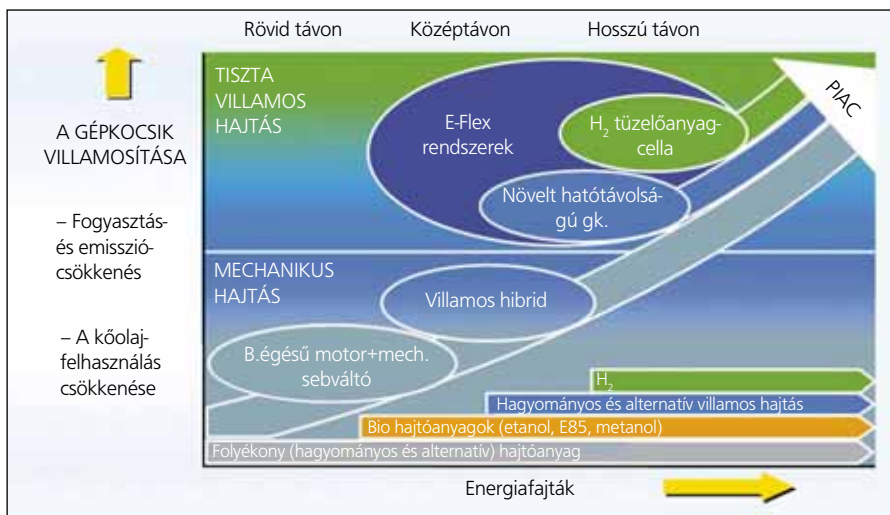
A villamos hajtás ellentmondásaival együtt, a káros emissziókkal bajlódó autóiparnak világszerte át kell gondolnia a teljes értékláncát és kompetenciáit, mielőtt a belső égésű motorok és hajtáselemek végleg elavulva eltűnnek.

Eddig az időpontig, Dieter Zetsche, a Daimler elnökének véleménye szerint, az autóipar számára már csak három járműgenerációnyi mozgástér van hátra.

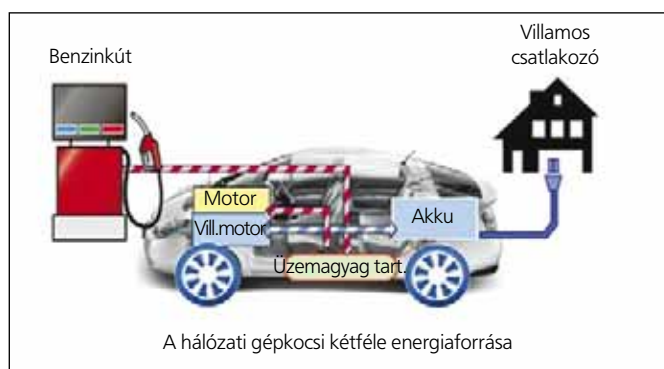
Jens Hadler, a VW aggregátfejlesztésének vezetője szerint, „a jövőben a gépkocsik szívét többé nem a belső égésű motorok, hanem a nagyfeszültségű akkumulátorok jelentik majd. Az autógyártóknak ezért mihamarabb új kompetenciákat kell kiépíteniük, és új szövetségeket kell kötniük, az új piaci partnerek piacra lépése számára. Jobb, ha világosan látjuk, hogy ez a váltás százazrek számára a régi munkahelyek megszűnésével és új munkahelyek létesítésével fog járni, mind az összeszerelő, mind a beszállító, mind a fenntartó iparban.”

„A jövő a villamos autóé”, összegezte az autóipar jövőképét Martin Winterkorn, a Golfot az Up! plug-in kiskocsival váltó VW-konzern elnöke.

Bertrand Delanoë, Párizs főpolgármestere, idén négyezer villamos gépkocsit tervez Carsharing haszonbérleti rendszerben üzembe helyezni, a 11 milliós főváros levegőtisztaságának és a városi forgalmi helyzet javítására.



29. ábra: a gépkocsi-villamosítás energetikai alternatívái



30. ábra: hálózati gépkocsi energiaellátása: benzinnel a töltőállomárról, árammal: a ház konnektorból



1. Vezetékhálózat, 2. Gyorstöltős parkoló, 3. Műszerfali egysége, 4. Áramellátó központ, 5. Házi töltőegység

31. ábra: hálózati gépkocsi-energiainternet kézi terminálja

A hajtásmódváltással együtt, az egyébként is egyszerűsödő villamos autókkal összefüggésben mindinkább erősödik a gépkocsik szabványosításának és a maitól alapjaiban eltérő forgalmazásának rendezőelve is. Mondván: mi szükség a gyártók saját marketingjén alapuló értékesítésre, ha amúgy is szabványos gépkocsikat forgalmaznak. Az ellentmondások ellenére, a jövő a tisztán villamos hajtásé. Emisszió nélküli működésük miatt, a nagyvárosokban már a jelen is az övék. Ennek gyakorlati tudatosítására Londonban, Párizsban, Berlinben folytak és folynak flottakísérletek. A BMW 500 villamos hajtású Minit üzemeltető „i” pilotprojektjével szerzett tapasztalatokat a nagyvárosi üzemeltetésről.

A megvárosok ugyanis már ma fuldokolnak a kipufogógázoktól. 2015-ben, a 36 millióra előrejelzett Tokió, a 22 milliós Mexikóváros és

a 18 millió Los Angeles városmagjaiban csak zérus emissziójú, villamos gépkocsik közlekedhetnek majd, mert ilyen közegekben a villamos hajtásnak egyszerűen nincs másik alternatívája.

AZ EURÓPAI VILLAMOS GÉPKOCSIK FEJLESZTÉSE

Az európai villamos gépkocsik fejlesztése szempontjából jelentős változás, hogy a világ legnagyobb autóiipari beszállítójának számító Robert Bosch, legutóbbi időben bővítette a villamoshajtás-fejlesztő tevékenységét. Ennek érdekében a lítiumion akkumulátorok gyártásában nagy tapasztalatú Samsunggal, vegyes vállalatot létesített ilyen akkumulátorok gyártására és fejlesztésére. A gyár jelentőségét semmi sem tudná úgy kiemelni, mint az, hogy a legtöbb hibridet gyártó Toyota innen kíván új fejlesztésű járműveibe lítiumion akkumulátorokat beszerezni. A mai ismeretek alapján a hatékony hibrid és villamos hajtásoknak a lítiumion akkumulátor a kulcseleme.

A vegyes vállalat 2011-re tervezi az akkumulátor-rendszerek gyártásának megkezdését, és benzines, illetőleg dízel hibridek gyártására egyaránt kapott megrendeléseket. A „mild” és a „strong” hibrid hajtásokon kívül a Bosch egyszerűbb módszereket is kínál, innovatív start-stop eszközökhöz akkumulátorokat a fékezési energiának a generátoron át végzett rekuperálására, mivel ez CO₂-csökkentést tesz lehetővé.

A Bosch a plug-in hibrid járműveket átmeneti megoldásnak tekinti, a jármű járulékos tömegnövekedése miatt. A plug-in technikával hosszabb távon elért „hatótávolság-növelés” a jármű olyan belső égésű motorja teszi lehetővé, amely kizárólag az akkumulátor feltöltését, nem a járműnek a hajtását végzi, mérsékelve a fedélzeti „duplikált” technikát.

Mindemellett a plug-in koncepció lehetővé teszi a tisztán villamos hajtás közepes távolságú használatát is. A belső égésű motornak és üzemanyag-tartalékának köszönhetően pedig nagyobb a tartománya.

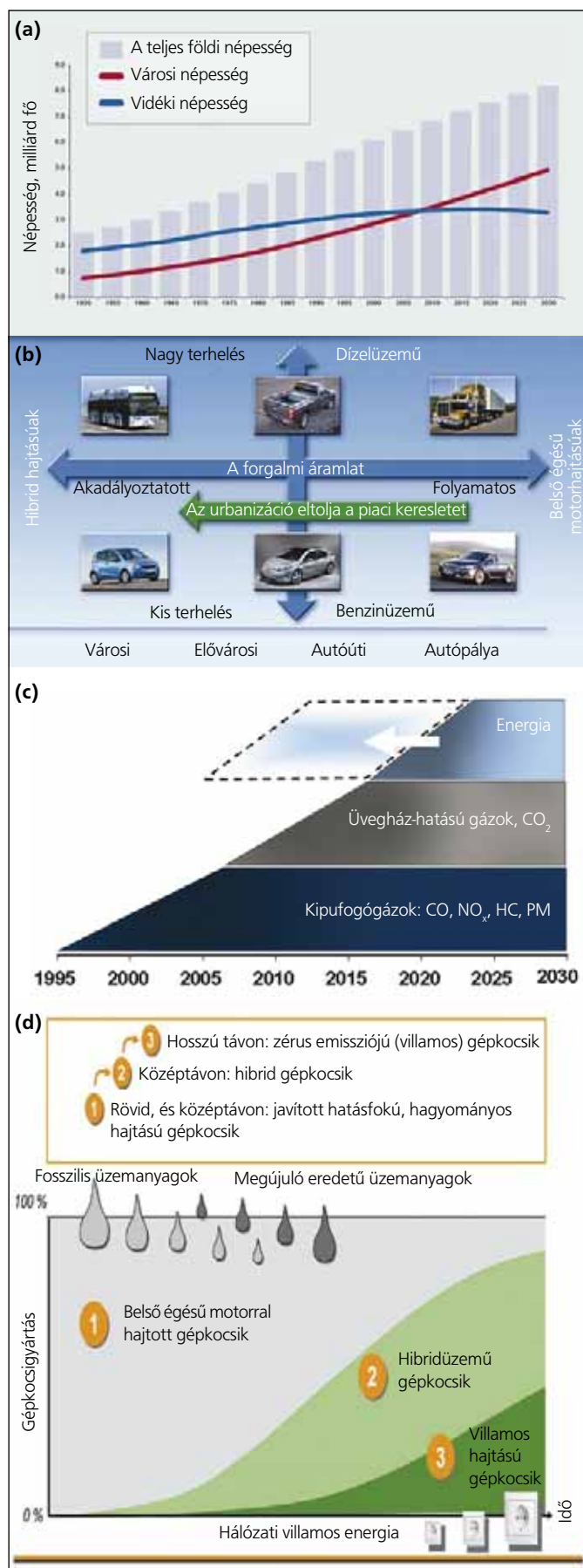
A hosszú távú cél a tisztán elektromos energiával táplált hajtás, mivel ez lehetővé teszi a zérus károsanyag-kibocsátással járó vezetést. Ezeknek az elektromos járműveknek a piaci érettsége úgy fog növekedni, ahogyan a mérnökök javítják az akkumulátor energia- és teljesítménysűrűségét, és ahogyan a gépjárművezetők egyre inkább hajlandók lesznek a feltöltések miatt beiktatandó 100–200 kilométerenkénti megállást elfogadni.

Ez elektromos motorokkal kombinálva a benzin-hibrid hajtások, mintegy 25%-kal kevesebb CO₂-t bocsátanak ki a hagyományos benzinmotoroknál, és 20 százalékkal kevesebbet a dízel-hibrideknél. A szám adatok azt mutatják, hogy bár a következő 20 évben a belső égésű motoroké marad a domináns hajtásmód, a járműgyártás megválasztását még inkább személyes választások fogják meghatározni. A nagyvárosokban maradéktalanul kihasználhatók a villamos hajtás lehetőségei. Közepes úthosszakon a hatótávolság-növelő használat válik célszerűvé, a tisztán belső égésű motorokkal végzett hajtásokkal szemben.

A CHEVROLET VOLT PÉLDÁJA

A hibrid jármű-akkumulátorok tárolóképeségének a napi használati idő határáig végzett növelése, minőségileg új lehetőséget kínál. Ekor ugyanis, a közlekedő ember olyan hajtásmódhoz jut, amely helyi károsanyag-kibocsátás nélkül elégíti ki a nagyvárosi mobilitás igényeit. Az ilyen jármű belső égésű motorjának fosszilis energiahasználat csupán a napi átlagos úthosszakat meghaladó távolságokat jelentő helyközi forgalomra szűkül. Úgy, hogy a napi használat energiaigényét az üzemeltetők teljes egészében az áramellátó hálózat éjszakai áramával fedezik.

A gépkocsik következő generációinak hajtásfejlesztése a járműhajtás villamosítására épül. E stratégia a hajtóanyag-fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás csökkentését, az energiaellátás biztonságának és sokféleségének megőrzését tűzi célul, amelyek teljesítéséhez átfogó társadalmi érdekek fűződnek, világszerte.



32. ábra: a változások éve a világ népességében (a), a gépkocsimotorok fejlesztési céljainak változásában (b), a gépkocsifejlesztések módosításában (c) és a gépkocsik környezetvédelmi céljaiban (d)

Gépkocsi-hajtásmódok főbb jellemzői, a Ford tavalyi (20 000 km-es éves futásteljesítményen alapuló) adatai alapján

Minősítő jellemzők	Műszaki előnyök/Költségek (C szegmensű, kompakt szedán esetén)				
	Belső égésű	Mikrohibrid	Hibrid (HEV)	Hálózati hibrid (PHEV)	Akkumulátoros villamos hajtású (BEV)
Üzemanyag-fogyasztás	-30 mfd/g	-31–32 mfd/g	-45 mfd/g	170 mfd/g-ig	140 mfd/g-ig
Hatótávolság/feltöltés	-405 mfd/tank	-425 mfd/tank	-610 mfd/tank	Tiszta villamos üzemben 30–50 mfd; Hibrid üzemben min. 800 mfd	Egy feltöltéssel 100 mfd-ig
Tankolási idő	Néhány perc	Néhány perc	Néhány perc	110 voltos töltőfeszültséggel: 5–8 h	220 voltos töltőfeszültséggel: 5–8 h
CO ₂ -emisszió	-35 g/km		-23 g/km	Mai villamos hálózat esetén: -91 g/km; Jövőbeli: villamos hálózat esetén: 60 g/km	Mai villamos hálózat esetén: -115 g/km; Jövőbeli: villamos hálózat esetén: -71 g/km
CO ₂ , kúttól a tankig	-150 g/km	–	-100 g/km	Mai villamos hálózat esetén: -26 g/km; Jövőbeli villamos hálózat esetén: 25 g/km	Mai villamos hálózat esetén: 0 g/km; Jövőbeli villamos hálózat esetén: 0 g/km
CO ₂ , kúttól a kerekéig	-185 g/km	–	-123 g/km	Mai villamos hálózat esetén: -117 g/km; Jövőbeli villamos hálózat esetén: 85 g/km	Mai villamos hálózat esetén: -115 g/km; Jövőbeli villamos hálózat esetén: -71 g/km
Beszerzési felár	0 \$	300 – 500 \$	3000–5000 \$	15 000–20 000 \$	25 000–30 000 \$
Éves üzemanyag-költség	-1200 \$/év	-1125 /év	-800 \$/év	-430 \$/év	-330 \$/év
Megtérülési idő	4–7 év	4–7 év	9–12 év	19–25 év	>25 év

1. táblázat: az átlagos benzines, és a mikro-hibrid, megtérülési ideje 5, a hibridhajtásúé 10, a hálózati hibridé 20, a tisztán villamos gépkocsié 25 év. Így aztán elegendő idő marad a vásárlás megfontolására. Az akkumulátoros gépkocsi, ma háromszor nagyobb határfokú, tüzelőanyag-cellás, és hússzor drágább, benzinmotoros társainál.

A célérés első eredményei a hálózati (plug-in), illetőleg a növelt hatótávolságú villamos járművekhez [angol elnevezéssel az E-REV-ekhez (Extended Range Electric Vehicle)] kapcsolódnak. Az E-REV-ek speciálisan növelt hatótávolságú, plug-in járművek, amelyek mintáját a Ford Edge, és a Chevrolet Volt változatai példázzák. Terjedelmi okok miatt, írásunkban az utóbbi bemutatására szorítkozunk.

Erőátvitelét tekintve a Volt soros működtetésű hibrid jármű, amelynek belső égésű motorja közvetlenül nem a járművet, hanem a jármű generátorát hajtja, és a fedélzeti akkumulátort, az így fejlesztett árammal tölti. A gépkocsi hajtását az akkumulátor 30–80%-os kisütési tartományában villanymotor végzi. Az akkumulátor 30%-nál kisebb kisütési tartományában a működésvezérlő elektronika, a töltési szint növelésére beindítja a jármű belső égésű motorját.

A Volt belső égésű motorja állandó fordulatszámra optimalizált, szerkezetiileg leegyszerűsített (változtatható szeleplevezérlés nélkül működtetett) benzin- és E85-ös tüzelőanyagú motor, amit napi 64, évi 23 360 kilométer megtételére terveztek.

A Volt belső égésű erőforrása és hajtott kerekai között nincs mechanikus kapcsolat. Így a Chevrolet Volt, zömében villamos hajtása az akkumulátorral is ellátott, villamos vontatású mozdonyokéhoz hasonlítható.

A villamos hajtású Volt belső égésű motorja, lényegében a villamos erőművek emissziószintjén működik. Ma is, és az erőműfejlesztések eredményeként a jövőben is, hiszen a csak megújuló energiával bővülő erőműhálózatból egyre tisztább áram kapható. Ennek következtében, a Voltok, tulajdonosok aktivitásától függetlenül is, egyre környezet-kímélőbben üzemelnek.

Az E-REV új minőségét, a jármű élettartama során, az erőműhálózat-korszerűsítések arányában javuló, csökkenő károsanyag-kibocsátása és minimális fosszilisenergia-felhasználása adja.

Az autóiipari paradigmaváltás ugyanis a villamos energia hálózati előállítására és fedélzeti tárolására épül. Ezek magas szintű lehetőségeinek jobb kihasználását a megújuló energiaforrások villamos hasznosítása teheti teljessé, az akkumulátorok tárolóképeségének és a villamos erőművek levegőtminőség-javító fejlesztésének függvényében.

A villamos hajtású gépkocsik, így a 2010 végére tervezett bevezetésű Volt üzemét is alapvetően a jármű akkumulátora határozza meg, amelynek fejlesztését egymással versengő amerikai (A123), dél-koreai (LG) és japán cégek (Sanyo) végzik:

- az a123Systems piacvezetőnek számít a nanofoszfát-alapú lítium-ion-technikában,
- az LG, mangánalapú,
- a Sanyo kobaltalapú lítiumion

akkumulátorok fejlesztésén dolgozik. Az akkumulátorok a gépkocsi árának egynegyedét teszik ki, és ennek az árak a csökkenésére csak a tömeggyártás beindulását követő években lehet számítani.

A Voltot a GM Európában is értékesíti, ezért a jármű európai emissziós méréseit is elvégezték. Az európai menetciklus során, a Volt belső égésű motorja 40 g/km CO₂-temittált.

A felsoroltakból kitűnik, hogy a villamos hajtás többet jelent akkumulátornál és villanymotornál. A villamos hajtású gépkocsik, hálózati működtetésére, a nap során változó villamos áram felhasználás kapacitástartalékainak kihasználása ad lehetőséget. E lehetőségek a gépkocsik erőátvitelének villamosításával használhatók ki. A lehetőségek magas szintű hasznosítását a nap-, szél- és vízerőművek megújuló energiaforrásai tehetik teljessé.

A villamos hajtás energetikai és magas szintű elszámolórendszerre integrálása a jövő feladata. A részletek kimunkálását olyan nagyminta próbák segíthetik elő, mint a villamoskisautók-londoni, párizsi és berlini flottakísérletei, vagy a BMW, 500 villamos hajtású Minivel folytatott „i” pilotprojektje.

Kérdés, hogy a mindent felülíró válság hogyan módosítja az autógyártók finansziális lehetőségeit, és az, hogy hat a távlati fejlesztési tervek.

VILLAMOS HAJTÓMOTOROK

A legtöbb hibrid gépkocsi kerekeit állandó mágnes gerjesztésű szinkronmotor (permanent magnet synchronous motor: PMSM) hajtja. E motorfajta fő előnye a széles fordulatszám-tartományban fennálló,

nagy teljesítménysűrűség, a kis beépítési tömeg és térfogat. Továbbá az, hogy az állandó mágnesű gerjesztésük során, járulékos gerjesztési energiaveszteség nem jelentkezik. Mezővezérlésük egyszerűbb felépítésű elektronikával oldható meg, az aszinkron indukciós gépekénél. Már csak azért is, mert a forgórészhelyzetet, a fluxushelyzetnél könnyebb meghatározni.

Az állandó mágnes gerjesztésű szinkron motorok azonban, a költséges SmCo (szamarium-kobalt) vagy NdFeB (neodimium-vas-bór) különleges mágnesanyagaik miatt, más motorfajtáknál költségesebbek. A tapasztalatok szerint azonban úgy tűnik, hogy az állandó mágnes gerjesztésű szinkron motorok nagyobb fajlagos teljesítménysűrűsége kárpótolja e motorfajta hátrányait.

A tisztán villamos hajtású akkumulátoros gépkocsikat aszinkron indukciós gépek (asynchronous induction machine: ASM) hajtják. Az aszinkron indukciós gépeket kalickás vagy csúszógyűrűs forgórészrel gyártják. Kifinomultabbnak az utóbbi változatúakat tartják.

Az aszinkron indukciós gépek termikusan is robusztus eszközök. E tulajdonságuk megfelelő hőszigetelő anyagok használatával, az állandó mágnes gerjesztésű gépekénél eredményesebben javítható.

A háromfázisú, négy pólusú váltakozó áramú indukciós motorban forgó mágneses mező épül fel. Az elektromágneses indukció a forgórésztekercsben, a forgó mező irányával ellentétes irányú nyomatékot hoz létre. A rézből és nem mágnesezhető acélból készített forgórész nyomatéka fogaskerék-áttételen keresztül hajtja a Tesla Roadster hátsó kerekeit. A percnként $13\,500\text{ min}^{-1}$ -os fordulatszámú, 185 kW (250 LE) maximális teljesítményű villanymotor forgórészének fordulatszáma kisebb a forgó mágneses mezőénél. Ez azonban inverterekkel változtatható.

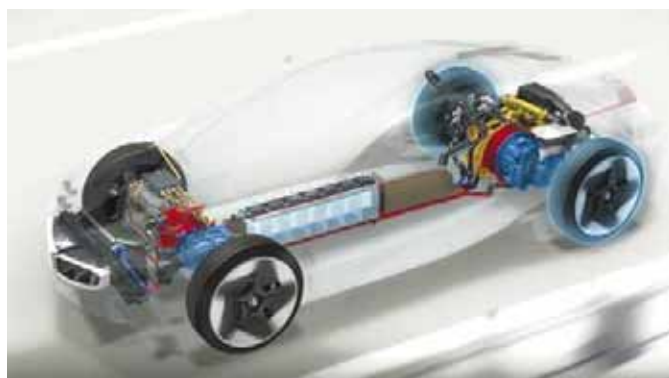
HAJTÁSFORRADALOM VAGY EVOLÚCIÓ?

Veszít-e a belső égésű motor a hajtások versenyében a villamos hajtással szemben? A kérdés ma távolról sem olyan természetes, mint egy évtized múlva. Az alternatív járműhajtások fejlesztését a CO_2 - és az olajkészletek vitáin túl, a kőolaj árának hektikus változásai sürgetik. E versenyben a híd szerepét betöltő hibrid hajtások, a villamos hajtásoknak csak az első lépését jelentik, hiszen villanymotorjukon kívül, egyelőre a belső égésű motorjuk használatára is rászorulnak.

A kétféle hajtáskonceptió megítélésében az energiaforrások hajtott kerekéig mért teljes átalakítási folyamatának hatásfok-összehasonlítása dönt úgy a benzín, mint a gázolaj vagy a földgáz esetében.

A mai energialehetőségeket figyelembe véve, az akkumulátoros villamos hajtásnak 10–15%-os összehatásfok és CO_2 -emisszió előnye van más hajtásmódokkal szemben. A hidrogénalapú, tüzelőanyag-cellás hajtásmód ugyanis, H_2 tárolását és betöltését tekintve, a kisebb hatásfokú energiahasznosításán túl, ma még infrastruktúra-hátrányban is van a villamos hajtással szemben. Ezek gyakorlati igényeket is kielégítő, versenyképes megoldása, még jelentős kutató és fejlesztőmunkát igényel. Valamennyi pozitív tulajdonsága ellenére, a villamos hajtás széles körű elterjesztésének is megvannak a maga nehézségei. A villamos hajtás akkumulátorainak hatósugara, tömege, gyártási költségei és a feltöltési időigénye jóval meghaladják a kívánatosat, illetőleg a töltőállomások szokásos tankolási idő-igényét. Akkor is, ha lítiumion akkumulátorokkal minden eddigénél kedvezőbb fejlesztési eredményeket értek el.

Az már azonban ma is bizonyos, hogy a villamos hajtású gépkocsi érdekes változásokat hoz a városi közlekedésben. Ha ugyanis a belső égésű motort nem járműhajtásra, hanem a jármű akkumulátorának töltésére használják, a biztonság, a kényelem, a költségek és a környezetvédelem új minősége jöhet létre a jövő városainak jármű és infrastruktúra kombinációiban. Olyan közösségi tulajdonú cars-sharing közlekedésszüksz-csoportokat és azok automatizált villamos töltőrendszeit is ideértve, amelyek a maguk napenergia-átalakító eszközeivel a lakóépületek új rendszerét hozhatják létre. Mindez az autópálya számára globális forradalmi lehetőséget kínál, a gépkocsik emissziómentes nagyvárosi közlekedése számára.



33. ábra: az IAA leglátványosabb hibridjét, a BMW Vision Efficient Dynamics-át, három motor hajtja. Egy 1,5 literes háromhengeres (163 LE-s, 290 Nm-es nyomatékú) dízelmotor, és két villanymotor. A 33 lóerős kisebbik, a dízellel a hátsó, a 80 lóerős nagyobbik az első kerekeket hajtja. Együttes csúcsteljesítményük 356 LE lehet, 800 Nm nyomaték kifejtése mellett. Lítium-ion akkumulátora 364 V üzemi feszültségű. Villamos hatósugara 50 km.



34. ábra: IAA újdonság a Mercedes-Benz H_2 -üzemanyagú, tüzelőanyag-cellás járműve, amelyből az idén 200 darabot terveznek forgalmazni (a benzinmotorosnál 20-szor nagyobb áron). A jármű 700 bar-os tartályába 385 kilométer megtételére elegendő hidrogén tankolható. A kérdés: hol? A H_2 -infrastruktúra és a jármű megtérülése ugyanis ma még a távoli jövő zenéje

A gépkocsihajtás helyi emisszió nélküli működtetése a nagyvárosi levegőtisztaság védelmének mindinkább alapfeltétele. A prognózisok szerint ugyanis 2050-ben a földi népesség fele városokban, harmada pedig tízmilliónál nagyobb lélekszámú megavárosokban lakik majd. Közöttük húsznál is több olyan várossal, amelyek népessége ma még a milliót sem haladja meg.

A környezetvédelem előfutárának számító Kaliforniában 2014 után a városok belterületén, csak emissziómentes járművek kaphatnak forgalmi engedélyt.

Az akkumulátoros gépkocsik villamos hajtásának elterjedése szoros összefüggésben áll a lítiumion akkumulátorok energiasűrűségének és működési megbízhatóságának javulásával. Bár áruk ma még borsos (400-500 €/kWh), előnyeik miatt a lítiumion akkumulátorok januártól kerültek sorozatgyártású villamos gépkocsikba. Így egy 150 kilométeres út villamosenergia-igényét kielégítő jármű költséghányada tíz-tizenkét ezer euró, ami a duplája a 2020-ra tervezett költségszintnek. Ennek az áraknak a csökkenésére csak a tömeggyártás beindulása utáni években lehet számítani.

2020-ig, a széntüzelésű villamos erőművek fűtésttechnikájának 25%-ot is elérő, CO_2 -emissziót csökkentő korszerűsítése miatt, az áramukkal táplált legkisebb fogyasztású, akkumulátoros járművek képezik a legeredményesebb megoldást. Mivel a hidrogén-üzemanyagú hajtásmód bevezetésére, ennél korábban nem lehet számítani, az elkövetkező két évtized a gépkocsi belső égésű motorok lassú háttérbe szorulásának és a villamos hajtás előretörésének időszaka lesz.

2020 – Clarity beyond the chaos

Kalman Gyimesi

Associate partner - Institute for Business Value, Industrial Sector Lead - IBM Global Business Services

Sanjay Rishi

Vice president and global industry leader, IBM

Benjamin Stanley

Global automotive industry strategy leader, IBM

Az autóipari ökoszisztéma egy jelentős változás középpontjában áll, a fogyasztói igények, a technológiai fejlesztés, a globalizáció, az integráció és az együttműködés mind egyre nagyobb kihívást jelentenek. Rohamosan közelít egy új korszak, amelyben a személyes mobilitás definíciója meg fog változni. Elterjedtebb lesz a többfajta szállítás, az intelligens járművek pedig gondoskodni fognak a különböző fogyasztói igényekről, legyen szó információról, környezeti felelősségről és biztonságról. Az autóipari vállalatok új üzleti modelleket hoznak létre, melyek segítenek a növekedés fenntartásában. Úgy véljük, hogy ebben a dinamikus új korszakban a személyes mobilitásra, a kiskereskedelem átalakítására, a globális végrehajtásra és a kiterjedt partnerkapcsolatokra való fókuszálás lesznek a siker kulcsai.

The automotive ecosystem is in the midst of significant change, with increasing challenges in consumer demands, technology development, globalization, integration and collaboration. A new era is rapidly approaching in which the very definition of personal mobility will change. Multi-modal transportation will become increasingly common, and intelligent vehicles will cater to diverse consumer needs for information, environmental responsibility and safety. Automotive companies are racing to develop new business models to help them maintain responsible growth. In this dynamic new age, we believe, a focus on the development of compelling personal mobility solutions, retail transformation, global execution and extensive partnering will be the keys to success in 2020.

INTRODUCTION

Rarely has an industry confronted the magnitude of multi-dimensional change the automotive industry faces today. Credited for providing the foundation for economic transformation of the developed world a century ago, and well under way to bringing mobility and prosperity to the developing world today, the industry finds itself simultaneously coveted for the employment and investment it attracts and disparaged for its perceived lack of environmental responsibility. As it races toward 2020, the industry must learn to effectively manage the global resources it has put in place, respond to increasing demands for environmental accountability and use the technology at its disposal to transform the way it develops products and goes to market. Indeed, the underlying and surrounding ecosystem of the industry is in a state of flux. Automakers, along with their partners, must respond to the changing dynamics of how automobiles will be manufactured, purchased, distributed and serviced. Consumers are becoming more empowered and sophisticated. Their wants and needs are evolving at an exponential pace. Basic transportation will no longer suffice, as consumers look to a comprehensive mobility experience. Enlightened consumers will expect their vehicles to provide information, entertainment, safety and convenience. They will demand economy, environmental responsibility and sustainability. To meet these demands, vehicles will become more intelligent, offer "greener" operation and be customizable to greater "self expression" by buyers. As worldwide oil prices continue to surge, alternative powertrains will dominate new production. Even the notion of "buying" as we know it today is expected to change. The concept of personal mobility will prompt consumers to purchase "transportation services" in place of personal vehicles for multiple uses. The worldwide labor force will change and, by 2020, become radically different in terms of age, location and the way people work. Cultural awareness, diversity and adaptation will be the norm. This global workforce, with a geographically dispersed footprint for manufacturing and product development, will sus-

tain and support the industry in 2020. The current investments in globalization will be established and a global infrastructure will essentially be in place. Evolving economies and markets will fuel new products, services and business models. The challenge faced by automakers will no longer be to globalize the industry, but will instead center on effective global integration and execution. Collaboration throughout the automotive value net will be a necessity for those intent upon succeeding. Automakers will need to develop alliances and partnerships aggressively, both within and beyond the traditional boundaries of the industry. Today, divergent viewpoints among various industry segments threaten critical collaborative factors such as adoption of common standards, information management and data ownership. These differences provide a threat and will, if not addressed, retard progress. The impact of external forces on the industry will continue to be significant, but the leading influencers will be radically different from those that affect the industry today. Technology will continue to develop at breakneck speed and will accelerate innovation in the vehicle, touching everything from performance to enhancements in safety and convenience. Sustainability, already an issue, will migrate to near the top of the list for the automotive value net. Unparalleled investments will make tremendous inroads for fuel efficiency, but unbridled and oft-impractical consumer and regulatory expectations will stay ahead of possible achievement, which may lead to disillusionment. Consumers will also become increasingly watchful and wary about how companies perform outside the manufacturing and distribution processes. Corporate social responsibility will become markedly more important to the consumer and will become an imperative by which automotive enterprises will be evaluated. Ultimately, executives we interviewed felt that to be well positioned for the market of 2020, automotive companies must anticipate beyond the expected: a new competitive landscape, rapidly evolving technologies, a departure from the traditional ecosystem, fresh attitudes about mobility and, above all, a very different consumer.

CHANGE ABOUNDS

The automotive industry is no stranger to change. New product ideas, avantgarde styling and innovative solutions to increase performance have defined the industry. Regulatory mandates, including those for safety, fuel efficiency and emission standards, continue to pose challenges. But little of its past has prepared the industry for the wholesale changes that will sweep through its ranks in the next 10 to 12 years. This is both exhilarating and troublesome news for many executives we interviewed. It is exhilarating for the opportunity that the changing dynamics will present to new market entrants and long-time leaders, troublesome for the sheer magnitude of this change and the necessary organizational responses. Fascinating discoveries unravel as we identify how industry priorities shift and new dimensions of differentiation emerge.

INDUSTRY PRIORITIES SHIFT

Technological progress – the development of products and services that perform better, last longer, offer more convenience, safety, entertainment and economy – will continue to lead the list of industry priorities in 2020. Beyond that, however, industry leaders see a major shift (see Figure 1). Sustainability is already an issue of importance and is likely to remain so for an indefinite time. It will drive investments, product categories, and performance and convenience packaging decisions well into the next decades.

THE IBM AUTOMOTIVE 2020 GLOBAL STUDY METHODOLOGY

To determine the needs and anticipated industry response to this changing ecosystem, IBM recently conducted interviews with 125 executives in 15 countries from a broad representation of automotive OEMs, suppliers and influential third parties. Our interviews were global and comprehensive, covering 85 percent of the top auto companies worldwide based on revenue, including all of the top 10. 69 percent of the interviews were with traditional participants in the industry (OEMs and suppliers). Other interviews were completed with:

- Industry associations
- Government economic development groups
- Specialty companies outside the traditional industry
- Academic institutions
- Other organizations that provide a viewpoint on the future of the automotive industry.

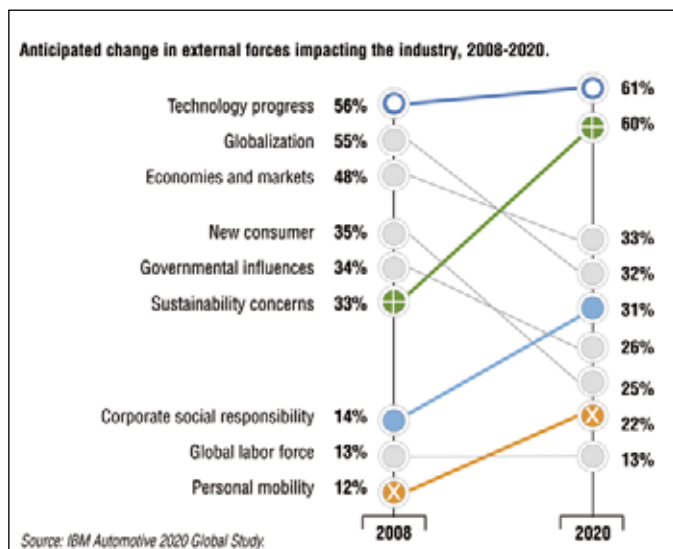


Figure 1

Emerging nations, such as Brazil, Russia, India and China, accounted for 27 percent of the interviews. The synthesis of this rich repository of individual views, consolidated in this paper, provides clarity beyond the chaos dominant in the industry today.

Overall, the anticipated shift in priorities reflects a move away from historic factors that have preoccupied the industry, globalization and governmental influences amongst them. Corporate social responsibility will take on additional importance and impact organizational strategy in as yet unforeseen ways. Globalization, among the industry's significant issues today, drops down significantly in priorities. Markets will indeed continue to emerge, but the strategy, processes, operational roadmaps and experience necessary to serve them will be largely established. Far from today's reality of learning, experimentation, and creation, the automotive enterprise of 2020 will apply this knowledge effectively and rapidly.

FIVE DIMENSIONS OF DIFFERENTIATION

In response to this shift in industry priorities by 2020, differentiation and, therefore, success will manifest itself through five key dimensions (see Figure 2).

1. SOPHISTICATED CONSUMER

Automotive consumers of 2020 will be highly informed, demanding, impatient and environmentally conscious. They will compel a new, radically different ownership experience. With more information at their disposal, enhanced traceability and transparency throughout the value chain, consumers will have more comparative shopping power than ever before.

These new, sophisticated consumers will prompt the automotive ecosystem to respond to their needs and demands by:

- Redefining mobility as we now know it
- Developing new and alternative finance mechanisms with the potential to generate innovative business models
- Creating new methods to connect with and retain consumers.

Mobility redefined

As consumers become even more selective and demanding in their quest for satisfaction, they are changing the way they move about. By 2020, consumers will have redefined personal mobility. Vehicles today are purchased based on financial constraints or to satisfy "maximum" needs (i.e., buying a pick-up truck to ful-

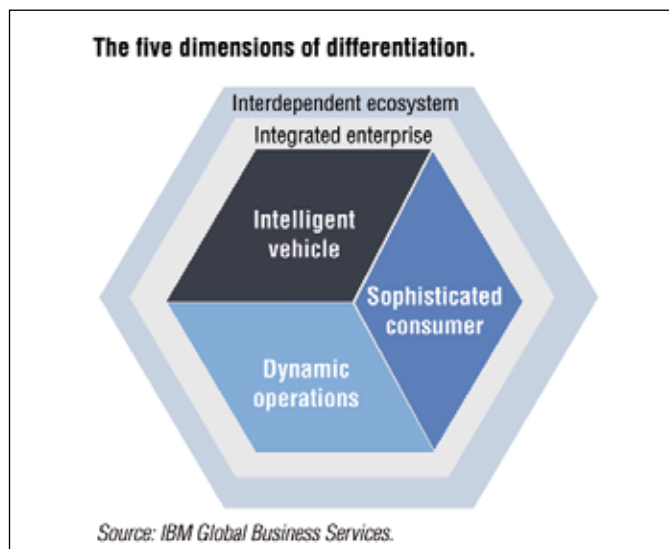


Figure 2

fill an occasional need to transport loads). The new definition of mobility will be represented with an innovative ownership profile – one in which the purchase or lease of a vehicle provides access to a diverse “garage” of vehicles. The consumer of 2020 is more likely to be interested in flexible access to different types of transportation. Primary ownership profiles are likely to shift to the small luxury segment in line with “median needs” (primary daily needs). Bundled in the price would be scalable access to additional vehicles. Lifestyle changes will allow access to luxury or larger vehicles during weekends, as an example, while a small, efficient vehicle will suffice for daily commuting needs. This model would impact the aggregate production profile for vehicle segments. The other part of this equation is the integration of multiple modes of transportation. The emergence of “mega cities” and the growth in public and alternative transportation options will be a key influencer to changing lifestyles. This will necessitate the creation of a seamless mobility experience between automobiles and these alternatives. The industry will need to respond with ownership models and technology to integrate these options. In some geographies, there is an alarming change in the century-long love affair with the automobile. Passion for automobiles is on the decline, somewhat driven by environmental concerns, but also due to changing lifestyles. While newly affluent populations in emerging markets aspire for their first experiences with the automobile, established customer bases may weaken.

Financing evolved

It is evident that the “garage” approach will impact vehicle financing models. Offerings will include predefined access to a broader selection of vehicles included in the monthly payments. Enhanced services (dealer or thirdparty based) would make it a more attractive cost and convenience alternative to the current rental model. The advent of alternative powertrains – in particular the anticipated growth of battery technology – will also require new finance mechanisms. The cost of batteries, unless compensated via these innovative mechanisms, will be a significant barrier to rapid penetration across all segments. Executives we interviewed estimate battery cost to be as high as 10-15 percent of the total cost of vehicles in certain segments, significantly higher than current internal combustion engine configurations. While this need will likely spawn a multitude of innovative solutions, our interviews revealed one particular scenario of promise: usable battery (lithium-ion) life for automotive applications is estimated at about 10 years. Interestingly, this battery will have an even longer life for non-automotive applications, such as its energy storage potential for power grids. The average vehicle in the developed world is financed for 3-5 years and the emerging world is expected to follow suit. The opportunity to split the vehicle from the battery for purchase/lease/finance purposes is a real option. Discreet amortization schedules for the two would make battery technology affordable and help increase proliferation of hybrid and electric powertrains by neutralizing the premium that is currently charged.

Retention transformed

Perhaps the most significant change facing the industry will be a shift in consumer buying criteria that goes beyond – and, in fact, is unrelated to – vehicle performance (see Figure 3). The increased emphasis on environmental, safety, personalization, traffic congestion and alternative transportation will have a major impact on how and what people choose for their mobility needs. Traditional criteria such as price, reliability and brand will have much less an impact in the decision process of the future consumer. Automotive dealerships may have the most to gain or lose by how they communicate their value. New retail models will emerge. Vehicles, conceivably, could be sold directly to the consumer, outside to-

day’s brick-and-mortar outlets. In certain markets, like the United States, dealers enjoy regulatory protection. Emerging markets are not likely to adopt these restrictive practices.

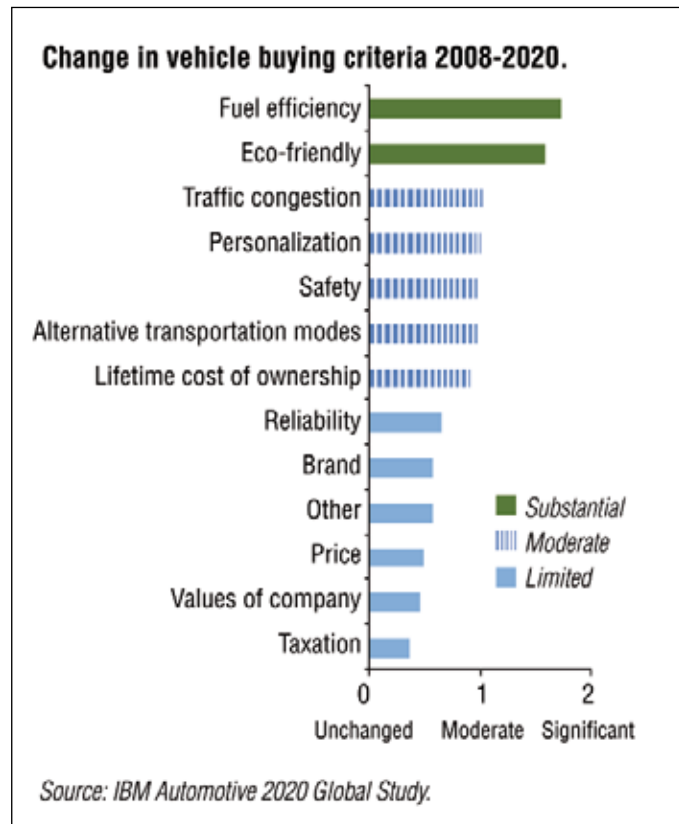


Figure 3

Regardless of the regulatory environments, the traditional value definition for dealerships is expected to decline significantly. Erosion of longestablished regulatory protections over time is a likely reality, as consumers become intolerant of inflexibility. Dealerships, especially large dealer groups, have begun to recognize this threat. Prosperity will be reserved for those that focus on customer intimacy and robust relationship management supported by intense information management, a wide range of personalization offerings and new heights of service. Technologies, including telematics and remote prognostics, will allow dealerships to provide a “sense and respond” approach to building customer loyalty. Irrespective of which scenario eventually plays out, it is clear that dealers are now at a crossroads. They should look to develop and implement programs and services that will re-establish and maintain their value to the consumer.

2. THE INTELLIGENT VEHICLE

Innovation drives the automotive industry today, prompting automakers to differentiate products and services by increasing performance, reliability, economy and options. The vehicles of the near future will be “intelligent.” Electronics will bring new capabilities to every part of the vehicle. New technologies will provide for greater assistance in navigation, enhanced driver information about the vehicle, its environment and vehicle connectivity. Consumers, with a plethora of electronic devices that inform them, entertain them and keep them safe, will find themselves enjoying the overall experience of their vehicles. Connectivity and lifestyle trends will change the way cars are used. This “experience” will be a key differentiator in attracting consumers, especially in the areas of driver assistance,

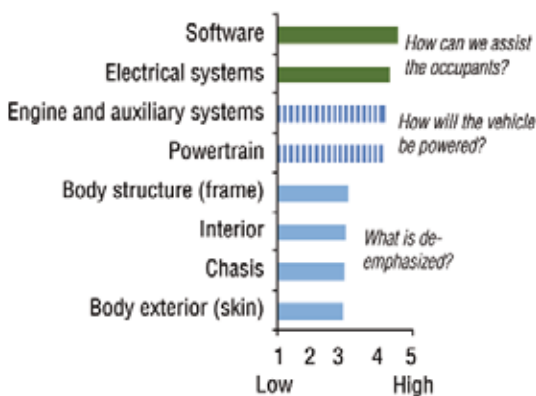
safety and service. Glimpses of technologies that will shape the vehicle of 2020 are becoming visible today. Telematics is coming of age. Active safety technologies that sense and respond to driving behaviors and road conditions are becoming common in mid- to upper-tier vehicles in the developed world. Entertainment choices and navigation have seen rapid adoption in recent years. And powertrain innovations are making their way out of engineering workstations and into vehicles around the world. The extension of this vision for the vehicle of the not-so-distant future reveals an autonomous vehicle smart enough to sense its surroundings and navigate through traffic safely and efficiently, all the while

contributions to carbon emission reduction and lower fossil fuel consumption. Current projections include estimates of up to 10 percent reduction in carbon emissions and fuel savings of up to 13 percent under certain driving conditions.

- Mild hybrids, designed to provide extra power as needed but incapable of propelling the vehicle alone, are gaining attention, with several OEMs announcing agreements to collaborate and develop this technology.
- Full hybrids, not unlike some vehicles available today (powered exclusively by the electric motor under certain operating conditions) will continue to see extensive development. Alternative financing models will fuel the affordability of this technology for consumers.

Hydrogen fuel-cell vehicles will remain a viable alternative, but even optimistic projections put only a small fraction of vehicle production migrating to this technology (less than 1 percent of vehicles in the United States, according to a study by the U.S. National Research Council). Our respondents were uniformly skeptical on this front. But success for this still-emerging technology will depend on generating, transporting, storing and distributing fuel efficiently. This will be no small task for an element with the properties of hydrogen. The added challenge of building an entirely new infrastructure may be cost prohibitive, at least by 2020. Ethanol must undergo rapid evolution for global application and proliferation. Foodbased ethanol is clearly not a viable alternative and there is already a chorus of vocal dissent across all population spectrums because of the obvious conflict. Next generation ethanol, cellulosic and waste based, has the potential to see widespread acceptance. Infrastructure readiness costs for higher ethanol content fuels remain a sizeable hurdle. Provision of next generation low-ethanol content fuel utilizing the current distribution infrastructure is feasible and holds promise. The all-electric, plug-in battery-powered vehicle will be a reality by 2020. A range of 100 miles is already within reach, enough to satisfy needs of large population sections. OEMs are investing sizeable resources to making these a reality. An analysis of the anticipated progress towards green reveals interesting projections (see Figure 5). We looked at progress in fossil fuel, carbon emissions and recyclability. It is evident that the substantial investments made will start to pay dividends. The global portfolio of new vehicle production will show noteworthy advancement. Our study reveals that traditional fossil fuel-based vehicles are anticipated to make up 65 percent of new vehicle production, average levels of CO₂ emissions are expected to reach 97 g/km and vehicle recyclability is estimated to be at

Level of innovation in various aspects of the vehicle by 2020.



Source: IBM Automotive 2020 Global Study.

Figure 4

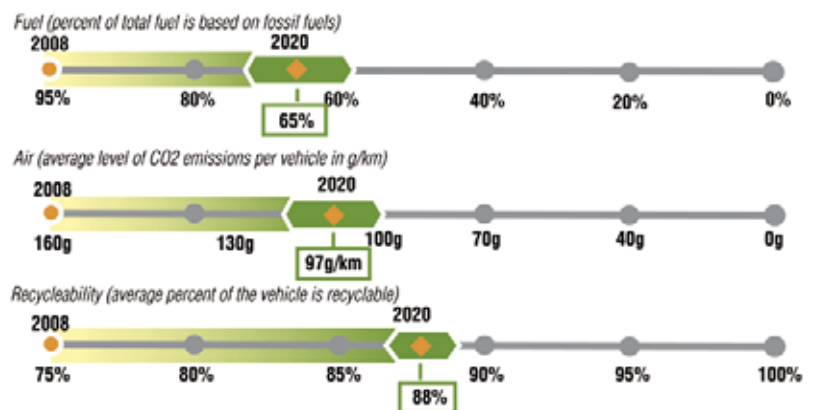
allowing its occupants the luxury of personalized comfort and convenience. Ultimately, this vehicle would represent a seamless transition from life within the vehicle to life outside it. Can we expect significant progress by 2020 towards this vision? Absolutely! Is this vision achievable in its entirety by 2020? Probably not. The vehicle of 2020 will be characterized by several significant developments that, although implemented in incremental steps over the next 12 years, will make it remarkably different from today. A fierce focus on innovation across the broad automotive landscape will be concentrated on software, electrical systems, electronics, engine and auxiliary systems, and powertrain (see Figure 4). The resulting vehicles will be characterized by the following.

The green vehicle

Executives we interviewed project an unambiguous picture of the vehicle powertrain by 2020. Alternative power will see continued innovation for years beyond 2020. Battery technology will be ubiquitous. Lithium-ion technology holds the most promise and will see considerable investment and growth. Micro, mild and full hybridization is undergoing extensive development today. All new vehicles in 2020 will have some level of hybridization.

- Micro hybrids with stop-start capability and regenerative braking hold the potential to make sizeable cont-

Executive ratings of the global portfolio of new vehicle production in 2020 with regard to producing environmentally friendly vehicles.



Source: IBM Automotive 2020 Global Study.

Figure 5

88 percent. Overly optimistic expectations, regulatory pressures and often impractical hopes will not cease to affect the industry. These can lead to disappointment and undue government intervention. Worse, these regulatory constraints could become the new battleground between economies trying to attract the industry versus those perceived as penalizing growth. A careful balance must be achieved between the possible and probable across all geographies, both emerging and developed. The concept of total carbon footprint is increasingly the focus and will drive key decisions between now and 2020. Sustainability will be defined and broadly understood as a reflection of total carbon used in manufacturing and distributing across the entire value chain. This will pose some challenging choices. Satisfying consumer demand for electric power in certain geographies, as an example, is a high-carbon proposition (power generation based on coal).

The connected vehicle

The vehicle of 2020 will be a communications wonder. As another node on the Internet, it will connect with other vehicles (V2V connectivity), the transportation infrastructure (V2I) and to homes, businesses and other sources (V2x). Sensing capabilities, software and wireless communications will enable the vehicle to detect road conditions, recognize other vehicles and pedestrians near its space and sense environmental changes. The vehicle will then have the capability to either self correct or communicate information back to the driver. Connectivity will allow vehicles to respond to developing traffic situations, find alternate routes and anticipate impending collisions. Telematics will enable the vehicle to diagnose operating problems and self heal. Built-in speech recognition capabilities will result in more voice commands by the driver and fewer manual processes. Overall, the connected vehicle will enhance the driving experience in three specific areas: safety, driver assistance and service. Creating safer driving conditions will be the predominant contribution of the connected vehicle. Connectivity will give the driver access to extensive information about congestion, accidents, road conditions, work zones, weather changes and hazards. It will enable vehicles to communicate with others in proximity, warning of such things as unsafe lane encroachment or impending collision. Connectivity will also allow sensors in the infrastructure to regulate traffic according to conditions. Emergency vehicles may command the infrastructure to stop or move all traffic in its path; cars may be stopped or moved to avoid an intersection violation. Technologies, such as regenerative braking, will be leveraged beyond their core intent to relay congestion patterns to other vehicles and enable active responses. Personalization will be a defining trait of the connected vehicle. It will provide age-focused assistance for drivers and will offer help according to personal driving habits and driving maturity. Consumers can expect their vehicles to offer limited selfdriving capabilities, such as autonomous parking, depending upon rate of adoption and regional regulatory acceptance. The connected vehicle will be able to optimize routes based on fuel economy, realtime changes in traffic conditions and minimal tolling. The vehicle will become an extension of lifestyles, with entertainment solutions (streaming audio, video and communications) that allow seamless transition between mobility, office and home. Consumers will have drive-through convenience, with remote ordering and payments. A multitude of service offerings will grow from vehicle connectivity. The connected vehicle will be able to use realtime remote diagnostics and prognostics to assess operating conditions and affect some degree of self-repair. Software and other service patches to electronic systems will be automatically delivered to the vehicle, keeping it updated with little consumer involvement. Warranty information will be communicated as appropriate. OEMs and dealers will be able to offer more

comprehensive customer relations management by maintaining, with consumer agreement, vehicle usage data and consumer preference profiles. Service alerts, scheduling and notifications will be offered based on operating behavior information transmitted from the vehicle.

Applications well under development today and projected to be pervasive in all new vehicles by 2020

Safety

- Intersection control violations
- Lane/road departure
- Road surface and pavement conditions
- 360/distance vision
- Active suspension and stability control.

Driver assistance

- Dynamic route guidance and navigation
- Motorist information on incidents, special events, weather and work zones
- Data downloads (entertainment, media, home network, personal preferences)
- Recovery of stolen vehicles
- Electronic payments including toll, drive-through, parking, road pricing.

Service

- Remote vehicle diagnostics
- Remote vehicle prognostics and self healing
- Transfer of vehicle data based on warranty
- Customer relations management including vehicle use profiles and dealer use data
- Driving-based behavior service/scheduling/alerts/notification.

By 2020, all new vehicles will have connectivity features. The extent to which these capabilities will be both utilized and effective, however, will depend upon several issues, including adoption of industrywide standards, technology capability and consumer acceptance (see Figure 6). Executives interviewed agreed that the greatest barrier is the creation of global standards. Companies throughout the value net, including external players such as government and telecommunications companies, will need to work together to establish a common platform that enables vehicles and components from different manufacturers and geographic locations to communicate seamlessly. Secondly, technology development, particularly in the area of sensors, must continue. However, because relatively less collaboration is necessary in this arena, it is likely to be the easier capability to enable.

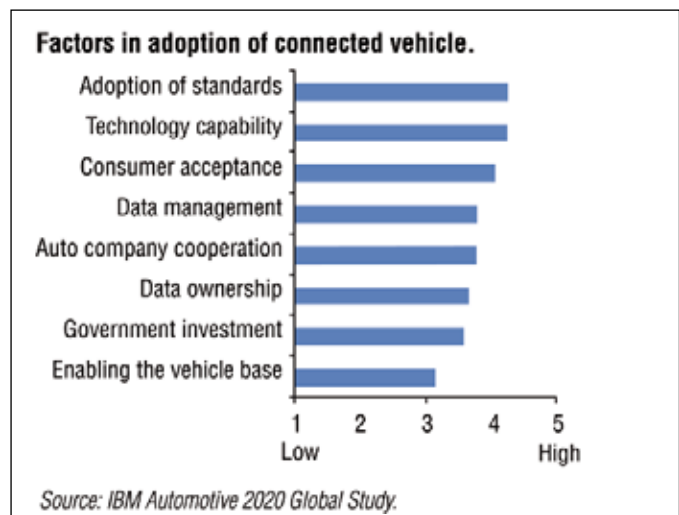


Figure 6

The final key will be the rate of consumer adoption. In an environment of steadily increasing prices, cost will be a significant factor for the consumer in determining the level of connectivity that will be accepted. Drivers are likely to have reservations about how much control they are willing to turn over to the vehicle in crisis situations. Privacy issues, such as the degree to which consumers are willing to share personal information, will also be a concern. The benefits of full connectivity will not be realized until an advanced degree of conversion is available for legacy vehicles or there is a greater turnover to post-2020 machines. We anticipate aftermarket products will be available to give older automobiles basic connectivity capabilities. The most significant differences in vehicle connectivity by geographic region in 2020 are likely to occur in areas that require government investment. Developed nations, particularly Japan, Germany and the United States are expected to be the leaders in both innovating and establishing the required infrastructure. Other countries actively engaged in promoting connectivity include Korea, China and Sweden.

3. DYNAMIC OPERATIONS

Emerging as a winner in 2020 will require an innovation-led approach to multiple factors, including growth strategies, the workforce, re-definition of "core" businesses and proactive flexibility.

Strategies for growth

Multiple avenues are available to achieve the growth expected for the industry. As current trends indicate, executives identified

accelerating growth in emerging markets as the leading catalyst by 2020. Our study, however, did show some regional disparities. Those interviewed in emerging markets put a greater emphasis on new business models and the development of service-based offerings. We further compared various growth strategies and the factors involved in the adoption of connected vehicles. While there are broad areas of alignment, there are also several areas where disparate opinions were clear. OEMs consistently rated activities that required broader industry cooperation lower than suppliers. Figure 7 shows that OEMs have a more independent orientation toward these development initiatives, while suppliers were more inclined toward a partnership approach. Suppliers are looking for greater leadership from OEMs, especially around industrywide collaborative initiatives, in order to realize the industry's growth potential. As software and electronics in the vehicle grow rapidly, the industry, led by the OEMs, must collaborate on the architecture and define clear expectations to suppliers of requirements, performance, interfaces, testing and functionality. With the proliferation of electronics and software within the vehicle, OEMs will need to elevate current levels of integration and software lifecycle management.

The multiplex workforce

By 2020, investments currently underway in globalization will be largely established. The challenge will be to execute in this expansive environment, leading to the need for a multiplex workforce. As with a "multiplexor" in electronics, the multiplex workforce enables the diverse skills and culture that are a byproduct of globalization and unites them into common goals and direction.

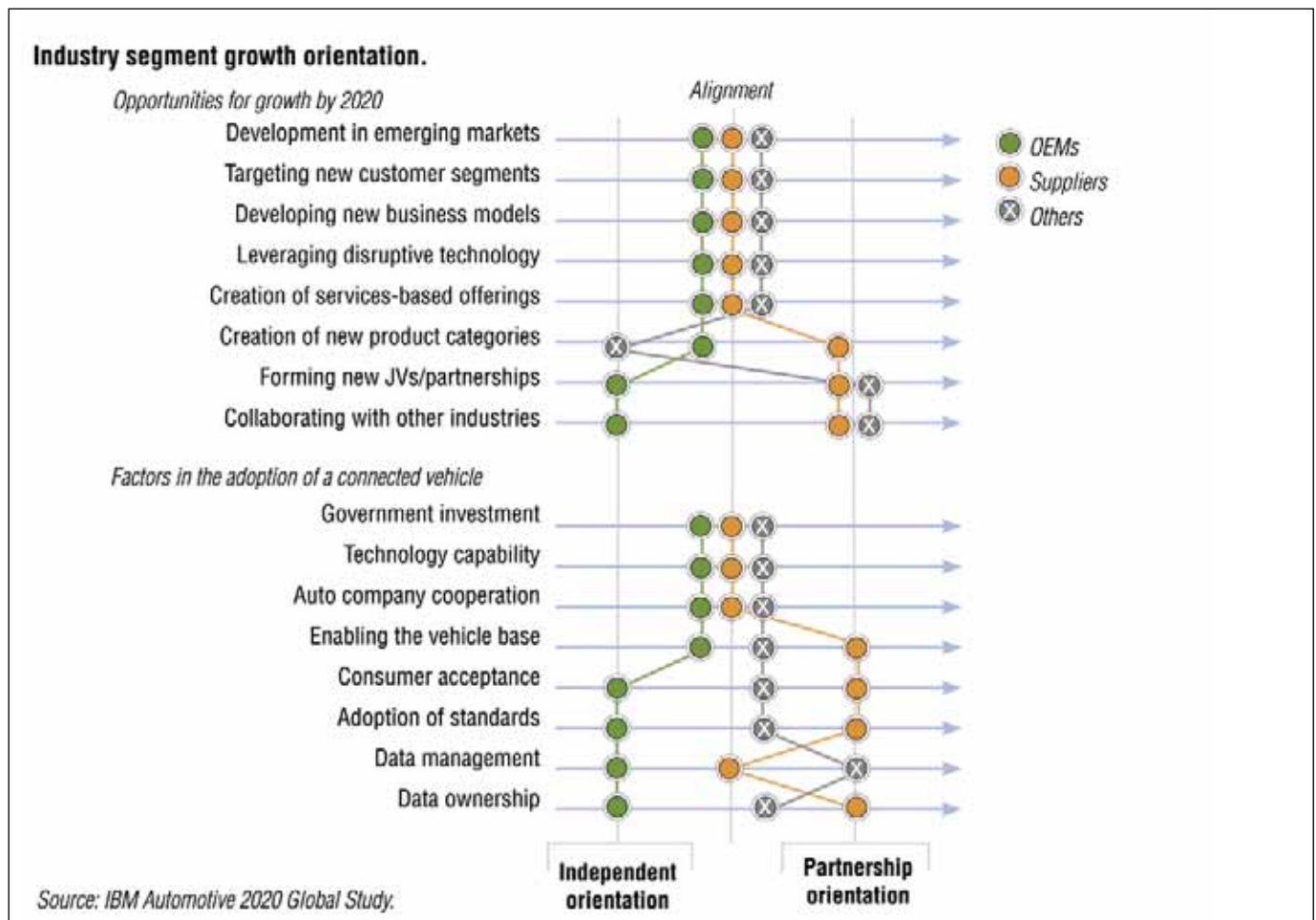


Figure 7

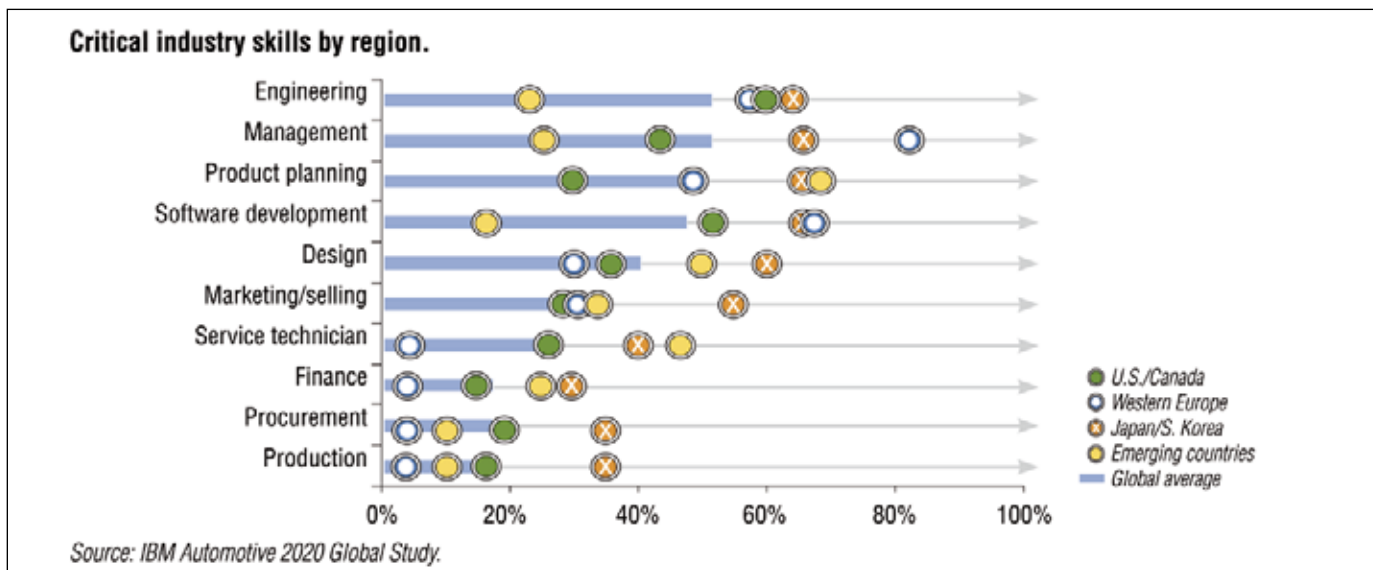


Figure 8

This new workforce will have important new attributes, such as the ability to work across diverse cultures and will likely be conversant in multiple languages. The new global worker will also be effective working virtually. Traditional organizational models will be transformed. Corporate functions currently housed in, or close to, company headquarters will see geographic distribution. Leadership models will become further matrixed. The skills required for this new workforce tilt heavily toward the intelligent vehicle of the future. As Figure 8 shows, the highest rated skills for 2020 focus around engineering, management, product planning and software development. The industry will need to bring all of these skills into play. Skills in finance, procurement and production were underrated by executives, but will have important roles in effective global execution.

As this workforce will be more mobile and diverse, employees will have less interest in tying themselves to a singular career and will put greater value on job flexibility and balance with non-work activities. They will also make greater demands on an inclusive and collaborative work environment. Those auto companies that are financial outperformers consistently rated workplace capabilities, such as

fostering a culture that supports learning, knowledge transfer to inexperienced workers and attracting employees to the industry, higher than their underperforming peers. An additional key to enabling the multiplex workforce to reach its potential will be the building up and global rotation of leadership talent, with an emphasis on attracting quality executives from outside of the industry. Building leadership talent was the highest rated capability challenge (see Figure 9). Nearly 50 percent of those we interviewed gave "building leadership talent" the highest possible rating. As the workforce turns over, this new leadership must guard against allowing entrenched culture to become a disabler. Priority skills that will need to be recruited and developed will vary according to region, availability and market skills. In addition to innovating growth strategies and effectively managing the multiplex workforce, market dynamics will prompt automotive companies to redefine the core of their businesses. As new business models emerge among the various industries that will collaborate with auto companies, new definitions of what is core will apply. For example, requirements for increased product innovation will spur suppliers to develop greater core competencies in energy, materials and electronics. And the mandates of marketing, selling and after-sales innovation will lead OEMs to develop greater core competencies more tightly linked to product innovation and

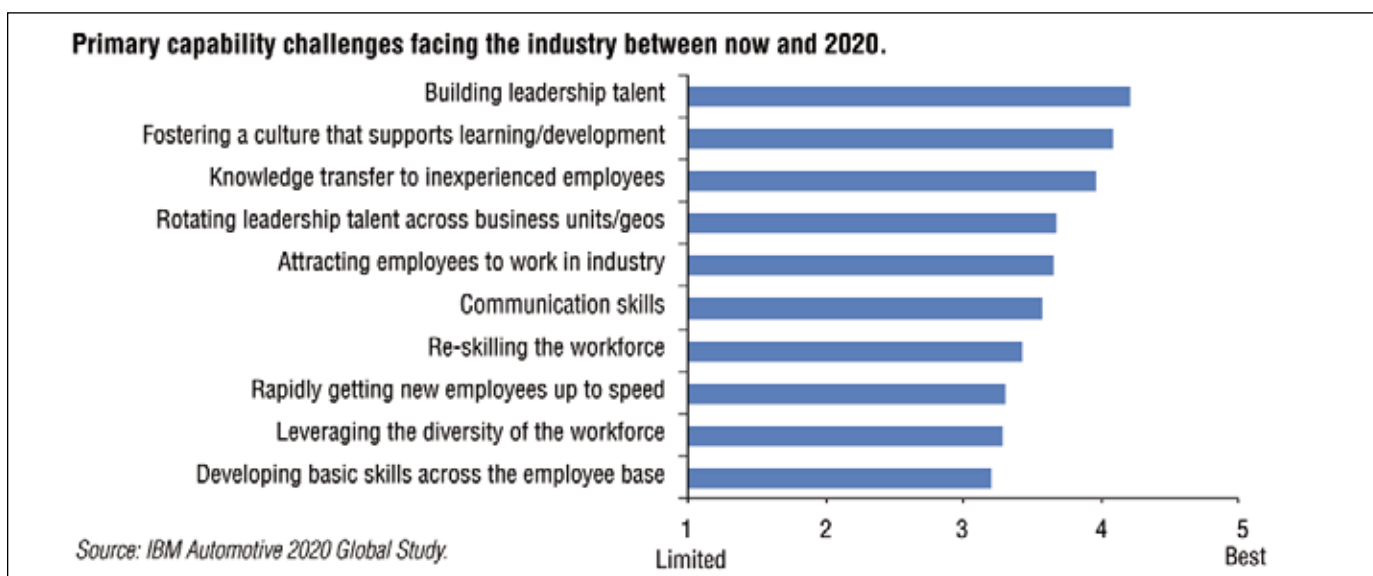


Figure 9

consumer strategy. OEMs will also need to be resource integrators across the automotive value net.

Proactive flexibility

Finally, proactive flexibility in operations and processes will be necessary to keep up with rapidly evolving consumer needs and the demands of working with interdependent ecosystems. This flexibility will require the ability to anticipate market changes and continually adjust critical “footprints” to respond.

Product development footprint

With engineering skills continuing to be available in abundance within countries such as China and India, the redefinition of the product development footprint is a foregone conclusion. However, to assume that all product development will happen in these emerging markets is an overstatement. Consumer proximity and development needs in a “follow the sun” model will provide continuity of product engineering in development markets. Transformation will be evident through the following:

- Core product development will happen in both mature and emerging markets. Industry executives believe that, in addition to available talent, the unique combination of excitement, entrepreneurship and innovative skills in developing economies will allow for homogeneous distribution of these activities.
- Application development will also be distributed and not limited to today's model that splits core development to developed markets and application development to emerging markets.
- Innovation will be distributed among multiple global R&D centers to leverage expertise.

Manufacturing footprint

The fear of automotive manufacturing moving exclusively to emerging economies is vastly overstated. We believe this model is not sustainable, and executives interviewed provided strong corroboration on this point. The complexion of “domestic” (in developed countries) manufacturing will undergo change; ownership profiles will not be a carryover of those from the past. Non-domestic OEMs will continue to invest in plants in developed economies. Leading global OEMs will have established their near-optimum presence in emerging geographies. Readily visible signs of a new 2020 manufacturing footprint will include:

- Automated, flex manufacturing plants that will allow for greater flexibility in building vehicles based on local and global demand.
- Broader footprints that will be established as new markets emerge.
- Manufacturing plants that will not be constrained by the quantity of labor, but will be heavily reliant on the quality of skills.

Skill-based footprint

The available skill base will not only include those of the enterprise, but also those that are sharable among collaborating companies and industries. Optimizing the distribution of the workforce will be an ongoing focus of OEMs and suppliers alike.

- Emerging markets will continue to produce highly skilled workers that auto companies will leverage.
- Lack of attraction to the industry in developed markets and work requirements of next generation workers will cause greater turnover and a skills shortage.

4. The integrated enterprise

The pursuit of the sophisticated consumer, development of intelligent vehicles and the transformation to dynamic operations will be wrapped in a new integrated enterprise that breaks from the past and is appealing to new talent the industry is seeking to attract. Auto companies will forge a new identity. The image of the industry, enterprise and individual brands will be defined in a widely critical, global marketplace. Automotive companies must strive to build and extend social responsibility initiatives that transform the image of the industry. These concerns will increasingly drive consumer expectations and have the potential for farreaching impact:

- Brand image – Enterprises no longer explicitly own their brands. In addition to its own efforts, a company's brand is defined by others, including, consumers, competitors and special interest groups. The Internet has enabled more than 100,000 new citizen groups around social and political issues since 1990.
- Industry attractiveness –The need to attract employees to work in the automotive industry received mixed ratings in our interviews, implying an under appreciation for this challenge. New global locations lack the history that traditional automotive cities have enjoyed to enable automatic talent recruitment.
- Company culture – Executives in all developed geographies are concerned about the difficulty of changing long-established culture. Employees that are favorable about their company's CSR are also more positive about senior management integrity, the company's sense of direction and its marketplace competitiveness.

INTERDEPENDENT ECOSYSTEM

Consumers, regulatory and environmental requirements compel the auto industry to extend outside the borders of its own ecosystem to tap into the innovation and resources of others. Winning in the marketplace starts with the ability to work with other

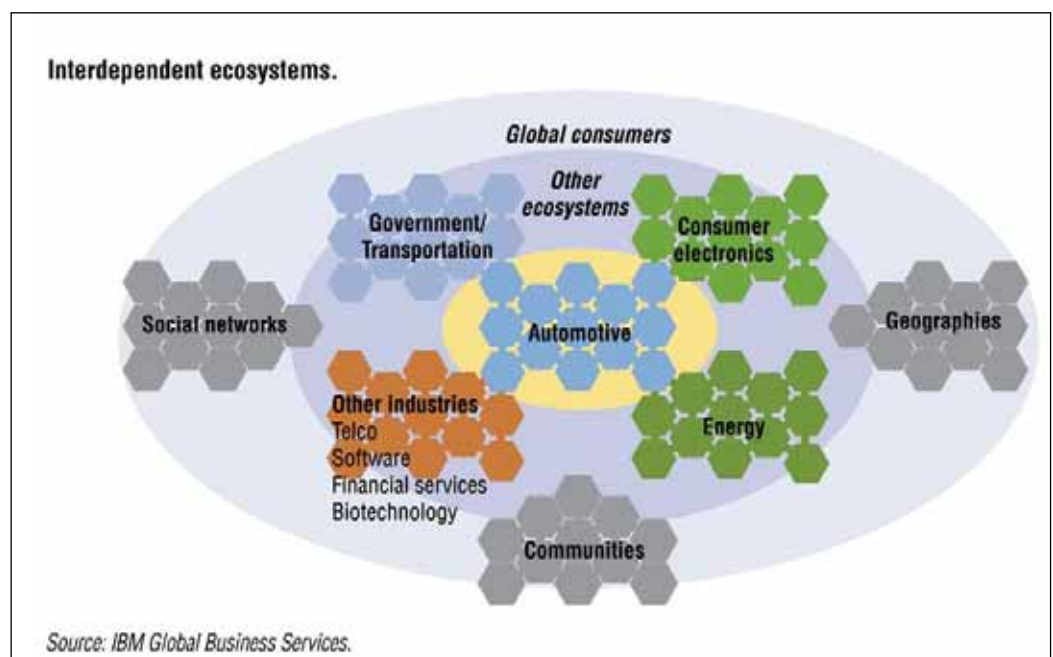


Figure 10

industry ecosystems to identify innovative solutions quickly (see Figure 10). The relentless push to work with other industries will bring differentiating mobility solutions to consumers. Some of these innovations will include:

- Collaboration with the consumer electronics industry for in-vehicle electronics and software, as well as development of the battery
- Collaboration with the energy/ utilities industry for alternative fuel and energy sources
- Partnerships with the telecommunications industry for connected vehicle communication technology
- Cooperation with the financial services industry to develop new financing models and automated payment of parking, tolls and other services
- Association with government for infrastructure improvements to enable the connected vehicle and regulatory requirements for fuel economy, environmental issues and incentives to drive the conversion to cleaner technologies.

This collaborative effort must also extend past just the individual companies and institutions to their consumers, communities and geographies in order to tap into ideas for innovation and identify marketplace wants and needs.

Today's "collision" of industries, in which proprietary technology is the norm, will need to be replaced by a new approach, much remains to be accomplished to make this a reality. The ability for the auto companies to work with a broader set of ecosystems was identified in our study as the largest shortcoming. As Figure 11 shows, there is will be a significant increase in importance by 2020 in the need to collaborate among ecosystems. The collision (as opposed to collaboration) of industries within and surrounding the automotive ecosystem today is highlighted by a variety of issues that must be addressed:

- Relationships with governmental agencies are often adversarial.
- Other industries have varying product lifecycles, different rates of innovation and may have competing priorities
- The automotive industry must have both the ability and capability to tap into ideas and innovation from consumers of other related industries.
- Current difficulties in managing increased software requirements and information technology needs of the vehicle must be corrected.
- Processes must be in place to seamlessly engage and disengage with companies from other industries without putting all the risk on them. Working within itself, the automotive industry traditionally takes its time in creating new partnerships and work out collaboration requirements. This may not be suited for faster-paced partners from other industries.

Examples of collaboration

Enhancing safety, service and navigation capabilities requires greater integration of standards and technologies. Standards allow technologies to be developed that can be reused by multiple auto manufacturers and regions. This requires cooperation among government (road infrastructure for intelligent traffic systems), telecommunications (wireless communication channels) for vehicle connectivity and auto makers (vehicle intelligence) for technology that can be developed by suppliers and shared among different vehicles and geographies. Reducing the reliance on natural resources drives greater collaboration between competing industries. Green concerns are prompting the development of alternative power sources for vehicles, such as batteries and the increasing prevalence of diesel fuel. As a result, the automotive industry must collaborate with competing segments – consumer electronics for battery innovation, utilities for power and the energy industry for alternatives to fossil fuels – because the answer is unclear as to the power of choice for the future. The intersection between ecosystems that have varying product li-

The need to reach across ecosystems.

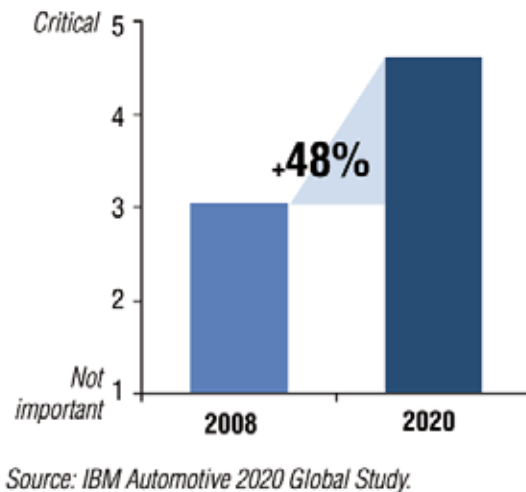


Figure 11

fecycles, different rates of innovation and competing priorities will be fertile ground for new sub-industries to emerge and fill the gaps between industries by providing new, white-space services and solutions.

Examples of types of companies that may emerge include:

- Aggregation and synchronization of the personal "cyberself" to deliver personalized information, entertainment and preferences to the consumers regardless of what vehicle they're using
- Energy storage and brokerage to manage total energy usage between home and vehicle and provide metering services and credits for contributions to the energy grid
- Data analysis, disbursement and storage for the connected vehicle, including privacy rules and data security.

With change storming across the breadth and depth of the industry, bringing clarity from the current chaos will require companies aspiring to take sweeping and speedy action.

FIVE IMPERATIVES WILL GUIDE

Automotive executives must accurately, effectively and quickly assess the level of commitment required by their respective companies to succeed. With the pace of change accelerating, time could be running out. The changes in the ecosystem outlined are not visions of a distant future. Most are well under way today and hold the promise of maturity. Based on our interviews and other research, we have defined five imperatives we believe likely to separate the outperformers from the rest in the automotive world of 2020 (see Figure 12).

Advance mobility

The marketplace and macro-economic trends are aligning to transform the consumer's view of mobility. Fueled by the continued escalation of oil prices, a global shift to smaller vehicles is underway. Consumers also desire more mobility options than the limited finance models currently allow. The shift of the global population to "mega cities", increased traffic congestion and increased awareness of pollution are prompting consumers to demand more options. As a result, auto companies must embrace new mobility models and use them as profit generators. They should:

- Stake a claim in new ownership and usage models – Major players are beginning to enter the market to establish subscription

mobility. Automakers should look to explore partnership deals with them. They should examine their product profiles and assess which segments are more conducive to ownership and which are appropriate for a public fleet.

- Develop cost of transportation options – Consumers will need to understand the total cost of transportation, and automotive companies need to respond with innovative pricing models. Alternative financing strategies must be established, as well as methods for financing components of alternatively powered vehicles, such as batteries. Finally, automotive enterprises will need to engage with governments to find ways to incent consumers to switch to hybrid and/or alternatively powered vehicles.

- Integrate other modes of transportation – As vehicles are increasingly connected to navigation, automotive companies should establish a blueprint for integrated multimodal mobility information and develop solutions such as a single search/optimization model of travel regardless of mode(s). Solutions such as developing a single search/optimization model of travel regardless of mode(s). Dynamic customization of transportation mode choices based on traffic, time of day, congestion patterns, etc., will need to be enabled by 2020.

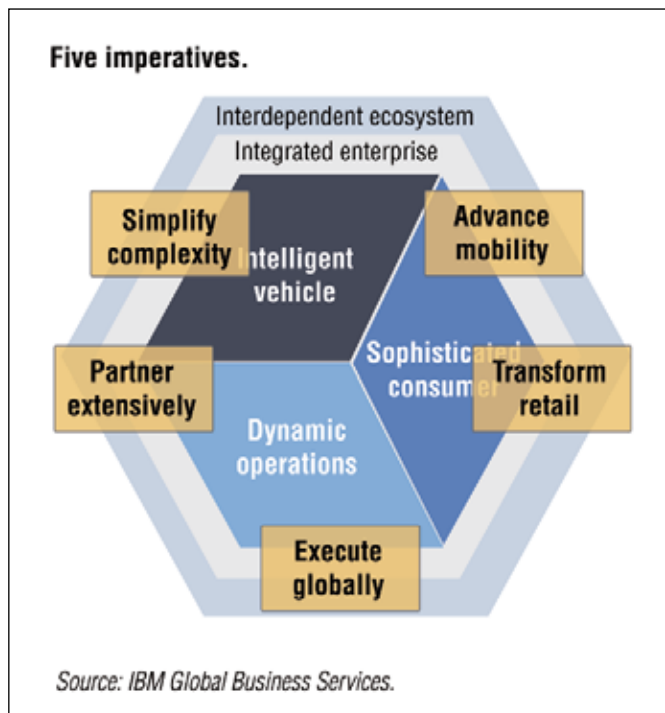


Figure 12

Transform retail

The automotive industry should transform its retail model to adapt to the more sophisticated consumer. The consumer of 2020 is highly informed, aware, concerned and actively will tune in or out messages. The informed consumer will enter the sales cycle with more decisions predetermined and will be less reliant upon the dealer. Auto companies and dealers will need to:

- Find new ways to connect with sophisticated consumers – Dealers should work with OEMs to rethink and reestablish the basis of their relationship with consumers through integrated consumer analytics. They should harness the power of social networks to influence consumer buying behavior, work to personalize vehicles to establish service loyalty, brand affinity and the image of social responsibility.
- Develop a new value propositions for dealerships – Dealers should work to provide consumer knowledge beyond the OEM, such as

educating consumers about safety and vehicle features. Innovations in the vehicle will allow dealers to develop new services and skill sets, such as dealer-installed and maintained personalization features.

Simplify complexity

The complexity of the vehicle will grow exponentially as future innovations enable it to become more intelligent and connected. Executives we interviewed estimate that 90 percent of future innovation will be based on electronics, most of which will be embedded software, and a sizeable portion from companies outside the traditional automotive industry. A lack of common standards causes integration issues with external industry components, and integration management promises to multiply in complexity with growth in technology. To overcome these challenges, automakers should simplify the increased complexity in the vehicle to enable rapid technology adoption. The foundation to this simplification is common processes. The proliferation of processes within each company and across companies is crippling and will worsen in light of the exponential growth of electronics and software in the vehicle. Our recommendation is to:

- Standardize and integrate – OEMs must own the integration management process and architecture. Standardization is an imperative to allow for incorporation of traditional and non-traditional supplier innovation. Common specifications should be established for the intelligence being served to the vehicle – instead of the intelligence being resident in the vehicle. This should allow for both easier upgrades and simplify repair. Standardization and integration must go beyond the vehicle.

- Modularize to modernize – “Plug and play” capability will allow consumers to customize the vehicle based on their personal requirements. Modular design will provide greater flexibility to “swap out” energy and power components to allow for upgrades and technology improvements without having to buy a new vehicle. The rate of adoption for future V2x capabilities will be improved through the ability to install safety, service and driver assist modules in the existing vehicle population.

Partner extensively

The increasing cost of innovation is unsustainable for individual companies. We believe the successful company of 2020 will extend outside the industry for innovation and will work with others to solve common issues. To do so will require the industry to:

- Extend the ecosystem – Automotive companies should reevaluate what is core, both in the business and in the vehicle, and then find business partners that complement them. They will need to develop a common partnering platform to enable cross industry collaboration that includes rules, IP protection, risk and reward sharing and the ability to quickly engage/disengage. Further, they should look to leverage other industry forums, communities and consumers to widen their enterprise innovation networks. Together, the industry can be much larger than the sum of its individual parts.

- Engage in collective partnering – Automakers should consider extending the partnering concept to bring together a diverse group of companies (OEMs, suppliers, other industries) to focus on solving critical problems, such as vehicle energy consumption. The development of value sharing models can enable all participants to leverage innovations, while sharing in cost and risk.

Execute globally

Effective global execution requires harnessing the power of a workforce, throughout its geographically dispersed footprint, to bring innovation in products and services faster than ever before. Automotive companies that do this will improve both top and bottom

lines, while effectively changing the image of the industry. The key drivers include:

- Adapting to the multiplex workforce – Automotive enterprises must have a comprehensive understanding of personnel, leadership and skill needs. The proper mix and depth of skills can be planned through wide-ranging workforce analytics. Information technology must be harnessed to simplify and enable both structured and unstructured workforce collaboration, manufacturing and product development.
- Balancing and flexing operations – Companies should optimize their manufacturing footprints globally to strike a balance between cost and proximity. Optimization will be more complex with the inclusion of parameters such as reducing the carbon footprint and taxation, re-examining mounting logistics costs through the value chain, volatile raw materials costs and the right skill mix. Core development innovation from emerging markets will need to be tapped into and workloads optimized by leveraging global skills and resources.
- Harmonizing with local economies – Automakers should go beyond development of products and services that reflect the

desires and needs of local markets. Initiatives that contribute to the long-term social well-being of populations in all markets, and close cooperation with local governments and communities to enable prosperity, will be a key demonstration of corporate social responsibility.

THE TIME IS NOW

In just a dozen years, the automotive industry will be remarkably different from today – perhaps, even, unrecognizably so. Time is of the essence. Global enterprises must build on strategies that:

- Respond to the redefined reality of personal mobility
- Connect with the sophisticated consumer of the next decade
- Harness the strength in standardization and commonality.
- Build new cohesive enterprise ecosystems
- Architect an optimal global presence and a unique socially responsible culture.

Organizations must act – aggressively, actively and with immediacy – to create clarity beyond the chaos within their respective worlds.

Videó alapú sávkövető és figyelmeztető rendszerek

Dr. Oláh Ferenc

okl. villamosmérnök,
okl. irányítástechnikai
szakmérnök,
ny. főiskolai docens,
Széchenyi István Egyetem
Műszaki Tudományi Kar Köz-
lekedési Tanszék

Az utóbbi évtizedben nagy fejlődésen ment keresztül a sáv széleinek látáson alapuló érzékelése. Ahhoz, hogy el lehessen dönteni, akaratlan vagy szándékos sávelhagyás történt-e, számos vezetőmintát kellett figyelembe venni.

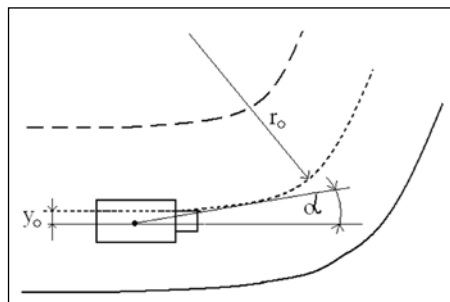
In the last decade the perception of the edges of a lane based on seeing was making good progress. You have to take a lot of driver samples into consideration to be able to decide, that the lane departure was accidental or intentional.

BEVEZETÉS

A világon évente több millió olyan típusú baleset következik be, amelyik sávelhagyásból adódik úgy, hogy közben nem történik más járművel ütközés. Csak az Amerikai Egyesült Államokban évente kb. hárommillió sávelhagyásos baleset történik, amelynek kb. 13 000 halálos áldozata van. Az előzetes felmérések alapján ezeknek a baleseteknek a fele elkerülhető lett volna, ha a jármű rendelkezik sávelhagyás-felügyeleti rendszerrel. A sávkövető rendszerek legfontosabb komponense a járműre szerelt kamerák által rögzített képek feldolgozása és kiértékelése. Ezek a képsorok a jármű környezetéről szolgálnak hasznos információkkal, amelyek kiértékelés után komoly segítséget nyújtanak az adott közlekedési helyzetben.

A modern járművekben a vezetés lényeges paraméterei, mint pl. a pillanatnyi sebesség, ill. az index és a fék működési állapota, könnyen elérhetővé tehetők a segédrendszerek számára. A vizsgálatok igazolták, hogy a videó alapú sávfigyelő rendszerek kellő információt nyújtanak a sáv geometriájáról is. A vizsgálatok során különbséget kell tenni a sáv érzékelése és a sáv térképezése között. A sáv érzékelése a sáv széleinek, helyeinek egy sima képen való meghatározását jelenti anélkül, hogy előzetes tudomással rendelkezni a sáv helyzetéről. A sáv térképezése a sáv széleinek folyama-

tos sorozatképek alapján történő meghatározását jelenti, miközben információt használunk fel a sáv helyzetéről a megelőző sorozatképek felhasználásával, hogy le-
szűkítsük a sáv lehetséges helyzetét az aktuális képen. Különböző rendszerek különböző



1. ábra: a paraméterek értelmezése

algoritmusokat használnak a sáv helyzetének érzékelésére és térképezésére (pl. VaMoRs- és LOIS-rendszerek), bár lehetnek átfedések is pl. abban, hogy ugyanazt az alapképet dolgozzák fel a sáv érzékelésére és térképezésére.

Általában a pályaelhagyások fő oka a figyelmetlenség és a kimerültség. Hogy adott esetben melyik érvényesül, arra a vezető aktivitásából lehet következtetni. Erre elviekben két lehetőség van: mérhetjük magának a sáv tartási feladat teljesülésének a mértékét, vagy mérhetjük a változók értékét, amelyek a vezető közvetlen befolyása alatt állnak (pl. kormányzási szög).

A sávkövetési feladat teljesülésének egyik legjellemzőbb mutatója a sávelhagyási idő (TLC – time to line crossing), amely megadja,

hogy állandó járműsebességet feltételezve mennyi idő múlva hagyja el a sávot a jármű kereke.

Renner és Mehring kísérleteik során a TLC, a jármű pozíciója, a kormányzási szög és a sebesség alapján voltak képesek a vezető fáradtságát érzékelni, Kreucher és társai munkájukban a TLC értékeit olyan idő alapú függvény segítségével számítják ki, amely a jármű sávhatártól mért oldaltávolságát vizsgálja. A Batavia által vezetett munkacsoport bemutatott egy memória alapú TLC számítási módszert. Számításunknak alapjául a jármű jelenlegi és jövőbeli pozíciója, valamint sebessége szolgált. LeBlanc-nak és csoportjának, illetve Kovácsnak és társainak szembesülniük kellett az aktív kanyarodás problémájával: az első kerekek eltérő mértékű lassulása miatt folyamatosan korrigálni kell a haladási irányt, mert a jármű különben elhagyná az üttestet. Az Anken által bemutatott rendszer megadja a megelőző járművel történő ütközés előtti időt. Mint korábban említettük, a vezetői aktivitás mérhető tényezői a kormányzási, illetve a fék-, gázpedál használati értékek, továbbá az irányjelző használata alkalmasak a vezető fáradtságának jelzésére. Fairclough három különböző fáradtsági mutatót hasonlított össze: pszichofiziológiai méréseket (EEG), az elsősorban a vezető által befolyásolt mutatókat (sebesség, kormányzási szög), valamint a vezető szubjektív megítélését a saját fáradtságáról. Siegmund és társai egyértelmű összefüggést találtak a három mutató között. Ezek alapján a kormánymozgatási (in) aktivitást javasolták a fáradtság potenciális mutatójának. Richardson és társai viszont a hosszú ideig tartó vezetés okozta fáradtság vezetési teljesítményre gyakorolt hatásáról készítettek tanulmányt. A kimerültség mértékét EEG-mérésekkel vizsgálták.

SÁVELHAGYÁSJELZÉSRE ALKALMAS ALGORITMUSOK

Videó alapú sávkövető rendszer kombinált algoritmus

Ebben a részben olyan sávkövető rendszert, illetve algoritmusát tárgyaljuk, amely a különböző sávelhagyást érzékelő algoritmusok számításait használja az irányjelző és fék állapotának, illetve kormányzási tevékenység figyelésével.

Első lépésben egyértelműen meg kell határozni, hogy mely esetekben szükséges a veszjelzés alkalmazása. Jelen esetben kilenc alapvető esetet különböztetünk meg. Mindenekelőtt meg kell említeni, hogy három különböző vonalvezetésű sávot definiálhatunk: egyenes, balra kanyarodó és jobbra kanyarodó típusokat. Mindhárom típuson belül is a következő eseteket kell figyelembe venni. Sávbán maradó, sáv elhagyása balra és sáv elhagyása jobbra. Könnyen belátható, hogy amennyiben sávon belül maradunk, nem szükséges veszjelzés alkalmazása, függetlenül attól, milyen vonalvezetésű sávban közlekedünk. Abban az esetben viszont, ha elhagyjuk a sávot, csak akkor alkalmazható figyelmeztetés, ha a sávelhagyás akaratlanul történt. Ezért fontos a vezető folyamatos figyelése. Ez azért szükséges, hogy elkerüljük a téves riasztásokat.

A szándékos sávelhagyásnak a következő esetek tekinthetők:

- sávváltás esete
- kanyar ívének levágása
- kitérő manőver vészhelyzet esetén.

Ha ezekben az esetekben, azok bármelyikében riasztás jön létre, az téves riasztásnak minősül, amely nem megengedhető.

Ugyanakkor a vezetői viselkedés megfigyelésének tényezői:

- irányjelző állapota
- fékezés
- kormányzási szög.

Ezek az állapotjelzések könnyen elérhetők a jármű elektromos hálózatából. A jármű sávjához viszonyított helyzetének leírására az ún. klotoid modellt használjuk, amely az 1. ábra szerint paramétereiből áll:

- b – a sáv szélessége
- r_0 – a kanyar vízszintes görbületi íve
- y_0 – az autó oldalsó kitérése a sáv szimmetriatengelyéről
- α – a jármű hossz tengelye és a sáv érintője által lezárt szög

A modell egyszerűsítésre került a 2. ábra szerint.

Ebben a koordináta-rendszerben a sávhatárok az alábbi egyenletek alapján számítható klotoidokból (egyenese-körívekből álló célszerű megválasztott szakaszok) állnak (egyenese, másod- és harmadrendű parabolák).

$$y(l) = \pm \frac{b}{2} + \frac{1}{2} \cdot r_0 \cdot l^2 + \frac{1}{6} \cdot r_1 \cdot l^3$$

ahol r_1 a vízszintes ívváltások gyakoriságát adja meg. A + és – jelek a jobb és bal oldali sávhatárok megkülönböztetésére szolgálnak.

Esetünkben ez egyszerűsíthető, mert az ívváltások gyakorisága nullához közelít, így:

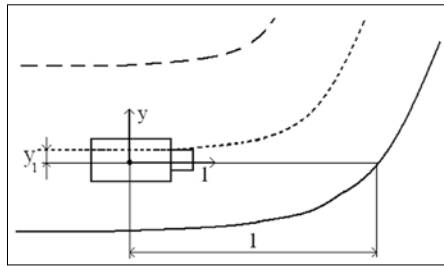
$$y(l) = \pm \frac{b}{2} + \frac{1}{2} \cdot r_0 \cdot l^2$$

ami már másodfokú egyenlet.

A sávelhagyás érzékelésének alapja a jármű sávon belüli aktuális pozíciójának (CCP – car's current position) folyamatos figyelése. A pozíció közelítő értékét sávfigyelő algoritmus segítségével határozzuk meg.

A korábbiakból tudjuk, hogy y_0 oldalsó kitérés adja meg az autó távolságát a sáv szimmetriatengelyétől mérve. Mivel az autó elforgási szöge elhanyagolható, ezért közel egyenesen halad, így helyzete a sávval párhuzamosnak tekinthető. Amennyiben ismerjük a jármű szélességét (b_g), akkor a következő egyenlet-rendszerrel az első kerekek sávhatárhoz viszonyított helyzete meghatározható:

$$\Delta y = \begin{bmatrix} \frac{b}{2} - \left(y_0 + \frac{b_g}{2} \right) \\ \frac{b}{2} + \left(y_0 - \frac{b_g}{2} \right) \end{bmatrix}$$



2. ábra: jelölések magyarázata

Az egyenlet első, illetve második sora a jobb, illetve bal első kerék jobb, illetve bal oldali sávhatárhoz viszonyított pozícióját írja le. A jármű akkor követi a sávot, ha első kerekei közül mindkettő a sávon belül tartózkodik.

Ekkor $\Delta y > 0$ értékek adódnak. Ekkor nem szükséges riasztás. Amint a kerekek valamelyike átlépi a sávhatárt, akkor ez evidens módon azt jelenti, hogy a jármű elhagyta a sávot. Ekkor $\Delta y < 0$ értékek adódnak. Ebben az esetben szükséges a riasztás. Sajnos azonban ekkor lehet, hogy a riasztás elkésett, mert hiszen a kerekek már sávon kívül vannak. Ez a probléma úgy védhető ki, ha a számításokhoz hozzárendelünk egy virtuális sáv szélességet, amit a mért értéknél kisebbre választunk, így a vezető korábban tudja a rendszert riasztani. Ekkor viszont ez a módszer nem lesz elfogadható azon vezetők számára, akik a teljes sávot használják vezetés közben.

TLC-alapú algoritmus

A sávelhagyás időbeni észlelését legjobban a TLC-alapú szemlélet biztosítja. Ezzel számítható, hogy a jármű mikor hagyja el a sávot.

Modell a jármű változatlan – egyenes vonalú – mozgásának – továbbhaladásának feltételezésével

E feltételezés szerinti mozgása a 3. ábrán látható. Ekkor azt feltételezzük, hogy a jármű egyenes vonalon halad tovább. Jelöljük Θ -val a sávval bezárt szöget és nevezzük mozgási irányszögnek, az α legyen az elforgási szög és β a kúszási szög. Kúszási szög alatt a jármű hossz tengelye és a tényleges haladási irány által bezárt szöget értjük.

A mozgási irányszög: $\Theta = \alpha + \beta$.

A kúszási szöget a kormányzási szögből számíthatjuk, a feltételezett mozgást pedig az alábbi egyenlet írja le:

$$y(l) = y_0 + \Theta \cdot l$$

Modell, ha a TLC-t ívelt modellel közelítjük meg

Feltételezésünk a 4. ábrán látható. Az autó mozgásának ívét az íves sávhatárok becsléséhez hasonlóan klotoid modell segítségével határozzuk meg az alábbi egyenlettel:

$$y(l) = y_0 + \Theta \cdot l + \frac{1}{2} \cdot r_c \cdot l^2,$$

ahol r_c a kanyarodás íve, amely az aktuális kormányzási szögből számítható.

Mindkét esetben az egyenletek az autó közepének mozgását adják meg. A kerekek pozíciójának a számításához a jármű szélességét is figyelembe kell venni.

$$y_c(l) = y(l) \pm \frac{b_g}{2}$$

A sávelhagyási idő (TLC) ebből a távolságból és a pillanatnyi sebességből számítható. Amennyiben ez az érték egy adott küszöbérték felett van, akkor nem szükséges a riasztás.

JÁRMŰ VISELKEDÉSÉNEK MEGFIGYELÉSE

A sávelhagyás lehet akaratlan és szándékos. Nyilvánvaló, hogy az irányjelző használata



3. ábra: TLC-szemlélet egyenes mozgás esetén



4. ábra: TLC-szemlélet ívelt mozgás esetén

sávváltási szándékra utal. A vezető egy másik megfigyelt tevékenysége a kormányzás, amelynek ellenőrzése a kormányzási szög Fourier transzformáltján alapul. A mérés során két küszöbérték definiálható. Egy alsó és egy felső határ. Az alsó határ alatti értékek hosszú egyenes utakon történő vezetések során tapasztalhatók, így feltételezhető,

hogy a vezető koncentrációképessége csökken. Ilyen esetekben hamarabb történik a riasztás a virtuális sáv szélesség használata mellett. A felső határ feletti értékeknél jogos az a feltételezés, hogy a vezető éber. Ilyenkor a riasztás le van tiltva.

A rendszert úgy kell kialakítani, hogy a riasztás ne következzen be szándékos sávelhagyáskor. Szándékos sávelhagyásnak minősülnek az alábbiak:

- az irányjelző használatát követő sávváltások
- heves kormánymozdulatokkal és fékezésekkel járó kitérő manőverek
- a sáv elhagyása rövid időre a kanyar ívének levágása érdekében.

A sávelhagyás akkor tekinthető kanyarlevágásnak, ha a jármű becsült útvonala még az utat pásztázó rendszer látókörén belül visszatér a megfelelő forgalmi sávba. Ekkor a téves riasztás elkerülése a TLC-szemléletű sávelhagyás-észlelés alkalmazásával lehetővé válik.

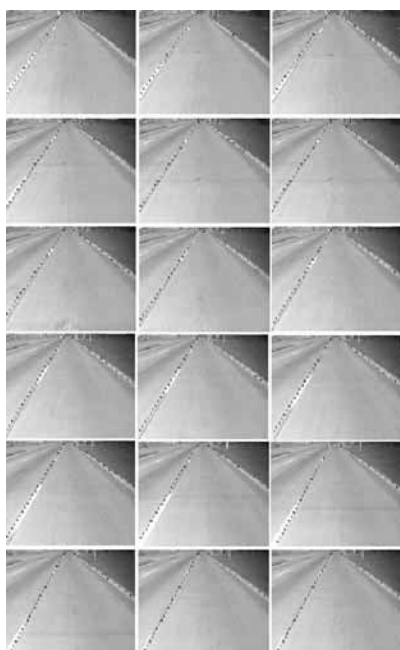
LOIS – LIKELIHOOD OF IMAGE SHAPE ALGORITHMUS

Bevezetés

A LOIS változtatható mintavételi közelítést használ. A sáv éleinek a paraméterei írják le az útvonal összes lehetséges helyét, tehát tulajdonképpen a képen megjelenő sáv éleit. A LOIS-algoritmus alkalmas a sávok kockáról kockára történő térképezésére. A LOIS kimenete tartalmazza az adott kép torzítását, tájolását és eltolódását. Ha a sáv eltolódásánál alkalmazunk Kálmán-szűrőt, akkor jó közelítéssel meghatározható a jármű jövőbeni helyzete a sávon belül, illetve a következő képkockában. Amennyiben a sáv átlépése adott valószínűséggel bekövetkezik, akkor figyelmeztető jelzés generálódik.

A LOIS-algoritmus

Az objektum alakjának detektációja három komponensből áll:



5. ábra: a sáv térképezése, ha nincsen sávváltás

– Az élek paramétercsoportjai, amelyek a képen lévő objektum összes lehetséges megjelenését tartalmazzák.

– Valószínűségi függvény, amely felméri, hogy egy objektum élei milyen mértékben egyeznek meg a képen adottal.

– Módszer az él paramétereinek érzékelésében, ami maximalizálja a valószínűségi függvényt, hogy a kép értelmezhető legyen.

A sáv éleiről készített előzetes modell

Tételezzük fel, hogy a sáv élei sík terepen lévő kör alakú ívekből állnak. Ezek a k görbülettel rendelkező kör alakú ívek jó közelítéssel megadhatók parabolafüggvénnyel:

$$x = 0,5 \cdot k \cdot y^2 + m \cdot y + b.$$

A görbe típusa ugyanilyen jellegű dőlt és egyenes állású kamera esetében, így ennek nincs befolyása az eredményre.

A képen lévő pixel (r, c) jelöli a pontot (x, y) a tér síkjában

$$x = c \cdot c_f \cdot y,$$

$$y = \frac{H}{r \cdot r_f}$$

ahol: H – a kamera magassága,

r_f – a pixel magassága, amely osztva van a fókusztávolsággal,

c_f – a pixel szélessége a gyújtópontban, ami szintén osztva van a fókusztávolsággal.

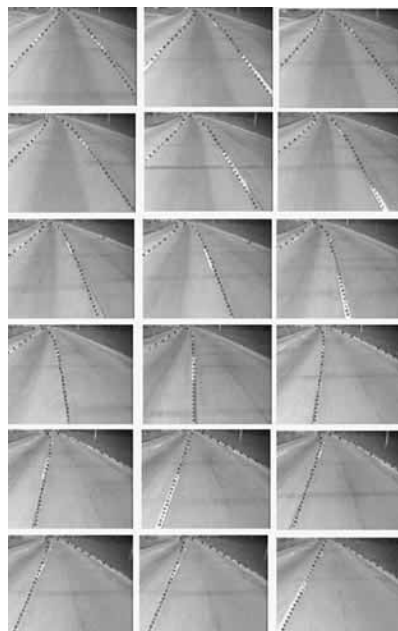
E két egyenletet helyettesítsük be az előzőbe, adódik a következő:

$$c = \frac{0,5 \cdot k \cdot H}{r_f \cdot c_f \cdot r} + \frac{b \cdot r_f \cdot r}{H \cdot c_f} + \frac{m}{c_f}$$

Az 5. ábrán a sáv térképezésének képkockái láthatók, ha nincs sávváltás, a 6. ábrán ugyanez látható, de sávváltás közben (forrás: [22]).

Látható, hogy az útvonal képei egymás után következetesen és elosztva vannak elhelyezve, amint azt a [20] tárgyalja. Ezek a képek kockáról kockára nagyon hasonlóak a sávok elhelyezkedésének tekintetében. A 3. képsorozat azt mutatja, hogy egy jármű tartja a helyzetét a sávján belül. Mindegyik egyéni képen a sáv helyzetének megállapítására az előző kép szolgál, mint alappont az adott képelemben. A 6. képsorozat a sávváltási manővert mutatja.

A LOIS-on alapuló sáv térképező egy nagyon megbízható algoritmus, amely Kálmán-szűrőt használ a távolságok becslésére. Ettől az algoritmustól azt várják, hogy ne csak figyelmeztessen a vezetőre, hanem a jövőben irányítsa a járművet, illetve automatikusan a sávban tartsa azt.



6. ábra: a sáv térképezése sávváltás közben

Irodalom

- [1] W. Enkelmann, Entwicklung von Systemen zur Interpretation von Straßenverkehrsszenen durch Bildfolgenauswertung, Habilitation, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe (TH), Juli 1996. Infix-Verlag, Sankt Augustin, 1997.
- [2] R. Risack, P. Klausmann, W. Kruger, and W. Enkelmann, „Robust Lane Recognition Embedded in a Real-Time Driver Assistance System,” in Intelligent Vehicles ’98 Symposium, Octobre 28-30, 1998, Stuttgart, Germany, 1998, vol. 1, pp. 35-40.
- [3] G. Renner and S. Mehring, „Lane departure and drowsiness – two major accident causes – one safety system,” in 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1997, CD-ROM.
- [4] C. Kreucher, S. Lakshmanan, and K. Kluge, „A driver warning system based on the LOIS lane detection algorithm,” in IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Stuttgart, Octobre 28-30 1998, pp. 17-22.
- [5] P.H. Batavia, D.A. Pomerleau, and C.E. Thorpe, „Predicting lane position for roadway departure prevention,” in Intelligent Vehicles ’98 Symposium, Octobre 28-30, 1998. Stuttgart, Germany, 1998, pp. 5-10.
- [6] D.J. LeBlanc, G.E. Johnson, P.J. Venhovens, G. Gerber, R.D. Sonia, R.D. Ervin, C.-F. Lin, A. G. Ulsoy, and T. E. Pilutti, „CAPC: A road-departure prevention system,” IEEE Control Systems Magazine, vol. 16, pp. 61-71, 1996.
- [7] G. Kovács, J. Bokor, L. Palkovics, L. Gianone, Á. Semsey, and P. Széll, „Lane-departure detection and control system for commercial vehicles,” in IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Stuttgart, Octobre 28-30 1998, pp. 46-50.
- [8] R. Onken, „DAISY, and adaptive, knowledge-based driver monitoring and warning system,” in IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Paris, 1994, pp. 544-549.
- [9] S.H. Fairclough, „Monitoring driver fatigue via driving performance,” in Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces, Y.I. Noy, Ed., chapter 21., pp. 363-379.
- [10] G.P. Siegmund, D.J. King, and D.K. Mumford, „Correlation of steering behaviour with heavy-truck driver fatigue,” Sensors, Safety Systems and Human Factors, pp. 17-38, 1996.
- [11] J. Richardson, S.H. Fairclough, and S. Fletcher, „Driver fatigue: An experimental investigation,” in Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces, Y. I. Noy, Ed., chapter 19, pp. 329-343. Lawrence
- [12] R. Risock – N. Möhler – W. Enhelmann A Video-based Lane Keeping Assitaut. 2005.
- [13] M. Chen, T. Jochem, and D. Pomerleau, „AURORA: A Vision-Based Roadway Departure System,” in Proceedings, IEEE Conference on Intelligent Robots and Systems, vol. 1, pp. 243-248, August 1995.
- [14] M. Baret, S. Baillarin, C. Calesse, and L. Martin, „Sensor Fusion: Lane Marking Detection and Autonomous Cruise Control System,” Collision Avoidance and Automated Traffic Management (Proc. SPIE vol. 2592), pp. 150-162, 1995.
- [15] D. Pomerleau and T. Jochem, „Rapidly Adapting Machine Vision for Automated Vehicle Steering,” IEEE Expert, 11, (2), pp. 19-27, April 1996.
- [16] K. Kluge and S. Lakshmanan, „A Deformable Template Approach to Lane Detection,” in Proceedings of the Intelligent Vehicles ’95 Symposium, pp. 54-59, 1995.
- [17] S. Lakshmanan and K. Kluge, „LOIS: A Real-Time Lane Detection Algorithm,” in Proceedings of the 30th Annual Conference on Information Sciences and Systems, Princeton, NJ, March 1996.
- [18] K. C. Kluge, „Extracting road curvature and orientation from image edge points without perceptual grouping into features,” Proceedings of the Intelligent Vehicles 94 Symposium, pp. 109-114, 1994.
- [19] K. C. Kluge, „Performance evaluation of vision-based lane sensing: some preliminary tools, metrics and results,” IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 1997.
- [20] M. Bertozzi and A. Broggi, „GOLD: A parallel real-time stereo vision system for generic obstacle and lane detection.” IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, pp. 62-80, Jan. 1998.
- [21] D. J. LeBlanc, et. al, „CAPC: A road-departure prevention system”, IEEE Control Systems Magazine, vol. 16, pp. 61-71, 1996.
- [22] C. Kreucher – S. Lakshmanan – K. Kluge: A Driver Warning System Based on the LOIS Lane Detection Algorithm. 2002.
- [23] K.C. Kluge, C. Kreucher, and S. Lakshmanan, „Tracking Lane and Pavement Edges Using Deformable Templates,” Proceedings of the SPIE Intelligent Vehicle and Highway Systems Conference, Aerosenes, 1998.

Szeretnék/nem szeretnék ingyenes példányt kapni „A jövő járműve – Járműipari innováció” folyóiratból.

.....
Dátum

.....
Aláírás

1. VÁLLALATI ADATOK

A cég neve

Címe

Telefon

Fax

E-mail

Weboldal

2. SZEMÉLYES ADATOK

Név

Foglalkozás

Telefon

Fax

E-mail

Milyen szakterületen dolgozik?

Termékfejlesztés ☐

Kutatás és fejlesztés ☐

Műszaki tudományok, engineering ☐

Gyártástervezés ☐

Szerszám- és eszközfejlesztés ☐

Beszerzés ☐

Egyéb (nevezze meg)

3. A VÁLLALAT PROFILJA

Mi a vállalat fő terméke vagy szolgáltatása?

.....

Mely tevékenység tartozik a vállalat profiljába?

Gyártás ☐

Kutatás-fejlesztés ☐

Értékesítés ☐

Lerakat / forgalmazó ☐

Műszaki mérnökség, tervezés ☐

Kiadványszerkesztés ☐

Más (nevezze meg)

A vállalat alkalmazottainak száma

Vannak még kollégái ezen a címen, akik szeretnének ingyen példányt kapni a folyóiratból?

Név

Foglalkozás

Név

Foglalkozás

Név

Foglalkozás

Név

Foglalkozás

Név

Foglalkozás

Név

Foglalkozás

Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, célok, kutatási területek és eredmények

Dr. Péter Tamás

egyetemi docens, BME
Közlekedésautomatikai
Tanszék

A publikáció intelligens közúti közlekedési rendszerek modellezésével, on-line együttműködésre képes hálózati szabályozási rendszerek kifejlesztésével foglalkozik. Szoftverfejlesztés terén olyan intelligens modellalkotó rendszerek kifejlesztése a cél, amelyek az emberi oldalt lehetőség szerint minimalizálják. A mérési technika kutatása terén intelligens mérési és beavatkozási interfészrendszerek kifejlesztése a cél. Fontos feladat az új eszközök ipari alkalmazásának bevezetése, ill. az új eredmények egyetemi oktatásban történő hasznosítása is.

The paper deals with the modeling of road transportation systems and the design of network control systems capable of cooperating with each other. At the area of software development the design of intelligent modeling systems is our goal. At the area of measurement techniques, intelligent measurement and intervention systems are being developed. Other significant tasks are the implementation of these systems, and the creation of education materials.

BEVEZETŐ

Az anyag áttekinti a BME Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT) kutatásai körébe tartozó, a címben szereplő 1.1 projekt fejlődését a 2005–2008 időszakban. A munkában három kutatóintézet és egy vállalkozás vett részt az alábbi személyek irányításával, BME Közlekedésautomatikai Tanszék: Péter Tamás projektvezető, BME Irányítástechnika Tanszék: Lantos Béla, MTA SZTAKI Irányításelméleti Kutatócsoport: Varga István, Inventure Kft.: Szalay Zsolt, az alábbi kutatási motivációkkal és célokkal. 2005 évben a közúti közlekedési rendszerek és a forgalmi folyamatok kutatása volt a projekt deklarált tárgya. A projekt célja az elméleti kutatások terén a nemzetközi szakirodalomban meglévő élvonalbeli eredmények adaptálása, új elméleti összefüggések feltárása és beintegrálása a tudásközpontba. Az alkalmazások területén olyan modellek és eljárások létrehozása, amelyekről hatékony és piacképes ipari alkalmazások, szoftverek, ill. mérőrendszerek kifejlesztése várható:

- Intelligens közlekedési rendszerek matematikai elemzése és modellezése.
- Új közúti közlekedési modellezési technikák kifejlesztése.
- Intelligens közúti közlekedési rendszerek sztochasztikus szimulációja.
- Intelligens közúti rendszerek modern szabályozása.
- Intelligens hálózati szabályozási rendszerek kifejlesztése, amelyek képesek on-line együttműködésre a már meglévő rendszerekkel.
- Mérési eljárások fejlesztése.
- Mérési és beavatkozási interfészrendszerek kifejlesztése.
- Szoftverfejlesztés a szabályozási rendszerek megvalósítására.
- Intelligens modellalkotó rendszerek kifejlesztése, a modellezés emberi oldalának lehetőség szerinti minimalizálására.

2006-ban a projekt az alábbi súlypontok köré építkezett:

- Mérőrendszerek fejlesztése
- Paraméterek analízise
- Modellek alkotása
- Szabályozások megvalósítása

A részterületeken folyó kutatásaink 2006-ban már képesek voltak olyan önálló eredmények létrehozására, amelyeknek alkalmazási lehetőségeit is lehetett vizsgálni.

A projekt szempontjából meghatározó, hogy mindegyik részterület szorosan összefügg a másikkal is. (Pl. Mérőeszközök-para-

méterek. Paraméterek-modellek. Modellek – szabályozás stb.). Tehát, munkánk eredményei, nagymértékben támaszkodnak a részterületeken elért eredmények integrálására. Ez biztosította az 1.1 projekt építkezését és folyamatos fejlődését. A projekt eredményes vezetése szempontjából igen fontos volt, hogy ezeknek a súlyponti területeknek egyidejű és összehangolt fejlesztése valósuljon meg.

2007. és 2008. években az elméleti kutatások vonatkozásában fő célunk az első két évben elvégzett elméleti kutatások eredményeinek összegzése, továbbá ezeknek az eredményeknek a nemzetközi szakmai fórumokon, ill. élvonalbeli oktatási anyagokban történő bemutatása és hasznosítása volt.

Az alkalmazások területén, az eddig vizsgált modellek és alkalmazott eljárások körében, szoftverek, továbbá mérési módszerek, ill. mérőrendszerek kifejlesztését terveztük. Ezen a területen hatékony és piacképes ipari megoldások létrehozása volt a célunk.

A SZAKMAI MUNKA RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

2005-ben a kutatási munkánk az alábbi területeken indult el

1. „A becslési eljárások elmélete és elvi módszerei”, MTA SZTAKI-BME KAUT, Kulcsár Balázs – Bauer Péter, [1.KJ].
 - Célja: Nehezen, vagy egyáltalán nem mérhető forgalmi paraméterek meghatározása.
 - Eredménye: olyan döntések meghozatalánál hasznosíthatók, amelyek elősegítik a járműforgalom gyors és balesetmentes lefolyását. Ismertté teszik a „honnán-hová?” „milyen útvonalon?” forgalmi adatokat. Korábban nehézkes kikérdezéssel történt a felvétel. A vizsgálataink alapján a közlekedési részrendszerrel, ha ismerjük a több irányból beáramló és több irány felé kiáramló járművek számát, akkor becsülhető az, hogy valamely bemenet esetén a kiáramló járművek milyen irányokban távoznak. (OD-matrix).
 - Alkalmazás: autópálya-szakasznál felhajtó- és lehajtóágaknál, egyszerűbb esetekben körforgalomnál, ill. kereszteződésnél, továbbá városi forgalmi részrendszerekénél.

2. „A közúti közlekedés forgalmi paramétereinek a mérése, a mérés helyettesítése becsléssel”, MTA SZTAKI Varga István [2.KJ],[3.KJ],[8.KJ].

- Célja: a közúti forgalom mérés általunk fejleszthető eljárásainak összefoglalása. Automatikus forgalomszámláló rendszerek felépítése.
 - Eredménye: meghatározza azokat a közúti forgalmi paramétereket, amelyeknek mérése/bebecslése a feladat. (q: forgalom nagyság [Jármű db/időegység], S: forgalomsűrűség [Jármű db/hosszegység], v: sebesség, tk: követési idő, hk: követési táv).
 - Alkalmazás: javaslat műholdas helymeghatározás alapú forgalom mérésre, továbbá olyan videós forgalom mérésre, amely alapján szinte minden, a forgalom lefolyására jellemző adat meghatározható képmátrix-analízissel.
3. „A közúti közlekedésben jelenleg használt modellcsoportok (közlekedési) elmélete. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása”, BME KAUT, Péter Tamás–Bécsi Tamás [5.KJ],[12.KJ].
- Célja: a munka a közúti közlekedési modellcsoportokat vizsgálja a forgalom tervezésének szimulációs eszközökkel történő végrehajtása szempontjából. A saját szoftver kifejlesztését az indokolja, hogy a különféle más szoftverek által használt forgalmi modellek többnyire nem, vagy csak részben hozzáférhetők és direkt módon nem hasznosíthatók a kutatásaink támogatására, és igen csekély programozással bírnak.
 - Eredménye: saját mikroszkopikus modell megalkotása a járművek és vezetőik viselkedésének vizsgálatára és makroszkopikus modell a nagyméretű hálózatok vizsgálatára.
 - Alkalmazás: szabadáramlási modellek; Járműkövetési modellek; Sáv váltási modellek; Objektumtól (lámpától, táblától) függő döntési modellek;
4. „A közúti közlekedésben használatos egyéb modellcsoportok elmélete szabad áramlási viszonyoknál”, MTA SZTAKI, Németh Erzsébet [6.KJ].
- Célja: modellosztályok vizsgálata a közúti közlekedési rendszerek irányításához.
 - Eredménye: a mesterséges intelligencia alkalmazását javasolja a további kutatásokhoz. Vizsgálja az ágensalapú modellezés lehetőségeit és a több ágensből álló rendszerek kapcsolatba lépését.
 - Alkalmazás: kooperáló közúti kereszteződések.
5. „A közlekedésmérnöki gyakorlatban a hálózatok leírására jelenleg használt modellek áttekintése. A téma irodalmának kritikai összefoglalása”, BME KAUT, Péter Tamás [9.KJ].
- Célja: Speciális makroszimulációs program kifejlesztése nagyméretű közlekedési hálózatok modellezésére.
 - Eredménye: jelenlegi állapotában az útszakaszokon mindkét irányban csak egysávos szimulációt hajt végre, de magában hordozza a többsávos szimuláció lehetőségét is. A modellt generáló program „Térképfelvitel” ablakkal indít, és itt lehet megadni az úthálózat gráfját, a szakaszok forgalmi adatait. Ezt követi a szimulációs rész.
 - Alkalmazás: szakértői rendszerként, a nagyméretű közlekedési hálózatok szűk keresztmetszeteinek meghatározására, ill. áttervezések hatásainak elemzésére.
6. „A diszkrét eseményű dinamikus rendszereket leíró eljárások elmélete”, BME KAUT, Kovács Ákos András [7.KJ], [11.KJ].
- Célja: a diszkrét eseményű rendszerek leírása alkalmazott olyan módszerek tanulmányozására, amelyek alkalmasak a közlekedési hálózatok működésének leírására.
 - Eredménye: irodalmi összefoglaló az automaták és Petri-hálók alkalmazására, közlekedési csomópontok, ill. ezeket összekötő úthálózatoknál.
 - Alkalmazás: tudásközpont modellezési technikáinál és programfejlesztésénél.
7. „Az irányítástechnikából ismert irányítási stratégiák, eljárások elmélete és módszerei, tekintettel a közúti közlekedés speciális igényeire”, BME KAUT, Bauer Péter – Kulcsár Balázs [13.KJ],[15.KJ].
- Célja: az irányítástechnikai stratégiák áttekintése a közúti közlekedési rendszerek speciális igényei alapján.
 - Eredménye: autópálya és autópálya-hálózatok szabályozása, városi közlekedési csomópontok szabályozása területeken.
 - Alkalmazás: a munka alapját képezi a későbbi konkrét közlekedési rendszereknél megvalósítandó szabályozási feladatoknak.
8. „A közúti közlekedési modellek paramétereinek vizsgálata a szabályozás szempontjából”, MTA SZTAKI Varga István, BME KAUT Kulcsár Balázs [14.KJ] [16.KJ]
- Célja: annak vizsgálata, hogy a közúti közlekedési rendszerek-nél felvett/mért paraméterek változása hogyan hat a rendszer tulajdonságaira.
 - Eredménye: az eredményül előállt érzékenységi értékek alapján lehet kiválasztani azokat a paramétereket, amelyeknek pontos ismerete kiemelt feladat.
 - Alkalmazás: az elemzés alapja egy szabad áramlású autópálya-rendszert vizsgálata volt. A rendszer modellezése MATLAB Simulink programmal történt. A modell helyességének ellenőrzése a hazai autópályákról begyűjtött adatok alapján történt.
9. „Autópálya-forgalom és járműirányítások”, BME IIT – Lantos Béla [17.KJ],[18.KJ],[19.KJ].
- Célja: autópálya-forgalom-irányítás, továbbá járművek mikromodelljén alapuló járműirányítási módszerek kidolgozása.
 - Eredménye: Dinamikus modellek megalkotása autópálya-forgalom irányításához. Korszerű irányítástechnikai módszerek alkalmazása. Korszerű optimumkereső eljárások kidolgozása.
 - Alkalmazás: autópálya-forgalom irányítása. Automatikus ütközésmentes pályatervezés és pályakövetés.
10. „Városi forgalomirányítási stratégiák korszerű megközelítési módszerei”, BME IIT- Harmati István. [20.KJ],[21.KJ].
- Célja: áttekinteni a létező jelzőlámpás irányítási rendszerek tulajdonságait, vizsgálni a problémakör játékelméleti, mesterséges intelligencia módszereken alapuló megközelítését.
 - Eredménye: javaslatokat ad játékelméleti forgalomirányítási algoritmusokra. A feladat olyan játékelméleti problémának tekinthető, ahol az egyes kereszteződések töltik be a játékosok szerepét. Minden játékos igyekszik a megfelelő zöld jelzés kialakítással a saját költségét minimalizálni, amely leginkább a hozzá csatlakozó útszakaszok tehermentesítéséből áll. A játékosok döntéseiben megjelenít egy globális költséget is, amely az egész úthálózat optimumtól való távolságát fejezi ki.
 - Alkalmazás: a modell Matlab környezetben kerül realizálásra és ezt a modellt használják fel a forgalomirányításra javasolt játékelméleti algoritmusok is.

Az elindított kutatási alkalmazások a tudományos utánpótlás és az oktatás fejlesztése terén is meghatározók voltak. A PhD-témák szervesen kapcsolódtak a 2005 januárjában létrejött EJJT kutatási projektjeihez. Ezek az új és igen perspektivikus kutatási projektek a Közlekedésautomatikai Tanszék aktív közreműködésével indultak el és nemzetközileg élvonalbeli kutatási lehetőségeket biztosítottak a bekapcsolódni kívánó fiatal tehetséges PhD. hallgatók számára. A témák több korábbi nemzetközi EU-s projekthez is kapcsolódnak, és ezeknek a folytatását jelentik, továbbá a fiatal kutatók számára széles körű új lehetőségeket és nemzetközi kapcsolatokat is kínálnak. A projekt eredményei a területen folyó egyetemi oktatás színvonalának emelését is szolgálják.

A témát kutató munkatársak közel ezer oldalas dokumentációja kiváló alapot szolgáltat egy új és modern egyetemi oktatási anyag összeállításához. Ebben az évben már látható, hogy a projekt ipari-gazdasági alkalmazásai szintén meghatározóak. A további kutatások eredményei elsősorban a közúti közlekedést érintő technológiai váltás elősegítését szolgálják és a közúti, városi közlekedés irányítása terén hasznosíthatók. A kifejlesztett szoftverek és mérési eljárások alkalmasak a rendkívül bonyolult dinamikus rendszerek és valóságos közlekedési rendszerek tervezésére, szimulációs modellezésére, továbbá valós idejű irányításra. Alkalmazásuk hozzájárul a hazai városi, illetve közúti közlekedés jelentős fejlesztéséhez.

A 2006-os év kutatásai öt téma köré csoportosultak

A második projektévtől számolhatunk be olyan eredményekről, amelyek már felhasználást is tartalmaznak. Ezek a következők.

1. „Videoalapú forgalommérő szoftver tervezése, forgalommodellezés”, Bécsi Tamás–Péter Tamás [22.KJ], [23.KJ], [24.KJ], [25.KJ]. Elkészült a fix kamerás mérést megvalósító rendszer, amelynek segítségével mérhetőek on-line, illetve off-line módon a közúti forgalom makroszkopikus és mikroszkopikus jellemzői. További újabb alkalmazás, a mért adatok alapján mikroszkopikus forgalmi modellek identifikációjára ad lehetőséget. Ez előkészítése egy – már fejlesztés alatt álló és a szabályozási feladatokra alkalmas interfésszel rendelkező – közúti forgalmi szimulációs szoftvernek.

2. Az „Autópálya eseménydetektáló rendszer fejlesztése” – téma, Kulcsár Balázs–Preitl Zsuzsa–Varga István [27.KJ] célja a forgalmi jellemzők meghatározása és annak eldöntése, hogy az útvonalon történt-e esemény. Az esemény detektálását követően döntést kell hozni, és tájékoztatni kell a forgalomban részt vevőket, pl. változtatható jelzésképű táblákon keresztül. A kiemelt és kidolgozott algoritmusok alkalmazása, detektoradatok mérésén keresztül történik. Az off-line kiértékelés mellett, fontos szerepet játszik az on-line problémafelismerés és beavatkozás is. Az állapotbecslés, a nemlineáris egyenleteinkre kiterjesztett speciális Kalman-szűrővel (EKF) történt. Ez alapján kiszámíthatóak az egyes események valószínűségei, melyek alapján a végső elkülönítés elvégezhető.

3. A „Közúti jelzőlámpás forgalomirányítás továbbfejlesztése” – témában, Bécsi Tamás–Varga István:[26.KJ], Kulcsár Balázs–Preitl Zsuzsa–Varga István [28.KJ], [29.KJ], Németh Erzsébet – Varga István [30.KJ], [32.KJ], Bécsi Tamás–Varga István [31.KJ]. Az elkészült alkalmazás egy egyedi jelzőlámpás csomópontban megvalósítható új szabályozási megközelítést mutat be, amely a fejlesztett szimulációs rendszerrel együttműködve bebizonyította, hogy az új megközelítés javíthatja a közlekedési csomópontok kapacitását.

4. Az „Ütközésmentes pályatervezés és forgalomirányítás prediktív és játékelméleti módszerekkel”, Lantos Béla [33.KJ] [35.KJ] [37.KJ] Harmati István [34.KJ], [36.KJ], [38.KJ], főleg posztmodern irányításméleti és játékelméleti alapokon vizsgálja a közlekedést, lehetővé téve a későbbi ITS-rendszerek nagybiztonságú és nagyhatékonyságú tervezését, megvalósítását és üzemeltetését.

5. A kutatási munka mellett a projekt vezetése nagy figyelmet fordít arra is, hogy a feladatokkal párhuzamosan az oktatásban is felhasználásra kerüljenek az eredmények. Ennek érdekében a saját eredmények és a felhalmozott szakirodalmi anyagok oktatási jegyzetté formálása is megkezdődött a projekt keretein belül.

A 2007-es év kutatásai hat témakört öleltek fel az alábbi felhasználási lehetőségekkel

1. „Közúti és városi forgalom optimális irányítása”, Péter Tamás–

Bokor József–Várlaki Péter [39.KJ], Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet [41.KJ],[42.KJ]. Ebben a témakörben a kutatási év első harmadában, a 2005-ben és 2006-ban lefektetett alapokra és szoftverfejlesztésekre támaszkodva, további specifikáció jellemző kutatások és a készülő rendszerek alkalmazásához szükséges telepítési tervek gyakorlati feldolgozása történt meg. A téma keretében telepítési tervek készültek a videoalapú forgalom mérés, az automatikus autópálya torlódásdetektálás és a forgalomfüggő jelzőlámpás szabályozás céljából.

2. A „Programok kifejlesztése” – témában, Péter Tamás–Bécsi Tamás [40.KJ], [44.KJ]. Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet [45.KJ], [46.KJ] a hároméves kutatási folyamat eredményeképpen tényleges, a gyakorlatban is megfelelően alkalmazható szoftverek fejlesztése volt a feladat. A videoalapú forgalommérő rendszer teljes egészében elkészült, grafikus felületen, scriptvezérléssel kitűnően alkalmazható.

3. A „Makroszkopikus, nemlineáris forgalmi modell” implementálása megtörtént Windows felületre, Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter [43.KJ]. Az autópályafelhajtás-szabályozás, illetve a forgalomfüggő jelzőlámpa-vezérlések célgépes programlistái is elkészültek, Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet [49.KJ]. Mindezen alkalmazások tesztelési fázisban vannak, illetve a használhatóságuk, bővíthetőségük vizsgálata folyik ebben az évben.

4. „A szoftverek, kísérleti rendszerek tesztelése és dokumentálása” – témában főleg, a már az előző pontban említett rendszerek többcélú vizsgálata, illetve az eredmények megfelelő publikálása történik. Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter [47.KJ], Péter Tamás–Bécsi Tamás [48.KJ]. Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet [50.KJ]. Fontos kérdéskör a modellek méretével kapcsolatos kérdések vizsgálata, amelyek eredményei elsősorban, a későbbi valós idejű szabályozásokra hatnak majd döntő módon. Érdekes teszteredményeket szolgáltat a makroszkopikus modell belső automatikus szabályozással, illetve a működtetett lámpákkal kapcsolatos tesztjei. A videoalapú forgalom mérés tesztjei rávilágítottak arra, hogy az alkalmazás egyaránt felhasználható: létező kiépítések elemzése során adatgyűjtésre; megfelelő infrastruktúra alapján automatizált forgalomirányítás bemenő paramétereinek gyűjtésére; modellek identifikációs adatainak gyűjtésére, továbbá modellek validációjához.

5. Az „Ütközésmentes pályatervezés és forgalomirányítás prediktív és játékelméleti módszerekkel” – téma, Lantos Béla [51.KJ], [53.KJ], [55.KJ], Harmati István [52.KJ], főleg posztmodern irányításméleti és játékelméleti alapokon vizsgálja a közlekedést, lehetővé téve a későbbi ITS-rendszerek nagybiztonságú és nagyhatékonyságú tervezését, megvalósítását és üzemeltetését. Ebben az évben az algoritmus implementálása, a Matlab környezettől történő elszakadás – így a beágyazható rendszer előállítása volt a fő cél.

6. A „Gépjárművek implementált útvonal-tervezési algoritmusok” integrálhatóak a játékelméleten alapuló forgalomirányítási módszerekbe. Harmati István: [54.KJ], [56.KJ].

A 2008-as év kutatásai öt témakört öleltek fel, az alábbi felhasználási lehetőségekkel

1. „A közlekedési áramlatok modellezése”, Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter [57.KJ], Péter Tamás–Stróbl András–Fazekas Sándor [58.KJ]. Ebben az évben jelentős fejlődést értünk el a nagyméretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok tartományokra vonatkozó optimális irányításának vizsgálata és a probléma gyakorlati megoldása területén. Ehhez kapcsolódnak azok a szoft-

veres fejlesztések is, amelyek a folyamatanalízist és a közlekedési hálózat optimalizálását végzik. A létrehozott új modell, az egész hálózatot vizsgálja a teljes kapcsolatrendszer mellett. Ebben önálló elemként már nem jelenik meg a „csomópont”, ugyanis minden csomópont működése, része a teljes kapcsolatrendszernek! A hálózatban ténylegesen általánosított szakaszok kooperálnak és ezek az elemek alkotják a hálózati gráf csúcsait. Az irányított gráf élei pedig, az állapotfüggő dinamikus relációk. Ez a gráfstruktúra a folyamatok leírásánál pozitív nemlineáris dinamikus rendszert eredményezett és igen hatékony eszköznek bizonyult.

2. „A közúti közlekedés videoalapú forgalommérő rendszereinek fejlesztése”, Péter Tamás–Bécsi Tamás–Aradi Szilárd [59.KJ], Péter Tamás–Bécsi Tamás–Aradi Szilárd [60.KJ]. Ebben a témában, az út menti objektumok automatizált videoalapú felmérését dolgoztuk ki. Ehhez tartozott a szoftverkörnyezet fejlesztése, az út menti objektumok automatizált, videoalapú felméréséhez.

3. „Forgalmi modellek egyéni viselkedést figyelembe vevő identifikációja”, Bécsi Tamás–Péter Tamás [61.KJ]. A kutatás a forgalmi modellek egyéni viselkedést figyelembe vevő identifikációjára irányult és jelentős számú modell összehasonlítását eredményezte.

4. „Korszerű forgalomirányító szimulációs rendszer” A feladat Vissim alapú modellből és MATLAB-ban vagy VTC-3000-en megvalósított szabályozóból összeállított zárthurkú forgalomirányító rendszer vizsgálata volt, Varga István–Tettamanti Tamás–Luspay Tamás [62.KJ], [63.KJ]. Varga István–Németh Erzsébet–Luspay Tamás – Tettamanti Tamás [64.KJ]. Az alkalmazási terület sokrétű, így kiterjed az autópálya főfolyamának és felhajtó forgalmának együttes szabályozására sebességhatárolással. A feladathoz hozzá tartozott az autópálya főfolyam forgalmi adatainak becslése is. Másik jelentős terület volt a valós helyszíni geometriával és adatokkal megvalósított, városi jelzőlámpás hálózat forgalomirányítása MPC-vel – kutatási munkánk.

5. „Nemlineáris prediktív irányítás és optimális referenciamozgás-tervezés gyors prototípus rendszerekben” Ebben a kutatási témában az alábbi feladatokat oldottuk meg: gépjármű automatikus akadályelkerülő rendszer valós idejű környezetbe való integrálásához szükséges feltételek vizsgálata, továbbá gyors prototípusrendszerekben való tesztelhetőségének vizsgálata. Lantos Béla [65.KJ], [67.KJ]. Játékelméleten alapuló forgalomirányítási módszerek valós környezetbe való integrálásához szükséges feltételek vizsgálata, továbbá gyors prototípusrendszerekben való tesztelhetőségének vizsgálata. Harmati István [66.KJ].

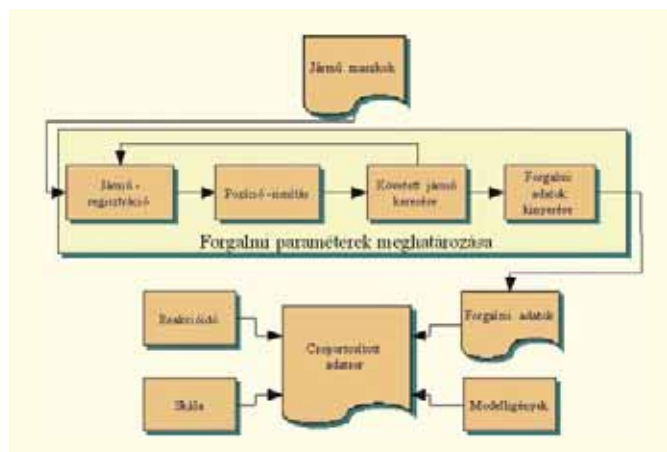
KIFEJLESZETT ÚJ TECHNOLÓGIÁK

I. KÖZÚTI VIDEOALAPÚ MAKROSKOPIKUS ÉS MIKROSKOPIKUS FORGALMI MÉRÉSI MÓDSZEREK

Elvégeztük a programkörnyezethez tartozó fő feladatokat, a script nyelv fejlesztését, a GUI (Graphical User Interface) továbbfejlesztését, az interfészlehetőségek vizsgálatát és a program algoritmusaihoz tartozó fejlesztéseket. Bécsi, T.–Péter, T. [14],[18], Berta, T.–Bécsi, T. [19], Bécsi T. [43], Péter, T.–Bécsi, T.[45]. A munka az alábbi főbb területeket öleli fel.

1. Videoalapú forgalommérő szoftver tervezése, forgalommodellezés

A feladat egy olyan forgalommérő szoftvermodul fejlesztésére irányult, amelynek segítségével a közúti forgalom mind makroszkopikus, mind mikroszkopikus jellemzői mérhetőek on-line, illetve off-line módon. A feladat további része volt a mérési adatok alapján történő járműkövetési modell identifikációja.



1. ábra: forgalmi paraméterek kinyerése

2. Image processing modulspecifikáció. Programspecifikáció

A feladat tartalma az elkészítendő szoftvermodul felépítése, ezek kapcsolata, illetve a működés elvének lefektetése. Tartalmazza a fejlesztőkörnyezet meghatározását, az alkalmazott nyelvek kijelölését a „Background Subtraction” menetét.

3. Off-line feldolgozószoftver fejlesztése

Az elkészült szoftver, illetve szoftverrészlet fixkamerás, nagy szögben belátható helyszíni forgalommérésére alkalmas, a 2006. júniusi határidőig elkészült része off-line feldolgozást tesz lehetővé. Az elkészült szoftverrészlet szakasz menti mérésre ad lehetőséget, (a kereszteződés menti vizsgálatok beépítését a későbbiekben valósítottuk meg).

Az alfeladat keretében elkészült algoritmusok:

- Off-line videó olvasása.
- Lineáris és nemlineáris szűrők (3*3, 5*5 lineáris szűrők; Threshold, Alias szűrők);
- Rekurzív és nem rekurzív háttérbecslő algoritmusok (AMF, MoD, Frame differencing, Avarage és Median filterek).
- 8-connectivity algoritmus.

4. On-line feldolgozószoftver fejlesztése

A feladat image processing moduljának befejező feladata összefoglalja a teljes 2006. évi fejlesztés eredményeit, és ismerteti a modul felépítését:

- Háttér-elkülönítés.
- Forgalmi paraméterek meghatározása és
- Az adatok további feldolgozása.

Elkészült a mért adatokat feldolgozó modul, ezen belül, az

- Objektumok körülhatárolása.
- Járműregisztráció.
- Pozíciósimítás és a
- Forgalmi adatok kinyerése.

A forgalmi adatok további feldolgozása a modelligényeknek megfelelően paraméterek szerinti skálázás, illetve járművek szerinti csoportosításra ad lehetőséget. A feladat keretén belül elkészült az online adatgyűjtés VFW segítségével megvalósított modulja is.

5. Forgalmi modellek identifikációja a videomérésből kinyert paraméterhalmaz alapján

Az alfeladat számba vette, illetve kiválasztotta az irodalom három legjelentősebbnek mondható járműkövetési modelljét és azok paramétereinek további módosításával a mért mikroszkopikus adatok felhasználásával teljes paraméter-identifikáció valósult meg. Az identifikáció során igen nagy adatmennyiség került feldol-

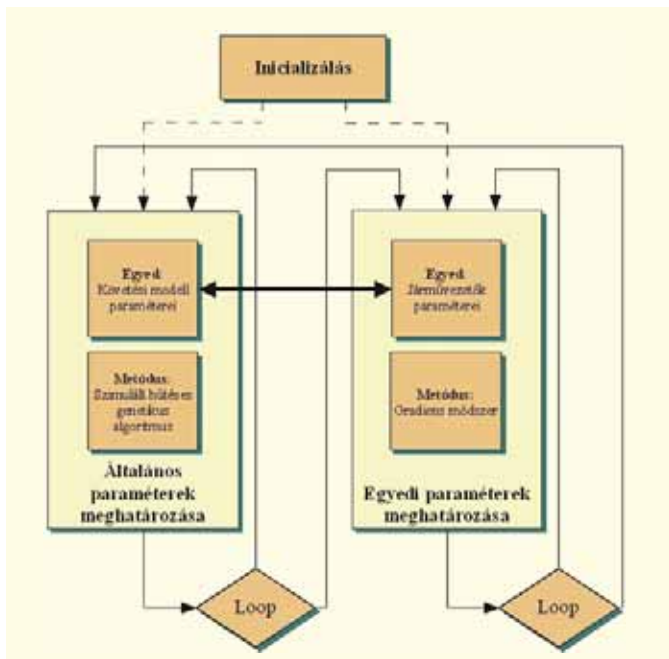
gozásra, továbbá a paraméterek meghatározása két dimenzióban kellett hogy felálljon:

- Általános járműmodell és
- Egyéni különbségek

Ennek megfelelően két külön optimumkeresési eljárás összefonódása segítségével sikerül az eredményt elérni:

- Az általános modelleket szimulált hűtéssel felruházott egyfajú genetikai algoritmus segítségével,
- Az egyéni különbségeket pedig egyedenkénti gradiens módszerrel határoztuk meg.

Természetesen biztosítani kellett a két folyamat párhuzamos futását, mivel eredményeik nagy hatással vannak egymásra.



2. ábra: az optimumkeresés folyamata

6. Videoalapú forgalommérő kísérleti rendszer telepítési terve

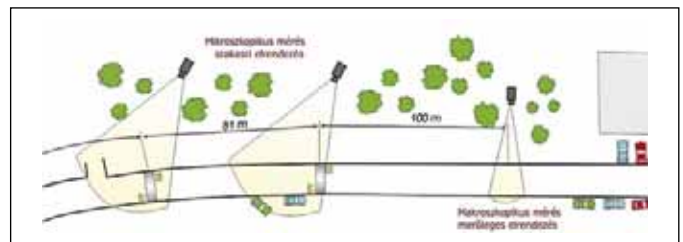
A kísérleti videoalapú forgalommérő rendszer 2006-ban alapverzió szinten elkészült, azonban továbbfejlesztése a 2007-es évben folytatódott. A rendszer első telepített kísérleti tesztelését 2006-ban a Budapest, Bátfai utca forgalomkorlátozó eszközei hatásának mérése kapcsán végeztük el. A rendszer mindemellett megértett a valós körülmények között történő forgalmi vizsgálatra, azonban ehhez a mérés háttérének megvalósításához telepítési tervre volt szükség. Fontos megjegyezni, hogy a jól működő forgalommérő rendszer csak megfelelő kameratelepítés mellett tud értékelhető adatokat szolgáltatni. A több mint kétéves kutatást és fejlesztést követően és annak eredményeként létrejött egy „pilot” verzió fázisában lévő kísérleti rendszer, amellyel az első próbaméréseket elvégeztük. A feladat eredményeképp létrejött dokumentum ismerteti a mérések célját, a mérés eredményeit használó modellek paraméterigényeit, a telepítési lehetőségeket és ajánlásokat az egyes mérések telepítéséhez, továbbá bemutatja a 2006-os próbamérés eredményeit is. A „terv” nem tér ki a konkrét helyszínen folytatott mérés pontos leírására. A forgalom mérését kétféle módon lehet elvégezni:

- Off-line mérés: digitális felvevőkamera használata a szükséges képminőség biztosításával és a geometriaadatok felvételével;
- On-line mérés: ipari kamera használata, a geometriai és forgalomtechnikai adatok mérésére, megoldva a jelátvitel technoló-

giai kérdéseit, beleértve a csatlakozás, feldolgozás és tömörítés kérdéseit.

A videoalapú forgalommérést alapvetően két mérési feladat ellátására lehet használni:

- Makroszkopikus forgalom mérés esetén, a mérendő jellemzők a forgalom átfogó jellemzői. Ekkor sűrűséget, áramlást, illetve sebességet mérünk, és jellemzően a mért útszakaszra mérőlegesen, kis szakaszt kell vizsgálni, melynek speciális telepítési igényeit vizsgáltuk;
- Mikroszkopikus mérés esetén, a forgalom szereplőinek (a járművek) egyedi viselkedésére vagyunk kíváncsiak, ekkor hosszabb szakasz felvétele szükséges, ilyenkor azonban a szakasz menti infrastruktúra korlátozásait is figyelembe kell venni és ennek megfelelően körültekintően kell megtervezni a telepítést.



3. ábra: makroszkopikus és mikroszkopikus mérés szakasz elrendezése

A projekt alfeladatának 2007-es célja egy olyan programkörnyezet kifejlesztése volt, amely mind off-line, mind on-line videóadatok alapján forgalommérési funkciót valósít meg, melynek specifikációját a 2006-os dokumentum is tartalmazza. Az elkészült szoftver, illetve szoftverrészt fixkamerás, nagy szögben belátható helyszín forgalom mérésére alkalmas, – off-line adatok alapján. A kifejlesztett szoftver nem valamely keretszoftver részeként, hanem teljesen önálló alkalmazásként készül! A szoftvereket, a Borland Delphi RAD környezetével fejlesztettük Microsoft Windows környezetre. A file-ban található videók beolvasására a Microsoft Windows alatt elérhető, vagy az arra telepíthető „video codec”-eket lehet használni. A program kerete és motorja a Borland Delphi Object Pascal nyelvén íródik. A programba implementált képfeldolgozó algoritmusok a magas szintű programforrások lassúsága miatt x86 ASM nyelven íródnak.

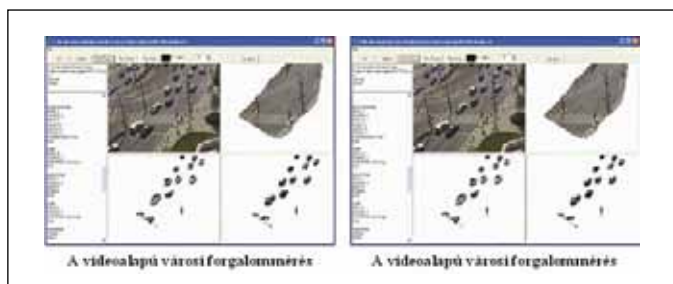
7. A videoalapú, kísérleti forgalommérő rendszer és program tesztelése.

A videoalapú feldolgozószoftver teszteléséhez egy – az interneten is megtalálható – videoforrást alkalmaztunk, amely a <http://www.ngsim.fhwa.dot.gov/> oldalon letölthető. A méréshez egy többsávos, felülnézeti városi szakasz negyedórás felvételét használtuk.

A felvételen látható kb. 80 m-es kiértékelhető szakaszon a három középső sáv forgalmát mértük. A méréshez, mivel mind mikro-, mind makroszkopikus adatokat akartunk kinyerni, 10 FPS mintavételt alkalmaztunk, RGB módban, 640*480 pixeles felbontás mellett. A mérés elvégzéséhez a videoalapú forgalommérő rendszerhez készített saját fejlesztésű szoftvert alkalmaztuk. A feladat tartalmazta a szoftver vezérlésére írt script definiálását, a futások eredményeit, és azok kiértékelését is.

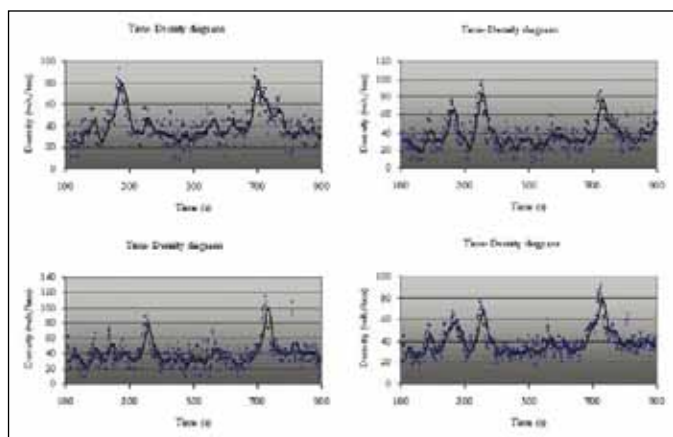
A kétéves fejlesztés eredményeképp létrejött szoftver vizsgálatának konklúziója az, hogy a projekt keretében fejlesztett forgalommérési célú alkalmazása több gyakorlati irányban is felhasználható:

- 1) Létező kiépítések elemzése során adatgyűjtésre.
- 2) Megfelelő infrastruktúra alapján automatizált forgalomirányítás bemenő paramétereinek gyűjtésére.

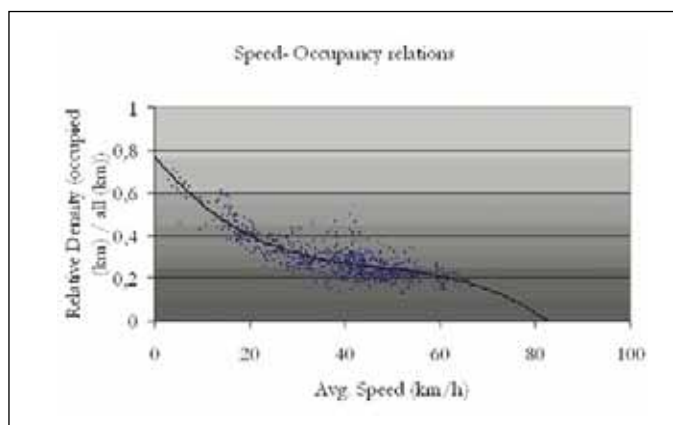


4. ábra: videoalapú forgalmómérés

- 3) Modellek identifikációs adatsorainak gyűjtésére (makroszkopikus és mikroszkopikus adatokhoz).
- 4) Modellek validációjához.



5. ábra: a három mért sáv és az összesített (jobb alsó diagram) idő-sűrűség értékei



6. ábra: sebesség-foglaltság összefüggés

Mikroszkopikus mérés esetén, a forgalom szereplőinek (a járművek) egyedi viselkedésére vagyunk kíváncsiak, ekkor hosszabb szakasz felvétele szükséges, ilyenkor azonban a szakasz menti infrastruktúra korlátozásait is figyelembe kell venni. Pl.: fekvőrendőron áthaladó egyedi gépjárművek adatai, sebességmérése (7. ábra).

II. VÁROSI KÖZÚTHÁLÓZAT OBJEKTUMAINAK VIDEO ÉS GPS-ALAPÚ FELMÉRÉSÉT SZOLGÁLÓ MÓDSZER

1 A közúti közlekedés videoalapú forgalmómérő rendszereinek fejlesztése

Mind az országos, mind önkormányzati kezelésben lévő utak

fenntartóinak szüksége van egy olyan összetett adatbázisra, amely tartalmazza azok legfontosabb tulajdonságait, továbbá az út menti objektumok (jelzőlámpa, tábla stb.) listáját, földrajzi pozíciójukkal és főbb tulajdonságaikkal együtt. A közúti közlekedésről szóló törvény szerint a közutak, annak műszaki, minőségi, forgalmi adatait és forgalmi rendjét a kezelőnek nyilvántartásba kell venni és a nyilvántartást folyamatosan vezetni kell, ugyanakkor az önkormányzati törvény szerint a nyilvántartási kötelezettség kiterjed a közúton lévő jelzésekre, kijelölt gyalogosátkelő helyekre, vasúti átjárókra, tömegközlekedési járatok útvonalára és megállóhelyeire, a lakó-pihenő övezetekre, továbbá az utakon történt személyi sérülések balesetekre.

A kutatásaink során kifejlesztettünk egy olyan mérő-kiértékelő rendszert, amelynek segítségével a pontszerű út menti objektumok felmérése részben automatizálható, felgyorsítható és hatékonyan dokumentálható, de kiterjeszthető a közutakkal kapcsolatos további felmérési feladatokra is. Péter, T.–Bécsi, T.–Aradi, Sz. [44],[48]. A rendszer elsősorban az önkormányzati kezelésben lévő utak nyilvántartását képes hatékonyan támogatni.

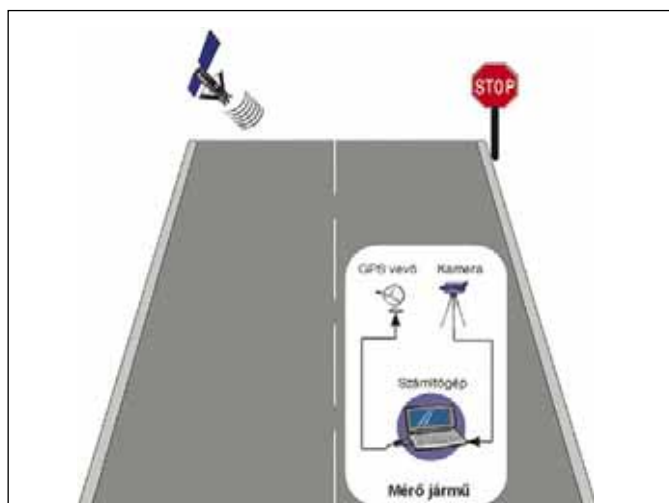
A teljes felmérő rendszer két részre bontható: mérőrendszerre és kiértékelő rendszerre.

A mérőrendszer (8. ábra) központi eleme a mérő jármű, amely tartalmaz egy vagy több digitális videokamerát, egy GPS-vevőt és egy adatrögzítő számítógépet. A jármű végighalad az előre megtervezett útvonalon, és videofelvételt készít az útról és a mellette található objektumokról. A mérés során folyamatosan rögzíti a GPS koordinátáit, amelyet szinkronizál a videofelvétellel. A mérési folyamatot egy számítógép koordinálja, mind a kamera, mind pedig a GPS vevő adatai ide érkeznek be.

A kiértékelő rendszer egy saját fejlesztésű célszoftverből és egy relációs adatbázisból áll. A szoftver feladata az, hogy a feldolgozás során, a felvételen szereplő objektumokat és a hozzájuk tartozó GPS-koordinátákat az adatbázisban tárolja.

A mérőrendszer feladatai a következők:

A mérés során rögzíteni kell a videofelvételt és a GPS-koordinátákat. Ezt egy speciális szoftver végzi, melynek a fő feladatai a következők:



8. ábra: a mérőrendszer felépítése

- videó rögzítése digitális kamerával,
- videó azonnali tömörítése,
- videó tárolása,
- GPS-vevő adatainak fogadása,
- koordináták feldolgozása,
- a videó és a koordináták szinkronizálása.

Az utólagos kiértékeléshez feltétlenül szükséges a mérés során a videó és a GPS-koordináták összerendelése. A GPS-vevők legfeljebb 1 Hz mintavételezéssel képesek a koordinátákat meghatározni. Használható videofelvételhez legalább 15 képkockát szükséges rögzíteni másodpercenként. Ebből következően a mérőszoftvert úgy kell kialakítani, hogy minden egyes GPS-koordináthoz hozzárendelje az aktuális képkocka sorszámát, vagy a felvételtől eltelt időt milliszekundumos pontossággal. Ezzel egy egyértelmű összerendelést lehet készíteni a felvétel és az aktuális koordináták között. A szoftver másik fontos feladata a videó valós idejű rögzítése és tömörítése.

A kiértékelő rendszer feladatai a következők:

- videó lejátszása,
- GPS-adatok felolvasása,
- GPS-adatok szinkronizálása a videóhoz,
- út menti objektumok adatainak tárolása,
- térképes megjelenítés,
- manuális feldolgozás támogatása,
- automatikus feldolgozás támogatása.

A feladatokat egy célszoftver valósítja meg, amely az adatok tárolására egy relációs adatbázist használ.

2. Videó lejátszása és a GPS-adatok felolvasása

A videó lejátszása esetén a követelmények megfelelnek egy átlagos lejátszószoftverrel szemben támasztott elvárásoknak:

- lejátszás előre/hátra
- sebességállítási lehetőség
- szünet/folytatás
- videó elejére/végére ugrás
- lejátszási idő kijelzése

További funkciója a lejátszórésznek a mért GPS-adatok felolvasása, videóhoz szinkronizálása és kijelzése.

3. Adatbázis felépítése

Az adatok tárolásánál két fő szempontot kell figyelembe venni. Az első, hogy a mért adatok és az Országos Közüti Adatbank (OKA) között meg legyen a csatlakozási és átjárhatósági lehetőség. A második, hogy a kiértékelés során keletkező GPS-koordináta adatok is, megfelelően strukturálva, minden objektumhoz, legyenek eltárolva. Az adatbázis kialakításához és feltöltéséhez először meg kell vizsgálni a helyazonosítás elveit.

A mérés során GPS-koordinátákat tárolunk, amelyek WGS 84 vetületi rendszerben adják meg a pontok abszolút helyzetét.

A közutak nyilvántartásában azonban jelenleg egy teljesen más elvet használnak.

A helyazonosítás alapelve:

- adott fix pont,
- irány,
- távolság.

Az önkormányzati utaknál a csomópont-orientált módszert alkalmazzák. Azonosítási pontnak tekintendők az utak elágazásai, keresztezései, az utak végpontjai, valamint az utak és valamilyen közigazgatási határok (település, megye stb.) metszéspontjai. Az ismert pontnak mindig az így meghatározott, azonosítóval ellátott csomópontokat kell tekinteni, a mérés ezektől történik, és a mérési irányt az ismert csomópontot követő legközelebbi csomópont határozza meg.

Az azonosítópontok az alábbi típusokba oszthatók:

- alappontok,
- közigazgatási pontok,
- részletpontok.

Az azonosítópontok az adott településen belül négyjegyű sor számmal kerülnek ellátásra. Az azonosítópontok címzése tehát típus- és számazonosítással történik, és a következő adatokat tartalmazza:

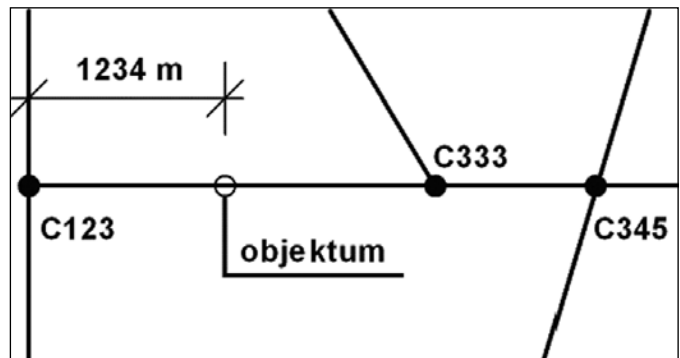
- azonosítópont típusa (1 betű)
- megyekód (2 számjegy)
- településkód (5 számjegy)
- azonosítópont sorszáma (4 számjegy)
- részletpont betűjele (1 betű)
- csomópont X koordinátája (6 számjegy)
- csomópont Y koordinátája (6 számjegy)

A koordináták jelenleg relatív koordináták, azonban a fejlesztések során a cél az EOVRendszerű ábrázolás. A kiértékelő rendszerben ehhez hozzá kell tenni a GPS-koordinátákat:

- GPS-szélesség (8 számjegy),
- GPS-hosszúság (8 számjegy).

A pontszerű objektumok esetén – a kiértékelés során – szintén megkapjuk a GPS-koordinátákat, azonban a pozíciót csomópont-orientált módszerrel is meg kell adni. A tetszőleges pontszerű létesítményt a szomszédos azonosítópontok irányorientált felsorolásával és a kezdő azonosítóponttól mért távolsággal határozzuk meg. A 9. ábrán látható objektumra a C123-C333/1234 m kifejezéssel lehet hivatkozni. Ezt az adatbázisban három mezővel célszerű jelölni:

- kezdőpont-azonosító,
- végpont-azonosító,
- távolság.



9. ábra: tetszőleges pontra való hivatkozás

A rendszerben használt adatbázist a fentiek figyelembevételével kell kialakítani, továbbá alkalmassá kell tenni az adatbázist a különböző objektumtípusok speciális tulajdonságainak tárolására. A keresések támogatásához szükséges még az adott objektumhoz eltárolni a videófájl nevét és a képkocka sorszámát. Így utólag az adott objektum a felvételen is megtekinthető. További lehetőségként megoldható, hogy egy adott útszakasz (két csomópont között) egyszerűen kereshető és lejátszható legyen.

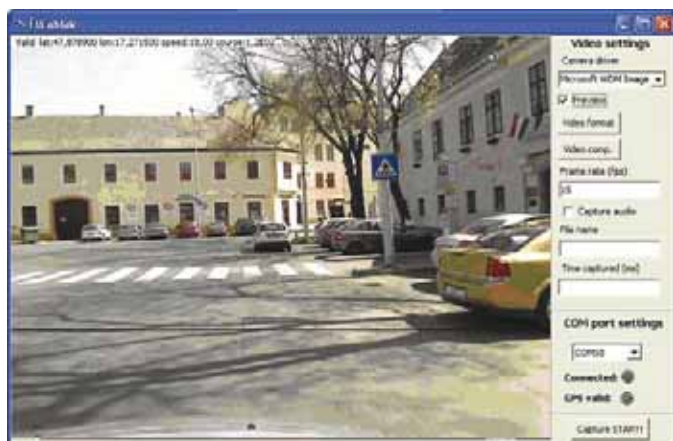
4. A mérőrendszer megvalósítása

A megvalósított mérőrendszer egy nagy teljesítményű hordozható számítógépből, egy GPS-vevőből és egy v. több nagy felbontású webkamerából áll.

GPS-vevőnek egy SiRFstar III chippel rendelkező, Bluetooth alapú vezeték nélküli kapcsolattal ellátott készüléket használtunk. A SiRFstar III chip a napjainkban kapható legnagyobb teljesítményű GPS-eszköz.

A GPS-vevő 1 Hz frekvenciával küldi az adatokat Bluetooth-kapcsolaton keresztül SPP (Serial Port Profile) protokoll segítségével, az NMEA (National Marine Electronics Association) 0183-as szabványának megfelelően.

A videofelvételt egy autofókuszos objektívvel ellátott 2 MP-es felbontású webkamerával végeztük.



10. ábra: a mérőszoftver képernyőképe

A fejlesztés során a mérőrendszerhez Borland Developer Studio segítségével készült egy Win32 alkalmazás. A szoftver a kamerát a gyári USB meghajtóján keresztül éri el. A GPS-vevő által küldött adatokat Bluetooth-kapcsolaton keresztül, SPP (Serial Port Profile) segítségével fogadja. Ez az interfész emulálja az RS-232 alapú vezetékes kapcsolatot, így az erre kifejlesztett szoftver vezetékes GPS-vevőkkel is képes módosítás nélkül működni.

A szoftver (10. ábra) indulása után megpróbál kapcsolódni a GPS-vevőhöz. Sikeres kapcsolat esetén elkezd fogadni a koordinátákat, és folyamatosan vizsgálja azok érvényességét. A mérést csak abban az esetben lehet elkezdni, amennyiben a GPS-vevő sikeresen inicializálta magát és meghatározta az első érvényes koordinátákat. A mérés során a szoftver az érkező GPS-adatok közül kiszűri az RMC (Recommended Minimum) táviratokat, mely a következő adatokat tartalmazza:

- dátum,
- UTC-idő,
- státusz,
- hosszúság,
- szélesség,
- sebesség,
- irány,
- mágneses elhajlás.

Time	valid	lat	lon	speed	course	timestamp
14876	-1	47,48311234	19,05390738	0,00	354,67	2008.04.14. 10:38:20
15710	-1	47,48311922	19,05401230	5,92	3,92	2008.04.14. 10:38:21
16716	-1	47,48315430	19,05401039	9,09	358,09	2008.04.14. 10:38:22
17056	-1	47,48310401	19,05399095	10,20	1,70	2008.04.14. 10:38:23
10713	-1	47,48321533	19,05398560	11,45	12,95	2008.04.14. 10:38:24
19714	-1	47,48325348	19,05398750	13,17	30,91	2008.04.14. 10:38:25
20668	-1	47,48328018	19,05401802	14,50	51,48	2008.04.14. 10:38:26
21756	-1	47,48330307	19,05406761	16,49	66,24	2008.04.14. 10:38:27
22731	-1	47,48331833	19,05412868	17,82	69,66	2008.04.14. 10:38:28
23713	-1	47,48333359	19,05418987	19,95	72,26	2008.04.14. 10:38:29
24794	-1	47,48334503	19,05423737	12,76	74,32	2008.04.14. 10:38:30
25748	-1	47,48335266	19,05427170	8,41	77,13	2008.04.14. 10:38:31
26795	-1	47,48335640	19,05429543	6,70	84,07	2008.04.14. 10:38:32
27713	-1	47,48335266	19,05432129	7,28	105,82	2008.04.14. 10:38:33
28737	-1	47,48334122	19,05434990	10,22	128,00	2008.04.14. 10:38:34
29713	-1	47,48331833	19,05438042	14,98	144,29	2008.04.14. 10:38:35
30731	-1	47,48328018	19,05441284	19,04	147,94	2008.04.14. 10:38:36
31755	-1	47,48323441	19,05446053	24,46	148,13	2008.04.14. 10:38:37

11. ábra: példa a mért adatokra

A GPS-vevő egy másodperces gyakorisággal küld új adatokat. A szoftver minden új adathoz hozzárendeli a videofelvétel időbélyegét milliszekundumos pontossággal. Az adatokból egy rekordtömböt készít, és folyamatos fájlba mentést végez. A mérés eredménye két fájl, a videofelvétel és a hozzá tartozó GPS adat-időbélyeg párosok (11. ábra).

A programban több beállítást is elvégezhetünk a mérés megkezdése előtt:

- tömörítés típusa,
- tömörítés minősége,
- rögzítendő képkockák másodpercenként,
- videó felbontása,
- hangfelvétel.

5. A kiértékelő rendszer megvalósítása

A kiértékelő rendszer egy Win32 alkalmazásból és egy adatbázis-szerverből áll. A szoftver szintén Borland Developer Studióban került kifejlesztésre. Adatbázisnak az Oracle Database 10g Express Edition adatbázisszervert választottuk.

A szoftver kezelőfelülete (12. ábra) két fő részből áll:

- videólejátszó,
- térképes megjelenítés.

A csomópontok és az objektumok adatait külön táblákban (13. ábra) tároljuk.



12. ábra: a feldolgozószoftver képernyőképe

ID	MEGNEVEZÉS	TELEPILÉSIKOD	TELJES	GPS SZÁM	GPS KEZELT	EGYEB	VIDEO NEV
88	B	470	C	47,48311234	17,26675090	(val)	20080414
89	B	470	C	47,48311922	17,26675090	(val)	20080414
90	B	470	C	47,48315430	17,26675090	(val)	20080414
91	B	470	C	47,48310401	17,26675090	(val)	20080414
92	B	470	C	47,48321533	17,26675090	(val)	20080414
93	B	470	C	47,48325348	17,26675090	(val)	20080414
94	B	470	C	47,48328018	17,26675090	(val)	20080414
95	B	470	C	47,48330307	17,26675090	(val)	20080414
96	B	470	C	47,48331833	17,26675090	(val)	20080414
97	B	470	C	47,48333359	17,26675090	(val)	20080414
98	B	470	C	47,48334503	17,26675090	(val)	20080414
99	B	470	C	47,48335266	17,26675090	(val)	20080414
100	B	470	C	47,48335640	17,26675090	(val)	20080414
101	B	470	C	47,48335266	17,26675090	(val)	20080414

13. ábra: a csomópontok adatait tartalmazó adatbázistábla

kezelését a Google Maps API (Application Programming Interface) teszi lehetővé. Ennek segítségével Javascript programnyelven lehet a térképkezelő függvényeket meghívni és futtatni a weboldalon. A szoftver kirajzolja a mérés során bejárt útvonalat, és a lejátszás során automatikusan képes követni a jármű aktuális helyzetét. A különböző típusú objektumokat eltérő ikonokkal mutatja a térképen.

III. NAGYMÉRETŰ KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK ÁTFOGÓ MODELLEZÉSÉRE ÉS ANALÍZISÉRE SZOLGÁLÓ SZOFTVER

1. A nagyméretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok

A nagyméretű közúti közlekedési rendszerek matematikai modellezésére, speciális, hipergráf struktúrát mutatunk be, amely leírja egy tartomány esetén, a belső-belső, a külső-belső, a belső-külső és a külső-külső hálózati elemek közötti kapcsolatrendszer és az átadási törvényt. Megadjuk az állapottérben, a rendszer működését leíró nemlineáris differenciálegyenlet-rendszert. Bemutatjuk, hogy a rendszer pozitív rendszer. Ljapunov-függvények módszerével

rével kimutatjuk, hogy az autonóm rendszer aszimptotikusan stabilis. A nem autonóm rendszerre, a peremekre vonatkozó, Ljapunov-függvényt alkalmazó irányítási törvényt adunk meg, amely elégséges feltételt ad a rendszer aszimptotikus stabilitására és dinamikusan alkalmazható a teljes tartományon, ill. azokon a szubtartományokon, ahol kritikus helyzet lép fel. Péter T.–Bécsi T. [8], Péter T. [10], [21], [23], [47], Péter T.–Bokor J. [11], [22], Péter T.–Stróbl A.–Fazekas S. [24], [46]

2. A vizsgálatok speciális feltételei

Egy közúti közlekedési modell általában igen bonyolult:

- Számos geometriai jellemző szab feltételeket.
- Számos egyedi szabályozás működik.
- Igen nagyszámú résztvevő kap szerepet.
- Igen nagy befolyása van a humán tényezőknek.
- Sokféle külső tényező, szezonális hatások, időjárás stb. játszik közre.

Mindezek ellenére a használható modellekkel szemben alapkövetelmény a hatékonyság:

- A modell vegyen figyelembe minden olyan elemet, amely a rendszer működése során tényleges hatást gyakorol és elhanyagolása eltorzítaná az eredményeket.
- Matematikailag legyen korrektül megalapozott.
- A szimuláció esetén numerikusan gyors legyen. Szabályozás esetén legalább valós idejű szabályozás valósuljon meg.

3. A hagyományos, csomópontközpontú térképmodell és a hálózatközpontú modell közti különbség

Az irodalomból ismert közúti közlekedési hálózati modellek a csomópontokat, ill. kereszteződéseket kitérített elemként kezelik a modellekben. Ez olyan gráfot eredményez, amely hűségeen leutánozza a térképet, a gráf csúcsai a csomópontok, illetve keresztezések, az ívek pedig az őket összekötő útszakaszok. Ha ránézünk egy városi vagy közúti térképre, a térkép egy olyan gráf, amelynek csúcsait a közlekedési csomópontok, éleit pedig a csomópontokat összekötő utak alkotják.



14. ábra: a gráf csúcsai a közlekedési csomópontok

A teljesen részletes hálózati eljutva, a csúcsok halmazában az összes kereszteződés is megjelenik, és az élek is kibővülnek az összes útszakasszal.

Tehát ez a leírás természetes módon adta azt a szemléletet, hogy a központi helyet a csomópontok (kereszteződések) foglalják el, ui. ők a gráf csúcsai és a forgalom lebonyolításánál a csúcsok kooperálnak

egymással az őket összekötő útszakaszokon keresztül. Ennek igen kiterjedt és modern kutatási irányai az intelligens csomópontok, egymással kooperáló csomópontok – ágensek, játékelméleti módszerek stb. területein jelentkeznek. Külön fontos kutatási terület a körforgalmú csomópontok vizsgálata is.

Tehát, valóban nagyon fontos a csomópontok optimális működése a rendszerben, azonban, ha alaposabban átgondoljuk a szerepüket, ők a „szükséges rossz” a hálózatban. A közlekedés szempontjából az lenne az ideális, ha minél kevesebb keresztező forgalom lenne! Sőt, ha ők nem is léteznének, és minden pontból minden pontra keresztező forgalom nélkül lehetne eljutni!

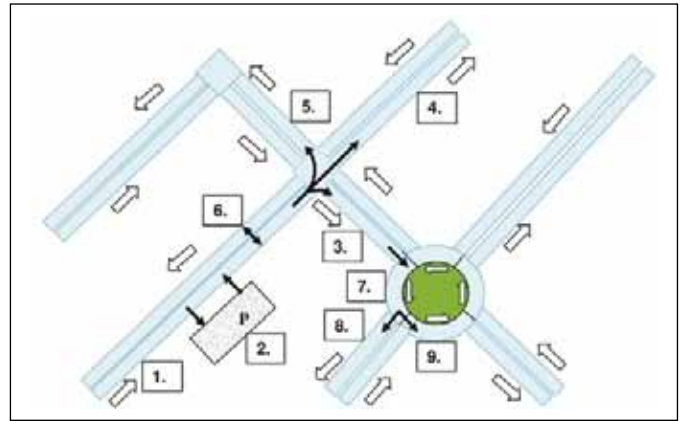
Nyilván ez abszurd, de ez a gondolat elvezet bennünket egy más megközelítéshez! Felveti azt a kérdést, hogy valóban szükséges, hogy a csomópontok legyenek a vizsgálatok központi helyén? A jó válasz erre az, hogy a közlekedés szempontjából, a hálózat egészét kell a vizsgált központi helyére tenni.

4. A hálózati modell elemei, állapotjellemzők. Az állapotjellemzőktől függő szabályozott kooperációk, hálózati kapcsolatok és a matematikai modell.

A hálózat alkotóelemei – első megközelítésben, a sávszakaszok, a definiált parkolók és az utak melletti parkolósávok. Könnyen belátható, hogy a definiált parkolók, valamint az utak melletti parkolósávok a hálózat működésében szintén, mint általánosított szakaszok vesznek részt, tehát az egész hálózatban ténylegesen szakaszok kooperálnak. Ezek az elemek alkotják a hálózati gráf csúcsait.

Egyszerű példaként tekintsük a 15. ábrán látható, néhány beszámozott elem kooperációját:

1. elem kooperál a 2. 3. 4. 5. és 6.-kal. 3. elem kooperál a 7.-kel. 7. elem kooperál a 8. és 9.-kel.



15. ábra: a hálózat alkotóelemei

Az irányított gráf élei dinamikus relációk, ugyanis a kapcsolatban álló, (kooperáló) csúcsok közötti kapcsolatok dinamikusak. Ezt a kapcsolatot írja le a kapcsolati mátrix.

$$K = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots K_{ij} = k_{ij}(t) S_i(t) E_j(t) v_{ij}(t) \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

j-ik szakasz kapcsolata (j)

i-ik szakasszal... (i)

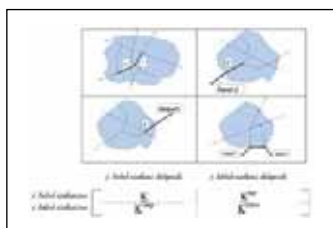
16. ábra: a kapcsolati mátrix

Ez figyelembe vesz minden, a térkép által tartalmazott elemet és mindazokat a szabályokat, amelyek megadják, hogyan történik a közlekedés? (A szabályok az elemeken történő közlekedés, továbbá az egyik elemről a másikra történő átlépés feltételeit írják elő. A térképünk fontos paramétereit is tartalmaz még, sávszakaszok hossza, szélessége, száma, parkolóban elhelyezhető járművek száma, megengedett sebességek számszerű értékei, ezeket már a dinamikus modell paramétereinél vesszük figyelembe.) Ez a modell tehát, az egész hálózatot vizsgálja a teljes kapcsolatrendszer mellett. Ebben önálló elemként már nem jelenik meg a „csomópont”, ugyanis minden csomópont működése része a teljes kapcsolatrendszernek!

5. A közlekedési hálózat néhány specialitása

A párhuzamos sávok hatással vannak egymásra. Ez a kölcsönhatás, ami egymásra történő átdolgozás, egymás zavarása, befolyásolja a párhuzamos sávokon kialakuló járműsűrűséget és a járművek sebességét. Két szembejövő forgalom is hatással van egymásra. A kölcsönhatás megléte pl. az előzések következtében fellépő

zavarásában mutatkozik meg. A definiált parkolók, valamint az utak melletti parkolósávok a hálózat működésében, mint általánosított szakaszok vesznek részt, és az ott leparkolt járművek is kölcsönhatásban vannak azokkal a hálózati szakaszokkal, ívekkel, amelyekkel közvetlen forgalmi kapcsolatban állnak. Ez, az időben változó intenzitású kapcsolat, képes pl. önmagában is csúcsterhelést létrehozni a vizsgált hálózaton anélkül, hogy erre a hálózatra egy definiált külső hálózatról forgalom beérkezne. Járműátadást érintő belső autonomizmusok is működnek a kapcsolatban álló hálózati elemek között. Pl. hiába zöld a lámpa, nem történik átadás, ha túl nagy a járműsűrűség a felvevő szakaszon, vagy nulla az átadó szakaszon. Speciális makroszkopikus modellt alkalmaztunk, ezáltal elkerüljük a parciális differenciál-egyenletrendszerekre vezető matematikai modellt. Speciális modellünkben nem kap kitüntetett szerepet a csomópont! Szakaszok vannak, amelyek kooperálnak, vagy nem. (Pl. Speciális szakasz a parkoló is és kooperálhat két párhuzamos sáv is). Modellünkben a járműsűrűség alatt az egy szakaszon tartózkodó járművek együttes hosszának és a szakasz hosszának arányát értünk. A közúti közlekedési modellünk egy zárt görbe által körülhatárolt – nem feltétlen egyszerűen összefüggő – tartományban elhelyezkedő úthálózat szakaszain, az áramlás következtében fellépő járműsűrűségeket



17. ábra: a kapcsolati hipermátrix

vizsgálja és n belső és m külső útszakaszból álló közlekedési hálózati modellt alkalmazunk. A tartományba beáramló és onnan kiáramló járműfolyamatokat ismertnek tekintjük. Ezek a közlekedési folyamatok – első ránézésre – „inputjai” és „outputjai” a közlekedési rendszernek. Valójában ezek (a tartományon kívüli bevezető útszakaszokon mért járműsűrűségek mint gerjesztések, a tartományon kívüli kivezető szakaszokon mért járműsűrűségek pedig mint fojtások) együtt alkotják a matematikai modell tényleges inputfolyamatait. A tartomány belső hálózatán kialakuló járműsűrűségek a rendszer állapotjellemzői, rendre $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, ..., $x_n(t)$. A külső hálózat azon részhálózata olyan m db. szakaszból áll, amelyeknek közvetlen kapcsolata van valamely belső szakasszal. Az ezeken kialakuló járműsűrűségeket jelöli $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_m(t)$, amelyeket mérések alapján ismerünk. Ebben a tartományban a térkép alapján be- számozzunk minden figyelembe veendő útszakaszt és parkolót. A matematikai modell megalkotásához alapvető fontossággal bír a hálózatot definiáló kapcsolati mátrixok megadása. A modellünk négy kapcsolati mátrixot alkalmaz.

Végül, nemlineáris hálózati modellt vizsgálunk:

$$x' = L^{-1} [K(x, s) x + K_{\text{input}}(x, s) s] \quad (1)$$

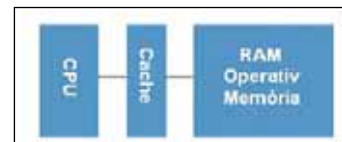
6. Szoftveres folyamatanalízis, nagyméretű közúti közlekedési hálózatok optimalizására. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizása.

A kutatás eredménye nagyméretű közúti közlekedési rendszerek modellezésére kifejlesztett speciális szoftver, amely figyelembe veszi a hálózat hipergráf struktúráját. A működését a bemutatott nemlineáris hálózati modell szabja meg. A szoftver fejlesztése 2006-ban indult el a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Ez idő alatt számos verziót adtunk ki; a kezdeti hibákat orvosolva, majd a folyamatosan növekvő felhasználói igényekhez alkalmazkodva újabb és újabb funkciókkal bővült a program. A szoftver három főegységből áll. (A hasonló témájú programcsoportok esetében az úthálózat tervezése, a szimulációt végző program, valamint az analízisre alkalmas felületek

külön-külön szoftverként kerülnek kiadásra.) Mi ezt a három részt egyesítettük.

7. A fejlesztés

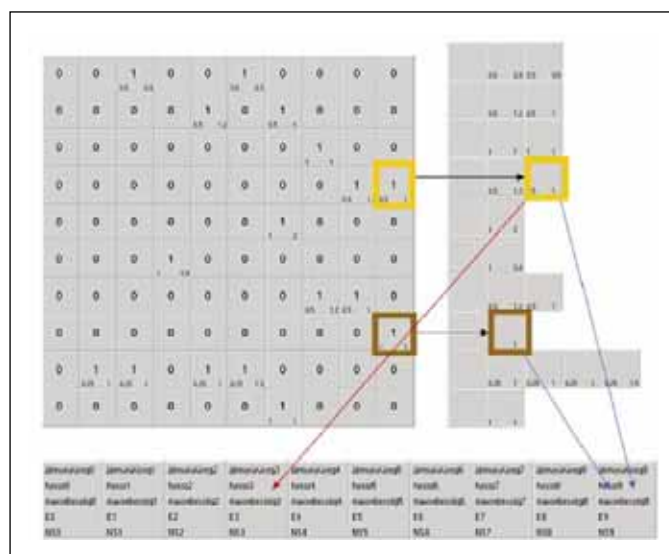
A fejlesztés során fontos szempont volt, hogy a számításokat végző kód minél közelebb legyen az optimális programozási megoldáshoz. A 2007-ben bemutatott verzióban az egyik legjelentősebb sebességjavulást a mátrixtérképeknek köszönhetjük: ezek segítségével a kisebb hálózatokon valóban sikerült az elméletileg is elvárt lineáris futásidő-növekedést elérni, azonban a futási időre vonatkozó mérési eredmények nagyobb hálózat esetén jelentős lassulást mutattak. Ennek oka a korábbi verzió pazarló memóriakezelésében keresendő: a mátrixok és a már említett mátrixtérképek hatalmas mérete rossz cache-kihasználást eredményezett, egyre „ritkább” volt a memóriában a valós kapcsolatot leíró adat.



18. ábra: a cache elhelyezkedése – a gyorsítótár kihasználása leromlott a nagyobb hálózatokon

Az újraírt szimulációs motor (harmadik verzió) ezt a gyengeséget orvosolja: sokkal jobban gazdálkodik a memóriával, mint a korábbiak; lineárisan nő a tárigény a hálózat méretével. Gyakorlatilag a szimuláció úgy végez számításokat – a differenciálegyenletekkel és mátrixokkal leírt modellen –, hogy a program futása során nem is jönnek létre mátrixok. Ez a megoldás szintén, a korábbi verzióban megfigyelt tulajdonságra épül: közlekedési hálózataink lokálisan strukturált rendszert alkotnak, azaz egy komponens (szakasz) csak korlátozott számú más komponenssel van kapcsolatban közvetlenül, függetlenül a komponensek teljes számától. Ezekre a lokális struktúrára általában is jellemző, hogy inkább lineáris, mint négyzetes vagy exponenciális a komplexitás növekedése.

Az új megvalósításhoz a 19. ábra bal oldalán látható mátrixos adattárolás helyett a jobb oldalt és lent látható listás szerkezeteket vezettük be (fent bal oldalt a nagy eggyessel jelölt elemek jelölik a tényleges kapcsolatokat, a fent jobb oldalon látható listás szerkezet már csak ezeket tartalmazza.) A szerkezetet mutatókkal támogattuk meg, ezeket a pointereket pedig arra használtuk, hogy a mátrixon végzett műveleteket matematikailag értelmezheszük az új adatszerkezeten. Így minden lépést megvalósíthattunk, amit a matematikai modell megvalósított, emellett a lineáris tárigényt és a nagyságrendileg lineáris futásidő-növekedést is elértük!

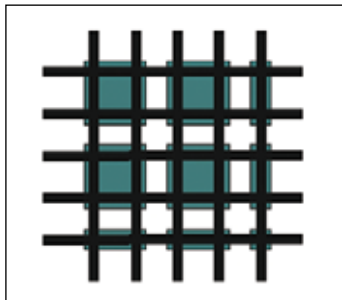


19. ábra: a korábbi mátrixos elrendezés és az új listás adattárolás kapcsolata

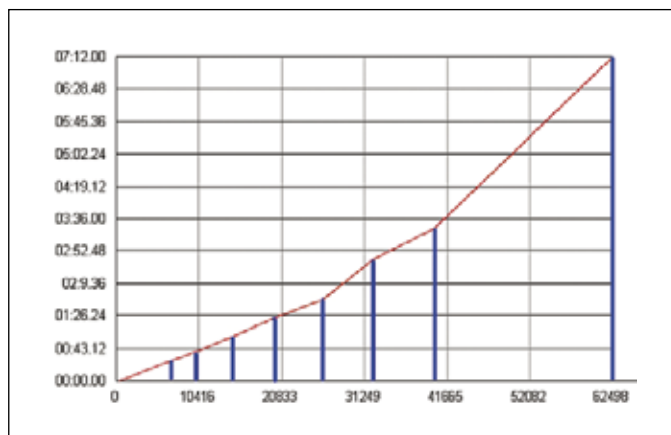
A számítási teljesítményben elért javulás nem öncélú. A felszabadult számítási kapacitásoknak köszönhetően több bétával (kapcsolatakadályozást/ rásegítést leíró paraméterrel) modellezett objektumot helyezhetünk el, ráadásul az új verzióban ezekhez már dinamikusan változó bétaértékek is rendelkezhetők. Ezeket megfelelő forgalmi környezetvizsgálattal beállítva, lehetővé válik, hogy a valóságot még jobban megközelítő szimulációs eredményeket adhasson programunk a felhasználó számára.

8. Tesztek

Automatikusan generált nagyméretű hálózatokon (akár 62 000 kapcsolatot is felvéve) teszteltük az új szimulációs motort, amely már tényleg közel van a linearitáshoz a nagy úthálózatoknál is (62 000 kapcsolattal kb. 7 óra alatt futott le a modellidő szerinti 24 órás szimuláció, egy átlagos asztali PC-n).



20. ábra: az automatikusan generált kereszteződések és szakaszok



21. ábra: mérési eredmények, függőleges tengelyen a futási idő, vízszintesen a kapcsolatok száma

9. Összefoglaló

A forgalom lassulása általában nem csak a fővárost érinti. Valamennyi jelentős forgalommal bíró településre is igaz ez. Erre az általános problémára egy általános megoldást célszerű alkalmazni. Ilyen a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok folyamatanalízisét végző szoftverünk,

- tervezésben és
- hálózatszintű optimális közlekedésirányításban történő használata.

Szoftverünk nagyméretű közúti közlekedési hálózatok átfogó modellezésére és analizésére alkalmazható. A működését a bemutatott nemlineáris hálózati modellünk szabja meg. A felvett hálózat egyes elemei tetszőlegesen módosíthatók, ill. a hálózat bővíthető is. A szoftver három fő egységet integrál magába: a tervezést, a szimulációt és az analizésre alkalmas felületeket. Szoftverünket a közlekedéstervezőknek és önkormányzatoknak ajánljuk.

Szoftverünk – hálózatok modellezésével – segítséget nyújt közúti közlekedési hálózatokon végbemenő járműáramlási folyamatok analizésében, továbbá már tervezési szakaszban az egész hálózatra kiterjedő hatástanulmány is készíthető. Szimulálhatók közlekedési balesetek, forgalomelterelések, forgalmirend-változások, jelzőlámpa-programozási változások, parkolók létesítésének, megszüntetésének hatása, továbbá a hálózat új útszakasszal történő bővítése,

egy-útszakaszok szélesítése, körforgalom építése stb.

A szoftver nagyfokú rugalmassága miatt, messzemenőleg költséghatékony módon végezhetjük el vele az infrastruktúra-fejlesztés vizsgálatát.

10. Felhasználási területek

- Tehermentesítés-analízis: fennálló közlekedési problémák elemzése; megoldási alternatívák készítése, tesztelése.
- Hatástanalízis: kiépített infrastruktúra fejlesztésének kockázatmentes vizsgálata.
- Számítások készítése a tervezői szakaszban: útszakaszok, úthálózatok átépítését, kiépítését megelőző tanulmányok készítése, ennek függvényében a tervek módosítása → stabil, dinamikus infrastruktúra már a kezdetektől.

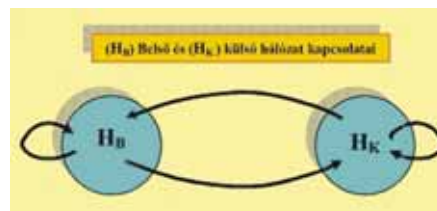
Az újraírt szimulációs motorral lineárisan nő a tárgény a hálózat méretével. A szimuláció úgy végez számításokat – a differenciálegyenletekkel és mátrixokkal leírt modellen –, hogy a program futása során nem is jönnek létre mátrixok. Így minden lépést megvalósíthatunk, amit a matematikai modell megvalósított, emellett a lineáris tárgényt és a nagyságrendileg lineáris futásidő-növekedést is elértük! Nagyméretű hálózatokon teszteltük az új szimulációs motort, amely pesszimista számításaink szerint is akár 50 000 útszakasz szimulációját is képes egy személyi számítógépen valós idejű módon futtatni.

Új az a modellezési módszer is, amelyre a szoftver épül! Az ismert közúti közlekedési hálózati modellek a csomópontokat, ill. kereszteződések kitüntetett elemként kezelik a modellekben. Ez olyan gráfot eredményez, amely hűségesen leutánozza a térképet, a gráf csúcsai a csomópontok, illetve kereszteződések, az ívek pedig az őket összekötő útszakaszok (22.a ábra).

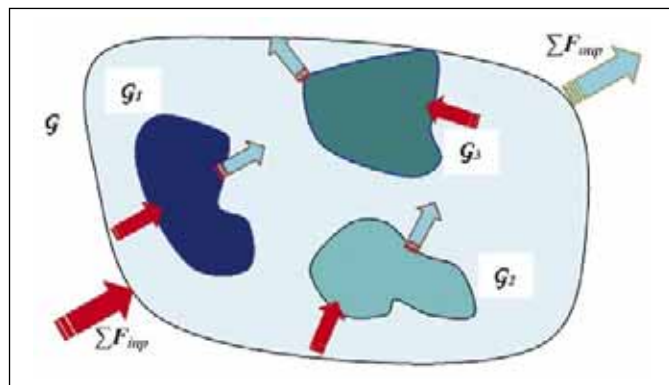
Új modellünk egészen új hálózati gráfot alkalmaz: a hálózat valódi alkotóelemei a sávszakaszok (ezért a parkolók is általánosított sávszakaszokként vesznek részt a modellben)



22.a ábra: a klasszikus közlekedési gráf csúcsai a közlekedési csomópontok, élei az útszakaszok



22.b ábra: a belső és külső hálózat kapcsolatai



22.c ábra: Ljapunov-függvényt alkalmazó irányítási törvény a tartományon, ill. szubtartományon

tehát az egész hálózatban ténylegesen szakaszok kooperálnak szakaszokkal és ezek az elemek alkotják a hálózati gráf csúcsait. Az irányított gráf élei állapotfüggő dinamikus relációk, ugyanis a kapcsolatban álló, (kooperáló) csúcsok közötti kapcsolatok dinamikusak. (A kooperáció átadási, ill. befolyásoló jellegű lehet.)

Ez a modell tehát, a hálózatot helyezte a központi helyre és az egész hálózatot vizsgálja a teljes kapcsolatrendszerrel! Ebben önálló elemként már nem jelenik meg a „csomópont”, ugyanis minden csomópont működése része a teljes kapcsolatrendszernek!

Nagy ereje a modellnek, hogy ezzel a technikával tetszőleges méretű hálózatok lemodellezhetőek. Az n db, belső szakaszból álló közlekedési hálózati modellünk írja le azt a közúti/városi közlekedési rendszert, amely egy zárt görbével körülhatárolt tartományban helyezkedik el. Ez esetben a (HB) belső hálózaton kialakuló járműsűrűségek a rendszer állapotjellemzői, rendre $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, ..., $x_n(t)$. A modell, a (HK) külső hálózat azon részhálózatát is használja, amely olyan m db szakaszból áll, amelyeknek közvetlen kapcsolatuk van valamely belső szakasszal. Az ezeken kialakuló járműsűrűségeket jelöli $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_m(t)$, amelyeket mérések alapján ismerünk. A hálózatot leíró matematikai modellünk pozitív dinamikus rendszer. Figyelembe veszi a hálózat tartományon belüli belső és a tartományon kívüli külső kapcsolatait is (22.b ábra). Ezzel a modellel, a Ljapunov-függvényt alkalmazó olyan irányítási törvényt adunk meg, amely alkalmas a közlekedési hálózaton optimális járműsűrűség fenntartására a teljes tartományon, ill. azokon a szubtartományokon, (egészen lemenve a csomópontokig is), ahol éppen kritikus helyzet lép fel (22.c ábra).

A szoftver által reprodukált közlekedési hálózat a valóságnak megfelelően képes – a felmért hálózat paramétereinek ismeretében, azt – a nap 24 órájára vonatkoztatva – szimulálni, majd az eredményeket grafikus formában is rendelkezésre bocsátani.

A szoftver három főegységből áll. A hasonló témájú programcsoportok esetében az úthálózat tervezése, a szimulációt végző program, valamint az analízisre alkalmas felületek külön-külön szoftverként kerülnek eladásra. Mi ezt a három részt egyesítettük.

IV. MATLAB-BAN VAGY VTC-3000-EN MEGVALÓSÍTOTT SZABÁLYOZÓBÓL ÖSSZEÁLLÍTOTT ZÁRTHURKÚ KORSZERŰ FORGALOMIRÁNYÍTÓ RENDSZER

Az alkalmazási terület autópálya-főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással, ill. a valós helyszíni geometriával és adatokkal megvalósított, városi jelzőlámpás hálózat forgalomirányítása MPC-vel. Varga I., Kulcsár B., Bokor J. [17], Varga I., Bokor J. [34], Luspai T., Varga I., Kulcsár B. [35], Luspai T., Németh E., Varga I., Soumelidis Alexandros [36], Luspai T., Varga I. [37], Luspai T., Varga I., Kulcsár B., Bokor J. [38], [39], Luspai T., Varga I., Bokor J. [40], Tettamanti T., Varga I., Bokor J. [41], Németh E., Varga I., Soumelidis Alexandros [42], Varga I., Kulcsár B., Luspai T., Tettamanti T. [50], Tettamanti T., Varga I., Kulcsár B., Bokor J. [51], Tettamanti T., Luspai T., Varga I. [52].

1. Korszerű forgalomirányító szimulációs rendszer

A korszerű forgalomirányítási stratégiák teszteléséhez egy zárt-hurkú közúti szimulációs keretrendszert fejlesztünk ki, amelyben különböző forgalmi hálózatokon, különböző forgalmi szabályozórendszerek épülhetnek fel. A forgalom modellezése, a VISSIM mikroszimulációs szoftver alkalmazásával történik. Az alkalmazott szabályozási algoritmusok komplexitása, külső program alkalmazását is szükségessé tette. Így került a modellezési folyamatba a MATLAB tudományos-matematikai szoftver, amely különösen jól alkalmazható a modern irányításelmélet alapú problémák megoldásához.

2. Forgalommodellezés

Hatékony irányítási stratégia tervezésekor, olyan városi vagy közúti hálózatrész modellezésére van szükség, amely valóság-hű paraméterekkel rendelkezik, így a szabályozórendszer tesztelése is releváns eredményekkel szolgálhat. Egy számítógéppel modellezett hálózaton, bármilyen forgalmi szituációt generálhatunk. Így mód nyílik a rendszer viselkedésének pontosabb megismerésére, valamint a szélsőséges esetek vizsgálatára is. Megfigyelhetjük, hogy a tervezett rendszer mennyire képes a zavarok kompenzálására. Ilyen zavar lehet például egy váratlan esemény, amitől rövid idő alatt az átlagosnál jóval nagyobbra nő a forgalom nagysága a hálózat egy-egy pontján vagy szakaszán. A szimuláció tehát elengedhetetlen eszköze a rejtett hibák felfedezésének, amelyre csak a gyakorlatban derülne fény. Így hatékonyabb és stabilabb irányítási rendszer kerülhet kialakításra.

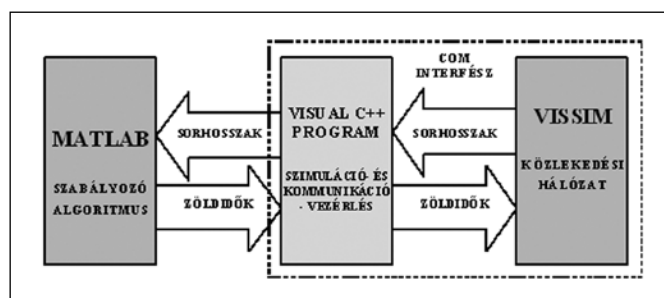
Az általunk felépített keretrendszerben mikroszkopikus szoftvert alkalmazunk. A felhasznált mikroszimulációs program a VISSIM (VISSIM User Manual, 2005), amely a forgalomtervezői szakmában nemzetközileg elismert és alkalmazott szoftver (Fellendorf et al., 2001). A VISSIM képes több csomópontból álló hálózat szimulációjára és megengedi külső logika alkalmazását az irányítási folyamatokban. Ez utóbbi különösen fontos feltétel, mivel a komplexebb szabályozó algoritmussal dolgozó rendszerek olyan matematikai műveletsorozat elvégzését teszik szükségessé, amely már egy tudományos-matematikai szoftvert is igényelhet. A VISSIM ezen kívül igen jó grafikus megjelenítésre képes, így három dimenzióban is megfigyelhető a modellezett hálózat viselkedése. A program „motorja” az ún. pszichofizikai járművezető-viselkedési modell, amelynek elméleti hátterét a Wiedemann járműkövetési modell adja (Wiedemann, 1974).

3. Forgalomirányítási algoritmus

Az irányítási stratégia tervezésének másik fontos eleme az, hogy a kidolgozott irányítási algoritmust a modellezett teszhálózaton „üzembe helyezzük”. Az egyszerűbb szabályozó algoritmusok általában közvetlenül kódolhatók az adott forgalomszimulációs szoftveren belül. Azonban, ezek a programok nem alkalmasak összetettebb szabályozási algoritmusok befogadására, így ilyen esetben külső program alkalmazására van szükség. A külső program többféle programozási nyelven elkészített alkalmazás is lehet. A keretrendszerünkben MATLAB-ot (MATLAB, 2008) használunk a szabályozási kód elkészítésének eszközeként. A MATLAB tudományos-matematikai szoftver alkalmazásának oka, hogy matematikai műveletek egyszerű programozását kínálja, valamint számos olyan beépített függvényt tartalmaz, amely különösen jól alkalmazható modern irányításelmélet alapú problémák megoldásához.

4. Szimulációs keretrendszer

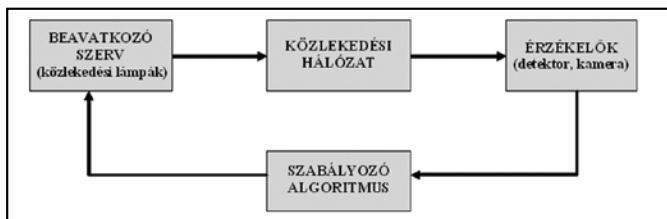
Az általunk fejlesztett szimulációs keretrendszer magába foglalja az irányítási stratégia és forgalom modelljét, amelyhez a MATLAB és a VISSIM programokat használjuk. A szoftverek közötti kommunikációt csak indirekt módon lehet megvalósítani, mivel a VISSIM-



23. ábra: kommunikáció a keretrendszer szoftverei között

mel „kívülről” csak COM (Component Object Model) felületen keresztül lehet kommunikálni (VISSIM COM User Manual, 2005). A COM interfész egy Microsoft által kifejlesztett technológia a komponensalapú fejlesztés támogatására, mely a szoftverek közti kommunikációt teszi lehetővé. Bár több platformon is megvalósították, elsősorban a Microsoft Windows operációs rendszerében használják.

A keretrendszer szoftverei közötti kapcsolat és a szimulációs folyamat vezérlésére egy külön alkalmazás megírására is szükség volt. A program megírásához a Microsoft Visual C++ programnyelvet (VISUAL C++, 2008) használtuk. A rendszer működtetésekor, a vezérlőprogram elindítja a VISSIM-ben elkészített hálózati modell szimulációját. Az alkalmazás képes hozzáférni a szimuláció forgalomtechnikai adataihoz (forgalomsűrűség, átlagsebesség, jelzők állapota stb.), és azokat a MATLAB által is elérhető számítógép-memóriába helyezi. A szabályozási algoritmus lefutása után előállnak a hálózat számára létrehozott szabályozójelek (pl. fázisidők), amiket a MATLAB szövegfájlba helyez. A C++ alkalmazás pedig COM interfészen keresztül az új fázisidőknek megfelelően módosítja a forgalomirányító berendezések fázisterveit. A keretrendszer által biztosított szabályozási kör felépítését a 24. ábra szemlélteti.



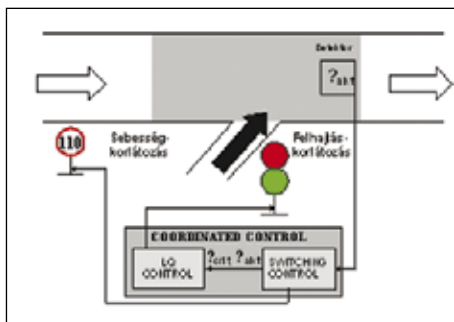
24. ábra: a szabályozási kör

5. Bemutató alkalmazások

5.1 Autópálya főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással

Számos stratégia és módszer került kidolgozásra az elmúlt évtizedben az autópálya-forgalomszabályozás témakörében. Az eddig kidolgozott technikák általában egy-egy szabályozási módszeren alapulnak. A különböző algoritmusok összehangolt működtetésével tovább fokozható az irányítás határfoka, ami a gyorsforgalmi utak esetében leginkább a kapacitáskihasználás megnövelését jelenti. A keretrendszer segítségével, összehangolt autópálya-forgalomirányító stratégia kifejlesztését végeztük el. Olyan adaptív rendszer létrehozását céloztuk meg, amely alkalmazásával javítható a gyorsforgalmi utak kapacitáskihasználása, ill. lassítható vagy akár elkerülhetővé tehető a torlódások kialakulása. A módszer lényege, hogy összehangolva működtet két különböző, külföldön már gyakorlatban is alkalmazott szabályozási módszert: felhajtókorlátozást és változtatható sebességkorlátozást. Az összehangolt rendszerben a felhajtáskorlátozó egy LQ-szabályozó, a változtatható sebességkorlátozó pedig egy kapcsolószabályozó (25. ábra).

A felhajtókorlátozás lényegében, az autópályára felhajtani szándékozó járművek szabályozását jelenti. Az autópályán elérhető maximális forgalomnagyság biztosítása érdekében, a felhajtókon hagyomá-



25. ábra: összehangolt autópálya-forgalomirányítás

nyos, kétfogalmú jelzőberendezéssel szabályozható a beáramló járművek száma. Az összehangolt rendszerben a felhajtáskorlátozó egy LQ-szabályozó (Papageorgiou et al., 2003).

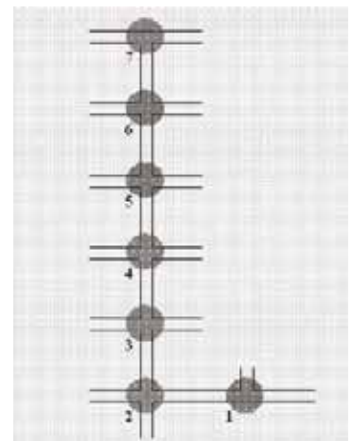
A sebességkorlátozást egy kapcsolószabályozó vezérli, amely 70, 90, 110 és 130 [km/h]-s sebességhatárok kijelzésére képes. Folyamatos mérések alapján igyekszik a forgalmat a fundamentális diagram stabil tartományában tartani (Siebel et al., 2005). A kisebb sebességhatárok beiktatásával a forgalom stabil tartománya kiterjeszthető. Az összehangolt szabályozás lényege, hogy az átlagsebesség csökkentésével egyidejűleg a követési távolságok is rövidülnek. Így amennyiben redukáljuk az autópályán megengedett maximális sebességhatárt, a járműsűrűség értéke megnő. Sűrűsödő forgalmi viszonyok esetén ezzel a módszerrel megakadályozható, rosszabb esetben lassítható a torlódás kialakulása, mivel a lassú vagy lassabb haladás még mindig hatékonyabb, illetve pszichológiailag is jobb hatással van a járművezetőkre, mint bármilyen torlódás, amely gyakori fékezéssel, elindulással jár.

A szabályozás hatékonyságának vizsgálatához, és a felhasznált elmélet igazolásához a rendszer modellezésére és szimulációjára volt szükség. Ehhez az általunk fejlesztett zárt hurkú mikroszimulációs környezetet használtuk fel. A keretrendszer alkalmazásával a szabályozók könnyen behangolhatóvá váltak és rejtett hibáikat is sikerült felfedni. Az így kapott szimulációs eredmények jól reprezentálják az összehangolt irányítási stratégia hatékonyságát.

5.2 Valós helyszíni geometriával és adatokkal megvalósított, városi jelzőlámpás hálózat forgalomirányítása MPC-vel

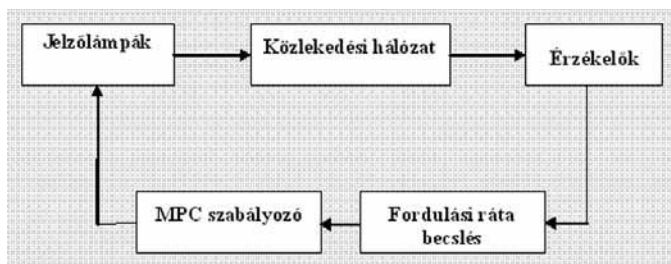
Az alprojektben egy valós, budapesti hálózat került modellezésre a szimulációs rendszerben. A szabályozóban egy modell prediktív irányítási stratégia valósul meg. A hálózat viselkedése és a kialakult új forgalmi viszonyok jól végigkövethetők, a főbb forgalomtechnikai paraméterek összehasonlíthatók a bemutatóban. A teszhálózat kijelölésére Budapesten a X. kerületben került sor. Összesen 7 darab szomszédos csomópont került a teszhálózatba.

A terület kiválóan alkalmas az új irányítási stratégia kipróbálására, ahol is a csúcsforgalomban igen nagy a forgalom. Különösen három csomópontban jelentkezik nagy forgalomterhelés, amelyek a kerület egyik fő áthaladó útvonalai. A jelenlegi forgalomirányítás statikus irányítást használ, ahol a csomóponti berendezések helyi üzemben dolgoznak. Ezek közül 3 teljesen fix programokat futtat, míg négyben minimális forgalomfüggés van. A jelenlegi irányítórendszer megfelelő a normál forgalmi körülmények között. Amikor azonban a járművek száma jelentősen megnő egy irányban, a jelenlegi vezérlés már nem képes hatékonyan kezelni a kialakult helyzetet. A legnagyobb probléma az, hogy a vezérlők nem ismerik az aktuális forgalmi helyzetet, továbbá a működésük nincs összehangolva. Az új irányítási stratégia a 7 kereszteződésnek egyszerre, a forgalomtól függően állítja elő a jelzésterveket, ahol az irányítási cél a helyzetjelző vonal előtt sorban álló járművek számának a minimalizálása. A szabályozási kör hatásvázlata a következő ábrán látható:



26. ábra: a teszhálózat csomópontjainak sematikus helyszínrajza

Az MPC-alapú szabályozás megfelelőségét és hatását a jelenlegi irányítórendszerrel hasonlítottuk össze a teszhálózatban, amely



27. ábra: a szabályozási kör hatásvázlata

némiképp forgalomfüggő. Ugyanolyan forgalmi körülményeket állítottunk fel mindkét szimuláció során. A forgalomnagyságot az eredeti tervezési forgalomra vettük fel. Az eredmények azt mutatják, hogy ebben az esetben az értékek nem térnek el jelentősen egymástól. A következő lépésben az eredeti tervezési forgalomnagyságokat 10%-kal megemeltük, így a következő eredmények adódtak:

Paraméter	Off-line stratégia	MPC-alapú stratégia	Változás
A járművek száma, melyek elhagyták a hálózatot	5278	5394	↑ 2.2 %
A teljes utazási idő [sec]	114	96	↓ 16 %
Átlagsebesség [km/h]	20.6	24.9	↑ 21 %
Átlagos késleltetési idő [sec]	68	56	↓ 18 %
Átlagos megállások száma járművenként	3.8	3.1	↓ 18 %

1. táblázat: szimulációs eredmények

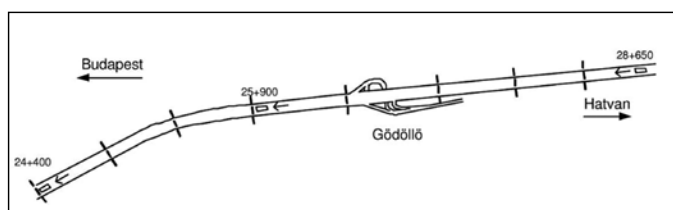
Autópálya-főfolyam forgalmi adatainak becslése

Az alprojektben egy valós, magyarországi autópálya-szakasz kerül modellezésre a szimulációs rendszerben, majd ennek a vizsgálatra történő meg egy forgalmi adatbecslő megfigyelés segítségével.

Modell-leírás és valós helyszínrajz

Az autópálya makroszkopikus leírása térben és időben diszkrét egyenletek segítségével történt. A másodrendű nemlineáris forgalmi modell tehát diszkrét idejű differenciaegyenletekkel írja le az autópályán kialakuló forgalom viselkedését, a modell használatához azonban szükségünk van a modell-paraméterek meghatározására. Ehhez paraméter-identifikációs eljárást használtunk a paraméterek fizikai tartalmát figyelembe véve. A módszerhez az M3-as autópálya Gödöllő melletti szakaszán mért adatokat használtunk fel.

A 4,25 km hosszú szakaszon három detektorállomás található, mely detektorok rögzítik a járművek elhaladásának időpontját és sebességét, illetve a detektor felett történő áthaladás időtartamát és a számított járműhosszt. Ezen értékekből számítható a modell



28. ábra: a vizsgált helyszín sematikus rajza

által használt forgalom sűrűség és térbeli átlagsebesség. A 28+650 jelzésű detektor adatait jelöljük $[p_0 v_0]$ -val és a 24+400-as adatokat $[p_8 v_8]$ -val, ezek lesznek a modell bemenő adatai. A középső detektor adatait $[p_4 v_4]$, mint ellenőrző értéket használjuk, mért kimenetnek tekintjük. A paraméter-identifikáció a következő eredményre vezetett:

$$v_{free} = 119,9$$

$$\rho_{cr} = 37,6$$

$$a_m = 1,4$$

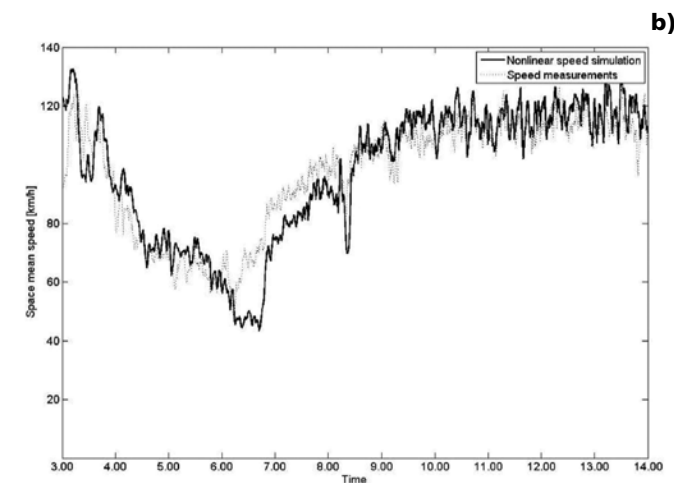
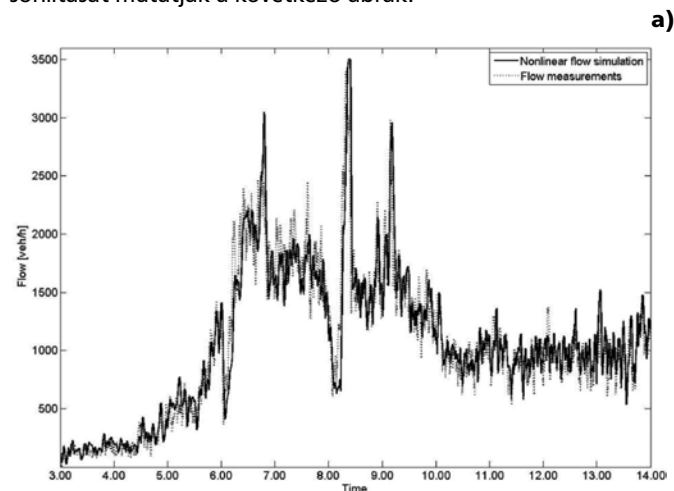
$$v = 30,45$$

$$\kappa = 10,34$$

$$\tau = 0,3$$

$$\delta = 0,12$$

Ezen paraméterekkel a modell és a valós mérési adatok összehasonlítását mutatják a következő ábrák:



29. ábra: az azonosított modell és a mérési eredmények összehasonlítása – a, forgalomnagyság b, átlagsebesség

V. AUTOMATIKUS AKADÁLYELKERÜLŐ RENDSZER NEMLINEÁRIS PREDIKTÍV IRÁNYÍTÁSON ALAPULÓ MEGVALÓSÍTÁSA GPS/IMS ÉRZÉKELŐK BEVONÁSÁVAL

A kutatás célja: gépjármű automatikus akadálykerülő rendszer valós idejű környezetbe integrálásához szükséges feltételek és gyors prototípus-rendszerekben történő tesztelhetőség vizsgálatának elvégzése, MATLAB/Simulink, Real-time workshop és dSpace target compiler környezetben. A kapcsolódó szoftver és dokumentáció elkészítése.

Lantos, B., Kiss, B. [4], Lantos B. [26], [28], [30], Varga A.–Lantos B. [32], Nagy B. Zs. [49].

A műszaki alkalmazások az irányítástechnikában intenzíven építenek a Matlab és toolboxainak szolgáltatásaira. A Matlab-licenc azonban költséges és a Matlab-környezet nem biztosítja a valós idejű elvárások teljesíthetőségét. Két út kínálkozik ennek megkerülésére, az egyik Matlab-licencet nem igénylő stand-alone alkalmazások kifejlesztése host PC-re Windows vagy Linux alá, a másik pedig a Matlab alatt kifejlesztett szolgáltatás kifordítása beágyazott processzorokra vagy más gyors prototípus-rendszerekre. Az előbbi több lehetőséget biztosít a toolboxok felhasználására és könnyebben bővíthető, de gyors rendszerek esetén nem képes a valós idejű elvárások kielégítésére, ezzel szemben az utóbbi gyors rendszerek valós idejű irányítására is képes, de csak a Matlab szolgáltatások egy erősen korlátozott szeptét használhatja és csakis a szabályozó Simulink modelljéből vezethető le. A kutatásaink korábbi fázisában stand-alone programcsomagot hoztunk létre gépjármű ütközésmentes pályatervezésére és prediktív irányítására, amely a toolbox szolgáltatások bevonása érdekében nem épített a szabályozó Simulink modelljéből, ellenben kihasználta Matlab Compiler szolgáltatásait és host PC-n futtatható, Matlab-licencet már nem igénylő stand-alone programot eredményezett.

A gyors valós idejű működéshez el kellett hagyni a PC-környezetet és speciális targetrendszerekre kellett alapozni a megoldást. Ez az út azonban kizárta a Matlab Compiler használatát, és csakis a Simulink → Real Time Workshop → Target Compiler szekvenciában tette lehetővé valós idejű megoldás létrehozását. A célrendszerül (target) a Tudásközpont adottságainak megfelelően a dSPACE AutoBox rendszert választottuk. Súlyos korlátozó tényező volt, hogy a Simulink kizárja a toolboxok használatát, és bár a Simulink ún. embedded function (beágyazott függvény) blokkja bizonyos lehetőségeket megenged saját fejlesztésű függvények bevonására, a Real Time Workshop ezek körét tovább korlátozza. A korlátozások szükségessé tették a korábbi algoritmusok ártértékelését és továbbfejlesztését, a pályatervezés és irányítás Simulink alakra hozatalát, lényegében a teljes akadályelkerülési rendszer újratervelését Simulink alapon.

A kutatás első fázisában mintafeladatok keretében felderítettük a Simulink → Real Time Workshop → Target Compiler korlátozásait, majd a kutatás második fázisában a tapasztalatokra alapozva létrehoztuk az automatikus akadályelkerülés nemlineáris prediktív irányítórendszerének Simulinkre és beágyazott függvényekre alapozott megvalósítását, és elvégeztük a részletes tesztelését először csak Simulink környezetben, majd a dSPACE AutoBox rendszeren. Eközben, fokozatosan elimináltuk a szoftverkörnyezet hiányosságait a hibaüzenetek analízisa és a szoftverkörnyezet megkerülése révén.

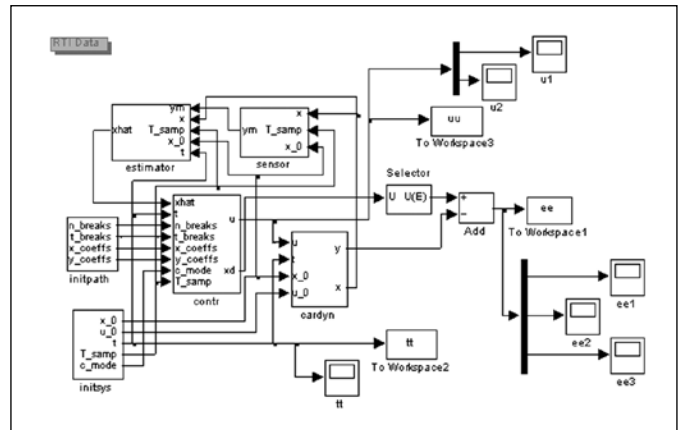
Az akadályelkerülő pályát differenciálgeometriai elvű (DGA) és prediktív irányítási (mozgó horizontú, RHC) módszerekkel valósítottuk meg. Prediktív irányítás esetén a szabályozó minden horizont kezdetén meghatározza a mozgó jármű (időinvariáns vagy időben változó) linearizált modelljét az aktuális állapot vagy a teljes állapottrajektória körül, és a prediktív irányítást a mozgó horizonton belül a keletkező LTI vagy LTV rendszerre alapozza. Az irányításhoz a nem mérhető állapotokat (sebesség, oldalkúszási szög, orientáció és deriváltja, X és Y pozíció) GPS/INS szenzorok jeleiből állapotbecsléssel határozza meg.

A megvalósítás az akadályelkerülő pálya adatait előfeldolgozott tömör kódolt formában kéri a bemenetek között. A szabályozó az állapotbecslést GPS- és IMS-érzékelők adataira alapozza, amelyekből a gépkocsi állapotvektorát kétszintű kiterjesztett Kalman-szűrővel határozza meg. A dSPACE AutoBox rendszeren a ControlDesk felügyelete alatt futó valós idejű szabályozó megvalósítás biztosítja a mozgó horizontú nemlineáris prediktív irányítás (RHC) pontossági elvárásaihoz szükséges 10 ms mintavételi időt. Jelen fázisban a valós idejű rendszer szimulálja a gépjármű dinamikus modelljét és az

érzékelők mérési folyamatát. Ezek az információk később rádiókapcsolattal és CAN-buszon keresztül juttathatók el a szabályozóhoz a szabályozó végső technológizálásakor.

Simulink környezetben az implementált 3 irányítási módszer (differenciálgeometriai elvű, integrátort nem tartalmazó prediktív, integrátort tartalmazó prediktív) kiválóan működött és hatékony szabályozást biztosított. A Simulink modell AutoBox környezetre is hibátlanul lefordítható volt, az első két irányítási módszer jól működött, de a harmadik irányítási módszer rejtett rendszerhibákra visszavezethetően indítás után elabortálódott.

A fejlesztés során a MATLAB R2006a és a hozzátartozó Simulink, Real Time Workshop és dSPACE AutoBox szoftver és hardver környezetet használtuk. Ennek dSPACE AutoBox része az EJJT Tudásközpont tulajdona és használata hardverkulcshoz kötött, melyet a fejlesztés során a BME IIT Tanszék számára kölcsönzött. A szoftverkörnyezet többi része a BME IIT Tanszék tulajdona.



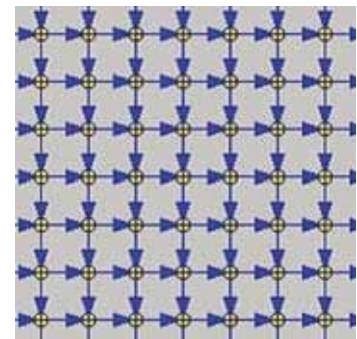
30. ábra: az irányítórendszer dSPACE AutoBox alatt használt Simulink modellje

VI. VÁROSI FORGALOMIRÁNYÍTÁS JÁTÉKELMÉLETI MÓDSZEREK BEVONÁSÁVAL

1. Játékelméleten alapuló forgalomirányítási módszerek valós környezetbe történő integrálása és a szükséges feltételek vizsgálata

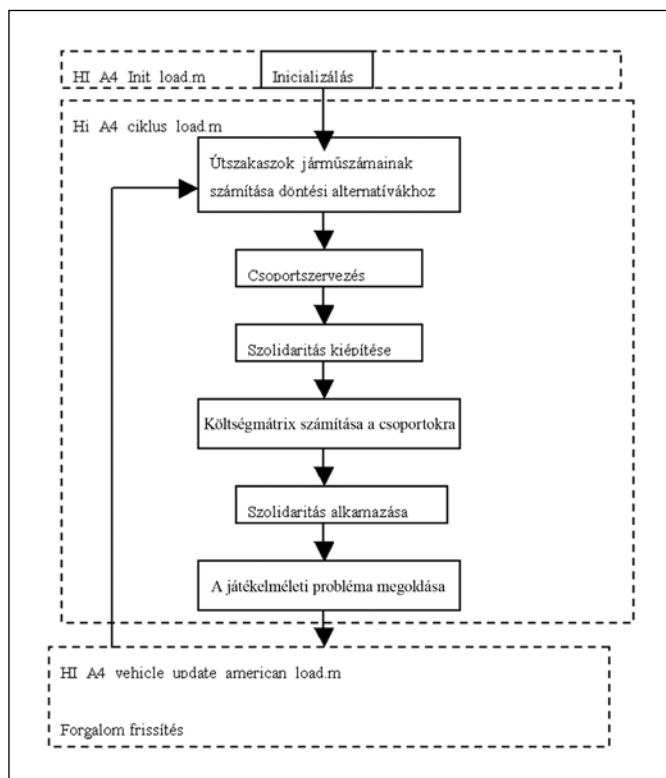
A gyors prototípusrendszerek lehetőséget adnak arra, hogy a magas szintű fejlesztői környezetben (pl. Matlabban) kidolgozott programot valós idejű hardveren tesztelhesük. Harmati I. [25],[27],[29],[31],[33].

A Matlab-programokat a gyors prototípusrendszerekben történő futtatáshoz Simulink környezetbe kell beágyazni. Ez a környezet biztosítja ugyanis az átjárhatóságot a két rendszer között. A fejlesztés korábbi fázisaiban már fontos szempont volt a valós időben való végrehajtás lehetősége, ezért a számítási idő csökkentése érdekében a játékosokat megvalósító kereszteződések legfeljebb 4 tagot számláló csoportokba lettek szervezve



31. ábra: amerikai típusú úthálózat csoportba szervezése

(31. ábra). A játék minden csoportban szimultán zajlik. A 32. ábra mutatja a játékelméleti módszereken alapuló forgalom-irányítási algoritmusok Simulink környezetben kifejlesztett modelljét, amely a gyors prototípusrendszerekre való átültetés kiindulópontjaként szolgált. A cél az állapotok alapján származtatott költségfüggvény



32. ábra: a forgalomirányítási algoritmus Simulink környezetben

minimalizálása (optimális szabályozás), amelynek kivitelezése játékelméleti módszerrel történik. A szabályozási kör beavatkozó jele az egyes kanyarodásávok zöld jelzéseinek hossza. A szabályozási kör Simulink implementációjának fő nehézségét az adja, hogy a blokkok közötti kommunikációt megvalósító jelek (akár többdimenziós) mátrixok, amely nem illeszkedik jól a Simulink koncepcióhoz. Az egyszerűség megtartását és a korábbi Stand-Alone kóddal való hasonlóságot szem előtt tartva a blokkok a kimenő jeleket (adatokat) fájlba mentik el, amelyet aztán a vele kommunikációs kapcsolatban álló blokk beolvas.

2. Játékelméleten alapuló forgalomirányítási módszerek gyors prototípusrendszerekben való tesztelhetőségének vizsgálata

A kutatások későbbi fázisában kiderült, hogy a gyors prototípusrendszerekre való fordításkor a hagyományos Matlab-függvény (Matlab function) blokk nem alkalmazható a Simulink környezetben. Mindez azt eredményezte, hogy az egyetlen járható utat a beágyazott Matlab-függvények (Embedded Matlab Function) alkalmazása kínálta. A beágyazott Matlab-függvény lényeges előnye, hogy a C nyelven implementált függvény beágyazásával ellentétben, a viszonylag bonyolultabb adatstruktúrák, mátrixok átadása blokkok között kényelmes és megoldott. Viszont az algoritmusok csak egy erősen korlátozott Matlab-szintaktika mellett fejleszthetők. A fejlesztés során a legerősebb korlátozásokat az jelentette, hogy a beágyazott Matlab-blokkban nincs dinamikus memóriakezelés (a változók mérete futás közben nem módosítható) és nem definiálhatók 3 vagy többdimenziós mátrixok. Az n kereszteződés azonban n dimenziós költségmátrixot generál. Ez Matlab környezetben minden nehézség nélkül felhasználható, azonban beágyazott Matlab-kód fejlesztése esetén minden változót (fix méretű) kétdimenziós mátrixra kell redukálni. Az említett korlátozás miatt a fejlesztés olyan közlekedési hálózatra korlátozódott, amely csak négy kereszteződést tartalmaz szabályos, téglalapstruktúra alapján. Ez egyenértékű azzal, hogy a 28. ábrán vázolt struktúrában csak egy négyes csoportot vizsgálunk. Mivel

az eredeti algoritmusban nincs közvetlen kapcsolat a csoportok között, a kifejlesztett beágyazott Matlab-kód párhuzamos futtatásával akár nagyobb méretű közlekedési hálózatok is kezelhetők. A beágyazott Matlab-kód bemenő, ill. kimenő jeleit a 2. táblázat és 3. táblázat tartalmazza. A beágyazott programkód a korábbi C stand-alone és Matlab applikációkkal szolgáltatott eredményekkel összhangban volt.

A bemutatott modell a Matlab Simulink Real-Time Workshopjának Build parancsával való lefordítása és a dSPACE Autobox gyors prototípusrendszerre letöltése megvalósult. Az így letöltött program valós időben futtatható az Autoboxon. Az Autoboxon való futtatás során adatillesztési probléma lépett fel, amelyet a rendelkezésre álló adatok alapján valószínűsíthetőleg a dSPACE cég fejlesztőrendszerében rejlő hiba okoz.

Paraméterek (P), Változók (V)	méret	Jelentés
CM_M_xz_000(ii,1)	24x1	(P) A járművek kezdeti száma az ii. útszakaszon
CM_M_g_min	1x1	(P) A minimális zöld jelzés hossza egy kanyarodósávban
CM_M_g1((ii-1)*4+jj,1)	16x1	(V) A zöld jelzés hossza az ii. kereszteződés jj. linkjéről
CM_M_twz(ii,jj)	24x4	(P) A kanyarodási faktor az ii. útszakaszból a nyelő kereszteződés jj. linkjére.
M_Lmin(ii,jj)	2x2	(P) Az ii. sor, jj. oszlopában található kereszteződés minimális ofszetje. Jelenleg nem használt.
M_Cmax(ii,jj)	2x2	(P) Az ii. sor, jj. oszlopában található kereszteződésben maximális ciklusideje. Nem használt.
CM_M_tz0	1x1	(P) Az útszakaszokra felhajtó forgalom faktora az útforgalom járműfolyamában.
CM_M_dz	1x1	(P) Az útszakaszokról lehajtó forgalom faktora az útforgalom járműfolyamában.
M_Lz	2x2	(P) Az ii. sor, jj. oszlopában található kereszteződés ofszetje. Jelenleg nem használt.
CM_M_Sat(ii)	24x1	(P) Az ii. útszakasz maximális szaturációs folyama.
M_xzIn	1x8	(P) A forgalomba belépő 8 útszegmens kezdeti járműszáma.
M3_gta	1x1	(P) Az időtartam kvantum (mp-ben) amellyel egy zöld jelzés csökkenhet. Ennek 3-szorosa fordítható növelésre.
CM_M3_ag	1x1	Nem használt. (Későbbi fejlesztésekre fenntartva.)
M_C(ii,jj)	2x2	(P) Az ii. sor, jj. oszlopában található kereszteződés ciklusideje.
M_NE_AllDecisions	2x2	Nem használt. (Későbbi fejlesztésekre fenntartva.)
M_NE_AllCost	2x2	Nem használt. (Későbbi fejlesztésekre fenntartva.)
SwIn0	8x1x time	(V) A hálózatba belépő járműforgalom a belépő útszakaszokon.
M_Solidarity(ii,jj)	4x4	(P) Az ii. kereszteződés és a jj. kereszteződés lokális költségét ilyen súllyal veszi figyelembe.

2. táblázat: a beágyazott Matlab-függvény bemenő jelei

Paraméterek (P), Változók (V)	Méret	Jelentés
CM_M_xz1(ii)	24x1	Az ii. útszakaszon található járművek száma.
Decision(ii)	4x1	Az ii. kereszteződés döntése (azaz, hogy melyik bemenő útszakaszt részesíti előnyben).
Cost(ii)	4x1	Az ii. kereszteződés költsége az adott döntéskombináció során.
SwIn2(ii)	8x1	Az ii. hálózathoz tartozó útszakasz járműfolyama

3. táblázat: a beágyazott Matlab-függvény kimenő jelei

Irodalom

Publikációk

2005

- [1] Tamás Péter Fuzzy and Anytime Signal Processing Approaches for Supporting Modeling and Control of Transportation Systems, 3rd International Conference on Computational Cybernetics 2005 April 13-16, 2005, Mauritius. pp. 6
- [2] Bécsi Tamás–Péter Tamás: Szimulációs környezet a közúti forgalmi folyamatok hatékony modellezéséhez–Közlekedéstudományi Szemle, 2005, LV. évfolyam 5. szám, pp 170–178
- [3] Balázs Kulcsár, István Varga, József Bokor: Constrained split rate estimation using moving horizon, IFAC World Congress, Praha, 2005.pp.6
- [4] Lantos, B., Kiss, B. Nonlinear model predictive control of robots, cranes and vehicles. Proceedings of the IFAC World Congress, Prague, (2005). Paper WE-A04-TP/6 02495. pdf
- [5] Balázs Kulcsár, Tamás Bécsi, István Varga: Estimation of dynamic origin destination matrix of traffic systems, Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng., Budapest, Hungary, 2005, Vol. 33. No 1-2. pp. 3–14.
- [6] Kulcsár Balázs, Varga István, Bokor József: Modern közúti forgalomirányítás I., A forgalmi paraméterek becslése. Városi Közlekedés 2005/1 pp 23–26.
- [7] B. Kulcsár, I. Varga, J. Bokor: „Constrained Split Rate Estimation by Moving Horizon” 16th IFAC World Congress Prague, Czech Republic, July 3-8, 2005, IFAC2005 DVD „\Fullpapers\03276.pdf”

2006

- [8] Péter T.–Bécsi T.: Sztochasztikus közúti közlekedési folyamatok vizsgálata, a modellezést szolgáló hatékony szimulációs környezetben. Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp. 2005. pp416-432. Magyar Mérnökakadémia Symposium
- [9] Péter T.: Járművezetői tulajdonságokat figyelembe vevő analízis, közúti közlekedési rendszerek sztochasztikus szimulációjával–Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp. 2005. pp 433–443. Magyar Mérnökakadémia Symposium
- [10] Péter T.: Közúti közlekedési hálózat generálása és a modell szimulációs vizsgálata – Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp. 2005. pp 444–464. Magyar Mérnökakadémia Symposium

- [11] Péter T.–Bokor J.: Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása – A jövő járműve,1-2. Bp. 2006. Magyar Mérnökakadémia Symposium
- [12] István Varga, Balázs Kulcsár, Tamás Péter: Design of intelligent traffic control system – Ercim News No.65, pp. 38- 39, April 2006
- [13] Bécsi, T.–Péter, T.: A mixture of distributions background model for traffic video surveillance – Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng., Budapest, Hungary, 2006
- [14] Bécsi, T.–Péter, T.: Automatikus videoalapú forgalommérő szoftver fejlesztése, a forgalom modellezéséhez–A jövő járműve, járműipari innováció, I. évf. 1-2, X-Meditor, Győr, 2006. pp 24–27.
- [15] Tamás Luspay, István Varga, Balázs Kulcsár: Modeling and parameter estimation in road traffic systems. MITIP 2006 September 11-12, 2006, Budapest pp. 415–420.
- [16] Varga István, Kulcsár Balázs, Bokor József: „Automatikus eseménydetektálás állapotmegfigyelővel” Közlekedéstudományi Szemle LVI. évfolyam 6. szám, (2006. június) pp. 208–214.
- [17] Varga István, Kulcsár Balázs, Bokor József: Modern közúti forgalomirányítás II., Jelzőlámpás szabályozás. Városi Közlekedés 2006/3 pp. 161–165.

2007

- [18] Bécsi, T.–Péter, T.: Képfelismerésen alapuló technológiák gyakorlati felhasználása a közúti közlekedés vizsgálatában. IFFK-MMA Innováció és fenntartható fejlődés, Budapest, 2007. <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [19] Berta, T.–Bécsi, T.: Lakóterületi sebességszabályozás forgalomtechnikai tervezése. IFFK-MMA Innováció és fenntartható fejlődés, Budapest, 2007. <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [20] Dr. Péter Tamás–Dr. Bokor József : „Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása” A jövő járműve,1-2. Bp. 2006. pp19-23.
- [21] Dr. Péter Tamás: „Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése”, Közlekedéstudományi szemle, 9. 2007. szept. LVII. évf. pp. 322–331.
- [22] Dr. Péter Tamás–Dr. Bokor József: „Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok nemlineáris modelljének kapcsolati hipermátrixa” A jövő járműve,1-2. Bp. 2007. pp 16–21.
- [23] Dr. Péter Tamás: „Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise” MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés” – Konferencia, 2007. szeptember 4-5-6. Budapest, BMF <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [24] Dr. Péter Tamás–Stróbl András–Fazekas Sándor: „Hazai szoftverfejlesztés a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok folyamatanalízisére” IFFK-MMA Innováció és fenntartható felszíni közlekedés – Konferencia, 2007. szeptember 4-5-6. Budapest, BMF <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [25] I. Harmati: „Urban traffic control and path planning for vehicles in game theoretic framework. Robot motion and control 2007. Recent Developments.” Series: Lecture Notes in Control and Information Sciences. Editor: K. Kozłowski, pp: 437–444.
- [26] B. Lantos: „Path design and receding horizon control for collision avoidance system of cars”, WSEAS Transactions on Systems and Control, Vol. 1, No. 2, pp .105-112, December 2006.
- [27] I. Harmati: „Game theoretic control algorithms for urban traffic network”, WSEAS Transactions on Systems and Control, Vol. 1, No. 2, pp .141-148, December 2006.
- [28] B. Lantos: „Path design and control of collision avoidance system of cars”, Proc. 5th WSEAS International Conference on System Science and Simulation Engineering, pp. 337-345, Tenerife, Spain, December 2006

- [29] I. Harmati: „Urban traffic control in game theoretic framework”, Proc. 5th WSEAS International Conference on System Science and Simulation Engineering, pp. 346-351, Tenerife, Spain, December 2006
- [30] Lantos B.: „Automatikus pályatervezés és mozgó horizontú prediktív irányítás járművek akadályelkerülő rendszere számára korszerű érzékelők bevonásával”, Konf. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés IFFK-MMA, p. 1–16. Budapest, 2007 (CD) <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [31] Harmati I.: „Városi forgalomirányítás és gépjárművek optimális útvonaltervezése játékelméleti módszerrel”, Konf. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés IFFK-MMA, p. 1-8, Budapest, 2007 (CD) <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [32] Varga A.–Lantos B.: Predictive control of harmonic drive in automotive application. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Japan, Vol. 11, No. 9, pp. 1165-1172.
- [33] Harmati I.: Urban traffic control and path planning for vehicles in game theoretic framework. In Lecture Notes in Control and Information Sciences, ed. Kozłowski K., Robot Motion and Control, Springer 2007, pp. 437-444.
- [34] István Varga, József Bokor: New Approach in Urban Traffic Control Systems, Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng., Budapest, Hungary, 2007, Vol. 35. No 1-2. pp. 3–13.
- [35] Tamás Luspáy, István Varga, Balázs Kulcsár: Freeway Applications Based on the Macroscopic Model of Traffic Flow. ERCIM NEWS NO. 68, pp. 27-28, January 2007
- [36] Luspáy Tamás, Németh Erzsébet, Varga István, Soumelidis Alexandros: A vezeték nélküli hálózattal összekapcsolt járművek irányítása intelligens közúti kereszteződésben. A jövő járműve 2007/1-2 szám. pp. 22–23.
- [37] Luspáy T., Varga I.: Korszerű forgalomirányító rendszerek állapotterben, Acta Agraria Kaposváriensis. Volume 11 No 2 2007 ISSN 1418-1789, pp 235-248
- [38] Tamas Luspáy, Istvan Varga, Balazs Kulcsar, Jozsef Bokor: Modeling Freeway Traffic Flow: An LPV Approach. EUROSIM 2007 September 9-13, 2007, Ljubljana. CD ISBN 978-3-901608-32-2, Contribution 461.
- [39] Luspáy T., Kulcsár B., Varga I., Bokor J.: A qLPV model of freeway flow, 8th International PhD Workshop on Systems and Control a Young Generation Viewpoint, Balatonfüred 2007. szeptember 16-20
- [40] Luspáy Tamás, Varga István, Bokor József: Autópályák forgalmának modellezése és irányítása állapotterben. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés c. konferencia. 2007. szeptember 4-6. Budapest. CD. Luspáy_Varga_Bokor_MMA_2007-09-05.pdf
- [41] Tettamanti Tamás, Varga István, Bokor József: Autópálya forgalomszabályozás felhajtókorlátozás és változtatható sebességkorlátozás összehangolásával. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés c. konferencia. 2007. szeptember 4-6. Budapest. CD. Tettamanti_Varga_Bokor_MMA_2007-09-05.pdf
- [42] Németh Erzsébet, Varga István, Soumelidis Alexandros: Intelligens közúti kereszteződés. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés c. konferencia. 2007. szeptember 4-6. Budapest. CD. Nemeth_Varga_Soumelidis_MMA_2007-09-05.pdf
- 2008**
- [43] Bécsi T.: Közúti közlekedési rendszerek modellezése és sztochasztikus szimulációja. PhD-értekezés, Bp. 2008.
- [44] Péter, T.–Bécsi, T.–Aradi, Sz.: Út menti objektumok GPS és videoalapú felmérése. IFFK-MMA Innováció és fenntartható fejlődés, Budapest, 2008. <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/>
- [45] Péter, T.–Bécsi, T.: Development and Evaluation of a Fuzzy-based Microscopic Vehicle-following Model. Periodica Polytechnica, Bp. 2008
- [46] Péter T.–Stróbl A.–Fazekas S.: Szoftverfejlesztés eredményei, a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízisére és tervezésére. A jövő járműve, Bp. 2008. (megjelenés alatt)
- [47] Péter T.: Tetszőleges méretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok modellezése speciális hálózati gráffal, amelyben a gráf csúcsai általánosított szakaszok, a gráf élei a csúcsok közötti kooperálót leíró dinamikus relációk. A jövő járműve, Bp. 2008. (megjelenés alatt)
- [48] Péter T.–Aradi Sz.–Bécsi T.: Városi közúthálózat objektumainak video és GPS-alapú felmérése. A jövő járműve, Bp. 2008. (megjelenés alatt)
- [49] Nagy B. Zs.: Autópálya-hálózat modellezése és irányítása. Diplomaterv, 2008, BME Irányítástechnika és Informatika Tanszék, p. 1-112.
- [50] Dr. Varga István, dr. Kulcsár Balázs, Luspáy Tamás, Tettamanti Tamás: Korszerű szabályozások a közúti forgalomirányításban. A jövő járműve 2008/1-2 szám. pp 34–36.
- [51] T. Tettamanti, I. Varga, B. Kulcsár and J. Bokor: Model predictive control in urban traffic network management. 16th Mediterranean Conference on Control and Automation. 25-27 Jun 2008. Ajaccio, Corsica, France. CD ISBN:978-1-4244-2505-1 CD:\data\papers\0192.pdf. pp. 1538-1543
- [52] Tettamanti T., Luspáy T., Varga I.: Forgalomirányító rendszerek zárt hurkú szimulációja. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés c. konferencia. 2008. szeptember 3–5. Budapest. CD. Tettamanti T-Luspáy T-Varga I IFFK-2008.pdf

Kutatási jelentések

2005

- [1] Bauer Péter–Kulcsár Balázs: A becslési eljárások elmélete és elvi módszerei. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.01.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [2] Varga István: A közúti közlekedés forgalmi paramétereinek a mérése, a mérés helyettesítése becsléssel. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [3] Kulcsár Balázs–Varga István: A becslési módszerek alkalmazhatósága a közúti közlekedésben. Alap kutatás, elméleti megközelítés és módszerek. 2005.07.01–2005.09.30. Belső publikáció
- [4] Varga István–Kulcsár Balázs: Feltételrendszer kidolgozása a közúti közlekedésben alkalmazott paraméterbecslő eljárások minőségi jellemzőinek vizsgálatára. A becslési eljárások összehasonlítása 2005.10.01–2005.11.30.
- [5] Péter Tamás–Bécsi Tamás: A közúti közlekedésben jelenleg használt modellcsoportok (közlekedési) elmélete. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.01.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [6] Németh Erzsébet: A közlekedésben használható egyéb modellcsoportok (folyadékáramlás, ágens stb.) elmélete szabad áramlási viszonyoknál (autópálya stb.). A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [7] Kovács Ákos: A közlekedésben használható egyéb modellcsoportok (folyadékáramlás, ágens stb.) elmélete kötött viszonyoknál (városi, stb.). A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.07.01–2005.09.30. Belső publikáció
- [8] Bécsi Tamás–Varga István: A közúti közlekedésben előforduló anomáliák kiszűrése, incidensek detektálása. A

- téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.09.01–2005.11.30. Belső publikáció
- [9] Péter Tamás: A közlekedésmérnöki gyakorlatban a hálózatok leírására jelenleg használt modellek áttekintése. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.01.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [10] Kovács Ákos: A diszkrét eseményű dinamikus rendszerek leíró eljárások elmélete. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [11] Németh Erzsébet: Közúti közlekedési rendszerek, hálózatok modellezése Petri-hálóval. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.07.01–2005.09.30. Belső publikáció
- [12] Péter Tamás–Bécsi Tamás: A közúti közlekedésben jelenleg használt útvonalajánló eljárások vizsgálata. A téma irodalmának áttekintése. 2005.10.01–2005.11.30. Belső publikáció
- [13] Bauer Péter–Kulcsár Balázs: A irányítástechnikából ismert irányítási stratégiák, eljárások elmélete és módszerei tekintettel a közúti közlekedés speciális igényeire. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.01.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [14] Kulcsár Balázs–Varga István: A közúti közlekedési modellek paramétereinek vizsgálata a szabályozás szempontjából. Érzékenységvizsgálatok. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [15] Varga István: A közúti közlekedésben jelenleg használt forgalomirányítási módszerek. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.07.01–2005.09.30. Belső publikáció
- [16] Varga István–Kulcsár Balázs: A közúti forgalomirányításban jelenleg használt beavatkozási eszközök és a modern forgalombefolyásoló rendszerek. A téma irodalmának áttekintése és kritikai összefoglalása. 2005.10.01–2005.11.30. Belső publikáció
- [17] Lantos Béla: Járműcsoportok nemlineáris prediktív irányítása és referenciamozgás tervezése. Alapkutatás: elméleti alapok, a mértékadó módszerek értékelése 2005.01.01–2005.12.31.
- [18] Lantos Béla–Harmati István: Járművek nemlineáris prediktív irányítása irodalmának feldolgozása és kritikai értékelése, az optimális irányítási módszer kiválasztása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [19] Lantos Béla–Harmati István: Járműcsoport koordinált referenciamozgás tervezése irodalmának feldolgozása és kritikai értékelése, az optimális klasszikus és a játékelméleti alapú variáns kiválasztása. 2005.04.01–2005.06.30. Belső publikáció
- [20] Lantos Béla–Harmati István: Járművek nemlineáris prediktív irányítása előzetes rendszertervnek kidolgozása. 2005.07.01–2005.11.30. Kutatási eredmények. Tanulmány.
- [21] Lantos Béla–Harmati István: Járműcsoport koordinált referenciamozgás tervezése előzetes rendszertervnek kidolgozása. 2005.07.01–2005.11.30. Kutatási eredmények. Tanulmány.
- 2006**
- [22] Bécsi Tamás–Péter Tamás: Image processing modul specifikáció, Programspecifikáció. 2006.02.01–2006.03.31 Rendszerterv. Tanulmány. Belső Publikáció
- [23] Bécsi Tamás–Péter Tamás: Off-line feldolgozó szoftver fejlesztése 2006.03.01–2006.06.30 PC-program modul. Dokumentáció. Belső Publikáció.
- [24] Bécsi Tamás–Péter Tamás: On-line feldolgozószoftver fejlesztése 2006.07.01–2006.09.30 PC-program modul. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [25] Bécsi Tamás–Péter Tamás: Forgalmi modellek identifikációja a videomérésből kinyert paraméterhalmaz alapján. 2006.07.01–2006.09.30. Algoritmusok. Tanulmány. Belső publikáció.
- [26] Bécsi Tamás–Varga István: Programmodul fejlesztése PC-alapú közúti jármű szimulátorhoz. A modul feladata a forgalomfüggő jelzőlámpás szabályozási algoritmusok megvalósítása. 2006.02.01–2006.06.30. PC-program modul. Tanulmány. Belső publikáció.
- [27] Kulcsár Balázs–Preitl Zsuzsa–Varga István: AID algoritmus fejlesztése hazai autópályákra. 2006.03.01–2006.03.31. AID algoritmus. Tanulmány. Belső publikáció
- [28] Kulcsár Balázs–Preitl Zsuzsa–Varga István: Valós forgalmi adatok feldolgozása az algoritmus tesztelése. 2006.05.01–2006.06.30. Elemzés. Tanulmány. Belső publikáció.
- [29] Kulcsár Balázs–Preitl Zsuzsa–Varga István: Valós mérési elrendezés és rendszer telepítéstervezése. 2005.04.01–2006.06.30. Rendszerterv. Tanulmány. Belső publikáció.
- [30] Németh Erzsébet–Varga István: Egyedi jelzőlámpás csomópont forgalomfüggő szabályozási lehetőségeinek a vizsgálata, új algoritmusok kidolgozása. 2006.03.01–2006.03.31. Elemzés. Tanulmány. Belső publikáció. MATLAB-szimuláció fejlesztése, a K3-1-ben kifejlesztett algoritmus elemzésének céljából, 2006.04.01–2006.06.30.
- [31] Bécsi Tamás–Varga István: A korszerű közúti szabályozó algoritmusok minőségi és mennyiségi vizsgálata a K1-3 szoftvermodullal és a K3-2 szimuláció segítségével. 2006.04.01–2006.09.30. Elemzés. Tanulmány. Belső publikáció.
- [32] Németh Erzsébet–Varga István: Forgalomfüggő közúti jelzőlámpás szabályozások formalizált leíró nyelvének kifejlesztése közúti forgalomirányító berendezések számára. 2006.04.01–2006.09.30. Formalizált leíró rendszer. Tanulmány. Belső publikáció.
- [33] Lantos Béla: Algoritmus fejlesztése gépjármű ütközésmentes pályatervezésére és pályakövetésére. 2006.01.01–2006.03.31. Algoritmus. Tanulmány. Belső publikáció.
- [34] Harmati István: Algoritmus fejlesztése városi forgalmi jelzőlámpák együttes irányítására játékelméleti módszerrel. 2006.01.01–2006.03.31. Algoritmus. Tanulmány. Belső publikáció.
- [35] Lantos Béla: MATLAB-programfejlesztés gépjármű ütközésmentes pályatervezésére és pályakövetésére. 2006.04.01–2006.06.30. Matlab-szimuláció. Tanulmány. Belső publikáció.
- [36] Harmati István: MATLAB-programfejlesztés városi forgalmi jelzőlámpák együttes irányítására játékelméleti módszerrel. 2006.04.01–2006.06.30. Matlab-szimuláció. Tanulmány. Belső publikáció.
- [37] Lantos Béla: Algoritmus és MATLAB-programfejlesztés autópálya-hálózat prediktív irányítására. 2006.07.01–2006.09.30. Matlab-szimuláció. Tanulmány. Belső publikáció.
- [38] Harmati István: Algoritmus és MATLAB programfejlesztés gépjárművek optimális útvonaltervezésére játékelméleti módszerrel városi forgalomban. 2006.07.01–2006.09.30. Matlab-szimuláció. Tanulmány. Belső publikáció.
- 2007**
- [39] Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter: A közlekedési áramlatok modellezése. 2007.02.01–2007.03.31. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalása. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [40] Péter Tamás–Bécsi Tamás: Videoalapú forgalommérő kísérleti rendszer telepítési terve. 2007.02.01–2007.06.31.

- A közlekedési áramlatok mérése. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [41] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: Autópálya főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással. Telepítési terv. 2007.02.01–2007.03.31. A közlekedési áramlatok mérése. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [42] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: Forgalmfüggő jelzőlámpás szabályozási algoritmusokat megvalósító kísérleti rendszer telepítési terve. 2007.02.01–2007.03.31. A közlekedési áramlatok optimalizálása. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [43] Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter: Program a közlekedési áramlatok modellezésére. 2007.02.01–2007.05.31. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizálása. Szoftver. Belső publikáció.
- [44] Péter Tamás–Bécsi Tamás: Program a videoalapú forgalom-mérő rendszerhez. 2007.02.01–2007.05.31. A közlekedési áramlatok mérése. Szoftver. Belső publikáció.
- [45] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: Program az autópálya főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozására sebességkorlátozással. 2007.02.01–2006.05.31. A közlekedési áramlatok mérése. Szoftver. Belső publikáció.
- [46] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: Program a forgalmfüggő jelzőlámpás szabályozási algoritmusokat megvalósító rendszerhez. 2007.02.01–2006.05.31. A közlekedési áramlatok optimalizálása. Szoftver. Belső publikáció.
- [47] Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter: A közlekedési áramlatok modellezése program tesztelése. 2007.02.01–2007.09.30. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizálása. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [48] Péter Tamás–Bécsi Tamás: A videó alapú, kísérleti forgalom-mérő rendszer és program tesztelése. 2007.02.01–2007.09.30. A közlekedési áramlatok mérése. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [49] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: Az autópálya főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással szoftverek tesztelése. 2007.02.01–2007.09.30. A közlekedési áramlatok mérése. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [50] Varga István–Preitl Zsuzsa–Németh Erzsébet: A forgalmfüggő jelzőlámpás szabályozási algoritmusokat megvalósító kísérleti rendszer és program tesztelése. 2007.02.01–2007.09.30. A közlekedési áramlatok optimalizálása. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [51] Lantos Béla: Matlab C Compiler korlátainak felderítése stand-alone C prediktív irányítási programok-fejlesztésekor. 2007.01.01–2007.03.31. Algoritmuskorlátok behatárolása. Tanulmány. Belső publikáció.
- [52] Harmati István: Matlab C Compiler korlátainak felderítése stand-alone C optimális referenciamozgás-tervező programok fejlesztésekor. 2007.01.01–2007.03.31. Algoritmuskorlátok behatárolása. Tanulmány. Belső publikáció.
- [53] Lantos Béla: Stand-alone C programfejlesztés gépjármű ütközésmentes pályatervezésére és prediktív irányítására mérhető állapotok esetén. 2007.04.01–2007.06.30. stand-alone C programszoftver. Belső publikáció.
- [54] Harmati István: Stand-alone C programfejlesztés gépjárművek optimális útvonaltervezésére játékelméleti módszerrel városi forgalomban. 2007.04.01–2007.06.30. stand-alone C program. Szoftver. Belső publikáció.
- [55] Lantos Béla: Stand-alone C programfejlesztés gépjármű akadályelkerülésére és prediktív irányítására GPS/IMS érzékelők bevonásával. 2007.07.01–2007.09.30. stand-alone C program. Szoftver. Belső publikáció.
- [56] Harmati István: Stand-alone C programfejlesztés megkülönböztetett gépjárművek optimális útvonaltervezésére játékelméleti módszerrel városi forgalomban jelzőlámpák támogatásával. 2007.07.01–2007.09.30. stand-alone C program. Szoftver. Belső publikáció.
- 2008**
- [57] Péter Tamás–Bokor József–Várlaki Péter: A nagyméretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok optimális irányítása. 2008.02.01–2008.08.31. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizálása. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [58] Péter Tamás–Stróbl András–Fazekas Sándor: Szoftveres folyamatanalízis, nagyméretű közúti közlekedési hálózatok optimalizálása. 2008.02.01–2008.08.31. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizálása. Szoftver. Belső publikáció.
- [59] Péter Tamás–Bécsi Tamás–Aradi Szilárd: Út menti objektumok automatizált, videoalapú felmérése. 2008.02.01–2008.08.31. A közlekedési objektumok mérése. Dokumentáció. Belső publikáció.
- [60] Péter Tamás–Bécsi Tamás–Aradi Szilárd: Szoftverkörnyezet fejlesztése, út menti objektumok automatizált, videoalapú felmérése. 2008.02.01–2008.08.31. A közlekedési objektumok mérése. Mérőrendszer és szoftver. Belső publikáció.
- [61] Bécsi Tamás–Péter Tamás: Forgalmi modellek egyéni viselkedést figyelembe vevő identifikációja, modellek összehasonlítása. 2008.02.01–2008.08.31. A közlekedési áramlatok modellezése és optimalizálása. Dokumentáció és szoftver. Belső publikáció.
- [62] Varga István–Tettamanti Tamás–Luspay Tamás: Autópálya főfolyamának és felhajtóforgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással. 2008.02.01–2008.04.30. Bemutató. Konfigurációszoftver. Dokumentáció.
- [63] Varga István–Tettamanti Tamás–Luspay Tamás: Valós helyszíni geometriával és adatokkal megvalósított, városi jelzőlámpás hálózat forgalomirányítása MPC-vel. 2008.03.01–2008.06.30. Bemutató. Konfigurációszoftver. Dokumentáció.
- [64] Varga István–Németh Erzsébet–Luspay Tamás–Tettamanti Tamás: Autópálya főfolyam forgalmi adatainak becslése. 2008.05.01–2008.08.31. Bemutató. Konfiguráció, szoftver. Dokumentáció.
- [65] Lantos Béla: Gépjármű automatikus akadályelkerülő rendszer valós idejű környezetbe való integrálásához szükséges feltételek vizsgálata. 2008.01.01–2008.06.30. Valós idejű korlátok behatárolása. Simulink modell. Tanulmány. Belső publikáció.
- [66] Harmati István: Játékelméleten alapuló forgalomirányítási módszerek valós környezetbe való integrálásához szükséges feltételeinek vizsgálata. 2008.01.01–2008.06.30. Valós idejű korlátok behatárolása. Simulink modell. Tanulmány. Belső publikáció.
- [67] Lantos Béla: Gépjármű automatikus akadályelkerülő rendszer gyors prototípus-rendszerekben való tesztelhetőségének vizsgálata. 2008.07.01–2008.09.30. Gyors prototípus-program és tesztkörnyezet. Gyors prototípus-szoftver. Belső publikáció.
- A projekt eredményeinek nyilvános bemutatása**
 IFFK-MMA 2007. szept. 4–6., Budapest
 WSEAS 2007.Tenerife, Spain
 IFFK-MMA 2008. szept. 3–5 Budapest
 MTA 2008. okt. 16.
<http://kitt.bmf.hu/mmaws/2007/>
<http://kitt.bmf.hu/mmaws/>
 AUTÓSZALON 2005–2006. Bp.

Felváltja-e az olajtól való függőségünket a lítium?

Szemerédy László

A technika, technológia mai állása szerint az elektromos gépkocsik akkumulátorának legfontosabb nyersanyaga a lítium. Egyelőre nincs más anyag vagy anyagösszetétel, mely képes lenne versenyezni a lítiumos akkumulátorok viszonylagos kis tömegével, élettartamával, tárolókapacitásával és azzal a tulajdonságával, hogy hidegben és melegben egyaránt működőképes. Minden előnyével együtt ugyanakkor a lítium az, amely egyben az elektromos gépkocsi jövőjét illetően sok aggodalom forrása is.

Egyrészt a kérdés az, hogy rendelkezésre áll-e elegendő lítium a kereslet kielégítésére. A Földön található lítium mennyisége ismeretlen. Az USA Földtani Kutató Intézete szerint 14 millió tonna a kibányászható mennyiség. Washington Nemzeti Kutató Intézete kevésbé szigorú felmérése szerint ez a mennyiség 30 millió tonna. Jelenleg csak Chile és Argentína állít elő lítiumot nagyobb mennyiségben. A nagy lelőhelyek mind Dél-Amerikában vannak, többségükben Bolíviában, ahol a Földön található lítium több mint egyharmada fellelhető. Ezen kívül van lítium Kínában és Ausztráliában. Az USA részesedése a lítiumlelőhelyekből kb. 3%, míg Kanada készlete majdnem elhanyagolhatóan kevés. Ezen mennyiségekre vonatkozó ismereteink, mint már utaltam rá, nem véglegesek. Egy kanadai vállalat, a vancouveri Western Lithium Corporation jelezte, hogy feltárásokat folytat Nevadában, és reméli, hogy a bolíviai ismert mennyiség harmadával egyező mennyiséget lesz képes kimutatni, méghozzá olyan összetételben, melynek feldolgozása és kiaknázása olcsó.

Tudnunk kell, hogy Bolívia, ahol a kitermelés szempontjából a legnagyobb készletek találhatóak, Dél-Amerika legszegényebb országa és nem kimondottan barátságos sem az USA-val, sem a multinacionalista óriásvállalatokkal szemben. A múlt évi amerikai elnökválasztáson a politikusok egyik vesszőparipája volt az USA külföldi olajtól való függősége. Vajon hogy állnának hozzá a szavazók, ha ezt most a külföldi lítiumtól való függőség váltaná fel? Van-e okunk félni, hogy a lítium hiánya, vagy Bolívia mint a lítium Szaúd-Arábiája lesz-e a gátja az elektromos gépkocsira való átállásnak?

Hogy az ellátást illetően tovább fokozzuk a bizonytalanságot, nem minden hozzáférhető lítium bányászható és dolgozható fel a mai módszerekkel gazdaságosan. A lítium három formában fordul elő a természetben: kizsáradt sós tavak medrében lévő nedves agyagban (brine, West Virginia) és vulkáni, a gránit-hoz hasonló kemény kőzetben, a pegmatitban. A torontói TRU Group Inc. szerint, mely magát a világ legkvalifikáltabb lítiumszakértőjének tartja, hozzáférhetően még 100 sós tó van a Földön, mely hozzájárulhat további lítiummennyiséggel az összes készlethez. Meg kell jegyezni, hogy Oroszország készletei továbbra is felderítetlenek. Ami a jelenlegi bányászati és feldolgozási módszerekkel elérhető, azt a lítiummennyiséget 4 és 15 millió tonnára becsülik.

Egyelőre a lítiumtermelők szépen keresnek. Körülbelül a piaci ár egyharmadára kerül kibányászniuk és feldolgozniuk a brinét lítiumkarbonáttá, mely az akkumulátorgyártás alapanyaga. Az

újjonnan bekapcsolódó termelők nem lesznek ilyen szerencsések. Kína lítiumkészlete sziklába van ágyazva és a lítium magnéziummal szennyezett. Bolívia lítiumlelőhelyeihez nincsenek utak kiépítve és hiányzik az infrastruktúra is. Szakértők attól is tartanak, hogy a kibányászott anyag rossz minőségű és kevés lítiumot tartalmaz, esetleg mindkét probléma együttesen áll fenn. Ha azonban a lítium világpiaci ára növekszik vagy a feldolgozás technológiája tökéletesedik, akkor több és több kitermelő hely lesz gazdaságosan üzemeltethető.

Bolívia készletei egyelőre nem politikai játékszerek. Baloldali populista elnöke, Evo Morales egyszerűen ragaszkodik ahhoz, hogy országának előnye származzon a lítiumkészletekből. Talán az akkumulátorgyártás honosítása vagy autó-összeszerelő üzem építése lenne Bolívia haszna. Egyelőre még nincs szerződött partnere, aki invesztálna, bár Japán és Kína remeg, hogy hozzájusson lítiumszükségleteinek a kielégítéséhez, és az USA sem engedheti meg, hogy kiszoruljon erről a piacról.

És vajon nekünk, autós szakembereknek, izgatottan kell-e várunk, hogy az akkumulátorgyártás alapanyag-ellátása hosszú távon megoldódjon?

Talán nem. Egy környezetbarát zéró emissziójú gépkocsi akkumulátora körülbelül 25 kg lítiumkarbonátot igényel. Egy tonna lítiumból 5,3 tonna lítiumkarbonát állítható elő. Figyelembe véve, hogy évente nagyjából 60 millió személygépkocsit gyártanak, akkor kalkulálhatnánk, hogy a jelenleg ismert és megbecsült készletek meddig is lennének elegendőek. Ehhez azonban tudnunk kellene, hogy a gyártók milyen tempóban képesek átállítani termelőberendezéseiket elektromos gépkocsik előállítására, hogy az elhasznált és kiöregedett akkumulátorokból mennyi lítiumot lehet majd újra felhasználni, hogy a lítiumkibányászás – mely jelenleg 100 ezer tonna körüli – milyen ütemben fut majd fel, hogy új kutatásokkal és termelési eljárások fejlesztésével mennyivel több lesz a valós hozzáférhető lítiumkészlet. Ezek a bizonytalanságok nyilvánvalóvá teszik, hogy az elektromos kocsira való teljes átállás nem történik egy szempillantás alatt. Ha figyelembe vesszük, hogy az iparági kutatók becslése szerint 2020-ra a gyártott járművek kb. 20%-a lesz akkumulátorral működő, akkor most még nyugodtan alhatunk, a lítiumkarbonát-ellátás addig az időpontig fedezett. Azt, hogy mi lesz utána, nehéz megjósolni. A technika és a technológia fejlődése addigra a hálózatról feltölthető akkumulátoros járművek koncepcióját túlszárnyalhatja, mely a lítiumtól való függőséget is megszüntetheti.

ELÉG, HA TUDJA, HOL KELL KERESNI!



Rovatokra osztott, naponta
frissülő on-line magazin
a fenntartóipar dolgozóinak



Naprakész tartalom a javítóműhelyek üzemeltetéséhez – a jogszabályok, a rendeletek, a műszaki vizsgák és a zöldkártya körüli újdonságok, extra tartalmak, video-, képgaléria

CSAK ELŐFIZETŐINKNEK:

- ➔ Ön hozzáfér a teljes cikkarchívumhoz ingyenesen előfizetői kódjával
- ➔ A teljes aktuális számot letöltheti akár pdf-ben is!
- ➔ A legtöbb csatolt tartalmat csak Ön érheti el!
- ➔ Előfizetői kódjával egyszerűbben és kedvezményesen rendelhet szakkönyv- és CD-kínálatunkból!
- ➔ Könnyedén és előfizetői kedvezményrel regisztrálhat rendezvényeinkre on-line!
- ➔ Előfizetői kódját hamarosan küldjük Önnek!



↓
Megújult szakkönyv- és CD-kínálat lapozható változatban! Olvasson bele, mielőtt megveszi!



↓
Jelentkezzen rendezvényeinkre on-line!



↓
Az autóipar kifejezéseivel háromnyelvű szakszótár és rövidítésgyűjtemény, magyarra fordított hibakódok, intelligens és gyors keresőrendszerrel



Negyedik alternatív(a) – Beszámoló a IV. Széchenyi Futamról

Nagy Viktor

Kommunikációs és vállalati
kapcsolatok menedzsere,
Széchenyi István Egyetem

Az idei évben április 23–25-én, egy szép tavaszi hétvégén rendezték meg a IV. Széchenyi Futamot. 22 csapat alternatív energiát használó járműve állt rajthoz, majd hangtalan surranással vagy éppen csettegő hanghatással szórakoztatta a közönséget.

Sikeresen zárult az Alternatív Hajtású Járművek Versenye, ismeretebb nevén a Széchenyi Futam, amelyet immár negyedik alkalommal rendezett meg az Alternatív Hajtású Járműsport Szövetség és az INNO-MOBIL Sportegyesület Győrben, a helyi Széchenyi István Egyetem parkolójában, a felsőoktatási intézmény közreműködésével. Sokat fejlődött a szervezés, és végre az idő is kedvezett a rendezvénynek. Csütörtökön történt meg a szakmai zsűri részvételével a gépátvétel, majd pénteken lehetőség volt a kijelölt pálya kipróbálására a szabadedzés keretein belül. Péntek délután kezdődött a show, amikor a nevezett járművek nagy része konvojban gurult át Győr város frekvenciált pontjain – tágra nyílt szemeket vonzva. A szombati nap már csak a versenyzésről szólt 9 órától délután 4-ig: állórajtos, repülőrajtos időmérő, illetve hosszú távú futamok töltötték ki a napot.

A versenykiírás 8 kategóriára bontotta a mezőnyt, hiszen az alternatív közlekedésre számos egyedi és forgalomban használható lehetőség kínálkozik kezdve az elektromos motoroktól, a 3-4 kerekű „kerékpárokon” át, a szériaautó-átalakításokig. Az üzemanyag pedig, ahogy láttuk, lehet levegő/nitrogén, hidrogén, alkohol, hálózati vagy zöld elektromosság; és egyes



EREDMÉNYEK

Hobbi kategória

1. Dr. Joó Antal, „Antibringa V”
2. Hangay Gábor, „PannonRider I”
3. Baki Zsolt, „Páпамobil Mini”

Szériaautó-átalakítás kategória

1. Szirmay Zoltán, „Elektro Tipo”
2. Kozma Éva, „E-porsche”
3. Szilvász Péter, „Elektromos Trabant”

Prototípus kategória

1. Szabó Tamás, „Hy-Go”
2. Gyömbér István, „Szesocar”

Versenyautó kategória

1. Willisits Vilmos, „EPR09”

Motorkerékpár kategória

1. Varsányi Martina, „Espa”
2. Czotter Balázs, „BioR90S”
3. Takács András, „Quantya Evo 1 Strada”

Tanulmányautó kategória

- (I. ultra könnyű osztály)
1. Mészáros Attila, „Pneumococcus09”
2. Szűcs László, „Tücsök”

Tanulmányautó kategória

- (II. középsúlyú osztály)
1. Csíky Gergő, „CarManT”
2. Seres Szabolcs, „Hupercar II”
3. Vogel Miklós, „Nitromobil”

Szériaautó kategória

1. Debreceni Dániel, „REVA”

KÜLÖNDJÁK

A legötletesebb jármű

Szűcs László, „Tücsök”

A leginnovatívabb jármű

Szabó Tamás, „Hy-Go”

Kozma Benedek-vándorkupa

Szirmay Zoltán, „Elektro Tipo”

Honda Insight tesztétvége

Szabó Tamás, „Hy-Go”



esetekben az emberi erő, amely mozgásba hozza a csodabogarakat.

A „bringások” a könnyűszerkezetes építésmóddért és az egészségmegőrzés melletti, bujtatott reklámjukért voltak szerethetők, míg a szériaautó-átalakítások teszik hihetővé, hogy valaha elektromos hajtású járművekkel fogunk közlekedni. Fejlesztési csemegének számítottak az egyre nagyobb számban megjelenő pneumatikus járművek, melyek képesek diák-tanár csapatokat egyedi konstrukciók tervezésére és megépítésére készíteni. Hajrá! Ez a lényege ennek a versenynek.

Meglepetést okozott a működő tüzelőanyag-cellával (TC) felszerelt Hy-Go tricikli. Egy lelkes csapat képes Magyarországon is járműben használható TC-t fejleszteni, kíváncsivá téve a szakembereket: mégsem távoli a vizet kipufogó autót?! Az is látszott a mezőnyből, hogy néhány távol-keleti jármű már gyakorlatilag képes ostromot indítani benzines társai ellen. Nagyon

jól szerepeltek az elektromotorok is, a legérdekesebb talán a villamos krosszmotor volt, de a hibrid Vespa is tarolt.

A Széchenyi Egyetem színeiben, szokás szerint, több jármű is érkezett. Sajnos a SZENERGY Team új napelemes kocsiján még lázasan folyt a munka, de a tavalyi és a 2007-es járművekkel rótták a köröket, amíg tudták. Az EPR09, ezúttal saját kategóriában is diadalmaskodott a gyorsasági futamokon, és a hosszú távú versenyrészt is kiváló eredménnyel sikerült teljesítenie – 1 óra alatt 55 kört tett meg.

Természetesen a boxutcában figyelemmel kísérhettük, hogy néhányan folyamatosan szereltek, mások pedig tökéletesítették, finomhangolták járműveiket. Az egyórás körözés alatt pedig, akár a Formula-1-ben, sorba álltak ki a járművek palackot cserélni, akkutöltöttséget ellenőrizni, a pályán előjött hibákat pillanatokon belül orvosolni. Senkinek sem volt izgalommentes ez a pár óra, pont ezért kihívás a nevező csapatoknak a futam.

Shell Eco-marathon 2009

Szauter Ferenc

Széchenyi István Egyetem
Közúti és Vasúti Járművek
Tanszék

Idén teljesen újonnan fejlesztett járművel indult a Széchenyi István Egyetem csapata a németországi Lausitz Eurospeedway-en megrendezett Shell Eco-marathonon. Az alapkoncepció maradt, napele-
mes energiátáplálás, oldalanként egy-egy villamos szervomotor a hátsó tengelyen.

A VERSENYRŐL

A Shell szakított az utóbbi években jól bevált nogarói versenypályával (Franciaország) és a többi európai csapat részvételét is segítve elköltöztette az Eco-marathont Németországba, a Lausitz Eurospeedway-re. Ahogyan a fotók is bizonyítják, ez a motorsportkomplexum méreteiben és korszerűségében felülmúlja hazai büszkeségünket, a Hungaroringet. Előző évi sikerünket idén egy a boxutcában biztosított garázzsal honorálták, ahol teljes koncentráció mellett tudtunk készülni a 3 futamra.

A Formula-1 szintű szervezés sajnos csak a kedvező időjárást nem tudta biztosítani, megmérgetéseinket végigkísérte a borús-esős idő, mely időnként viharos széllel párosult.

A tavalyi beszámolónkban már bemutattuk a versenyt, de most pár gondolatban ismertetjük azoknak, akik még nem hallottak az energetikai cég által főszponzorált versenyről. Idén is kétszáz csapat indulhatott, európai, keleti és távolkeleti országok közép- és felsőoktatási intézményeiből válogatták ki a két szűrőn is megfelelt csapatokat. Természetesen a SZEenergy Team kvalifikációját nagymértékben segítette a tavalyi kategóriagyőzelem és elismerés. A mezőny prototípus és városi kategóriára bontható, melyekben a különböző energiaforrásokkal működő járműveket úgy hasonlítják össze, hogy az elfogyasztott energiákat átszámolják 95-ös oktánszámú üzemanyagnak megfelelő értékre. A benzin, gázolaj, földgáz, hidrogén, etanol hajtotta járművek rangsorolásánál kihirdetik, melyik csapat hány km-t tudna megtenni 1 liter 95-ös oktánszámú benzinnél. Nem így van ez a solar kategóriában, ahol ugyanis azt figyelik, hogy milyen arányban van a haladás érdekében elfogyasztott és a napelemekből nyert energia. A mérésre speciálisan erre a célra kifejlesztett joule-métereket használnak, egyet a napelem körébe, egyet pedig a villamos motorok áramkörébe csatlakoztatnak. Itt jegyezném meg a napelemes kategória egyik legkeményebb előírását, miszerint az időkorláton belül megtett futam csak akkor tekinthető érvényesnek, ha a fogyasztási mér-

leg pozitív, tehát célbaérkezéskor a jármű akkumulátoraiban több energiának kell lenni, mint elindulásakor.

A SZENERGY CAR

Az idei karosszéria felépítését tekintve formavilágban, illetve az önjáró alumíniumötvözet vázban hasonlít a korábbi modellre. Utóbbi tömegét pontosan felére sikerült csökkenteni korszerűbb, magnéziummal jobban ötvözött alapanyagokkal.

A jármű lelkét az energiaellátó és a hajtási rendszer alkotja. A tetszetős karbonkompozit anyagot több mint 7 négyzetméternyi napelem borítja. A 2008-as SZEsocar modellhez képest ez több mint 1 négyzetméternyi felületnövelést jelent, úgy hogy az új fejlesztésben már az összes tábla a jobbik, Németországban beszerezhető 17%-os monolitikristályokból épült. Az „energiagyűjtő táblák” elhelyezése, felépítése első szemléletre teljesen hasonló az előző évihez, de ha közelebbről megvizsgáljuk, látni lehet a különbséget. A villamos töltési rendszer három párhuzamos körből épül fel, melyeket egyenként 102 cella alkot. A cellák sorba kötve összesen 52 V névleges feszültséget biztosítanak, a villamosan kapcsolódó cellák mindhárom kör esetén, az autó oldalán, hátfalán, „motorháztetején” és a tetőn helyezkednek el. Ahogyan azt a cím is jelezte, a verseny alatt rengeteg tapasztalatot gyűjtötünk. Sajnos a fejlesztési idő szűkében már csak Németországban tudtunk tesztelni, ahol is kiderült, hogy a sorba kötött, függőleges karosszériaelemeken elhelyezett cellák fojtásként szerepelnek mindhárom napelemkörben. Az előírásoknak megfelelően 2009-ben már nem engedélyezték az ultrakapacitás használatát, energiátárolóként 4 db sorba





A SZENERGY TEAM

Csapatvezető:

Dr. Varga Zoltán – egyetemi docens, PhD

Csapatmenedzser:

Szauter Ferenc – tanszéki mérnök

Segítő tanárok:

Dr. Szénási István – főiskolai docens –

[napelemek, villamos hajtási rendszer]

Lőrincz Illés – egyetemi tanársegéd – [villamos kivitelezés]

Hegedűs Imre – laborvezető – [kivitelező]

Polák József – tanszéki mérnök – [kivitelező, hegesztéstechnika]

Konstruktőrök:

Czeglédi Dávid – karosszéria, váz

Deres Ádám – pilóta, villamos meghajtás

Erdei Attila – honlapszerkesztő, fotós, informatikus

Gyömbér István – pilóta, fékrendszer

Homlok Péter – kormánymű, futómű

Horváth Ádám – motorvezérlés-töltésoptimalizálás

Kocsis Péter Zoltán – karosszériaoptimalizálás

Kövi Tamás – diagnosztika és kijelzők

Molnár István – villamos meghajtás

Nagy Balázs – futómű

Pados Péter József – karosszéria-látványterv

Pócs Ervin András – fékrendszer

Pup Dániel – aktív-passzív biztonsági berendezések

Willisits Vilmos – fékrendszer

Zeitler Álmos – számítógépes vezérlés, diagnosztika

A kétkörös hidraulikus fékrendszer gokart- és kerékpár-alkatrészekből került összeszerelésre. Megjegyezném, hogy Willisits Vilmos idén már nemcsak szponzorként szerepelt, hanem mint egyetemünk MSC járműgépész hallgatója aktívan részt vállalt a csapatmunkában, mind a fékrendszer, mind a villamos rendszer hibátlan működését neki köszönhetjük.

EREDMÉNYEK

Elsődleges eredmény, hogy a Széchenyi István Egyetem Közúti és Vasúti Járművek Tanszékén bevezetett gyakorlati oktatást erősítő, projektfeladatokat előnyben részesítő módszer bizonyítottan működik. 15 fő kiváló mérnökhallgató csapatban dolgozik, tervez, kivitelez, műszaki problémákat old meg, majd a közös produktumot nemzetközi viszonylatban is megméretteti. Így sikerül teljesíteni az oktatás két legfontosabb mozzanatát, a motivációt és a sikerélményt.

A verseny tekintetében a jó körülmények ellenére nem tudtunk minden versenykiírásnak eleget tenni. A fátolyfelfűzés időjárásnak köszönhetően, nem sikerült a pozitív energiamérleg, így kategóriánkban nem hirdettek eredményt. Fontos megjegyezni, hogy az Urban Solar kategóriában abszolút technikai győztesek lettünk, ugyanis mi fogyasztottuk a legkevesebb energiát a napelemeinkkel visszatöltött energiához képest (egész pontosan 88,9%-ot visszatápláltunk). Továbbá mind a három futamot technikai hiba nélkül tudtuk teljesíteni, ez is jelzi az ideai konstrukció erősségét. A másik, amit még fontos hangsúlyozni, hogy az energiafogyasztásunkat átszámolva – a többi energiakategóriához hasonlóan – 1 liter 95-ös oktánszámú benzinnel 2228 km-t tudtunk volna megtenni, és ez az Urban Concept kategóriában abszolút rekord lenne. Reméljük, hogyha az időjárás is hozzájárul, a 2010-es maratonon már csak pozitív energiamérleges futamok hírével szolgálhatunk ezen különleges technikai sport közönségének!

A fejlesztéssel nem állunk meg, az összegyűjtött tapasztalatok már új megoldásokat szültek a tervezők fejében. Szponzorainkkal, tanácsadóinkkal folyamatosan tartjuk a kapcsolatot, ezáltal meg is köszönöm a rengeteg támogatást, melyet az egyetemi vezetés, tanszékvezetőnk, dr. Nagy Vince, Sáhó Árpád és még sokan mások nyújtottak! Köszönjük a szurkolást és a sok napsütéssel kapcsolatos jókívánságot!

kötött hagyományos motorkerékpár-akkumulátort alkalmaztunk (egyenként 7,2 Ah). A villamos energia visszatöltésére az akkumulátorok töltési sajátosságai miatt egyedi töltésvezérlőt kellett beépíteni, mely a töltési feszültséget (52 V) a napelemkörökön mért potenciálkülönbségtől (0–53 V) függetlenül tartani tudta. A tömegcsökkentés érdekében a kormányzásnál Homlok Péter jól bevált orsós kormánymű megoldását alkalmaztuk, míg a futóműnél erősen ötvözt nagy szilárdságú alumíniumot használtunk.

A Shell személyautó-jövőképe 2030-ig

Onódi Gábor
X-Meditor Kft.

A Shell már hosszú ideje a mobilitás jövőjével foglalkozik. Legutóbb 2004-ben adta ki személyautó-jövőképét. Az idei kiadás már a 25. a sorban, melyet egyrészt a folytatódó demográfiai változások, másrészt a fenntartható autómobilitás jellemez. A Shell jövőképe főleg Németországra összpontosít, ahol már 1958 óta figyelik a motorizációt. A jövőkép(ek) célja a hosszú távú trendek és a kutatás-fejlesztés vizsgálata. Pontosabban annak bemutatása, milyen hatással lesznek a demográfiai változások a mobilitásra.

AUTÓTULAJDONOSOK, MOBILITÁS ÉS KÖZLEKEDÉS

Németország fejlett autós nemzet, az 1000 főre jutó személyautók száma nagyon magas, csak az Egyesült Államok előzi meg ebben az összevetésben, még Japán is mögötte marad (1. ábra). A személyautó messze a legelterjedtebb közlekedési eszköz. A személyautó-flotta is egyre nagyobb, és a jövőben is nőni fog. A személyautókkal megtett út hossza egyre több, a növekvő energiaárak ellenére is. Mindeközben Németország lakosainak száma stagnál, sőt kismértékben csökken. 2030-ig (eddig készítette el a Shell a személyautó-jövőképet) az ország lakosainak száma 3,7 millióval, 78,5 millió főre fog csökkenni. A 65 év feletti aránya ugyanakkor 20%-ról 28%-ra fog nőni, a 20 év alattiaké pedig 19%-ról 16%-ra csökken.

Folytatódik az autós emancipáció: a nők körében az 1000 főre jutó személyautók száma a mostani 340-ről 2030-ra 430-ra fog nőni, ami a férfiak motorizációjának 60%-át jelenti. Mindeközben a férfiak körében az 1000 főre jutó személyautók száma 700 körülről csak kismértékben, 715-re fog nőni (2. ábra). A korcsoportok szerinti megoszlást vizsgálva szembetűnik, hogy az egyes korcsoportok motorizációs foka az évek során egyre nagyobb lesz. Hatványozottan igaz ez az 50 év feletti nőkre és a 65 év feletti férfiakra. Ezzel szemben a 18–29 éves és a 30–39 éves korcsoportok motorizáltsági foka csökkenni fog mindkét nemnél. A Németországban forgalomban lévő személyautók száma a jelenlegi 47 millióról 2030-ra 49,5 millióra fog nőni, az 1000 főre jutó autók száma pedig ennek megfelelően 570-ről 630-ra nő majd. Ehhez évi 3–3,5 millió új személyautó eladására van szükség. A motorizáltsági fok növekedésével az átlagos megtett út autónként a jelenlegi 12 500 kilométerről 11 900 kilo-

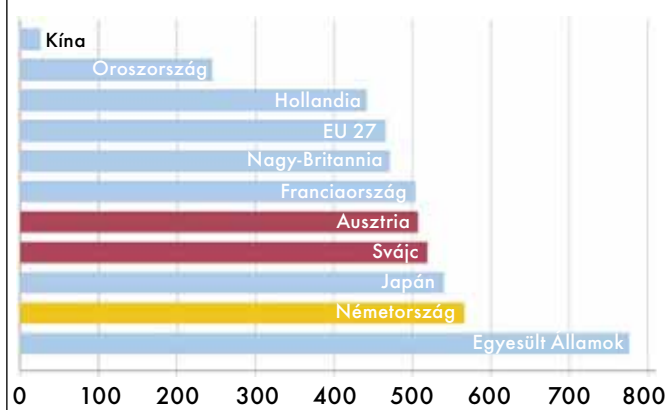
méterre fog csökkenni. A teljes személyautó-állomány által megtett út azonban 588 milliárd mérföldről 595 milliárdra nő 2020-ra, 2030-ra viszont újra visszaesik 590 milliárdra. Ennek 35%-át már az 50 év feletti fogják megtenni – 1995-ben még csak 23% volt ez az arány. A német autópiacon marad a legjelentősebb az Európai Unióban még akkor is, ha az éves újautó-eladások alig nőnek. A nők és az idősebb tulajdonosok egyre nagyobb jelentőségével, a kisebb háztartásokkal, kevesebb gyerekkel és fiatalokkal az autópiacon szükségletek is meg fognak változni az autók használata, a biztonság és a kényelem, és a mindennapi közúti közlekedés tekintetében. A motorizáltsági fok és a megtett út kismértékű növekedésével nőnek az infrastruktúrával szemben támasztott követelmények is.



AUTÓK ÉS A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS

Németország energiafogyasztásából 11%-kal részesül az autóhasználat, a CO₂-kibocsátásból pedig 14%-kal. Az uniós és Németország energia- és környezetvédelmi politikájának célja, hogy fenntarthatóbbá tegye a mobilitást az autók energiahatékonyságának növelésével, a tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésével, nagyobb arányú alternatív tüzelőanyag-felhasználással,

1000 lakosra jutó személyautók száma
nemzetközi összevetésben (2006)

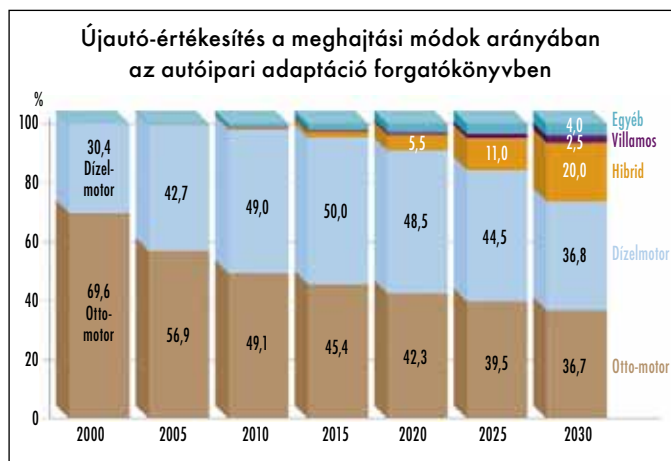


1. ábra

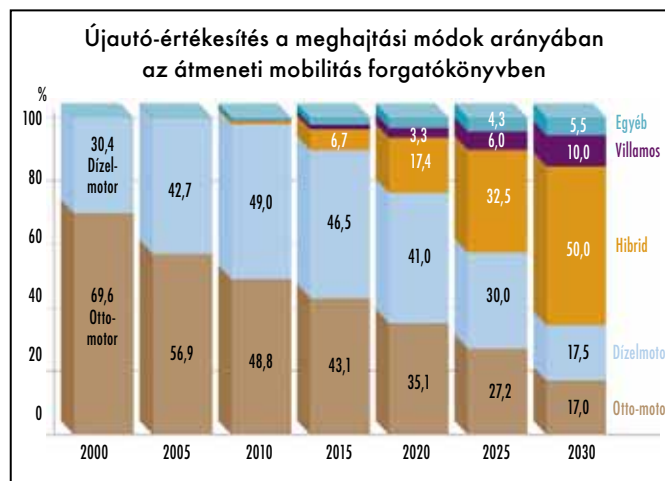
1000 lakosra jutó személyautók száma,
korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban

	2000		2005		2010		2015		2020		2030	
	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő	Férfi	Nő
15–29	318	318	278	320	344	345	333	316	317	333	313	321
30–39	450	480	820	810	802	814	784	836	779	833	778	830
40–49	1.813	921	1.023	812	1.032	938	1.037	884	1.088	900	1.008	921
50–59	1.204	480	1.124	807	1.134	821	1.118	800	1.111	798	1.103	798
60–64	943	278	898	383	1.011	809	1.008	339	987	391	974	808
65+	723	127	816	188	827	327	882	544	839	268	873	394
Összesen	478	784	491	805	787	704	718	790	730	815	714	818

2. ábra



3. ábra



4. ábra

és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével. Németországban az autók átlagos CO₂-kibocsátása az 1990-es évek vége óta folyamatosan csökken. A 2030-ig tartó időszakra a Shell szakemberei két különböző jövőképet dolgoztak ki. Az egyiket „autóiipari adaptációnak” nevezték el, és arra alapoz, hogy a jelenlegi trendek tovább folytatódnak. A másik jövőkép neve „átmeneti mobilitás”, amely szigorúbb környezetvédelmi és fenntartható fejlődésbeli célokkal számol.

Az autóiipari adaptáció jövőképe csak alapvető technológiai változásokat valószínűsít. Eszerint a jelenlegi hajtási és tüzelőanyag-technológiák maradnak dominánsak. A dízelek térnyerése folytatódik, bár kisebb mértékben, mint eddig. A jövőképe szerint 2030-ban a hibrid hajtású járművek részaránya az újautó-eladásokból még mindig csak 20% lesz, de még ennél is kisebb lesz a villamos (2,5%) és az egyéb (főként bio tüzelőanyag) hajtású járművek részesedése (3. ábra). Eközben a forgalomban lévő járműállomány átlagfogyasztása 7,8 literről 6,1 literre fog csökkenni 100 kilométerenként.

Az átmeneti mobilitás jövőképe ezzel szemben felgyorsult technológiai fejlődéssel, valamint átgondolt közlekedési, energia- és környezetvédelmi politikával számol. Ennek eredménye az alternatív tüzelőanyagok és hajtási módok gyorsabb elterjedése az újautó-értékesítés által. Az előző jövőképhez hasonlóan 2020-ig itt is a dízelek lesznek előtérben. Ennél nagyobb változást jelent azonban a nagyfokú hibridizáció – 2030-ra minden második eladott új autó hibrid lesz a jövőképe szerint, ami több, mint a benzines és dízelautók együttes részaránya (4. ábra). Ezzel párhuzamosan a hagyományos hajtási módok fejlesztése is folytatódik, tüzelőanyag-fogyasztásuk pedig gyorsan csökken. Ebben a jövőképben már a bio tüzelőanyagok is nagyobb szerepet kapnak. A villamos autók részaránya az újautó-eladásból eléri a 10%-ot. Bár

az újonnan eladott személyautóknak csak mintegy harmadát fogják kitenni a hagyományos hajtású járművek 2030-ban, az autók 85%-a még így is a belső égésű elven fog működni, ide számítva a benzineseket, a dízeleket és a hibrideket. A forgalomban lévő járműállomány átlagos tüzelőanyag-fogyasztása 7,8 literről 5,2 literre fog csökkenni 100 kilométerenként.

KONKLÚZIÓ

A Shell első ízben le is tette a voksát az egyik jövőkép mellett. Az átmeneti mobilitás jövőképet találták kedvezőbbnek, ez jobban szolgálja a mobilitás fenntarthatóságát, de nagyobb kihívást is jelent az autóiipar szereplőinek. Az autózás forradalmasítása azonban nem megy az egyik pillanatról a másikra. Egy személyautó átlagos statisztikai élettartama 13–15 év. Vagyis a mostani, 2009-es forgalomban lévő járműállomány egészen 2020-ig jelentős hatással lesz Németország mobilitására – figyelembe véve az alternatív hajtású új autók eladási darabszámait is. Azt sem szabad elfelejteni, hogy az alternatív technológiák még mindig nagyon drágák, és még mindig sok fejlesztésre van szükség. Ehhez pedig stabil keretfeltételekre van szükségük a gyártóknak és beszállítóknak.

Napjaink energia- és mobilitási rendszereinek átalakítása megerőltető és komplex feladat. Mindennél fontosabb, hogy a szükséges intézkedéseket mielőbb megtegyük, az autósok millióinak bevonásával, az autóiipari szereplők (autógyártók, tüzelőanyag-fejlesztők, a kormányzat és az üzleti szektor) közötti együttműködéssel. A globális környezeti problémákat ugyanis csak globális cselekvéssel lehet megoldani.

A Shell jövőképei teljes terjedelemben, német nyelven letölthetők a következő címről: www.shell.de/pkwszenarien.



Robert Bosch GmbH

Autoelektrik / Autoelektronik

Autóelektromosság / Autóelektronika
5., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2007, 530 oldal, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

Az autóelektromosság / autóelektronika viharos fejlődése nagymértékben befolyásolta az Otto-motorok és az egész autó felszerelését. Ezért szükség lett az eddig bevált gyakorlati alapelvek újrafeldolgozására. Modern fényszóró-berendezések, lopásgátló rendszerek, információs, navigációs és parkolórendszerek kerültek ebbe a kiadásba.

Jörg Schäuffele, Thomas Zurawka



Automotive-Software-Engineering

Autóipari szoftvertechnika – Alapelvek, folyamatok, módszerek és eszközök
3., átdolgozott és javított kiadás, 344 oldal, 277 ábra, német nyelven.

Ára: 41,90 EUR

Napjainkban a gépjárművek szinte minden funkcióját elektronikusan irányítják, szabályozzák vagy felügyelik. Ez a könyv azon folyamatok, módszerek és eszközök alapelveit tartalmazza gyakorlati példákon keresztül, melyek hozzájárulnak egy jármű elektronikus rendszereinek és szoftverjeinek kezeléséhez. Az előtérben a hajtómű, a futómű és a karosszéria elektronikus rendszerei állnak.



Robert Bosch GmbH

Kraftfahrtechnisches Taschenbuch

Gépjármű-technikai zsebkönyv
26., aktualizált és kibővített kiadás, 2007, 1192 oldal, német nyelven.

Ára: 39,90 EUR

A gépjármű-technikai zsebkönyvnek már 7 éve biztos helye van az autószerelő műhelyekben és az íróasztalokban. Könnyen kezelhető zsebkönyvként, kompakt adalékokkal megbízható betekintést nyújt a gépjárműtechnika aktuális állásába, központi helyen a személy- és teherautó-technikába.



Bert Breuer, Karlheinz H. Bill

Bremsenhandbuch

Fékkézikönyv – Alapelvek, komponensek, rendszerek, menetdinamika
3., javított és kibővített kiadás, 2006, 509 oldal, 605 ábra, német nyelven.

Ára: 51 EUR

Az autóipari mérnököknek és technikusoknak elengedhetetlenül fontos a modern gépjármű-fékszerkezetek részletes ismerete. A fékkézikönyv átfogóan tartalmazza az alapelveket, követelményeket, értelmezéseket, szerkezeti felépítéseket, konstrukciókat, komponenseket és a modern gépjárművek részrendszer-funkcióit.



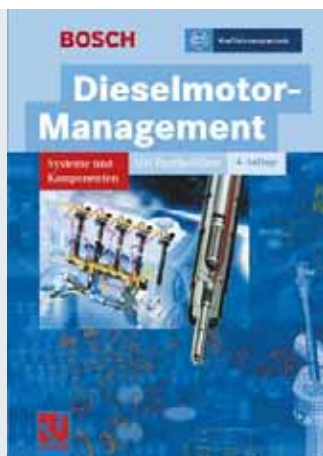
Richard van Basshuysen, Fred Schäfer

Lexikon Motorentechnik

A robbanómotor A-tól Z-ig – Motorteknikai lexikon
2., javított és kibővített kiadás, 2006, 1096 oldal, 1764 ábra, német nyelven.

Ára: 108 EUR

A lexikon részletesen bemutatja az aktuális motorteknikát, és kitekint a jövőbe is. A könyv kereszthivatkozásokból álló rendszere minden fogalmat a fő fogalmakhoz rendel. Így a címszavak nem különállóak, hanem egymással összefüggő tartalmat alkotnak. A 4500 fogalom a motorteknika teljes területét felöleli.



Robert Bosch GmbH

Dieselmotor-Management

Dízelmotor-menedzsment – Rendszerek és részegységek
4., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2004, 501 oldal.

Ára: 44,90 EUR

A dízelmotor és a befecskendezőberendezés elválaszthatatlan egységet alkotnak. Az elektronikának egyre nagyobb szerepe van abban, hogy az autó teljesíteni tudja az egyre alacsonyabb károsanyag-kibocsátási és üzemanyag-fogyasztási követelményeket. Ez a szakkönyv kompetens és széles körű információkat nyújt a témáról.



Robert Bosch GmbH

Fachwörterbuch Kraftfahrzeugtechnik

Gépjármű-technikai szakszótár
3., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2005, 779 oldal, német, angol, francia és spanyol nyelven.

Ára: 49,90 EUR

Kb. 7600 gépjármű-technikai szakszó. Forrásnyelv alapján rendezhető, míg a másik három nyelv lesz a célnyelv. Mindenki számára fontos lehet, akik a nemzetközi üzleti életben beszédkepesek akarnak maradni. A 3. kiadásban a tudásterületet kibővítették, és hozzáigazították a Gépjármű-technikai zsebkönyv terjedelméhez.



Hans-Hermann Braess, Ulrich Seiffert

Handbuch Kraftfahrzeugtechnik

Gépjármű-technikai kézikönyv
5., teljesen újrafeldolgozott és kibővített kiadás, 2007, 923 oldal, 1127 ábra, német nyelven.

Ára: 92 EUR

A gyakorlati és elméleti gépjárműmérnököknek szükségük van a járműtechnika alapelveihez és részleteihez, valamint a lényeges kapcsolódó ipari folyamatokhoz való gyors és biztos hozzáféréshez. A kézikönyv célja olyan információk szisztematikus összefűzése, melyek egymástól teljesen eltérő forrásokból származnak.



Richard van Basshuysen, Fred Schäfer
Handbuch Verbrennungsmotor
Robbanómotor kézikönyv – Alapelvek, komponensek, rendszerek, perspektívák 4., átdolgozott és kibővített kiadás, 2007, 1032 oldal, 1556 ábra, német nyelven.

Ára: 99 EUR

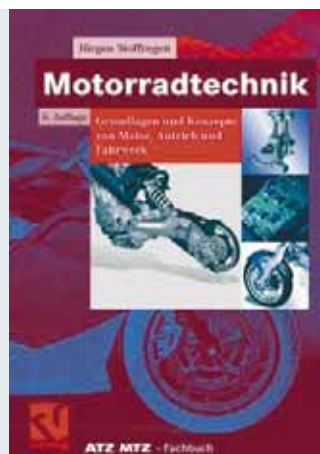
A Robbanómotor kézikönyv átfogó ismereteket nyújt az Otto- és dízelmotorokról. Tudományosan szemléletes módon és ezzel egyidejűleg gyakorlatorientáltan mutatja be a szakterület alapelveit, komponenseit, rendszereit és perspektíváit. Az elméleti és gyakorlati tudásanyag mintegy 120 szerzőtől származik.



Richard van Basshuysen
Ottomotor mit Direkteinspritzung
Otto-motor közvetlen befecskendezéssel – Alapelvek, rendszerek, fejlesztés, potenciál 2., javított és kibővített kiadás, 2008, 457 oldal, 399 ábra, német nyelven.

Ára: 49 EUR

A közvetlen befecskendezésű Otto-motor egyre nagyobb jelentőségre tesz szert. Fejlesztésében még nagy potenciál rejlik, gondoljunk csak a teljesítmény és a nyomaték növelésére, párhuzamosan az üzemanyag-fogyasztás csökkentésével és a károsanyag-kibocsátás minimalizálásával.



Jürgen Stoffregen
Motorradtechnik
Motorkerékpár-technika – A motor, a hajtás és a futómű alapelvei és koncepciói 6., átdolgozott és kibővített kiadás, 2006, 437 oldal, 357 ábra, német nyelven.

Ára: 28,90 EUR

A szerző könnyen érthetően és gazdag képanyaggal szólítja meg a műszaki dolgok iránt is érdeklődő motorosokat. A nehéz matematikai levezetések elhagyásával és a szemléltető összefüggések bemutatásával a könyv egy kincsesháza azoknak, akik többet szeretnének tudni, mint amennyi a használati utasításban áll.



Erich Hoepke
Nutzfahrzeugtechnik
Haszonjármű-technika – Alapelvek, rendszerek, komponensek 5., átdolgozott és bővített kiadás, 2008, 509 oldal, 579 ábra, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

Ez a kiadvány egy alapvető szakkönyv stílusában bemutatja az összes jelentős építési módot, formát és komponenst. A klasszikus konstrukciós tanítások, az örökvényű menetmechanika és termodinamika mellett a könyv bemutatja a legújabb fejlesztéseket, figyelembe véve az elektronikus rendszereknek a hajtásra és a fékezésre gyakorolt befolyását.



Otto-Peter A. Bühler
Omnibustechnik
Autóbusz-technika – Történelmi járművek és az aktuális technika. 342 oldal, 2000, német nyelven.

Ára: 39,90 EUR

Az autóbuszok már kezdettől fogva robusztus, megbízható és kényelmes személyszállító járműveknek számítottak, eltérő számú ülőhellyel. A múlt autóbuszait az 1. részben mutatjuk be, minden olyan leírásukkal együtt, melyből a specializálódásukra fény derül. A könyv második részében az autóbuszok műszaki fejlesztésének magas színvonalát mutatjuk be konkrét, aktuális példákon keresztül.



Erhard Fötzer
Verbrennungsmotoren
Robbanómotorok – Motormechanika, a dugattyús motorokra vonatkozó számítások, értelmezések 5., javított és kibővített kiadás, 2009, 534 oldal, 313 ábra, német nyelven.

Ára: 64,90 EUR

A dugattyús motorok mozgó és mozdulatlan alkatrészei statikus és dinamikus igénybevételnek vannak kitéve, melyek a mechanika törvényeit követik. Ez a könyv az egyes motorkomponenseket a hozzá tartozó számításokkal együtt mutatja be. Számos praktikus magyarázat mellett a könyv az anyag- és gyártási eljárás fejtegeti, valamint bemutatja hatásukat a konstruktív kialakításra.



Bokor József, Gáspár Péter
Irányítástechnika járműdinamikai alkalmazásokkal

Terjedelem: 288 oldal

Kiadó: Typotex Kiadó

Ára: 3500 Ft/db + postaköltség

A könyv az irányításelmélet és az irányítástervezés, valamint a megvalósítás kérdéseivel foglalkozik. Az elméleti és módszertani kérdéseken túl kiemelt alkalmazási területként a földi és légi járművek, valamint kisebb mértékben ezek forgalmi folyamatainak modellezését és irányítását tárgyalja. A bemutatott elmélet és módszertan alkalmazását számos példa, a könnyebb áttekinthetőséget pedig külön ábra- és példajegyzék segíti.

További információk a könyvekről és a megrendelés módjáról:

X-Meditor Kft.
Autóinformatikai üzletág

9002 Győr, Pf. 156

Tel.: 96/618-083.

Fax: 96/618-063.

E-mail: at@xmeditor.hu

A Daimler AG és a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem közös oktatási programja

Balvin Nándor
formatervező, a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem doktorandusza, a Kaposvári Egyetem KSZI munkatársa

2009-ben a Daimler AG (korábban: DaimlerChrysler) és a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem új fejezetet kezdtek együttműködésükben. Prof. Scherer József mutatta be lapunknak az elmúlt időszak eredményeit és ismertette benyomásait, tapasztalatait, majd vázolta a Daimler és az egyetem elképzeléseit a jövőre vonatkozóan.

In 2009 Daimler AG (earlier: DaimlerChrysler) and the Moholy-Nagy University of Art and Design are turned a new leaf in their cooperation. Professor József Scherer presented the results of the past period for our journal, and expounded his impressions and experiences. Afterwards demonstrated the university's and the Daimler's visions of the future.

A MOME (Moholy-Nagy Művészeti Egyetem) Formatervező Tanszéke és a Daimler AG (korábban: DaimlerChrysler) együttműködésének kronológiája:

2001. SZEPTEMBER

Prof. Stefan Lengyel, a MOME Formatervező Tanszék vezetője, prof. Herald Leschke, a DaimlerChrysler Advanced Corporate Design vezetője, prof. Peter Pfeiffer, a DaimlerChrysler Mercedes Design vezetőjének közös megállapodása az együttműködésről.

2002

Feladat: műszerfal tervezése a Mercedes G-Klasse off-road terepjáró számára, visszafogott, tradicionális megfogalmazásban, de a tartósság, megbízhatóság jegyében.



1. ábra: Németh Gábor



2. ábra: Sziptner Gergely

2003

Feladat: moduláris felépítésű, üzemanyagcellás haszongépjármű tervezése, különböző szolgáltatók számára. A felhasználás szerinti munkafolyamatok elemzése után fülke tervezése, cserélhető elemek létrehozása.



3. ábra: Sass T. Viktor



4. ábra: Wittinger Csaba



5. ábra: Hartai Tamás

Feladat: biztonsági busz tervezése, hagyományos gyártási technológiákra. Kíváncsi vagyok, hogy az innovatív elemek hangsúlyának fokozása oly mértékben, hogy azok a biztonság érzetét keltsék a felhasználókban.



6. ábra: Sass T. Viktor



7. ábra: Vető Péter



8. ábra: Stunya János

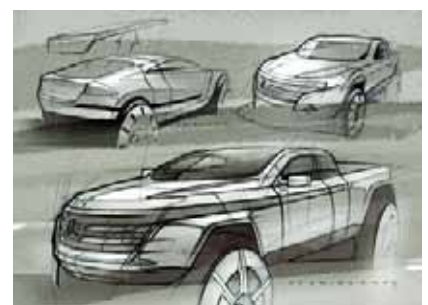
„A design varázsa” című kiállítás az Iparművészeti Múzeumban.

2004

Feladat: pickup haszongépjármű tervezése, amely alkalmas legyen szabadidős autóként történő felhasználásra is.



9. ábra: Sass T. Viktor



10. ábra: Németh Gábor



11. ábra: Németh Gábor

2005

Feladat: Michelin Design Challenge/Detroit trendteremtő divatjármű tervezése, kaliforniai célközönség számára. Kíváncsi: alternatív üzemű meghajtás beépítése.



12. ábra: Huszár András

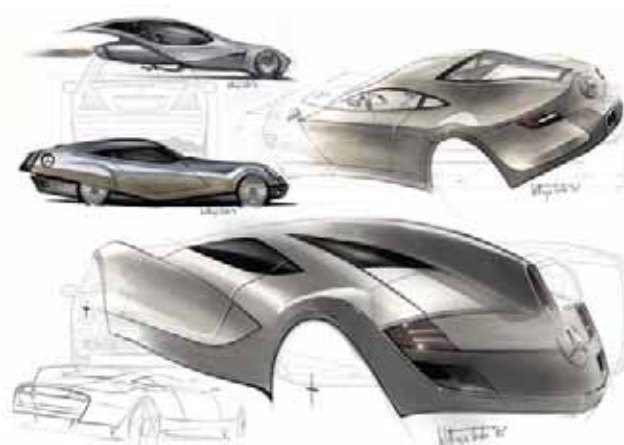


13. ábra: Hartai Tamás



14. ábra: Sass T. Viktor

Feladat: crossover új típus tervezése, amely illeszkedik a Mercedes termékcsoportába, de előrevetíti a két generációval későbbi kibocsátású járművek lehetséges designfejlesztési irányvonalát.



15. ábra: Wittinger Csaba



16. ábra: Szabó Levente



17. ábra: Lakatos István

2006

Feladat: Future Road Transport 2020. A várható teherforgalom növekedését kiszolgáló új szállítóeszközök tervezése. Kíváncsi: a rakodási folyamatok a lehető legegyszerűbbek legyenek, a járműveket többcélúan lehessen alkalmazni. A feladat megoldása során különös hangsúlyt kapjon a vezetőfülke kialakítása.



18. ábra: Malakuczi Viktor



19. ábra: Bíró Tibor



20. ábra: Nagy Máté

2007

Feladat: kételtű jármű tervezése, új járműkategória létrehozása olyan korszerű anyagok alkalmazásával, melyek eredményeként a formai kialakítás mentes az ebben a kategóriában megszokott, megjelenési sztereotípiáktól.



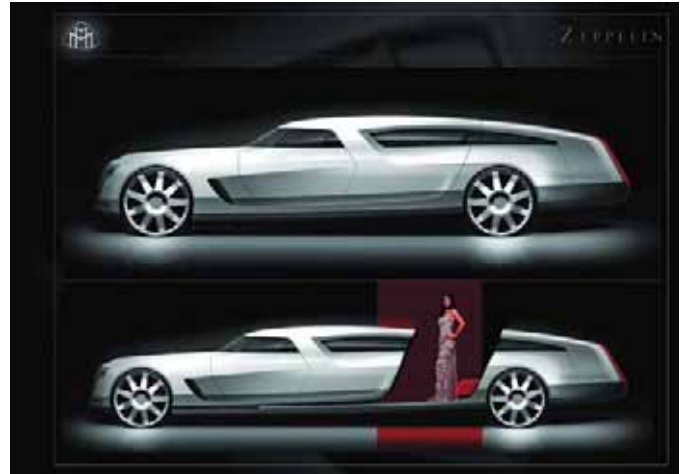
21. ábra: Sass T. Viktor



22. ábra: Sass T. Viktor

2008

Feladat: Mercedes S-Klasse formatervezése. A legmagasabb luxuskategóriát képviselő járműosztály designjának kialakítása, előre vetítve a két generációval későbbi lehetséges formavilágot.



23. ábra: Németh Gábor



24. ábra: Németh Gábor



25. ábra: Iglói-Nagy Péter

2009

Feladat: Low Budget (alacsony költségvetésű), jelenleg még nem létező Mercedes személyautó kategória formatervezése. Célközönség: kelet-európai vásárlók.

A Daimler AG (korábban: DaimlerChrysler) céggel történő együttműködésnek nemrég új fejezete kezdődött. A közös munka folytatását nagyszabású sajtótájékoztató keretein belül ismertette a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Formatervező Tanszéke. Az eseményről prof. Scherer József, a tanszék egyetemi tanára a következőket nyilatkozta lapunknak.

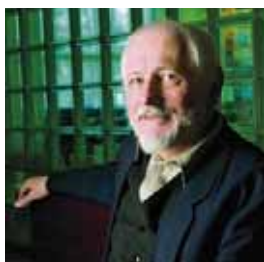
– A Mercedesszel való kapcsolatfelvételt annak idején prof. Stefan Lengyel kezdeményezte 2002-ben. A sikeres nyolcéves együttműködés folytatását jelentettük be. A körülmények azonban némileg megváltoztak. Peter Pfeiffer, a Mercedes Design első számú vezetője nyugállományba vonult, helyét Gordon Wagener foglalta el. Neki mutattuk be az iskolát, illetve a formatervező tanszék járműprezentációját. Gordon Wagener negyvenéves formatervező, a német design új generációjának képviselője. Diplomáját 1995-ben védte meg az esseni egyetem formatervezői tanszékén, prof. Stefan Lengyel növendékeként.



26. ábra: Lakatos István



27. ábra: Tóth Máté



28. ábra: Scherer József

Számunkra fontos volt, hogy szimpátiáját elnyerjük, hiszen a projekt folytatása függött tőle.

– Kérjük, összegezze a Daimler-Chrysler-rel történő nyolcéves együttműködés tapasztalatait, oktatói szemszögből hogyan értékeli az eltelt alkotói időszakot?

– Önmagában a tény, hogy kapcsolatba kerülhettünk egy olyan világcéggel, amely szakmánk legmagasabb szintjét prezentálja, rendkívüli

élmény mindannyiunk számára. Együttműködésünk a német céggel két tervezői területen folyik. A távlati fejlesztésekben és a haszongépjármű-tervezői csoporttól kapunk tanulmányi feladatokat. Mindkettő önálló tervezői team a Mercedesen belül. A két csoport azonban még tovább tagozódik, mivel külön részlegek foglalkoznak a járművek külső és belső designjával. A német cég több évtizedes járműfejlesztésének munkafolyamata rendkívüli módon és magas szinten specializálódott, amihez nagyon gyorsan fel kellett nőnünk. Csak így nyíltak lehetőségek arra, hogy megértsük a Mercedes Advance Design tervezői módszereit és feladatait. A német cégnél hatalmas fejlesztéseket hajtottak végre. A korábbi 4–5-féle típusválasztékot közel 20-félére növelték. A Mercedesnél tapasztalt szervezettséggel, fegyelmezett munkával, a tempós előre tervezett folyamatokkal mint oktató, maximálisan egyetértettem, a hallgatók a támasztott követelményekkel azonosulni tudtak. A feladatot, hogy a világ egyik legnívósabb szakmai grémiuma előtt kell megnyilvánulniuk, többségében sikeresen teljesítették. Ennek ellenére érték bennünket külső negatív bírálatok. Elhangzott olyan vélemény, miszerint nem kellene olyan feladattal foglalkoznunk, ami reménytelen, hiszen Magyarország nem rendelkezik önálló járműgyártó kapacitással. Harminc évvel ezelőtt Japánban jártam, már akkor tapasztaltam és nyilvánvalóvá vált előttem, hogy a járműtervezést nemzetközi teamek produkálják, ahová a világ legtehetségesebb designereit válogatják be. Az eltelt időszak együttműködése minket igazolt e tekintetben, hiszen az első öt évet követően, öt volt diákunk szerződött végzett formatervezőként, nagy autógyártó világcégekhez.

A MOME formatervezői oktatása szélesebb spektrumú, nem korlátozódik csak a járműdesign köré, hiszen tervezési feladatként a hajótól a repülőig, az orvosi műszertől a kerékpárig minden előfordul tanszékünkön. Ugyanakkor ez az együttműködés segített abban, hogy a formatervező szerepét jobban megértsük és részben újraértelmezzük. A német cégen belül egyértelműen látszik, hogy a mérnöki és a formatervezői munka markánsan különvállik, de szorosan és természetesen együttműködnek. A két különálló csoport tisztában van saját és a másik kompetenciájával, de egyik fél sem kíván túllépni saját hatáskörén a másik rovására. A fejlesztések a kölcsönös bizalom és tisztelet alapján zajlanak, az eredmények ismertek.



29. ábra: Kollár András



30. ábra: Wittinger Csaba

– Nyilván kétség nem férhet ahhoz, hogy a programban részt vevő hallgatók szakmai fejlődését egy magasabb dimenzióba röpítette a közös gondolkodás. Azonban mégis adódik a kérdés: hol érhető tetten a különbség, ami a jelen reális programban történő részvétel és mondjuk egy fiktív, a tanszék által kiadott feladat kutatása közt rejlik?

– Valójában a kettő közt nincs különbség. A Mercedessel folytatott közös munka részben fiktívnek mondható, mivel nem kapcsolódik a napi aktuális fejlesztésekhez. Azok a projektek bizalmasak és titkosak. Az Advance Design nagyon tág kereteket biztosít számunkra, amiben azon dolgozunk, hogy szerényen hozzájáruljunk a fejlesztési irányvonalak kitapogatásához. Természetesen a mozgási terünket precízen körülírják, de nem állítanak olyan korlátokat, amelyek komoly gátat szabnának a tervezői fantáziánkban. A feladatok kiadásakor, konkrétumok kimondása nélkül az elvárt igény minden esetben tisztán kirajzolódik előttünk. A kételtű autó tervezésénél is hasonló volt a helyzet. A problémát nem a műszaki tartalom felől, hanem

funkcionális oldalról közelítettük meg. Így lehetőségünk nyílt arra, hogy szakítsunk az e témában fellelhető megoldások sztereotípiáival.

– A tanszék oktatási stratégiája úgy tűnik, a legmagasabb szintű designeri tudás átadását tűzte zászlajára. A szigorúan vett szakmai ismeretek közvetítésén túl a program felvértezi-e a hallgatókat olyan plusz képességekkel, amelyek segítik diplomaszerezésük utáni érvényesülésüket?

– A designtevékenység fontos része a kapcsolatteremtés, kapcsolattartás. Diákjaink kommunikációs gyakorlatokon vesznek részt. A feladat sikeres teljesítése jó motiváció azok számára, akik nehezen szólnak meg magyarul vagy pláne idegen nyelven. A verbális kapcsolattartás fontosságával egyenértékűnek tartom a vizuális kommunikációs készség fejlesztését. A portfóliókészítés nálunk külön tantárgy. Prof. Stefan Lengyel (2001–2007-ig a MOME Formatervező Tanszékének vezetője, MOME Professor Emeritusa) a végzős magyar hallgatók „piacképtelenségének” fő okát a korrekt kommunikációs tudás hiányában látta. Lengyel professzor elvülhetetlen érdemei közt tartjuk számon, hogy ez a probléma mára igen nagy mértékben javult. Kommunikációs képesség nélkül a legmagasabb szintet elérő hallgató diplomája is életképtelen lehet és fiókban maradhat.



31. ábra: Balla Zoltán

– A DaimlerChrysler és a MOME együttműködésének volt-e kellő sajtóvisszhangja akár itthon, akár a német médiákban?

– A német sajtó publikációiban a VDA (Német Autógyárak Szövetsége) által kiírt designpályázat után lettünk népszerűek, ugyanis a második, a harmadik és az ötödik helyezést hoztuk haza. Az első húsz helyezett között még további két hallgatónk szerepelt. Itthon számos közlekedési és műszaki folyóirat ismertette munkánkat. A Közlekedési Múzeumban és a Pécsi Kis Galériában rendeztünk kiállítást, aminek természetesen jelentős volt a sajtója.

– Mindez milyen hatást gyakorolt az intézmény presztízsének külső megítélésére?

– Nemcsak a külső megítélés, hanem a belső is megváltozott. Kopek Gábor rektor úr az intézmény karakterét jelentősen meghatározó és követendő iránynak tartja a vizuális kommunikációt, az animáció mellett az autó-formatervezés oktatásának fejlesztését. Sikerként könyvelhetjük el, hogy négy nagy cég



32. ábra: tervismertetés (Scherer József, Harald Leschke, Sass T. Viktor, Stefan Lengyel)



33. ábra: Gerhard Hohner, Stefan Lengyel, Harald Leschke és a hallgatók

keresett meg bennünket gépjármű kategóriában. Ebből kettő magyar vegyesvállalat. Ugyanakkor nagy megtiszteltetés volt a Nissan érdeklődése is. Nagyon izgalmas feladat számunkra, hogy jelenleg az egyik magyar „Dakar” versenycsapatnak dolgozzunk.

– Megítélése szerint a MOME, a német cég, vagy a programban részt vevő hallgató profitált többet a közös munkából?

– Szerintem az együttműködés legnagyobb nyertese a hallgató. Ha tanulmányai eredményesek, akár két félévet is eltölthet ösztöndíjasként a külföldi partner cég fejlesztőcsapatában. Az ott szerzett tapasztalatok életre szóló programot jelenthetnek számára. A német cég folyamatosan keresi a tehetséges utánpótlást. Nemrég egyik hallgatónk doktori értekezésének témáját, az autóbusz-formatervezést a Mercedes biztosította. A sikeres doktori diploma megvédése után a német cég a megszületett formaterv kapcsán hét szabadalmat jegyeztetett be.



34. ábra: modellezés Franz Baglyas segítségével

– Az együttműködés kezdeti időszakához képest a jelenlegi gazdasági háttér merőben más képet mutat. A járműipart majdnem térdre kényszerítő világválság befolyással bír-e a program jövőbeni alakulására?

– Az együttműködés folytatódik, és a megszorítások ellenére magasabb szintre lép a kapcsolat. Legújabb tervünk egy 1:1-es méretarányú modell megépítése. A rendkívül magas költségek miatt korábban egy ilyen projekt kivitelezése szóba sem jöhetett volna.

Ugyanakkor megfigyelhető egyfajta szemléletváltás a Mercedésnél is.

Jelenleg hallgatóinkkal egy Low Budget (alacsony költségvetésű), de teljes szolgáltatást nyújtó személyautó formatervein dolgozunk, amelyet kelet-európai célközönségnek szánunk. Ez a piaci szegmens fölkeltette a német cég érdeklődését, természetesen az új kategória jó lehetőség arra, hogy diákjaink megmutassák tervezői tehetségüket.

Egy kamerával történő mérés ACC-alkalmazásokhoz

Dr. Oláh Ferenc

okl. villamosmérnök,
okl. lokátorszakmérnök,
ny. főiskolai docens
Széchenyi István Egyetem,
Műszaki Tudományi Kar,
Közlekedési Tanszék

A cikk igazolja, hogy egykamerás rendszerrel is lehet távolságot mérni, amely kielégíti az ACC igényeit.

This article proves, that distances can also be measured with a one-camera system, which fulfill ACC's needs.

1. BEVEZETÉS

Az ACC-alkalmazásoknak egyre több módszere válik ismertté. Ilyenek a radar alapú, videóalapú – egy- és kétkamerás, lézerskenner alapú, infravörös technikával működő stb. feldolgozási módok. Ezek között árban jelentős különbségek vannak. Ebben a cikkben irodalmi adatok feldolgozása alapján az egykamerás megoldással foglalkozunk, amely valójában méretek alapján határozza meg a távolságot és a sebességet. A mérések azt mutatták, hogy a hiba belül van az ACC helyes működéséhez szükséges hibahatáron.

2. TÁVOLSÁGMÉRÉS EGYETLEN KAMERÁVAL

Távolságot a radarelvén működő berendezéseken kívül általában háromszögeléssel lehet meghatározni, amihez viszont két db érzékelőre van szükség. Ha az érzékelők kamerák, akkor a láthatóság mellett a távolság is meghatározható. Éppen ezért érdekes megoldást fejlesztettek ki a Molule Eye Vision Technologies Ltd és Hebrew University munkatársai egyetlen kamerával. Ez a megoldás ún. közvetett távolságot mér. Itt meg kell jegyezni, az emberi térlátó képesség olyan, hogy kb. 100 m távolságban már nem képes pontos távolságbecslésre. Ezen kívül nagyon sok ember szenved a térlátó képességének valamilyen hiányosságában anélkül, hogy erről tudomása lenne. Másrészt a retinával kapcsolatos divergencia alapján az emberi szem képes viszonylag pontosan megbecsülni az ún. „kontaktidőt”, a célíg történő eljutás és az azzal történő érintkezés idejét. Ebből azonnal adódik, hogy milyen pontoságú méréseket kell elvégezni a távolság kontrollálásához.

Az egykamerás rendszer alkalmazása két problémát vet fel. Egyrészt a rendszerből hiányoznak a célpont szegmentálásánál használt bizonyos érzékelési képességek és inkább a mintafelismerési technikákra támaszkodik.

(Ezek közül az egyik csak néhány gyengén megalapozott látószögelhajlás-mérésre támaszkodik, de ezek nem elérhetők 20...30 m távolságok között.). A kérdés az, hogy a mintafelismerés elegendő-e ahhoz, hogy teljesítse a nagyon pontos meghatározás követelményeit.

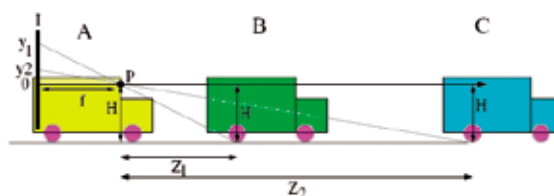
Másrészt felmerül a kérdés, hogy ha azonosításra kerül a célpont, a látás törvényei és a retinával kapcsolatos divergencia elérik-e a szükséges pontosságot ahhoz, hogy megfelelően kontrollálják a vezetést?

3. TÁVOLSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK MÓDSZERE

Mivel egyetlen kamerával dolgozunk, ezért a távolságot a tér-látásunk segítségével kell megbecsülni. Ebben az esetben két

dolgot lehet felhasználni, a jármű méretét és a jármű aljának a földfelszíntől mért magasságát.

A jármű szélessége 1,5...3 m között változhat, ezért a szélességen alapuló távolságbecslés pontossága kb. 30%, ami nem elég jó a helyes működés ellenőrzésére.



1. ábra

A távolság egy másik módja az út és a jármű vonalvezetésének és azok találkozásának felhasználása.

Vizsgáljuk az 1. ábrát.

Legyen adott az I képsík, amelyre az úton Z távolságra lévő pontot vetítsük ki. Ez y helyre kerül a képsíkon.

Ekkor írható:

$$y = \frac{f \cdot H}{Z} \quad (1)$$

ahol: H – a kamerafelszíntől számított magasságok méterben

f – fókusz távolság

Z – kivetített pont távolsága.

Második esetben egy P kamerát alkalmazunk. Ekkor az I képsík fókusz távolságban helyezkedik el. A kamera az A jelű járműre van felszerelve H magasságban. A b jármű hátsó része Z₁ távolságra van a kamerától. A jármű és az út érintkezési pontja y₁ pontban van kivetítve a kép síkjában. A fókusz távolság és a kép koordinátái y általában mm-ben vannak megadva.

Az 1. sz. egyenlet háromszögek hasonlóságából adódik közvetlenül, vagyis y/f = H/Z. Az út és a C jármű közötti érintkezési pont y₂ pozícióban került kivetítésre a képsíkon, ami kisebb, mint y₁.

A kamera elektronikája pixeleken konvertálja a képet feldolgozás céljából.

A jármű távolságának meghatározásához először az út és a jármű közötti érintkezési pontot kell megtalálni.

Ekkor az 1-ből:

$$Z = \frac{f \cdot H}{y} \quad (2)$$

A gyakorlatban a kamera optikai tengelye nem mindig párhuzamos az útburkolattal. Ez a változó hajlásszög meghatározható az [6] irodalomban leírt módszerrel. Az út síkja is változó, lejtő és emelkedő szakaszok váltakozva jelentkeznek. Ez is kompenzálható a sávjelzések elemzésével [7].

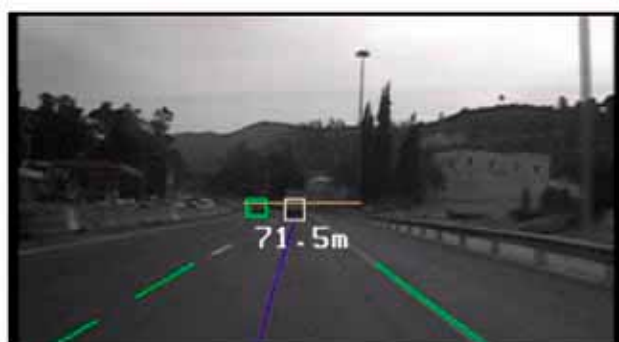
Tételezzük fel, hogy kompenzáltuk a kamera dőlésszögéből és az út lejtéséből adódó eltéréseket. Ezután már a hibák fő forrása a jármű és az út közötti érintkezési pont koordinátáinak meghatározása lesz. A valóságban ez a pont az 1 pixelben helyezkedik el.

A távolságmérésben bekövetkezett hiba (Z_h) az érintkezési pont elhelyezéseinek n pixelben vétett hibája miatt:

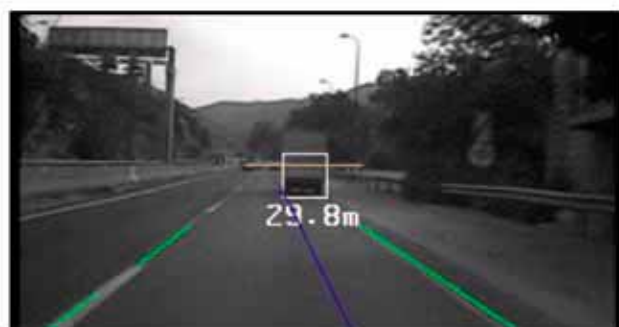
$$Z_h = Z_n - Z = \frac{f \cdot H}{y + n} - Z = \frac{f \cdot H}{\frac{f \cdot H}{Z} + n} = \frac{n \cdot Z^2}{f \cdot H + n \cdot Z} \quad (3)$$

A gyakorlatban általában $n \approx 1$ és $f \cdot H \gg n \cdot Z$, így a (3) következő módon alakul:

$$Z_h \approx \frac{n \cdot Z^2}{f \cdot H} \quad (4)$$



a,



b,



Forrás: 1. sz. irodalom

c,

2. ábra

Meg kell határozni a sebességet is:

$$v = \frac{\Delta Z}{\Delta t} \quad (5)$$

A Z távolságokra két időpontban megadott érték hibákat tartalmaz, ezért pontos mérést nem szolgáltat, így más módszert kell alkalmazni.

Legyen W a jármű szélessége (vagy magassága) méterben és legyen w és w' a jármű szélessége (vagy magassága) képpontokkal kifejezve, amikor a jármű Z és Z' távolságban van. Felhasználva az 1. sz. egyenletet:

$$w = \frac{f \cdot W}{Z}; \quad w' = \frac{f \cdot W}{Z'} \quad (6)$$

Így

$$v = \frac{\Delta Z}{\Delta t} = \frac{Z - Z'}{\Delta t} = \frac{\frac{f \cdot H}{Z} - \frac{f \cdot H}{Z'}}{\Delta t} = \frac{f \cdot H \cdot \frac{w - w'}{w' \cdot w}}{\Delta t} = \frac{Z \cdot \frac{w - w'}{w'}}{\Delta t}$$

Legyen s képméret a következő módon megadva:

$$s = \frac{w - w'}{w'} \quad (7)$$

ezzel:

$$v = \frac{Z \cdot s}{\Delta t} \quad (8)$$

A jármű méretváltozása kiszámítható a járműről két különböző időpontban (t ; t') készült kép alapján. A képek vizsgálatára több technika is létezik [7, 8], amelyekkel akár 0,1 pixeles hiba (s_h) is kimutatható. Ennek a hibának kimutatása attól függ, hogy a járműnek mekkora a mérete a képen, ezért célszerű a mérethibát úgy definiálni, hogy a beállítási hibát (s_s) elosztjuk a jármű képen látható szélességével.

$$s_{mh} = \frac{s_h}{w} = \frac{s_h \cdot Z}{f \cdot W} \quad (9)$$

Ezzel a sebességmérés hibája:

$$v_h = \frac{Z \cdot s_{mh}}{\Delta t} = \frac{Z^2 \cdot s_h}{f \cdot W \cdot \Delta t} \quad (10)$$

Figyelembe véve a 4. és 10. sz. egyenleteket számítható, hogy a távolságmérés által okozott hiba milyen hatással van a sebességi hibára:

$$v_{zh} = \frac{Z_h \cdot s}{\Delta t} = \frac{n \cdot Z^2}{f \cdot H} \cdot \frac{s}{\Delta t} = \frac{n \cdot Z \cdot v}{f \cdot H} \quad (11)$$

Ezzel a teljes sebességi hiba:

$$v_h = \frac{Z^2 \cdot s_h}{f \cdot W \cdot \Delta t} + \frac{n \cdot Z \cdot v}{f \cdot H} \quad (12)$$

A sebességi hiba tehát jelentősen csökkenthető a Δt időkeret csökkentésével.

Folyamatos gyorsulás mellett a távolság és sebesség:

$$Z(\Delta t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 + v_0 \cdot \Delta t + Z_0 \quad (13)$$

$$v(\Delta t) = a \cdot \Delta t + v_0 \quad (14)$$

ahol: a – a relatív gyorsulás.

Ha a sebességet úgy határozzuk meg, hogy két különböző időpillanatban mért távolság különbségét vesszük alapul, akkor (ehhez nyújt segítséget a 2. sz. ábra):

$$\Delta Z = Z(\Delta t) - Z_0 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 + v_0 \cdot \Delta t \quad (15)$$

Többszörös átalakítás után a sebességmérési hiba:

$$v_h = Z \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot s_h}{f \cdot W}} + \frac{n \cdot Z \cdot v}{f \cdot H} \quad (16)$$

A leírtak alapján végzett tesztmérések olyan járművel történtek, amely radaralapú ACC-vel is rendelkezett, így össze lehetett hasonlítani a két mérési eredményt, amelyek jó egyezést mutattak. A mérési hiba belül van azon a határon, amelynél az ACC még jól működik.

Irodalom

- [1] G. P. Stein – O. Mano – A. Shashua: Vision-based ACC with a Single Camera: Bounds on Range and Range Rate Accuraci. 2005.
- [2] G. R. Widman, W. A. Bauson and S. W. Alland Development of collision avoidance systems at Delphi Automotive Systems, In Proceedings of the Int. Conf. Intelligent Vehicles, pages 353–358, 1998
- [3] K. Saneyoshi Drive assist system using stereo image recognition, In Proceedings of the Intelligent Vehicles. Symposium, pages 230–235, Tokyo, 1996.
- [4] A. Broggi et al, Automatic Vehicle Guidance: The experience of the ARGO Autonomous Vehicle, World Scientific, 1999.
- [5] T. Williamson and C. Thorpe Detection of small obstacles at long range using multibaseline stereo, In Proceedings of the Int. Conf. Intelligent Vehicles, pages 230–235, 1998
- [6] G. Stein, O. Mano and A. Shashua. A robust method for computing vehicle egomotion, In IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2000), Oct. 2000, Dearborn, MI
- [7] C. Kreucher, S. Lakshmanan and K. Kluge A driver warning system based on the LOIS lane detection algorithm, In IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV1998), Oct. 1998, Stuttgart
- [8] M. Irani, B. Rousso, and S. Peleg. Recovery of egomotion using image stabilization, In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 454–460, Seattle, Washington, June 1994.
- [9] www.mobileye.com

IMPRESSZUM

A jövő járműve • Járműipari innováció

IV. évfolyam, 2009/1–2. szám • Alapítva: 2006 • Megjelenés: negyedévente • HU ISSN 1788-2699

ALAPÍTÓK:



ELEKTRONIKUS JÁRMŰ
ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI
TUDÁSKÖZPONT



JÁRMŰIPARI
REGIONÁLIS EGYETEMI
TUDÁSKÖZPONT
GYŐR



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJT)
1111 Budapest, Stoczek utca 6., J épület 516. • Tel.: 1/463-1753 • Fax: 1/463-3255 • E-mail: info@ejt.bme.hu

Széchenyi István Egyetem – Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont (JRET)
9026 Győr, Egyetem tér 1. • Tel.: 96/618-680 • Fax: 96/613-681 • E-mail: jret@sze.hu

X-Meditor Lapkiadó, Oktatás- és Rendezvényszervező Kft.
9023 Győr, Csaba u. 21. • Levelezési cím: 9002 Győr, Pf. 156 • Tel.: 96/618-062 • Fax: 96/618-063 • E-mail: nszi@xmeditor.hu

KIADÓ:

X-Meditor Lapkiadó, Oktatás- és Rendezvényszervező Kft. • Felelős kiadó: Pintér Imre

SZERKESZTŐSÉG:

X-Meditor Kft. Autóinformatika üzletág
Felelős szerkesztő: dr. Nagyszokolyai Iván • Tel.: 96/618-062 • E-mail: nszi@xmeditor.hu
Szerkesztő: Onódi Gábor • Tel.: 96/618-083 • E-mail: at@xmeditor.hu

A SZERKESZTŐBIZOTTSÁG TAGJAI:

Dr. Bercsey Tibor • Dr. Bokor József • Dr. Czigány Tibor • Dr. Czinege Imre • Dr. Kardos Károly • Dr. Keviczky László • Lepsényi István • Dr. Michelberger Pál • Dr. Nádaai László • Dr. Palkovics László • Dr. Réti Tamás • Dr. Stukovszky Zsolt • Szilasi Péter Tamás • Dr. Tisza Miklós

NYOMDAI ELŐÁLLÍTÁS:

Palatia Nyomda és Kiadó Kft. • 9026 Győr, Viza utca 4.

PÉLDÁNYSZÁM: 1500



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.



Az ország egyetlen teljes körű
gépjárműfenntartó szakmai találkozójáról

Ön sem hiányozhat!

Autotechnika – Autó-DIGA

2009. szeptember 22–25.

- Lehetőség szakmai kapcsolatok kiépítésére és üzletkötésre,
 - az innovációk megismerésére,
- az informálódásra a kiállítást kísérő szakmai konferencián.



A jövőt formáljuk!

Reméljük, önnel együtt.
Várjuk a kiállításon személyesen
és érdeklődését az

automobil@hungexpo.hu

e-mail címen!

A belépőjegyek érvényesek
az egyidejű Budatranspack, Printexpo,
Promotion szakkiallításokra.

További információ:

www.automobil.hungexpo.hu



MEDITOR

hungexpo



Előzetes a vásár szakmai programjaiból

- **Hatósági járműműszaki vizsgálatok jelene, jövője.**
A KÖKIR bevezetése óta eltelt időszak tapasztalatai, további fejlesztési tervek, Zöldkártya: mi lesz veled, mi lesz velünk?
Az AOE és a GVOE közös rendezvénye.
- **Felsőoktatási hallgatói járműipari innovációk**
Formula Student, alternatív hajtás – pneumobilok, villanyautók.
Beszámoló a fejlesztési munkáról, a versenyekről, járműbemutatók.
- **A Frankfurti Autószalon autótechnikai újdonságai**
Kiállítási beszámoló.
- **Mindenható lesz-e az AdBlue adalékolás?**
Az SCR kipufogógáz-tisztítási technika a haszongépjárművektől a személyautókig.
- **Autós szaktanár-továbbképzés nem csak szakta-
nároknak**
Ízelítő bevezető előadás a képzés témaköreiből (Korszerű jármű- és járműegység-konstrukciók, autóbontás – recycling, Otto- és dízelmotorok Euro 5 és 6 emissziótechnikai rendszerei, a közvetlen benzinbefecskendezés).
- **A rendőrség közlekedési szabályszegések felderí-
tését, dokumentálását segítő új technikai, informati-
kai eszközei**
Bemutató
- **Autójavító-ipari vállalkozásokban a járulékalapot
képező jövedelmek meghatározása**
Ki mondja meg, hogy hol mennyi?

A részletes programot a www.autotechnika.hu/rendezvenyek.html
és a www.automobil.hungexpo.hu honlapokon találja!

Tech4Auto 2009

Regionális Kutatás-Fejlesztési Konferencia és Szakkiállítás

2009. november 11–12.
Széchenyi István Egyetem, Győr

Program

Regionális Kutatás-Fejlesztési Konferencia

- Hazai és nemzetközi járműipari kutatás-fejlesztési konferencia

Nyitott laborbemutatók

Járműgyártás-, labortechnológiai szakkiállítás

Regionális Innovációs nap

Részvételi feltételek

A **látogatóknak** a részvétel ingyenes, de előzetes vagy helyszíni regisztrációhoz kötött.

A kiállítói megjelenés költségei és feltételei, laborbemutatón történő részvétellel kapcsolatos további információ: 96/613-680, www.tech4auto.eu, jret@sze.hu.

Kiállítói jelentkezési határidő: 2009. szeptember 30.

Várjuk további kiállítók jelentkezését!

Kiállítás – tematika

gyártástechnológia

szimuláció

CAD-tervezés

méréstechnológia

anyagtechnológia

műanyagipari technológia

szerszámgyártás, -tervezés

K+F technológiatranszfer

minőségfejlesztés

gyártási rendszerek

ipari automatizálás

