

A jövő járműve

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

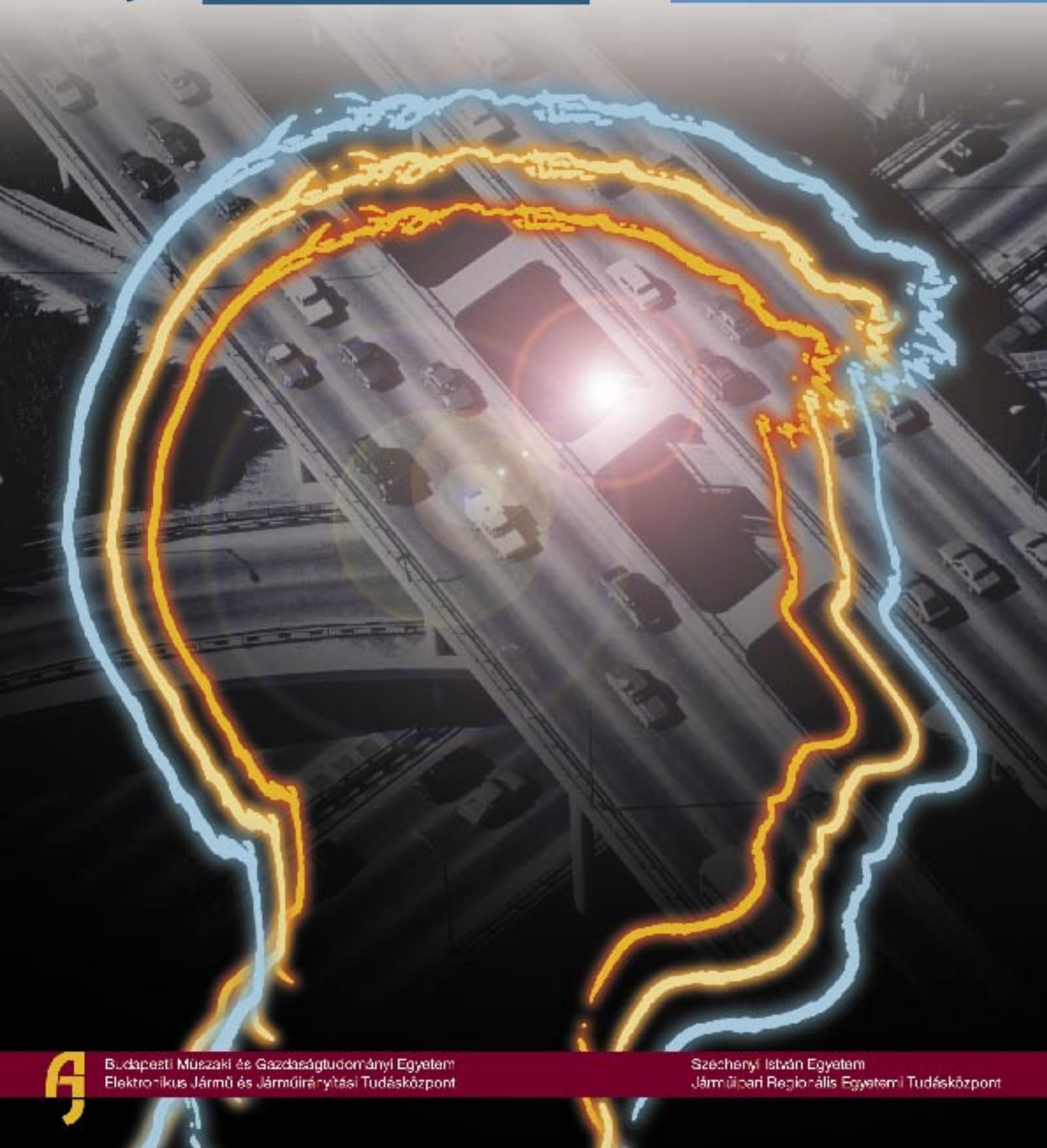
Járműcsoport irányítása

Jármű-környezet kapcsolat

Járműszintű irányítás

Intelligens aktuátorok

Platformrendszerek



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont

Széchenyi István Egyetem
Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont



Konzorciumi partnereink



BEFOGADÓ EGYETEM

BME

Annak érdekében, hogy az információbázis kiépítése során a hatékonyság minél nagyobb legyen, az erőforrások erős koncentrációja szükséges. Éppen ezért a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem részéről csak négy részt vevő tanszékét nevesítettünk, ez azonban egyáltalán nem jelenti azt, hogy a későbbi szakaszokban – a vásárlói igényeknek megfelelően – ne számíthatunk akár külső, akár belső partnerként további szervezetek bevonására.

www.bme.hu

KUTATÓINTÉZET

MTA SZTAKI

A Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete alap- és alkalmazott kutatási tevékenységet, ill. kísérleti fejlesztést folytat az informatika, információtechnológia és számítástechnika alkalmazása területén és a kutatáshoz és kísérleti fejlesztéshez kapcsolódó egyedi hardver- és szoftvertermékeket, rendszereket (prototípusokat) hoz létre. Feladata az MTA számítóközpontjának üzemeltetése, az akadémiai intézetek számítógép-hálózatának fenntartása és működtetése; a graduális és posztgraduális szakemberképzés; a szakmai, tervezési tanácsadás; valamint az alaptevékenységgel összefüggő kiegészítő tevékenység végzése. Az intézet tevékenysége a C3I (computing, control, communication, and intelligence) rövidítéssel foglalható össze.

www.sztaki.hu



NAGYVÁLLALATOK

Knorr Bremse Fékrendszerek Kft.

A kutatás-fejlesztési tevékenység 1995-ben indult. 1999-ben átadásra került a cég budapesti Kutatási és Fejlesztési Központja, s ma már több mint kilencven, magasan képzett mérnök foglalkozik Budapesten az elektronikus rendszerek, Kecskeméten pedig a pneumatikus, elektropneumatikus berendezések tervezésével és vizsgálatával. Munkájuk eredménye többek között olyan új termékekben öltött testet, mint a motoros járművek és pótkocsik elektronikus fék- és menetdinamikai stabilizáló, rendszerei (EBS, ESP, RSP), illetve a teljesen új technológiai megoldásokkal előállított műanyag házas és kerámiabetétes szintállító szelepek. A TEBS (Pótkocsi Elektronikus Fékrendszer) termékcsoport kifejlesztéséért és a hozzá tartozó kompetencia felépítéséért a vállalat elnyerte a Gazdasági Minisztérium 2001-es Ipari Innovációs Díját.

www.knorr-bremse.hu



Thyssen Krupp Nothelfer Kft.

A ThyssenKrupp Nothelfer Kft.-n belül 1999 szeptemberében jött létre az elektromos kormányzással foglalkozó kutató-fejlesztő intézet, budapesti székhellyel. Az intézet tevékenysége felöleli az elektromos személygépjármű-kormányzás kutatási és fejlesztési feladatait és a konszern ipari partnereivel, a járműgyártókkal történő együttműködés támogatását. Az elmúlt 5 év során a K+F Intézet több személygépjármű-gyártóval (Audi, BMW, Peugeot, Volvo, VW) működött együtt közös kutatási-fejlesztési programokban, illetve fejlesztett ki elektromos kormányrendszer prototípusokat a járműgyártók részére.

www.thyssenkrupp.hu



KISVÁLLALATOK

Inventure Kft.

Az Inventure Autóelektronikai Kutató és Fejlesztő Kft. azzal a céllal alakult, hogy a magyar és a nemzetközi autóelektronikai piacon speciális fogyasztói igényeket elégítsen ki. A kizárólag magyar tulajdonban álló társaság elsősorban kis sorozatban, csúcstechnológiával gyártott, az európai uniós előírásoknak megfelelő professzionális autóelektronikai mérőműszerek önálló kifejlesztésére és gyártására szakosodott. Saját fejlesztésű termékeinek, így különösen az XL Meter™ Pro típusú univerzális gyorsulás- és lassulásmérő műszercsaládnak köszönhetően a cég neve a szakemberek körében ma már nemzetközi szinten ismert és elismert, így az Inventure számos hazai és európai szakmai konferenciára, tudományos találkozóra kap meghívást. A cég termékei a világ 14 országában vannak jelen.

www.inventure.hu



Informin.hu Kft.

Az Informin.hu Informatikai Tanácsadó és Szolgáltató Kft. 2000-ben alakult azzal a céllal, hogy egy hosszú távon működő informatikai és műszaki kérdésekben egyaránt jártas tanácsadó, szolgáltató szervezet jöjjön létre. A korábbi években megfogalmazásra került egy információvédelemmel, vállalatirányítási rendszerek kiépítésével, valamint informatikai tanácsadással foglalkozó szervezet kialakítása, működtetése, felhasználva a dolgozók, partnerek korábbi tapasztalatait ezeken a területeken. Szolgáltatási palettája nemcsak az informatikára, informatikai rendszerekre terjed ki, hanem az információvédelemre is, valamint a projekt- és tudásmenedzsmentre, hiszen a vállalati rendszerek egyre nagyobb mértékben igénylik ezt.

www.informinkft.hu



JÓVÁHAGYÓ

TÜV Nord-KTI Kft.

A TÜV NORD-KTI Kft. budapesti székhelyű független szakértő intézmény, melyet a német TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V. (jelenleg: a TÜV Nord Csoport) és a Magyar Közlekedéstudományi Intézet Kht. alapított 1990-ben a KTI Járműtechnikai Főosztályának bázisán, mely intézmények jóvoltából a szakmai tevékenység során a TÜV Nord oldaláról 125, illetve a KTI részéről 60 éves gyakorlat tapasztalatait tudja hasznosítani. Tevékenysége szerteágazó: több évtizedes szakértői múltat tekint vissza a közúti közlekedés biztonsága, a szállítási- és rakodástechnika kutatása és fejlesztése területén.

www.tuvnord.hu



Dr. Nagyszokolyai Iván

felelős szerkesztő



Beköszöntő

A több mint 100 éves magyar autóiparral mindig összefonódott a hazai jármű-műszaki kutatás és fejlesztés. Az egyetemi, a gyári és a fejlesztőintézeti műhelyek számtalan élvonalbeli járművet és járműipari terméket hoztak létre. Az évszázad során születtek korszakalkotó megoldások is, a nemzetközi vetélkedésben megelőzve a sokkal jobb feltételek között dolgozó külföldi kollégák eredményeit. Az egyetemeken, kutatóintézetekben folyó járműtechnikai, motorttechnikai kutatások eredményeit nemzetközi konferenciákon, azok kiadványaiból és több, idegen nyelvre lefordított tudományos szakkönyvből ismerhették meg a világ autóipari szakemberei. A nagy hagyományokkal rendelkező nemzetközi autóipari konferenciák közül – melyeknek gyakori előadói a magyar szakemberek – már számosat rendeztek Magyarországon, és a közeljövőben is vár ránk a rendezés megtisztelő feladata.

A hazai autóipari, közlekedéstechnikai K+F munka napjainkban új színtereken kezdődött meg, és mint ez a folyóirat is mutatja, már komoly eredményeket tud felmutatni. Ezek a színterek az újonnan létrejött tudásközpontok, Budapesten és Győrött, melyek szoros egyetemi együttműködéssel valósultak meg.

A kutatók munkáinak világ elé tárása, mely a potenciális hasznosítás előszobája, a projektek szerves eleme, kis túlzással legalább annyira fontos, mint maga a munka. A publikáció lehetőségét, mind nyomtatott, mind elektronikus formában, a mai magyar körülmények között a hazai kutatóhelyeknek kell megteremteniük. A tudásközpontok, összefogva a kiadóval, ezért alapítottak „A jövő járműve – Járműipari innováció” címmel tudományos szakfolyóiratot.

A Kedves Olvasó a lap első számát tartja a kezében. Az alapítók és a szerkesztőbizottság szándéka szerint a folyóirat elsődleges célja, hogy a hazai kutatásokról, kiemelten a tudásközpontokban folyó munkáról számoljon be, de adjon némi kitekintést a világ autóipari tudományos tevékenységére is. Informáljon a közúti járműipar, az autógyártók, a főegység- és az alkatrészbeszállítók termékeiről, fejlesztőmunkájáról, valamint a szakirányú felsőoktatás ma erőteljesen változó világáról.

Azzal a szándékkal indítjuk útjára a lapot, hogy – járműipari folyóirat-elődjei értékes hagyományait folytatva – szolgálja a hazai autóipari kutató-fejlesztő munkát, mutassa be eredményeit, járuljon hozzá a maga sajátos eszközeivel piaci sikereihez, és nem utolsósorban tegye még vonzóbbá a XXI. század meghatározó iparát a jövő szakemberei előtt is.

Tartalomjegyzék

3	Beköszöntő – Dr. Nagyszokolyai Iván
5	Vendégkommentár – Dr. Stukovszky Zsolt
6	Vendégkommentár – Dr. Czinege Imre
7	Vendégkommentár – Szilasi Péter Tamás
8	Szakmai események
9	Borsodi Műhely Kft. cégbemutató
10	Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. cégbemutató
12	ThyssenKrupp Nothelfer Kft. cégbemutató
14	RÁBA Futómű Kft. cégbemutató
16	SAPU Bt. cégbemutató
18	TÜV NORD – KTI Kft. cégbemutató
19	Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása – Dr. Péter Tamás, Dr. Bokor József
24	Automatikus videoalapú forgalommérő szoftver fejlesztése, a forgalom modellezéséhez – Bécsi Tamás, Dr. Péter Tamás
28	Járműcsoportok elosztott irányítása kommunikációs hálózatokon keresztül – Péni Tamás, Soumelidis Alexandros
31	Sikeres Üvegseb program – járműflotta-menedzsment a legkorszerűbb informatikai eszközökkel – Ackermann Zoltán, Dr. Szalay Zsolt, Zöldy Máté
34	Üzemanyag-menedzsment – Flottamenedzsment szolgáltatás a benzinköltségek optimalására – Deák Csaba, Dr. Szalay Zsolt, Zöldy Máté
37	Járműdinamikai állapotbecslő algoritmus fejlesztése – Bári Gergely, Kálmán Viktor, Szabó Bálint
40	Informin.Hu Kft. cégbemutató
41	Addicionális elkormányzást megvalósító kormányrendszer kifejlesztése – Jánosi István
45	Integrált járműirányítás módszertana – Gáspár Péter
48	Könyvajánló
50	Elektronikus kormány- és fékrendszer-beavatkozáson alapuló menetdinamikai szabályozórendszer – Koleszár Péter
53	Dízelmotorok turbókésedelmének vizsgálata dinamikus motormodellekkel – Németh Huba, Ailer Piroksa, Hangos Katalin, Dr. Stukovszky Zsolt
57	Önerősítésű tárcsafék dinamikája – Stréli Tamás, Balogh Levente, Németh Huba, Stépán Gábor, Palkovics László
60	Járművezetők vezetési stílusának kutatása és értékelése – Balogh Levente
63	Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben – Benyó Zoltán, Vajta László, Kovács Levente
65	Járművezetők élettani jeleinek mérése, tárolása és továbbítása – Kovács Levente, Benyó Balázs, Török László, Reiss Attila, Szilágyi László, Fördös Gergely
67	Inventure Kft. cégbemutató
68	Járművek fényjelekkel történő kooperatív irányítása – Fekete Róbert Tamás, Dr. Ábrahám György
71	Új fejlesztésű, kis teljesítményű axiális fluxusú szervomotor-hajtómű család a járműipar számára – Dr. Halmai Attila
73	Nemlineáris csillapítással rendelkező két szabadságfokú modell stabilitásvizsgálata a legnagyobb Lyapunov-exponens segítségével - Lukács Attila
77	Nagy megbízhatóságú járműirányítási rendszerarchitektúrák: stand-alone fedélzeti rendszerektől a kooperatív jármű- és infrastruktúra-kapcsolatokig – Edelmayer András
82	Elektronikus menetstabilitás-szabályzó rendszerre vonatkozó nemzetközi előírás kidolgozása – Brett Gábor
85	Komplex elektronikus járműrendszerek minősítése – Finster Ferenc
87	Nyolctengelyes megmunkálás – Jósmai János
89	Mérnök a XXI. században – Dr. Michelberger Pál
91	Automatikus parkolásegítő rendszer – Wahl István, Szádeczky-Kardoss Emese, Kiss Bálint
94	Videoalapú sávelhagyás-detektáló és sávkövető rendszer – Bódis-Szomorú András, Fazekas Zoltán, Wahl István

Dr. Stukovszky Zsolt

EJIT-igazgató



Tisztelt Olvasó!

Az egyik alapító, az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont igazgatójaként megtisztelő kötelességemnek tartom, hogy a nyitó számban megismerthessem önökkel szervezetünket, céljainkat, és természetesen e lap létrehozásának számunkra fontos indokait.

Tudásközpontunk 2005-ben azzal a céllal alakult a BME-n, hogy továbbfejlessze és az ipar számára eladhatóvá tegye azt a tudást, amely a járműelektronika és a mechatronika területén a létrehozott konzorcium tagjainál rendelkezésre áll. Célunk Európa egyik meghatározó járműelektronikai és mechatronikai fejlesztő-szolgáltató központjává válni.

Az első négyéves tevékenységünket a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal jelentős részben finanszírozza, csökkentve ezzel a működés kockázatát, de világosan megfogalmazott követelményeket támaszt a tudásközponttal szemben. Elsődleges feladatunk a magyar gazdaság exportbevételének mintegy negyedét biztosító gépjárműipar számára történő tudásszolgáltatás, amely azonban nem merül ki az elméleti munkában, hanem konkrét fejlesztésekben tárgyasul. E fejlesztések a teljes gépjárműipari spektrumot lefedik, az alkatrészekről (pl. ABS szenzor) kezdve a főegységeken (pl. elektromechanikus fék) keresztül egészen az átfogó közlekedési rendszerekig (pl. flottamenedzsment).

A hagyományos egyetemi alkotói szabadságot lehetőség szerint igyekszünk minél kevésbé korlátozni, de kiemelt hangsúlyt helyeztünk az üzleti folyamatok megfelelő definiálására, és a folyamatok támogatását szolgáló eszközrendszer kialakítására (projektmenedzsment és

annak információtechnológiai háttere). Miután a tudásközpont jövőbeli sikeres működése alapvetően a „tudás-terméket” megvásárlók elégedettségétől függ, különös figyelmet fordítottunk kapcsolatrendszerünk megfelelő kialakítására. Stratégiai szövetségeket kötöttünk potenciális vevő körünk szakmai szervezeteivel (MGSZ, MLE, MKFE), valamint a tudásrégió meghatározó szereplőivel, és megkezdtuk az együttműködést más, hasonló területen tevékenykedő tudásközpontokkal is.

Bár a tudásközpontunk szakmai tevékenységének alapjait már korábban meghatároztuk, az első év tapasztalatai alapján ezek további pontosításra kerültek. A definiált öt program (platformrendszerek, intelligens aktuátorok, járműszintű irányítás, jármű-környezet kapcsolaton alapuló irányítás, járműcsoport irányítása) helyesnek bizonyult, azonban ezeken belül bizonyos fokú hangsúlyeltolódás érzékelhető. Ennek oka, hogy a kutatás-fejlesztési munkát üzleti szempontok figyelembevételével végezzük, természetesen ügyelve arra, hogy abból az egyetemi oktatás is profitáljon.

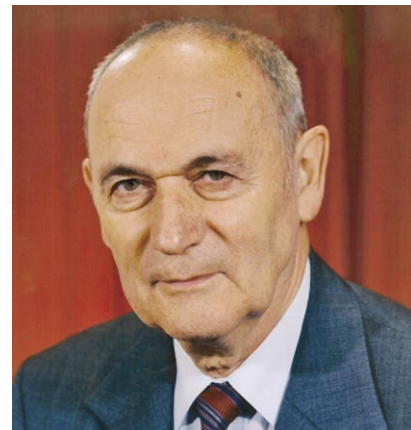
Az EJIT már működésének első évében jelentős oktatási és oktatásfejlesztési tevékenységet folytatott, melynek bázisát az elsősorban posztgraduális hallgatók számára működtetett elektronikus járműfejlesztési laboratórium jelenti, ahol a hallgatók valós ipari projekteken dolgozhatnak, az ipari környezethez és feltételrendszerhez hasonló módon. Ennek eredményeként a BME több karáról, továbbá vidéki egyeteméről már az első évben jelentős számú alapképzésben részt vevő és posztgraduális hallgatót integráltunk a kutatás-fejlesztési tevékenységünkbe. A szakmai programokhoz kapcsolódóan több tantárgytematika került kidolgozásra, és önálló laboratóriumi témákat is indítottunk a konzorciumi partnerek segítségével.

Az első év szakmai és struktúraalakító tevékenységünk eredményei alapján kialakítottuk a tudásközpont 2006–8 időszakra vonatkozó stratégiai tervét, amely meghatározza a központ tevékenységének alapjait. Eddigi eredményeink látványos bemutatását teszi lehetővé az intelligens járműtechnológiákkal felszerelt ún. „Stunt” Smart tanulmányautó. A tudásközpontban formálódó szakmai műhely szellemi kapacitását jól mutatja az, hogy a győri Széchenyi István Egyetem által meghirdetett I. Széchenyi-futam „Alternatív hajtású járművek versenyére” egy teljesen egyedi járművet terveztünk és építettünk, amely elnyerte a verseny fődíját, valamint a Közép-magyarországi Innovációs Központ „Legígéretesebb ötlet” díját. Különösen fontos megemlíteni a járműcsoport-irányítási program eredményességét, ahol az eredetileg definiált feladatok mellett számos további, a kutatási eredmények konkrét gyakorlati alkalmazásával kapcsolatos problémát is sikerült megoldanunk (partnereink voltak pl. a Magyar Posta, a Moltrans és az ATEV).

Munkánk széles körű megismertetését a kezdetektől fogva tudatosan formált marketing-kommunikációs eszközökkel kívánjuk elérni. A tájékoztatás egyik fontos elemeként – a győri Járműipari Tudásközponttal közösen – olyan hiánypótló jellegű szakmai folyóirat indítását határoztuk el, amellyel több, számunkra és partnereink számára is fontos célt kívánunk elérni. Szeretnénk hogy a tudásközpontokban zajló, nemzetközi viszonylatban is iránymutatónak számító tudományos kutatások és ipari fejlesztések eredményei a hazai szakmai közönség számára széles körben elérhetővé váljanak. A tudásszolgáltatáson túlmenően nem titkolt célunk egyfajta szakmai közösségépítés, a cikkek szerzői és az érdeklődő olvasóközönség tudásának koncentrációjával, egy interaktív, magyar nyelvű szakmai fórum létrehozásán keresztül. Lehetőséget szeretnénk biztosítani a tudásközpontok fiatal munkatársainak a szakmai közönség előtt való bemutatkozására.

Dr. Czinege Imre

a JRET elnöke



2005-ben ünnepeltük a magyar autógyártás 100 éves jubileumát. 1905-ben építette meg a Műegyetemen Csonka János a háromkerékű, négyhengeres motorral meghajtott levélgyűjtő járművének prototípusát, melynek további darabjai a győri Magyar Waggon és Gépgyárban készültek. Szimbolikus jelentősége van annak, hogy e jubileumi évben kezdte meg működését a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont, majd ezt követte a győri Széchenyi István Egyetemen a Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont megalakulása, ahol alapító konzorciumi tagként szerepel a Rába Rt. is. A két tudásközpont közös gyökerei, valamint a jelen feladatai is meghatározóak abban, hogy létrejött közös folyóiratunk, A jövő járműve.

A járműipari innovációval foglalkozó kiadvány a járműirányítás, a mechanikai felépítés és a gyártás hármasságát szimbolizálja. Az autó egy csodálatosan komplex szerkezet, folyamatosan megújuló, kifinomult mérnöki konstrukció, amely nem csupán alkalmazza a modern technika eredményeit, hanem iniciálja annak fejlődését. Így jöhetett létre az autóipar igényei szerinti új műszaki kerámiák, nagy szilárdságú lemezek, bonyolult technológiai megoldások és a gyártáshoz szükséges szerszámgépek, robotok. A járműipar az automatizált gyártásban a Galamb József által konstruált, legendás T-Ford modell megjelenése óta vezető szerepet játszik, és ezt a szerepét a jövőben is őrizni fogja.

A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont a járműgyártáshoz kapcsolódó korszerű anyagok és technológiák kutatásával, valamint az új lehetőségeknek a mechanikai konstrukciókban való megjelenítésével foglalkozik. Kutatási tevékenysége felöleli az előgyártási technológiákat és a befejező megmunkálásokat, konstrukciós vonatkozásban pedig a járműrészek fejlesztésének alapelveit és néhány prototípus konkrét megvalósítását foglalja magába. A technológiák fejlesztésében és a konstrukcióban egyaránt kulcsszerepe van a számítógépes szimulációnak, amely mind a technológiai folyamatok modellezésében, mind a járművekben lejátszódó bonyolult áramlási és hővezetési feladatok megoldásában hasznosul. Hasonlóan nagy jelentősége van a végelem-technikának a konstrukcióban, ahol a kifáradás, a mechanikai igénybevételek, és a veszteségek elemzése játssza a főszerepet. E kutatásokban jelentős hangsúlyt kap a CAD- és VEM-technikák integrációja, mint új fejlesztési irány a számítógépes mérnöki megoldásokban. A másodlagos megmunkálások közül kiemelt területek a nagy sebességű forgácsolás, a szobor-szerű alkatrészek kialakítása, valamint a felületi technikák. A korszerű felületkezelések alkalmazásának kutatása a szerszá-

mokra, valamint a nagy hőterhelésű és az egymáson elmozduló járműalkatrészekre koncentrál. Az új eljárások egyre inkább a nanotechnológiák irányába fejlődnek, ezzel bekapcsolva ezt a korszerű iparágat is a kutatásra érdemes körbe.

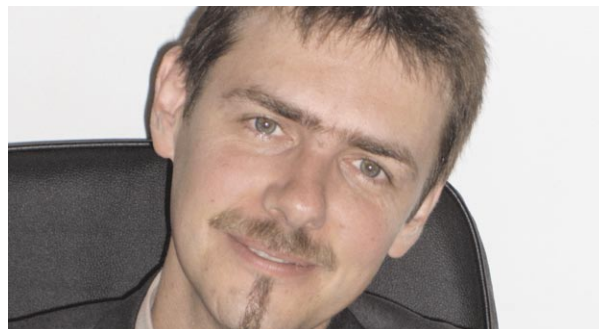
A vázolt kutatási területek szorosan kapcsolódnak az Európai Unió 7. keretprogramjának három prioritásához (3. információs és kommunikációs technológiák, 4. nanotudomány, nanotechnológia, új anyagok és gyártási technológiák, 7. közlekedés), ezáltal nyitott a lehetőség az ezen programokhoz történő kapcsolódásra a közeli jövőben. Emellett számos európai fórumon fokozott hangsúlyt kap a versenyképesség, amely a járműiparban a fejlesztés és a gyártás Európában tartását jelenti, ezzel biztosítva az Európai Unió fenntartható fejlődését. Ennek hazai kutatási hátteréhez járul hozzá a tudásközpont, biztosítva a hazai járműipar fokozott bekapcsolódását az európai munkamegosztásba.

A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont három jól megválasztott, egymást kölcsönösen kiegészítő és a magyar vállalati kört reprezentáló képviselőt von be a kutatásokba. A Rába Futóműgyár a történelmi tradíció képviselője mellett a magyar járműipari termékek ismert fejlesztője és gyártója, amely a konstrukciós eljárások kutatásával és új termékek létrehozásával kapcsolódik a konzorciumhoz. A Borsodi Műhely Kft. dinamikus fejlődő középvállalkozás, amely tevékenységét a földi és légi jármű alkatrész gyártás fejlesztésére koncentrálja. A SAPU Bt., mint a német Schefenacker-csoport tagja, a műanyagipari technológiák fejlesztése és a műanyag alkatrészek festése témában valósít meg jelentős értékű innovációt. A kutatások tudományos hátterét a Széchenyi István Egyetem adja, amely a számítógépes mérnöki módszerek fejlesztésével és alkalmazásával, technológiai fejlesztéssel és folyamatmodellezéssel támogatja a konzorcium tagjait, valamint az iparágban tevékenykedő többi vállalkozást.

A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont tudományos jövőképe az európai járműipar fejlődéséből vezethető le. E területen a három kiemelt szempont a biztonság, a környezetbarát működés és a gazdaságos gyártás. A közelmúltban elindított kutatási projektek mind ezen célok megvalósulását szolgálják, tehát jogos az a remény, hogy egyes kiemelt részterületeken a tudásközpont a térségben infrastruktúra és tudományos potenciál terén egyaránt a működő jelentős kutatóközpontok egyenrangú partnerévé válik. E jövőkép megvalósulását fogja támogatni az új tudományos folyóirat, amely lépésről lépésre beszámol a fejlődési folyamat eredményeiről.

Szilasi Péter Tamás

JRET menedzser igazgató



Felemelő feladat egy új szakmai folyóirat alapításánál bábáskodni. Magában hordozza a hitet, hogy előttünk áll egy hatalmas ívű fejlődést hozó periódus, s hogy elkezdődött a magyar járműgyártás új aranykora. Hiszem, hogy ez a lendület képes eltartani és értékes szakmai tartalommal megtölteni újságunkat. A Jövő Járműve – Járműipari Innováció c. lap életre hívását elhatározó, egymással szorosan együttműködő két járműipari területen tevékenykedő tudásközpont célja, hogy lehetőséget biztosítson a szakma feltörekvő, fiatal kutatóinak, hogy tudományos igénygel, ugyanakkor az iparág vállalkozásai számára is közzétehető formában tegyék közzé kutatási eredményeiket. Egy olyan technológiatranszfer felület megteremtése a célunk, melynek oldalain egymásra találhat a nemzetközi szinten is elismert kutató, és a kutatási eredményeket a mindennapok termelése során alkalmazó, a globális piacon is versenyképes vállalkozó.

Az idő megérett erre! A magyar járműipar kilencvenes évek elején bekövetkezett sokszerű összeomlását követő tizenöt év folyamatos átalakulásainak eredményeképp létrejött az új, versenyképes hazai járműipar. A jelentős külföldi működőtőkeberuházások, valamint a magyar tulajdonú kis- és középvállalkozások utóbbi években tapasztalható gyorsuló fejlődése révén az iparágat ma már a legfejlettebb technológiák alkalmazása jellemzi. A vállalati méret, a tulajdonviszonyok, valamint a termékek komplexitása tekintetében az iparág szereplői rendkívül széles palettán mozognak. Egy azonban közös bennük: valamennyien felkészültek összetettebb termelési feladatok, magasabb tudástartalmú termékek előállítására. A fejlődési folyamat másik vetülete, hogy a Magyarországon működő globális járműipari cégek egyre nagyobb számban mélyítik el hazánkban folytatott tevékenységüket, s egészítik ki a korábban gyártásra, ösz-

szeszerelésre korlátozódó kapacitásaikat lokális beszerzési funkciókkal, valamint termékfejlesztéssel. Ezáltal nagymértékben felértékelődnek e vállalkozások lokális kapcsolatai, valamint jelentősen fokozódik a magyar gazdaságba történő beágyazottságuk. Ismét előtérbe kerül az egyetemi tudásközpontokkal fenntartott kétirányú tudásáramlásra alapuló kutatási kapcsolat, illetve mind jelentősebb szerephez juthatnak a fejlesztési tevékenységet folytatni képes hazai beszállítók. E folyamat során az egyetemi tudásközpontok egyfajta technológiaközvetítő szerepet is ellátnak, mely jelentős mértékben segítheti a járműiparban tevékenykedő hazai kis- és középvállalkozói kör technológiai fejlődését.

A Széchenyi István Egyetem jelentős hagyományokkal rendelkezik a Győr központú technológiai régió vállalkozásaival történő együttműködés terén. A földrajzi értelemben Észak-Dunántúlként megfogható gazdasági térségben a járműipar központi jelentőségű. A korábbi évek tudatos építkezésének, illetve a vállalati kapcsolatok intenzitásának elismerése, hogy a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által kiírt pályázatok jóvoltából az egyetem keretein belül 2004/2005 során megkezdhetette munkáját a Járműipari, Elektronikai és Logisztikai Kooperációs Kutatóközpont, majd 2005/2006-ban megalakulhatott a Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont. Mindkét program több egyetemi tanszék összehangolt munkájának eredményeképpen, a vállalati kutatási igények széles spektrumára képes hatékony válaszokat adni. Az alkalmazott tudásbázis magját a fennállásának idén harmincadik évét ünneplő Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék adja, mely köré az adott kutatási feladat igényeinek megfelelően szerveződnek a matematika és számítástudomány, a gépszerkezettan és mechanika, a közúti és vasúti járművek, valamint a közlekedés-

szervezés, illetőleg a regionális tudományok jeles művelői. Az egyetem szervezeti rendszerén belül létrejött egy független, kizárólag e programok végrehajtásával, illetve szervezésével foglalkozó kutatócsoport, mely reményeink szerint a hároméves program során megerősödve képes lesz a világ élvonalába tartozó kutatási feladatok végrehajtására, hozzásegítve ezzel mind több, a régióban működő vállalkozást nemzetközi üzleti sikerek eléréséhez.

A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont jövője szorosan összekapcsolódik azzal a kiemelkedő jelentőségű munkával, mely a magyarországi fejlesztési pólusok programjának, ezen belül is az „AUTOPOLIS” – Nyugat-Magyarországi Fejlesztési Pólus komplex fejlesztési programjának kialakításával kapcsolatos. Hagyományaira, erősségeire, valamint földrajzi elhelyezkedéséből következő lehetőségeire való tekintettel a Győr központú pólus elsődleges fejlesztési irányaként a járműipar, az ezt kiszolgáló beszállító ipar, valamint a járműiparhoz, közlekedéshez kapcsolódó alternatív üzemanyagok témaköre került meghatározásra. A Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont, illetőleg a Széchenyi István Egyetemhez kapcsolódó fejlesztési elképzelések célja, hogy egyetemünk bázisán egy európai dimenziókban is jelentős járműipari tudáskoncentráció jöjjön létre, mely azon túl, hogy a vállalati kooperatív kutatásokon keresztül közvetlenül is gazdaságfejlesztő hatást vált ki, egyidejűleg az új kutatási eredményekkel folyamatosan frissített oktatási programokon keresztül újratermeli és megerősíti a technológiai régió versenyképességének és megújuló képességének személyi feltételeit. Kutatás, oktatás, innováció, gazdaságfejlesztés. E négyes célrendszerben dolgozva, a lap hasábjain rendszeresen beszámolunk az eredményekről.

Kiállítások, vásárok

Időpont	Helyszín	Kiállítás	Honlap
Szeptember 12–17.	Frankfurt, Németország	Automechanika	www.automechanika.de
Szeptember 19–28.	Hannover, Németország	IAA Nutzfahrzeuge	www.iaa.de
Szeptember 20–22.	Essen, Németország	Composites Europe / Aluminium 2006	www.composites-europe.com
Szeptember 26–27.	Oberhausen, Németország	MessTec Masters Rhein-Ruhr	www.messtec-masters.de
Szeptember 28–október 1.	Budapest, Magyarország	Autotechnika – Autó-DIGA 2006	www.automobil.hungexpo.hu
Szeptember 28–október 15.	Párizs, Franciaország	Mondial de l'Automobile	www.mondial-automobile.com
Október 4–7.	Stuttgart, Németország	21. Internationale CAT.PRO	www.messe-stuttgart.de
Október 10–12.	Karlsruhe, Németország	Zuliefermesse Interpart 2006	www.kmkg.de
Október 11–15.	Köln, Németország	Intermot	www.intermot.de
Október 25–29.	Szentpétervár, Oroszország	Auto + Automechanika St. Petersburg	automechanika.messefrankfurt.com/petersburg
Október 26–november 5.	Johannesburg, Dél-Afrika	International Motor Show	www.naamsa.co.za

Rendezvények, konferenciák

Időpont	Helyszín	Rendezvény	Jelentkezés
Szeptember 18–19.	Berlin, Németország	Klopfregelung für Ottomotoren	anmeldung@hdt-essen.de
Szeptember 19–20.	Fulda, Németország	Ungleichmässig übersetzende Getriebe	wissensforum@vdi.de
Szeptember 20–21.	Essen, Németország	Überblick Motorenkonzepte	anmeldung@hdt-essen.de
Szeptember 21–22.	Berlin, Németország	Alternative Antriebe für Automobile	anmeldung@hdt-essen.de
Szeptember 21–22.	Essen, Németország	International Conference on Aluminium	aluminium@dgm.de
Szeptember 21–22.	Drezda, Németország	11. Aufladetechnische Konferenz 2006	atk2006@ivk.tu-dresden.de
Szeptember 25–27.	Essen, Németország	Dieselmotortechnik	anmeldung@hdt-essen.de
Szeptember 25–27.	Göttingen, Németország	Tribologie-Fachtagung 2006	tribologie@gft-ev.de
Szeptember 27–28.	Essen, Németország	Filtration in Fahrzeugen	anmeldung@hdt-essen.de
Szeptember 27–28.	Böblingen, Németország	Elektrisch-mechanische Antriebssysteme	wissensforum@vdi.de
Szeptember 27–28.	Böblingen, Németország	Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau	wissensforum@vdi.de
Szeptember 28–29.	Berlin, Németország	Neue Brennvorfahren	anmeldung@hdt-essen.de
Október 4–5.	Rouen, Franciaország	Normandy Motor Meetings	normandy-motor-meetings@adhes.com
Október 5–6.	Lipce, Németország	Zukunft Automobilmontage 2006	info@viewegtechnologyforum.de
Október 9–10.	Köln, Németország	6. Internationale Motorradkonferenz	info@ifz.de
Október 9–10.	Ostfildern, Németország	Planetengetriebe in Fahrzeugen	anmeldung@tae.de
Október 9–11.	Aachen, Németország	15. Aachener Kolloquium	kolloquium@vka.rwth-aachen.de
Október 11–12.	Paderborn, Németország	4. Paderborner Symposium Vollformgiessen	woestmann@lostfoamcouncil.de
Október 12–13.	Wolfsburg, Németország	Integrierte Sicherheit	wissensforum@vdi.de
Október 16–17.	München, Németország	Projektmanagement in der Automobilindustrie	info@viewegtechnologyforum.de
Október 19–20.	München, Németország	Virtual Powertrain Creation	info@viewegtechnologyforum.de
Október 22–27.	Yokohama, Japán	FISITA 2006 World Automotive Congress	fisita2006@jsae.or.jp
Október 23–25.	Aachen, Németország	VDE-Kongress – Innovations in Europe	vde-conferences@vde.com
Október 25–26.	Stuttgart, Németország	AutoTest 2006	autotest@fkfs.de



Borsodi Műhely Kft.



A Borsodi László által 1981-ben alapított egyéni vállalkozás jogutódjaként működő Borsodi Műhely Kft. jelenleg egy 100%-os családi tulajdonban lévő gazdasági társaság.

Borsodi László, aki kisiparosként kezdett tevékenykedni, kezdetben textilipari szövőgépekhez készített alkatrészeket csaknem az ország összes szövőgyára részére. Ez a piac jelentős fejlesztéseket és növekedést tett lehetővé. 1988-ban lehetőség nyílt arra, hogy a cég exportra is dolgozzon, melynek során üzleteket kötöttek olasz, német és osztrák cégekkel.

A '90-es években – amikor a magyarországi gazdasági, politikai változások miatt az addig állandó piac megszűnt – ezek a kapcsolatok különösen jelentőssé váltak. Fontos előrelépést hozott 1993, az OPEL GmbH magyarországi vállalatával megkötött szerződés, mellyel a dinamikusan fejlődő cég a nagy múltú gyár beszállítója lett.

1999 januárjában került sor egy kisújszállási cég megvásárlására. Ez nemcsak területnövekedést, de jelentős termelői kapacitásnövekedést is jelentett. Ma már a termékek fele Kisújszálláson készül. A termelést a két telephelyen kívül jelentős beszállítói és alvállalkozói kör támogatja.

2004 januárjától a Borsodi Műhely Kft. tulajdonosai megalapították a Borsodi Fémmegmunkáló Kft.-t kapcsolt vállalkozásként győri székhellyel, szombathelyi telephellyel.

Cégünk a GM-Powertrain Magyarország Kft.-vel 5 éves kizárólagos szolgáltatási szerződéssel, az EPCOS Elektronikai Alkatrész Kft.-vel 5 éves vállalkozási szerződéssel és az AUDI HUNGARIA MOTOR Kft.-vel 1 éves szállítási keretszerződéssel rendelkezik.

Ebben a felgyorsult, konkurenciával együtt élő világban a jelmondatunk szerinti „precíz, fémes jövő”-t a folyamatos fejlesztések mellett

hosszú távon egy együttműködő, együtt gondolkodó, lojális csapattal képzeljük el.

Minőségirányítás: a cégünknel az MSZ EN ISO 9001:2000 és ISO 14001:2004 szabvány alapján működő integrált minőség- és környezetirányítási rendszer fontos eleme a kalibrált mérőgépekkel és mérőeszközökkel felszerelt mérőszoba, ahol termékeink minőség-ellenőrzését végezzük.



Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.

KNORR-BREMSE



A Knorr-Bremse vállalatcsoport a világ vezető vasúti és közúti haszonjármű fék-, felfüggesztés- és menetdinamikai járműrendszerek gyártója. A vállalatcsoport közúti járműrendszerek üzletágának 18 gyártó telephelye van világszerte. 2004-ben a forgalom meghaladta a 1,5 milliárd eurót.

A közúti jármű-program hívta életre a '70-es évek elején a Knorr-Bremse-val való magyar együttműködést, amelyből 1989-ben született a müncheni cég első kelet-európai vegyesvállalata. A kecskeméti székhelyű Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. napjainkban a cégcsoport stratégiai fontosságú gyártóbázisa, és 1996-tól a kelet-közép-európai értékesítés központja. A fékrendszerek meghatározott elemeinek, mint pl. légszárító, négykörös védőszelep, szintállító szelep kizárólagos gyártója, és ezek a termékek minden nagy járműgyártó, úgy mint a DaimlerChrysler, MAN, IVECO, SCANIA teherautóiban, autóbuszaiban megtalálhatóak.

A Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. értékesítése 2005-ben az előző évihez képest 30%-kal nőtt: 22,8 milliárd forintot ért el. 2006-ra 25 milliárd forintos összértékesítés prognosztizálható. A saját gyártású termékek értékesítése mellett a cég a Knorr-Bremse teljes termékpalettájával látja el a legnagyobb haszonjárműgyártókat és pótalkatrész-piaci partnereket hazánkban, valamint Kelet- és Délkelet-Európában. Számos kiváló minőségű Knorr-Bremse termék és rendszer kerül egyre nagyobb számban beépítésre a régió olyan nagy járműgyártói, mint a KAMAZ, MAZ, PAZ, LiAZ, LAZ, AZUral haszonjárműveibe.

Kecskeméten zömmel a levegő-előkészítés részegységeinek és a légfékrendszer szelepeinek a gyártása folyik. Szintén Kecskeméten készül

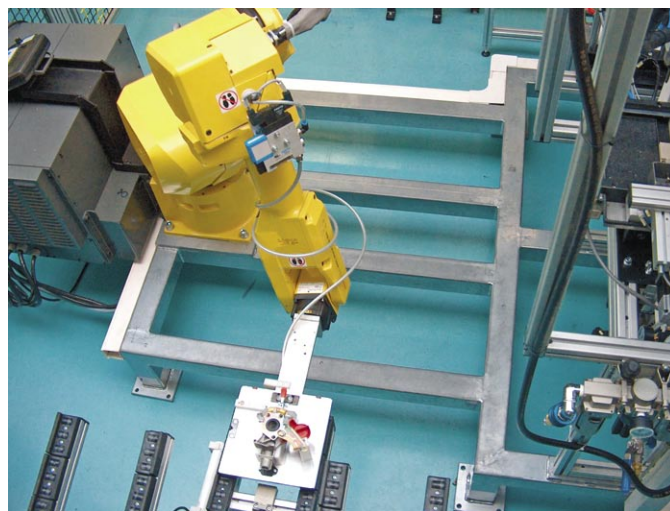
a Knorr-Bremse egyik újdonsága, az integrált levegő-előkészítő egység (APU), amely egyesíti a légszárítót és a védőszelepeket.



A Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. gyárában készül a ZB44. Monoblokk levegő-előkészítő egység integrált olajleválasztóval (APU – Air Processing Units)

Európai viszonylatban is igaz, hogy az autópálya a legnagyobb K+F befektető és az innováció legnagyobb letéteményese a gazdaságban. 1995-ben kezdte meg kutató-fejlesztési tevékenységét a Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. 1999-ben a Knorr-Bremse a multinacionális vállalatok között elsőként hozott létre fejlesztőintézetet hazánkban.

A Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. 2004-ben az előző évhez képest 51%-kal többet, mintegy 800 millió forintot fordított beruházásra, fejlesztésre és korszerűsítésre. 2005-ben csaknem egymilliárd forint értékű beruházás valósult meg. A szereldében 2005-ben üzembe helyezett új kapcsolófej fékszelep manipulátor az utóbbi idők egyik legjelentősebb beruházása a kecskeméti vállalatnak.



FANUC Robotics America (manipulátor) többfunkciós robot működés közben

A beruházások összértéke 2006-ban is eléri az 1 milliárd forintot. A termelési folyamatok korszerűsítésére, IT-fejlesztésekre és az SAP vállalatirányítási rendszer bevezetésére kerül sor.

Az elsőség, a legjobbra törekvő meghatározó elve úgy a vállalatcsoportnak, mint a Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.-nek. A kecskeméti gyártóbázis és szerelési központ foglalkoztatja a legtöbb munkatársat a Knorr-Bremse európai vállalatai közül, 780 főt. Magyarország rendelkezik a legkorszerűbb gépparkkal az univerzális megmunkálás szempontjából. A kecskeméti vállalat – a cégcsoporton belül elsőként – fejlesztette ki a business to business elektronikus kereskedelmi rendszert, amelynek köszönhetően a pótalkatrész-kereskedelmet teljes egészében a világhálón bonyolítja, továbbá beszállítóival és a hatóságokkal is kiépítette az elektronikus kapcsolatot. 1998-ban a vállalat elnyerte a Nemzeti

Minőség Díjat közép vállalat kategóriában, 2001-ben az Európai Üzleti Kiválóság elismerése címmel tüntették ki, 2004-ben pedig a Knorr-Bremse közúti járműrendszerek üzletága – az európai járműipari vállalatcsoportok közül elsőként – az európai lokációkkal karöltve döntős helyezést ért el az Európai Minőség Díjon. A Knorr-Bremse mindkét európai üzletága (vasút, közúti járműrendszerek) az Európai Minőség Díj 2005. évi pályázatán a kiváló eredményorientáltságért járó EQA-különdíjat nyerte el.

A közúti áruszállítással szemben támasztott társadalmi követelmények egyre nagyobbak, ahogy a járművek száma az utakon is egyre növekszik. A balesetek 95%-a az utakon vezetők hibájából történik, illetve elkerülhetetlen a humán vezető fizikai korlátai miatt. A Knorr-Bremse aktívan tevékenykedik a járművezetőt támogató rendszerek, mint adaptív sebesség határolás, útelhagyás-detektálás fejlesztésén.

Németországban már 1939-ben a 7 és 16 tonnás szerelvények 90%-ában Knorr-Bremse fékrendszer szolgálta a biztonságos közlekedést. Napjainkban 5 kontinens több mint 100 országában felel a Knorr-Bremse emberek millióinak biztonságáért a buszokon, metrókon, vonatokon és a haszonjárműveken.

A vállalatcsoport a biztonságos, innovatív és gazdaságos termékek fejlesztésével, gyártásával és értékesítésével a piacvezető technológia mellett kötelezte el magát.



A pótkocsi EBS az RSP- (Roll Stability Program) programmal javítja a pótkocsik stabilitását, a felborulást okozó menetállapot felismerésével, és az ezt követő beavatkozással. A rendszer fejlesztése a járművek széles körén végzett próbapályás vizsgálatok eredményének kiértékelése alapján történik. Az ábrán egy járműszerelvény látható vizsgálat közben

ThyssenKrupp Nothelfer Kft. Kutató-Fejlesztő Intézet, Budapest A ThyssenKrupp Automotive tagja



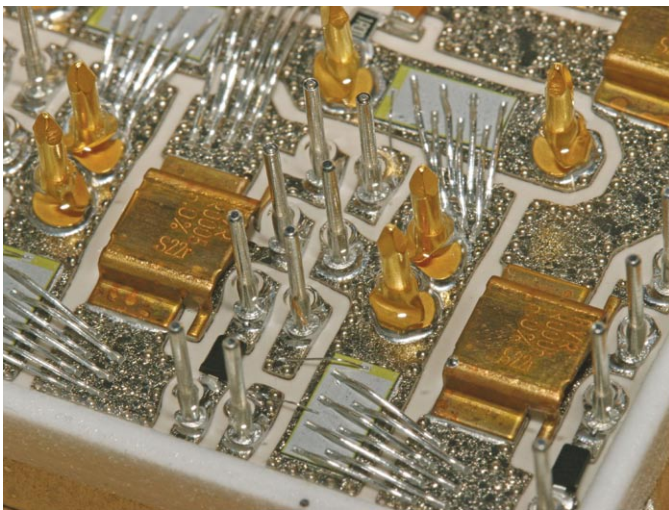
A ThyssenKrupp-konzern a világ egyik legnagyobb acélipari egysége. Egyik meghatározó célja a világ autóiparának kiszolgálása különböző általa fejlesztett és gyártott részegységekkel, mint pl. a járművek kormányrendszere. A ThyssenKrupp budapesti kutató-fejlesztő központja személygépjárművek elektromos kormányrendszerének fejlesztésével foglalkozik 1999 óta, szorosan együttműködve liechtensteini és német partnervállalatokkal. Budapesten található a vezérlőegység-elektronika, valamint a szoftver, illetve a szenzorfejlesztés kompetenciaközpontja. Az elmúlt években számos, jól ismert járműgyártó autójába építettünk elektromos kormányrendszereket, mint pl. Ford, BMW, Audi, Renault, VW, Peugeot stb.

KORMÁNYRENDSZER-MECHANIKA TERVEZÉSE, SZILÁRDSÁGI MÉRETEZÉSE

A mechanikai fejlesztők feladata a 3D-tervezés, valamint az alkatrészek szilárdsági méretezése. Az ő feladatuk a járműgyártókkal egyeztetve meghatározni, hogy az adott járműben mennyi hely áll rendelkezésre a kormányrendszer számára. A csoport tagjai végigkísérik a kormányrendszerek fejlesztési folyamatát a számítógépes tervezéstől az alkatrészek validációs mérésein keresztül, egészen a járműbe történő beépítésig.

VEZÉRLŐEGYSÉG-ELEKTRONIKA ÉS SZOFTVER FEJLESZTÉSE

A legnagyobb létszámú csoportban fejlesztjük az elektronikus vezérlőegység elektronikáját, az elektronikában futó szoftvert, illetve azt a motorszabályozó szoftvert, amely arról gondoskodik, hogy a jármű elkörményezéséhez szükséges nyomatékot az elektromos motor megfelelő mértékben fejtsse ki. A fejlesztés során a legkorszerűbb fejlesztőeszközöket (automatikus kódgenerálás és tesztelés) és szisztematikus fejlesztési folyamatokat alkalmazunk, amelyek lehetővé teszik a biztonságkritikus rendszerek kiszolgálását.

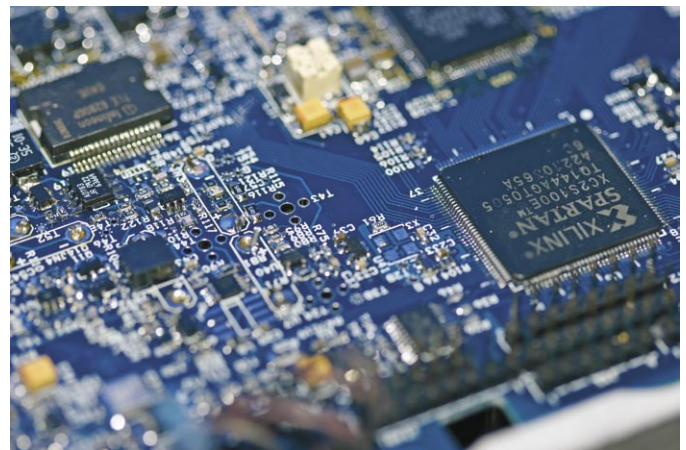


AZ INTÉZET MUNKATÁRSAI AZ ALÁBBI FELADATOKAT LÁTIJÁK EL

- Rendszer- és kormányzási algoritmus fejlesztése.
- Kormányrendszer-mechanika tervezése, szilárdsági méretezése.
- Vezérlőegység-elektronika és szoftver fejlesztése.
- Szenzorfejlesztés

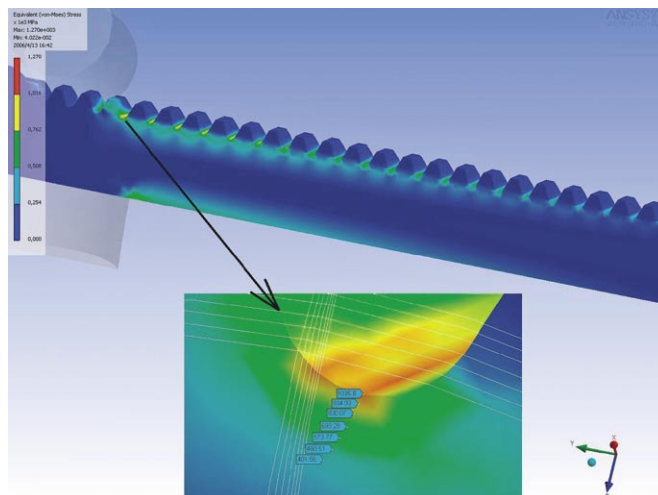
RENDSZER- ÉS KORMÁNYZÁSI ALGORITMUS FEJLESZTÉSE

Az egyik legalapvetőbb feladat a kormányrendszer struktúrájának kialakítása, valamint a kormányzási algoritmus fejlesztése. Ennek a legfontosabb célja az, hogy a járművezető számára megfelelő kormányzási érzést biztosítsunk, illetve, hogy a járműgyártó számára költségkímélő kormányrendszert tudjunk szállítani. A csoport feladata közé tartozik a leggyártott rendszer próbapadi és járműves vizsgálata, illetve az elektronikában futó szoftver paramétereinek hangolása is.



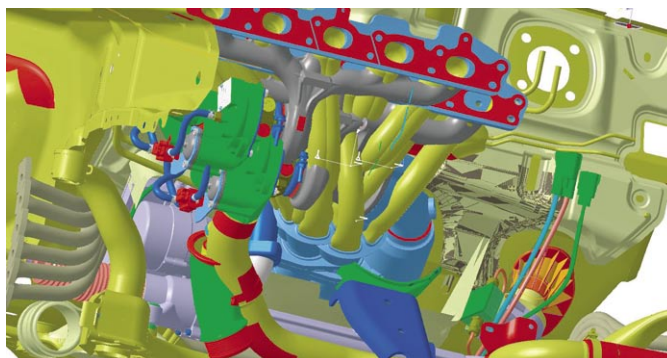
SENZORFEJLESZTÉS

A kormányrendszerekben használt szenzorok feladata a kormányzási nyomaték, illetve a kormánysszög és a rásegítést nyújtó elektromos motor szögének a mérése. Nagyon fontos, hogy az ehhez használt szenzorok minél pontosabbak, de olcsók legyenek. A fejlesztés ezen paraméterek optimalizálásán kívül kiterjed a szenzorok és az elektronikus vezérlőegység közötti kommunikáció kialakítására is.



Az intézet tevékenysége szoros kapcsolatban áll a hazai felsőoktatási és akadémiai intézetekkel is. Az elmúlt években számos K+F projekt, diplomamunka, önálló labor, nyári szakmai gyakorlat, illetve tudományos diákköri kutatómunka zárult le sikerrel a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatói, valamint hallgatói részvételével. A vállalat egyik célja, hogy aktívan részt vegyen a felsőoktatásban, és átadja ipari tapasztalatait a jövő mérnökeinek.

Intézetünk tagja a BME-n megalakult Elektronikus Jármű- és Járműirányítási Tudásközpontnak, amelynek keretein belül számos további közös fejlesztési és kutatási lehetőség adódik.





RÁBA Futómű Kft.

A Rába Futómű üzletágának története – Futóműfejlesztések és díjak

1964 A 018 típ. autóbusz hátsó futómű kifejlesztése és gyártása (IKARUS)

A Csepel teherautókhoz alkalmazott Steyer licenc futóművek gyártásával a RÁBA megteremti az alapot a továbblépésre, ami most már saját fejlesztés. A Közüti Járműprogram keretében új igényhez, az esetenként 23–28 tonna összgörődülő súlyú csuklós autóbuszokhoz is alkalmas hátsó futóművek fejlesztésénél teljesen új utat választottunk. A nagy terhelés esetén is nagy élettartam miatt kerékagy bolygóműves hátsó futóművet fejlesztettünk ki. Ez akkor még újdonságnak számított, hiszen a Mercedes és a MAN is csak mintegy öt évvel később fejlesztik ki közösen hasonló felépítésű futóművüket.



1971 A 831 teherautó hátsó futómű kifejlesztése és bemutatása a Budapesti Nemzetközi Vásáron

1977 Off-highway futómű kifejlesztése a Steiger traktorok számára (RÁBA-szabadalmak)

A bolygóműves futóművekkel szerzett kedvező tapasztalatok arra bátorítottak bennünket, hogy a hazai mezőgazdaság fejlesztéséhez vásárolt nagy teljesítményű Steiger traktorok rövid élettartamú szimpla kerékagy bolygóműves futóművei helyett dupla bolygóműves futóművet tervezzünk. Ezzel kapcsolatban szereztük meg az első világszabadalmat is, amelyet további 18 követett napjainkig. Ez a futómű annyira sikeres volt, hogy már nemcsak a hazai traktorokba épültek be, hanem az összes Steiger traktorba, sőt ezzel megteremtettük a Steiger számára a teljesítménynövelés lehetőségét is, amit később bőven ki is használt. Később ebből egy nehéztraktor futómű családot fejlesztettünk ki 180–600 LE tartományra és futóműveink elkerültek Ausztráliába, Dél-Afrikába és Kanadába is. Ezzel 1974-ben bekerültünk az USA-piacra, ami akkor hazai viszonylatban még ritkaságnak számított.

A traktorfutóművek sikeres szereplése hozta az újabb üzleteket. Az USA-traktorpiac jelentős szereplője volt az International, aki bár kisebb traktorokat gyártott mint a Steiger, de látva sikeres futóműveinket, megbízott bennünket az USA nehéz-teherautó hátsó futóművek gyártásával.

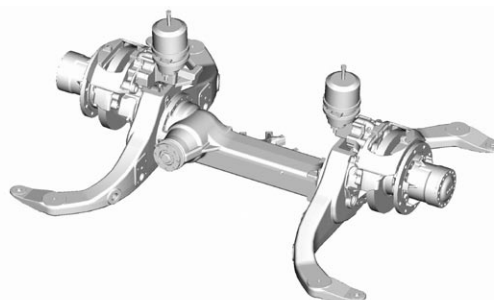
1990-től A rendszerváltásból eredő jelentős gazdasági változások miatt a RÁBA Futómű Kft.-nek új stratégiát kellett kidolgoznia. Beláttuk, hogy a nagy gyártókkal nagysorozatú területeken általában nem tudjuk felvenni a versenyt komplett futóművekkel, hanem a rés piacok minél nagyobb részét kell megszereznünk. Természetesen a meglévő piacokat megtartottuk nagy sorozat esetén is, ha azok továbbra is gazdaságosak maradtak.

NEDVESFÉKES OFF-HIGHWAY FUTÓMŰCSALÁD KIFEJLESZTÉSE

Szintén a korábbi futóművekből ered egy másik rés piaci alkalmazás, a nehéztraktor-futóművek. A ma gyártott futóművek azonban 100%-ban eltérnek az eredeti Steiger-futóművektől. Olyan szabadalmaztatott újdonságokat fejlesztettünk ki, mint pl. üzemi és parkoló nedvesfék, komputer vezérlésű differenciálzár, kis helyigényű integrált hidraulikus kormányzás és oszcilláló felfüggesztés.

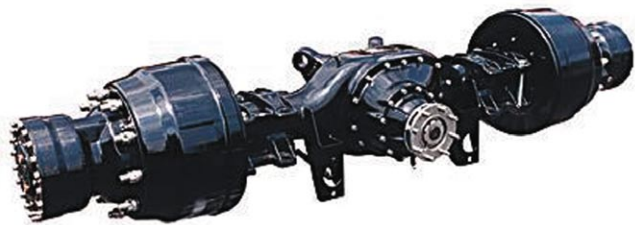
1994 Portál hátsó futóművek kifejlesztése alacsonypadlós buszok számára

Az autóbusz-futóműveknél a továbbfejlesztés két irányba ment el. Az egyik a nagy kategóriájú, 18–30 tonnás, alacsonypadlós autóbuszok portál futóművei. A konkurenciát megelőzve, két szabadalommal is védett hajtott hátsó futóművet fejlesztettünk ki. Ezeknek gyártjuk a nem hajtott utánfutó változatát is. A futóművek kívánság szerint dob- és tárcsafékes kivitelben is készülnek. Az alapkivitellel az integrált „C” tartók miatt 70 kg súlymegtakarítást lehet elérni. Ennek továbbfejlesztett kivitele az APT 28, amely a nagyobb nyomatékképesség ellenére további 50 kg súlymegtakarítást jelent a különleges kerékagy-konstrukció miatt. A BPR 28 futómű nem hajtott változata a BPO 10, amelyeknek csatlakozásai megegyeznek. Az APT 28 futómű nem hajtott változata az APT 10, amelyeknek csatlakozásai szintén megegyeznek.



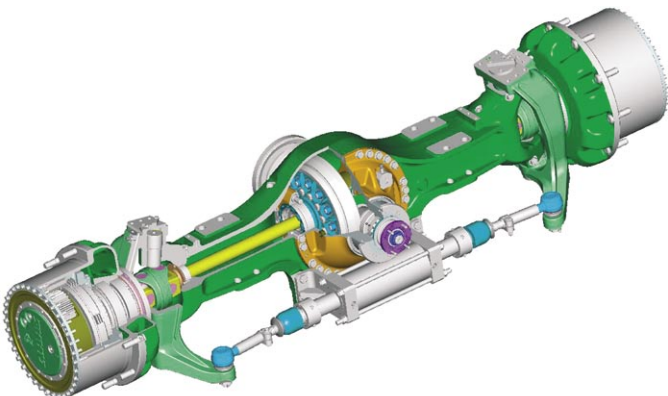
1995 Innovációs nagydíj az alacsony zajszintű, kétfokozatú autóbushfutómű-család kifejlesztéséért

Erre jó példa a nagysorozatú futóműgyártásunkat megalapozó kétfokozatú autóbushfutómű, melyet még ma is többezres sorozatban gyártunk.



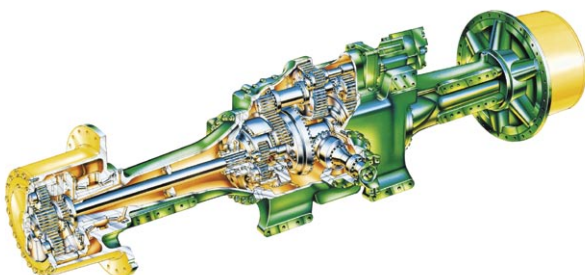
1997 Nedvesfékes traktorfutómű-család kifejlesztése

Európai piacra 300–340 lóerős, négykerék-kormányzású traktorokhoz és egyéb speciális mezőgazdasági gépekhez készülnek az 576 típusú futóművek. Ezek a futóművek komputervezérlésű diffzárás főhajtóművel, oszcilláló és merev felfüggesztéssel rendelkeznek.



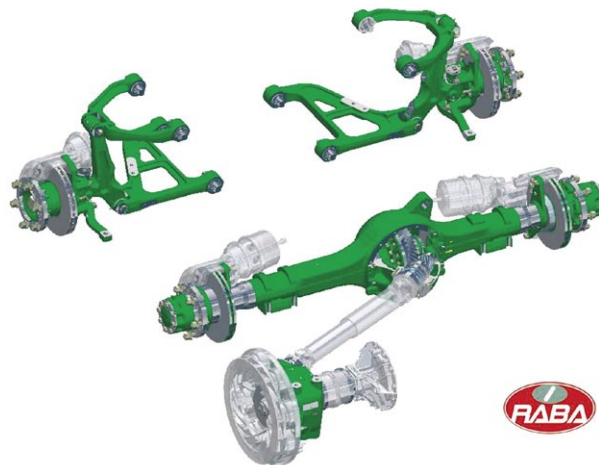
1999 Nedvesfékes traktorfutómű kifejlesztése John Deere 9000 sorozatú gumihevederes traktorhoz

USA-piacra szállítjuk a világ legnagyobb 450–600 lóerős, gumihevederes traktorjaihoz a hátsó futóművet. Ezt a hatalmas teljesítményt egy futómű viszi át. Ez is négy szabadalommal védett futómű, tartalmaz üzemi és parkoló nedvesféket és differenciál-kormányzást. A futómű olyan kialakítású, hogy könnyű traktoralvázat lehet alkalmazni, mert a futóműhöz előlről a gumihevederfeszítés csatlakozik, hátulról pedig a munkaeszközök.



2002 Független mellső midibusz futómű kifejlesztése és gyártása

Az autóbushfutóműveknél a másik fejlesztési irány a 8–10 tonna súlyú midibuszfutóművek. Ehhez fejlesztettünk helytakarékos lengő mellső futóművet, 35°-os kúp-tányérkeréppárral rendelkező, szintén tárcsafékes, egyfokozatú hátsó futóművet, és szintén 35°-os szöghajtást, amelybe a retarder is integrálva van. A motor és a sebességváltó hátul keresztben van beépítve. Ebben a méretkategóriában ezzel a kivitellel lehet elérni a legnagyobb hasznos teret, ami egyúttal alacsonypadlós is.



PIACOK BŐVÜLÉSE

1974 Belépés az amerikai piacra

1996 Belépés az ázsiai piacra

1997 Belépés a dél-amerikai piacra

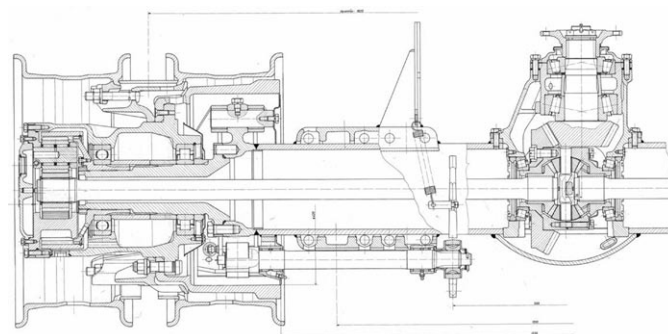
FEJLESZTÉSEK A KÖZELMÚLTBAN

2000 Megalakul a Rába Futómű Alkatrészgyártó és Kereskedelmi Kft., mint a Rába Holding tagja

2003 ISO/TS 16949 tanúsítás megerősítése az EU off-highway pozícióban

2004 40%-os üzleti növekedés (bázis és 2003)

2005 6,2 billió HUF MFB-hitel beruházásokra



SAPU Bt. – Scheffenacker Automotive Parts Ungarn

A SAPU a német Scheffenacker cégcsoporthoz tartozik, amely 6800 főt foglalkoztat a világ valamennyi kontinensén megtalálható 18 leányvállalatánál. Ügyvezető igazgatója: Mihalicz Antal gépészmérnök, üzemgazdász. A telephely címe: 9245 Mosonszolnok, Szabadság út 35.

A SAPU TÖRTÉNETE

Az 1995-ös termelésindítástól eltelt időszakban fokozatosan alakult ki a SAPU jelenlegi működési rendszere.

A személygépkocsi-tükrök és hátsó lámpák szerelése egy 3500 négyzetméteres csarnokban kezdődött, amely, a szerelési projektek számának növekedésével 1999-ben telítődött. A profil továbbfejlesztése érdekében 2000-ben egy 4000 négyzetméteres csarnokkal, 2004 őszén pedig egy raktárcsarnokkal bővült a telephely. Ugyanebben az évben a SAPU jövőjét hosszú távon meghatározó döntés született: elkezdődött a vegyes szerelési profil megtisztítása és egy tükröburkolatok festésére alkalmas, nagy teljesítményű berendezés ide telepítési feltételeinek megteremtése. A festőüzemben 2005 őszén indult el a termelés.



A 2000-ben felépített 2-es csarnok úgy készült, hogy fröccsöntésre alkalmas termelőterületet biztosítson. Így kerülhetett sor a 2005-ben indult „Transition” projekt részeként a festőüzemi tevékenységet kiegészítő, burkolatok gyártására alkalmas fröccsöntőüzem ide telepítésére a cégcsoport németországi gyarából. A fröccsöntő 2005 év végétől termel. Jelenleg a SAPU új struktúrájának megfelelő SPS-rendszer továbbfejlesztése zajlik, illetve a jövőt megalapozó SDS-termékfejlesztési rendszer cégre történő adaptálása kezdődött el (SDS-Scheffenacker Design System).

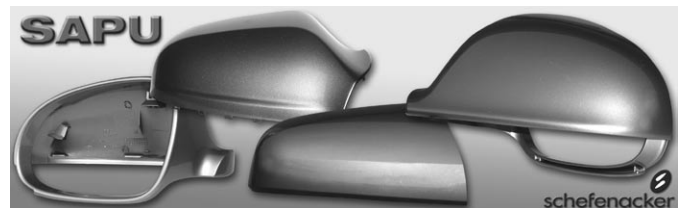
FŐ PROFILJA, TERMÉKEI ÉS VEVŐI

A SAPU termékei korszerű szerelési és ellenőrzési technológiával készülő innovatív konstrukciók. A termékeket az autóipar igényei szerint, jelenleg még a cégcsoport fejlesztési központjában

tervezik. A SAPU profilja alapvetően külső és belső visszapillantó tükrökből áll. Az egyszerűbb mechanikus tükrök helyett már az elektromos tükrő állító-művel felszerelt típusok a jellemzők. A tükrök közel 40 százaléka irányjelzővel integrált termék. Bizonyos típusok a tükrő alatti teret is megvilágítják. A tükrő-üvegek fűthető és reflektor hatására elsötétedő kivitelben is készülnek. A SAPU által gyártott belső tükrök között nagyon kevés az egyszerű prizmatikus rendszerű, jellemzőbb a reflektor hatására elsötétedő kivitelű. Vannak olyan típusok, amelyekben belsőtér-megvilágítás, beépített mikrofon és garázsajtónyitó elektronika is található.

A SAPU valamennyi jelentős autóipari cégnek szállít. Legnagyobb vevői: a MERCEDES, az OPEL, az AUDI, a VW, a Ford, a BMW, de a MAGYAR SUZUKI Rt.-nek is szállít.

Legújabb termékei a BMW Mini, a KIA 2006-os már Szlovákiában gyártott modellje, a DC univerzális belső tükre.



JELENLÉGI ÉS NAPI PARAMÉTEREI

Naponta 25 000 db tükröt szerelnek. A külön szállított színes burkolatok száma 20 000 db naponta. A cég létszáma 720 fő. A gyártási és raktározási területe 11 000 négyzetméter összesen.

FESTŐÜZEM

A visszapillantó tükrök burkolatának, a jármű színével megegyező színűre történő festésére, lakkozására alkalmas műanyag festő-üzem közel 2 milliárd forintból valósult meg. E beruházás nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a SAPU az öreg kontinens legnagyobb külsőtükrő-gyártójává, 2007-ben pedig európai szintű fejlesztő-központtá váljon. A festőüzemben készülő termékek az új Mercedes-modelleken található tükrökre, az Opel Astrára, a Vectrára

és az új Zafirára kerülnek majd, de itt készülnek a VW Passat és a VW 5-ös Golf burkolatai is. 2006-tól százalékos bontásban az üzem legnagyobb vevőjének a VW számít, 38 százalékos részesedéssel. A termékek 24 százalékát a Mercedes-tükrök, 22 százalékát az Opel-tükrök teszik ki. Hét százalék a Ford és a BMW, valamint 2 százalék az Audi része. Az új festőüzem világszínvonalú technológiát valósít meg. A zárt rendszerű technológia lényegében egy logisztikai területet is tartalmazó felrakó zónából, egy átmenő rendszerű mosóból, 3 lakkozózónából és a hozzá tartozó szárítórendszerből áll. Hetente 18 műszakban 220 000 db tükröt festenek az üzemben. A festőüzem 3 műszakos munkarendben, műszakonként közel 30 fő alkalmazását igényli.

FRÖCCSÖNTŐÜZEM

A 2. csarnok építésének kezdete óta keresi a lehetőséget a cégcsoport arra, hogy mosonszolnoki telephelyén a tükrögyártási, mint fő profil kiteljesítése érdekében fröccsöntőtechnológiát is telepítsen. Az első ütem 2005 végén valósult meg a színes burkolatok gyártására alkalmas gáz ellennyomós technológia (GID) áttelepítésével. Az új technológia logisztikai költségmegtakarítással jár, a festés optimalizálása összekapcsolható a fröccsöntéssel. Az üzem jelenleg 6 géppel, napi 10,5 ezer darab tükröburkolatot gyárt, ebből 5000 db a VW Passat, 2500 db a VW Golf és 3000 db az Opel Astra. A fröccsöntő termékei a festőüzembe kerülnek. A teljes kiépítés végére 20 gép fog üzemelni. Az új projektek festett burkolatainak gyártása már erre a kapacitásra épül. A további áttelepítések után a teljes festett termékpaletta gyártása a SAPU-ban történik.

A SAPU a nemzetközi autóipar által elvárt, integrált minőség- és környezetközpontú irányítási rendszert működtet 1998 óta. (Minőség- és környezetirányítási tanúsítványok: ISO/TS 16949, ISO 14001.) A cég 2001 óta alkalmazza az EFQM önértékelési és vezetésfejlesztési modellt. 2003-ban **Nemzeti Minőségi Díjat** nyert.

A cég szervezete mátrixos rendszerű. A három vevő- és a két technológiaorientált termelőteam tevékenységét a funkcionális támogató teamek látják el (logisztika, beszerzés, termelés, pénzügy-számvitel, minőségirányítás és személyügy).



TÜV NORD-KTI Kft.



A hannoveri székhelyű TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V. 1990-ben alapított közös vállalatot a Közlekedéstudományi Intézettel (ma: KTI Kht.) a járművizsgálati, majd a rendszertanúsítási tevékenység magyarországi folytatására, TÜV Hannover-KTI Kft. néven.

Az alapító stratégiáját követve, társaságunk 2003 novemberétől TÜV NORD-KTI Kft. néven folytatta tovább üzleti tevékenységét.

2005 februárjától a TÜV NORD-KTI Kft. a jármű- és rakodógépvizsgálat, a munkavédelem, a terméktanúsítás és a környezetgazdálkodás szakmai területeken kínálja szolgáltatásait partnerei részére.

Társaságunk független szakértő intézmény. Munkatársaink szakterületükön hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt elismertek. Munkájuk minőségéért valamennyien teljes körű felelősséggel tartoznak. Mindez garantálja a vizsgálatok és a tanúsítás szakzszerűségét és objektivitását.

Tudásbázisunkat magasan kvalifikált, több szakmai képesítéssel rendelkező, tapasztalt munkatársaink jelentik.

Nem folytatunk olyan tevékenységet (pl. gyártás, kereskedelem), amely veszélyeztetné megállapításaink pártatlanságát.

TÜV NORD (A NÉMET TULAJDONOS)

WWW.TUEV-NORD.DE

Az 1870-es években Németországban megalakultak az első DÜV-egyesületek (Dampfkessel-Übewachungs-Vereine), amelyek célja volt segítség nyújtása az üzemeltetőknek a gőzkazánrobbanások megelőzése érdekében.

Az 1900-as évek elején az elektromosság széles körű elterjedése hívta életre az új feladatköröket: az elektromos berendezések, felvonók és mozgólépcsők vizsgálatát.

Később ehhez társult a gépjárművek tömeges megjelenése is, a járművezető-jelöltek a DÜV-nél vizsgáztak.

A '30-as évek közepén a DÜV neve TÜV-re változott, igazolva azt a tényt, hogy a tisztán csak gőzgép-felügyeleti tevékenység már a múlté. A rohamos műszaki fejlődés megnövelte az igényt a biztonságtechnikai szolgáltatások iránt.

A nukleáris technika megjelenése mérföldkönek számított e területen, ahol a TÜV NORD kezdettől jelen van.

Ma a TÜV Nord csoport több mint 7000 munkatársa és 600 millió eurós forgalma bizonyítja (a 2004-es konszolidált mérleg alapján), a TÜV NORD Csoport kompetens szolgáltató a műszaki-természettudományi, építő-, járműipari és biztonságtechnikai feladatok területén is.

KÖZÚTI JÁRMŰVEK ÉS ALKATRÉSZEIK MŰSZAKI ÉS KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI VIZSGÁLATAI

Egyik legfontosabb tevékenységünk a közúti járművek és alkatrészeinek vizsgálata.

Az MSZ EN ISO 17025/2001 szabvány szerint akkreditált Járműtechnikai és Munkavédelmi Laboratórium Jármű- és Alkatrészvizsgálati Osztályának főbb tevékenységei:

- Járművek típusvizsgálata.
- Járművek egyedi/sorozat forgalomba helyezési engedélyhez szükséges vizsgálata.
- Járműtulajdonságok és járműalkatrészek európai jóváhagyási vizsgálata (EU, EGB).
- Járműalkatrészek (pótalkatrészek) minősítő vizsgálata.

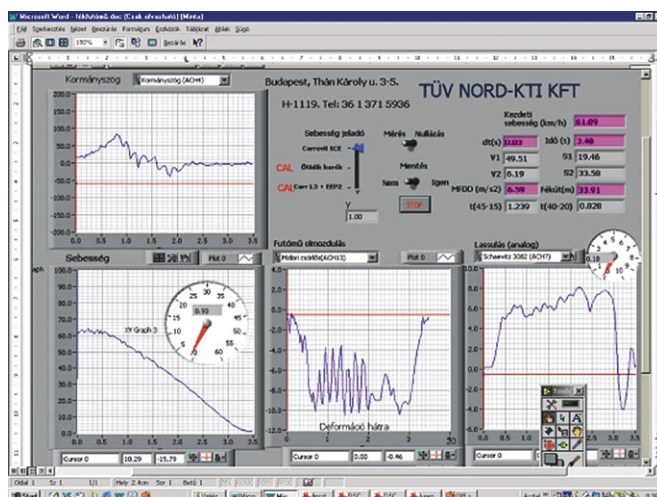
A vizsgálatok túlnyomó részének célja a közlekedési hatóság (Központi Közlekedési Felügyelet, területi felügyelet) engedélyeinek és jóváhagyásainak (európai és magyar jármű-típusbizonyítvány, egyedi/sorozat forgalomba állítási engedély, összeépítési engedély, „E7”, valamint „e7” európai jóváhagyási jel, „H” hazai minősítési jel) megszerzése jármű- és alkatrészgyártók, forgalmazók részére. Kívánságra közreműködünk az ehhez kapcsolódó ügyintézésben és a szükséges jóváhagyási dokumentáció összeállításában.

Genfben és Brüsszelben bejegyzett vizsgálóállomás vagyunk (jelünk 7G) 53 ENSZ EGB előírás, továbbá 52 db EK-irányelv szerinti európai jóváhagyási vizsgálathoz.

A vizsgálatok a hazai ENSZ EGB előírásokon és EK-irányelveken túl számos esetben egyéb nemzetközi szabványok (ISO), külföldi előírások szerint történhetnek. Utóbbi elsősorban a német előírásokat jelenti a TÜV NORD Strassenverkehr GmbH-val való együttműködés segítségével.

A német előírások szerinti vizsgálatra példa autóbuszok „Tempo 100” vizsgálata a hozzá tartozó hatósági ügyintézéssel, az ügyfélnek tehát nem kell Németországba utaznia az engedély megszerzéséért. Lehetséges a túlsúlyos és túlméretes járművek németországi útvonalengedélyének megszerzéséhez szükséges vizsgálat (StVZO 70. §) elvégzése is.

Míg a jóváhagyási-engedélyezési célú vizsgálatok túlnyomó része az akkreditált tevékenységi körhöz tartozik, a nem akkreditált tevékenységi kör legfontosabb eleme a kutatás-fejlesztés, elsősorban a műszaki közlekedésbiztonság területén. Szakértői tevékenységünket nemcsak a jármű- és alkatrészgyártók, hanem a járműüzemeltetők, a végfelhasználók, az igazságszolgáltatás és az állami döntéshozók is igénybe veszik, továbbá szakértőink közreműködnek az ENSZ EGB és az Európai Unió járműműszaki előírásainak fejlesztésében.



Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása

Dr. Péter Tamás
Dr. Bokor József

A cikk rámutat a hazai közlekedés fejlesztésének kiemelt jelentőségére a 2007–2013 közötti időszakban. A témakörben áttekintést ad a BME EJJT-ben 2005-ben elindított kutatási munkákról. Bemutat egy ígéretes kutatási irányt, amely nemlineáris matematikai hálózati modellt alkalmaz a nagyméretű közlekedési hálózatok modellezésére.

The document demonstrates the significance of the development of home transportation in the 2007–2013 period. It also takes a short review of the researches started under the BME EJJT in 2005. The document also introduces a new line of study, which uses nonlinear mathematical network model for simulating huge transportation networks.

1. BEVEZETÉS

Az EU a 2007–2013 közötti időszakban prioritásként kezeli a közút- és vasútfejlesztést. Magyarország a II. Nemzeti Fejlesztési Terv keretében várhatóan mintegy 600 milliárd forintot költhet a közösségi közlekedés fejlesztésére. A 2007–2013 között felhasználható európai uniós támogatás nagyságrendekkel több a 2004–2006 között elkülönített összegnél. 600 milliárd forintból megvalósulhat Budapest és a legnagyobb magyar városok komplex közösségi közlekedésfejlesztése, amely gyorsabb és kényelmesebb utazáshoz, a forgalmas utak tehermentesítéséhez vezet (MTI–2006. JAN. 17.).

2. KUTATÁSI TERÜLETEINK

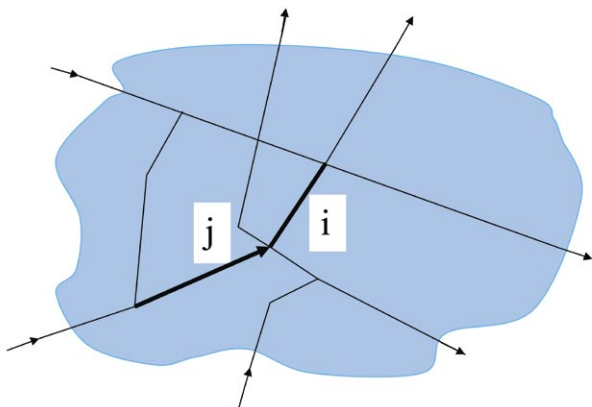
A BME EJJT a témakör jelentőségét tekintve, fontos feladatának tekinti a közúti járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása témában az intenzív K+F munkákat, ezért az elmúlt évben az alábbi területeken indította el kutatásait: **I. A becslési eljárások elmélete és elvi módszerei.** Célja a nehezen vagy egyáltalán nem mérhető forgalmi paraméterek meghatározása. Az eredmények olyan döntések meghozatalánál hasznosíthatók, amelyek elősegítik a járműforgalom gyors és balesetmentes lefolyását. Ismertté teszik a „honnan-hová?” „milyen útvonalon?” forgalmi adatokat. A közlekedési részrendszer vizsgálatánál, 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). Alkalmazása az autópálya-szakaszoknál a felhajtó és lehajtó ágaknál, körforgalomnál, ill. kereszteződésnél és városi forgalmi részrendszerekénél hasznos. **II. A közúti közlekedés forgalmi paramétereinek a mérése, a mérés helyettesítése becsléssel.** A kutatás célja a közúti forgalom mérésénél továbbfejleszthető eljárások kiértékelése és a hatékony, automatikus forgalomszámláló rendszerek felépítése. Meghatározza azokat a közúti forgalmi paramétereket, amelyeknek mérése/becslése a feladat (pl. q: forgalom nagyság [Járműdb/időegys], d: forgalom sűrűség [Járműhossz x db/hosszegys], v: sebesség, tk: követési idő, hk: követési táv). Alkalmazása a műholdas helymeghatározás alapú forgalom mérésénél, továbbá olyan videós forgalom mérésénél jelentős, amely alapján szinte minden, a forgalom lefolyására jellemző adat meghatározható a képmátrix-analízissel. **III. A közúti közlekedésben jelenleg használt**

modellcsoportok (közlekedési) elmélete. A kutatási 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, továbbá igen csekély programozással bírnak. Eredménye saját mikroszkopikus modell megalkotásánál, a járművek és vezetőik viselkedésének vizsgálatánál fontos. Alkalmazása a szabadáramlási modellek; járműkövetési modellek; sávváltási modellek; objektumtól (lámpáktól, tábláktól) függő döntési modelleknél történik. **IV. A közúti közlekedésben használatos egyéb modellcsoportok elmélete szabad áramlási viszonyoknál.** A kutatás célja modellosztályok vizsgálata a közúti közlekedési rendszerek irányításához és a mesterséges intelligencia alkalmazását javasolja a további vizsgálatokhoz. Értékeli az ágens alapú modellezés lehetőségeit és a több ágensből álló rendszerek kapcsolatba lépését. Alkalmazása a kooperáló közúti kereszteződésekénél fontos. **V. A közlekedésmérnöki gyakorlatban a hálózatok leírására jelenleg használt modellek áttekintése.** Célja speciális makroszimulációs program kifejlesztése a nagyméretű közlekedési hálózatok modellezésére. Az útszakaszokon szimulációt hajt végre és 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. Alkalmazása szakértői rendszerként történik, a nagyméretű közlekedési hálózatok szűk keresztmetszeteinek meghatározására, ill. az áttervezések hatásainak elemzésére. **VI. A diszkrét eseményű dinamikus rendszereket leíró eljárások elmélete.** A kutatás a közlekedési hálózatok működésének leírására irányul a diszkrét eseményű rendszerek elméletének alkalmazásával. Az eredmények elsősorban az automaták és Petri-hálók alkalmazási területein jelentkeznek és a közlekedési csomópontok és az ezeket összekötő úthálózatok modellezési technikáihoz kapcsolódnak, továbbá új programfejlesztési lehetőségeket biztosítanak. **VII. A közúti közlekedési modellek paramétereinek vizsgálata a szabályozás szempontjából.** A kutatások a közúti közlekedési rendszereknél felvett/mért paraméterek változásának a rendszerek tulajdonságaira gyakorolt hatását elemzik. Az előállított érzékenységi értékek alapján lehet kiválasztani azokat a paramétereket, amelyeknek a pontos ismerete kiemelt feladat. Az alkalmazási elemzés alapja egy szabad

áramlású autópálya- rendszer vizsgálata. A rendszer modellezése MATLAB Simulink-programmal történt. A modell helyességét a hazai autópályákról begyűjtött adatok alapján is ellenőrizték. **VIII. Az irányítástechnikából ismert irányítási stratégiák, eljárások elmélete és módszerei, tekintettel a közúti közlekedés speciális igényeire.** A kutatás az irányítástechnikai stratégiák áttekintésére irányul a közúti közlekedési rendszerek speciális igényei alapján. Eredményei az autópálya és autópálya-hálózatok szabályozása és a városi közlekedési csomópontok szabályozási területein mutatkoznak. A munka alapját képezi a későbbi konkrét közlekedési rendszereknél megvalósítandó szabályozási feladatoknak. **IX. Autópálya-forgalom és járműirányítások.** Célja az autópálya-forgalom-irányítás és járművek mikromodelljén alapuló járműirányítási módszerek kidolgozása. Eredményei az autópálya-forgalom irányításához kapcsolódó dinamikus modellek leírásánál jelentkeznek. Korszerű irányítástechnikai módszereket alkalmaz korszerű optimumkereső eljárások kidolgozásával. Alkalmazása az autópálya-forgalom-irányításnál, automatikus ütközésmentes pályatervezésnél és pályakövetés megvalósításánál fontos. **X. Városi forgalomirányítási stratégiák korszerű megközelítési módszerei.** A kutatás áttekinti a létező jelzőlámpás irányítási rendszerek tulajdonságait és vizsgálja a problémakör játékelméleti, mesterséges intelligencia módszereken alapuló megközelítését. Javaslatokat ad olyan forgalomirányítási algoritmusokra, amelyek játékelméleti problémának tekinthetők és az egyes kereszteződések töltik be a játékosok szerepét. Minden játékos igyekszik a megfelelő zöld jelzés kialakításával 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.) Alkalmazása Matlab környezetben kerül realizálásra és ezt a modellt használják fel a forgalomirányításra javasolt játékelméleti algoritmusok is.

3. A NEMLINEÁRIS HÁLÓZATI MODELL KAPCSOLATI MÁTRIXAI

Tekintsük az n útszakaszból álló közlekedési hálózati modellünket, amely a közúti/városi közlekedési rendszer, egy zárt görbével körülhatárolt tartományát vizsgálja (1. ábra). Ebben a tartományban a térkép alapján beszámozunk minden figyelembe veendő útszakaszt és parkolót. A gráf éleinek beszámozása, geometriai és kapcsolati adatainak rögzítése egér művelettel történik és ezek az adatok egy fájlba kerülnek. Egyúttal automatikusan kiszámoljuk a



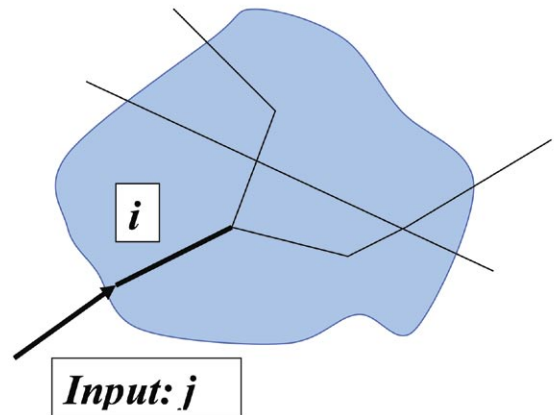
1. ábra: a j -ik szakasz dolgozik az i -ik szakaszra

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

j-ik szakasz kapcsolata (j)

i-ik szakasszal....(i)

2. ábra: a belső hálózati kapcsolat mátrix

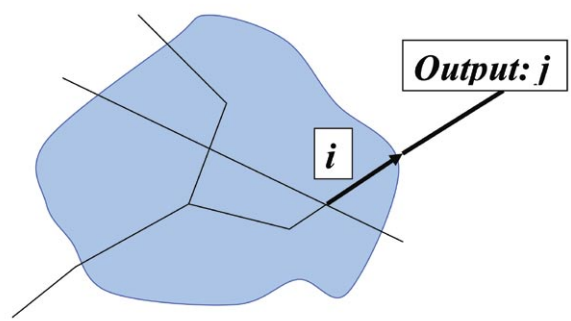


3. ábra: a j -ik inputszakasz dolgozik az i -ik szakaszra

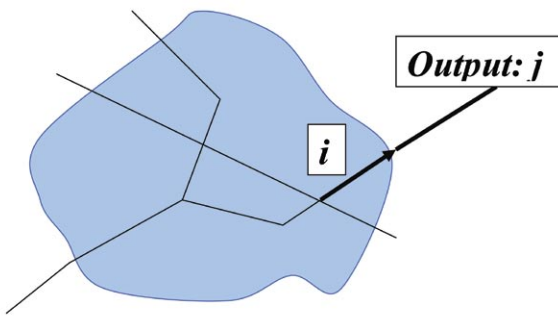
szakaszok hosszát és a szakaszokon maximálisan megjeleníthető járműszámokat, egységjárműre számítva. (A parkolóknál a maximális járműszámokat megadjuk.) A hálózati matematikai modell megalkotásához alapvető fontossággal bír a hálózatot definiáló kapcsolati mátrixok megadása. A modellünk három kapcsolati mátrixot alkalmaz. Ezek közül tekintsük először a belső hálózati kapcsolati mátrix felépítését.

3.1. A BELSŐ HÁLÓZATI KAPCSOLATI MÁTRIX

A kapcsolati mátrix felépítése oszloponként történik: végigmegyünk minden j szakaszon és a j oszlop minden olyan i -ik sorába beírjuk a K_{ij} kapcsolati függvényt ($i \neq j$, $1 \leq i, j \leq n$), ahol a gráf felépítésénél nemzérus kapcsolati kód adódott (2. ábra). A kapcsolati mátrix K_{ij} kapcsolati függvényénél figyelembe kell venni minden, a forgalmi rend kialakításánál meghatározott szabályozási kapcsolati jellemzőt (pl. lámpa vagy lámpa nélküli, útszakasz–parkoló, stb. kapcsolatok), ezeket írjuk le a $k_{ij}(t)$ függvénnyel. Ezen kívül figyelembe kell



4. ábra: az input kapcsolati mátrix



5. ábra: az i-ik szakasz dolgozik a j-ik output szakaszra

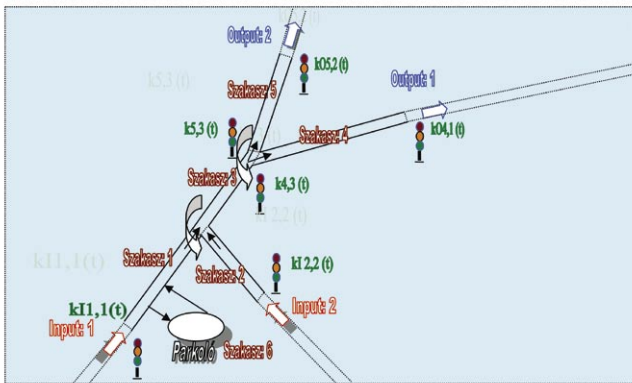
venni, hogy a forgalom létrejöttkor fellépnek belső szabályozási automatizmusok is! Modellünkben, a forgalom sűrűségétől függő belső szabályozásokat vettük figyelembe az $S_i(t)$, $E_j(t)$ és $v_{ij}(t)$ függvények alkalmazásával. Tehát a K_{ij} -t négy tényező határozza meg. A $k_{ij}(t)$ függvény értéke, ha lámpa van az 1,0 értéket veszi fel, a lámpa állapota szerint. Ha állandó lámpa nélküli kapcsolat van és a j szakasz csak i-re dolgozik, akkor 1 konstans az értéke, ha nincs geometriai kapcsolat a két szakasz között, akkor 0 konstans. Ha a j-ik szakasz több szakaszra dolgozik lámpa nélkül, akkor $0 < \alpha_{ij} < 1$ elosztási arányt vesz fel, ahol egy oszlopban $\sum_{ij} \alpha_{ij} = 1$. Ha a kapcsolatot zavarják, pl. keresztező járművek, gyalogosok vagy baleset, akkor $0 < \beta_{ij} < 1$ zavarási tényező értéket vesz fel. Ha a kapcsolatot segítik, pl. másik irányt keresztező járművek vagy rendőr, akkor $1 + \beta_{ij}$ rásegítési tényező értéket vesz fel. Ha egyszerre van jelen elosztás és zavarás, ill. elosztás és rásegítés is, akkor $\alpha_{ij} \beta_{ij}$ ill. $\alpha_{ij} (1 + \beta_{ij})$ szorzat lép fel. Az α_{ij} és β_{ij} általában konstans értékek, de a modell finomítása során lehetnek $\alpha_{ij} = \alpha_{ij}(t)$, $\beta_{ij} = \beta_{ij}(t)$ időtől függő függvények

$$K_{ij}^{out} = \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & k_{ij}^{out}(t) E_i(t) v_{ij}(t) & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

j-ik output kapcsolata
(j)

i-ik szakasszal... (i)

6. ábra: az output kapcsolati mátrix



7. ábra: hálózati mintamodell

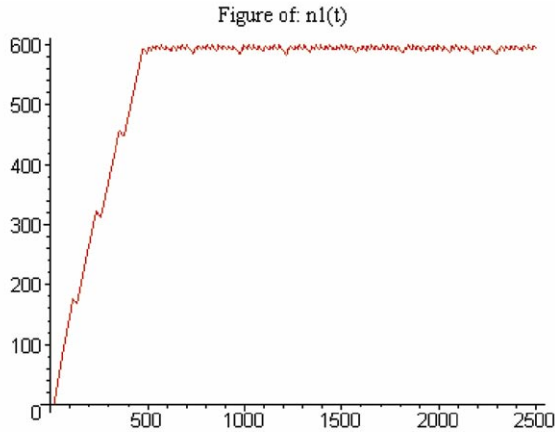
is. Végül a parkoló és útszakasz kapcsolatát $v_{ij} = v_{ij}(t)$, függvénnyel adjuk meg. Az $S_i(t)$ automatikus belső önszabályozási függvény 1,0 értéket vesz fel. Kapcsolat engedélyezése, ha az i-ik szakasz sűrűsége $s_i(t)$ kisebb, mint 1, egyébként 0. Az $E_j(t)$ automatikus belső önszabályozási függvény 1,0 értéket vesz fel. Kapcsolat tiltása, ha a j-ik szakasz sűrűsége $s_j(t)$ kisebb, mint 0, egyébként 1. $v_{ij}(t)$ A j-ik szakaszból i-ik szakaszra történő áthaladás sebessége, amely a csatlakozó szakaszok sűrűségeinek függvénye, $v_{ij}(t) = f(s_i(t), s_j(t))$. K_{ij} kapcsolati függvényt, a j-ik oszlopban szereplő K_{ij} függvények összegének ellentettje adja, mivel minden realizált átadás esetén a j-ik szakaszból elvonás történik. Az inputok és outputok kapcsolatát, praktikus okok miatt célszerű külön kezelni a hálózat belső kapcsolataitól. Tekintsük először az inputok hálózati kapcsolatát (3. ábra).

3.2. AZ INPUT KAPCSOLATI MÁTRIX

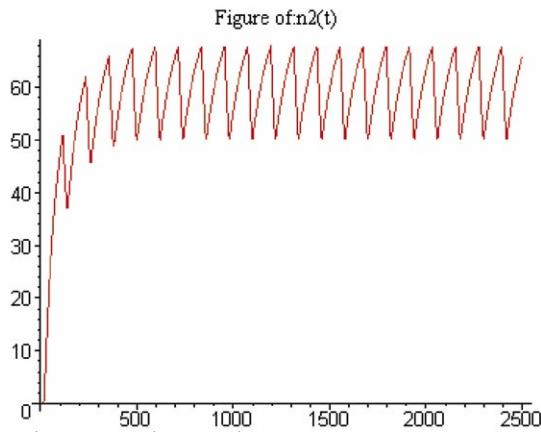
A térkép alapján beszámozunk minden figyelembe veendő input szakaszt. Ezek rendre: $j=1,2,3, \dots n_{inp}$. A kapcsolati mátrix felépítése szintén oszloponként történik: végigmegyünk minden j input szakaszon és a j oszlop minden olyan i-ik sorába beírjuk a K_{ij}^{inp} kapcsolati függvényt, ahol a gráf felépítésénél nemzérus kapcsolati kód adódott (4. ábra). Az n szakaszból álló hálózathál: $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n_{inp}$. $k_{ij}^{inp}(t)$, ha lámpa van, az 1,0 értéket vesz fel a lámpa állapota szerint. Ha állandó lámpa nélküli kapcsolat van és a j inputszakasz csak i-re dolgozik, akkor 1 konstans az értéke, ha nincs geometriai kapcsolat a két szakasz között, akkor 0 konstans értéket vesz fel. Ha a j-ik inputszakasz több szakaszra dolgozik, akkor $0 < \alpha_{ij} < 1$ elosztási arány tényezőt vesz fel. $\sum_{ij} \alpha_{ij} = 1$. Ha a kapcsolatot zavarják pl. keresztező járművek, gyalogos forgalom vagy baleset, akkor $0 < \beta_{ij} < 1$ zavarási tényező értéket vesz fel. Ha a kapcsolatot segítik pl. másik irányt keresztező járművek vagy rendőr, akkor $1 + \beta_{ij}$ rásegítési tényező értéket vesz fel. Ha egyszerre van jelen elosztás és zavarás, ill. elosztás és rásegítés is, akkor $\alpha_{ij} \beta_{ij}$ ill. $\alpha_{ij} (1 + \beta_{ij})$ szorzat lép fel. $S_i(t)$ Automatikus belső önszabályozó függvény 1,0 értéket vesz fel. Kapcsolat engedélyezése, ha az i-ik szakasz sűrűsége $s_i(t)$ kisebb, mint 1, egyébként letilt és 0 értéket vesz fel. $v_{ij}(t)$ A j-ik inputszakaszból i-ik szakaszra történő áthaladás sebessége, amely a két csatlakozó szakasz sűrűségei által determinált függvény, $v_{ij}(t) = f(s_i(t), s_j^{inp}(t))$. Az $s_j^{inp}(t)$ sűrűséget gerjesztő függvény. Tekintsük ezt követően az outputok kapcsolatát (5. ábra).

3.3. AZ OUTPUT KAPCSOLATI MÁTRIX

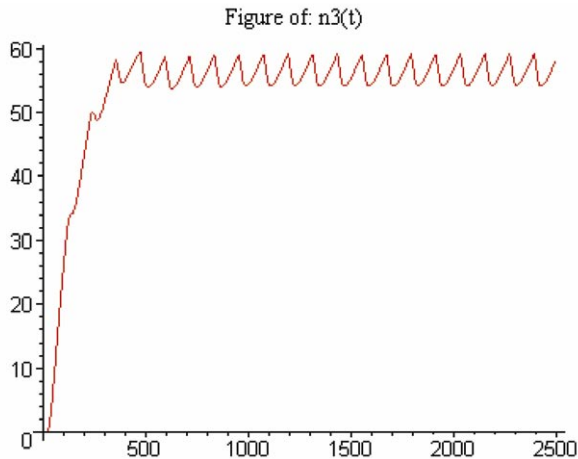
Szintén a térkép alapján beszámozunk minden figyelembe veendő output szakaszt. Ezek rendre: $j=1,2,3, \dots n_{outp}$. A kapcsolati mátrix felépítése szintén oszloponként történik: végigmegyünk minden j output szakaszon és a j oszlop minden olyan i-ik sorába beírjuk a K_{ij}^{outp} kapcsolati függvényt, ahol a gráf felépítésénél nemzérus kapcsolati kód adódott. Ahol n szakaszból álló hálózathál: $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n_{outp}$. A $k_{ij}^{outp}(t)$ függvényre vonatkozó leírás azonos az inputoknál megadott kapcsolati függvényre. $E_i(t)$ Automatikus belső önszabályozó függvény 1,0 értéket vesz fel. Kapcsolat engedélyezése, ha az i-ik szakasz sűrűsége $s_i(t)$ nagyobb, mint 0, egyébként letilt. $v_{ij}(t)$ A i-ik szakaszból j-ik output szakaszra történő áthaladás sebessége, amely a két csatlakozó szakasz sűrűségei által determinált függvény, $v_{ij}(t) = f(s_i(t), s_j^{outp}(t))$ sűrűséget gerjesztő függvény.



8. ábra: járműszámok az 1-es szakaszon



9. ábra: járműszámok a 2-es szakaszon



10. ábra: járműszámok a 3-as szakaszon

4. NEMLINEÁRIS HÁLÓZATI MODELL A NAGYMÉRETŰ KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK MODELLEZÉSÉRE

Tekintsük a hálózatot t időpontban és vizsgáljuk a $t+\Delta t$ időpontban kialakult helyzetet. Egymáshoz csatlakozó szakaszokon Δt időtartam alatt a v_{ij} sebességgel átáramló járművek $\Delta l = v_{ij} \Delta t$ úthosszat tesznek meg. 100%-os járműsűrűség esetén és h várható (átlagos) járműhossz érték mellett a Δn átadott járműszám: $\Delta n = \Delta l/h = v_{ij} \Delta t/h$. Természetesen a j szakaszcól ténylegesen átadott járműszámot befolyásolja a j szakaszon mérhető s_j járműsűrűség értéke is, így: $\Delta n = s_j$

$v_{ij} \Delta t/h$. Ez alapján a hálózat egyes szakaszain tartózkodó járművek számát $t+\Delta t$ időpontban az alábbi (1) egyenletrendszer írja le:

$$\begin{aligned} \underline{N}_{(n \times 1)}(t+\Delta t) = & \underline{N}_{(n \times 1)}(t) + \underline{K}_{(n \times n)} [\underline{k}_{ij}(t) S_i(t) E_j(t) v_{ij}(t)] \underline{N}_{(n \times 1)} [s_j(t)] \Delta t/h \\ & + \underline{K}_{(n \times \text{in})}^{\text{inp}} [k_{ij}^{\text{inp}}(t) S_i(t) v_{ij}(t)] \underline{N}_{(\text{in} \times 1)}^{\text{inp}} [s_j^{\text{inp}}(t)] \Delta t/h \\ & - \underline{K}_{(n \times \text{out})}^{\text{outp}} [k_{ij}^{\text{outp}}(t) E_i(t) v_{ij}(t)] \underline{N}_{(\text{out} \times 1)}^{\text{outp}} [s_j^{\text{outp}}(t)] \Delta t/h \end{aligned} \quad (1)$$

$\underline{N}_{(n \times 1)}^a [s_j(t)] \Delta t/h$, $\underline{N}_{(\text{in} \times 1)}^{\text{inp}} [s_j^{\text{inp}}(t)] \Delta t/h$ a j -ik szakaszcól, 1 m/s sebesség mellett átadott járműszámokat tartalmazó vektorok, $\underline{N}_{(\text{out} \times 1)}^{\text{outp}} [s_j^{\text{outp}}(t)] \Delta t/h$ pedig, az i -ik szakaszcól, 1 m/s sebesség mellett kiáramló járműszámokat tartalmazó vektorok. A fenti egyenlet differencia egyenletként nagyméretű nemlineáris hálózatok szimulációs vizsgálatára alkalmazható.

Írjuk fel végül a hálózat matematikai modelljét. Mivel $\underline{N}^a$, $\underline{N}^{\text{inp}}$ és $\underline{N}^{\text{outp}}$ vektorok koordinátafüggvényei a szakaszokon fellépő forgalomsűrűség-függvények, ezt a matematikai modellben az alábbi átjelölésekkel fejezzük ki:

$$\underline{N}^a = \underline{s}[s_j(t)], \underline{N}^{\text{inp}} = \underline{s}^{\text{inp}}[s_j^{\text{inp}}(t)] \text{ és } \underline{N}^{\text{outp}} = \underline{s}^{\text{outp}}[s_j^{\text{outp}}(t)]. \quad (2)$$

Mivel egy i -ik szakaszon (amelynek hossza l_i) a járműsűrűség $s_i(t) = N_i(t)/l_i$, ezért az $\underline{N}$ vektor koordináta-függvényeinél alkalmazzuk az $N_i(t) = l_i s_i(t)/h$ átszámítást, ezáltal:

$$\underline{N}_{(n \times 1)}(t+\Delta t) - \underline{N}_{(n \times 1)}(t) = \underline{L}_i^>_{(n \times n)} ((\underline{s}_{(n \times 1)}(t+\Delta t) - \underline{s}_{(n \times 1)}(t))/h), \quad (3)$$

ahol:

$\underline{L}_i^>_{(n \times n)}$, a szakaszok hosszát tartalmazó diagonális mátrix.

A szakaszokon időben kialakuló járműsűrűség-függvények t -szerint differenciálható függvények (mivel a járművek áramlási sebessége a szakaszokon t -szerint differenciálható függvények és a járműsűrűségre felírt, sebességtől függő analitikusan megadott függvények a sebesség szerint szintén differenciálható függvények), ezért a differenciaegyenlet mindkét oldalát $h/\Delta t$ -vel szorozva létezik az alábbi határérték:

$$\lim (\underline{s}_{(n \times 1)}(t+\Delta t) - \underline{s}_{(n \times 1)}(t)) / \Delta t = \underline{s}'(t) \quad (4)$$

$\Delta t \rightarrow 0$

Rendezve az (1) differenciaegyenletet és $\Delta t \rightarrow 0$ határátmenetet alkalmazva, a szakaszok sűrűségére az alábbi elsőrendű nemlineáris mátrix differencialegyenlet-rendszert kapjuk:

$$\begin{aligned} \underline{L}_i^>_{(n \times n)} \underline{s}'_{(n \times 1)}(t) = & \underline{K}_{(n \times n)} [\underline{k}_{ij}(t) S_i(t) E_j(t) f(s_i(t), s_j(t))] \underline{s}_{(n \times 1)} [s_j(t)] \\ & + \underline{K}_{(n \times \text{in})}^{\text{inp}} [k_{ij}^{\text{inp}}(t) S_i(t) f(s_i(t), s_j(t))] \underline{s}_{(\text{in} \times 1)}^{\text{inp}} [s_j^{\text{inp}}(t)] - \\ & - \underline{K}_{(n \times \text{out})}^{\text{outp}} [k_{ij}^{\text{outp}}(t) E_i(t) f(s_i(t), s_j(t))] \underline{s}_{(\text{out} \times 1)}^{\text{outp}} [s_j^{\text{outp}}(t)]. \end{aligned} \quad (5)$$

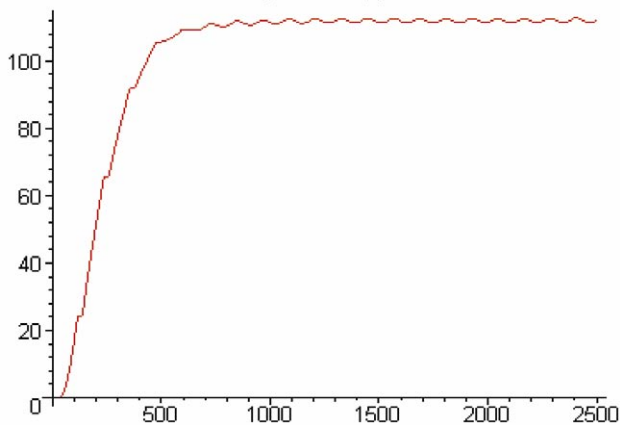
5. EGY HÁLÓZATI MODELL ÉS NÉHÁNY SZIMULÁCIÓS EREDMÉNY

Az (1) és (5) egyenletrendszerek alapján, automatikus modellgeneráló komputeralgebrai (MAPLE) programot fejlesztettünk ki a közúti hálózatok modellezésére. Ezzel kapcsolatban tekintsünk meg néhány számítási eredményt, a (7. ábra) látható hálózati mintamodellre. A modell összehangolt fázisban lámpákat működtet mindkét bemeneten és mindkét kimeneten, ezen kívül a 3-as szakaszról a 4-re, ill. 5-re történő átmeneteknél. Keresztező zavarást tételeztünk fel az 1-es szakasznak a 3-as szakaszra, és a 3-as szakasznak a 4 és 5-re történő átadásánál. A modellben parkoló is működik, ezt jelöltük a 6-os szakasszal. Kezdeti értéként minden szakaszon 0 járműsűrűséget tételeztünk fel. Jól látható, hogy az útszakaszokon az input és output folyamatok által átáramló járművek és a rendszer belső működése stationer egyensúlyi állapotot alakított ki. Ezt és a lámpák periodikus működésének hatását szemléltetik a szimulált modell által nyert járműszámok a (8–13. ábrákon), ahol az időt sec-ban tüntettük fel.

Irodalom

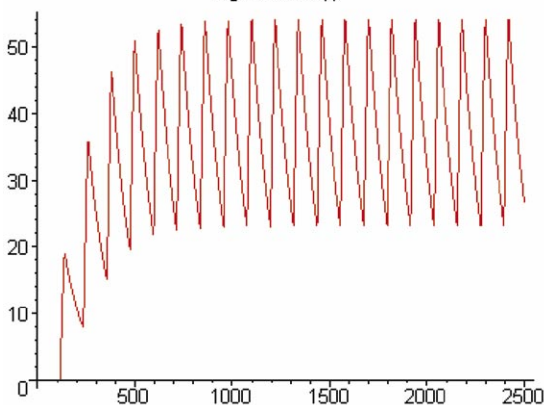
- [1] Markos Papageorgiou, Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems. Pergamon Press, 1991.
- [2] Péter T., Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Magyar Mérnökakadémia Symposium Bp. 2005. pp 1–465.

Figure of: $n_4(t)$



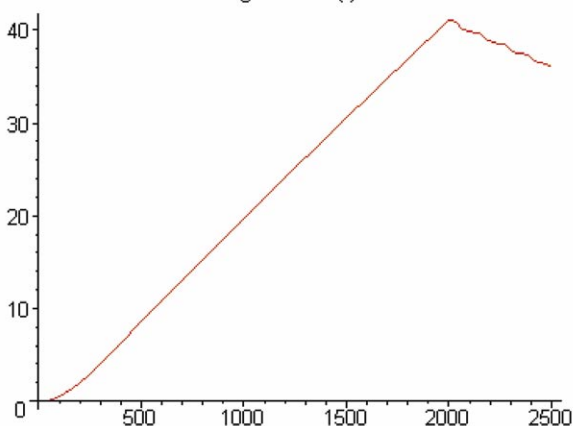
11. ábra: járműszámok a 4-es szakaszon

Figure of: $n_5(t)$



12. ábra: járműszámok az 5-ös szakaszon

Figure of: $n_6(t)$



13. ábra: járműszámok a parkolóban

Tehát a nemlineáris közlekedési hálózati rendszer $\underline{s}$ állapotjellemző vektorára az alábbi tömörebb alakú differenciálegyenlet-rendszer adódott:

$$\begin{aligned} \underline{s}'_{(n \times 1)} = & \underline{K}_{(n \times n)} \underline{s}_{(n \times 1)} + \underline{K}_{(n \times n_{inp})}^{inp} \underline{s}_{(n_{inp} \times 1)}^{inp} - \underline{K}_{(n \times n_{outp})}^{outp} \underline{s}_{(n_{outp} \times 1)}^{outp} \end{aligned} \quad (6)$$

Ahol: $\underline{K}$, $\underline{K}^{inp}$ és $\underline{K}^{outp}$ kapcsolási mátrixok elemei a kapcsolási függvényeket és a sűrűségi állapotoktól függő függvényeket tartalmazzák.

Automatikus videó alapú forgalommérő szoftver fejlesztése, a forgalom modellezéséhez

Bécsi Tamás
Péter Tamás

A videó alapú megfigyelő rendszerek egyre nagyobb teret nyernek a forgalommérés területén. Az ilyen típusú képfeldolgozó rendszerek tipikusan statikus, telepített kamerák képeit dolgozzák fel valamilyen algoritmus alapján, hogy kiszűrjék a mozgó objektumokat. Ebből a célból egy újfajta háttérbecslő algoritmus kerül bemutatásra, mely meggyorsíthatja a képfeldolgozást. A rendszer fejlesztése kettős célt szolgál, egyrészt az automatizált forgalommérés, másrészt a mérés során nyert mikroszkopikus forgalmi adatok alapján mikroszkopikus modellek felállítása. A cikk ezt a tervezési folyamatot ismerteti, de nem tér ki minden algoritmikus feladat ismertetésére.

Video surveillance gathers more and more ground in the area of traffic measurement. Such computer vision applications use a static camera and some kind of a detection algorithm for identifying moving objects. A new background estimation algorithm is introduced for faster image processing. The development of such system has two objectives. The first is to develop an automated traffic surveillance system, and the second is to identify microscopic behavioral models of road traffic. The document presents the development process, but does not give details of all algorithmical aspects.

BEVEZETŐ

A jelen cikkben ismertetett alkalmazás felső nézetes, fix kamerás videofelvételek alapján valósít meg forgalommérést. Ennek megfelelően olyan szoftver kifejlesztését tűztük ki célul, mely mind on-line, mind off-line módon beérkező felvételek feldolgozására alkalmas. A mintarendszer „Win32” alapú operációs rendszeren készül, így off-line esetben az operációs rendszer videotömörítési lehetőségeit kihasználva „.avi” formátumú, míg on-line esetben – szintén az operációs rendszer által szolgáltatott – „VFW” eszközcsoport segítségével szolgáltatott forrás feldolgozására képes. A programba implementált objektumkövetési algoritmus az ún. „Background Subtraction” algoritmuskör köré épül, azaz a mozgó objektumok elkülönítését egy becsült háttér létrehozásával, majd annak a valós képpel való összevetésével határozza meg. Az így kapott maszkképet az ún. „8-connectivity” körülhatároló algoritmus dolgozza fel, és ennek eredményeit feldolgozva kapjuk a forgalmi paramétereket. A mikroszkopikus viselkedési modelleket a forgalmi paraméterek további feldolgozása, a különálló frame-eken található járművek regisztrációjából lehet identifikálni.

RENDSZERFELEPÍTÉS

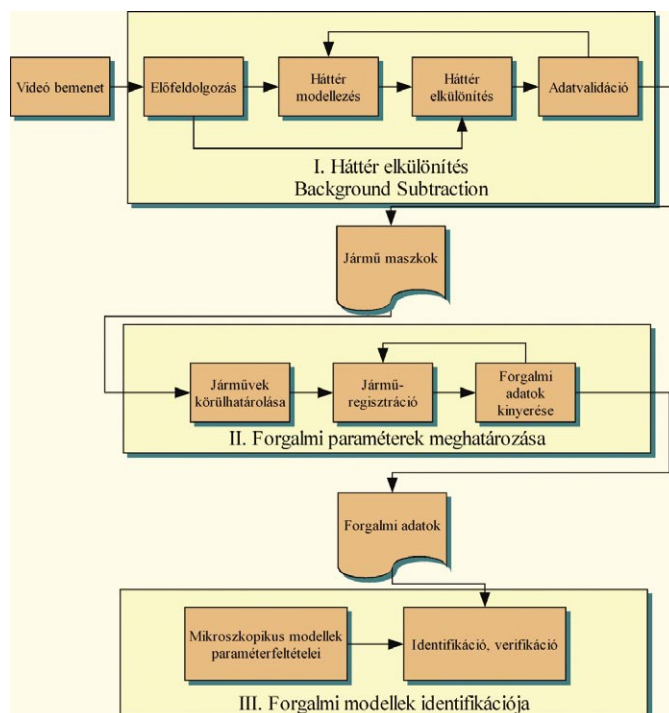
A teljes rendszer felépítését az 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a folyamat három alapvető fő feladatra bontható. Első részben a háttér-elkülönítés, a másodikban a forgalmi paraméterek meghatározása, a harmadikban pedig a mikroszkopikus modellidentifikáció szerepel. A rendszer rugalmasságának biztosítása érdekében a legtöbb feladatra több – egymást helyettesítő – eljárást is implementáltunk. Mivel a rendszer ilyen módon modulárisra vált, előírtunk egy olyan formális nyelvrendszert, amellyel script-szerűen lehet a program működését befolyásolni.

HÁTTÉR-ELKÜLÖNÍTÉS

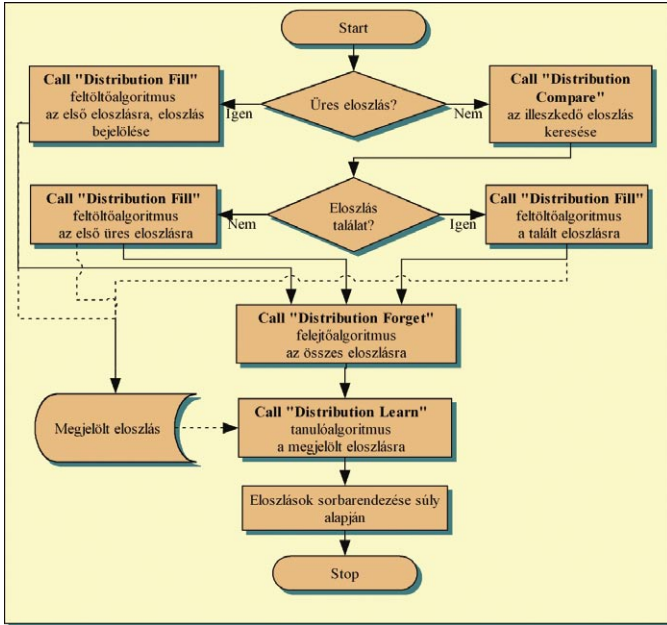
A háttér-elkülönítés célja, hogy a beérkező képsorozat felhasználásával az egyes képkockákon kiszűrje a mozgó objektumokhoz tartozó részeket, így olyan speciális képsorozatot generál, ahol üres háttéren csak a mozgó objektumok valamilyen maszkja látszik. A feladat négy alapvető részre bontható: előfeldolgozás, háttérmodellezés, háttér-elkülönítés és validáció.

A videoforrásról beérkező képsorozatok zajjal terheltek. Ezek a zajok általában a kamera érzékelő zajai, a videotömörítés eredményei lehetnek, illetve környezeti vagy megvilágításból származó hatások. Ahhoz, hogy megfelelő módon kezelni tudjuk őket, valamilyen előfeldolgozó szűrőn kell átvezetni a képet. Ezt a funkciót a programba beépített lineáris szűrők valósítják meg. A real-time igények figyelembevételére valamilyen képméret-, illetve FPS- (Frame per second) átalakítás szükséges lehet. A nem mozgó kamera esetén ebben a „preprocessing” részben lehet elvégezni a kép hasznos területének maszkolását, így még gyorsabb applikációt kaphatunk. Amennyiben a vizsgálatot nem színes (RGB), hanem fekete-fehér (grayscale) módon kívánjuk megvalósítani, a képfolyam szürkeárnyaltos átalakítása is ezen a ponton szükséges, amennyiben az már nem eredetileg ilyen formában volt adott.

A lineáris szűrők minden esetben egy adott pixel értékét határozzák meg, az öt körülvevő pixel tulajdonságait felhasználva. Mivel a $p(x, y)$ tartománya $[0;255]$, ezért a kapott értéket erre a tartományra korlátozzuk. Színes képek esetén a módszer minden egyes színcsatornán $\{R, G, B\}$ külön elvégezhető. Meg kell jegyezni, hogy h és k különböző értékei esetén különböző hatások érhetőek el: bizonyos filterek esetén közelítő lineáris megvalósítást alkalmaztunk. Az ilyen módon implementált szűrők: blur, laplace, find edges, sharpen, edge enhance, soften. A lineáris szűrők működését az 1. egyenlet írja le, ahol $p_n(x, y)$ az n -ik képkocka (x, y) pixelértéke, h és k konstansok.



1. ábra: a rendszer folyamatábrája



2. ábra: az MoD algoritmus

$$p_n(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 [p_n(x-2+i, y-2+j) * h(i, j)]}{k}$$

1. egyenlet: a lineáris szűrők működési elve

A „Background Subtraction” algoritmus lelke az ideális – járművek és mozgó objektumok nélküli – háttér modellezése. Ez egyben a legnagyobb területet felölelő része az applikáció tervezésének. Az irodalomban található sok háttérmodell közül a tervezett programkörnyezetbe három alapvető modell került beépítésre: „Egyszerű Különbségképzés” (Frame differencing), „Közelítő Medián módszer” (AMF), „Többszörös eloszláson alapuló módszer” (MoD). Az algoritmusok bemenete minden esetben a „preprocessing” modulból érkező jelfolyam, és kimenete az aktuális képhez tartozó ideális háttér.

Az egyszerű különbségképzés esetében a képkivonás számára előállított háttér nem más, mint az előző képkocka. Bár a módszer igen egyszerű és gyors, a háttér és az aktuális kép kivonásakor lassan mozgó objektumok belsejében az azonos mélységű pixelek kioltják egymást („aperture problem”), és minden mozgó objektum mögött szellem keletkezik („ghost effect”). A „frame differencing” eredménye jól megfigyelhető a 3. ábrán, ahol ezek a hatások fokozottan jelentkeznek.

A medián módszer minden képpont történetének hisztogramjából kalkulálja a medián értékét, azzal a feltételezéssel, hogy a háttér általában látható, így a medián pixel éppen ezt a háttérrel szolgáltatja. Sajnos a puffert növekedésével – főleg színes képek esetén – a módszer igen számolásiigényes. A medián módszert szintén alkalmazhatjuk külön az egyes színcsatornákra, ebben az esetben azonban egy közelítő helyes értéket kapunk. A közelítő medián módszert azt a feltételezést alkalmazza, hogy ha a mediánt rekurzív módon képezzük és az aktuális háttérrel mindig az előző értékének és az aktuális képnek az összevetéséből kapjuk, akkor a háttér folyamatosan tart a valódi mediánhoz. A közelítő medián, bár igen jó eredményeket szolgáltat (főleg dinamikus változó videó esetén), a lassú járművek elváltoztathatják a háttérrel,

$$M_{fg,n}(x, y) = \begin{cases} p_n(x, y); T \geq D(B_n(x, y), p_n(x, y)) \\ 0 \{fekete\}; \text{egyébként} \end{cases}$$

2. egyenlet: előképi maszkot eredményező algoritmus

szellemet képezve rajta. Az AMF-filter működését a 2. egyenlet ismerteti, ahol $B_n(x, y)$ a felvétel n -ik képkockájához tartozó háttér. Az AMF által becsült háttérrel a 4. ábra illusztrálja, az 1-es kép az aktuális frame-et jelöli, míg a 2-es a hozzá tartozó háttérrel, jól látható, ahogy egy lassan mozgó hosszú jármű (jelen esetben a villamos) elmosódott szellemképet húz maga után.

A többszörös eloszláson alapuló módszer sok, a háttérrel egy több – primitív – eloszlásfüggvényből álló képként kezelik. Legelterjedtebb megoldása az ún. MoG (Mixture of Gaussians) eljárás, ám ennek a megvalósítása bonyolult és a számításigénye nagy. Ezért a programmodulba ennek egyszerűsített, gyorsabb változata került, az ún. „MoD”. Az algoritmus folyamatábráját a 2. ábra ismerteti.

Az eljárás lényege, hogy több karbantartott eloszlás súlyát módosítja annak függvényében, hogy az aktuális képpont színmélysége melyikhez illeszkedik. Meg kell jegyezni, hogy ebben az esetben a módszer nem végezhető el külön minden egyes színcsatornára, mivel a pixelegyeztetést egyben kell megoldani. Ennek megfelelően az algoritmus minden egyes pont színét összeveti az eloszlásokban található színekkel, és amennyiben egyezést talál, erősíti az eloszlás súlyát. A háttérképpont színmélységének módosítását ebben az esetben egy AMF-szerű megoldás biztosítja. Amennyiben nincs egyezés, a leggyengébb létező eloszlás felcserélésével regisztrálódik az eddig ismeretlen képpont a rendszerben. Minden egyes lépés után az eloszlások átmennek egy felejtési fázison annak érdekében, hogy a régebben berögződött, ám azóta megváltozott háttérrészek karbantartása megtörténjen. (Erre tipikus példa lehet egy – az út mellett – parkoló jármű, amely egy idő után elhagyja a megfigyelési területet.) Végso lépésként az eloszlásokat szükséges sorba rendezni annak érdekében, hogy mindig a legnagyobb súlyú, így a legnagyobb háttér-valószínűséggel bíró pixel legyen a tényleges becsült háttérkép eleme.

A háttér-elkülönítést megvalósító modul célja, hogy – felhasználva a modellezett háttér és az aktuális kép információit – előállítsa az előzetes – képhez tartozó – járműmaszkokat. Amennyiben a validációs rész bármilyen okból kimarad az applikációból, az algoritmus eredménye már a valós „előtér” maszkokat tartalmazza. Bár az irodalom kifejezetten sok bonyolult kivonási stratégiát javasol, a rendszerbe alapvetően három algoritmus épül be és ezek kombinált felhasználásával érhető el a kívánt eredmény: „Kivonó algoritmus”, „Módosított kivonó algoritmus”.



3. ábra: a frame differencing eredménye

A háttér elkülönítése a legegyszerűbb módon abszolút különbséggel, vagy relatív különbséggel képezhető. Az algoritmus színes képek esetén elvégezhető színcsatornánként. Sajnos az alacsony szintű zajokat ez a módszer nem szűri ki, így a kapott maszk nem egyértelműen használható fel. Az alacsony szintű zaj eltüntetéséhez fel lehet használni egy egyszerű „noisegate/threshold” szűrőt. Ekkor a kapott maszkunk már kevesebb zajt tartalmaz. Az így kapott maszkokat a 2–3. egyenletek adják, ahol $M_{fg,n}$ az n -ik képkocka előképi, $M_{1,n}$ pedig az abszolút maszkja, $D()$ az alkalmazott kivonó-algoritmus, T pedig a „threshold”.

$$M_{1,n}(x, y) = \begin{cases} 100\% \{fehér\}; T \geq D(B_n(x, y), p_n(x, y)) \\ 0 \{fekete\}; \text{egyébként} \end{cases}$$

3. egyenlet: abszolút maszkot eredményező algoritmus



4. ábra: az AMF-filter eredménye

A validációs modul célja az, hogy a kapott háttérmaszkok valamilyen kiértékelése után visszahasson az alkalmazott háttérmodellre. A program fejlesztésének jelen szakaszában nem tervezzük a validációs visszacsatolás implementálását. Az 5. ábra bemutatja az MoD-, kivonó- és threshold algoritmusok közös használatával kapható maszkot. Megfigyelhető az eredeti képkocka (1), a maszkolt, előszűrt, és az MoD által szolgáltatott becsült háttér (2), az ezekből abszolút különbséggel képezett kép (3), és a threshold algoritmus lefutása után kapott abszolút – fekete-fehér – járműmaszk (4).

FORGALMI PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSA

A háttér-elkülönítés eredményeként kapott járműmaszksorozatból ez a modul nyeri ki a forgalmi paramétereket. A feladatot három alapvető lépésre osztottuk: járművek körülhatárolása; járműregisztráció és adatkinyerés.

A mérni kívánt makroszkopikus jellemzők: járműsűrűség (egységjármű/km), vagy foglaltság (km/km); átlagsebesség (km/h) {szakaszmenti, vagy keresztmetszeti}; áramlás (jármű/óra).

A mérni kívánt mikroszkopikus jellemzők: járműpozíció; járműhossz (járműkategória); sebesség; gyorsulás (k ; $k+1$ időpillanatban); belépési-kilépési pontok forgalmi adatai; követett jármű: pozíciója, sebessége, gyorsulása.

A körülhatároló algoritmus kimenete egy olyan paraméterhalmaz, amely a keresési tartományában található, járműveket körülvevő pixelláncok adatait, vagy a pixelláncokat valamilyen elv alapján körülhatároló sokszög (jelen esetben téglalap) paramétereit tartalmazza. A körülhatároló algoritmusok közül az ún. „8-connectivity” algoritmus keríti be a kapott maszkokon a járműveket. Először az algoritmus keres egy határpontot, majd azt a 8-irányú keresővel körüljárja. Minden egyes keresőpont az előző lépés elforgatásából, majd további körbekereséssel kapható. A 8-irányú kereső működési elvét a 6. ábra ismerteti. A keresőhöz tartozik a kereső mátrix, illetve az utolsó lépés iránya. Amennyiben az előző lépés páratlan azonosítóval rendelkezik (vízszintes, vagy függőleges lépés), akkor a következő keresési pont az adott irányhoz mért -2 lépéses elforgatástól indul, és a kereső mátrixban addig növeljük a kereső vektor értékét, amíg az ilyen módon talált pont üres mezőn nem áll. Amennyiben az előző lépés páros azonosítójú (átlós lépés), a kereső vektor elforgatása -1 lépéssel kezdődik. Könnyen belátható, hogy ezzel az algoritmussal minden zárt pixelalakzat körüljárható.

A járműregisztrációs algoritmus már nem képpel dolgozik, hanem a körülhatároló modultól kapott területhalmaz információit használja, illetve a forgalmi adatokat számító modultól kapott adatokat használja fel. Célja, hogy a különböző maszkokon körülhatárolt, de összetartozó – járműveket reprezentáló – körvonalakat egy adott járműhöz rendelje. Ehhez szüksége van a talált objektumok helyére, illetve arra az információra, hogy a korábban talált járművek várható elhelyezkedése milyen. Ezek, a forgalmi adatokat kinyerő modulból származó adatok könnyítik meg az egymást ideiglenesen átfedő járművek közös körvonalának szétcsatolását.

Meg kell jegyezni, hogy amennyiben nem kellően nagy az érzékelt kép felbontása, a járműhatárok zaj okozta bizonytalansága igen

valótlán mikroszkopikus adatokat eredményezhet. A direkt módon mért járműpozíció hibája igen komoly eltéréseket okozhat a származtatott paraméterek (sebesség, gyorsulás) értékeiben. (Példa a hibaterjedésre: ha feltételezünk két kép közötti $0,2$ m-es pozícióhíbat, és $0,2$ s mintavételi időt, a kapott sebességhibánk $1,0$ m/s, a gyorsulás hibája pedig 5 m/s² lehet.) Ezért célszerű a pozícióadatokat valamilyen simításon végigvinni, erre a problémára egy mozgó keretes, legkisebb négyzetek elvén működő polinomiális regressziót alkalmazunk.

Amennyiben a járművek regisztrációja megtörténik, a járművek forgalmi paramétereinek meghatározása könnyű feladat. A mikroszkopikus jellemzők esetén a pozícióadatok a körülhatárolás és a simítás miatt adottak, a sebesség- és gyorsulásértékek könnyen származtathatóak. A járműhossz meghatározása szintén kényes kérdés, mivel elképzelhető, hogy az egyes képkockákon a járműhossz nem azonos, ezért az egy járműhöz tartozó hosszak mediánját érdemes venni. A követett jármű felismerése kétféle módon elképzelhető, vagy azt a járművet tekintjük követett járműnek, amely a sebességvektor irányában található, vagy a szkenárió útvonalakra (sávokra) osztásával kereshetjük meg a következő járművet.

A makroszkopikus jellemzők a mikroszkopikus jellemzők megletének esetén könnyen származtathatóak.

MODELLIDENTIFIKÁCIÓ

A modellidentifikációs modult sokkal inkább nevezhetnénk paraméter-identifikációnak abban az értelemben, hogy már létező mikroszkopikus követési modellek paraméter-meghatározását tűztük ki elsődleges célul. Mivel a forgalmi modellek általában a jármű sebessége, gyorsulása, követési távolsága, követett jármű távolsága, sebességi gyorsulása paraméterhalmazból merítenek, és ezek valamilyen függvényeként szolgáltatják a gyorsulásparamétereiket, csak olyan járműadatokat lehet az identifikáció során felhasználni, amelyeknek minden vonatkozó értéke valid. Azon járművek paramétereit, amelyek előtt nincs másik követett jármű, a szabadáramlási viselkedés identifikációjára lehet felhasználni.

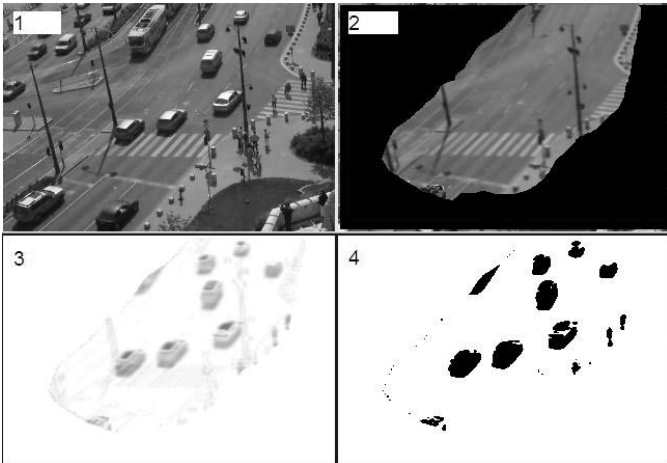
Első lépésben két modell paramétereinek meghatározása a cél, majd amennyiben az algoritmus jó validálható eredményeket ad, más modellcsoportok vizsgálatát is megkezdjük.

$$a_n(t) = c v_n^m(t) \frac{\Delta v(t-T)}{\Delta x^i(t-T)}$$

4. egyenlet: a GHR-modell

A GHR minden bizonnyal a legismertebb követési modell, amely a korai '60-as évekből származik (4. egyenlet). A modell egyszerű összefüggést ad a jármű sebessége (v), illetve a követett járműhöz viszonyított távolság (Δx) és sebességekülönbség (Δv) függvényében, c , m és l a modell paramétereit. A modell azon a feltételezésen alapul, hogy a vezető gyorsítása arányos a sebességekülönbséggel és a követési távolsággal. Az első (speciális körülmények között elvégzett) mérések egy álváltozatot eredményeztek, ahol $l=m=0$, de nem értékelhetjük jelentősnek, mivel kifejezetten forgalomtól izolált mérésről volt szó. Ezen modelleknek nagy hibája, hogy mind csak egy adott forgalmi körülmény megléte esetén alkalmazhatóak, ezek alapján szimulációs modellt építeni igen veszélyes próbálkozás, mégis a mikroszkopikus modellezés alapjaként kell rá tekintenünk, és minden lényeges kutatás figyelembe veszi az általa megismert tapasztalatokat. A GHR-modell külön folyamatként értelmezi a közelítést és a távolodást, így egy modellhez valójában két paramétersorozat felvétele szükséges.

A jelen rendszerek többsége szoros, mechanikus megközelítést alkalmaz, amely nem egyeztethető össze a valódi vezetők bizonytalanságaival és következtelenségeivel. A Fuzzy-logikán alapuló modellek képezik a járműkövetési modellek legkorszerűbb vonu-



5. ábra: az MoD algoritmus eredménye

latát, ez a következő logikai lépés ahhoz, hogy a lehető legjobban leírjuk a vezetői viselkedést. A BME Közlekedésautomatikai Tanszék Fuzzy-modellje egy más összefüggést keres a paraméterek között (5. egyenlet). A modell paramétereiben szereplő $Accdist()$, $AccSpe()$ és $AccAcc()$ értékek rendre a jármű és az előtte haladó jármű távolságát, sebességkülönbségét és gyorsuláskülönbségét leíró Fuzzy-halmazok tagsági értékei, α , β és γ súlyparaméterek.

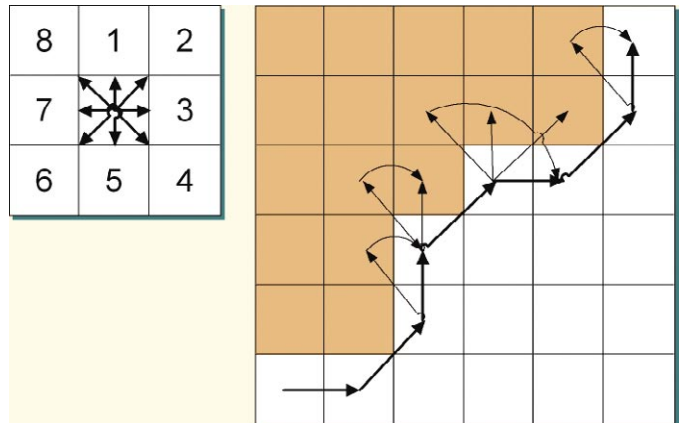
$$a_n(t) = \frac{\alpha * Accdist(t - \tau) + \beta * AccSpe(t - \tau) + \gamma * AccAcc(t - \tau)}{\alpha + \beta + \gamma}$$

5. egyenlet: Fuzzy követési modell

A modellek paramétereinek meghatározása komplex feladat. Az összefüggések komplexitása miatt az értékkillesztés nem oldható meg egyszerű matematikai módszerrel, így az értékek meghatározására szimulált hűtést alkalmazó genetikai algoritmust alkalmazunk. A paraméterhalmaz nagy mérete, és a hasonló bemenő paraméterek viszonylagos szórása indokoltá teszi a paraméterhalmaz osztályokba sorolását, az egyes osztályok közös kimeneteként az osztályegyedek kimenetének mediánját felhasználni, míg az egyes osztályok súlyaként az adott osztály egyedeinek számosságát figyelembe venni. Ez az adatfeldolgozás kiszűri a kiugró eseteket, és egy szimulációs szempontból jó, átlagos viselkedési modellt eredményez. A genetikai algoritmus populációjában minden egyes egyed a modell paramétereinek valamilyen lehetséges értéke, túlélési valószínűsége pedig egy részről a fitness-értéktől, másrészt a szimulált hűtés állapotától függő valószínűségi értéktől függ. A szimulált hűtés bizonyos szinten kiszűri az algoritmus lokális minimumban rekedését, ám lassítja a folyamatot. Mivel azonban a mikroszkopikus követési modellek identifikációja tipikusan nem real-time probléma, ez nem jelent különösebb problémát.

SCRIPT

A projekt tervezésekor elsődleges szempont volt a készítendő szoftver rugalmasságának biztosítása. Ezért a program nem beégetett algoritmussorral, hanem egy dinamikusan változtatható algoritmusválasztással készült el. Ennek megfelelően definiálni kell egy olyan „script” nyelvet, mellyel ez a probléma könnyen megoldható. A script kétféle utasítást tartalmazhat, objektum, és rendelkező utasítást. A rendelkező utasítások a nyelv törzseinek elválasztását szolgálják, míg az objektumok vagy statikusan létrehozandó elemeket, vagy algoritmusrészeket tartalmazhatnak, azok paramétereinek megjelölésével. A rendelkező utasítások egysorosak, míg az objektumutasítások szerkezete az [„objektumnév” „paraméterek” „end”] struktúrát követi.



6. ábra: a 8-connectivity algoritmus

A script futtatása során a szoftver először beolvassa és validálja a forrást, majd ennek alapján létrehozza az egyes állandó objektumokat (pl. image objektumokat), és azok tulajdonságait (méret, színábrázolás) a forráshoz igazítja. Ezek után lefut az „INIT” utasítástömbben található utasítások listája, és a program elkezd a „LOOP” utasításhoz tartozó utasítástömb elemeit ciklusban végrehajtani külső vagy belső megszakításig.

EREDMÉNYEK, TOVÁBBI MUNKA

A készülő szoftvermodulcsoport fejlesztés alatt áll, így jelen állapotában csak off-line forrás feldolgozására képes. A fejlesztés során problémát jelentett, hogy a képfeldolgozó algoritmusok magas szintű programnyelven való megírása esetén a rendszer egy képfeldolgozási ciklust, amely a forrás beolvasásától a forgalmi paraméterek meghatározásáig terjed, egy 320x200 pixel méretű színes felvétel esetén 0,2 FPS (Frames per second) feldolgozási sebességgel tudta elvégezni a tesztelésre kialakított 1,6 GHz órajelű Pentium számítógépen. A sebességkritikus algoritmusok ASM nyelven való implementálása esetén azonban a feldolgozás sebessége 15–20 FPS-re nőtt, amely már a valós idejű forgalom mérés feltételeit is bőven teljesíti. A fejlesztés jelen fázisában az on-line feldolgozás implementálása, illetve az identifikációs modul befejezése a célunk.

Irodalom

- [1] AI Bovik ed.: Handbook of Image and video processing, Academic Press, San Diego, 2000
- [2] Bonneson, J.-Abbas M.: Intersection Video Detection Manual, FHWA, 2002, tti.tamu.edu/documents/4285-2.pdf
- [3] Bonneson, J.-Abbas, M.: Intersection Video Detection Field Handbook, FHWA, 2002, tti.tamu.edu/documents/4285-3.pdf
- [4] Cheung, S.-Kamath, C.: Robust techniques for background subtraction in urban traffic video, Video Communications and Image Processing, Volume 5308, pp. 881-892, SPIE Electronic Imaging, San Jose, 2004
- [5] Cho, J.-H.- Kim, S.-D.: Object detection using multi-resolution mosaic in image sequences, Signal Processing: Image Communication 20, 2005, pp. 233–253
- [6] Elgammal, A. -Duraiwami, R. -Harwood, D. - Davis, L.S.: Background and Foreground Modeling using Nonparametric Kernel Density Estimation for Visual Surveillance, Proc. of The IEEE, Vol. 90, pp. 1151-1163, 2002.
- [7] Harville, M.-Gordon, G.-Woodfill, J.: Adaptive video background modeling using color and depth, International Conference on Image Processing, 2001. Proceedings., Volume 3, 7-10, pp.90 - 93 vol.3
- [8] Patin, F.: An Introduction To Digital Image Processing, 2003 <http://www.programmersheaven.com/articles/patin/ImageProc.pdf>,
- [9] Stauffer C. -Grimson W.E.L.: Adaptive background mixture models for real-time tracking, CVPR99, Fort Collins, 1999
- [10] Veeraraghavan, H.-Masoud, O.-Papanikolopoulos N. P.: Managing Suburban Intersections Through Sensing, University of Minnesota - ITS Institute, 2002 http://www.cts.umn.edu/pdf/CTS_02-07.pdf
- [11] Waltz, F.M. -Miller J. W.V.: An efficient algorithm for Gaussian blur using finite-state machines, SPIE Conf. on Machine Vision Systems for Inspection and Metrology VII, 1998
- [12] Tzay Y. Young, King-Su Fu: Handbook of pattern recognition and image processing, Academic Press, San Diego, 1986

Járműcsoportok elosztott irányítása kommunikációs hálózatokon keresztül

Péni Tamás
Soumelidis Alexandros
 MTA SZTAKI Rendszer- és
 Irányításelméleti Kutatólabor

Célunk olyan ad-hoc kommunikációs hálózatokra és hibrid rendszermodellezésre és szabályozásra épülő kooperatív irányítási algoritmusok kidolgozása, melyek segítségével az automatizált autópályán való biztonságos és hatékony közlekedés váratlan események (pl. balesetek, defekt stb.) bekövetkezése, illetve megkülönböztetett prioritású járművek megjelenése (pl. mentő, tűzoltó stb.) esetén is fenntartható, illetve amelyek lehetővé teszik az automatizált autópályán nem automatizált járművek számára is a közlekedésbe való bekapcsolódást.

Our aim is to design cooperative control algorithms which increase the safety and reliability of the traffic on an automated highway even in the case of unexpected events (accidents, etc.); manage the navigation of emergency vehicles and provide services for unautonomous vehicles to traffic together with the autonomous ones on the same highway. These methods are based on the theory of hybrid systems' modeling and control and using the latest technology of ad-hoc wireless communication.

BEVEZETÉS

Járművek spontán módon, vagy valamilyen cél érdekében kialakuló csoportjában az egyes járművek mozgása összehangolást igényel annak érdekében, hogy céljaikat minél biztosabb, gyorsabb vagy hatékonyabb módon éri el. Spontán módon kialakuló járműcsoportok esetén az egyes járművek saját céljaik elérése érdekében mozognak, itt a közös cél a járművek akadálymentes mozgásának biztosítása, ütközések, balesetek elkerülése. Szándékolatlan kialakított járműcsoportok (flották) esetében ez kiegészül a járműcsoport egészére megfogalmazott célokkal. A célok elérése a járművek mozgásának olyan természetű befolyásolásával történik, amely figyelembe veszi az adott jármű pozíciója és mozgása mellett a járműcsoport többi tagjának hasonló tulajdonságait. A járművek mozgásának ezt a fajta befolyásolását kooperatív járműirányításnak nevezzük.

A kooperatív járműirányítás megvalósításának több feltétele van. Egy adott jármű kooperatív sémában való irányítása megköveteli a többi jármű, vagy legalábbis a szomszédos járművek pozíciójának, mozgásállapotának ismeretét. Ezeket, illetve a jármű saját pozícióját és mozgásállapotát különböző – mechanikai, akusztikai, optikai, rádiófrekvenciás stb. – érzékelőkkel határozhatjuk meg. A közvetlen érzékelés mellett nagy jelentősége lehet (és ma a digitális vezetéknélküli kommunikációs hálózatok elterjedésével egyre nagyobb jelentősége van) a járművek közti, illetve a járművek és egy környezeti infrastruktúra közti kommunikációnak is. Ennek révén az egyes járművek megoszthatják egymás között az információt, és – autonóm módon vagy a központi infrastruktúra közreműködésével – megvalósíthatnak egy közös elosztott irányítási sémát.

A kooperatív járműirányításban, az ezen a területen jellemző időben gyorsan változó kommunikációs topológiák következően, különös jelentőséggel bírnak az ún. ad-hoc vezetéknélküli hálózatok. Ezeknek napjainkra különböző megvalósításai alakultak ki a köznapi használatban elterjedt IEEE 802.11 szabvány szerinti WLAN hálózatoktól az eddig inkább szenzorhálókat területén alkalmazott IEEE 802.15.4 szabványnak eleget tevő ipari hálózatokon át az egyre magasabb frekvenciatarományokon működő szélessávú megoldásokig. Az ad-hoc hálózatok irányítórendszerekben való alkalmazása számos problémát vet fel: a hálózatot a zárt szabályozási kör részének kell tekinteni, így komoly szerepet játszik a szabályozások minőségi jellemzőinek alakulásában, pl. a rendszer irányíthatóságában, megfigyelhetőségében, stabilitásában, valamint hatékonysági mutatóiban. Emellett természetesen lényeges a hálózatok klasszikus vizsgálati módszereinek tárgyát képező jellemzők, mint a hálózat determinisztikus/sztokasztikus jellege, időztési paraméterek, a valós idejű követelményekkel való

konformitás, hálózatbiztonsági tényezők vizsgálata is a kooperatív járműirányítások szemszögéből.

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJIT) keretein belül végzett tevékenységek között fontos szerepet kap az ad-hoc kommunikációs hálózatok és a kooperatív járműirányítás területén végzett kutatások. Ezek között fontos szerepet kap a járművek kereszteződésekben való áthaladásának, illetve az autópályán való közlekedés vizsgálata. Jelen dolgozatunk ez utóbbi terület – nevezetesen az automatizált autópályák megvalósítása irányában végzett kutatások bemutatását, és ezen belül az általunk választott kutatási irányok kijelölését tűzi ki célul.

Az automatizált autópályák (Intelligent Vehicle/Highway System, Automated Highway System) koncepciója és problémaköre elsősorban a California PATH (California Partners for Advanced Transit and Highways) kutatási programhoz köthető [1]. Az AHS-koncepció az autópálya hatékonyabb kihasználását szorosan zárt járműkonvojok kialakításával igyekszik megoldani és az autópálya teljes vagy részleges automatizálásának lehetőségét veti fel. A koncepció lényege a következő: a járművet a sofőr elvezeti az automatizált autópálya kapujáig. Itt megadja a célállomást, pontosabban azt az autópálya-kijáratot, ahol el kívánja hagyni az autópályát. Ezután a jármű-autópálya együttes irányítási rendszere átveszi a vezérlést és végigviszi a járművet az autópályán a megadott kijáratig: közben vezérli a szükséges sávváltásokat, előzéseket, automatikusan konvojokba rendezi az azonos cél felé tartó járműveket, és ha szükséges, az aktuális forgalmi helyzetnek megfelelően menet közben módosítja az útvonalat. Amikor a jármű eléri a kijáratot, a rendszer visszaadja a vezérlést a sofőrnek, vagy leparkolja a járművet egy közeli parkolóban. Mivel a közlekedés vezérlése teljes mértékben az integrált irányítási rendszer kezében van, így lehetőség nyílik a közlekedés több szempontból is (átlagos utazási idő, autópálya-kihasználtság stb.) optimális megszervezésére [1], [2], [3], [4].

Normális üzemmódban az autópálya automatizált működtetése többé-kevésbé megoldott, a problémát elsősorban a speciális szituációk hatékony kezelése jelenti, melyek egy valós működés során gyakran fordulhatnak elő és kihatással vannak a közlekedés biztonságára és/vagy hatékonyságára. Ilyen szituációk a különféle váratlan események (defekt, baleset, járművek egyéb meghibásodásai, időjárás körülmények változása stb.) vagy megkülönböztetett prioritású járművek (mentő, tűzoltó stb.) megjelenése. Ezeknek az eseteknek a kezelése mindaddig csak részben valósult meg [13].

Az AHS-koncepció alapjául szolgáló teljes automatizáltság bevezetése várhatóan lesznek olyan időszakok, amikor az autonóm működés csak bizonyos járműveknél lesz elérhető (mint extra szolgáltatás),

még a többi járművet a hagyományos módon, sofőr vezeti. Hasonló szituáció áll elő, ha opcionálisan megengedjük, hogy az automata jármű sofőrje az autópályán visszavegye a jármű irányítását. Mindkét esetben az automatizált autópályán biztosítani kell az automatizált és a nem automatizált járművek biztonságos, együttes közlekedését. Ehhez az automatizált járművekben olyan – elsősorban a kapcsolati és koordinációs réteget érintő – új eljárások kidolgozása szükséges, amelyek alkalmasak a kevert (mixed) közlekedés menedzselésére. Az irodalomban fellelhető módszerek [12] erre a komplex problémára mostanáig csak részleges megoldást kínálnak.

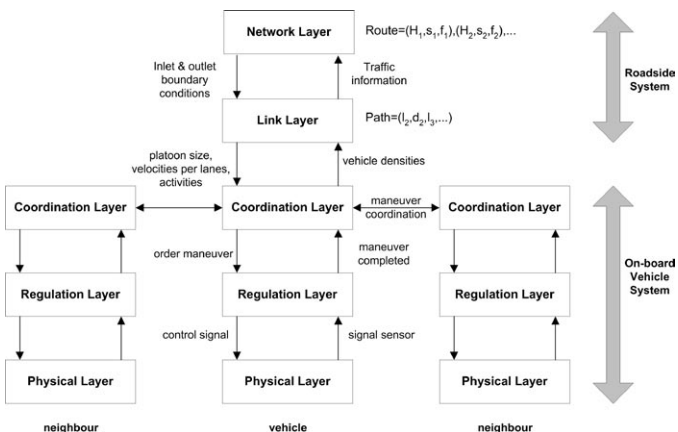
AUTOMATIZÁLT AUTÓPÁLYÁK (AHS-AUTOMATED HIGHWAY SYSTEMS)

A jármű/autópálya integrált irányítási rendszerének blokkvázlata az 1. ábrán látható [3], [4]. Az egyes komponensek feladata a következő:

1. hálózati réteg (network layer): a legfelső irányítási réteg, amelyből egy van a teljes automatizált autópálya-rendszerre. Feladata a magasszintű útvonaltervezés a kiindulási ponttól a célig. A megtervezett útvonal megadható például a következő formában:

$$R = (H_1, s_1, f_1), (H_2, s_2, f_2), \dots$$

ahol a háromelemű (H_i, s_i, f_i) adatstruktúrák az egyes útvonalszegmenseket írják le és a következőképpen értendők: az i -edik útvonalszegmenst a H_i autópályán kell megtenni, amelyre az s_i kapun kell felhajtani, és amelyet aztán az f_i kapun kell elhagyni. Az induláskor megtervezett útvonalat a network layer menet közben módosíthatja, ha azt a forgalmi helyzet (pl. baleset, útlezárás) megkívánja.



1. ábra: az automatizált autópályák irányítási struktúrája

2. kapcsolati réteg (link layer): az autópálya 1–5 km hosszú szakaszaihoz tartozik egy-egy ilyen szabályzóegység. Feladata az aktuális forgalmi viszonyok függvényében egy lokális útvonal megadása az illető pályaszakaszon úgy, hogy az illeszkedjen a network layer által adott utazási tervhez. Ehhez a link layer kontrollere az 1–5 km hosszú szakaszt további 100 m hosszú szekciókra bontja és a mozgástervet ezt felhasználva a következő formában adja meg:

$$P = (l_2, d_2, l_3, \dots)$$

ahol l_i jelöli a sávot, d_i pedig a szekciót, azaz a fenti példa a következőt írja elő: a jármű hajtsa az l_2 sávban a d_2 szekciót, majd ott váltson sávot és folytassa az útját az l_3 sávban haladva. A lokális útvonal mellett a link layer definiálja a hozzá tartozó pályaszakaszon a megengedett konvojméretet, valamint az egyes sávokban érvényes

sebességet. Mindezeket a mért forgalmi paraméterek és a szomszédos link layer egységektől érkező adatok alapján a járműfolyamot stabilizáló optimális irányítással határozza meg. Az irányítástervezés áramlási modellek (fluid flow modell) alapján történik. Fontos, hogy a link layer nem azonosítja az egyes járműveket, így a fenti útvonal sem az egyes járművekre, hanem járműcsoportokra vagy a járművek egy adott százalékára vonatkozik. (Pl. a link layer előírja, hogy a hozzá tartozó szekció legbelső sávjában haladó járművek 20%-a soroljon át a külső sávok valamelyikébe.)

3. koordinációs réteg (coordination / planning layer): a jármű fedélzeti egységén realizált legmagasabb szintű irányítási réteg. Feladata a kapcsolati rétegtől érkező mozgásterv minél pontosabb végrehajtása, összehangoltan a környező járművekkel. Itt történik az egyes járművek egyedi mozgástrajektóriáinak kialakítása. A tervezés során az egymás környezetében lévő járművek valamilyen ad-hoc kommunikációs hálózaton keresztül összekapcsolódnak és trajektóriáikat – a következőkben ismertetett szabályozó (regulation) réteg bevonásával – alkalmasan választott, elosztott, decentralizált kooperatív irányítási algoritmussal határozzák meg. A tervezési probléma egyszerűbb kezelhetősége és közben tartathatósága miatt a járművek mozgási lehetőségei a koordinációs rétegben kisszámú elemi mozgásműveletként definiáltak, úgy mint sávváltás (lane change), sávtartás (lane keep), csatlakozás az előtte haladó konvojhoz (join), konvoj felbontása (split), autópálya elhagyása (exit) stb. A tényleges mozgás ezekből kerül felépítésre. A koordinációs réteg feladata ennek alapján a következő pontokban foglalható össze:

1. eldönti, hogy aktuálisan mely manővert kell végrehajtani
2. folyamatos kommunikáció fenntartásával koordinálja a művelet végrehajtását a szomszédos járművekkel
3. felügyeli a kijelölt manőver szabályozó réteg általi végrehajtását.

Mivel a jármű csak véges sok diszkrét műveletet hajthat végre, így mozgása a koordinációs rétegben véges állapotú automatával leírható [3], [4].

A koordinációs réteg feladatai közül az első kettő különböző megvalósításai tág teret adnak a különféle koordinált kooperatív manőverek végrehajtásához. Azt, ugyanis, hogy egy adott időpontban mely manővert célszerű végrehajtani, nemcsak a kapcsolati réteg által definiált mozgásterv határozhatja meg [3], [4], hanem – ahogyan az a következő fejezetben bemutatásra kerül – előállítható a környező járművekkel közösen végrehajtott decentralizált, elosztott optimalizáció eredményeképpen is.

4. szabályozóréteg (regulation layer): ez a réteg a jármű második- vagy harmadrendű, általában lineáris longitudinális vagy laterális dinamikája alapján tervezett szabályzókat tartalmaz, minden elemi manőverhez egyet. A szabályozóréteg mindig azt a szabályozót aktivizálja, amelyhez tartozó manőver végrehajtását a koordinációs réteg aktuálisan előírja.

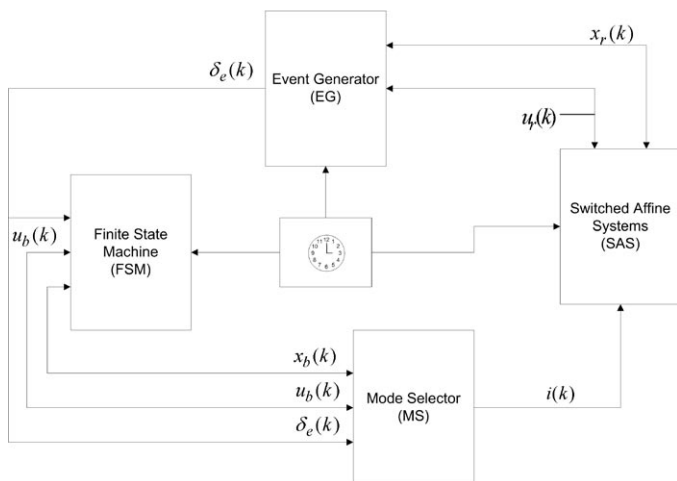
5. fizikai réteg (physical layer): magában foglalja a jármű fizikai komponenseihez tartozó alapszintű kontrollereket (fékrendszer, motorvezérlés, sebességváltás, kormányrendszer). Fő feladata, hogy a komplex nemlineáris járműdinamikát linearizálja és az irányítási problémát dekomponálja longitudinális és laterális részfeladatokra. [5], [6]

JÁRMŰCSOPORT KOOPERATÍV IRÁNYÍTÁSA MODELL- PREDIKTÍV MÓDSZEREKKEL

Tekintve, hogy a kooperatív irányítás lényegében a koordinációs és a szabályozó rétegben valósul meg, melyek közül az első diszkrét állapotokkal, az utóbbi időben folytonos szabályozókkal dolgozik, azaz együttesen hibrid rendszert alkotnak, a kooperatív irányítástervezés hibrid rendszereken működő implementációit kell kidolgozni, illetve továbbfejleszteni [7], [9], [10].

Amennyiben a jármű mozgását a szabályozórétegben diszkrét idejű (legalább szakaszonként), lineáris modellel írjuk le, a teljes hibrid rendszer optimális irányítása átfogalmazható alkalmas mixed-integer lineáris vagy kvadratikus (MILP, MIQP) optimalizálási problémává, melynek megoldására hatékony numerikus módszerek léteznek [7], [8], [9], [10].

A továbbiakban [11] bemutatjuk, hogy hogyan lehet a koordinációs és szabályozórétegek által alkotott hibrid rendszert a numerikus módszerek számára feldolgozható alakba átírni. Ehhez felhasználjuk a HYSDEL (HYbrid System DEscription Language) [11] leírónyelvet, amelyet a 2. ábrán látható diszkrét hibrid automata (DHA) leírására, szimulációjára és különféle formátumokban való reprezentálására dolgoztak ki.



2. ábra: a koordinációs és szabályozórétegeket leíró diszkrét hibrid automata vázlata

A DHA egyes blokkjainak jelentése a következő:

1. Switched Affine System (SAS): a folytonos állapotok trajektóriáját meghatározó diszkrét idejű lineáris, affin rendszerek gyűjteménye:

$$\begin{aligned} x_r^+(k) &= A_{i(k)}x_r(k) + B_{i(k)}u_r(k) + f_{i(k)} \\ y(k) &= C_{i(k)}x_r(k) + D_{i(k)}u_r(k) + g_{i(k)} \\ x_r &\in X_r, \quad u_r \in U_r \end{aligned}$$

ahol x_r, u_r a valós értékészletű állapot-, illetve bemenetvektor, $i(k)$ a k -adik mintavételi időpontban aktív rendszer indexe. Ebben a komponensben helyezhetők el a szabályozóréteg által irányított jármű különböző manőverekhez tartozó zárt körű dinamikus, diszkrétizált modelljei.

2. Event Generator (EG): folytonos értékészletű változókból logikai változók előállítását teszi lehetővé, alkalmas IF-THEN szabályok segítségével. A megvalósított leképezés általános alakja a következő:

$$\delta_e(k) = f_H(x_r(k), u_r(k), k)$$

3. Finite State Machine (FSM): definiálja a logikai állapotváltozók (x_b) állapotátmeneteit (x_b^+) az EG logikai jelei és a logikai bemenetek alapján. Általános formában:

$$\begin{aligned} x_b^+(k) &= f_B(x_b(k), u_b(k), \delta_e(k)), \quad y_b(k) = g_B(x_b(k), u_b(k), \delta_e(k)) \\ x_b &\in X_b \subseteq \{0, 1\}^{n_b}, \quad u_b \in U_b \subseteq \{0, 1\}^{m_b}, \quad y_b \in Y_b \subseteq \{0, 1\}^{p_b} \end{aligned}$$

Az FSM-komponensben a koordinációs réteg véges állapotú automatái írhatók le, a fenti függvények alkalmas definíciójával.

4. Mode Selector (MS): x_b, u_b, δ_e változókból meghatározza az $i(k)$ modellindexet.

$$i(k) = f_M(x_b(k), u_b(k), \delta_e(k))$$

A HYSDEL segítségével a fenti struktúrában adott hibrid rendszer átírható diszkrét lineáris dinamikus egyenletek és lineáris egyenlőtlenségek rendszerévé, azaz MLD (mixed logic dynamic) formába, mely általánosan a következőképpen írható fel:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_r(k+1) \\ x_b(k+1) \end{bmatrix} &= A \begin{bmatrix} x_r(k) \\ x_b(k) \end{bmatrix} + B_1 \begin{bmatrix} u_r(k) \\ u_b(k) \end{bmatrix} + B_2 \delta(k) + B_3 z(k) + b_4 \\ \begin{bmatrix} y_r(k) \\ y_b(k) \end{bmatrix} &= C \begin{bmatrix} x_r(k) \\ x_b(k) \end{bmatrix} + D_1 \begin{bmatrix} u_r(k) \\ u_b(k) \end{bmatrix} + D_2 \delta(k) + D_3 z(k) + d_4 \\ E_2 \delta(k) + E_3 z(k) &\leq E_1 \begin{bmatrix} u_r(k) \\ u_b(k) \end{bmatrix} + E_4 \begin{bmatrix} x_r(k) \\ x_b(k) \end{bmatrix} + e_5 \end{aligned}$$

ahol $\delta(k), z(k)$ további logikai, illetve folytonos segédváltozók, melyek szükségesek a rendszer MLD alakú átírásához. Az MLD alakban adott rendszerhez már könnyen tervezhető optimális irányítás, amennyiben a kritériumfüggvény lineáris vagy kvadratikus.

$$\min J = \sum_{k=0}^N \|x_r(k)\|_Q + \|u_b(k)\| + \|u_r(k)\|_R$$

Az optimalizálási feladat ezután valós és véges értékészletű változók kezelésére is képes mixed-integer numerikus módszerekkel megoldható [9].

KONKLÚZIÓK

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJTT) keretein belül a járművek kommunikációs hálózatokon keresztül megvalósuló kooperatív irányításának területén végzett kutatásaink lényeges eleme a járművek autópályán való közlekedésének automatizálására, automatizált autópályák megvalósítására irányuló törekvések, illetve az ezen a területen felmerülő problémák vizsgálata. Az általunk választott megközelítés a nemzetközi kutatások eredményeit felhasználva törekszik a problémák diszkrét idejű hibrid irányítási feladatokká történő átfogalmazására és azok optimális modell prediktív alapú megoldására.

Referenciák

- California PATH Program, <http://www.path.berkeley.edu/PATH/>,
- J. Lygeros, Hierarchical, Hybrid Control of Large Scale Systems, PhD thesis, University of California at Berkeley, 1996.
- R. Horowitz and P. Varaiya, Control Design of an Automated Highway System, IEEE Special Issue on Hybrid Systems, vol. 88/7, pp. 913-925, 2000.
- P. Varaiya, Smart Cars on Smart Roads: Problems of Control, IEEE Transaction on Automatic Control, 38/2, pp. 195-207, 1993.
- J.K. Hedrick and M. Tomizuka and P. Varaiya, Control issues in automated highway systems, IEEE Control Systems Magazine, pp. 21-32, 1994.
- D. Swaroop and C. C. Chien and J. K. Hedrick and P. Ioannou, Comparison of spacing and headway control laws for automatically controlled vehicles, Vehicle System Dynamics, vol. 23, 1994.
- T. Schouwenaars and B. D. Moor and E. Feron and J. How, Mixed integer programming for multi-vehicle path planning, European Control Conference, 2001.
- ILOG CPLEX User's guide, ILOG, 1999.
- A. Bemporad and M. Morari, Control of systems integrating logic, dynamics and constraints, Automatica, 35, pp. 407-427, 1999.
- T. Keviczky, Decentralized Receding Horizon Control of Large Scale Dynamically Decoupled Systems Ph.D. Thesis, Control Science and Dynamical Systems Center, University of Minnesota. September 2005.
- HYSDEL 2.0.5 – User Manual, 2002.
- S.N. Huang, S.C. Chan, W. Ren – Mixture of Automatically- and Manually-controlled Vehicles in Intelligent Transport Systems, Journal of Intelligent and Robotic Systems 24, pp. 175-205, 1999.
- C. Toy, K. Leung, L. Alvarez, R. Horowitz – Emergency Vehicle Maneuvers and Control Laws for Automated Highway Systems, IEEE Transactions on intelligent transportation systems, vol. 3, no. 2, 2002.

Sikeres Üvegseb program – járműflotta-menedzsment a legkorszerűbb informatikai eszközökkel

Ackermann Zoltán
Dr. Szalay Zsolt
Zöldy Máté

A flottamenedzsment rendszerek iránt egyre nagyobb a kereslet. A manapság piacon lévő rendszerek azonban egyre kevésbé képesek a szállításmozgási vállalatok egyedi, különleges igényeinek magas fokú kielégítésére. A flottamenedzsment projekt azt a célt tűzi ki maga elé, hogy a legkorszerűbb informatikai eszközöket ötvözze a gépjármű közeli tudással, amellyel az ipari partnerek és a BME Gépjárművek tanszéke rendelkezik. A fejlesztési folyamat felöleli a flottamenedzsment minden elemét, vagyis járművön elhelyezett mobileszköz-fejlesztését, a kommunikációs kapcsolat javítását, a központi rendszer optimális kialakítását és a felhasználói felület adaptív megvalósíthatóságát. Az öt terület, ahol ezek segítségével növelhető a rendszerek hatékonysága: az üzemeltetés, a biztonság, a logisztika, a közlekedésmenedzsment és a környezetvédelem.

The demand on the vehicle informatics systems is increasing. The systems on the market are decreasingly able to suffice in high level the special and high needs of the transportation companies. The fleet management program has the goal to alloy the most advantageous vehicle informatics of the industrial partners with the vehicle based knowledge of the Department of Automobiles. The development process includes all main elements of the fleet management system, also the development mobile components, increasing the communication connection, optimizing the central system and the adaptive work up of the user interface. The efficiency of the systems could be increased in the following five main areas: operation, security, logistics, transportation management and environmental protection.

A közúti fuvarozás területén egyre nagyobb igény mutatkozik az olyan automatizált műholdas gépjárműkövető és -irányító rendszerek iránt, amelyek követő, irányító és elszámolást megkönnyítő funkciókat látnak el. A flottamenedzsment rendszer biztosítja a gépjárműpark távfelügyeletét, a gépjárművezetők ellenőrzését és a járműről érkező adatok gyors elemzését. Segítségével lehetővé válik a megbízók magasabb szintű kiszolgálása és a versenyképesség növelése. Flottamenedzsment rendszer használatával a fuvarozó és szállításmozgó cégek egyszerűen és gyorsan meg tudják állapítani többek között járműveik pillanatnyi helyzetét, üzemanyagszintjét, sebességét, valamint a megtett út hosszát. Az adatok elemzésének eredményeként csökkennek az üresen futott kilométerek, a kommunikációs költségek, valamint megtakarítás jelentkezik a gépjármű-üzemeltetés és az adminisztráció területén is. A flottamenedzsment rendszerek szolgáltatásai sokrétűek. Az általuk ellátott feladatokat öt csoportra bonthatjuk, melyek az üzemeltetés, a biztonság, a logisztika, a közlekedésmenedzsment és a környezetvédelem.

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont 1.3. „Járműflotta műszaki menedzsment platform fejlesztése” projektben a fenti öt szolgáltatás minél magasabb szintű elvégzésére képes flottamenedzsment rendszerek fejlesztése folyik. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy az EJTT 1.3-as projekt keretei között kifejlesztett rendszer könnyen bővíthető, így felhasználási igénytől függően új fedélzeti adatok továbbításával és feldolgozásával költséghatékonyan egészíthető ki.

A flottamenedzsment a flottaparkot fenntartó és üzemeltető társaság részére gyűjt össze, tárol és szolgáltat teljes körű információkat a járművek és a rakomány pillanatnyi állapotáról, az előzményekről, a várható eseményekről, illetve mindezek állandó, rendszeres vagy változó költségeiről. Ehhez a gépjárműpark életútjában bekövetkező események pontos, visszakereshető adminisztrációjára van szükség. A flottamenedzsment rendszerek úgy vannak megalkotva, hogy az információkat ne csak adatbázisban tárolják, hanem képesek legyenek a tárolt adatokat különféle – lehetőleg az ügyfeleknek előfordult addigi összes – igény szerinti kombinációban előhívni, ezekből pedig riportokat, kimutatásokat

készíteni. Jellemző megoldások a flottamenedzsment rendszeren belül a gépjárműbeszerzéssel, flottadíj-, szervíz-, bér- és csereautó-, valamint üzemanyag-kezeléssel kapcsolatos információkat lehívhatóvá, értékelhetővé tevő munkafolyamatok. A rendszer segítségével a flottában lévő járművek működtetése költséghatékonyabb és áttekinthetőbb, mégpedig oly módon, hogy közben a szolgáltatást igénybe vevő ügyfél számára világosan követhető elszámolást nyújt. Az EJTT 1.3-as projektben fejlesztett rendszer legfontosabb elemei a következők:

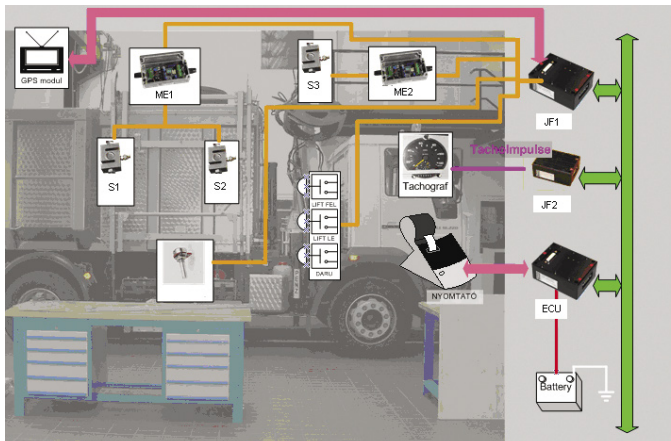
MOBILESZKÖZ-FEJLESZTÉS

A mobil eszköz a rendszer által figyelemmel kísért járműre szerelt mérő, jelfeldolgozó és adattovábbító alrendszer, melyből származó technikai, mozgási és helymeghatározási adatok jelentik a rendszer legfontosabb bemeneteit. A mobil eszköz komponenseinek kialakítása modulárisra teszi az alrendszer felépítését, mely a könnyű bővíthetőség, testre szabhatóság záloga.

A fejlesztés során több speciális piaci igény kielégítésére kerül sor, mint például veszélyesáru-szállító járművek felszerelése, folyamatos tüzelőanyagszint-monitoring vagy súlymérés. A következő oldalon található ábra az ATEV kísérleti járművére felszerelt súlymérést, GPS alapú járműkövetést és tüzelőanyagszint-mérést együttesen megvalósító fedélzeti rendszer felépítését mutatja be.

A KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZER FEJLESZTÉSE

Az adatfogadó és küldő modul a mobil eszközök és a szerver közötti kommunikáció biztosítására szolgál. A kommunikációs rendszer fejlesztésében kutatott terület a mobil eszközök optimális adatstruktúrájának meghatározása, a mindkét irányú kommunikációs igények és a költséghatékonyság összeegyeztetése, továbbá a kommunikációs hibák hatékony kezelése mellett, a folyamatos rendelkezésre állás és a flotta méretének megfelelő skálázhatóság biztosítása. A kommunikációhoz szükség van a választott adattovábbítási megoldásnak megfelelő technikai megoldásokra.



Súlymérés, GPS alapú járműkövetés, tüzelőanyagszint-mérést megvalósító flottamenedzsment rendszer

A mobil eszköz és a központ közötti folyamatos kommunikációra GPRS-technológián alapuló megoldást fejlesztettünk ki. A fejlesztés során definiáltuk a GPRS kommunikációs csatornán átvitt adatcsomagok szerkezetét és tartalmát, és ezzel meghatároztuk a szerver és fedélzeti rendszer közötti interfészt. Alapvetően négyféle GPRS kommunikáció megvalósítását láttuk szükségesnek.

A kapcsolatfelépítési és eseményjelzési protokoll alkalmazását a fedélzeti rendszer kezdeményezi. Alkalmazásával lehetővé válik a fedélzeti rendszer által észlelt riasztások közlése, valamint a szerver-kliens kapcsolat kiépítése. A lekérdezési protokoll teszi lehetővé, hogy egy adott időpontban a szerver egy meglévő kapcsolaton keresztül tetszőleges időpontban információt kérjen le egy járműről.

A folyamatos adattovábbítás protokollja biztosít lehetőséget arra, hogy akár folyamatosan nyomon követhessük a járművek paramétereit, távoli méréseket végezhesünk a járművön, annak működéséről, mozgásáról pontos képet alkothassunk. A konfigurációs protokoll nyújt lehetőséget arra, hogy a fedélzeti rendszer beállításait GPRS-hozzáféréseken keresztül módosítsuk. A fenti négyféle protokoll mindegyikét egy keret protokoll használatával továbbítjuk a kommunikáció hibatűrő képességének javítása érdekében.

A KÖZPONTI RENDSZER FEJLESZTÉSE

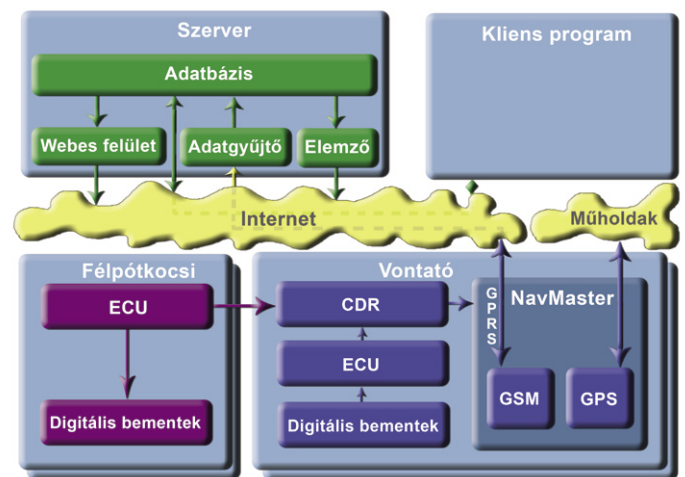
A központi rendszer magában foglalja a mobil eszközök által mért és a manuálisan bevitt rendszerleíró adatokat és az azokat tároló adatbázist, a mobil eszközökkel kommunikáló adatgyűjtő modult, a felhasználók számára adathozzáférést és riportkészítési lehetőséget biztosító WEB-es felületet és kliensprogramot, valamint a mért adatokon folyamatosan dolgozó elemzőt, mely többek között riasztások küldését teszi lehetővé rendkívüli események bekövetkeztekor. A központi rendszerszoftver látja el mindazt a feladatot, amelyet az adatbázis-tárolás, -kezelés, adatforgalom-biztosítás, megjelenítés, térképezés, jogosultsági szintek biztosítása, valamint az adatbiztonság megkíván. A központi rendszerben rendelkezésre álló adatok alapján biztosítható minden, a térképi megjelenítéskor megkívánt szerkesztési munka kivitelezése. A grafikus adatbázisok szerkesztése, objektumok definiálása, megjelenítése, a felhasználói felületek testre szabása. A központrendszer-fejlesztés két sarokköve a szerver oldali rendszer platformrendszerterv-kidolgozása és megvalósítása, illetve a járműadatokon alapuló kiértékelő algoritmusok definiálása.

SZERVER OLDALI RENDSZER PLATFORMRENDSZERTERV

Minden flottamenedzsment rendszer rendelkezik legalább egy központi szerverrel, mely a flotta járműveinek adatait összegyűjti, azokhoz hozzáférést biztosít. A rendszer platform fejlesztése során

két rendszerplatformot alakítottunk ki. Az első, kis járműszámú flották esetén előnyös, alacsony megvalósítási költségű megoldás. A másodikként ismertetett platform jól skálázható, minden igényt kielégítő megoldást nyújt. Megvalósítása száz járművet meghaladó flották esetén javasolt.

Bár a mai piaci viszonyok között még számos esetben elegendő olyan rendszerarchitektúra alkalmazása, mely a szerver számára csak eseti adathozzáférést biztosít (pl.: járműadatok letöltése a jármű bázisra történő visszaérkezésekor), az uralkodó trendek egyértelműen az azonnali információelérés felé mutatnak. Így mindkét rendszerplatform kulcsfontosságú eleme a vezeték nélküli mobil kommunikáció. A rendszer kommunikációs vázlata látható az alábbi ábrán.

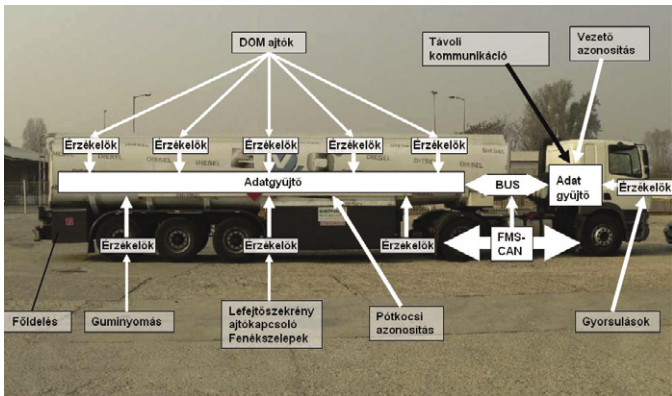


Flottamenedzsment rendszer kommunikációs architektúrája

JÁRMŰADATOKON ALAPULÓ KIÉRTÉKELŐ ALGORITMUSOK DEFINIÁLÁSA

Az algoritmusok kifejlesztésének célja a közúti közlekedésben előforduló események detektálása. Az algoritmusok fejlesztése során olyan módszerek kidolgozására helyeztük a hangsúlyt, melyek a vezető szempontjából fontosnak bizonyulnak, növelik a közlekedés biztonságát, és a járművezető több szempontból való minősítésére is lehetőséget adnak. A vezető stílusának minősítésére szolgáló algoritmus kifejlesztésénél méréseket végeztünk az egyes vezetői stílusokra jellemző járműadatok felmérése céljából. E mérési eredményeket felhasználva megfogalmaztuk az egyes vezetői stílusok jellegzetességeit. Ezt követően egy megvalósítási koncepciót dolgoztunk ki a vezető automatikus minősítésére a vezetői stílus szempontjából. További lépésként az üzemanyaggal kapcsolatba hozható események detektálására hoztunk létre eljárásokat. Mérési eredmények elemzéséből indultunk ki, megvizsgáltuk az egyes üzemanyaggal kapcsolatos események tulajdonságait és detektálásukra adtunk megoldást. A több, egymástól független, üzemanyagszint-figyelési rendszer biztosítja a megtörtént események rögzítését. Lehetővé válik az aktuális tüzelőanyagszint folyamatos figyelése, és az esetleges nem várt, nem üzemzerű események, mint például az illetéktelen tüzelőanyag-kivét detektálása.

A kifejlesztett – eseménydetektálásra szolgáló – algoritmusok harmadik csoportjaként közlekedési balesetekkel kapcsolatos események detektálását tűztük ki feladatként. Mint tudjuk, egy baleset detektálása számos bizonytalanságot hordoz, ezért szükséges volt az egyes leggyakrabban előforduló baleseti szituációk elemzése. Feltérképeztük az egyes közlekedési balesetek típusainak ismérveit, tulajdonságait, és az így kialakított statisztikai adatok alapján eljárásokat dolgoztunk ki az egyes közlekedési balesetfajták identifikációjára.



GPRS-kapcsolaton keresztül járműadat-továbbítást megvalósító rendszer

FELHASZNÁLÓI FELÜLET

A felhasználó-hozzáférési rendszer az operátorok számára készített grafikus-táblázatos megjelenítés, amelyben nyomon követhető lehet a jármű pillanatnyi helye (folyamatos kommunikáció esetén), kirajzolható a jármű által egy adott időszakban megtett útvonal, visszajátszható a jármű mozgása, valamint kiértékelések futtathatók a mért adatokon, melyek eredményei például események formájában térképen is megjeleníthetők. Az elmúlt időszakban a fejlesztés súlypontja az adatbázis-struktúra terv volt.

ADATBÁZIS-STRUKTÚRA TERV

A flottamenedzsment rendszer adatait érdemes központi adatbázisba szervezni, annak érdekében, hogy az adatok gyorsan hozzáférhetőek, feldolgozásra alkalmasak legyenek. Adatbázis alkalmazásának alapvető előnyei a konkurens hozzáférések kezelése, sebességre optimalizált adathozzáférés, hozzáférési jogok finom szabályozhatósága, skálázhatóság, adatbiztonság (tranzakciómenedzsment) és statisztikai összefüggések kimutathatósága az összegyűjtött adathalmazon. Mindezen előnyöket figyelembe véve döntöttünk úgy, hogy a járműflottaadatokat relációs adatbázisba szervezzük.

ÖSSZEGZÉS

A kutatás-fejlesztés során megvizsgáltuk, hogy a flottamenedzsment rendszerek piacán megjelenő igényeket milyen megoldási alternatívákkal lehet kielégíteni. A feladat sarkalatos pontja volt a flottamenedzsment rendszer igényeik elemzése és műszaki megvalósíthatóságának részletes bemutatása. A munkánk során felmértük a piacon elérhető rendszereket és alkalmazhatóságuk mértékét. Az egyes problémákra felvetett megoldási alternatívákból, javaslatokból kiindulva elemzéseket végeztünk, feltérképeztük az egyes módszerek előnyeit, ill. azok hátrányait ahhoz, hogy egy hatékony, a definiált igények kielégítésére irányuló rendszer létrehozására adjunk megoldási javaslatot. A piaci szereplők áttekintésével világossá vált, hogy jelenleg nem létezik olyan rendszer a piacon, amely fejlesztések nélkül ki tudná elégíteni a piacon megje-

lenő potenciális vásárlók speciális szállítási feladatain alapuló különleges igényeit.

A műszaki elemzés során egyértelművé vált, hogy egy vállalat számára, mely bevezeti a flottafelügyeleti rendszert, az a következő előnyöket hordozza: egyrészt növeli a szállítási biztonságot, segíti a dinamikus fuvarszervezést, lehetővé teszi a járművek műszaki állapotának folyamatos követését, könnyebbé és formalizálttá teszi a dokumentációt, lehetőséget teremt a járművezetők minősítésére, elősegíti a teljesítmény alapú bérezést, javítja a közlekedésbiztonságot, gátat szab a visszaéléseknek és fokozza a környezet védelmét. Mindezen előnyök skálája további új elemek beágyazásával, a meglévő esetleges továbbfejlesztésével szélesíthető, ami további igények kielégítésére adhat lehetőséget.

Elkészítettünk egy általános rendszerelem-gyűjteményt. Ebből összeállítható egy olyan rendszer váza, amely kiegészítve a releváns piaci igényekkel, a jelenlegi műszaki-technikai környezetben a gazdaságossági szempontokat figyelembe véve képes az igények magas szintű kielégítésére.

A piacon szereplő szolgáltatók és a piaci igények eltérő volta miatt nagy lehetőségek rejlenek egy járműelektronikai alapon fejlesztett adaptív rendszerben, melynek létrejöttét a cikkben ismertetett lépések nagyban elősegítik.

LÁTOGASSA RENDSZERESSEN A

Gépjárművek tanszék

MAGUNKRÓL

HISTÓRIA Az egyetem, a tanszék, az autómérnök-képzés stb. története

MUNKATÁRSÁK Elérhetőségek, életrajzok, egyéni honlapok

OKTATÁS Tantervek, tantárgyprogramok, diplomatervek

KUTATÁS Tudományos kutatás, műszaki tervezés, doktori ügyek

FOTÓALBUM Fényképek a tanszék életéről, létesítményeiről, diákjairól

HÍREK, ESEMÉNYEK a tanszék életében

SAJTÓFIGYELŐ Tanszékkel kapcsolatos cikkek teljes terjedelemben

CIMUNK Térkép, elérhetőségi adatok

AKTUALITÁSOK Szakmai konferenciák, meghívók, tanfolyamok stb.

HALLGATÓKNAK:

OKTATÁSI SEGÉDLETEK Jegyzetek (előadások, gyakorlatok)

HIRDETÉNYEK Tanulmányi ügyek, feladatok, gyakorlatok beosztása stb.

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖR (TDK) Kiírások, eredmények

DIÁKSÁGOK Fotók, Kipufogó

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖR (TDK) Kiírások, eredmények

ALLÁSBOZÉ

TANFOLYAMOK

EGY KIS AUTÓS HUMOR MINDENKINEK

MŰGYELEM

AUTOMOBILIZMUS TÖRTÉNETE

PRESESSE SAJTÓAJÉKOZTATÓN HALLOTTUK

auto auto technika

auto auto

Autósport TÖRTÉNELEM

Nostalgia lapok

Oldtimers

Linkek honlapokhoz

FIGYELEM!

Időnként körlevélben értesítjük látogatóinkat az újdonságokról.

Ha szeretne felkerülni a címlistánkra, írjon levelet!

Hol van újdonság:

PRESESSE XC 90

Katt!

HONLAPJÁT

www.auto.bme.hu

Üzemanyag-menedzsment – flottamenedzsment szolgáltatás a benzinköltségek optimalizálására

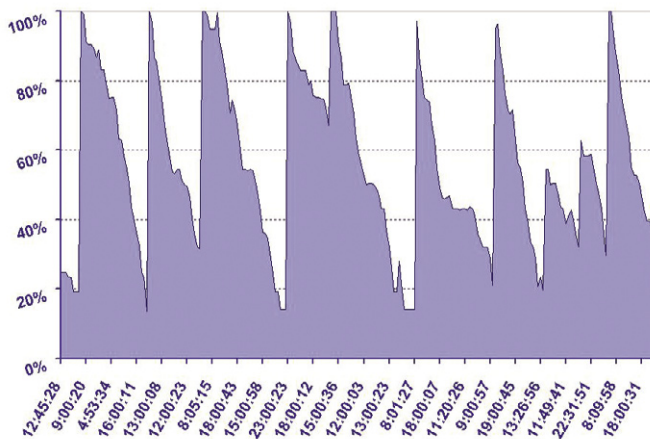
Deák Csaba
Dr. Szalay Zsolt
Zöldy Máté

A gépjárműflotta tüzelőanyag-fogyasztásával kapcsolatos költségek a fuvarozóvállalatok összköltségeinek akár a harmadát is kitehetik. Optimális szinten tartásuk emiatt gazdasági szempontból különösen fontos. A BME EJJT 1.3 projektben futó kutatások egyik kiemelt területe a valós tüzelőanyag-fogyasztás mérése és dokumentálása a flottaüzemeltető felé. A fejlesztett megoldások segítségével lehetségessé válik a jármű fogyasztásának akár folyamatos nyomon követése, az illetéktelen cselekmények detektálása és idő illetve hely szerinti kiszűrése. Ezek a megoldások a flotta üzemeltetője számára a járművek fogyasztásának a valós szintre csökkenését és ezzel költségmegtakarítást jelentenek.

Vehicle fuel consumption costs could reach one third of the total costs of the fleet operator. The optimization of this cost factor is therefore extremely important. The BUTE AVVC 1.3 project focuses on the measurement of the real fuel consumption and its documentation to the fleet operator. The fuel consumption of the vehicle could be followed online with the investigated methods, and the unauthorized fuel exceptions and manipulation can be detected by location and time. The application of these solutions could result in the decrease of fuel consumption thus decrease in the operation costs.

A járműflotta folyamatos költségei közül az egyik legjelentősebb a tüzelőanyag-felhasználás költsége. Ennek csökkentése és optimalizálása a vállalat hatékony működéséhez nagyban hozzájárulhat. Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont 1.3. Flottamenedzsment projektjének egyik kutatási és fejlesztési területe az optimális tüzelőanyag-felhasználás megszervezése és koordinálása flottamenedzsment rendszerek segítségével. Ezzel a modern, hatékony informatikai megoldásokat kínáló rendszerrel optimalizálhatók a valós igények szintjén a vállalat motorhajtóanyag-gal kapcsolatos kiadásai.

A gépjárművek tüzelőanyag-fogyasztása a motorfordulatszám, a járműsebesség, a megtett út és a tankolások idejének és a tankolt mennyiség ismeretében előre számítható és jól nyomon követhető. A járművek dinamikus mozgása, a változó terepviszonyok, az eltérő rakományterhelés és a forgalom nem egyenletes eloszlása miatt a számításokban bizonyos méretű bizonytalanság található, azonban a fogyasztási görbék jellege jellemzően az 1. ábra szerint alakul.



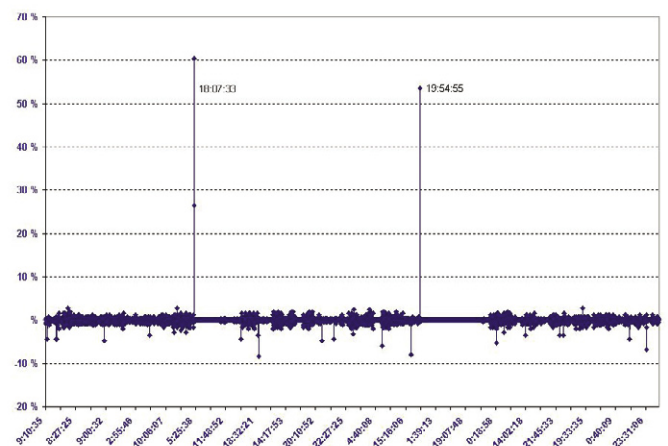
1. ábra: az üzemanyagtank szintje az idő függvényében

Általánosan előfordul, hogy a gépjárművet, a vezetőváltásokat megelőző tankolások során teljesen teletankolják, és ezáltal túltankolják. A túltankolás során a tankban lévő üzemanyag-mennyiség több, mint az üzemanyagszint-jelző maximuma, ezért ezekben

az esetekben a kijelzőn nem a valós értéket látjuk, hanem az üzemanyagszint-jelző maximumát. Ez probléma abban az esetben, ha a tankolási listán pontosan látni szeretnénk a tankolt mennyiséget. A másik gyakran előforduló jelenség, hogy a gépjárművek gyakran tankolnak kis mennyiséget, ezért gyakorlatilag állandóan teljes tankkal közlekednek, ami további kérdéseket vet fel. Mi indokolja a gyakori tankolásokat? Miért van állandóan tele a tank? A teljes tankkal való közlekedés a fogyasztásra hátrányos, mert a gépjárműnek a teljes üzemanyag tömegét mint extra tömeget is szállítani kell. A gyakori kis mennyiségű tankolások pedig kiesést okoznak az üzemidőben.

A következőkben gyakorlati mérési eredmények segítségével mutatjuk be a flottamenedzsment rendszert mint a tüzelőanyagszint nyomon követését elősegítő megoldást. Ez lehetővé teszi a rendellenes folyamatok feltárását, így az illetéktelen tüzelőanyag-kivét felderítését, s ezek számának csökkentésével a flotta üzemeltetési költségeinek a minimálisát.

Az 1. ábra egy jármű tüzelőanyagszint – idő függvényét mutatja. Az ábra az üzemanyagtank szintjét ábrázolja a teszt során eltelt idő alatt. Az ábrán jól láthatóak a tankolási időpontok (ugrásszerű felfutások), illetve jól megfigyelhető a „hegycsúcsok” lefutásának meredeksége, amely az üzemanyag-felhasználással arányos: minél meredekebb, annál nagyobb az üzemanyag-felhasználás. A



2. ábra: az üzemanyagtank szintjének változása az idő függvényében

gépjármű üzemanyag-fogyasztását befolyásolja egyebek mellett a járművezető vezetési stílusa, a gépjármű terheltségi állapota és az útviszonyok is.

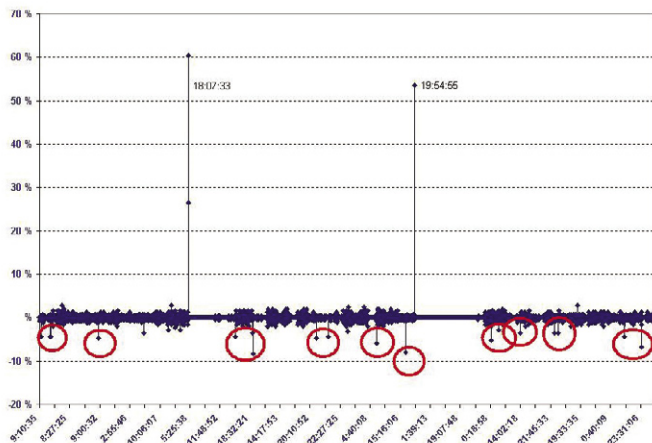
A 2. ábrán az üzemanyagtank abszolút szintje ugyan nem látható, azonban az üzemanyagszint változása még kiemeltebben mutatja a tankolási eseményeket, illetve az esetleges tankból történő üzemanyag-kivételt. A diagramon jól nyomon követhető a tankolások időpontja, illetve mennyisége. A diagramot kiegészítve a tankolásokat talán még jobban szemlélteti, ha a tankolási listát vizsgáljuk (alább). Az üzemanyagtartály méretének ismerete mellett (1000 liter) megállapítható a tankolt, illetve a felhasznált üzemanyag-mennyiség. A tankolási lista és a számlák ismeretében az esetleges anomáliák azonnal kiszűrhetők.

1. táblázat: tankolási lista

Dátum	Km-óra állás	Tankban lévő üzemanyag	Elfogyasztott üzemanyag	Fogyasztás	Tankolt Mennyiség ¹	Tankolások közt megtett távolság
17:46	365 835 km	396 l			264 l	
18:05	365 835 km	1 000 l	1 l		724 l	0 km
19:52	368 093 km	1 000 l	617 l	27,3 l/100km	736 l	2 258 km

¹ A tankolt mennyiség, a jelentős túltankolhatóság miatt csak becslést ért. A tankolt mennyiség a becslést túltankolt mennyiséggel kompenzálta.

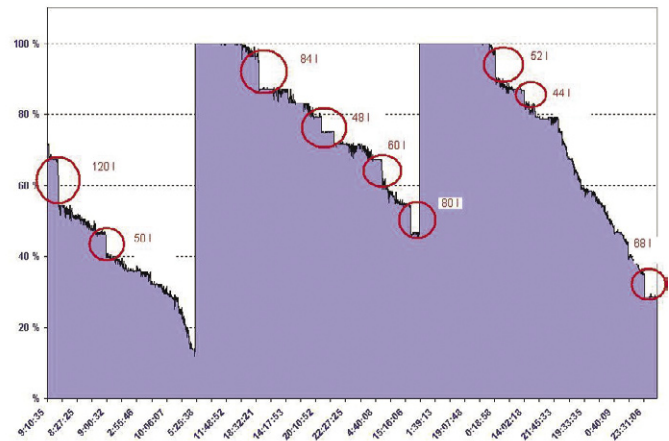
A bemutatott kéthetes időszak alatt (14 nap) összesen két tankolás figyelhető meg. Érdekes, hogy az első napon két tankolás is történt, az első tankolás során körülbelül 200 liter üzemanyag került a tankba, majd 20 perccel később a járművet tele tankolták. A kevés számú tankolás miatt az elfogyasztott és tankolt mennyiség nem összehasonlítható, az elemzés elvégzéséhez több tankolási esemény lenne szükséges.



3. ábra: üzemanyag-kivétel a tankszintváltozás grafikonján

Az üzemanyagtank-szint adataiban számos esetben figyelhetünk meg indokolatlanul nagy változást. A legalább 4%-os változásokat a 3–4. ábrán bejelöltük. A flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer a jelenlegi kiépítésében 1 percenként tárol, így a 4% üzemanyag-változás azt jelenti, hogy 1 perc alatt közel 40 literes változás történt az üzemanyagtank-szintben. Nyilvánvalóan a tankban lévő üzemanyag menet közbeni természetes mozgása is indikál üzemanyagszint-változást, de ezek általában 1% körüliek, illetve időben átlagolva kiegyenlítődnek, emiatt tekinthetők a 4%-os vagy a feletti maradandó változások rendellenesnek.

A pozitív irányú változás a legtöbb esetben tankolásra utal, ezeket a pontokat a 3. ábrán feltüntettük, míg a negatív irányú változások utalhatnak az üzemanyag kivételére is.



4. ábra: üzemanyagkivétel az üzemanyagtankszint grafikonján

Az ábrákon piros kör jelöli azokat a pontokat, ahol nagyobb arányú negatív irányú üzemanyagtankszint-változás történt. A táblázat az események megjelölése mellett számszerűleg is tartalmazza az üzemanyagtankszint csökkenésének mértékét. Tekintettel az üzemanyagtankszint csökkenésének jellegére, érdemes azokat, illetve környezetüket részletesebben megvizsgálni.

Ahhoz, hogy a gépjármű adataiban jelentkező anomáliákat, rendellenes jelenséget jobban megérthessük, érdemes megvizsgálnunk, mi történik üzemszerű állapotban. Ezeket az alábbi táblázatok tartalmazzák

2. táblázat: gépjárműadatok, a gépjármű álló helyzetéről

Dátum	Km-óra állás	Befecskendezett üzemanyag	Tankszint
19:30	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:31	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:32	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:33	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:34	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:35	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%
19:36	369,193.5 km	109,033.5 l	78,8%

A2. táblázat egy álló helyzetben lévő gépjármű adatait tartalmazza. Megfigyelhető, hogy ebben az esetben sem az üzemanyag-tankszint-érték, sem a befecskendezett üzemanyag-mennyiség nem változik, ugyanakkor a rákapcsolt gyújtás miatt az adatok percenkénti tárolásúak.

3. táblázat: gépjárműadatok a gépjármű mozgása esetén

Dátum	Km-óra állás	Befecskendezett üzemanyag	Tankszint
04:11	365,234.0 km	107,868.5 l	35,2%
04:12	365,235.5 km	107,869.0 l	34,8%
04:13	365,236.9 km	107,869.5 l	34,8%
04:14	365,238.4 km	107,870.5 l	34,8%
04:15	365,239.8 km	107,871.5 l	34,4%
04:16	365,241.3 km	107,872.0 l	34,4%
04:17	365,242.8 km	107,872.5 l	34,4%
04:18	365,244.2 km	107,873.0 l	35,2%

A táblázat egy mozgó gépjármű adatait tartalmazza, megfigyelhető a megtett kilométer és a befecskendezett üzemanyag, valamint az üzemanyagtankszint folyamatos változása. A megtett

kilométer és a befecskendezett üzemanyag-mennyiség szigorúan monoton növekszik, míg az üzemanyagtank-szint állapotában némi szórást tapasztalhatunk, ami a szenzor érzékenységből következik. A mért üzemanyag-mennyiség változhat külső tényezők hatására is. Például lejtőn felfelé, mikor a tank döntve van más értéket mutathat, mint vízszintes terepen vagy akár a hőmérséklet-különbségből is adódhat eltérés a nappali és esti mérés esetén. Fontos megjegyezni, hogy bár az üzemanyag-tankszint értékeiben szórás található, egyperces mintavétel esetén az értékek minimálisan 1%-on belül változnak. A nagy arányú változás (5%), semmiképp nem üzemzerű működés következménye.

4. táblázat: gépjárműadatok a gépjármű esti leállítás, majd másnapi indulása esetén

Dátum	Km-óra állás	Befecskendezett üzemanyag	Tankszint
20:32	365,124.4 km	107,831.5 l	36,0%
20:33	365,124.4 km	107,831.5 l	36,0%
20:34	365,124.4 km	107,831.5 l	35,6%
02:48	365,124.4 km	107,831.5 l	36,0%
02:49	365,124.4 km	107,832.0 l	36,0%

A 4. táblázat egy esti megállást és egy másnapi indulást tartalmaz. Az adatokból pontosan látható a gyújtás levételének időpontja (20:34) és a másnapi elindulás, a gyújtásráadás időpontja (02:48). Ideális esetben a gyújtáslevételhez és gyújtásráadáshoz tartozó összes adat meg kell, hogy egyezzenek – mint ahogy ez az adatokon is látszik –, hiszen a gépjármű használaton kívül volt. Az időbeni ugrást pedig a gyújtás hiánya okozza, a flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer ezen típusa csak abban az esetben tárol, amennyiben a gyújtás is megtalálható.

Az 5. táblázat tartalmazza az ábrán megjelölt néhány pont, illetve környezetük adatait. A táblázatban látható az események ideje, a kilométeróra-állása, a befecskendezett üzemanyag mennyisége, valamint az üzemanyagtank-szint állása és annak változása is. A táblázat ezen kívül tartalmazza a két mintavétel közt befecskendezett üzemanyag-változást, illetve a megtett kilométert. Ideális esetben a befecskendezett üzemanyag és a tankszint változása arányban áll egymással. A táblázatban az adatokat időrendi sorrendben tüntettük fel, ahol a táblázat első oszlopa tartalmazza a diagramon is jelölt sorszámokat. Amint az a táblázat adataiból látható, a vizsgált időszakban három üzemanyag-kivétel volt észlelhető. A gépjármű a táblázatban szereplő időszak alatt folyamatosan állt. A befecskendezett üzemanyag mennyisége nulla liter, ennek ellenére az üzemanyagtank-szint három lépcsőfokban kb. 120 literrel csökkent.

5. táblázat: üzemanyagkivétek és környezetük

Dátum	Km-óra állás	Befecskendezett üzemanyag	Tankszint	Üzemanyag-tankszint-változása [%]	Megtett út [l]	Megtett út	Üzemanyag
13:02	364,408.6 km	107,614.0 l	67,2%	0,0%	0 l		
13:35	364,408.6 km	107,614.0 l	62,8%	-4,4%	44 l	0,0 km	0,0 l
13:36	364,408.6 km	107,614.0 l	62,8%	0,0%	0 l	0,0 km	0,0 l
13:37	364,408.6 km	107,614.0 l	62,8%	0,0%	0 l	0,0 km	0,0 l
21:22	364,408.6 km	107,614.0 l	58,4%	-4,4%	44 l	0,0 km	0,0 l
22:38	364,408.6 km	107,614.0 l	58,4%	0,0%	0 l	0,0 km	0,0 l
22:39	364,408.6 km	107,614.0 l	58,4%	0,0%	0 l	0,0 km	0,0 l
04:35	364,408.6 km	107,614.0 l	54,0%	-4,4%	44 l	0,0 km	0,0 l
04:36	364,408.6 km	107,614.0 l	54,4%	0,4%	4 l	0,0 km	0,0 l

A flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer a vizsgált kiépítettségben 1 percnként tárol, ez azt jelenti, hogy a jármű mozgása pontosan nyomon követhető. A jelölt események érdekessége, hogy míg az üzemanyagtank-szint jelentősen csökkent, addig a kilométerállás alapján a jármű nem mozdult el és a motorvezérlő által sem történt üzemanyag-befecskendezés, tehát semmi nem indokolja az üzemanyagtankszint ilyen arányú csökkenését. Ezekben az esetekben szinte minden alkalommal megfigyelhető, hogy az üzemanyagtankszint-csökkenés a gyújtás levétele és ráadása között eltelt időben történik meg. Ezek az események semmiképpen sem tekinthetők üzemzerű működés következményének, jellegüket tekintve üzemanyag-kivételre utalnak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott valós mérési eredmények tanúsága szerint a vizsgált 2 hetes időszak alatt az üzemanyagtankszint változásában 9 kritikus esemény történt, amely során összesen közel kb. 400 literrel csökkent az üzemanyagtartályban található tüzelőanyag mennyisége. A jelenség bizonyíthatóan nem üzemzerű és többszöri üzemanyagkivételre utal. Az eredmények alapján belső vizsgálat indult a gépjármű üzemanyagszámlálására és tankolásaira vonatkozóan, hogy megállapítsák azok mennyiben támasztják alá a mérések során megállapított – amúgy kiváló – kb. 30 liter/100 km-es fogyasztási értéket. Az eredmények igazolják, hogy a flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer használatával folyamatosan nyomon lehet követni a gépjármű üzemi paramétereit, kontrollálni lehet a járművet. A folyamatos kontroll fenntartásával megbízhatóan csökkenthetőek a nem tervezett járulékos költségek, hiszen a túlzott üzemanyag-fogyasztás vagy az esetleges üzemanyagkivétek egyszerűen és megbízhatóan kiszűrhetőek. A bemutatott eset sajnos nem egyedi, ugyanakkor rámutat arra is, hogy egy flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer milyen rövid idő alatt megtérülő beruházás lehet egy flottatulajdonos számára.

Járműdinamikai állapotbecslő algoritmus fejlesztése

Bári Gergely
Kálmán Viktor
Szabó Bálint

Az állapotbecslő algoritmus fejlesztése során három fő célt tűztünk ki. Egyrészt egy olyan járműdinamikai állapotbecslő algoritmust kell kifejleszteni, amely a járművekben lévő szenzorok jeleit feldolgozva közelítőleg meg tudja határozni a jármű dinamikai állapotát. A dinamikai állapot alatt olyan paraméterek ismeretét értjük, mint például az oldalkúszási szög vagy a felépítmény dőlési szöge. A másik irány ennek az állapotbecslő algoritmusnak a validációjához szükséges szenzorok kiválasztása. Ez két irányban indult el: az egyik a járműben ma is megtalálható két szabadságfokú ESP-szenzor továbbfejlesztése hat szabadságfokúvá, a másik pedig a kúszási szög optikai úton történő mérésén alapszik. A projekt harmadik célkitűzése a jármű műszaki állapotának becslése. A járműben található számos olyan alkatrész, amely a normál üzemeltetés során elhasználódik, és ki kell cserélni. Ezeknek az alkatrészeknek az elhasználódására kell egy állapotbecslő algoritmust kidolgozni.

In the development of a state estimating algorithm there are three aims to achieve. The first is to develop dynamical estimating algorithm which can determine the vehicle's dynamical state using the sensor mounted on the vehicle. Under dynamical state we mean such parameters like side slip angle or roll angle of the vehicle. The second direction is to find the appropriate sensors we can validate the estimating algorithm with. This development started in two direction: the first one is a development of the 2 DoF ESP sensor into 6 DoF, the other one is an optical side slip measuring sensor. The third project aimed to determine the technical conditions some of the vehicle's parts. Many parts of a car are aging and breaking down during normal use, and we have to replace it. We would like to write an algorithm to determine the expectation of life of these parts.

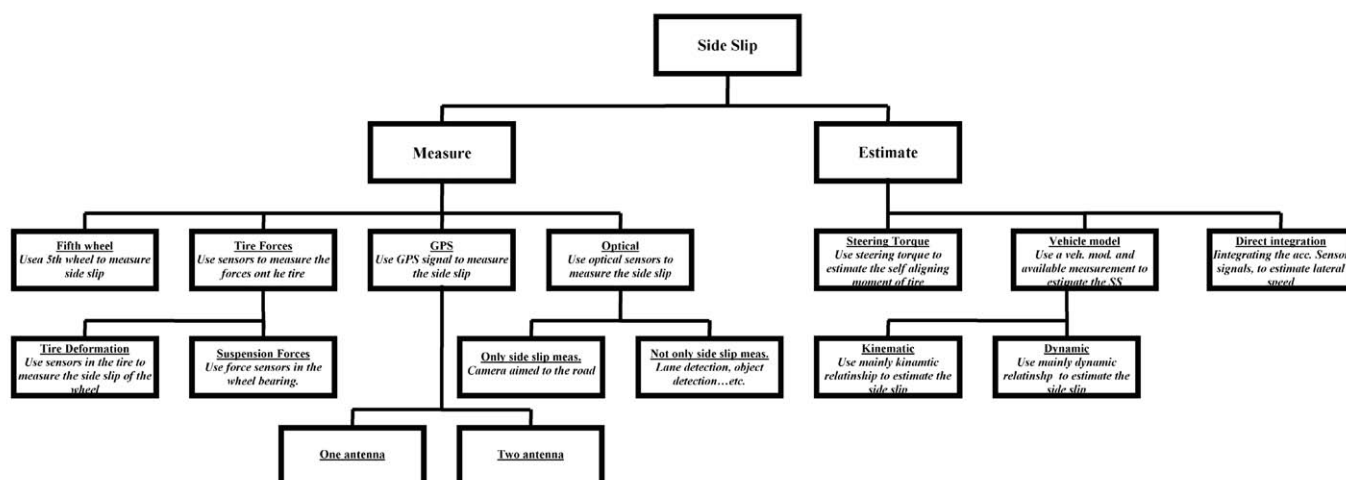
JÁRMŰDINAMIKAI ÁLLAPOTBECSLÉS

Az elmúlt években az elektronika, az informatika és a szabályozástechnika fejlődése a járművek fejlődésére is nagy hatással volt. E tudományok alakulása nemcsak a gépkocsik kényelmi berendezéseinek gyarapodását, hanem a biztonsági és stabilitásnövelő rendszerek fejlődését is eredményezte.

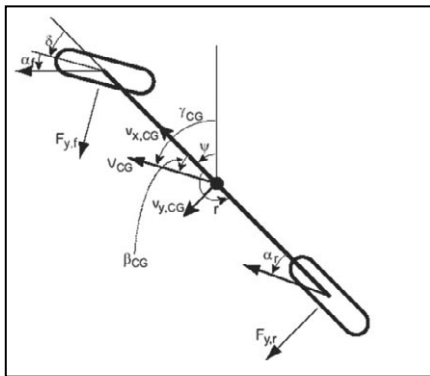
A járművek irányíthatósága, kormányozhatósága talán az autózás korai időszakában még háttérbe szorult a kényelmi szempontok mellett, de később már nagyon is fontos szemponttá vált. Kezdetekben a járműdinamikai stabilitás érdekében csak az alapvető fizikai, mechanikai elveket használták fel (futómű-geometria, kormányzási - önkormányzási tulajdonságok, súlypont-elhelyezkedés, fékerelosztás... stb.) Mára azonban lehetővé vált olyan szabályzási rendszerek kialakítása, melyek a jármű tényleges mozgásállapotát a vezető által kívánttal összehasonlítva, és a megfelelő aktuátorokkal beavatkozva, stabilizálni tudják a járművet.

Az utóbbi időkben sokféle járműdinamikai szabályzórendszer terjedt el, melyek célja a járművezető segítése, a közlekedés biztonságának növelése. Mivel ezen rendszerek alapja a jármű kívánt és tényleges mozgásállapotának összehasonlítása, fejlődésük legfőbb akadálya jelenleg a sok ismeretlen paraméter, és dinamikai állapotváltozó. Az EJT 3.1 projekt részeként olyan állapotbecslő eljárás kidolgozása a cél, amely ezen szabályzórendszerek számára szükséges információk számítását, becslését, a rendelkezésre álló szenzorjelek alapján elvégzi.

Bár a végső cél az, hogy a jármű síkbeli mozgásán kívül, a függőleges irányú dinamikával együtt, a teljes járműmozgás szabályozott legyen, azonban a jelenlegi kutatások a már létező, a hossz- és keresztirányú mozgást szabályozó rendszerek fejlesztésére irányulnak. A jármű síkbeli mozgásállapotának leírásában jelenleg kulcsprobléma az oldalkúszási szög ismeretének hiánya. Egy összetett dinamikai állapotbecslő algoritmus fejlesztésének első lépéseként tehát az oldalkúszásbecslés problémáját célszerű megoldani.



1. ábra



2. ábra

Az oldalkúszási szög, a gördülő kerék oldalkúszási jelensége az abroncs rugalmas deformációjának a következménye. Az oldalkúszási jelenség fontossága két irányból is megközelíthető. Egyrészt, mint az egyes kerekek oldalkúszási szöge, az abroncs és az útfelület kontaktfelületén kialakuló

erők számításánál fontos, másrészt mint a tömegközéppont oldalkúszása, a jármű mozgásállapotának egzakt leírásához szükséges. Az oldalkúszás meghatározására szolgáló eljárások csoportosítása látható az 1. ábrán.

Az oldalkúszási szög meghatározása tehát történhet méréssel, és járulékos szenzorok felhasználása nélkül, becsléssel. A mérési eljárások többnyire még drágák, ez szériagyártásban való alkalmazásukat nem teszi lehetővé. Érdekes azonban megemlíteni, hogy a GPS alapú, és bizonyos optikai rendszerek bekerülési költségének csökkenése, jövőbeni elterjedésüket lehetővé teheti. A tisztán, kis költségű, és az ABS, ESP, EBS... stb. rendszerek által már eleve használt szenzorokkal dolgozó becslőeljárások alapvetően két csoportba sorolhatók. Az egyik csoportba, az alapvetően dinamikai egyenleteket használó eljárások sorolhatók, míg a másikba az elsősorban kinematikai törvényekkel dolgozó metódusokat tehetjük. A dinamikai modellek legfőbb problémája a paraméter-bizonytalanságokból adódik (pontatlan tehetetlenségi, merevségi... stb. adatok), míg a kinematikai modellek az olcsóbb szenzorok zajosságából adódó problémákat kezelik nehezen.

Az oldalkúszás becslésével kapcsolatban, az utóbbi pár évben rendkívül sok szakcikket írtak. Bár az egyes cikkek alkotói minden egyes eljárás esetében saját algoritmusuk előnyeit kihangsúlyozva szinte megoldottnak tekintik a problémát, azonban a tapasztalatok azt mutatják, hogy még a szabályzásokhoz felhasznált, minden feltételnek megfelelő eljárásoknak is vannak hibái. Elmondhatjuk, hogy minden metódusnak megvan a maga erőssége, és hogy mindegyik eljárás más-más körülmények közt nyújt igazán jó eredményt.

A projekt keretében megvalósítandó eljárás egy kombinált dinamikai, illetve kinematikai becslő lesz. A dinamikai modell a jól ismert biciklimodellre épül (2. ábra), a kerék nemlineáris viselkedésének kezelésével. A kinematikai rész a jármű merevtestszerű mozgását leíró egyenletekre épül, amelyek a sebesség, szögsebesség, és gyorsulásértékek közti kapcsolatot írják le. A dinamikai modell kisebb, míg a kinematikai modell nagyobb oldalkúszási szögek esetén fog működésbe lépni.

A fejlesztés során célszerű lehet olyan járulékos szenzorokat használni módszereket is megvizsgálni, melyek alacsony költségük miatt a jövőben szériában elterjedhetnek. Ezek figyelembevételével célszerűnek tűnik egy olyan becslőstruktúra kialakítása, mely működése során képes alkalmazkodni az esetleges szenzorjel-kimaradásokhoz, illetve ugyanazon algoritmus más környezetben is képes megfelelő működésre. Egy ilyen algoritmus szabályzási körben elfoglalt helyét mutatja a 3. ábra.

Az így kialakított becslő működése például a következőképp nézhetne ki. Amikor minden szenzor jele rendelkezésre áll, azaz például GPS, vagy optikai mérések segítségével a jármű tényleges mozgásáról mért információk állnak rendelkezésünkre, ekkor a becslőben futó modell paramétereinek identifikációja történhet, vagy egy esetlegesen felhasznált neurális hálózat betanítási szakasza folyhat. Ha a szenzorok jele kiesik, például nem megfelelő látási viszonyok a kamera számára, vagy alagútban haladás miatt megszűnik a GPS-jel, ekkor az előzőekben identifikált, optimális paraméterekkel feltöltött modell alapján történhet becslés. Ugyanezen identifikáció, amennyiben az eredményeket hosszabb időn keresztül figyeljük, a jármű bizonyos műszaki paramétereinek, műszaki állapotának becslésére is használható. Például, ha a jármű egy adott paramétervektora (pl. lengéscsillapítók csillapítási tényezője) egy előre megszabott tartományon kívülre jut, akkor jelzést adhatunk egy szükséges szervizelésről.

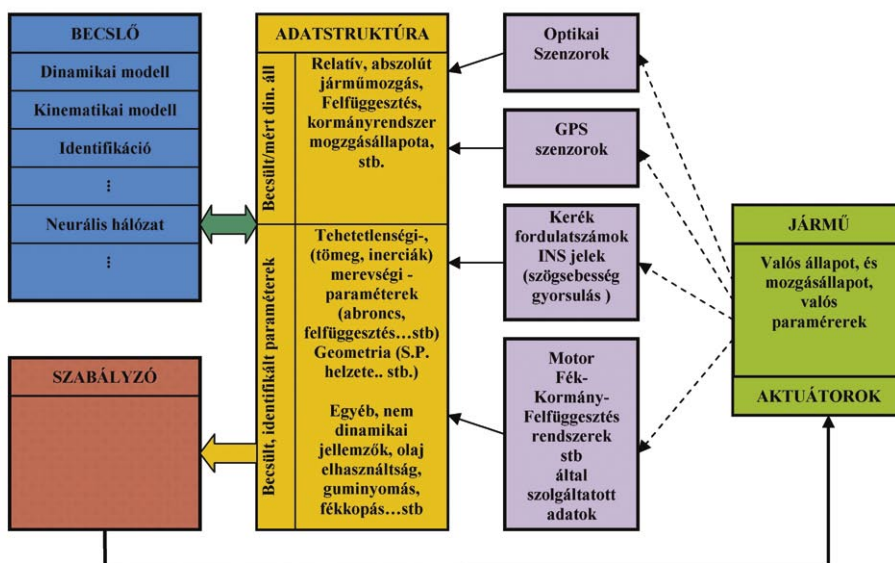
OPTICAL FLOW-ELVEN ALAPULÓ JÁRMŰDINAMIKAI SENZOR

Vezetést segítő rendszerek és autonóm gépjárművek működéséhez szükséges a jármű dinamikai állapotának ismerete. Például ezen információ felhasználásával felismerhető, ha a jármű nem a vezető szándékával megegyező irányba mozog. A jármű dinamikai állapota többféle mérési elv alapján mérhető, például kerékre szerelt jeladók, gyorsulásmérő, GPS, radar stb.

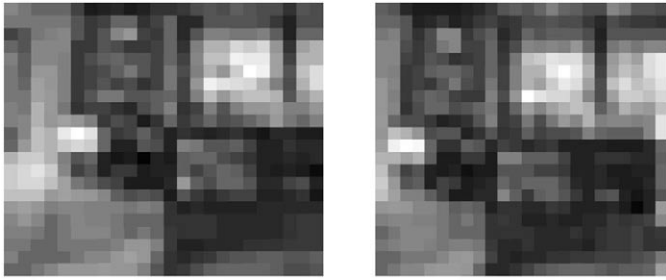
Az általunk javasolt szenzor digitális képfeldolgozás alapján méri

a mozgásjellemzőket. A többi műszerrel szemben előnye lehet, hogy kontaktusmentes, kisméretű, olcsó szenzorról van szó, amellyel várakozásaink szerint nagy pontosság érhető el. A professzionális járműtechnikában ez a mérési elv nem igazán elterjedt, jelenleg csak teszt pályákon, dinamikai adatgyűjtésre használják. Nyilvánvaló előnye az elterjedt „ötödik kerék” módszerrel szemben, hogy érintkezésmentes és nem tud csúszni, illetve kipörögni sem, hátránya, hogy pl. vizes útfelületen könnyebben téveszt.

A képfeldolgozás az optical flow- (~képfolyam) elven alapul. Az eljárás lényege, hogy a szenzor által felvett – időben egymás után következő – képek alapján a jellegzetes képpontok elmozdulása korrelációs technikával megállapítható és a mintavételi frekvencia ismeretében az elmozdulás



3. ábra



4. ábra

sebessége is számítható. Az általunk javasolt szenzor tehát egy kamerából és a hozzá illesztett jelfeldolgozó áramkörből áll, és a jármű alá szerelve az úttestet figyeli. Működése lényegét tekintve megegyezik az optikai egérével, és ahhoz hasonlóan két-dimenziós sebességinformációt szolgáltat az autóhoz rögzített koordináta-rendszerben. Természetesen ebből további jellemzők – például oldalkúszási szög – is meghatározhatók.

A működés illusztrálására szolgál a 4. ábra, amelyen valamilyen felületi textúra jobbra történő elmozdulása látszik.

Ahogy az ábrán is látszik, az információ kinyeréséhez nem szükséges nagy felbontás, hiszen csak a felület textúrája érdekes. A kis-méretű képek használata miatt relatíve kis számítási teljesítmény szükséges, és a kamera is kicsi és olcsó lehet. A közlekedésben előforduló útfelületek általában megfelelően textúráltak ahhoz, hogy az elmozdulást számítani lehessen.

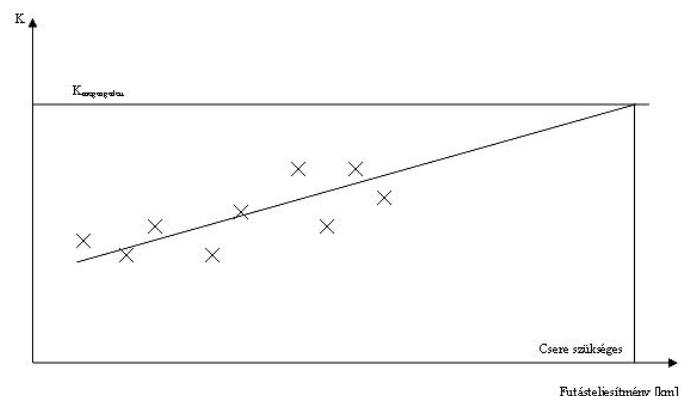
A JÁRMŰ MŰSZAKI PARAMÉTEREINEK ÁLLAPOTBECSLÉSE

Egy korszerű gépjárműben számos olyan alkatrész található, amelyek a jármű üzemeltetése során elhasználódnak, tönkremennek még akkor is, ha a járművet használata során kíméljük. Ezeket az alkatrészeket tönkremenetelük után cserélni kell. Felmerül a kérdés, hogy hogyan állapítsuk meg a csere időpontját. Eddig többféle megoldást alkalmaztak. Az első az állapotfüggő karbantartás volt, vagyis, ha egy alkatrész meghibásodott, akkor azt kicserélték. Ennek előnye az, hogy az alkatrész teljes élettartamát ki lehet használni. Azonban bizonyos alkatrészeknél ez nem járható út, mivel annak meghibásodása más alkatrészek, részegységek meghibásodását okozhatja (például motorolaj), vagy akár balesetveszélyes is lehet (például fékbetétek). Ezért bevezették az időszakos javítási rendszert, amelyet még ma is alkalmaznak. Minden járműtípusra a gyártó vállalat meghatároz egy szervizintervallumot, amelyet futásteljesítményben, vagy megtett útban adnak meg. Amikor a jármű az adott kilométert megtette, szervizbe viszik és az elhasználódottnak vélt alkatrészeket kicserélik. Mivel a szervizintervallumot normál üzemi körülményekre számolják, kisebb igénybevételű járműveken ezért nem lesznek az alkatrészek teljes élettartamukban kihasználva, nagyobb igénybevételű gépkocsiknál pedig fennáll a veszélye annak, hogy az alkatrészek hamarabb elhasználódnak, minthogy szervizbe kellene vinni a járművet. Tehát a legjobb megoldás egy állapotfigyelésen alapuló karbantartási rendszer lenne. Ennek lényege, hogy a járműbe különféle szenzorokat telepítenénk, amelyek jeleiből egy algoritmus segítségével a jármű vezérlőelektronikája meg tudja állapítani, mely alkatrészeket mikor szükséges kicserélni. Azaz nemcsak azt állapítja meg, hogy egy alkatrész megfelelő-e vagy sem, hanem arra is következtetéseket tud adni, hogy az adott alkatrész cseréje mikor válik esedékessé.

A műszaki állapotbecslés során minden egyes alkatrész élettartambecslő algoritmusához ki kell választani azokat a paramétereket, amelyekből meg lehet határozni az adott alkatrész elhasználódását, tönkremenetelét. Lehetőség szerint olyan jeleket kell választani, amelyek méréséhez szükséges szenzorok már jelenleg is be vannak építve a járműbe, hogy

ne kelljen újabb érzékelőket beépíteni. Meg kell határozni a mintavételi időt. Ezt megtett út alapján határozzák meg, és több száz km is lehet, figyelembe véve az alkatrészek elhasználódási folyamatát. Bizonyos alkatrészeknél azt is tisztázni kell, hogy a mintavételnek milyen üzemállapotban kell történnie, például a motorolaj vizsgálata során nem mindegy, hogy az olaj paramétereit hideg vagy meleg állapotban vizsgáljuk. A mért paraméterek alapján egy közelítő, becslő algoritmus segítségével egy függvényt kell definiálni, amelynél a futásteljesítmény függvényében ábrázoljuk a vizsgálandó paramétert. Ezután extrapolációval meghatározható, hogy mekkora megtett út után éri el a mért érték azt a határértéket, amely alapján az alkatrész hibásnak minősítendő. Elméletileg már két mért érték alapján lehetne élettartamot becsülni, de az rendkívül pontatlan lenne, legalább tíz mért adat kell ahhoz, hogy elfogadható közelítést tudjunk adni. Ráadásul azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy új jármű, vagy újonnan beszerelt alkatrészek esetén szükség van 2–3 ezer km megtett útra, amíg az alkatrészek összekopnak.

A járművekben az egyik legrövidebb élettartamú alkatrész a motorolaj. Az elhasználódás az olaj esetében a sűrűségének növekedésével, és az olajban található koromszemcsék, fémkopadékok gyarapodásával jellemezhető. Amennyiben a vizsgálandó paraméternek a sűrűséget választjuk, akkor az olajnyomás növekedését kell figyelni, főleg alacsony fordulatszám-tartományokban. Az olajban található különféle szennyeződések hatására megváltozik az olaj elektromos vezetőképesége, vagyis a dielektromos állandója (K). Igaz, hogy ez utóbbi méréséhez egy újabb szenzort kell a motorba építeni, de mérések bizonyítják, hogy a dielektromos állandó mérésén alapuló becslés pontosabb. A mérésnek, vagyis a mintavételnek három feltétele van. Az első, hogy az előző mérés óta a járműnek meg kellett tennie a mérési intervallumnak megfelelő kilométert. A másik két feltétel pedig a már korábban is említett, a motor üzemállapotára vonatkozó kritérium. Vagyis a motor hőmérsékletének egy bizonyos intervallumon belül optimális hőmérsékletűnek kell lennie, illetve a motor fordulatszámának aljárátalon kell lennie. Ha a fenti feltételek teljesülnek, akkor a szenzor leméri az olaj dielektromos állandóját, és a memóriájában eltárolja azt. Ha ez a tényező túllép egy megengedett határértéket, a rendszer jelzi a vezetőknek, hogy az olajcsere esedékes. Ha a mért érték kisebb mint a megengedett, akkor csak eltárolja azt, és amint elegendő adat összegyűlt, megkezdődik az élettartambecslés. Az olaj élettartamfüggvényét a szakirodalmak alapján lineáris



5. ábra

regresszióval közelítjük. Vagyis a mért pontok alapján a legkisebb négyzetek összegének módszerével meghatározzuk az egyenes paramétereit (1-es egyenlet). Az egyenes egyenletéből pedig meghatározható az a pont (5. ábra), amekkora megtett út után a dielektromos állandó (K) értéke átlépi a megengedettet, és ekkor olajcsere szükséges.

Olyan alkatrészeket is meg kell vizsgálni, amelyek megfelelő működése nemcsak üzembiztonság, hanem közlekedésbiztonság szempontjából is fontos. Az egyik ilyen rendszer a fékrendszer. Igaz, hogy itt csak a fékbetétek, valamint a

$$y = mx + c$$

$$c = \bar{y} - \bar{x}m$$

$$m = \frac{(\overline{xy}) - \bar{x} \cdot \bar{y}}{(\overline{x^2}) - (\bar{x})^2}$$

1. egyenlet

féktárcsa, fékdob az elhasználódó alkatrész, de biztonsági okokból célszerű a teljes fékrendszer megfelelőségét vizsgálni. A fékrendszer vizsgálatához a közúti járművekre vonatkozó előírásokat vettük alapul. Az algoritmus vizsgálja a kerekenkénti fékerő-ingadozást, valamint mindegyik tengely jobb és bal oldali fékereje közötti különbséget. Itt nemcsak élettartambecslést alkalmazunk, hanem azt is visszajelzi a rendszer, hogy pillanatnyilag megfelelő-e a fékrendszer. A féktárcsák, fékbetétek elhasználódását azok vastagsága adja meg. A fékezés során lekopott anyagmennyiségre a szakirodalom az alábbi összefüggést adja (2. egyenlet). Az egyenletben α egy arányossági tényező, P a féknyomás, V a tárcsa szögsebessége, t pedig a fékezés időtartama. Az a , b és c paraméterek pedig a tárcsa és a betétek anyagától függenek. Az élettartamot szintén lineáris regresszióval lehet közelíteni.

$$\Delta W = \alpha \cdot P^a \cdot V^b \cdot t^c$$

2. egyenlet

Hasonló módon lehet meghatározni a többi alkatrész élettartamgörbéjét is. Olyanokét, mint a levegőszűrő, lengéscsillapítók, tengelykapcsoló, csapágyak vagy a katalizátor. Vannak olyan alkatrészek, mint például a katalizátor is, amelyeknél nem lehet előre tudni, hogy milyen függvény szerint lehet az élettartamot közelíteni. Az olaj esetében ez lineáris volt, a légszűrő esetében pedig exponenciális. Ha azonban azt sem tudjuk előre, hogy milyen függvénnyel lehet egy adott paraméter változását követni, akkor autoregressziót kell alkalmazni, vagyis egy olyan algoritmust kell használni, amely többféle függvénytípust is meghatároz és kiválasztja közülük a legmegfelelőbbet. Négyféle függvénytípust kell megvizsgálni: exponenciális, logaritmikus, valamint első és másodfokú polinomiális típusokat. Mindegyiket linearizált formában határozza meg, majd a korrelációs együttható alapján dönti el, hogy melyik a kedvezőbb. A polinomiális függvényeknél felmerült a kérdés, hogy mekkora fokszámig érdemes keresni. Előzetes vizsgálatok alapján elegendő az első- és másodfokú függvények elemzése, mert a harmad- és annál magasabb fokú függvények gyorsan változó folyamatok jellemzésére szolgálnak, az alkatrészek kopása viszont lassú folyamat. A valóságban lineárisan változó folyamatoknál problémát jelenthet a megfelelő függvény kiválasztása. Lineáris folyamatok másodfokú függvényénél a polinom négyzetes tagjának együtthatója nagyon kicsi, azonban mégis ennek a függvénynek lesz jobb a korrelációs együtthatója. A probléma viszont az, hogy magas futásteljesítménynél, amikor az alkatrészt cserélni kellene, már nagyon nagy lesz a másodfokú függvény eltérése a lineárishoz képest. Vagyis nem elegendő csak a korrelációs együttható vizsgálata. A mért adatokat extrapolálva meghatározzuk a korrigált empirikus szórást, mind lineáris, mind másodfokú esetre, és amelyiknél kisebb lesz, az a jobb közelítés.

Informin.Hu Kft.

Az Informin.Hu Informatikai Tanácsadó és Szolgáltató Kft. 2002-ben alakult – magyar magánszemélyek alapították – azaz a céllal, hogy egy hosszú távon működő, informatikai és műszaki kérdésekben egyaránt jártas tanácsadó, szolgáltató szervezetet hozzon létre. A szervezet tényleges működését 2004-ben kezdte meg, műszaki tanácsadói, valamint projektkoordinátori tevékenység végrehajtásával.

A korábbi években megfogalmazásra került egy projektmenedzseléssel, szervezetfejlesztéssel, vállalatirányítási rendszerek kiépítésével, valamint informatikai tanácsadással foglalkozó szervezet kialakítása, működtetése, felhasználva a dolgozók, partnerek korábbi tapasztalatait ezeken a területeken.

A szolgáltatási palettánkat nemcsak az informatikára, informatikai rendszerekre kívánjuk kiterjeszteni, hanem az információvédelemre, projektmenedzsmentre, tudásmenedzsmentre is, hiszen a vállalati rendszerek egyre nagyobb mértékben igénylik ezt.

Szervezetünk jelenleg tagja egy Egyetemi Tudásközpontnak, amelyben több kutatás-fejlesztési projekt kerül lebonyolításra közreműködésünkkel.



A konzorciumban történő szerepvállalásunk kettős céllal fogalmazódott meg, egyrészt egy tudatosan kialakított és

szisztematikusan felépített kutatás-fejlesztési tevékenységeket rendszerező projektmenedzsment-alkalmazás elkészítése, másrészt az egyetemi és iparvállalati kutatás-fejlesztési területen az évek – évtizedek során felgyülemlett tudásanyagok összegyűjtése, rendszerezése és egységes korszerű megjelenítése érdekében.

A tudásközpontban végzett tevékenységünk elsődlegesen a projektmenedzselésre, valamint az egyes projektek informatikai támogatására terjed ki.

Tevékenységünk és vállalt feladatunk végrehajtásához a kor követelményeinek megfelelő magas színvonalú eszközöket használunk. Munkatársaink, partnereink mind a projektkezelés, mind a szoftverfejlesztés területén nagy tapasztalattal rendelkező szakemberek.

Szervezetünk a tudásközponton kívül is együttműködik több konzorciumi partnerrel, melyek között mind az iparvállalatok, mind pedig az egyetemi szervezetek megtalálhatók. Célunk egy együttműködésben megvalósított tudásközpont sikeres működtetése, amely hasznára válik nemcsak a magyar gépjármű- és gépjárműalkatrész-fejlesztéseknek, illetve -gyártásnak, hanem szélesebb körben az egész gépjármű-társadalomnak.



Addicionális elkormányzást megvalósító kormányrendszer kifejlesztése

János István

ThyssenKrupp Nothelfer Kft.

A közlekedés és a járművezetők biztonsága érdekében a járműgyártók újabb és újabb funkciókat építenek be napjaink személygépkocsijaiba. A hagyományos – hidraulikus – kormányrendszerek nem tudnak eleget tenni az egyre növekvő elvárásoknak, mivel szabályozásuk nehezen „elektronizálható”. Ennek a hiányosságnak köszönhető az elektromos kormányrendszerek térnyerése. Azonban önmagában az elektromos kormányrendszer sem képes biztosítani a ma már elvárható funkciók összességét. Ahhoz, hogy például az integrált járműirányítás vagy a sávelhagyást megakadályozó rendszer be tudjon avatkozni a jármű kormányzásába, elkerülhetetlen egy ezt lehetővé tevő kormányrendszer kifejlesztése. A projekt céljaként olyan adicionális elkormányzást megvalósító kormányrendszer kifejlesztését tűztük ki, amely képes megvalósítani a közeljövőben megjelenő új funkciókat. A cikkben bemutatjuk a fejlesztés területeit és az egyes területeken alkalmazott legfontosabb követelményeket, tervezési megfontolásokat és eredményeket.

To improve traffic and driver safety, vehicle manufacturers are designing and implementing new functions into the passenger cars of today. Conventional -hydraulic- steering systems are not able to satisfy the more and more demanding requirements, since their electric control is expensive and inefficient. Owing to this deficiency electric power assisted steering systems are spreading on the market. However in itself the electric steering system is also not capable to produce all of the required, state-of-the-art functions. For example, to make it possible for the integrated vehicle control system or for the lane-keeping system to intervene –independently from the driver- into vehicle steering, it is inevitable to develop a steering system that allows driver independent steering. The goal of the project is to develop a Superimposed Angle (SIA) steering system that enables the integration of newly developed steering functions of the near future. The paper introduces the main areas of the development, the most important requirements, design criteria and results.

BEVEZETÉS

Az elektromos kormányrendszerek (elektromos szervó) elterjedésével lehetővé vált a vezető kormányzási érzésének járműsebességtől, illetve más jármű-állapotjellemzőktől függő befolyásolása. Ezzel olyan kényelmi (sebességfüggő rásegítés, aktív visszakormányzás, oldalszél-kompenzálás) és biztonsági (aktív csillapítás, sávelhagyás-figyelmeztetés) funkciók váltak megvalósíthatóvá, amelyeket a hagyományos (hidraulikus) kormányrendszerekkel nem lehetett elérni. További fejlődés olyan kormányrendszer kifejlesztésével érhető el, amely nemcsak a kormányzási érzés – a vezető által kifejtett kormányzási nyomaték – aktív befolyásolását, de a kormánykerék elfordításától független (aktív) kerékelkormányzást is lehetővé teszi. Ezzel további kényelmi és biztonsági funkciók válnak megvalósíthatóvá, mint például a járműsebesség-függő kormányáttétel és az integrált (fékezés és kormányzás) járműstabilitás-szabályozás.

A fent említett cél két – alapvetően különböző – kormányrendszer-felépítéssel érhető el. A Steer-by-wire kormányrendszerek fő jellemzője, hogy a kormánykerék és a jármű kormányzott kerekei nincs mechanikus kapcsolat. A jármű biztonságos (megbízható) kormányzásának feltételét ezek a rendszerek redundáns alrendszerek (megkettőzött elektromos hálózat, illetve aktuátorok) alkalmazásával érik el.

A vezetőtől független kormányzás másik fejlesztési ága olyan kormányrendszer-felépítést alkalmaz, amelyben a kormánykerék és a kormányzott kerekek közötti mechanikus kapcsolat megmarad, és a független beavatkozást speciális hajtómű-felépítés biztosítja. A kormányrendszer meghibásodása esetén, a vezető képes marad a jármű kormányzására az állandó mechanikus kapcsolaton keresztül. A projekt célja egy ilyen kormányrendszer

kifejlesztése. A fejlesztés magába foglalja a prototípus mechanikai tervezését, a vezérlőegység (elektronika) megtervezését, a funkcionális logika – ezen belül a szabályozó szoftver és a biztonsági logika – implementálását és a szükséges szimulációs, próbapadi és járműves tesztek végrehajtását.

RENDSZERTERV

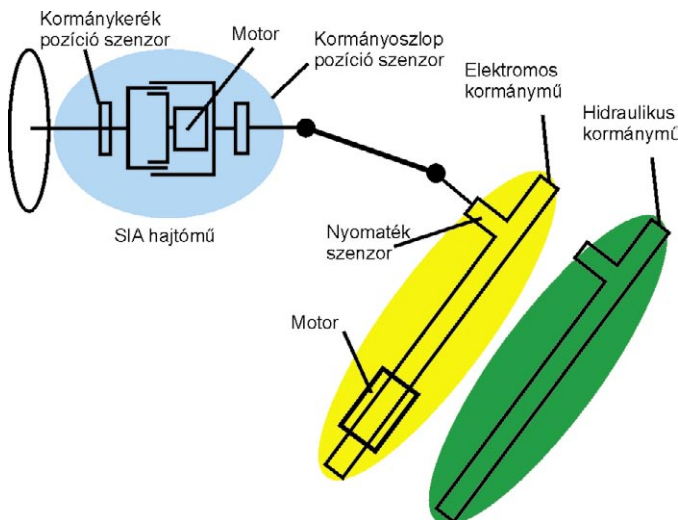
Az adicionális elkormányzást megvalósító kormányrendszer (továbbiakban SIA – Superimposed Angle) alapvetően két felépítésben valósítható meg. Mivel napjaink személygépjárműveiben a hidraulikus és elektromos kormányrendszerek egyaránt alkalmazásra kerülnek, ezért a SIA kormányrendszer tervezésénél is figyelembe kellett venni az eltérő követelményeket és lehetőségeket. Hidraulikus kormányrendszerrel történő integrálás esetén a SIA hajtómű feladata a kormányzott kerekek megfelelő elfordítása, azaz pozíciószabályozás. A hajtómű ideális esetben nem gyakorol hatást a kormányzási érzésre.

Amennyiben a SIA hajtóművet elektromos kormányművel kombináljuk, a kormányzási funkciók megvalósítására két lehetőség kínálkozik. Mivel az elektromos kormánymű a hidraulikusokhoz hasonlóan a vezető erő kifejtését csökkenti rásegítő erő alkalmazásával, ezért a két rendszer integrációja végrehajtható a hidraulikus rendszerhez hasonlóan, azaz a két alrendszert egymástól függetlenül kezelve (szabályozva). Ebben az esetben a SIA hajtómű-pozíció szabályozási feladata teljesen megegyezik a hidraulikus rendszernél leírtakkal.

A másik lehetőség a SIA hajtómű és az elektromos kormánymű integrált irányítása. Ebben az esetben az elektromos kormánymű látja el a pozíciószabályozási feladatot – azaz a kormányzott

kerekek kívánt elfordítását – a SIA hajtómű pedig a megfelelő kormányzási érzés kialakításáért felelős, azaz nyomaték szabályozást alkalmaz.

A kormányrendszer és a kormányzás egészét tekintve a második megoldás (megfelelő működés esetén) előnye, hogy nagyobb lehetőséget biztosít a kormányrendszerben rejlő lehetőségek kihasználására és lényegesen egyszerűbb kormányzási érzés hangolást tesz lehetővé, mivel a kormánytengelyen létrehozott áttétel nem befolyásolja a kormányzási érzést.



1. ábra: SIA kormányrendszerek

A SIA hajtómű felépítése mindkét esetben azonos, főbb részei:

- hullámhajtómű
- motor
- motorpozíció-szenzor
- kormányoszlop-szögszenzor.

Az ábra az elektromos kormányrendszerrel történő integrálás felépítését mutatja. A motor a hullámhajtóművön keresztül adja le a nyomatékát a kormánykerékre és a kormányoszlopra. A járművezető megfelelő kormányzási érzésének kialakításához a nyomatékszenzor ad visszacsatolást a szabályozásnak. A hajtómű 3 tengelyének (kormánykerék, kormányoszlop, motor) helyzetéről a 2 pozícióérzékelő ad információt.

A fogasléc-aktuátorban a motor forgó mozgását golyósoros hajtómű alakítja át fogasléc-elmozdulássá. A kívánt pozíció eléréséhez a szabályozás a motor nyomatékát állítja be a fogaslécet erő terhelésnek megfelelően. A fogasléc pozíciójáról a motor pozíciószenzora ad visszacsatolást.

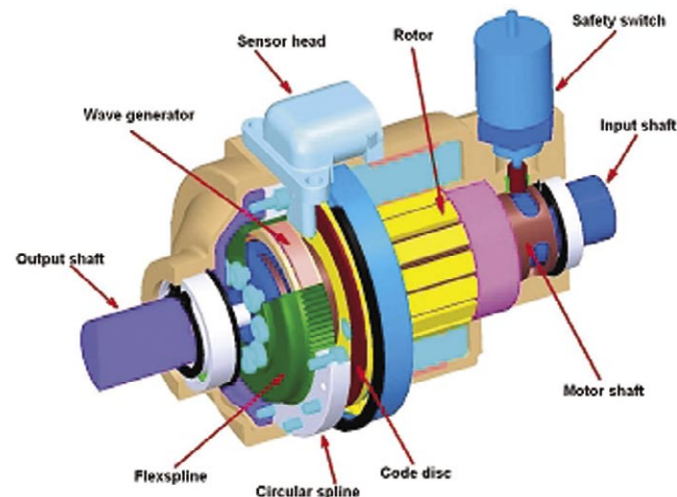
BIZTONSÁGI KONCEPCIÓ

A SIA kormányrendszer megtervezésénél kiemelkedő fontosságú szerepet játszik a biztonságra való törekvés. A biztonsági koncepció magába foglalja az elektromos rendszer biztonsági elemeit, a szoftver biztonsági logikáját (Safety Management) és a mechanikai elemek felépítését. A rendszer elektromos (tápfeszültségvesztés, motorzárlat stb.) és elektronikus (szenzormeghibásodás, ECU meghibásodása stb.) meghibásodás esetén kikapcsol, biztosítva ezzel a jármű biztonságos kormányozhatóságát. Mechanikai meghibásodás miatt a jármű nem válhat kormányozhatatlanná: 1. a kormánykerék és a kormányzott kerekek közötti mechanikus kapcsolatnak biztosítottak kell lennie, 2. a kormányrendszer nem szorulhat meg, azaz hiba esetén a jármű – megemelkedett kormányzási nyomatékával – kormányozható kell legyen.

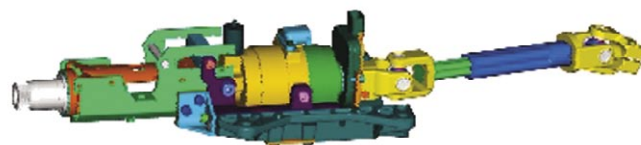
A különféle meghibásodások detektálását, illetve a beavatkozáshoz szükséges döntés meghozatalát a Safety Management szoftvermodul végzi. A rendszer-, illetve a vezető – szempontjából legfontosabb követelmény, hogy az esetlegesen felmerülő hibák detektálásához és a rendszer kikapcsolásához szükséges idő nem haladhatja meg a 20 ms-ot.

A biztonsági koncepció részeként olyan biztonsági fékmegoldást alkalmaztunk, amely a rendszer kikapcsolásakor, 15 ms-on belül képes a SIA hajtómű be- és kimenő tengelyének összezárására és a mechanikus kapcsolat fenntartására nagy nyomaték esetén is.

MECHANIKATERVEZÉS



2. ábra: SIA hajtómű



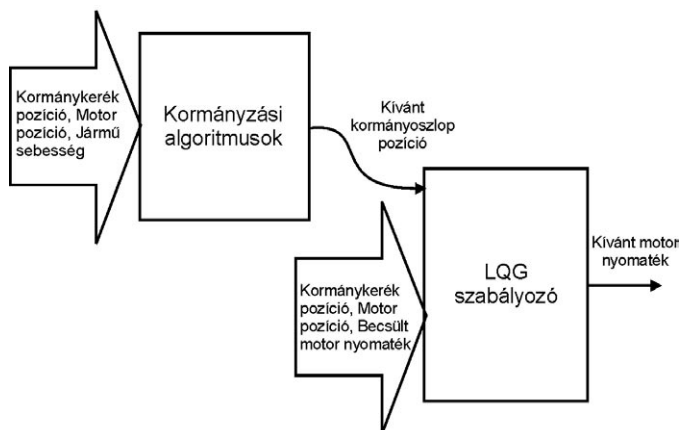
3. ábra: kormányoszlop integrált SIA hajtóművel

A mechanikai tervezés során az egyik legfontosabb követelmény a SIA hajtómű elhelyezéséből adódott. Mivel a személygépjárművek motorterében a beépítési lehetőségek – a beépítéshez szükséges hely – erősen behatároltak, így a tervezésnél a műszerfalba (a kormányoszlop felső részére) történő beépítés mellett döntöttünk. Ennek a megoldásnak előnye, hogy a SIA hajtómű, illetve a vezérlőelektronika nincs kitéve a környezet behatásainak (víz, nagy hőmérséklet-ingadozás, rezgések stb.), azonban hátrányként említhető a hajtómű zajtalan működésének elvárása.

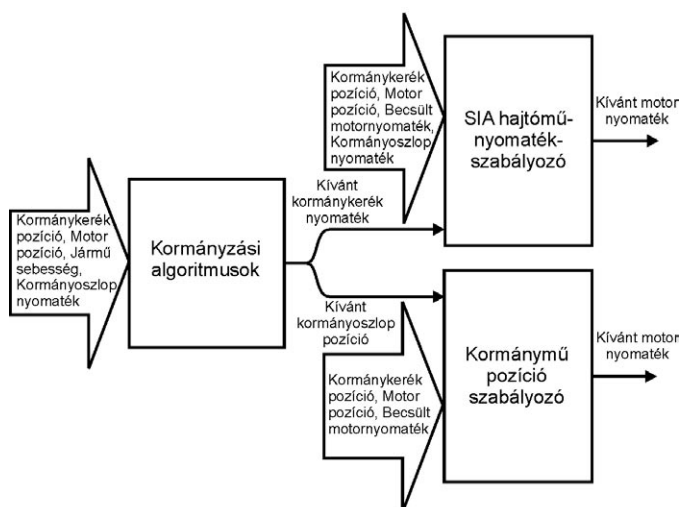
A műszerfalba történő beépítés ugyancsak szigorú követelményeket állít a SIA hajtómű befoglaló méreteit illetően. A koncepció kialakítása során olyan megfontolások játszottak fontos szerepet, mint a hullámhajtóművel kis helyen megvalósítható nagy áttétel, az elektromos motor kormánytengellyel koncentrikus felépítése, a kefe nélküli, egyenáramú motor nagy nyomatéka és magas hatásfoka.

A hullámhajtómű kiválasztásánál és a hajtómű-nyomatékátvitelben részt vevő többi elemének tervezésénél és méretezésénél figyelembe kellett venni, hogy az autógyárak rendkívül magas követelményeket támasztanak a kormányoszlop terhelésbírásával szemben. A kormányoszlopba épített SIA hajtóműnek maradó alakváltozás nélkül ellen kell állnia 110 Nm terhelésnek és működőképesnek kell maradnia 220 Nm terhelés alkalmazása után.

A hajtómű kompakt felépítése lehetővé tette egy, ma már sorozatban gyártott személygépjármű kormányoszlopába történő, minimális módosításokat követelő beépítését. A kormányoszlop megnövekedett tömegét ellensúlyozni lehet a kormányoszlop-rögzés megfelelő tervezésével, ezzel biztosítva az ütközéskor bekövetkező kormányoszlop-elmozdulás előírásoknak való megfelelést. A SIA hajtómű alkatrészeinek legyártását és a hajtómű prototípusának összeszerelését követően mechanikai teszteknek vetjük alá. A tesztek többek között kiterjednek a hajtómű alapvető működésének vizsgálatára (hatásfok, holtjátékok stb.), a zajbocsátás mérésére és az élettartam során bekövetkező paraméterváltozások vizsgálatára.



4. ábra: SIA pozíciószabályozás



5. ábra: SIA2 szabályozás

SZOFTVERFEJLESZTÉS

A SIA hajtómű szoftverének kifejlesztése 3 fő tevékenységet foglal magába. Az első feladat a hajtómű nemlineáris modelljének kidolgozása Matlab Simulink környezetben. A modell tartalmazza a hajtómű valóságos működésének modellezéséhez szükséges fizikai paramétereket (inercia, súrlódás stb.) és a hullámhajtómű kinematikai összefüggéseit. A modell implementálása és validálása alapvetően fontos a hajtómű működésének pontos megértése érdekében, ami megalapozza a további fejlesztést (kontrollertervezés, kormányzási algoritmusok fejlesztése).

A SIA hajtóművel integrált kormánymű fajtájától (hidraulikus, elektromos) függően alapvetően kétféle működési módot különböztetünk meg. Passzív (hidraulikus) kormányművel történő

integrálás esetén a hajtómű pozíciószabályozás üzemmódban (SIA1) a kormányoszlop és ezzel kormányzott kerekek megfelelő elfordításáról gondoskodik [3]. Ezt a szabályozási feladatot egy LQG kontroller tervezésével oldottuk meg. A szoftvermodul bemenő jelei: kívánt kormányoszlop-pozíció, motorpozíció, mért kormányoszloppozíció, kormánykerék-pozíció és becslült motornyomaték. A kontroller a mért jelek alapján állapotbecslés segítségével állítja elő az állapotokat kontroller számára. Az LQG kontroller segítségével kedvező beállási paramétereket és robusztus működést értünk el.

A SIA hajtómű (aktív) elektromos kormányrendszerrel történő integrálása (SIA2) nyomatékszabályozási feladatot jelent a vezérlőegység számára. Ebben a felépítésben a SIA hajtómű a kormányoszlopon mért nyomaték megfelelő – a kormányzási algoritmusok által előállított – értékre történő beállítását végzi. A szabályozó tervezésénél [1, 2] fontos szempont a kívánt kormányzási érzés gyors és pontos beállítása és a nem kívánt zavarások elnyomása. A nyomatékszenzor elhelyezése – a SIA hajtómű kimenő oldalán – megnehezíti a megfelelő kormányzási érzés elérését, mivel nem ad lehetőséget a vezető által kifejtett nyomaték közvetlen mérésére. A hullámhajtóműnél alkalmazott beépítés esetén a hajtómű bemenő (kormánykerék) oldali nyomatéka közelítően megegyezik a kimenő oldali nyomatékkal. Természetesen csak statikusan és a hajtóműben fellépő súrlódási nyomatékokat elhanyagolva. Mivel a valóságban ezek a tényezők nem elhanyagolható hatást fejtenek ki a nyomatékmérésre, ezért a kormánykerék oldali nyomaték meghatározásához becslő algoritmust kell alkalmazni. Ugyancsak nehezíti az algoritmus feladatát a kormányoszlopban alkalmazott kardáncsuklók pozíciófüggő áttétele is. A nyomatékszenzor kormányművel történő egybeépítését a gyártási költségek optimalizálása indokolja (moduláris rendszerfelépítés). Természetesen, amennyiben szoftveres úton nem érhető el megfelelő nyomatékbecslés a kormánykerék oldalon, akkor a nyomatékszenzor áthelyezhető. A SIA2 rendszerrel a SIA hajtómű nyomatékszabályozási feladata kiegészül a kormánymű-pozíció szabályozásával.

KORMÁNYZÁSI ALGORITMUSOK

Kormányzási algoritmusoknak nevezzük azokat a matematikai összefüggéseket, amelyek a rendszer bemenő jelei alapján előállítják a megfelelő kormányzási érzés előállításához szükséges aktuátornyomatékot és a kívánt kerékelkormányzás mértékét. A kétfajta SIA hajtómű-integrálás kétféle kormányzási algoritmus csoport kifejlesztését teszi szükségessé. A SIA1 integráció esetében a kormányzási algoritmusok alapvető feladata a kívánt kormányoszlop-pozíció kiszámítása a kormánykerék pozíciója alapján, és a rendszer elindulásakor esetlegesen fennálló pozícióhiba megszüntetése (szinkronizáció). A kidolgozott algoritmus könnyű paraméterhangolást és megbízható működést tesz lehetővé.

A SIA2 integráció esetében is szükséges a kívánt kormányoszlop-pozíció meghatározása, de a feladat kiegészül még a megfelelő kormányzási érzés kialakításával is. A kormánykeréken érezhető nyomaték hozzájárul a biztonságos járművezetéshez azáltal, hogy tájékoztatja a járművezetőt a kerék-út kapcsolat milyen-ségéről (útminőség, tapadás, stb.) és mindig a jármű állapotának megfelelő nagyságú. A bemenő jelek (kormányoszlop-nyomaték, kormányoszlop-pozíció, motorpozíció, becslült motornyomaték, becslült fogasléc-erő stb.) alapján a következő fontosabb kormányzási algoritmusok állítják elő a kívánt kormányoszlop-nyomatékot: rásegítő algoritmus, kormánycsillapítás-algoritmus, aktív visszatérítés logika, útvisszahatás-modul. Az algoritmusok kidolgozásánál ismét fontos szempont a könnyű hangolhatóság és megbízható működés.

AKTÍV KORMÁNYZÁS

A SIA hajtómű alkalmazásával – mindkét típusú integráció esetén – lehetőség nyílik a járművezetőtől független beavatkozásra a jármű kormányzásába. Ezzel olyan funkciók válnak megvalósíthatóvá, amelyek nagyban növelik a járművezető kényelmét (oldalszél-, félrehúzás-kompenzáció) és segítenek a gyakorlatlan vezetőnek a stabilitásvesztéses állapotok elkerülésében, illetve a jármű stabilizálásában. A projekt részeként megvizsgáljuk a kormányrendszer aktív (járműállapot-függő) szabályozásának lehetőségeit és kidolgozzuk a működéshez szükséges algoritmusokat.

SAFETY MANAGEMENT SZOFTVER

A biztonsági koncepció leírásánál már említetteknek megfelelően a különféle meghibásodások detektálását, illetve a beavatkozáshoz szükséges döntés meghozatalát a Safety Management (biztonsági logika) szoftvermodul végzi. Természetesen a 2-féle SIA hajtómű-integráció különböző feladatokat állít a szoftvermodul elé. A SIA1 rendszerben gondoskodni kell a SIA hajtómű megfelelő, biztonságos működéséről. A SIA2 integráció már szükségessé teszi a két vezérlőegység együttműködését a biztonsági funkciók területén is. Mindkét esetben a vezérlőegységhez befutó jelek vizsgálatát a biztonsági logika végzi el: ellenőrzi a bejövő jeleket, összehasonlítja a redundáns jeleket és ellenőrzi a szabályozás (pozíció vagy nyomaték) megfelelő működését. A szoftvermodul fejlesztése során kiemelkedő szerepet kap a tesztelés: modellben, próbapadon és járműben végrehajtott vizsgálatokkal kell ellenőrizni a megfelelő működést.

PRÓBAPADI TESZTELÉS



6. ábra: SIA próbapad

A SIA hajtómű funkcionális vizsgálatához speciális próbapadot építettünk, amely alkalmas a kormányoszlopba integrált SIA hajtómű valós körülményekhez hasonló teszteléséhez. A próbapad két motor segítségével képes a hajtómű be- és kimenő tengelyének (kormánykerék és kormányoszlop) meghajtására, terhelésére. A tengelyeken elhelyezett nyomatékszenzorok segítségével lehetővé válik a hajtómű különböző üzemiállapotaiban fellépő súrlódás mérése. A próbapadot felkészítettük a SIA vezérlőegység tesztelésére is: kialakítottuk a jármű CAN kommunikációs hálózatának modellezési lehetőségét.

A próbapadot a szoftver következő fejlesztési fázisaiban alkalmazzuk:

- SIA hajtóműmodell paramétereinek mérése, a modell validálása
- az aktuátorpozíció és a nyomaték szabályozásának tesztelése

- a kormányzási algoritmusok tesztelése
- a biztonsági logika tesztelése.

A terhelő motorok alkalmazásán kívül lehetőség nyílik kormánykerék felszerelésére is, ezzel biztosítjuk az elért eredmények szubjektív értékeléséhez szükséges feltételeket. Ebben az üzemmódban – a kormányoszlop oldalon a terhelő motor a valós nyomatékot modellezi – a tesztelő a kormánykereket használva tudja értékelni a kormányzási érzés megfelelőségét.

Természetesen a próbapadon a mechanikai tesztek egy része (zajmérés, hatásfokmérés, holtjátékmérés stb.) is végrehajtható, figyelembe véve a próbapad limitált terhelőnyomaték-kapacitását.

TOVÁBBI FELADATOK

A projekt folytatásában megkezdjük a teljes kormányrendszer próbapadi vizsgálatát. Ehhez olyan próbapadot alkalmazunk, amelyre a teljes kormányrendszer felépíthető és amely képes a kormányrendszert erő valós terhelések modellezésére. A tesztek során meggyőződünk a kidolgozott szabályozási algoritmusok követelményeknek megfelelő működéséről, elvégezzük a paraméterek behangolását, illetve végrehajtjuk a szabályozások robusztussági vizsgálatát. Megvizsgáljuk továbbá a kormányzási érzés algoritmusok megfelelő működését és itt is elvégezzük a paraméterek előzetes behangolását.

A próbapadi, illetve a járműtesztek végrehajtása után megkezdjük a szoftver sorozatgyártású vezérlőegységbe történő implementálását, majd elvégezzük a sorozatgyártáshoz szükséges szoftverteszteket, próbapadi, illetve járműves vizsgálatokat.

Irodalomjegyzék

- [1] L. Lemmer, B. Kiss „Modeling, Identification and Control of Harmonic Drives for Mobile Vehicles”, IEEE International Conference on Mechatronics 2006.
- [2] L. Lemmer, B. Kiss, I. Jánosi „Modeling, Identification and Control of Harmonic Drives for Automotive Applications”, IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2006.

Az integrált járműirányítás módszertana

Gáspár Péter

Az integrált irányítás feladata a járművekben lévő aktív irányítórendszerek működésének összehangolása, ami az erőforrások jobb kihasználását és a közöttük lévő kedvezőtlen kölcsönhatások kiküszöbölését eredményezi. A cikkben aktív fékezés, aktív kormányzás és aktív keresztstabilizátor összehangolására mutatunk példákat.

The aim of the integrated control is to guarantee trade-off between active components in vehicles in order to ensure the management of resources and eliminate harmful interference between them. In the paper the operation of integrated systems with braking, steering and anti-roll bars is illustrated in simulation examples.

1. BEVEZETÉS ÉS MOTIVÁCIÓ

A járművek többféle, egymástól többé-kevésbé függetlenül működő aktív rendszert alkalmaznak különböző irányítási feladatok megoldására. Ezek az irányítási rendszerek többféle hardverelemet tartalmaznak, így szenzort, beavatkozót, kommunikációs csatort, meghajtást, kapcsolót, mikroprocesszort. A hagyományos járműirányítási rendszerekben az irányítási funkciókat egymástól függetlenül tervezik és realizálják. Ezek a megoldások általában szükségtelen hardverredundanciákhoz vezethetnek. Az egyes autonóm irányítások a jól definiált feladataik végrehajtása során óhatatlanul kölcsönhatásba és esetenként konfliktusba kerülhetnek egymással. A probléma feloldásának egyik módja az, hogy az egyes irányítási rendszerkomponensek többi funkcióra való hatását és más irányításokkal való kölcsönhatását már a tervezés során figyelembe vesszük. A probléma kezelésének másik, a gyakorlatban elterjedt módszere a felsőszintű irányítási platformok megfelelő megtervezése, amely felügyeli a meglévő irányítható alrendszerek járműdinamikára való hatásait. Az integrált járműirányításokra már több fontos publikáció született, melyek közül néhányat a referencialistában felsoroltunk [4, 5, 6, 7].

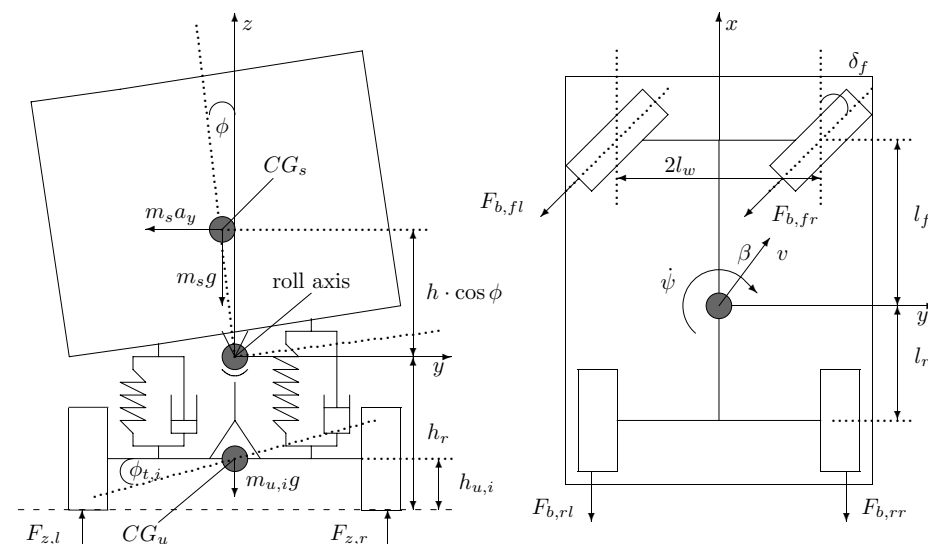
Az integrált járműirányítási rendszerek feladata, hogy az irányítási rendszerekben alkalmazott aktuátorokkal többféle, biztonságot javító, és komfortot növelő funkciót is

megoldjunk, az érzékelők jelét kommunikációs megoldási módszerekkel többféle irányítási feladatban is felhasználjuk, a független irányítási rendszerek számát ne növeljük, viszont növeljük az irányítási rendszerek flexibilitását az úgynevezett „plug and play” megoldások alkalmazásával. Ezek az alapelvek egyébként összhangban állnak a járműiparra jellemző költségmegtakarító igénnyel, ami a szükségtelen (illetve helyettesíthető) komponensek felhasználását kerüli. Például olcsóbb és hatékonyabb lehet az elosztott rendszer szintjén alkalmazott redundáns szoftverkomponensek beépítése, mint a hardverkomponensek egyszerű többszörözése. Az irányítási rendszerek integrálása az erőforrásokkal való megfelelő gazdálkodáson túlmenően megteremti a hibátűrő irányítások alapját is. A megváltozott funkcionalitáshoz, vagy a megváltozott környezeti feltételekhez alkalmazkodni tudó átkonfigurálható irányítás kutatása és tervezése során új kihívást jelent, hogy nemcsak az egyes alrendszerek, hanem a magas szintű irányítás módosítására is szükség lehet. A hibátűrő és átkonfiguráló rendszerek esetén kihívást jelentenek azok a bizonytalanságot okozó tényezők, mint például az egyes hierarchikus szinteken, illetve a szintek között megjelenő információ-technológiai és kommunikációs elemek.

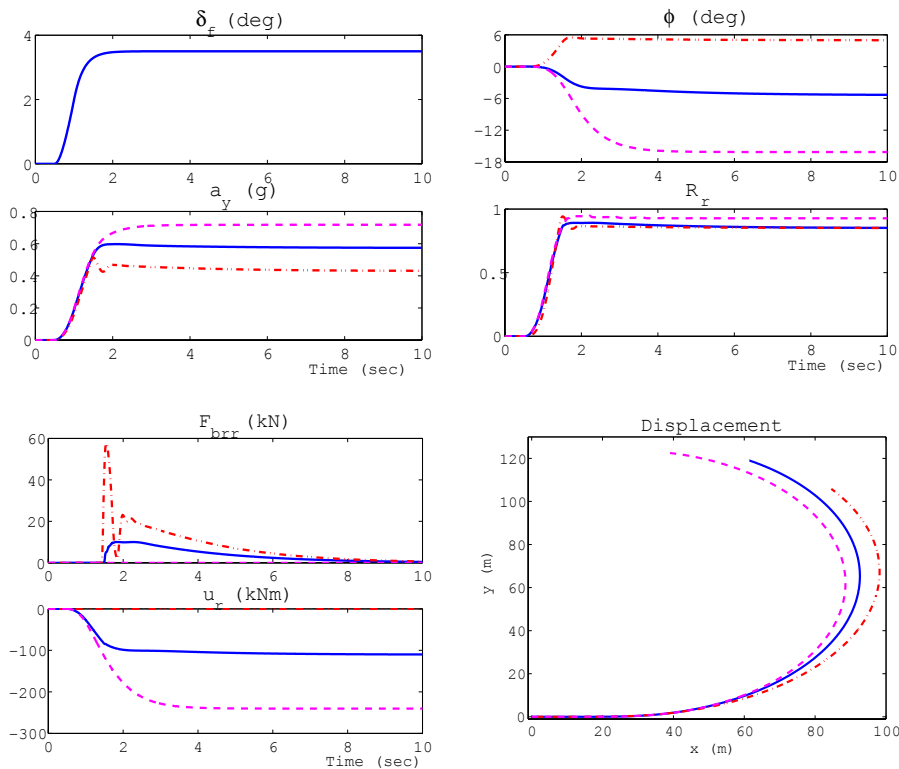
A dolgozat második fejezetében az irányítási célú modellezés elveit mutatjuk be. A harmadik fejezetben két példát mutatunk az integrált járműirányítás működésére: az első példában aktív keresztstabilizátort és aktív féket használunk menetstabilizálás és jármű keresztirányú stabilizálásának a növelésére, a második példában aktív féket és aktív kormányzást alkalmazunk pályakövetés megoldására. A negyedik fejezet a következtetések foglalta össze.

2. IRÁNYÍTÁS CÉLÚ MODELLEZÉS AZ INTEGRÁLT JÁRMŰIRÁNYÍTÁS TERVEZÉSÉBEN

Az integrált irányítás tervezésének célja a különböző irányítási feladatokat ellátó rendszerek összehangolása, ami szükségszerűen magas komplexitású modellhez vezet. Ez egyrészt annak közvetlen következménye, hogy a modell konstruálásakor a jármű különböző dinamikai mozgásait figyelembe kell venni, másrészt az irányítás terve-



1. ábra: a járműirányításhoz alkalmazott járműmodell



2. ábra: aktív féket és aktív keresztstabilizátort alkalmazó integrált irányítás illusztrációja

zésének definiálásakor általában nagyszámú minőségi előírást kell teljesíteni, ami az irányítástervezés alapjául szolgáló modell minőségi kimeneteinek számát növeli.

A járműdinamika általános nemlineáris modelljéből bizonyos ésszerű egyszerűsítő feltételezésekkel élve kapjuk az egyes részrendszerek egyedi lineáris, illetve kvázi-lineáris modelljeit. Ebben a szakaszban a lineáris paraméterváltozós (LPV) modellezési paradigmának kiemelkedő szerepe van [1]. Az LPV-modellezés előnye, hogy a nemlineáris rendszerek teljes működési tartományát egy lineáris modellel nagy pontossággal leírja. Az egyes LPV-modellekben szereplő ütemezési változók megválasztásakor a mérési lehetőségek, a majdani irányítástervezés igényei egyaránt figyelembe vehetők. Az irányítástervezésben a mechanikai elvek alapján konstruált modellt minőségi specifikációkkal és bizonytalanságokkal egészítjük ki. A minőségi specifikációk általában konfliktusban állnak egymással, azaz valamely minőségi tulajdonság javítása egy másik minőségi tulajdonság rovására történik. Ezért az irányítástervezés megfogalmazása során a minőségi specifikációk között kompromisszumot kell keresni. A modell bizonytalanságát a modellezésben szükségképpen alkalmazott elhanyagolások és a modell paramétereinek pontatlan ismerete okozza. A mechanikai modell-paramétereit a normál üzem során akár rövid idő alatt is megváltozhatnak, és általában hosszabb időtávlatban meg is változnak. A minőségi specifikációt reprezentáló jelekre és a modell-, illetve paraméter-bizonytalanságokra az irányítástervezés érdekében frekvencia-tartományban megfogalmazott súlyozást alkalmazunk.

A cikkben bemutatott integrált irányítási feladatokhoz az 1. ábrán illusztrált háromtömegű modellt választunk, amelyik a jármű hat szabadságfokú mozgásának leírására alkalmas. További néhány egyszerűsítő feltételt teszünk, melyek közül néhány felsorolásszerűen a következő: a keresztirányú forgás tengelye párhuzamos az út síkjával, a gumibroncs dinamikáját lineárisnak feltételezzük, az aerodinamikai hatásoktól eltekintünk. A jármű függőleges irányú elmozdulása, a hosszirányú tengely körüli forgás és a függőleges tengely körüli forgás

dinamikai mozgásait magában foglaló állapottermodell állapotvektorának legfontosabb komponensei a következők: járműtest oldalcsúszási szöge, járműtest legyezési szöge, járműtest függőleges elmozdulása, hossz- és keresztirányú tengely körüli elfordulási szöge, valamint az első és hátsó rugózatlan tömegek függőleges elmozdulásai és forgási szögei. A jármű haladási sebességét ütemezési változónak választva, felírhatjuk az irányítástervezés alapjául szolgáló LPV-modellt. Ebben a struktúrában több irányítási mechanizmus működhet, melyek irányító jelei a kormánysszög, a fékek eredőjeként létrejövő függőleges tengely körüli féknyomaték, a keresztirányú stabilizátor forgatónyomatéka, valamint az aktív felfüggesztés függőleges erői.

3. AZ INTEGRÁLT IRÁNYÍTÁS MÓDSZEREI

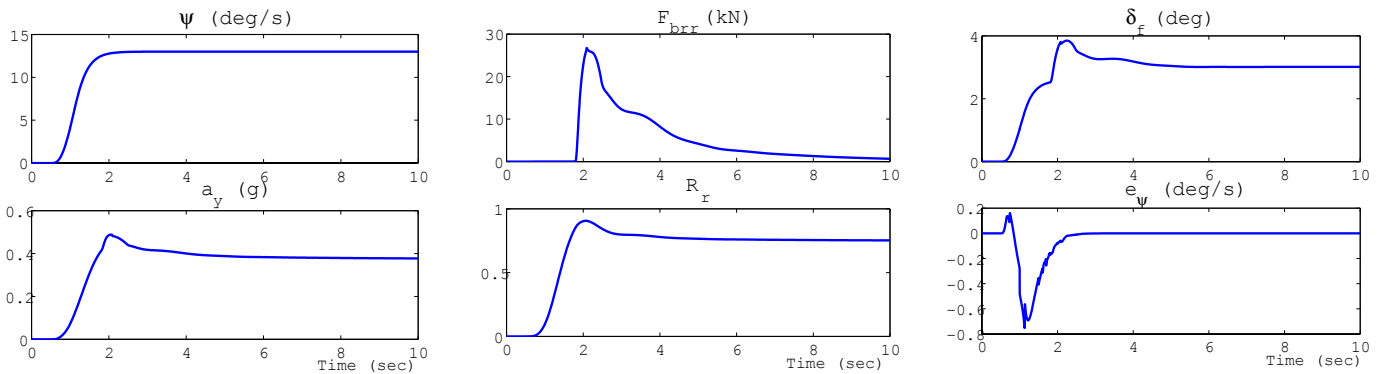
Az integrált irányítás tervezésének egyik módja az, hogy az egyes irányítási rendszerkomponensek a többi funkcióra való hatását és más irányításokkal való kölcsönhatását már a tervezés során figyelembe vesszük. Ebben a megoldásban nehézséget okoz a tervezés alapjául szolgáló

általában nemlineáris modell komplexitása, a tervezés során figyelembe veendő minőségi specifikációk nagy száma, továbbá a beavatkozók működéséből adódó korlátozások. Az integrált irányítás tervezésének másik, a gyakorlatban könnyebben terjedő módszere a felsőszintű irányítási platform megfelelő megtervezése. Ebben az esetben az integrált irányítási rendszer feladata kombinálni és felügyelni a meglévő irányítási alrendszerek járműdinamikára való hatásait. Ezt a megoldást a meglévő alrendszerek által meghatározott korlátozások nehezítik.

Ebben a fejezetben az integrált irányítási rendszerek működését különböző példákban demonstráljuk. Az első példában aktív keresztstabilizátort és aktív féket használunk menetstabilizálás és jármű keresztirányú stabilizálásának a növelésére. A második példában aktív féket és aktív kormányzást alkalmazunk pályakövetés megoldására.

3.1. AKTÍV KERESZTSTABILIZÁTOR ÉS AKTÍV FÉK KOMBINÁLÁSA

Az első példában egy kanyarodási manőverben mutatjuk be az aktív fék és az aktív keresztstabilizátor integrált működését. A jármű sebessége 75 km/h, amit feltételezés szerint a jármű vezetője szándékolt fékezéssel nem befolyásol. A 2. ábra a jármű időtartománybeli jeleit mutatja. Az egyes jelek felsorolásszerűen a következők: kormánysszög, oldalirányú gyorsulás, keresztirányú elfordulás szöge, normalizált oldalirányú terhelés, jobb oldali hátsó fékerő és a hátsó keresztstabilizátorban ébredő nyomatékok, valamint a jármű síkbeli elmozdulása. Az integrált irányítást kétféle önálló irányítással hasonlítjuk össze. A kizárólagosan aktív féket alkalmazó irányítás esetén az irányító jel az egyes talppontoknál ébredő fékerő, míg a kizárólag aktív keresztstabilizátort alkalmazó irányítás esetén az első és hátsó keresztirányú tengely körüli nyomaték. Folytonos vonal illusztrálja a kombinált irányítást, pontvonal illusztrálja az aktív féket alkalmazó irányítást és szaggatott vonal illusztrálja az aktív keresztstabilizátort alkalmazó irányítást. Megjegyezzük,



3. ábra: aktív féket és aktív kormányzást alkalmazó integrált irányítás illusztrációja

hogy a normalizált oldalirányú keresztterhelést (R) a talppontokban ébredő oldalirányú erő és a függőleges kerékterhelés hányadosaként értelmezzük. Ez az erő a jármű borulási stabilitása szempontjából lényeges: ha R abszolút értéke meghaladja az 1-et, akkor a jármű a manőver során elvesztette stabilitását és várhatóan felborul.

A manőver során a kormányzószög növekedésével az oldalirányú gyorsulás is növekszik. A keresztirányú elfordulás szöge jól mutatja, hogy az aktív keresztstabilizátor a borulási kockázatot úgy csökkenti, hogy egy stabilizáló oldalirányú nyomatékot generál a destabilizáló nyomaték kiegyensúlyozására. A keresztstabilizátor mindig aktív, és állandóan stabilizáló nyomatékot generál a manőverek során keletkező kedvezőtlen és destabilizáló nyomaték kiegyensúlyozására. Az aktív féket alkalmazó irányítás fékerőt hoz létre, s ezáltal a jármű függőleges tengelye körüli nyomaték jön létre, ami csökkenti az oldalirányú gyorsulás hatását. A fék nem mindig aktív, kizárólag akkor aktiválódik, ha a borulási kockázat megnövekszik, azaz R értéke meghalad egy előre definiált értéket (jelen példában ez az érték 0.85). Az aktív keresztstabilizátor alkalmazásakor a jármű sebessége nem csökken, elvileg nem változik a legyezési szögsebessége, azaz a jármű nem módosítja a kanyarodás szögét. Aktív fékezéskor a jármű sebessége csökken, a fékerők által generált forgatónyomaték hatására a jármű legyezési szögsebessége változik, azaz a jármű iránya eltér a vezető által a kormányzószöggel előírt pályától, amit a vezetőnek szükség szerint módosítania kell. Ezt mutatja az x - y síkbeli mozgás ábrája. Az integrált megoldás esetén külön-külön az aktív fékeknek kisebb fékerőket és az aktív keresztstabilizátoroknak kisebb nyomatékokat kell létrehozni. Az integrált megoldás további előnye, hogy a jármű iránya kevésbé tér el a megkívánt iránytól, hiszen az állandóan működő aktív keresztstabilizátor miatt a féket később és kisebb mértékben kell csak aktiválni. Az integrált megoldás megteremti a hibatűrő irányítás alapját is, azaz az irányításban alkalmazott beavatkozók bármelyikében bekövetkező részleges (vagy akár teljes) meghibásodás esetén a másik beavatkozó egy adaptívan átkonfiguráló megoldással képes a feladatot ellátni. Az integrált irányítási mechanizmus működésére további példák találhatók az [3] irodalomban.

3.2. AKTÍV FÉK ÉS AKTÍV KORMÁNY KOMBINÁLÁSA

A második példában aktív féket és aktív kormányzást alkalmazunk pályakövetés megoldására. A feladatban előírjuk, hogy a jármű egy előre meghatározott pályát kövessen, miközben a borulási kockázata ne növekedjen. A pályakövetést aktív kormányzással, míg a borulási kockázat csökkentését aktív fékezéssel oldjuk meg. A feladat nehézségét az okozza, hogy a fékkel való beavatkozás módosítja a jármű legyezési szögsebességét, ezáltal rontja a pályakövetés minőségét. Az integrált irányítást úgy tervezzük meg, hogy egyrészt a legyezési szögsebesség előírttól

való eltérése minimális legyen, másrészt a borulási kockázatot minősítő normalizált oldalirányú terhelés ne haladjon meg egy előírt értéket. Az integrált irányítás működését egy 70 km/h sebességgel haladó jármű kanyarodási manőverével illusztráljuk. A 3. ábra a következő időtartományi jeleket mutatja: az előírt legyezési szögsebesség, az oldalirányú gyorsulás, az aktív fék által kifejtett erő, a normalizált oldalirányú terhelés, kormányzószög és az előírt legyezési szögsebességtől való eltérés.

A manőver során az oldalirányú gyorsulás növekszik, emiatt a borulási kockázatot minősítő oldalirányú terhelés is növekszik, s eléri a kritikus értéket. A fék a szükséges mértékig aktivizálódik, majd a kritikus állapot megszűnése után a fékhatás megszűnik. Az ábra illusztrálja a kanyarodási manőver során alkalmazott kormányzószög értékét is. Az előírt legyezési szögsebességtől való eltérést az aktív kormányrendkívül gyorsan kompenzálja, a követési hiba az előírt sávon belül marad. Az aktív féket és aktív kormányzást integráló irányítási mechanizmus működésére további példák találhatók az [2] irodalomban.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

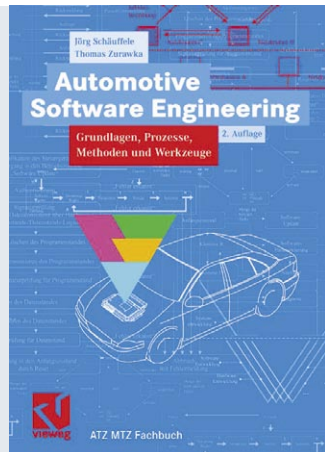
Az integrált járműirányítás komplex feladat: összehangolja a különböző irányítási rendszereket, kiküszöböli az irányítórendszerek közötti interakciókat, megteremti a funkcionális átkonfiguráló és hibatűrő irányításokat. Az integrált irányítás tervezése a modell bonyolultsága, a tervezés során figyelembe veendő minőségi specifikációk nagy száma miatt összetett feladat.

Irodalomjegyzék

- [1] Bokor J. and G. Balas. Linear parameter varying systems: A geometric theory and applications. 16th IFAC World Congress, Prague, 2005.
- [2] Gáspár, P., I. Szászi, J. Bokor, Rollover stability control in steer-by-wire vehicles based on an LPV method, International Journal of Heavy Vehicles, 2006. Vol. 13, No. 1/2, pp.125–143.
- [3] Gáspár, P., I. Szászi, J. Bokor, The design of a combined control structure to prevent the rollover of heavy vehicles, European Journal of Control, No. 2, 2004.
- [4] Gordon T., M. Howell, and F. Brandao, Integrated control methodologies for road vehicles, Vehicle System Dynamics 40 (2003), 157–190.
- [5] Hedrick J.K., J.C. Gerdes, D.B. Maciucă, D. Swaroop (1997). Brake system modelling, control and integrated brake/throttle switching., PATH Project Proposal, Berkeley, USA.
- [6] Palkovics L. and A. Fries, Intelligent electronic systems in commercial vehicles for enhanced traffic safety, Vehicle System Dynamics 35 (2001), 227–289.
- [7] Trachtler A., Integrated vehicle dynamics control using active brake, steering and suspension systems, International Journal of Vehicle Design 36 (2004), 1–12.



Robert Bosch GmbH
Autoelektrik / Autoelektronik
 Autóelektromosság / Autóelektronika
 4., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2002, 512 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 Schäufler, 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
 25., aktualizált és kibővített kiadás, 2004, 1232 oldal, német nyelven.
Ára: 39,90 EUR
 A gépjármű-technikai zsebkönyvnek már 7 évtizede 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
 2., javított és kibővített kiadás, 2004, 416 oldal, 480 ábra, német nyelven.
Ára: 49,90 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.



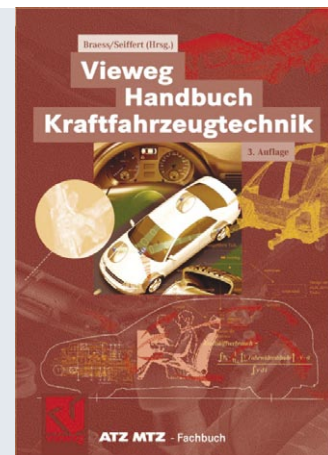
Richard van Basshuysen, Fred Schäfer
Lexikon Motorentechnik
 A robbanómotor A-tól Z-ig – Motorteknikai lexikon
 1078 oldal, 1742 ábra, 2004-es kiadás, német nyelven.
Ára: 99 EUR
 A lexikon részletesen bemutatja az aktuális motorteknikát, és kitekint a jövőbe is. A könyv keresztivatkozásokból álló rendszere minden alfogalmat 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 beszédképessé akarnak maradni. A 3. kiadásban a tudásterületet kibővítették, és hozzáigazították a Gépjármű-technikai zsebkönyv terjedelméhez.



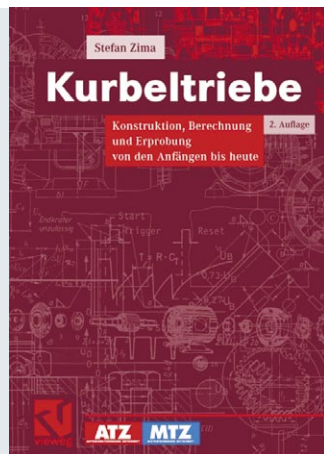
Hans-Hermann Braess, Ulrich Seiffert
Handbuch Kraftfahrzeugtechnik
 Gépjármű-technikai kézikönyv
 4., teljesen újrafeldolgozott és kibővített kiadás, 2005, 847 oldal, 1026 ábra, német nyelven.
Ára: 89 EUR
 A gyakorlati és elméleti gépjárműmérnököknek szükségük van a járműtechnika alapelveihez és részleteihez, 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 3., átdolgozott és kibővített kiadás, 2005, 980 oldal, 1436 ábra, német nyelven.

Ára: 99 EUR

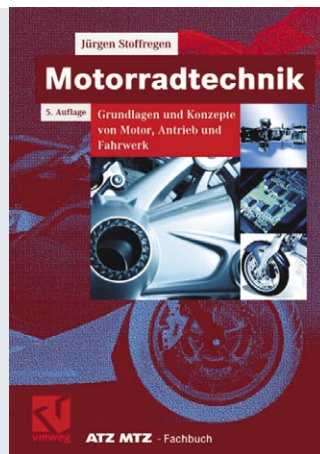
A Robbanómotor kézikönyv átfogó ismereteket nyújt az Otto- és dízelmotorokról. Tudományosan szemléletes módon és ezzel egyidejűleg gyakorlatorientáltan mutatja be a szakterület alapelveit, komponenseit, rendszereit és perspektíváit. Az elméleti és gyakorlati tudásanyag mintegy 120 szerzőtől származik.



Stefan Zima
Kurbeltriebe
 Forgattyús hajtások – Konstrúció, számítások és próbák a kezdetektől napjainkig 2., újrafeldolgozott kiadás, 1999, 540 oldal, német nyelven.

Ára: 84 EUR

Ez a forgattyús hajtásokról szóló könyv elsősorban a motorteknikával foglalkozó mérnököknek és tanulóknak szól, de azoknak is, akik a dugattyús motorok és azok fejlesztése iránt érdeklődnek. A könyv átfogó bepillantást nyújt a hajtóműfejlesztésbe a kezdetektől napjainkig.



Jürgen Stoffregen
Motorradtechnik
 Motorerékpár-technika – A motor, a hajtás és a futómű alapelvei és koncepciói 5., átdolgozott és kibővített kiadás, 2004, 410 oldal, 328 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 kincsbánya azoknak, akik többet szeretnének tudni, mint amennyi a használati utasításban áll.



Erich Hoepke
Nutzfahrzeugtechnik
 Haszonjármű-technika – Alapelvek, rendszerek, komponensek 3., átdolgozott és bővített kiadás, 2004, 518 oldal, 565 ábra, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

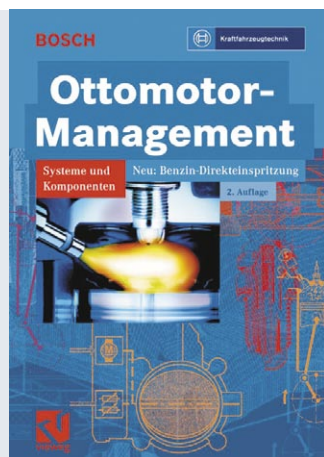
Ez a kiadvány egy alapvető szakkönyv stílusában bemutatja az összes jelentős építési módot, formát és komponenset. A klasszikus konstrukciós tanítások, az örökövényű menetmechanika és termodinamika mellett a könyv bemutatja a legújabb fejlesztéseket, figyelembe véve az elektronikus rendszereknek a hajtásra és a fékezésre gyakorolt befolyását.



Otto-Peter A. Bühler
Omnibustechnik
 Autóbusz-technika – Történelmi járművek és az aktuális technika. 352 oldal, 2000, német nyelven.

Ára: 34,90 EUR

Az autóbuszok már kezdetől 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.



Robert Bosch GmbH
Ottomotor-Management
 Ottomotor menedzsment 3., átdolgozott kiadás, 2005, 358 oldal, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

A szakkönyv először rövid visszatekintést ad az autógyártás történelmi kezdeteire, majd a munkamódszerek alapelveit, valamint az Otto-motor vezérlését fejtegeti. A töltésvezérlés, a befecskendezés (szívócső- és benzin-direktbefecskendezés) és a gyújtás rendszereinek leírása átfogó képet nyújtanak azokról a vezérlési mechanizmusokról, melyek egy modern Otto-motor működéséhez feltétlenül szükségesek.



Eduard Köhler
Verbrennungsmotoren
 Robbanómotorok – Motormechanika, a dugattyús motorokra vonatkozó számítások, értelmezések 3., javított kiadás, 2002, 463 oldal, német nyelven.

Ára: 62,90 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.

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

Elektronikus kormány- és fékrendszer-beavatkozáson alapuló menetdinamikai szabályozó rendszer

Koleszár Péter

A projekt célja egy kormánybeavatkozással kiegészített autonóm működésű menetdinamikai szabályozó rendszer (SESP) megvalósítása haszonjárművek számára. A projektben részt vevő szervezetek – Knorr-Bremse, BME-GJT, SZTAKI-RIK és TÜV-NORD – a következő eredményeket érték el: elkészült egy megvalósíthatósági tanulmány, amelyben alapvető járműdinamikai szabályozási módok felírása, és bizonyos mozgásszabályozó rendszerek bemutatása történt, ezek alapján megtörtént a tervezendő rendszer besorolása az elektronikus járműrendszerek közé. A munka mellett, hogy bemutattja a hagyományos fékbeavatkozáson alapuló elektronikus menetstabilizáló rendszer (ESP) működését, kitér azokra a járműalrendszerekre (fék- és kormányrendszer) is, amelyek a tervezett rendszer létrehozásához szükségesek. Elsősorban a kormányrendszerek jelenlegi és közeljövőbeni fejlődésére helyezi a hangsúlyt, mert a vezetőtől független kormánybeavatkozás végrehajtása számos változást követel a jelenleg hagyományosnak tekinthető hidraulikus kormányrendszereknél. A változt koncepciót felhasználva elkészült a logika gyors prototípusa ASCET-SD szoftverben. Elkészült egy fejlesztői és szimulációs környezet, ahol a széria építőelemek és a gyors prototípuseszközök együttesen futtathatók, és működésük a járműszimulációs szoftverrel valós időben tesztelhető. Az első tesztek már igazolták a kormánybeavatkozás létjogosultságát. A prototípus algoritmus továbbfejlesztését célzó lépések során készül egy új nemlineáris járműmodellre (mint referenciamodel) épülő jármű oldalkúszási szögének becslésére alkalmas algoritmus, mely a menetdinamikai szabályozó rendszer működését hivatott tovább javítani.

The aim of the project is to realize an autonomous electronic stability program completed with steering intervention (SESP) for heavy duty vehicles. The participants of the project - Knorr-Bremse, BME-GJT, SZTAKI-RIK and TÜV-NORD - have achieved the following results in the first year: a feasibility study is ready that contains the description of basic control loops of the vehicle dynamics and the categorization of the planned system based on the intelligent electronic systems in vehicles. The paper shows how the traditionally brake-based electronic stability program (ESP) works, and it covers the main vehicle subsystems necessary for realization of effective motion control like brake and steer systems. Because of some modifications needed in the traditionally hydraulic steering systems to perform the driver independent steering intervention the study focuses especially on the evolution of the steering systems. Finally the expected advantages of the system were sketched in based on the proposals and the results of some edited research. A prototype of the logic using the concept in ASCET-SD software has been created. A development environment was build up, which makes possible the running of the algorithm in real time and observing the effects of the control on some standard components of the brake system and on simulated multi-body vehicle model. The first test results confirmed the expected advantages of the steering intervention. The research aiming the further development of the algorithm comprises a new nonlinear vehicle model (used as reference model) and a side-slip angle estimator that will further increase the potential of the stability control.

A dinamikusan bővülő közúti forgalomban különösen veszélyeztetettek a haszonjárművek. Méreteiknél, tömegüknél, valamint egyre nagyobb ütemben növekvő számuknál fogva emelkedik a haszonjárműveket érő balesetek kockázata is. Azok a balesetek pedig, amelyekben haszonjárművek érintettek, általában a szokásosnál jóval nagyobb anyagi, környezeti és emberi károkkal járnak.

Amikor a járművezető által kívánt mozgásállapot és a jármű tényleges mozgásállapota között a keréktalpponti erők irányából és nagyságaiból eredően tartósan eltérés mutatkozik, akkor a jármű mozgása instabillá válik. Az átvihető erők fizikai határát a járművezetők általában nehezen, csak a határhelyzetben, stabilitási határtartományban érzékelik, amikor a kívánt mozgásállapot eléréséhez rendkívül gyors és pontos beavatkozásra van szükség.

Az EJT 3.4 részfeladat a fizikai határhelyzet korai felismerését lehetővé tevő detektáló logika és a járműmozgás stabilitásának megőrzését szolgáló menetdinamikai szabályozó algoritmus fejlesztését egyaránt magába foglalja. A rendszer alapvető jellemzője, hogy a járművezetőtől függetlenül, autonóm módon képes a jármű mozgásállapotába beavatkozni, szükség esetén a keréktalpponti erők módosításával.

A keresztirányú járműmozgást szabályozó rendszer (Electronic Stability Program – ESP) nem más, mint perdítőnyomaték-szabá-

lyozás, amely a gépjármű tömegközéppontján átmenő függőleges tengely körüli kitérítő nyomatékot tartja bizonyos értékek között. A rendszer felismeri és kezeli a kritikus menetállapotokat, hagyományos módon a kerekek differenciált fékezésével és a motornyomaték szabályozásával stabilizálja a jármű mozgását adott esetben anélkül, hogy a vezető a fék- vagy gázpedálra lépne, vagy más beavatkozást végezne.

A szabályzás alapja a jármű legyezési szögsebességének valós és a vezető által igényelt értékének viszonya (különbsége). Ez alapján tudja meghatározni a vezérlőegység, hogy alul- vagy túlkormányzott-e a jármű, illetve a zavarások hogyan kompenzálhatók.

A vezető által kívánt legyezési szögsebesség az egyszerűsített egyenymvonalas járműmodellnek megfelelően az alábbi képleten alapszik:

$$\Psi_{desired} = YR_D = \frac{v}{l} \cdot \delta \cdot Corr_fact \quad (1)$$

, ahol

v : jármű-referenciasebesség

l : tengelytáv

δ : kormányszög

$Corr_fact$: korrekciós tényező(k)

A kívánt és mért legyezési szögsebesség különbségének képzése a helyes előjellel ellátva.

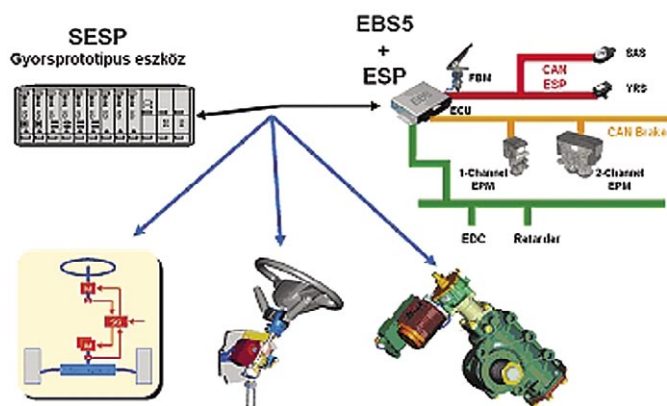
$$YR_E = (YR_M - YR_D) \cdot \text{sign} YR_M \quad (2)$$

ahol YR_E az eltérés, YR_M a mért, YR_D a kívánt legyezési szögsebesség.

A folyó kutatás célja egy olyan, gépjárművekben alkalmazható, autonóm módon működő járműstabilizáló rendszer algoritmusának létrehozása, mely a jármű egyes kerekeinek fékezésén és a kerekek vonóerejének határolásán túl az első tengely kormányzógéivel kiegészítve képes a keréktalpponti erők és azokon keresztül a járműmozgás szabályozására. (Röviden: kormány-beavatkozásra képes ESP kifejlesztése.)

A feladat a gép-ember interfész és a mozgást megvalósító végrehajtó járműelemek közvetlen összeköttetésének megbontását igényli. A közvetett kapcsolatot a járműdinamikai szabályzó egység biztosítja, amely a járművezető által beadott mozgásvektor alapján működötteti az egyes járműelemeket. Tehát a járművezető részben elektromos érzékelőkön keresztül elektronikus formában adja szándékait a szabályzó egységnek, a járműelemek pedig főleg mechatronikus elemek, amelyeket a szabályzó elektronikus jelekkel működtet. Vagyis a vezető saját erejével nem közvetlen a járműelemekre hat (például nem féknyomást hoz létre, ami vezetékeken eljut a megfelelő kerekhez).

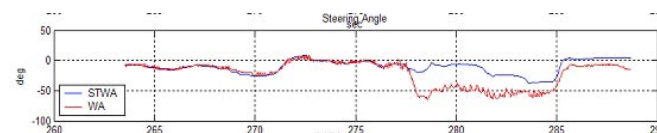
Egy ilyen teljesen elektronikus, azaz ún. drive-by-wire (elektronikusan kormányzott) járműrendszer lehet az újfajta menetdinamikai szabályzó platformja, vagy egy olyan mechanikus összeköttetésű kormányrendszert tartalmazó jármű, mely az elektronikus vezérlőegység utasításának hatására módosítani tudja a kormányzott kerekek szögét. Az alábbi ábrán a SESP-algoritmus kapcsolata látható, különböző kormányrendszerekkel összekapcsolva.



1. ábra: a projektben megvalósítandó hardverarchitektúra

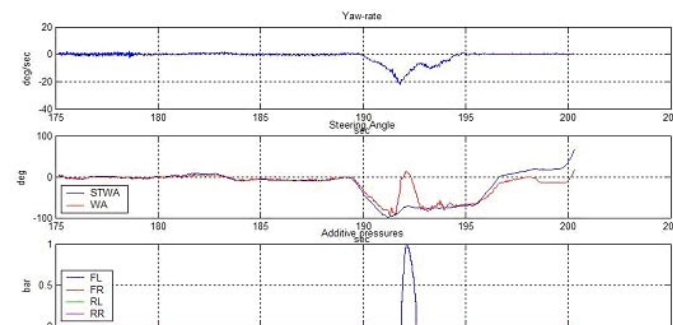
Az újgenerációs ESP-algoritmus előnye, hogy a hagyományos fékalapú ESP-nél rövidebb reakcióidővel rendelkezik, gyorsabb és egyenletesebb beavatkozást tesz lehetővé, mint a viszonylag drasztikus és nagyobb toleranciatartománnyal rendelkező fékbeavatkozás. A kísérletek során egyértelmű javulást értünk el a jármű két oldalán eltérő tapadási tényezőjű (μ-split) útfelületen történő fékezéskor. Ilyen esetben a nagyobb tapadási tényezőjű oldalon nagyobb fékerő alakul ki, ami egy forgatónyomatékokat jelent a jármű függőleges tengelye körül. Ezt vagy a vezetőnek kell ellenkormányzással korrigálnia, vagy a fékrendszer ABS-szabályozásához tartozó perdület csökkentő algoritmus csökkenti a tapadó oldalon

is az alacsony tapadású oldalnak megfelelően a fékerőt, hogy a megpördülést megakadályozza. Ez utóbbi esetben a jármű megtartja ugyan eredeti (egyenes) mozgáspályáját, viszont a fékút jelentősen megnövekszik a tapadási tényező nem megfelelő kihasználása miatt. A kormánybeavatkozásra képes ESP a vezetőnél gyorsabban és hatékonyabban képes a korrekcióra, és ezzel lehetővé teszi a tapadási tényező jobb kihasználását (2. ábra). Ráadásul a jármű megtartja kis úszási szögét, aminek köszönhetően a kerekeken átvihető maximális hosszirányú erő alig csökken.



2. ábra: kormánykerék (STWA) és kormányzög a kereken (WA) μ-split fékezésnél

A hagyományos ESP-aktív szituációkban (túlkormányzott, vagy alulkormányzott viselkedés) először a motornyomaték-határolás aktivizálódik, majd a kormánybeavatkozás következik. Ebben az esetben azonban (különösen az alulkormányzottság állapotában) a kormánybeavatkozás lehetősége behatárolt a kerekek nagy kúszási szöge miatt. Ilyenkor nagy valószínűséggel a fékbeavatkozás is aktívává válik: a megfelelő kerék megfékezésével a jármű mozgását stabilizáló nyomatékokat hoz létre. A jármű szélsőségesen túlkormányzott viselkedése esetén viszont előfordulhat, hogy a kormánykerék és a kormányzott kerék ellentétes irányba fordul (eltérő előjel – ahogy az a 3. ábra középső diagramján is látható), miközben az abszolút értékben meredeken növekvő legyezési szögsebesség (yaw-rate) csökkenni kezd.



3. ábra: ESP kormány- (középen) és fékbeavatkozás (alul), és hatása a legyezési szögsebességre (felül)

A kormánybeavatkozással kiegészített újgenerációs haszonjármű-ESP első változatával végrehajtott járműmérések során a következő eredményeket sikerült elérni:

- jelentősen csökkent a vezető által kifejtendő korrigáló ellenkormányzás (és annak sebessége) osztott, eltérő tapadási tényezőjű útfelületen való fékezéskor (ill. elinduláskor),
- a féktávolság is jelentősen csökkent, és az ABS módosításával még további nagymértékű csökkenés lehetséges,
- érezhetően javult a jármű dinamikai viselkedése alul- /túlkormányzott szituációkban,
- változó osztott, eltérő tapadási tényezőjű (μ-sakk) útfelületen 28%-kal csökkent a fékút, miközben a vezető által kifejtett ellenkormányzás az eredeti 5%-ára csökkent.

A rendszer emellett mérőföldkövet jelenthet a jármű szabályozási szintjeinek (parancs és végrehajtás) elhatárolásában.

A projekt eredményei:

- A SESP-algoritmus gyors prototípusa a szimulációs környezetben végzett egyszerű vizsgálatok során a jármű dinamikai viselkedését befolyásolta (sikeres kommunikáció),

- A gyors prototípus valós időben hiba nélkül futtatható ETAS ES1000 hardveregységen.
 - Autonóm kormánybeavatkozás jelentette új funkciók szabványosítása.
 - Klasszikus „V” fejlesztési folyamat végrehajtására alkalmas fejlesztőrendszer létrehozása és üzemeltetése (know-how) fejlesztőszoftverrel, környezeti szimulációs szoftverrel és az ahhoz tartozó hardverrel.
 - A gyors prototípus-algoritmus sikeres kódgenerálás-végrehajtása.
- Fejlesztési lehetőségek:
- Járműbe implementálás (új kormányrendszer-architektúrát igényel a jármű oldaláról!).
 - Széria mikrokontrollerbe implementálás.
 - Oldalkúszási szög becslő algoritmus.
 - Összetettebb járműmodell alkalmazása (ld. előző pont), kiegészítés különböző felépítésű járműszerelvényekre.
 - Logika alapján teljesen centralizált járműmozgás-szabályozó fejlesztése (keresztirányú dinamikai szabályozás kiegészítése hossz- és vertikális irányú mozgásszabályzó funkciókkal).

Irodalomjegyzék

- [1] László Palkovics: Intelligent Electronic Systems in Commercial Vehicles
- [2] Johann Gwehenberger et. al: Unfallvermeidungspotenzial durch ESP bei Lastkraftwagen, ATZ 5/2003.
- [3] Klaus Schulze: Report on Accident Analysis Concerning Heavy Goods Vehicles in the European Community, TU Karlsruhe, 2002
- [4] G. A. Sparks et.al: The Cost/Benefit Analysis of a Rollover Warning Device for Large Trucks, Sparks and Associates Ltd., 1989
- [5] P. Koleszár, Á. Mészáros-Komáromy, B. Trencsényi, I. Wahl: Autonóm járművek irányítása a jármű fékrendszerének és kormányrendszerének szabályozásával, BME-tanulmány, 2003
- [6] Strategy Analysis of the Advanced Steering Systems Markets in Europe and North America, Frost and Sullivan, 2004
- [7] Ralf Schwarz et. al: ESP II Fahrdynamik der nächsten Generation, Teil 1: Komponenten und Funktionen, ATZ 11/2003.
- [8] Ralf Schwarz et. al: ESP II Fahrdynamik der nächsten Generation, Teil 2: Funktionsintegration und Elektronik, ATZ 12/2003.
- [9] B. Trencsényi, P. Koleszár: Integrated Vehicle Systems for Enhanced Active Safety, FISITA 2004 Conference, Mai 2004, Barcelona, Spain.
- [10] P. Koleszár, B. Trencsényi, L. Palkovics: Applying Active Steering Control for Improving Vehicle Stability of Heavy Duty Vehicles, AVEC 2004 Conference, Aug. 2004, Arnhem, the Netherlands.
- [11] P. Koleszár: PEIT Powertrain Equipped with Intelligent Technology, Final Review 2004, Boxberg, Germany
- [12] B. Trencsényi, P. Koleszár, L. Palkovics: Development of an Electronic Stability Program Completed with Steering Intervention for Heavy Duty Vehicles, IEEE ISIE 2005 Conference, June 2005, Dubrovnik, Croatia.
- [13] L. Palkovics, A. Fires, „Intelligent electronic systems in commercial vehicles for enhanced traffic safety,” in Vehicle System Dynamics vol. 35. (4-5), pp.227-289., 2001, Swets & Zeitlinger, the Netherlands.
- [14] Semsey, „Menetdinamikai szabályzórendszerek,” in Járművek, pp. 32-35, 1999, Science Society of Mechanical Engineering, Budapest, Hungary.
- [15] M. Shino, P. Raksinchareonsak, M. Nagai, „Vehicle Handling and Stability Control by Integrated Control of Direct Yaw Moment and Active Steering”, Proceedings of AVEC, 2002, Hiroshima, Japan.
- [16] G. Spiegelberg, „Ein Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Funktionalität von Fahrzeugen unter Einbindung des Antriebstrangmoduls MOTionX-ACT” Dissertation, 2002, Universität Karlsruhe., Cuvillier Verlag Göttingen, Germany.



GE
ELECTRIC POWER
AND ELECTRONICS

EAEC

FISITA

"Automobile for the Future"

**FIRST ANNOUNCEMENT AND
CALL FOR PAPERS**



EAEC 2007

**11TH EUROPEAN AUTOMOTIVE
CONGRESS**

**30 May – 1 June 2007
Budapest, Hungary**

Információ, előzetes regisztráció, előadási és
kiállítói szándék bejelentése

<http://www.diamond-congress.hu/eaec2007>
<http://www.gte.mtesz.hu>
eaec2007@diamond-congress.hu
mail.gte@mtesz.hu

Dízelmotorok turbókésedelmének vizsgálata dinamikus motormodellekkel

**Németh Huba
Ailer Piroska
Hangos Katalin
Stukovszky Zsolt**

A turbófeltöltésű motorok hátrányos tulajdonsága a feltöltő reagálásának késedelve a gázadásra. E hátrány csökkentésére egy kézenfekvő módszer hasznjárművek esetén a sűrített levegős feltöltés alkalmazása, mivel a sűrített levegő gyakorlatilag minden hasznjárművön rendelkezésre áll. Az így felszerelt hasznjármű-motor turbókésedelmének és a gyorsítási tranziense során kialakuló jellemzők vizsgálatával foglalkozik a cikk. A vizsgálatokat két elterjedt modellezési módszerrel végezzük, az ún. hullámjelenség alapú, illetve az ún. középérték motormodell segítségével. A fenti módszerek betekintést adnak a gyorsítások alatt a motorban lezajló jelenségekről.

Turbocharged engines have a well known disadvantageous dynamic property in case of acceleration transient. In order to reduce the lag of the charger there is an evident choice of using the compressed air, since this medium is available on each commercial vehicle. This paper discusses the transient engine properties of the vehicles equipped with this boosting system. The investigations are performed by two wide-spread engine modelling methods. The one is the so called wave action model and the other is the mean value engine model. The above methods helped to have insight into processes inside the engine during accelerations.

BEVEZETÉS

A kompressziógyújtású motorok tüzelőanyag-fogyasztásának csökkentésére az ún. „downsizing” elv nyújt egy hatékony és kézenfekvő lehetőséget, de a motor maximális nyomatékának elérésére a motor feltöltése válik szükségessé. Egy kompakt és költséghatékony megoldás a turbófeltöltés, amelynek azonban az a nehézsége, hogy a járművezető gyors motornyomaték-igényére csak lassú a válasza. Amikor ugyanis a motor gyorsul, egy késedelem jön létre a gázpedál lenyomása (amely több tüzelőanyag adagolását jelenti) és a között az időpont között, amikor a kipufogónyomás eléri azt az értéket, amely elegendő a turbina számára, hogy kellő teljesítményt biztosítson a turbókompresszornak. Ezt az időkésedelmet nevezik turbólyuknak.

Néhány elterjedt módszer található az irodalomban, amelyekkel a turbólyuk csökkenthető: csökkentett méretű turbina megkerülőszeleppel [1], változtatható turbinageometria [2], vagy a turbófeltöltő elektromos hajtása [3] mind egy lehetséges alternatíva a motor dinamikus reakciójának javítására.

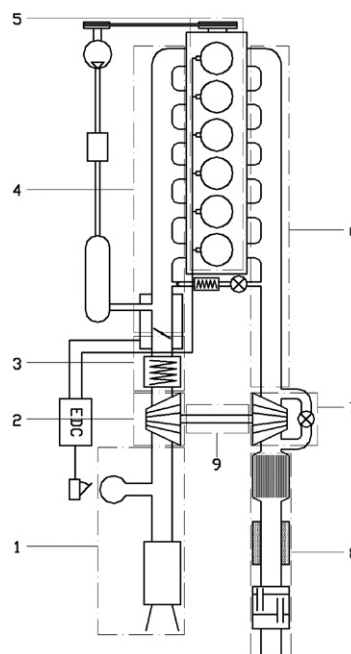
Egy további lehetséges megoldási módszer, amikor egy tartályból nagy nyomású sűrített levegőt impulzusszerűen juttatunk be a szívócsőbe [4].

RENDSZERLEÍRÁS

A vizsgált rendszer fő részét egy hasznjármű turbófeltöltött dízelmotorja alkotja. További fontos modellezendő alrendszerek: a sűrített levegős rendszer, a hajtáslánc és a jármű dinamikája. A motor sémája az 1. ábrán található. A rendszer fő részei a következők: levegőszűrő és Helmholtz-rezonátor (1), turbókompresszor (2), visszahűtő (3), szívócső (4), motor (5), kipufogócső (6), turbófeltöltő turbinája (7), katalizátor és kipufogódob (8), turbófeltöltő forgórész (9), sűrített levegős tápszelep (10), visszaáramlás-gátló szelep (11), sűrített levegő-tartály (12), nyomáscsökkentő megkerülőszelep (13), motorvezérlő egység (EDC).

A rendszer működése a következő: amikor a járművezető a gázpedál lenyomásával nagy teljesítményt kíván, akkor a sűrített levegős tápszelep kinyílik és ezzel a sűrített levegő bejut a tartályból a szívócsőbe. Ezzel egyidőben a szabályzóegység zárja a visszaáramlás-gátló szelepet, megelőzve a turbókompresszor fojtását. Amint a szívócső nyomása eléri a megkívánt értéket, a tápszelep

és a visszaáramlás-gátló szelep kikapcsol, így a turbókompresszor szolgáltatja a megfelelő mennyiségű levegőt a motornak.



1. ábra: a vizsgált motor vázlata

DINAMIKUS MOTORMODELLEK

Belső égésű motorok dinamikai folyamatainak modellezésére három különböző típusú és mélységű modellezési módszer létezik:

- Az ún. hullámjelenség alapú modellek elosztott paraméterűek, általában 1–3 dimenziósak. Az ilyen típusú modellek gyakori alkalmazási területe a rendszer- és/vagy a konstrukciótervezés.
- A töltetcsere alapú vagy hengerről hengerre történő modellezés során koncentrált paraméterű modelleket fejlesztünk, amelyekben figyelembe vesszük a periodikus, hengerben történő töltetcsere-folyamatokat is. Ezek a modellek rendszer, konstrukció, illetve szabályozástervezési célokra alkalmasak.

– A középérték vagy kvázistacioner modellek koncentrált paraméterűek, amelyekben a belső égésű motor működését egy virtuális henger folyamatos működéseként modellezzük. A kvázistacioner modellek leginkább szabályozók tervezésére használatosak.

A felsorolásban szereplő modellek esetén a matematikai komplexitás és pontosság csökkenő és ezzel együtt a szükséges tapasztalati ismeretek, mérési adatok mennyiségének növekvő sorrendjében szerepelnek. A fent bemutatott sűrített levegős turbókécsedelem vizsgálatára egy hullámjelenség alapú és egy középérték modellt használtunk, illetve ezeket felhasználva hasonlítjuk össze a késcsedelem csökkenését az alapmotorhoz képest. Az első modellt főként a rendszer konstrukció kialakításainak és a motor égésfolyamatára való vizsgálatára, az utóbbit pedig elsősorban szabályozástervezésre használjuk.

HULLÁMJELÉNSÉG ALAPÚ MODELL

A hullámjelenség alapú belső égésű motormodellek alkotják a legrészletesebb motormodellek családját. Ezek a motor szívó- és kipufogócsatornáiban létrejövő akusztikai jelenségeinek leírására is alkalmasak, amely a motor üzemi jellemzőit és dinamikáját is nagy mértékben befolyásolják.

E modellek a motor csatornáit mint térben elosztott geometriájú tartomány termodinamikáját és áramlástan jellemzőit vizsgálják. Mivel a longitudinális akusztikai jellemzőknek van itt döntő jelentősége, ezért a legtöbb esetben elegendő pontosságot ad az 1 dimenziós geometriai tartomány alkalmazása longitudinális irányban, mint az itt alkalmazott esetben is történt. A fent említett áramlási tartományok jellemzőit a térben elosztott tömeg-, impulzus- illetve energiamegmaradási egyenletek adják meg, azaz rendre a kontinuitás egyenlete (1), a Navier-Stokes egyenlet (2) és az energiamegmaradás egyenlete (3). Emiatt az említett hullámjelenség alapú motormodelleket 1D CFD motormodelleknek is hívják.

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \left[\rho \mathbf{u} \mathbf{u}^T + p \mathbf{I} - \eta (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + \frac{2\eta}{3} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{I} \right] = 0 \quad (2)$$

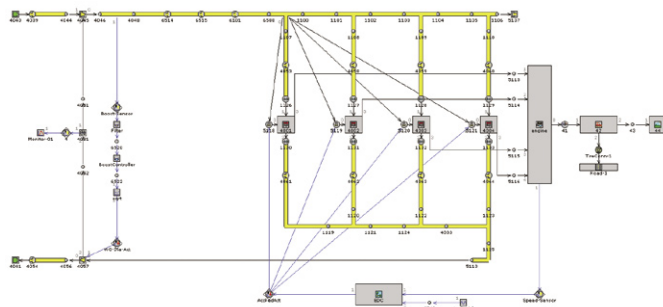
$$\nabla \cdot (-\kappa \nabla T) + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T = (\mathbf{u} \cdot \nabla) p - \tau : \mathbf{u} \quad (3)$$

Az égésfolyamatok modellezése hengerenként külön-külön történik, amelyek a hengerenként szintén külön-külön csatolt szívó- és kipufogócsatornához kapcsolódnak. Ily módon lehetővé válik az egyes hengerek töltetbéli eltéréseinek vizsgálata. A kompressziógyújtású égésfolyamatok modellezésére két fő módszer használatos, az egyik a szemiprediktív, ún. Viebe-modell, a másik a prediktív ún. turbulens jet modell. Az első a hőfelszabadulást egy approximációval közelíti, mely paraméterei méréssel határozhatók meg. Az utóbbi esetben pedig a teljes égéstér 3D geometriájában fizikai egyenlet alapján számítja az állapotváltozókat mint térbeli elosztott jellemzőket. Az első eset egy egyszerűbb módszer, de mivel mérési adatokra támaszkodik, a pontossága korlátozott, a prediktív esetben jóval nagyobb pontosság és részletesebb kép kapható a lezajlott folyamatról, pl. emissziós jellemzők. Esetünkben az ún. DI-Viebe modellt használtuk, amely három klasszikus Viebe-modellből áll az előbefecskendezési, főbefecskendezési és utóbefecskendezési folyamatoknak megfelelően.

A motor főtengelyének dinamikája a hullámjelenség alapú modellekben is koncentrált paraméterű, mint ahogy a turbófeltöltő rotorjának esetén is.

A turbófeltöltő kompresszorának és turbinájának a tömegáramát és izentropikus hatásfokát a gyártó által megadott statikus karakterisztikával vettük figyelembe. Itt különleges jelentősége van a kompresszor pompázstartományának kellően pontos leírásának, mivel a sűrített levegős beavatkozás alatt rövid időre a munkapont idekerül és ez a dinamikára jelentős befolyással van.

A hullámjelenség alapú 1D motormodell implementálása a GT-Power SW [5] segítségével történt. A modell felépítését a 2. ábra mutatja.



2. ábra: a GT-Power hullámjelenség alapú motormodell

KÖZÉPÉRTÉKMODELL

Középértékmodellek nulla térbeli dimenziós megmaradási egyenletekből és az azokat csatoló algebrai egyenletekből származtathatók. A vizsgált rendszer esetében tömeg-, belsőenergia- és mechanikai megmaradási dinamikai egyenletekből építhető fel a modell, oly módon, hogy részegységeként modellezve építjük fel a teljes rendszer modelljét.

A levegőszűrő és Helmholtz-rezonátor, a turbókompresszor, a motor, a turbófeltöltő turbinája, valamint a katalizátor és kipufogódob-egységek – bizonyos modellezési feltételezések mellett – algebrai egyenletekkel modellezhetők. Ezek az algebrai egyenletek általában jellemző mennyiségek közötti statikus kapcsolatokat írnak le: a kompresszor és a turbina-tömegáram és izentropikus hatásfok karakterisztikája, a motor indikált, volumetrikus és sűrűlási középnyomás karakterisztikái.

A visszahűtő, a szívócső és a kipufogócső tökéletesen kevert, egyensúlyi térfogatként modellezettek: bennük tömeg- és belsőenergia-tárolás történik. Ennek megfelelően terenként két egyensúlyi dinamikai egyenlet írható fel.

A főtengelyre és a turbófeltöltő forgórészére mechanikai energiamegmaradási (nyomaték-, illetve teljesítmény-) egyenlet fogalmazható meg. Valamint az égéskécsedelem leírásához még egy differenciálegyenletre van szükség, amely a tüzelőanyag betáplálása és az égés közötti időkécsedelmet reprezentálja.

Az algebrai egyenletek mindegyike behelyettesíthető a differenciálegyenletekbe, így végül 9 differenciálegyenletből álló nemlineáris hibrid egyenletrendszert kapunk a rendszer középértékmodelljeként (4, 5).

$$\frac{dx}{dt} = f(x, d_m, d_{um}) + g(x, d_m, d_{um}, u, r) \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{m}_{ic} \\ \dot{p}_{thr} \\ \dot{m}_{im} \\ \dot{p}_{ei} \\ \dot{m}_{em} \\ \dot{p}_{ti} \\ \dot{n}_e \\ \dot{n}_{tc} \\ \dot{m}_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(x, d_m, d_{um}) \\ f_2(x, d_m, d_{um}) \\ f_3(x) \\ f_4(x, d_{um}) \\ f_5(x, d_{um}) \\ f_6(x, d_{um}) \\ f_7(x, d_{um}) \\ f_8(x, d_m, d_{um}) \\ f_9(x, d_m) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1(x, u, r) \\ g_2(x, u, r) \\ g_3(x, d_m, d_{um}, u, r) \\ g_4(x, d_m, d_{um}, u, r) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Az állapotváltozók vektora tartalmazza a visszahűtőben, a szívócsőben és a kipufogócsőben lévő gáztömegeket és azok nyomását, a főtengely és turbófeltöltő forgórészének fordulatszámait és a dózist (6).

$$x = [m_{ic} \ p_{ic} \ m_{im} \ p_{im} \ m_{em} \ p_{em} \ n_e \ n_{tc} \ m_d]^T \quad (6)$$

A mérhető (7) és a nem mérhető zavarások (8) vektorai tartalmaznak a környezeti levegő nyomását és hőmérsékletét, a motortéri hőmérsékletet, a tápnyomást, a terhelő nyomatékot, a relatív tüzelőanyag-tömegáramot és a nyomászelep vezérlőjelét.

$$\mathbf{d}_m = [p_{amb} \quad p_s \quad u_d]^T \quad (7)$$

$$\mathbf{d}_{um} = [T_{amb} \quad T_{uh} \quad M_{load} \quad u_{wg}]^T \quad (8)$$

A szabályozott bemenetek, a tápszelep és a visszaáramlás-gátló szelep relatív pozíciója (9).

$$\mathbf{u} = [u_{thr} \quad u_s]^T \quad (9)$$

Az r a hibrid módok jelenlétére utal, amelyek a visszaáramlás-gátló szelepen történő átáramlás két lehetséges iránya, valamint mindkét irányban létrejövő két sebességtartomány (hangsebesség alatti és hangsebességgel történő) miatt jön létre. A közép-érték motor-modell implementálása MATLAB/Simulink [6] alatt készült.

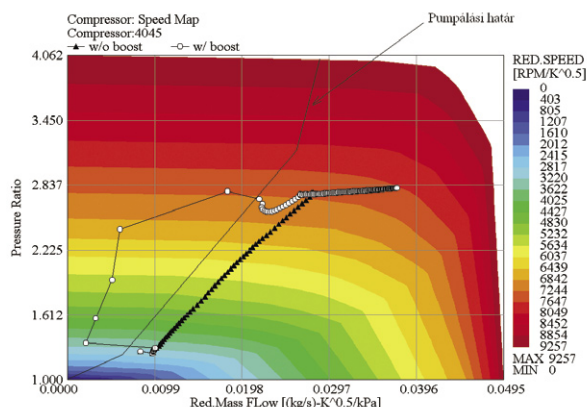
SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

A szimulációs vizsgálatok mindkét motormodellre egy gyorsítási egységugrás tranzienszt vizsgálnak, amely 1200 1/min motorfordulatról teljes gázzal történő gyorsítás fix sebesség-fokozatban 3%-os dombon felfelé sűrített levegős gyorsítással, illetve anélkül. A motormodellekhez mindkét esetben kapcsolódik egy dinamikus járműmodell is, mivel a terhelőnyomaték változása jelentős visszahatással van a turbókésedelemre. A szimulációk időtartományban 10 s hosszúak, 1 s-nál történik a teljes gázadás, a sűrített levegő befúvásának hossza pedig 500 ms a gázadás után.

HULLÁMJELENSÉG ALAPÚ MODELL

A hullámjelenség alapú modell a motor fő állapotjelzőinek értékét hozzávetőlegesen 2-3%-os pontossággal tudta leírni, amely a konstrukció ellenőrzési célokra is megfelel.

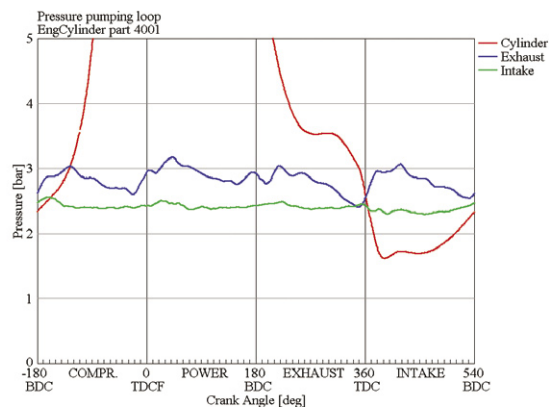
A sűrített levegővel (w/ boost) illetve anélküli (w/o boost) gyorsítások motorciklusra vett kompresszor-munkapont középértékei láthatók a 3. ábrán. Jól látható, hogy a sűrített levegős beavatkozás esetén a munkapont 4 ciklusra a pumpálási tartományba jut, mialatt a kompresszor közepes tömegárama továbbra is pozitív marad és a feltöltő fordulatszáma jelentősen nő. A beavatkozás után a munkapont ebben az esetben is visszakerül a normál tartományba. Az ábrán jól látható a megkerülő nyomásszabályzó szelep szabályozási pontja is.



3. ábra: kompresszorműködési trajektóriák

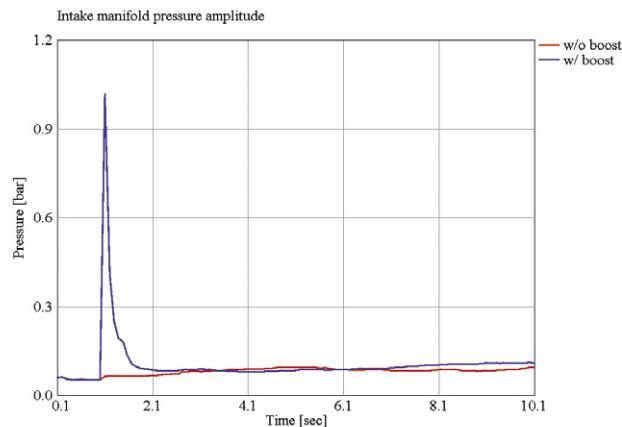
A motor 1. hengerének, kipufogó- és szívócsatornájának a nyomásváltozását mutatja a 4. ábra egy munkakütemre a névleges terhelés és névleges fordulatszám elérése pillanatában. Jól láthatók a

kipufogócsatornában létrejövő nyomásingadozások, amelyek a turbófeltöltő turbinájának látszólagos hatásfok-növekedéséhez járulnak hozzá. E hatás mértéke kis és közepes terhelés esetén jelentős mértékű, így ezt a középértékmodell esetén is figyelembe kell venni.



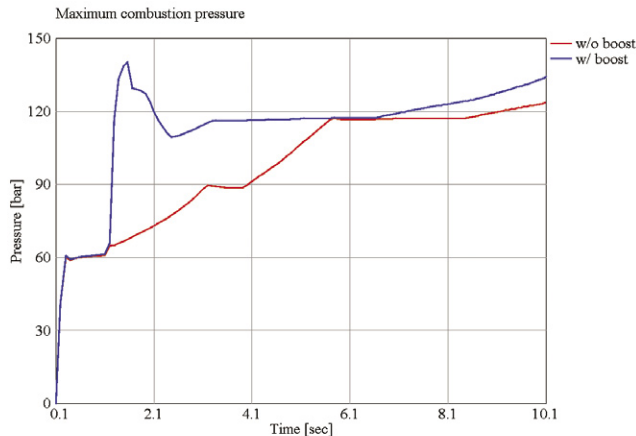
4. ábra: a henger, kipufogó- és szívócsatorna nyomáslengése egy munkaciklus alatt

Az 5. ábra a motor szívócsövében lezajló nyomáslengések amplitúdóját mutatja be a gyorsítás folyamán. A sűrített levegős beavatkozás nélkül az amplitúdó nagyjából konstans, 0,1 bar nagyságú. A beavatkozás esetén azonban az amplitúdó jelentősen megnő, értéke eléri az 1 bar-t. Ez megfelelő szívószelep-időzítés esetén nagymértékben növeli a hengerek töltését a beavatkozás alatt, így a közepes nyomásnál jóval nagyobb mértékű töltet juttatható a hengerbe.



5. ábra: a szívócső nyomáslengésének amplitúdója

Az égési csúcshőnyomás maximális értékének időbeni változását mutatja a 6. ábra. A sűrített levegős beavatkozás nélküli esetben a maximális nyomás 125 bar. A beavatkozás esetén a levegőbefúvás és a fent említett nyomáshullám-feltöltés miatt az égési nyomás maximuma jelentősen nő a beavatkozás alatt, amelynek maximális értéke 137 bar. Mivel az egyik legfőbb motorméretezési paraméter, az égési csúcshőnyomás határozza meg a konstrukció elemek fő terhelését, ezért ennek az értékét egy adott korlát alatt kell tartani. Esetünkben ez 140 bar volt, ami alapján a kapott érték elfogadható. Azonban ennek mértékét a befecskendezés időzítésének hangolásával tovább csökkenthető, mivel itt a motorvezérlő egység a befecskendezés időzítésénél nem vette figyelembe a sűrített levegős beavatkozást.

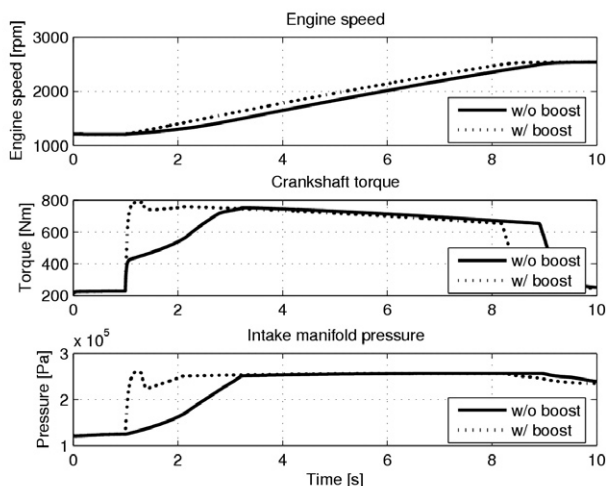


6. ábra: az égési csúcsnyomás maximális értékének lefutása

KÖZÉPÉRTÉKMODELL

A középértékmodell kb. 7-8%-os pontossággal tudta leírni a vizsgált motor állapotjelzőinek változását, amely elegendő, ha a modellt további irányítástervezési célokra kívánjuk felhasználni.

Az fent említett gyorsítási ciklus esetére vonatkozó motorfordulat, motornyomaték és feltöltőnyomás időbeni változását mutatja a 7. ábra. A turbó késedelmét elsősorban a feltöltési nyomás felépülésének késedelmeként definiálhatjuk, azaz a gázadástól a maximális érték eléréséig eltelt idő. A vizsgált normál gyorsítás esetén ez 2,2 s, illetve 0,2 s a sűrített levegő alkalmazása esetén. Általánosságban azonban elmondható, hogy a tipikus 2–5 s időtartamú késedelem 0,2–0,3 s-ra csökkenthető, így a járművezető számára a késedelem megszűnik.



7. ábra: a motorfordulat, motornyomaték és feltöltési nyomás lefutása

A motor nyomatéka a nyomáshoz hasonlóan épül fel, mivel a teljes gázpedál lenyomása esetén a motorvezérlő füstkorlátozója határozza meg a tüzelőanyag-dózist, így a nyomatékot is. A nagyobb nyomaték miatt a fordulatszám is hamarabb kezd nőni, így végül a jármű sebessége is.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kompressziógyújtású motorok tüzelőanyag-fogyasztásának csökkentésére az ún. „downsizing” elv nyújt egy hatékony lehetőséget, de a motor maximális nyomatékának elérésére a motor feltöltése válik szükségessé. Egy kompakt megoldás a turbófeltöltés, amelynek azonban az a nehézsége, hogy a járművezető gyors motornyomaték-igényére csak lassú a válasza. Ezt az időkésséget nevezik turbólyuknak. Jelen cikk turbófeltöltésű haszonjármű-motorok tranziens késedelmének vizsgálatával, illetve a sűrített levegő turbókésedelem-csökkentő alkalmazásának hatásával foglalkozik.

A vizsgálatokat szimulációs eszközök segítségével végeztük két különböző módon. Az első az ún. hullámjelenség alapú motormodellekkel, a második esetben pedig az ún. középértékmodellekkel. Előbbi esetben lehetőség nyílik a motor szívó- és kipufogójárataiban létrejövő hullámjelenségek vizsgálatára, amelyek a motor teljesítményét és dinamikáját jelentősen befolyásolják. Ezen túl ez a részletes modellezési módszer leírást ad a hengerben zajló égésfolyamatokra is, amelyek a motor termikus és mechanikai terhelési jellemzőit adják meg. Az utóbbi modellezési módszer esetén pedig egy kisebb pontosságú, de a globális dinamikai folyamatokat jól leíró modellhez jutunk, amely alkalmas szabályozástervezési célokra.

IRODALOM

- [1] B. Ubanwa, M. Kowalczyk., 1993, "Optimization Procedure for Matching Exhaust Waste-Gate Turbocharger to Automotive Diesel Engine", SAE931102, pp. 257-275
- [2] Y. Chi, J. Cheong, C. Kim and K. Choi, 2002, "Effects of VGT and Injection Parameters on Performance of HSDI Diesel Engine with Common Rail FIE System", SAE 2002-01-0504, pp. 1-7
- [3] U. Hopmann and M. C. Algrain, 2003, "Diesel Engine Electric Turbo Compound Technology", SAE 2003-01-2294, pp. 1-7.
- [4] H. Németh and E. Gerum, 2005, "Einrichtung zur Frischluftversorgung einer turbo-aufgeladenen Kolbenbrennkraftmaschine und Verfahren zum Betrieb derselben", Deutsche Patentanmeldung Nr. 102005051687.4
- [5] Gamma Technologies, 2004, "GT-Power User's Manual", v6.1, pp. 1-286.
- [6] The Mathworks, 2005, "Using Simulink", v6.3, pp. 1-634.

Önerősítésű tárcsafék dinamikája

Stréli Tamás
Balogh Levente
Németh Huba
Stépán Gábor
Palkovics László

Jelen cikk egy haszonjárművekhez kifejlesztett önerősítésű tárcsafék dinamikai modellezésével és a modellen keresztüli vizsgálatával foglalkozik. Egy új, célszerű mechanikai konstrukció segítségével, az önerősítés jelenségének kihasználásával jelentősen csökkenthető a fékezésre fordított energiabefektetés. Ezáltal jelentősen kisebb teljesítményű beavatkozó is elegendő, azonban az önerősítéssel rendelkező mechanikai rendszer irányítása rengeteg további kérdést felvet, mivel bizonyos feltételek mellett egy önmagában instabil, erősen nemlineáris rendszerről van szó. Ez a tény indokolja a rendszer dinamikájának részletes modellezési igényét. Továbbá a rendszer energiabefektetési igényének alacsony szintje lehetővé teszi az elektromos beavatkozó alkalmazását.

A simplified mechanical model of a disc brake system of heavy commercial vehicles is compiled in this paper. With the help of an appropriate new mechanical construction of the brake, the self-locking phenomenon is able to provide a kind of ideal "self-braking". This may need relatively small energy consumption at the actuators, but the control of the self-locking brake is a very sensitive problem since the mechanical system is tuned into the neighbourhood of one of its unstable states. This explains why a precise mechanical modelling of the advanced electro-mechanical brake systems is necessary. Analytical results are presented to demonstrate the behaviour of the mechanical model.

BEVEZETÉS

Az elektromechanikus önerősítésű kerékfék előnyei két fő tényezőben foglalhatók össze a hagyományos sűrített levegős haszonjármű-fékrendszerrel szemben. Az egyik előny, hogy a felhasznált komponensek száma jelentősen csökkenthető, ezáltal a rendszer megbízhatósága növelhető, valamint az ára is csökkenthető. A másik előny, hogy a fékezésre fordított, kívülről befektetendő energia jelentősen csökkenthető. Ebből kifolyólag a jármű tüzelőanyag-fogyasztása csökken, valamint a beavatkozó aktuátorok mérete is csökken, így a kerékfékkomponens beépítési mérete is csökken, amely a független kerékfelfüggesztés utóbbi időben haszonjárműveknél való elterjedésével egyre nagyobb hangsúlyt kap. A sűrített levegő felhasználásának elmaradása miatt a rendszer fékezési zaja is csökken.

Az ék önzárása, önerősítése közismert jelenség, amely lehetőséget nyújt a jármű kinetikai energiája egy részének a fékezésre való fordítására. Az ék felhasználása azonban különböző konstrukciós kialakításokon keresztül valósítható meg. A konstrukciós kialakítás fő szempontjai között a szükséges aktuátorenergia, megbízhatóság, költségek, és nem utolsósorban annak irányíthatósága szerepel.

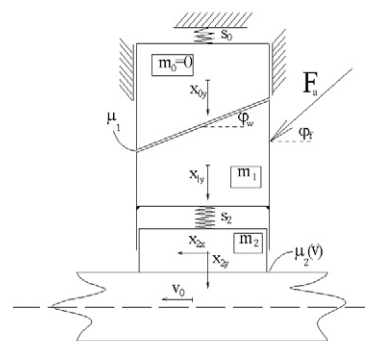
Az önerősítéssel, illetve önzárással rendelkező kerékfék irányítása egy komplex feladat, mivel a nyílt hurkú rendszer az instabilitás tartományában, illetve annak határán működik. A következőkben leírt nemlineáris modell mozgásegyenletei a lehető legegyszerűbb alakot célozzák meg, amely a működést kellő pontossággal leírja. A rendszer stabilitását és nemlineáris lengéseit analitikus formában vizsgáljuk. Ezen kívül az irányíthatóság és állapotmegfigyelhetőség kérdését egy munkapontban linearizált változat segítségével határozzuk meg. Az elkészített modell numerikus szimulációja révén további fontos rendszerjellemzők vizsgálhatók, mint például a paraméterek érzékenysége. Mindezek az analíziszeszközök fontos támpontot jelentenek az irányítási stratégiák kidolgozásánál.

MODELLALKOTÁS

A mechanizmus két szabadságfokkal rendelkezik, a két kiválasztott általános koordináta a fékpofa x vízszintes és y , függőleges elmozdulása. A fékezés alatt az ék két érintkező alkatrésze, a nyereg és a nyomólap nem válik el egymástól, így elmozdulásukat a közöttük fellépő kényszer fejezi ki. Ezt felhasználva lehet a modellt két szabadságfokúvá egyszerűsíteni, melyben az algebrailag

kifejezett koordináták összefüggései az ékszög és a nyereg-nyomólap közti súrlódástól függ. A rendszer nemlinearitását főként a mozgásegyenletekben megjelenő súrlódás okozza.

A súrlódási energia elvén működő önerősítő fék szerkezet mechanikai működésének leírásához definiálni kell a valódi elemeket reprezentáló modell alkotórészeket. A modellezés célja, hogy 10%-os pontossággal le tudja írni a valós rendszert a fékezésnek megfelelő működési tartományban [1]. Figyelembe véve az önerősítő fék működését, az 1. ábrán látható modellt alkotjuk meg.



1. ábra: az önerősítő fékmechanizmus mechanikai modellje

A rendszer rugalmassága döntően a fékbetét és a féknyereg deformációjából ered. Ez y irányban 3 mozgó tömeget jelent. Ugyanakkor az ékprofil és a fékbetét x irányban egy újabb mérlegelési térfogatot képvisel. Ennek megfelelően a rendszer működése összesen 8 állapotváltozó segítségével írható le 4 mérlegelési térfogatban, melyek a következők:

- a féknyereg y irányban,
- az ék y irányban,
- a fékbetét y irányban,
- az ék és a fékbetét együttese x irányban.

HIBRID ELEMOK

A vázolt mechanizmus vizsgálata nemcsak a rendszerben található súrlódások okozta nemlinearitások, hanem a hibrid elemek – vagy más néven kapcsolófüggvények – miatt is különösen érdekes. Sőt, maguk a súrlódások is hibrid elemként kezelendők. Ennek

megfelelően az ék és a féknyereg közötti súrlódás, a tárcsa és a betét közötti súrlódás és a tárcsa–betét kontaktus képezi a rendszer 3 hibrid elemét [2, 3]. Ezek közül a súrlódások egyenként 3, a kontaktus pedig 2 módot reprezentál. Az előbbieknél a három mód a negatív, a nulla közeli és a pozitív relatív sebesség eredményez különböző összefüggéseket. A tárcsa–betét kontaktus meglététől függően pedig a normálerő a tárcsán vagy arányos a merevséggel és a csillapítással, vagy nulla. Így $2 \times 3 \times 3 = 18$ hibrid mód definiálható. Ugyan ebből nem mind független hibrid mód, mégis a szám túl nagy ahhoz, hogy minden állapotban elemezzük a modellt. Ennek megfelelően egy ún. nominális hibrid módban vizsgáljuk a rendszert, amely alapvetően jellemző a rendszer működésére.

Esetünkben a fékerő növelése az az állapot, amelyet kinevezünk nominális hibrid módnak. Ekkor a hibrid elemek leírása (1)–(3) szerint alakul.

$$x_{2y} \geq 0 \Rightarrow F_{n2} = s_d \cdot x_{2y} + k_d \cdot x_{2y} \quad (1)$$

$$v_{1x} > \varepsilon_2 \Rightarrow F_{f1} = \mu_1 \cdot F_{n0} \quad (2)$$

$$(v_d - v_{2x}) > \varepsilon_1 \Rightarrow F_{f2} = \mu_2 (1 + e^{-\beta(v_d - v_{2x})}) \cdot F_{n2} \quad (3)$$

Látható a (3) összefüggésből, hogy a modell továbbra is nemlineáris a nominális hibrid módban, mivel a súrlódás sebességfüggése a tapasztalatok alapján nem hagyható figyelmen kívül. A későbbiekben azonban látni fogjuk, miként lehet linearizálni a modellt a könnyebb vizsgálat érdekében.

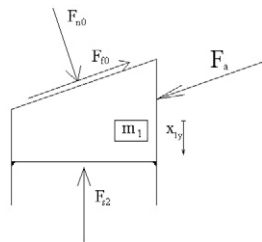
MEGMARADÁSI EGYENLETEK

A mérlegelési térfogatok meghatározásával az impulzus-megmaradási egyenletek alkalmazhatóak a rendszer leírására, ahogy a (4) összefüggés mutatja.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{impulzus} \\ \text{változás} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{rendszerbe belépő} \\ \text{impulzus} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{rendszerből kilépő} \\ \text{impulzus} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{rendszerre ható} \\ \text{erők összege} \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$\frac{dM}{dt} = M_i - M_o + \sum_{k=1}^p F_k \quad (5)$$

Példaként a 2. ábra az ékelemre ható erők relációját mutatja be.



2. ábra: az ékelem mérlegelési térfogata

$$\frac{dv_{1y}}{dt} = \frac{F_{n0y} - F_{f0y} - F_{f2y} + F_{gy}}{m_1} \quad \frac{dx_{1y}}{dt} = v_{1y} \quad (6)$$

A további elemek esetében az eljárás megegyezik, kivéve az ék–fékbetét együttes térfogatát, ahol összegezni kell mindkét tömeget és az azokra együttesen ható erőket. Így a féknyereg (7), a fékbetét (y irányban) (8) és az ékelem–fékbetét együttesére (x irányban) (9) összefüggés írható fel.

$$\frac{dv_{0y}}{dt} = \frac{F_{f0y} - F_{n0y} - F_{f2y}}{m_0} \quad \frac{dx_{0y}}{dt} = v_{0y} \quad (7)$$

$$\frac{dv_{2y}}{dt} = \frac{F_{f2y} - F_{n2y}}{m_2} \quad \frac{dx_{2y}}{dt} = v_{2y} \quad (8)$$

$$\frac{dv_{2x}}{dt} = \frac{F_{f2x} + F_{f2y} - F_{n2x} - F_{f0x}}{m_1 + m_2} \quad \frac{dx_{2x}}{dt} = v_{2x} \quad (9)$$

A RENDSZER ÁLLAPOTTÉR-LEÍRÁSA

A rendszer állapotter-leírásához elsőként definiálnunk kell az állapotvektort. Mivel négy mérlegelési térfogatot definiáltunk, négy sebesség és négy elmozdulás képezi az állapotvektort (10).

$$\mathbf{x} = [x_{2x} \quad v_{2x} \quad x_{2y} \quad v_{2y} \quad x_{1y} \quad v_{1y} \quad x_{0y} \quad v_{0y}]^T \quad (10)$$

Bár a tárcsa felületén jelentkező súrlódás relatív sebességfüggését figyelembe veszi annak exponenciális függvényleírása, maga a μ_2 koefficiensre is számos tényező gyakorol hatást, mint a nyomás, hőmérséklet, felületi nedvesség stb. Ennek megfelelően nem tekinthetjük a rendszer konstans paraméterének. A súrlódási tényező kifejezésének változója továbbá a tárcsa sebessége, melynek alakulása a járműtől függ, modellünk nem tartalmazza ennek leírását. E két tényezőt így a rendszer zavarásvektorában (11) kell feltüntetnünk.

$$\mathbf{d} = [\mu_2 \quad v_d]^T \quad (11)$$

A rendszer bemenete a beavatkozó erő, mely az ékelemre gyakorol hatást (12).

$$\mathbf{u} = [F_a] \quad (12)$$

A rendszer identifikációjához az ékelem elmozdulását és a keletkező normálerőt kívánjuk mérni, melyek a kimeneti vektort (13) képezik.

$$\mathbf{y} = [x_{2x} \quad F_{n2}]^T \quad (13)$$

A jelenlegi fékrendszerekben azok szabályozott kimenete a munkavégző folyadék, ill. levegő nyomása. Esetünkben elsőként az ezzel analóg normálerőt tekintjük szabályozott kimenetnek (14).

$$\mathbf{z} = [F_{n2}] \quad (14)$$

Mivel modellünk nem lineáris és hibrid elemeket tartalmaz, az állapotegyenlete a (15) formát veszi fel, ahol az r argumentum jelöli az adott hibrid mód sorszámát [4].

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{2x} \\ \dot{v}_{2x} \\ \dot{x}_{2y} \\ \dot{v}_{2y} \\ \dot{x}_{1y} \\ \dot{v}_{1y} \\ \dot{x}_{0y} \\ \dot{v}_{0y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_2(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_3(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_4(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_5(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_6(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_7(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \\ f_8(\mathbf{x}, \mathbf{d}, r) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1(\mathbf{x}) \\ g_2(\mathbf{x}) \\ g_3(\mathbf{x}) \\ g_4(\mathbf{x}) \\ g_5(\mathbf{x}) \\ g_6(\mathbf{x}) \\ g_7(\mathbf{x}) \\ g_8(\mathbf{x}) \end{bmatrix} \mathbf{u}, \quad (15)$$

A MODELL LINEARIZÁCIÓJA

A hibrid módok miatt, valamint a súrlódás kifejezése miatt a rendszer nemlineáris. Hogy az analitikus rendszervizsgálatok alkalmazhatóak legyenek modellünkre, a jellemző munkapontban lineáris közelítéssel kell élnünk. Ez a munkapont a fő működési tartományba kell, hogy essen. Ezen felül néhány további egyszerűsítési feltétel segítségével a modell két szabadságfokúvá redukálható. A megállapítások a következők:

- A fékbetét a fékezés alatt folyamatosan kapcsolatban áll a tárcsával.
- Az ékelem és a féknyereg érintkező felületén a súrlódás nulla.
- A tárcsa sebessége jóval nagyobb a vele érintkező fékbetét sebességénél.
- Az ékelem és a féknyereg folyamatosan kapcsolatban van.
- A rendszer csillapítását figyelmen kívül hagyjuk.

Az előbbi megállapítások matematikai megfogalmazását mutatják a (16)–(20) összefüggések.

$$x_{2y} = 0 \quad (16)$$

$$\mu_1 = 0 \quad (17)$$

$$v_d \gg v_{2x} \quad (18)$$

$$x_{0y} = x_{1y} - x_{2x} \cdot \tan \varphi_w \quad (19)$$

$$k_i = 0 \quad (20)$$

Így a mozgásegyenletek mátrix alakja a (21) szerinti formát veszi fel.

$$\begin{bmatrix} m_1 + m_2 + m_0 \tan \varphi_w & -m_0 \tan \varphi_w \\ -m_0 \tan \varphi_w & m_0 + m_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_{2x} \\ \ddot{x}_{1y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s_0 \tan^2 \varphi_w & -(s_0 \tan \varphi_w + \mu_2 (v_d) s_2) \\ -s_0 \tan \varphi_w & s_0 + s_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_{2x} \\ \dot{x}_{1y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{2x} \cos \varphi_w \\ F_{2x} \sin \varphi_w \end{bmatrix} \quad (21)$$

STABILITÁSVIZSGÁLAT

Érezhető, hogy az önzárásnak megfelelő ékszög – súrlódási együttható környékén a rendszer viselkedése instabillá válhat. Ennek megfelelően a megfigyelhetőség és az irányíthatóság vizsgálata előtt a rendszer stabilitási feltételeit kell megvizsgálnunk.

A mozgásegyenletek mátrixalakját a kis zavarásokra (22) szerint írhatjuk fel, ahol az általános tömeg és merevségi mátrixok alakja (23) szerint alakul.

$$M \begin{bmatrix} \ddot{\xi} \\ \ddot{\eta} \end{bmatrix} + S \begin{bmatrix} \dot{\xi} \\ \dot{\eta} \end{bmatrix} = 0, \quad (22)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_1 + m_2 + m_0 \tan \varphi_w & -m_0 \tan \varphi_w \\ -m_0 \tan \varphi_w & m_0 + m_1 \end{bmatrix}, \quad S = \begin{bmatrix} s_0 \tan^2 \varphi_w & -(s_0 \tan \varphi_w + \mu_2 (v_d) s_2) \\ -s_0 \tan \varphi_w & s_0 + s_2 \end{bmatrix}. \quad (23)$$

A rendszer aszimptotikus stabilitását a karakterisztikus polinom megoldásai határozzák meg (24), (25).

$$\det(\lambda^2 M + S) = 0 \quad \lambda \in \mathbb{C} \quad (24)$$

$$a_4 \lambda^4 + a_2 \lambda^2 + a_0 = 0, \quad (25)$$

A rendszer stabil (Lyapunov szerint), ha a kifejezés együtthatói pozitívak (26)–(28) és a (29) feltétel igaz.

$$a_4 = \det M = (m_1 + m_2 + m_0 \tan^2 \varphi_w) m_1 + (m_1 + m_2) m_0 > 0, \quad (26)$$

$$a_2 = (m_1 + m_2)(s_0 + s_2) + s_0 m_1 \tan^2 \varphi_w + m_0 s_2 \tan \varphi_w (\tan \varphi_w - \mu_2 (v_d)) > 0, \quad (27)$$

$$a_0 = \det S = s_0 s_2 \tan \varphi_w (\tan \varphi_w - \mu_2 (v_d)) > 0, \quad (28)$$

$$\sqrt{a_2^2 - 4a_4 a_0} > 0. \quad (29)$$

A (28) feltétel igaz, ha a (30) is igaz, valamint a többi feltétel a paraméterek valós tartományában szintén teljesül.

$$\tan \varphi_w > \mu_2 (v_d) \quad (30)$$

A (30) feltétel igazolja sejtésünket, miszerint a rendszer stabilitása döntően függ az adott ékszög mellett megjelenő súrlódási együttható értékétől. Amennyiben ez meghaladja az ékszög tangensét, a rendszer instabillá válik. Ez a tény igen magas robusztussági követelményeket támaszt a szabályozással szemben, hiszen ahogy korábban említettük, a súrlódás igen változatos hatás esetén igen sztochasztikus viselkedést mutathat; értéke széles tartományban változhat.

MEGFIGYELHETŐSÉG ÉS IRÁNYÍTHATÓSÁG

A szabályzó tervezése előtt tudnunk kell, hogy a rendszer irányítható-e az alábbi értelemben véve: a rendszer állapotirányítható, ha véges idő alatt eljuttatható bármely $x(t_0)$ kezdeti állapotból bármely $x(t_1)$ kívánt állapotba valamilyen valós $u(t)$ beavatkozás segítségével. Mivel a rendszer minden állapotváltozóját nem mérhetjük, szükséges tudni, hogy azok megfigyelhetőek-e, melynek

definíciója a következő: a rendszer megfigyelhető, amennyiben $x(t_0)$ kezdeti állapot meghatározható az $y(t)$ kimenetből és az $u(t)$ beavatkozásból.

A vizsgálathoz fel kell írunk (31)–(32)-ben a rendszerállapotter reprezentációját, ahol (21) és (23) szerint az állapotvektor és a beavatkozó vektor, valamint a rendszer-, bemeneti és kimeneti mátrixok a (34) és (35) felírásban öltenek formát.

$$\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u \quad (31)$$

$$y = C \cdot x \quad (32)$$

$$x = \begin{bmatrix} x_{2x} & x_{1y} & v_{2x} & v_{1y} \end{bmatrix}^T, \quad u = \begin{bmatrix} F_{2x} \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} x_{2x} & F_{2x} \end{bmatrix}^T \quad (33)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{m_1 s_0 \tan^2 \varphi_w}{(m_0 + m_1)(m_1 + m_2) + m_0 m_1 \tan \varphi_w} & \frac{(m_1 s_0 - m_0 s_2) \tan \varphi_w + (m_0 + m_1) s_2 \mu_2}{(m_0 + m_1)(m_1 + m_2) + m_0 m_1 \tan \varphi_w} & 0 & 0 \\ \frac{(m_1 + m_2) s_0 \tan \varphi_w}{(m_0 + m_1)(m_1 + m_2) + m_0 m_1 \tan \varphi_w} & -\frac{(m_1 + m_2)(s_0 + s_2) + m_0 s_2 \tan \alpha (\mu_2 - \tan \varphi_w)}{(m_0 + m_1)(m_1 + m_2) + m_0 m_1 \tan \varphi_w} & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (34)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cos \varphi_f \\ \sin \varphi_f \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (35)$$

A lineáris, időinvariáns rendszer állapotirányítható, ha a (33) szerinti $n \times (np) = 4 \times 4$ -es irányíthatósági mátrix rangja $n=4$ úgy, hogy p a bemenetek száma az $u(t)$ vektorban.

$$U_s = [B \quad AB \quad A^2 B \quad A^3 B] \quad (36)$$

Továbbá ez a p számú bemenettel és q számú kimenettel rendelkező rendszer megfigyelhető, ha a (34) szerinti $nq \times n = 8 \times 4$ megfigyelhetőségi mátrix rangja $n=4$.

$$V_s = [C^T \quad A^T C^T \quad (A^2)^T C^T \quad (A^3)^T C^T] \quad (37)$$

Mivel esetünkben a rendszerre $\text{rang}(U_s) = \text{rang}(V_s) = 4 = n$, a linearizált fékmechanizmus-modell a linearizált munkapontban lokálisan megfigyelhető és állapotirányítható.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fentiekben bemutatásra került, hogy milyen tényezőket kell figyelembe venni egy nemlineáris hibrid rendszer modellezésénél. Mindezt a tárcsafékek egy jövőbeli generációjának vizsgálatán keresztül tettük azzal a céllal, hogy rámutassunk az öngerősítő mechanizmusokban rejlő kérdéses jelenségekre, és az azok okozta potenciális stabilitási problémákra. Ugyan a modell analitikus vizsgálata annak linearizálását igényelte, mégis a mérnöki intuícióval azonos eredményt kaptunk eredményül. Látható, hogy maga az öngerősítés forrása, a súrlódás és annak jelentős változása támaszt a rendszer szabályozásával szemben szigorú követelményeket.

A kapott eredmények alapján a munkapontban linearizált rendszer állapotmegfigyelhető, állapotirányítható és az ékszögnél kisebb súrlódási félkúpszögeknek lokálisan stabil, e felett instabil. A fenti eredmények alapvetően meghatározzák az alkalmazandó irányítási stratégiákat és a szabályozó struktúráját.

IRODALOM

- [1] Hangos, K. M. and Cameron, I. T., 2001, Process Modelling and Model Analysis, Academic Press (London)
- [2] Dupont, P. and Dunlap, E., 1995, Friction Modelling and PD Compensation at Very Low Velocities, ASME Journal of Dynamic Systems, 117(1) 8–14
- [3] Johansson, R. and Rantzer, A., 2003, Nonlinear and Hybrid Systems in Automotive Control, Springer (London)
- [4] Ljung, L., 1996, Hybrid and discrete systems in automatic control – some new (Linköping) approaches, Preprints, Reglermöte 96, Lulea

Járművezetők vezetési stílusának kutatása és értékelése

Balogh Levente

Napjainkban a gépjárművek üzemeltetése igen kiélezett keretek között, a lehető legnagyobb kihasználtság és teljesítmény mellett zajlik. Fokozódik a balesetek valószínűsége, melynek hátterében igen gyakran maga az ember, azaz a vezető áll. Ez azt indokolja, hogy fontos megoldást találni a vezetők viselkedésének elemzésére, és beavatkozni annak érdekében, hogy biztonságosabb és hatékonyabb legyen a közlekedés. Viszont a vezető viselkedésének tanulmányozása igen összetett feladat, több szemszögből vizsgálható. Ennek egyik pontja lehet azoknak az eljárásoknak az összessége, mely a jármű állapotából és paramétereiből következtet arra a – viszonylag szubjektíven megállapítható – vezetői stílusra, amely szerint az adott sofőr viselkedik.

Nowadays the maintenance of commercial vehicles is intensified. The target is always the reaching of the utilisation and performance maximum. The probability of the accidents increases that is often caused by the human; the driver. This is the reason of the looking for solutions of driver behaviour estimation. Based on this estimation the invention on behalf of the safety and effectiveness is also a target. However the analysis of driver behaviour is a very complex study; it should be examined from different viewpoints. One part of this area is the heap of the procedures that produce consequences (sometimes very subjective) from the motion, parameters and the state of vehicle to estimate the driver's actual behaviour, how the driver acts.

1. KONCEPCIÓ

A vezetési stílus értékelése az ember–jármű–környezet kapcsolatrendszerben két relációban végezhető vizsgálatra bontható. Az ember–jármű együttműködésnek alapvetően hatékonysági vonatkozásait lehet következtetésként levonni, mint vezetői stílusra jellemző mutató. Ugyanakkor a jármű–környezet viszonyrendszerében a közlekedésbiztonság kerül előtérbe, amelyre gyakorolt vezetői hatást szintén kategorizálni lehet. Mindezek mentén a vezetői stílus becslés két szemléletre szakad, melyeket párhuzamosan fejlesztünk, hogy kombinációjukkal még átfogóbb, és az adott igény szerinti értékelést adhassunk:

1.1. A vezető elemzése hatékonysági szempontból

Egy flottatulajdonos számára egy, a vezetési stílus megfigyelésére alkalmas flottamenedzsment-rendszer megvétele és felszerelése a járművekre hamar megtérül az alábbi tényezők következtében:

- a gépjármű tüzelőanyag- és üzemanyag-fogyasztásának csökkentése,
- a gépjárműalkatrészek kopásának, igénybevételének csökkentése,
- a gépjármű és az általa szállított rakomány biztonságának növelése.

A fent említett tényezők abból adódnak, ha a jármű vezetője tudja, hogy vezetés közben figyelik a munkáját, akkor nagyobb odafigyeléssel végzi azt. Ezáltal realizálható lesz a költségek csökkenése.

1.2. A vezető elemzése vezetési biztonság szempontjából

A vezető vezetési stílusa a közlekedésben, illetve a szállításban több szempontból értékelendő tényező:

- közlekedési alkalmasság,
- fizikai alkalmasság,
- mentalitásbeli alkalmasság.

Amennyiben a vezető vezetési stílusát elemezve felismerjük, hogy az átlagosnál agresszívebben vezet, erre időben figyelmeztetve őt akár balesetek, káresemények is megelőzhetőek, ill. az üzemeltetési költségek akár jelentősen csökkenthetőek. A járművezetőket az alábbiakban vezetési stílusuk alapján három csoportba soroltuk, és célunk olyan elemző algoritmus kialakítása, mely a monitorozott paraméterek, jellemzők alapján a vizsgált vezetőt valamely kategóriába sorolja, azaz minősíti.

2. FELHASZNÁLT INFORMÁCIÓK

A vezetőpontozáshoz olyan információkat használunk fel, amelyek a vezetési stílusra következtetnek és a járművön rendelkezésre állnak. Fontos azonban annak megállapítása, hogy mikor történik vészhelyzet-elhárítás, mert ebben az esetben nem szabad „büntetni” a vezetőt. A logika bejövő információi a jármű CAN-hálózatából és egy külső hőmérséklet-jeladóból származnak:

- hosszirányú dinamika: motorfordulatszám, fékpedálállás, gázpedálállás, járműsebesség, ABS-, ASR-aktivitás
- keresztirányú dinamika: járműsebesség, kormányszög, ESP-aktivitás
- környezeti változó: külső hőmérséklet.

A külső hőmérséklet figyelése biztosítja azt, hogy a vezetőt az adott körülmények között értékelhessük. Belátható, hogy egy jeges úton megvalósuló sokszori ABS-aktivitás nem egy rossz vezetői stílust reprezentál, hanem a kerék tapadásának oly alacsony határértékét, melyet a vezető képtelen érzékelni.

Míg a gazdaságossági elemzés arra koncentrál, milyen beavatkozásokkal akarja a vezető megvalósítani a jármű mozgását, addig biztonsági szempontból maga a megvalósuló mozgás a mérvadó. Ennek megfelelően a biztonsági szempontból végzett elemzéshez szükségünk van a jármű hossz- és keresztirányú gyorsulására is, még akár azon az áron is, hogy kiegészítő szenzorokat kell felszerelnünk.

3. AZ ÉRTÉKELÉS EREDMÉNYE

A vezető stílusának gazdaságossági hatása legjobban egy finom skálán reprezentálható, hiszen a megtérülés is folytonosnak tekinthető mérőszámmal, azaz forintban kifejezett értékkel számolható. Ez indokolja, hogy a vezetőkhoz egy nullától százig terjedő érték kerül hozzárendelésre, amit a vezető pontszámának nevezünk.

A vezetői stílus biztonságra jellemző értékelése ezzel szemben nem kezelhető folytonos skálán. Egyértelmű határt kell húznunk a megfelelő és a nemkívánatos stílus között. Így egy normál vezetői stílus definiálásán túl csupán azzal tehetjük még informatívabbá az értékelést, hogy az ettől a tartománytól való eltérés irányát adjuk meg. Az így keletkező három vezetői stílus rövid leírása a következő:

- átlagos vezető: legfontosabb jellemzője, hogy a lehető legnagyobb mértékben alkalmazkodik a körülötte zajló forgalomhoz, annak ritmusához. Jól, gyorsan felismeri a pillanatnyi közlekedési szituációkat, és úgy reagál, hogy manővereivel a körülötte közlekedőket a legkevésbé kényszerítse sebességük, ill. haladási irányuk hirtelen megváltoztatására, és végje rakományát is a sérülésektől.
- lassú vezető: az átlagos vezetőnél lassabban reagál a körülötte zajló forgalom eseményeire. Lassabban alkalmazkodik a változó sebességviszonyokhoz. Bizonyos esetekben kifejezetten balesetveszélyes lehet, ha a vezető járművével nem tud alkalmazkodni környezetéhez: például a vártnál később, lassabban elindulva megnövekszik a ráfutás veszélye.
- agresszív vezető: jellegzetes, hogy a jármű vezetője előzésknél, sávváltásoknál hirtelen kormánymozdulatokkal hajtja végre a manővereket: ezek extrém nagy oldalgyorsulást eredményeznek, csökkenhet a biztonságos oldaltávolság: ez zavarhatja a forgalom többi résztvevőjét, esetleg menekülő reakciót válthat ki azokból, ami fokozottan balesetveszélyes forgalmi szituációt eredményezhet.

Kombinálhatóak az eljárások azzal, hogy a biztonsági elemzés eredményét is a hatékonysági eljárás bemeneteként felhasználjuk az 1. táblázat szerinti értékek segítségével.

		Vezetési stílus		
		Lassú	Átlagos	Agresszív
Fedélzeti diagnosztikával mérhető üzemi paraméterek	Gyorsulások	kisebb	átlagos	nagyobb
	Gyorsulás-felfutások	kisebb	átlagos	nagyobb
Hatása	Tüzelőanyag-fogyasztás	kisebb	átlagos	sokkal nagyobb
	Fogyó-kopó alkatrészek elhasználódása	lassabb	átlagos	sokkal gyorsabb
	Szállítási hatékonyság	kisebb	átlagos	átlagos
	Szállított áru védelme	nagyobb	átlagos	kisebb
	Közlekedés-biztonság	kisebb	átlagos	kisebb

1. táblázat: az egyes vezetői stílusokra jellemző mérhető üzemi paraméterek, illetve a vezetői stílus hatásai

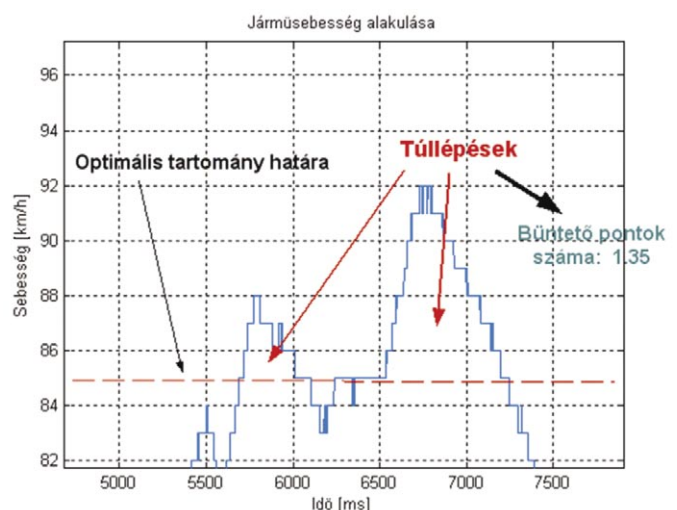
4. AZ ELJÁRÁSOK MŰKÖDÉSI ELVE

A két különböző szemlélet alapján értékelő eljárás elve is különböző, hiszen már a kimenetük esetében is az egyik folytonos, a másik diszkrét eredményt szolgáltat. Ezen túl a gazdaságossági elemzés a jármű CAN-hálózatán található információkra épít, melyek a technika fejlődésével egyre csak bővülni fognak. Vagyis az eljárásnak biztosítani kell további inputok bevonását is. A biztonsági vizsgálatnak azonban robusztusnak kell lennie, és csak a fő dinamikát kell figyelembe vennie, azaz bemenetei rögzítettek.

4.1. A hatékonysági eljárás

A járművezető vezetői viselkedéséhez hozzárendelünk egy számot. Kiindulási értéként ez 100 pontot jelent. Ezt nevezzük vezetői pontszámnak. Minél magasabb ez a pontszám, annál nyugodtabb a vezető viselkedése, és minél kisebb a szám, annál agresszívabb. A jármű mozgása során a megfigyelt paraméterekhez hozzárendelünk egy-egy másik számot, ami az aktuális paraméter büntetőszámát jelenti. Ezzel a számértékeléssel csökkentjük a vezetői pontszámot. Így van büntetőszáma az ABS/ASR/ESP aktivitásnak, járműsebességnek, kritikus fékezésnek és gyorsulásnak. Azonban a megfigyelt paraméterek nem egyforma súllyal rendelkeznek, ezért egy újabb szám utal a paraméter fontosságára. Például az ESP-aktivitás megjelenése azt sugallja, hogy a vezető olyan határhelyzetben vezeti a járművet, ami nyugodt vezetéssel elkerülhető lenne. Ezért ezt az információt nagyobb súllyal veszi figyelembe az algoritmus.

Az előre meghatározott tartomány túllépése esetén a túllépés idejét és mértékét figyelembe vevő érték keletkezik. Több megfigyelt adat esetén optimális tartományok lettek kijelölve, amelyek túllépése eredményez pontlevonást. A túllépés idejét és mértékét is figyelembe kell venni a büntető pontszám kiszámításánál, mert ha az optimális tartomány pl. 85 km/h, akkor azt a vezetőt, aki 110 km/h-val halad huzamosabb ideig a járművel, nagyobb büntetőponttal kell sújtani, mint aki csak 95 km/h-ra gyorsul fel néhány másodpercig. Az előre definiált tartomány túllépésére először csak figyelmeztetni kell a vezetőt, és ha nem csökkenti a túllépés mértékét, akkor vesszük figyelembe a tartomány túllépését, ahogy az az 1. ábrán látható.



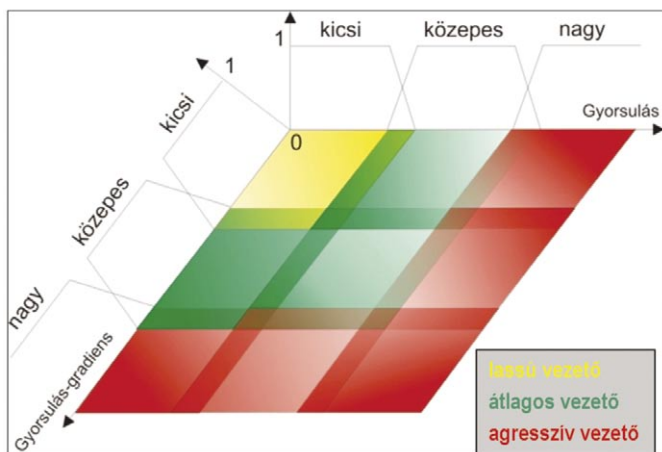
1. ábra: túllépés mértéke / Büntetőpontok száma

A kapott értéket szorozzuk a paraméter súlyozószámával és lesz a paraméterhez tartozó büntetőszám, melyeket összegzünk. A tartomány túllépése miatt kapott számot meg kell szorozni az

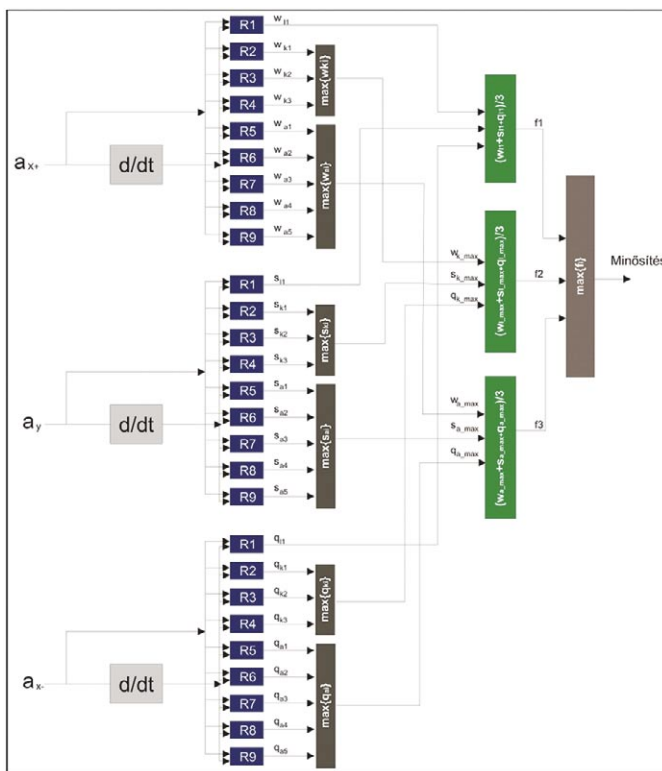
adott paraméter súlyzószámával, és így alakul ki a megfigyelt paraméter végleges büntető pontszáma. A büntető pontszámok összegét kivonjuk a vezető aktuális pontszámából, és így kapjuk a végleges pontszámot. Az összes figyelt paraméter büntetőszámát kivonjuk a vezető pontszámából, akkor alakul ki a végleges pontszám.

Járműsebességhez tartozó büntetőszám:	1,62
Keresztirányú dinamikához tartozó büntetőszám:	0,7
Hosszirányú dinamikához tartozó büntetőszám:	0,1
Biztonsági rendszerekhez tartozó büntetőszám:	0
A büntetőpontok összege:	$1,62 + 0,7 + 0,1 + 0 = 2,42$
Végleges vezetői pontszám:	$100 - 2,42 = 97,58$

2. táblázat: példa a büntetőpontok számítására



2. ábra: a létrehozott szabálybázisok és azok kimeneti értékei



3. ábra: a vezető minősítő algoritmus blokkdiagramja

4.2. A biztonsági értékelés lépései

Elemző algoritmusunkat egy úgynevezett fuzzy szakértő rendszerrel valósítjuk meg, mivel a modellezett probléma lehetséges bemeneti értékei – vagy ami a bizonytalanságot jobban kifejezi: tulajdonságai – között nincsenek éles határok, ahol egy tulajdonság megléte vagy hiánya között az átmenet szükségszerűen folytonos.

A fuzzy szakértő rendszerek nagy előnye a klasszikus szakértő rendszerekkel szemben, hogy itt nem szükséges olyan nagyszámú szimbólum használata, hanem egyes szimbólumokhoz tagsági függvények rendelődnek, amelyek a szimbólumhoz rendelt tipikus értéktől való távolodásnak megfelelően egyre kisebb igazságértéket hordoznak. Ezek minden esetben fuzzy-halmazok. Az ilyen szakértő rendszerek a megfigyelt jellegzetes pontokon a tudásbázis alapvető elemeit alkotó szabályokból állnak, ezek között pedig a részlegesen átlapoló tagsági függvények figyelembevételével interpolációs jellegű közelítés történik. A fuzzy szakértői rendszer input dimenzióit illetve az input dimenziók lehetséges bemeneti értékeit lefedő fuzzy-halmazok, valamint a rendszer lingvisztikus kimeneti értékei a 2. ábrán láthatóak. A bemeneti halmazokat a gyorsításra, a lassításra és a keresztirányú gyorsulásra egyenként alkalmazzuk, majd a 3. ábra szerinti minimum- és maximumképzések segítségével állapítjuk meg a tagsági értékek és a stílusok eredőjét.

A minősítési eljárás fontos eleme a mintavételezési és minősítési periódus. Mivel az eljárás bemenete a gyorsulások és azok gradienseinek maximuma, olyan minősítési periódust szükséges definiálni, ahol mindenképpen előfordul az adott vezető stílusára jellemző gyorsulásmaximum. Ennek szükségszerűen viszonylag nagyoknak kell lennie, hiszen a jármű mozgása a közlekedési viszonyok által is határolva van, nem csak a vezető veszélyérzete szab határt. Mégis akkor hatékony a rendszer, ha a fedélzeten folyamatosan elérhető a vezető számára a minősítés eredménye, ami alapján korrigálhatja viselkedését.

5. ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI FEJLESZTÉSEK

Az elmondottak alapján kidolgozásra került két eljárás, melyekkel más-más szemszögből, más-más típusú becslés adható a gépjárművezetők stílusára. Az algoritmusok reprezentatív mérések segítségével már rendelkeznek határozott paraméterekkel.

Jelenleg így már a peremfeltételek megvannak az eljárások működőképes implementációjához. Ennek segítségével a szoftverként megjelenő vezetői stílusbecslés már viszonylag nagy mennyiségű, korábban rögzített adatokon alapuló validálására kerülhet sor. Ezután a rendszert gyors prototípus hardverre is tesztelni kell, hiszen a stílus azonosítása – mely szubjektív elemekre épít – csak járműben lehetséges valóságszerűen.

Ezek után történhet meg a további fejlesztés, ami jelentheti a paraméterek hangolását, a módszerek valamilyen szintű összekapcsolását, az algoritmusok funkcionalitásának és bemeneteinek bővítését. A tapasztalatok alapján érdemes foglalkozni az eredmények kezelhetőségével, olyan eljárások kidolgozásával, melyek segítségével más típusú értékelési eredményre (pl. reakcióidő) konvertálhatóak a stílusbecslés kimenetei.

Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben

Benyó Zoltán
Vajta László
Kovács Levente

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJTT) konzorcium keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT) Orvosinformatikai Laboratóriuma, valamint a BME Közlekedésautomatika Tanszéke (KAT) és a BME Gépjármű Tanszéke (GJT) a „Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben” című önálló témával licitált. A projekt célkitűzése a járművezetők viselkedésének és vezetési stílusának megfigyelése, modellezése, illetve értékelése különböző élettani paraméterek alapján, valamint az ember jelenlétének tanulmányozása a közlekedési folyamatokban. Olyan módszer kidolgozását tervezzük, amely a vezetők nem megfelelő viselkedéséből adódó veszélyhelyzetek megelőzését teszi lehetővé. A dolgozat a projektben részt vevő konzorciumi partnerek feladatait foglalja össze.

The Biomedical Engineering Laboratory of the Control Engineering and Information Technology Department (Budapest University of Technology and Economics (BUTE)) together with the Department of Transport Automation and Department of Road Vehicles have bidden in the Advanced Vehicles and Vehicle Control Knowledge Center (EJTT) with an individual subproject titled “Human factor in controlled vehicle systems”. The aim of this subproject is on the one hand to investigate the possibility of creating a sensor-net which is suitable for recording the driver’s vital parameters; on the other hand to develop a human model, which deals with the data collected by the sensors. The paper summarizes the tasks of the consortium members involved in this research project.

1. BEVEZETŐ

A projekt célkitűzése a járművezetők viselkedésének és vezetési stílusának megfigyelése, elemzése, modellezése, illetve értékelése különböző élettani paraméterek alapján. Olyan módszer kidolgozását tervezzük, amely a vezetők nem megfelelő viselkedéséből adódó veszélyhelyzetek megelőzését teszi lehetővé.

A feladat megoldását négy részfeladatra osztottuk:

- Az első részfeladat lépéseként – az elmúlt években megszerzett tudásbázis, valamint gondos szabadalom- és irodalomkutatási tevékenységet követően – kidolgozzuk a gépjárművezető élettani paramétereinek folyamatos megfigyelésére történő módszert. Az élettani paraméterek mérhetők a vezető csuklójára szerelt és/vagy a kormányba beépített érzékelők segítségével. A feladat megoldásához tartozik az Inventure Kft. (RET-partner) által 2007-re ígért fedélzeti adatgyűjtő rendszer felhasználása.
- Második részfeladat olyan modell(ek) megalkotása, amely(ek) alkalmas(ak) az emberi tényező(k) közlekedési folyamatokban való jelenlétének leírására (a vezető jellemzőinek modellezése; a vizuális észlelés szerepe).
- A harmadik részfeladat célja a járművezető vezetési stílusának elemzése vezetésbiztonsági szempontból.
- Negyedik részfeladat a viselkedési modellek kialakítása humán és automatizált ágensek együttműködésének szabályozásához.

Természetesen a részfeladatokban minden partner részt vesz, de ezeknek a koordinálását meghatározott konzorciumi partner végzi.

2. GÉPJÁRMŰVEZETŐK ÉLETTANI PARAMÉTEREINEK MEGFIGYELÉSE

A járművek okozta balesetek forrása a nem megfelelő műszaki állapot mellett a jármű vezetőjének hibás döntése, nem megfelelő helyzetmegítélése, vagy figyelmetlensége. Az ilyen hibás döntések valószínűsége radikálisan megnő, ha a vezető szellemi állapota nem megfelelő, vagyis a vezető fáradt, ill. valamilyen más okból (pl. kezdődő betegség) indiszponált. A baleseti helyzetek megelőzhetők, ha felismerjük ezeket az állapotokat, és valamilyen formában beavatkozunk, a vezetőt pihenésre készítjük, vagy lecseréljük.

Jelenleg nem ismert olyan komplex megoldás, mely lehetővé tenné a gépjárművezetők gépjárművezetésre való alkalmas állapotának folyamatos megfigyelését, és a beavatkozást a veszélyesnek ítélt helyzetben. A problémát jogi szabályozással próbálják megoldani. Léteznek jogszabályok és egyéb előírások, melyek a járművezetők munkaidejét, ill. munkarendjét szabályozzák. A szabályok betartása és betartása azonban igen nehéz feladat. A szabályozás ráadásul nem terjedhet ki minden élethelyzetre, emiatt a gyakorlatban csak igen korlátozottan fejti ki hatását.

A feladat első lépéseként – az elmúlt években megszerzett tudásbázis, valamint gondos szabadalom- és irodalomkutatási tevékenységet követően – a cél a gépjárművezető élettani paramétereinek folyamatos megfigyelése. Ma már léteznek módszerek, melyek segítségével a járművezető egyes élettani paramétereiből megbecsülhető annak aktuális szellemi teljesítőképessége. A járművekbe telepített intelligens eszközök és érzékelők ma már alkalmasak ilyen módszerek, ill. algoritmusok megvalósítására, implementálására [1].

Az élettani paraméterek megfigyeléséhez szükséges ezen kívül megfelelő szenzor kiválasztása, és a kapcsolat megteremtése a kiértékelő eszköz és a szenzor között. Technikailag mindkét feladat megoldható. Rendelkezésre állnak igen kicsi, „hordozható” szenzorok (pl. mandzsettás vérnyomás- és pulzusrő) és könnyen kifejleszthető ezen eszközök célorientált változata, pl. a kormánykerékbe beépített szenzor, vagy a vezető csuklójára szerelt érzékelő [1], [5].

Az érzékelők monitorozhatják a vezető élettani paramétereit, a szívritmusát, mozgásának gyorsaságát stb. Ezek az adatok a gépjárműben elhelyezett kiértékelő egységhez továbbítódnak, mely meghatározza ezek alapján a vezető aktuális állapotát, és beavatkozást kezdeményez, amennyiben szükséges. Az adatok továbbítása az érzékelők elhelyezésétől függően lehet vezeték nélküli vagy vezetékkel kapcsolaton keresztül [1], [2], [3], [4], [6].

A feladat megoldásához fel kívánjuk használni a CAN-buszos információ-továbbítási rendszert, amelynek előnye, hogy lehetőséget nyújt a beavatkozásra és a távmonitorozásra [1], [2].

3. AZ EMBER JELENLÉTE A KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSI FOLYAMATOK MODELLEZÉSÉBEN

3.1. Emberi tényező jelenléte a közlekedési folyamatokban

Számos gépjármű-modellezési folyamatot ismerünk. Ezek mind-egyike követési modellként ismert a szakirodalomban. A modell validációját nagymértékben megkönnyíti a vezetők motivációjának, viselkedésének ismerete, az emberi tényező modellezési folyamatba való implementálása pedig a folyamat valóságosságát biztosítja.

A követési modellek döntő többsége a gépjárművezetőt teljes mértékben racionálisan gondolkodó egységnek tételezi fel. Az ember ebben a leegyszerűsített modellezési folyamatban képes a gyorsítási, lassítási, követési paraméterek mindegyikének pontos és gyors felmérésére. Kutatás tárgyát képezi a pszichológiai jelenségek modellekre gyakorolt hatása, melynek során figyelembe kell venni a pszichológiai faktorokat (gépjárművezető képességeit, mentális állapotát, figyelmének éberségét, látási képességeit és korlátait, és egyéb zavaró vagy specifikált tényezőket). A gépjármű-követési modellnek tekintettel kell lennie a gépjárművezető pszichológiai

képességeire. Az így elkészített modell felhasználható mint alap építőelem, a bonyolult közlekedési folyamatok modellezésekor [1].

3.2. A gépjárművezető mulasztásának korrekciója képfeldolgozási módszerekkel

A közlekedési folyamatok irányítása nem oldható meg teljes mértékben a gépjárművezető reakcióinak figyelembevétele nélkül. Így a humán faktorok nélkül leírt folyamatok nagymértékben eltérhetnek a valóságtól. Az emberi reakciók hiánya és a gépjárművezető mulasztása olykor még szabályozott gépjárművekben is kompenzálást igényel.

E részfeladaton belüli kitűzött feladat a közúti járművek nem szándékos sávelhagyásának detektálása képfeldolgozási módszerekkel. A detektálás algoritmus a sávhatarok típusától (folytonos vagy szaggatott vonalak, kövezett sávhatarok, aszfalt és fű, illetve kavics határvonala) és lehetővé teszi a nem sávhatarokat jelző információs jelek kiszűrését. A modern haszonjárművekben a fék aktiválása az egyes kerekeken egymástól függetlenül lehetséges, ami sávelhagyás detektálása esetén lehetővé teszi a megfelelő nyomtató létrehozását a jármű sávhatarokon belül tartásához.

A nem szándékolt sávelhagyás detektálására szolgáló kísérleti rendszerrel szemben számos követelmény fogalmazható meg. Lehetővé kell tenni a laboratóriumi és valós körülmények között (járművön) végzett kísérleteket. A laboratóriumi kísérletek szükségességét a járműveken végzett kísérletek drágasága és hosszadalmassága indokolja, illetve az, hogy az algoritmusfejlesztés nagyon sok reprodukálható szituációt igényel. A különböző detektálási algoritmusok kifejlesztéséhez és teszteléséhez viszont jó alapot nyújtanak az autópályákon és egyéb utakon rögzített videofelvételek.

A gépjármű nem szándékos sávelhagyásának detektálásához a jármű előtt álló útszakasz geometriájának megbízható becslése szükséges, ezen belül is a sávhatarok pontos azonosítása. Itt meg kell tudni határozni a jármű mozgásának irányát kijelölő vektort és a detektált sáv irányát mutató vektort. A perspektivikus képek felhasználása előtt az inverz perspektivikus leképezés módszerét alkalmazzuk a képeken. A képfeldolgozás menete tehát: éldetektálás, szűrés, küszöbérték-meghatározás, és végül a jármű mozgásvektorának meghatározása a sávhatarokon belül.

4. A JÁRMŰVEZETŐ VEZETÉSI STÍLUSÁNAK ELEMZÉSE VEZETÉSBIZTONSÁGI SZEMPONTBÓL

A vezető vezetési stílusa a közlekedésben, illetve a szállításban több szempontból is fontos tényező:

- alapvetően hat a közlekedés biztonságára;
- befolyásolja a tüzelőanyag-fogyasztást, a fogyasztó, kopó alkatrészek elhasználódásának sebességét;
- meghatározhatja a szállított áru állapotát: agresszív vezetési stílus mellett – baleset bekövetkezése nélkül is előfordulhat, hogy a szállított áru károsodik, sérül.

A fenti tényezők alapján, amennyiben a vezető vezetési stílusát elemezve időben felismerésre kerülne, hogy az átlagosnál agresszívebben vezet, káresemények, akár balesetek is megelőzhetőek, ill. az üzemeltetési költségek is jelentősen csökkenthetőek lennének.

A részprojekt első céljaként olyan elemző algoritmus kialakítására törekednénk, amely a járművezetőket vezetési stílusuk alapján jellemezne, a monitorozott fedélzeti paraméterek, jellemzők alapján. A minősítés eredménye ezután tetszőlegesen felhasználható lenne

tájékoztatási, vezérlő, beavatkozó, vészjelző rendszerek bemenő adataként, sőt, mindezen funkciókat integrálva olyan terméket szándékozunk előállítani, mely egy távinformatikai és flottamenedzsment-rendszer részeként lenne képes funkcionálni.

A kutatás folyamán szükséges azon fedélzeti paraméterek megállapítása is, melyek egyrészt ésszerű módon megjelenhetnek az algoritmus bemenetén, másrészt megfelelő információtartalommal rendelkeznenek a vezetői stílust illetően [1], [7].

5. VISELKEDÉSI MODELLEK KIALAKÍTÁSA HUMÁN ÉS AUTOMATIZÁLT ÁGENSEK EGYÜTTMŰKÖDÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSÁHOZ

Egyre több alkalmazásban található gép–ember hibrid ágensekből álló rendszer, melynek a tagjai együttműködhetnek egymással, illetve egymástól függetlenül is teljesíthetik a feladataikat. Az irányítástechnika fejlődése ma már lehetővé teszi a félautonóm és az autonóm, saját intelligenciával felruházott ágensek alkalmazását is, amely egyrészt a feladat egyre jobb hatásfokú végrehajtását teszi lehetővé, másrészt viszont a kutatások figyelmét az egyes ágensek közötti kooperációra helyezi. Egy hibrid rendszerben fontos, hogy az egymással kooperáló ágensek alkalmazkodni tudjanak egymáshoz, és felismerjék, lehetőség szerint elkerülik a veszélyhelyzeteket. Az elvárásokat egy új irányítási koncepció, a viselkedésalapú irányítástechnika tudja kielégíteni, amely a gép–ember kooperációt az emberi viselkedés szabályaira helyezi, ezáltal növelve az autonóm ágensek alkalmazkodóképességét. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszék robotikai laborjában már évek óta folynak kutatások ezen a területen, melynek során a felhalmozódott kutatási eredményeket fel kívánjuk használni egy olyan hibrid rendszerben is, amiben a fő hangsúly a biztonságon van. Ilyen rendszer például gép, illetve ember által vezérelt, gépjárművek által alkotott rendszer, amit a következőkben részletesebben fogunk vizsgálni.

A viselkedésalapú vezérlés az egyes alap viselkedésmódok, az érzékelésnek megfelelő, sorozatának, illetve kombinációjának a végrehajtását jelenti. Tulajdonképpen az emberi viselkedést alap viselkedésmódokra bontjuk, és ezekből építjük fel a bonyolultabb viselkedési formákat. A viselkedési formákat a viselkedési modell alapján alkotjuk meg. Egy gépjárművekből álló hibrid rendszer viselkedésalapú irányításának az alapja a vezető viselkedési modellje. A vezető viselkedési modelljének két fő típusa van. Az egyik az ún. „descriptive” modell, amely vagy a teljes vezetési folyamatot, vagy annak az egyes elemeit próbálja leírni. A másik modell az ún. „motivational” modell, amely azt próbálja leírni, hogy a vezető hogyan kezeli a veszélyes, illetve a nehéz helyzeteket.

Ez egy mai viselkedésalapú vezérlési rendszerben, pl. egy éberség-ellenőrző rendszerben a következő: a vezető viselkedését vizsgálja a rendszer több, különböző mérés alapján. A rendszer mérheti a vezető fiziológiai jellemzőit (kézbőrénél a vezetőképességét, pislogásfrekvenciáját, vérnyomását), illetve figyelheti a vezető mozgását, viselkedését a gépjármű kormányzásának, sebességének a mérésével. A mért eredményekből a rendszer következtet a vezető éberségi állapotára.

Új szemléletű az a modell, melyben a következtetésnél nemcsak a vezető viselkedését vesszük figyelembe, hanem a környezetet is. A környezetből nyerhető információ a többi gépjárművezető érzékelhető viselkedése. Egyes vezetői viselkedésekből lehet következtetni a vezető testi, lelkiállapotára, és fel lehet készíteni a gépjárművet a szükséges beavatkozásra [1].

Irodalomjegyzék

- [1] Z. Benyó, L. Kovács, B. Benyó, L. Török, A. Reiss, L. Szilágyi, B. Kulcsár, T. Bécsi, P. Bauer, I. Károlyi, L. Vajta, Á. Helybéli, L. Balogh, L. Kádár: EJT Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2005 éves szakmai anyag (kutatási jelentés belső használatra), 2005
- [2] Z. Benyó: Education and research in biomedical engineering of the Budapest University of Technology and Economics, Acta Physiologica Hungarica, vol. 93 (1), pp. 13-21 2006
- [3] Z. Benyó: Biomedical engineering research and education in Hungary, Irányítástechnika és infokommunikáció konferencia, Győr, pp. 13-21, Universitas-Győr Kht, 2005
- [4] Z. Benyó, B. Benyó, L. Kovács, Gy. Várallyay, L. Török, A. Reiss: Diagnostic-purpose Research of Biological Signals, SAMI 2006, 4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on applied Machine Intelligence, Herlany, Slovakia, pp. 98–106, 2006
- [5] L. Kovács, Gy. Várallyay, L. Török, A. Reiss, B. Benyó, Z. Benyó: Orvosbiológiai jelek diagnosztikai célú kutatása, XXIV. Neumann Kollokvium, Veszprém, 2005
- [6] L. Kovács, B. Benyó, L. Török, A. Reiss, L. Szilágyi, G. Fördös: Járművezetők élettani jeleinek mérése, tárolása és továbbítása, megjelenés alatt, 2006
- [7] L. Balogh: Járművezetők vezetési stílusának kutatása és értékelése, megjelenés alatt, 2006

Járművezetők élettani jeleinek mérése, tárolása és továbbítása

Kovács Levente
Benyó Balázs
Török László
Reiss Attila
Szilágyi László
Fördös Gergely

A járművek okozta balesetek forrása a nem megfelelő műszaki állapot mellett a jármű vezetőjének hibás döntése, nem megfelelő helyzetmegítélése, vagy figyelmetlensége. Az ilyen hibás döntések valószínűsége radikálisan megnő, ha a vezető szellemi állapota nem megfelelő, vagyis a vezető fáradt, ill. valamilyen más okból (pl. kezdődő betegség) indiszponált. A baleseti helyzetek megelőzhetőek lennének ezen állapotok felismerésével, és valamilyen formában való figyelmeztetésével/beavatkozással. A dolgozat az emberi tényezők vitális élettani paraméterek szempontjából történő kézbe tartását méri fel és tesz javaslatot.

Accidents caused by vehicles are not just the result of the unsuitable technical conditions of the vehicle but also of the driver's false decision, wrong diagnosis or inadvertence. The probability of these false decisions grows radically, if the mental state of the driver is not satisfactory, i.e. the driver is exhausted or indisposed by other reasons (e.g. incipient illness). Accident situations can be prevented if we detect these states and warn the driver (or even make a corresponding intervention). The paper investigates and proposes a solution of monitoring the human factor by vital parameters point of view.

1. BEVEZETŐ

Az emberi tényezők kézbe tartása a legfontosabb vitális paraméterek ellenőrzését, rögzítését és monitorozását igényli [1], [2]. A legfontosabb tényezők a vezető jellemzői, egészségi állapota, hangulata és személyiségjegyei, fáradtsága, döntési képessége, figyelmetlensége, szórakozottsága, és veszélyészlelési képessége. Ezen a területen a világ több országának számos egyetemén intenzív kutatómunka folyik, melyek az emberi tényezők eltérő aspektusainak megragadására fókuszálnak.

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT) konzorcium keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT) Orvosinformatikai Laboratóriuma szintén ezen kérdéskör tanulmányozására licitált külön témával „Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben” címen. A megítelt rész pályázathoz (5.2 EJJT-téma) csatlakozott projektpartnereinkkel együtt [(BME Közlekedésautomatika Tanszék (KAT), BME Gépjármű Tanszék (GJT)] célkitűzéseinket kétfelé osztottuk. Egyfelől a vezető vitális paramétereinek rögzítésére alkalmas szenzorrendszer (1. ábra) kialakításának tanulmányozását tervezzük, másfelől pedig a szenzorok által gyűjtött adatokra támaszkodva olyan humán modell megalkotását, amely lehetővé teszi a vezető és a jármű(vek), valamint a környezet kölcsönhatásainak szisztematikus leírását a forgalom biztonságának és hatásfokának javítása céljából.

2. JÁRMŰVEZETŐK VITÁLIS PARAMÉTEREIT MEGFIGYELŐ MÓDSZEREK

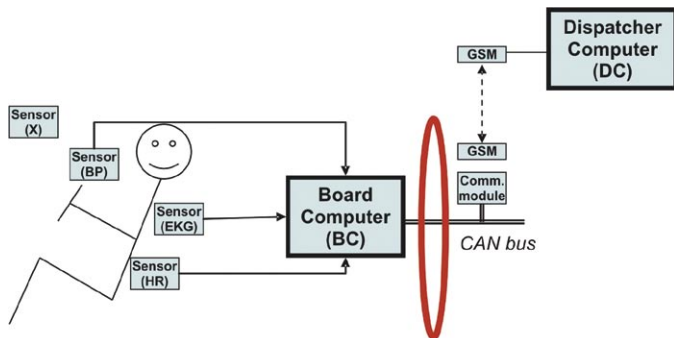
Célkitűzésünknek megfelelően a kutatás első évében (2005) széles körű szakirodalmi áttekintésként végeztünk [3], melyben azokat a járművezetők viselkedési paramétereit megfigyelő módszereket összegeztük, amelyek elképzelés vagy már a kísérleti megvalósítás szintjére jutottak. Ezek az alábbi csoportokba sorolhatók:

- Az egyik legaktívabban vizsgált terület a járművezetői állapotbecslés vizuális információk alapján. A megoldások többsége a járműbe telepített és a járművezetőt megfigyelő egy vagy több kamera által rögzített kép alapján kíséri meg a vezető álmodását, szellemi terheltségét detektálni [4].
- Ötletes megoldások születtek a fej pozíciójának és a tekintet irányának követésére is, mely alapján ma már megbecsülhető, hogy a vezető figyelme mire összpontosul [8], [9], [16], [17].



1. ábra: járművezetők élettani paramétereit elképzelt monitorozó rendszer lehetséges informatikai felépítése

- Az agyi aktivitás monitorozása alapján levonható következtetések vizsgálatánál a kutatások elsősorban a fáradtság felismerésére összpontosultak [6].
- Sokat kutatott terület ugyanakkor a szívfrekvencia-variabilitás (HRV) időbeli változásának összefüggése a szellemi terheltséggel [6], [7].
- További megközelítések is léteznek egyéb emberi tényezők (fáradtság, stressz, fittség) becslésére, melyek nem közvetlenül a járművezetőn megfigyelhető/mérhető jelekből indulnak ki, hanem olyan információforrásokból, amelyre a járművezetői magatartás kihatással van.
- A feltérképezett megfigyelési módszerek alapján, konzorciumi partnereinkkel konzultálva, kutatási projektünk szempontjából az alábbi továbblépési lehetőségeket foglaltuk meg:
- Különböző irányú gyorsulások alapján végzett becslésekkel próbálunk következtetni a járművezetők viselkedésére [11]. Ezzel a lehetőséggel az EJJT 5.2. projektjének egy másik kutatócsoportja foglalkozik kiemelten (BME-GJT).
- A sávban elfoglalt pozíció, illetve a kormányzó-elfordulás monitorozása, amely alapján szintén kimutattak már a fáradtsággal szoros összefüggésben lévő jeleket, vagy akár ittaságot is [10], [12]. Ennek a problémakörnek a tanulmányozásával a BME-KAT és a BME-IIT foglalkozik.



2. ábra: járművezetők fontosabb élettani paramétereit monitorozó rendszer elképzelt felépítése

– Reakcióidő mérése/számítása a járművezető vitális paramétereinek monitorozása alapján. A reakcióidő a megalkotandó általános humán modell számára a legfontosabb paramétert fogja jelenteni. A reakcióidő számításával a BME-IIT foglalkozik. Az eddig részletezett módszereknél általánosságban elmondható, hogy egy vagy több eltérő módszeregyüttes alkalmazása jobb eredményt szolgáltat, mintha csak egyiket vagy másikat alkalmaznánk [5], [13], [14], [15].

3. MEGFIGYELNI KÍVÁNT VITÁLIS PARAMÉTEREK ÉS MÓDSZEREK KIVÁLASZTÁSA

A bevezetőben említett módszerek közül első körben az EKG-alapú megfigyelést, és az ebből származtatható pulzus és HRV (szívfrekvencia-variabilitás) jellemzőket választottuk ki. Ezen jellemzők számos előnnyel szolgálnak a projekt szempontjából a többi, járművezetők megfigyelésére alkalmas módszerrel szemben. Az EKG-jelen alapuló módszer egyik előnye, hogy kevés közreműködést igényel a járművezetők részéről, és lényegében nem zavarja a járművezetőt vezetés közben. Az EEG, vagyis agyi aktivitáson alapuló módszerekről ez már korántsem mondható el, hiszen a járművezető fején elhelyezett elektródák elég zavaró hatásúak. Az EEG-n alapuló megfigyelések további hátránya a bonyolult műszerezés, valamint a mérések előkészítése (az elektródák felhelyezése), amely szintén sok időt vesz igénybe, és külső segítséget igényel. Mindezek alapján nyugodtan kijelenthetjük, hogy az EEG-alapú mérések alkalmatlanok valós, mindennapi használatra. A kamerákon és képfeldolgozáson alapuló módszerek (pl. szemmozgás követése, PERCLOS, arc-mimika stb.) nagy előnye, hogy a járművezetőt egyáltalán nem hátráltatják vezetés közben. Hátránya a költséges berendezés, valamint a nagy sávszélesség, ill. számítási kapacitás igény. Következésképpen ezen módszereket egyelőre az 5.2 EJTT-projekt keretein belül nem kívánjuk alkalmazni, viszont esetleges későbbi alkalmazásukat nem zárjuk ki. A nem közvetlenül a járművezetőn megfigyelhető/mérhető jeleket használó módszerekkel (kormányzóg-elfordulás, sávban elfoglalt pozíció) kutatócsoportunk (BME-IIT) szintén nem kíván foglalkozni, mivel saját célunk elsősorban a járművezetőkön közvetlenül mérhető, fiziológiás jelek monitorozása és az ebből származtatható reakcióidő meghatározása. Ezzel szemben konzorciumi partnereink ezen utolsónak említett megfigyelési lehetőséget igen nagy figyelemmel kísérik.

4. EREDMÉNYEK ÉS TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

A fentiek alapján arra következtettünk, hogy az EKG-n alapuló módszerek alkalmazása lenne a legmegfelelőbb megoldás a járművezetők viselkedésének jellemzésére. Előnye egyrészt, hogy használata egyszerű, lényegében nem befolyásolja a járművezetőt (ma már megoldott a mellpántba, övbe vagy karórába beépített, szárazelektródás EKG-készülék), kisebb számítási kapacitást igényel (ellentétben a képfeldolgozási módszerekkel), és ugyanakkor

egyéb paraméterek is származtathatóak a járművezetőről felvett EKG-jelekből (pl. a pulzus vagy a HRV). Mindemellett, hogy kimutatták, a szívperiódus-paraméterek szoros korrelációban vannak a járművezető mentális állapotával [13], úgyszintén következtettek arra, hogy a HRV az egyén szellemi leterheltségének változását gyorsan jelző élettani paraméter [7].

Mindezek alapján úgy gondoljuk, hogy az EKG-n alapuló módszerek használata megfelelő lehet újgenerációs, fiziológiás monitorozó rendszerrel is ellátott gépkocsi számára. Az általunk elképzelt rendszer vázlatos blokk-sémáját a 2. ábra tükrözi. A mérni kívánt biológiai jeleket vezetékes vagy vezeték nélküli átvitelrel egy fedélzeti számítógépbe gyűjtjük össze, ahol elvégezzük a jelek előfeldolgozását és a származtatott mennyiségek (reakcióidő) kiszámítását. A kiválasztott jelek csoportját a szükséges kiegészítő információval ellátva a járműbe telepített CAN-buszon küldjük el egy kommunikációs modulnak, mely a diszpécserközpontba továbbítja az adatcsomagokat.

Ennek okáért tervezzük a biológiai jelek CAN-buszon való továbbítási lehetőségének vizsgálatát, amelybe beletartozik egy magas szintű üzenet-keretformátum, valamint a járulékos információk (pl. időbélyegzés) definiálása is.

Úgyszintén terveink között szerepel egy tesztkörnyezet kiépítése, mellyel a valós idejű követelményeket és buszterheléseket fogjuk megvizsgálni.

Irodalomjegyzék

- [1] A. Williamson, T. Chamberlain: Review of on-road driver fatigue monitoring devices. Research & Reports, NSW Injury Risk Management Research Centre, University of New South Wales, April 2005
- [2] A. Dankers, L. Fletcher, L. Petersson, A. Zelinsky: Driver Assistance Contemporary Road Safety, Proc. of the 2003 Australasian Conference on Robotics and Automation, Brisbane, Australia, Paper 21, 2003
- [3] Z. Benyó, L. Kovács, B. Benyó, L. Török, A. Reiss, L. Szilágyi, B. Kulcsár, T. Bécsi, P. Bauer, I. Károlyi, L. Vajta, Á. Helybéli, L. Balogh, L. Kádár: EJTT Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2005 éves szakmai anyag (kutatási jelentés belső használatra), 2005
- [4] R. Grace, D. F. Dinges: PERCLOS, a valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance, Federal Motor Carrier Safety Administration (U.S. Department of Transportation), Research Report, 1998
- [5] R. Grace: Drowsy Driver Monitor and Warning System, International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, August, 2001
- [6] L. Baldwin, J. T. Coyne: Mental Workload as a function of traffic density: comparison of physiological, behavioral and subjective indices, 2nd International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, training, and Vehicle Design, Utah, USA, 2003
- [7] W. Rowe, D. Irwin: Heart Rate Variability: Indicator of User State as an Aid to Human-Computer Interaction, Proceedings of ACM CHI 98, April 1998
- [8] R. Ruddaraju, A. Haro, I. Essa: Fast Multiple Camera Head Pose Tracking, In Proceedings, Vision Interface 2003, Halifax, Canada, 2003
- [9] Z. Zhu, Q. Ji: Real Time 3D Face Pose Tracking From an Uncalibrated Camera, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, vol. 05, p. 73, 2004
- [10] N. Kuge, T. Yamamura, O. Shimoyama, A. Liu: A Driver Behavior Recognition Method Based on a Drive Model Framework, Proc. of the SAE World Congress, Detroit, MI, March 6-9, 2000
- [11] Y. Uchiyama, S. Kojima, T. Hongo, R. Terashima, T. Wakita: Voice Information System that Adapts to Driver's Mental Workload, Research Report, R&D Review of Toyota CRDL, vol. 39, no. 1, 2004
- [12] Ronen, Y. Moed, R. Gertner, T. Oron-Gilad, Y. Cassuto, D. Shinar: Subjective Feeling, Performance and Physiological Strain While Driving Under Alcohol Intoxication, The newsletter of the international council on alcohol, drugs and traffic safety, vol. 15, no. 4., 2004
- [13] J. A. Healey, R. W. Picard: Detecting Stress During Real-World Driving Tasks Using Physiological Sensors, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 6, no. 2, June 2005
- [14] B. Peters, A. Anund: AWAKE Preliminary Pilot Plans, European Commission, Information Society Technologies, IST-2000-28062, 2003
- [15] R. Grace, V. E. Byrne, D. M. Bierman, J. Legrand, D. Gricourt, B. K. Davis, J. J. Staszewski, B. Carnahan: A Drowsy Driver Detection System for Heavy Vehicles, Proc. of the 17th Digital Avionics Systems Conference, vol. 2, pp. 136/1 - 136/8, 2001
- [16] Q. Ji, X. Yang: Real-Time Eye, Gaze and Face Pose Tracking for Monitoring Driver Vigilance, Real-Time Imaging 8, pp. 357-377, 2002
- [17] Q. Ji, Z. Zhu, P. Lan: Real Time Noninvasive Monitoring and Prediction of Driver Fatigue, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 53, no. 4, July 2004
- [18] P. Smith, M. Shah, N. da Vitoria Lobo: Monitoring Head/Eye Motion for Driver Alertness with One Camera, Fifteenth IEEE International Conference on Pattern Recognition, September 3-8, Barcelona, Spain, 2000

Inventure Kft.



Az Inventure Autóelektronikai Kutató és Fejlesztő Kft. 1997-ben azzal a céllal alakult, hogy a magyar és a nemzetközi autóelektronikai piacon olyan hiánypótló termékeket fejlesszen ki, amelyek speciális fogyasztói igényeket elégítenek ki.

A kizárólag magyar tulajdonban álló társaság elsősorban a kis sorozatú professzionális autóelektronikai mérőműszerek önálló kifejlesztésére és gyártására szakosodott, melynek során folyamatos innováció és K+F tevékenység alkalmazásával testreszabott megoldásokat nyújt.

Az Inventure Kft. egyik erőssége a szakmailag magasan képzett, fejlesztési eredményekre és azok megvalósítására orientált mérnök-gárda, mely garanciát jelent a kitűzött célok megvalósítására.

A kínált megoldásokat a kifejlesztett termékek, a kapcsolódó szolgáltatások (pl. kalibrálás, kiértékelés, elemzés, tanulmány), illetve az elismert szakmai tudás együttesen teszik teljessé. Az Inventure Autóelektronika kompetenciaterületei a flottamenedzsment-rendszerek, a CAN-busz-technika, az autóiipari mérés-technika és a fékrendszerek minősítése.

Saját fejlesztésű termékeinek, mint például az XL Meter™ Pro típusú univerzális gyorsulás- és lassulásmérő műszercsaládnak köszönhetően a cég neve a szakemberek körében ma már nemzetközi szinten ismert és elismert. Az Inventure műszerei segítséget nyújtanak többek között a rendőrségnek, az igazságügyi szakértőknek baleseti helyszíneléseknél, a Magyar Honvédségnek fékvizsgálatok elvégzéséhez, a közlekedési felügyeletnek időszakos műszeres tartós lassítófék-rendszer felülvizsgálatához.

A cég fejlesztései között kiemelt helyet foglal el az FMS-CDR™ flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer, melyből ezer darabnál többet használnak megelégedéssel különböző flottáknál, például a Wáberer's cégcsoportnál (Hungarocamion Rt.). A rendszer elsődleges funkciója a testreszabott járműmonitorozás, valamint a tüzelőanyag költség-hatékony felhasználásának nyomon követése, ellenőrzése.

A WeCAN™ termékcsalád átfogó megoldást nyújt a CAN-busz-rendszer személyi számítógépes analízisére. Lehetővé teszi bármely USB-porttal rendelkező személyi számítógép CAN-buszhoz illesztését. A sz-



1. ábra: az XL Meter™ Pro típusú univerzális gyorsulás- és lassulásmérő műszer

kásos üzenet-kereteken felül (Data Frame, Remote Frame) a WeCAN™ kezeli a hibakereteket (Error Frame), ugyanakkor felismeri és láthatóvá teszi a hibás kereteket is (Invalid Frame), ami hibakereséskor



2. ábra: az FMS-CDR™ flottamenedzsment adatgyűjtő rendszer

különösen hasznos. A rendszer még 100%-osan terhelt CAN-busz esetén is stabilan képes az összes üzenet elvételére. A különböző adapterekkel (pl. 5VHS – ISO11898, 24VFT – ISO11992) kiegészítve a WeCAN™ PC-szoftver teljes körű és hatékony mérési, adatelemzési megoldást kínál, melynek segítségével akár mesterséges hibagenerálás is megvalósítható.

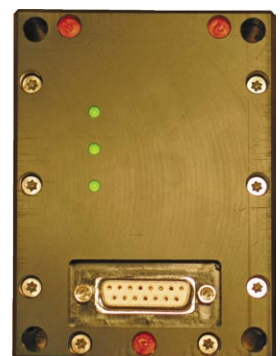
A CAN-buszos mérés-technikai palettát színesítik az olyan jelfeldolgozó műszerek, mint az AD2CAN™ bipoláris analóg-digitál átalakító rendszer, valamint az IO4CAN™ sebességszenzor, analóg tachográf, illetve GPS jelfeldolgozó egység.

Az Inventure Autóelektronika termékei forgalmazó partnereken keresztül a világ 14 országában, így többek között Németországban, Svájcban, Ukrajnában, illetve az Egyesült Államokban is jelen vannak. Megrendelői között a hatóságok (rendőrség, közlekedési felügyelet) mellett tömegközlekedési és fuvarozó vállalatok, autógyárak szerepelnek, ugyanakkor megtalálható közöttük több egyetem, illetve kutató-fejlesztő intézet is. A külföldi piacok tekintetében jelzés értékű, hogy a közismerten magas minőségi követelményeket támasztó Volkswagen AG és DaimlerChrysler Corp. cégek is vásárlói között találhatók.

Termékei legfőbb versenyelőnye az ár/minőség/teljesítmény reláció, valamint a széles körű vevőtámogatás, amely az értékesítést követően biztosítja a termékekért vállalt garanciát, maximálisan szem előtt tartva a vevő elvárásait, egyedi igényeit.

A vállalat kulcsfontosságú alapelvei a minőség, a megbízhatóság, a vevőközpontú szemléletmód, valamint a hosszú távú üzleti kapcsolatok kiépítése.

Az Inventure Autóelektronika rendszeresen publikál hazai és külföldi szaklapokban, illetve számos hazai és európai szakmai konferenciára, tudományos találkozóra kap meghívást – ügyvezetője révén tagja az ISO-fékrendszerek vizsgálatára vonatkozó szabványokat kidolgozó, WG6 munkacsoportjának és a magyarországi EU-ENSZ EGB koordinációs irodának is.



3. ábra: az AD2CAN™ CAN-buszos bipoláris A/D átalakító rendszer

Járművek fényjelekkel történő kooperatív irányítása

Fekete Róbert Tamás
Dr. Ábrahám György

A gépjárművezetőt segítő fényjelek nagymértékben hozzájárulnak a közlekedési balesetek számának csökkentéséhez. Világszerte széles körű kutatások folynak az intelligens járműirányítási rendszerek fejlesztésével. Felmerült tehát az igény, hogy az eddigi kutatások, fejlesztések eredményein túl szélesítsük a fényjelek használatát.

The rapid developments of driver assistant systems have a large contribution in decreasing the number of traffic accidents. Several companies engage in the development of these intelligent vehicle control systems all over the world. Therefore there is good basis to gather and to categorize the available knowledge base and make further improvements.

BEVEZETÉS

Kutatásainkat olyan fényjelekkel történő jelzőrendszer kialakítása képezi, amelynek segítségével az egyes járművek mozgás-állapotát a másik járműből érzékelni lehet.

A téma a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJTT) programjának része, mely a járműirányítás korszerűsítésére irányul. Ezen a területen a hazai alap kutatások kiemelkedők, és már 20 éve a világ élvonalához tartoznak. Az EJTT ennek érdekében több projektet indított, ezek például: a járműcsoport irányítása, a járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, a járműflották kooperatív irányítása és üzemviteli tevékenységének feladatai és a közvetlen jármű-környezeti kapcsolatok kutatása, újszerű, belső kapcsolatok feltárása, az autonóm járműirányító rendszerek fejlesztése.

Kutatásunk a környezeti terhelés, a mentális megterhelés és a balesetveszély csökkentésére, az utazásbiztonság és az adott útszakasz átbocsátó képességének növelésére, a kooperatív járműirányítás automatizálására, az üzemanyag-fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás optimalizálására irányul, és első lépésben a járművek tulajdoni vagy más módon összetartozó csoportja (flotta), illetve az adott útszakaszon haladó járműcsoport (konvoj) forgalmi irányításának fejlesztését hivatott szolgálni.

A JÁRMŰVEK KÖZÖTTI VIZUÁLIS KAPCSOLAT JELENTŐSÉGE

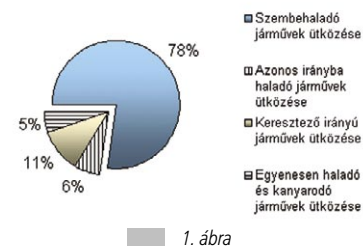
Ugyan a járműirányítás a jövőben erőteljesen a teljes autonómítás felé halad, még jó ideig használatosak lesznek a különböző hibrid rendszerek, amelyek ötvözik az automatikus irányítást a humán jelenléttel. A különböző autonóm segéd- és biztonsági berendezések által létrehozott teljes biztonság még hosszú ideig kivitelezhetetlen marad az utakon, így felvetődik egy olyan rendszer kifejlesztésének a szükségessége, amely az automatikus segéd- és biztonsági funkciókat kiegészítve a járműirányítási rendszer humán részegységének, az autóvezetőnek nyújt vizuális segítséget az irányításban.

A vizuálisan érzékelhető fényjeleket fokozatosan kamerás rendszerekkel lehet majd kiegészíteni, így ezt a technikát valóban az átmeneti időre alkalmas eszköznek tekinthetjük.

Mint az alábbi ábrákon is látható – amelyek a Központi Statisztikai Hivatal adataiból készültek –, a balesetek nagy többsége keresztirányú forgalom esetén következett be. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ez a legveszélyesebb helyzet, ugyanis, amint az a 2. ábra adataiból látható, a halálos balesetek száma a szemben haladó járművek esetén a legnagyobb. Ezt azért fontos megállapítani, hogy a kifejlesztendő segédrendszert a legfontosabb célcsoportra lehessen pozicionálni. Látható, hogy fő célunkat, a balesetek számának csökkentését három fő forgalmi helyzetben

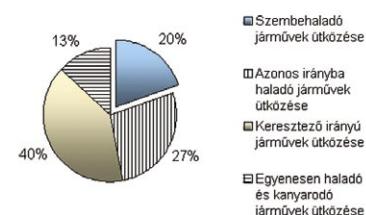
lehet majd ellenőrizni. A szemben haladó járművek esetén főként az előzés kényes és információt igénylő műveletére kell összpontosítani. Az azonos irányban haladó járművek esetén az araszolás és felzárkózás a megcélzott területek. S végül az egyenesen haladó és kanyarodó jármű esetén a kanyarodás megkezdésének lehetősége a kérdéses tartomány. A keresztirányú járművekkel pedig e kutatás keretein belül nem, vagy csak kis mértékben áll módunkban foglalkozni.

Közúti balesetek típus szerint (halálos balesetek)



1. ábra

Közúti balesetek típus szerint (minden baleset)



2. ábra

Az biztosan megállapítható, hogy a balesetek csaknem mindig emberi hibából következnek be. Áttért az út menetirány szerinti bal oldalára, és frontálisan ütközött a szemben haladó járművel, nem az út- és látási viszonyoknak megfelelően vezette a járművet, figyelmen kívül hagyta az elsőbbségadás szabályait, a tilos jelzés ellenére a közúti-vasúti kereszteződésbe hajtott, továbbá nagy sebességgel az előtte haladó járműbe rohant. A hatóságok többnyire ilyen és ehhez hasonló okokat jelölnek meg. Mint az alábbiakban részletezésre kerül, a rendszer többnyire azokban az esetekben lenne hasznos, ha a járművezető becslési képessége némi kívánnivalót hagy maga után.

A vezetés során bizonyos észlelési hibák léphetnek fel, amelyek a vezető perceptuális képességeiből erednek. Az észlelési hibát sok minden okozhatja, időjárási változó, fényviszonyok, mentális állapot. A kutatás folyamán nagy súlyt fektetünk a vakítás jelenségének tanulmányozására, kiküszöbölésére is.

Leggyakrabban éjszakai vezetésnél fordulhat elő, amikor a szemben haladó jármű fényszórója elvakítja – olyan magas fénysűrűség-különbséget hoz létre, hogy a szemnek néhány másodpercre van szüksége az alkalmazkodáshoz – a vezetőt, ezzel megakadályozhatja többek között azt is, hogy a vezető észlelje a szélvédőn elhelyezett fénysorokat. Ugyanilyen veszéllyel járhat az abszolút vakítás is, amely a felkelő vagy lenyugvó nappal szembeni vezetéskor következik be. Továbbá, ha a nedves úttestre rásüt a nap, vagy ha a környezetet hó borítja.

Bizonyos érzékelési hibák is bekövetkezhetnek, amikor a vezető szeme továbbítja az ingerületet az agyhoz, de a figyelem nem működik, nem dolgozza fel az ingert. Ekkor a járművezető „csak néz, de nem lát” állapotba esik, és ez veszélyezteti környezetét. Főleg a gyakorlott vezetőkkel fordul elő, hogy inkább távolabbra néznek, mint az előttük haladó autóra. Ez nem hiba, mégis sok koccanás követi. A fejlesztendő rendszer a gyakorlott vezetők tekintetét – figyelmét, centrális látóterét – is vonzaná, így a koccanásos balesetek száma is csökkenhetne. A fénysorok persze a perifériás látás számára hasznosak, hiszen folyamatosan „mozognak”, így arra készítetik a vezetőt, hogy centrális látását arra fordítsa. Egy unalmas rutinvezetés során szükség van bizonyos monotonitást megtörő, figyelemfelkeltő elemekre az úton. Az autópályákon is azért alkalmaznak ilyen objektumokat, hogy a vezető figyelmét még az elkalandozási állapot felett tartsák. Ez a rendszer arra sarkallja a vezetőket, hogy tudatosabban végezzék a már végletekig unalmas rutinmanővereket azzal, hogy új „látványelem”-ként odavonzza a vezetők tekintetét a fénysorokra.

A gyakorlat során kialakul egy bizonyos elvárás a különböző közlekedési események bekövetkezésére. Minél inkább ezen elvárások szerint történik valami, annál kisebb az időigénye. Abban az esetben, ha a jármű vezetője számít az előtte haladó fékezésére, a reakcióideje 0,68 s. Ha nem számít rá, akkor 0,86 s. Továbbá, ha nem is világít a féklámpa, akkor ez az idő 1,65 s átlagosan, normál viszonyok között. Ez az idővesztés áll fenn akkor is, ha az előttünk haladó jármű hirtelen fékez, és viszonylag kis távolságra van. Ekkor a vezető nem számít a fékezésre, de jelzést lát, így reakcióideje még 1 s alatt lehet. Azonban a fékezés intenzitásáról fogalma sincs, csak rutinjára hagyatkozhat, hogy az ilyen helyzetekben mennyire kell lenyomni a fékpedált. Ha a megszokásaira hagyatkozik és az elől haladó jármű különösen nagyot fékezett, akkor bele fog rohanni. Ha viszont a féklámpa észlelésének pillanatában a vezető arról is értesül, hogy a fékezés intenzitása milyen mértékű, akkor a baleset elkerülhetővé válik. Persze ennek a fordítottja is igaz. Ha a középén haladó jármű blokkfékez, amikor látja az előtte haladó jármű féklámpáit, akkor a hátul haladó autó nagy valószínűséggel bele fog csúszni. A gyakorlott vezető hajlamos arra, hogy nem tartja be a követési távolságot, hiszen tapasztalatai szerint az adott helyzetben semmi sem indokolja az előtte haladó jármű hirtelen fékezését. Ebben az esetben is nagyon hasznos segítséget nyújthat a rendszer azzal, hogy kijelzi a vezetőnek az előtte haladó jármű fékezési szándékát.

A FÉNYJELEKKEL TÖRTÉNŐ INFORMÁCIÓKÖZLÉS ELŐNYEI

Miért jó, ha észleljük az egyik járműből a másik jármű mozgásállapotát?

E kérdés megválaszolása mondhatni triviális, hiszen minden többletinformáció, amit a járművezetővel közlünk, csak előnyösen befolyásolhatja a közlekedés biztonságát. Ha az irányító tudatában van a környezetében lévő járművek mozgásállapotának – helyzet, sebesség, gyorsulás –, több információ birtokában, tehát pontosabban tud dönteni. Helyesebben tudja értékelni a különböző forgalmi helyzeteket, és manővereinek a kockázata is kisebb lesz.

Miért fényjelek az információhordozók?

A jelenleg is előforduló segéd- és biztonsági rendszerek – első videó (80 m), hátsó videó (3 m), ultrahangsugárzó (80 m), infravörös sugárzó (120 m), távoli radar (120 m) és közeli radar (20 m) – már rengeteg információt képesek a vezető számára szolgáltatni, de mindegyikük az automatizáltság bizonyos fokát igényli, tehát nem használható pusztán a járművezető megfigyelési alapján. Természetesen a fejlődésnek a teljes automatizáltság irányába kell haladnia, de ha fenntartjuk kezdeti hipotézisünket, miszerint hibrid rendszerrel kell létrehozni, feltétlenül meg kell hagyni a szabad szemmel történő helyzetfelismerés lehetőségét. Minden eddigi rendszer egy bizonyos hullámhosszú elektromágneses hullámot használt – ebben hasonlóak –, ám szintén mindegyikük esetében a kapott jelforrás számítógépes feldolgozásra szorult, ez pedig nem teszi lehetővé a jelforrás humán elemzését. A fent említett kritériumokból kiindulva tehát megállapíthatjuk, hogy hibrid rendszerünk jelhordozója csakis a látható fény tartományába eső elektromágneses sugárzás lehet.

Milyen forgalmi helyzetekben nyújthat segítséget a rendszer?

Viszonylag közel halad előttünk egy autó és hirtelen fékez. A járművezető ezt észleli a lassulásjelző fénysoron, és nem kell megvárnia, amíg az autó közeledése elárulja sebességét és fékerejét.

Minden időpillanatban láthatóvá válik az előttünk haladó jármű gyorsulása, a lassuló vagy gyorsuló felzárkózáskor nem okoz problémát a tempó megválasztása, vagy az esetleges megállás.

Az előttünk haladó jármű gyorsulását alapul véve induláskor gyorsabban reagálhatunk, ezzel gördülékenyebbé téve a közlekedést.

A mögöttünk haladó járművel közölhetjük a fékezési szándékot, ezzel csökkentve annak kockázatát, hogy az belénk ütközik.

Előzéskor értesülhetünk róla, hogy az előzni kívánt jármű nem kezdett-e gyorsításba az előzés pillanatában.

Hatalmas előny, hogy bármely helyzetbe is kerülünk, sötétben is ugyanolyan tökéletesen meg lehet mondani a környező járművek mozgásállapotát, mint nappal.

Milyen fényjelekkel közlünk információt?

Az előző két – kiindulási alapot szolgáltatató – hipotézissel szemben a következő kérdések képezik a kutatási téma törzsét. Hogy milyen hullámhosszú – színű –, nagyságú és intenzitású fényjelekkel történjen az információ közlése, az komolyabb kutatások függvénye. Előreláthatólag a jelhordozóként használt fényforrásoknak jól láthatóaknak kell lenniük, és meg kell felelniük a közlekedés szabályainak.

Milyen eljárással közöljük az információt a másik jármű vezetőjével?

Előreláthatólag az egyik jármű vezetője az elől haladó jármű hátsó ablakába helyezett fénysort vagy a mögötte haladó jármű szélvédőjéhez illesztett fénysort észleli, majd ebből következtet a jármű lassulására. A mögöttünk haladó jármű szélvédőjéhez csupán a fénysort kell illeszteni, hiszen ebben az esetben a gyorsulás kijelzésének nincsen információs értéke a járművezető számára.

Hogyan érzékeli, észleli a fényjeleket a vezető?

A fénysorok egy maximum gyorsulást jelenítenek meg, ha minden elem világít. A járművezető összehasonlíja ezt a viszonyítási alapot az éppen világító elemek számával – a fénysor hosszával – és ebből következtet a gyorsulásra. Foglalkozni kell tehát a járművezetők perceptuális, kognitív és motoros funkcióinak és e képességek jelen helyzetben való alkalmazásának a tanulmányozásával.

A fényjelek minden körülmények között észlelhetők?

Fontos kérdés, hogy a fénysorok láthatóságát hogyan oldjuk meg. Gondolni kell itt a különlegesen rossz látási viszonyokra, hőésésre, szakadó esőre, ködre és a természetes változókra: sötétség, rossz szögű napsütés.

JÁRMŰVEK MOZGÁSÁLLAPOTÁNAK FÉNYJELEK ÚTJÁN TÖRTÉNŐ KÜLSŐ KIJELEZÉSE

Az imént vázolt trendek, igények és előnyök megfogalmazása után az alábbiakban egy lehetséges szerkezet, egy megoldási javaslat leírását ismertetjük.

Felismertük, hogy a féklámpa mellett több információt jelentene egy olyan fényjelzés, amely a lassítás és gyorsítás mértékéről is információt adna. Ezek a fényjelzések, pótféklámpák vonalszerűen kerülnek kialakításra, és a kigyulladó vonal hossza jelentené a fékezés mértékét: rövid vonal gyenge fékezés/gyorsítás, hosszú vonal erős fékezés/gyorsítás. A technika jelenlegi állása szerint léteznek olyan kisméretű gyorsulásérzékelők, amelyek villamos jel formájában jelzik ki a gyorsulás/lassulás nagyságát, a kimeneti feszültség előjele pedig eldönthetővé teszi, hogy gyorsulásról vagy lassulásról van-e szó. E gyorsulásérzékelők jelét felhasználhatjuk a piros (lassulás), illetve (talán a legalkalmasabb) zöld (gyorsulás) fényjelek kijelzésére, a feszültségek nagyságát pedig átalakítjuk frekvenciává, vagy hosszúságinformációvá.

Kidolgoztunk olyan eszközöket, amelyek egyesítik a fentiek szerint szükséges információt, például az alábbiak szerint. Vonalszerűen kialakított fényforrássor kerülhet elhelyezésre a járművek szélvédőjén, hátul. A vonal vagy piros, vagy (például) zöld színű, attól függően, hogy a jármű éppen lassít vagy gyorsít, illetve állandó sebességgel halad. A vonalszerű fényforrás elkészíthető úgy is, hogy a szélvédő közepétől jobbra-balra szimmetrikusan nő a világító vonal hossza a gyorsulás növekedésével. A vonal fényének hossza vagy villogási frekvenciája jelentheti a fokozott lassulás, illetve gyorsulás mértékét. Egy ilyen eszköz lehetővé teszi, hogy pillanatszerű ránézéssel meg lehessen állapítani egy járműről nemcsak a gyorsulását-lassulását, hanem azok hozzáférhető nagyságát is. Annak érdekében, hogy a távolság változása ellenére értékelhető legyen az információt hordozó vonal hossza, a vonalszerű fényforrás a teljes szélvédő szélességét igénybe veszi, és így a jármű nagyságához lehet viszonyítani a világító vonal hosszát, ezáltal távolságfüggetlenül megbecsülhetővé válik a gyorsulás.

AZ ESZKÖZ ELŐZETES SPECIFIKÁCIÓJA

Az eszköz tehát egy olyan LED-sor, amely a járművek mozgásállapotáról a közlekedő társak számára vizuális tájékoztatást adó eszköz, mely a járműveken elhelyezett fényforrások segítségével a lassulás, illetve gyorsulás mértékéről pillanatszerű rátekintéssel becslésre alkalmas információt szolgáltat.

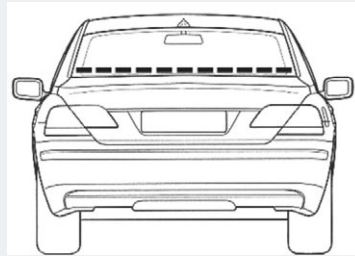
A fényforrások vonal alakúak és a közölni kívánt információ (gyorsulás) a vonal hosszával, vagy villogási frekvenciájával arányos. A gyorsulás/lassulás kijelzésére szolgáló fényforrások villogásának frekvenciája a jármű gyorsításával/lassításával lehet arányos. A vonal alakú fényforrások egy lámpa vagy LED-sorként kerülnek kialakításra a jármű hátsó szélvédő üvege felső vagy alsó szélé mentén, úgy kerülnek elhelyezésre, hogy azok fénye csak kívülről látható. Így a vonal alakú fényforrások hossza a szélvédő üvegek szélességével gyakorlatilag megegyezik. A vonalszerű fénynek a két végét állandóan világító pontszerű fényforrás jelzi, ezzel növelve az észlelési pontosságot. A vonal, illetve a szélvédő üveg közepétől szimmetrikusan jobbra-balra történik a fényforrások aktiválása. A gyorsulás/lassulás információ a vonal hosszával és/vagy a vonal villogásának frekvenciájával arányos, és a vonal színe aszerint zöld, illetve piros, hogy a gyorsulásinformáció előjele negatív (lassítás) vagy pozitív (gyorsítás). A gyorsulás/lassulás információk tehát a jármű hátsó szélvédőjén piros-zöld színű vonal alakú fényforrásként kerülnek kialakításra, ezáltal hátulról a gyorsítást és lassítást fel lehet ismerni.

Felhasznált irodalom

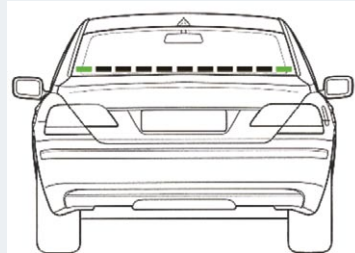
- [1] Jankó Domonkos: Közúti közlekedésbiztonság (Novadat) 1996

Bemutató ábrák

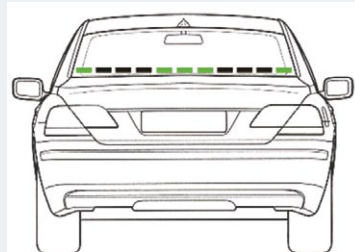
3. ábra:
a képen a kiinduló állapot látható,
ekkor a jármű egyenletesen halad
vagy áll, gyorsulás nélkül



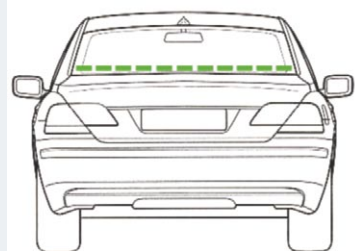
4. ábra:
a képen egy enyhén gyorsuló
állapot látható, ekkor a jármű
gyorsulása csekély



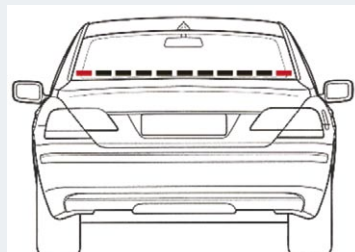
5. ábra:
a képen egy közepesen gyorsuló
állapot látható, ekkor a vezető
közepesen gyorsít



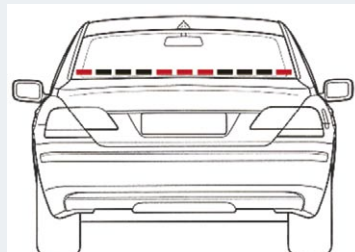
6. ábra:
a képen egy olyan állapot látható,
amikor a vezető padlógázzal
gyorsít



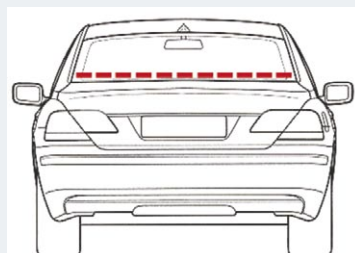
7. ábra:
a képen egy enyhén lassuló állapot
látható, ekkor a jármű lassulása
csekély



8. ábra:
a képen egy közepesen lassuló
állapot látható, ekkor a vezető
közepesen fékez



9. ábra:
a képen egy olyan állapot látható,
amikor a vezető a jármű teljes
fékerejét kihasználja



Új fejlesztésű, kis teljesítményű, axiális fluxusú szervomotor-hajtómű család a járműipar számára

Dr. Halmai Attila

A Faulhaber Motors Hungaria Kft. a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mechatronika, Optika és Műszertechnika Tanszékével együttműködve új axiális fluxusú törpemotorcsaládot fejlesztett ki, amelyek tovább bővítik a mechatronikában alkalmazott elektromágneses aktuátorok csoportját. Ezeknek az axiális fluxusú törpemotoroknak van néhány különleges előnyös tulajdonsága a hagyományos hengeres motorokkal szemben. Az előadásban ezt az új törpemotorcsaládot mutatjuk be. Tekintettel azonban arra, hogy ezen törpemotoroknak, amelyeket a szakirodalom tárcsás motoroknak is nevez, a fejlesztése és gyártása Magyarországon történik, a Faulhaber Group-hoz tartozó Faulhaber Motors Hungaria Kft. albertirsai üzemében. Nagy jelentősége van, hogy az ezen motorok által kínált különleges előnyöket a felhasználói kör is megismerje. Az előadásban az általános tulajdonságokon kívül beszámolunk a legújabb fejlesztésű motorral egybeépített hajtóművekről is. A gépjármű-iparban, mindazon helyeken, ahol kis teljesítményre, ugyanakkor jó hatásfokra van szükség, ezek a motor-hajtómű egységek kiváló alkalmazási lehetőséget ajánlanak.

A new family of DC axial-flux micromotors was developed by Faulhaber Motors Hungaria with cooperation the Budapest University of Technology and Economics, Department of Mechatronics, Optics and Instrumentation Technology, as new electromagnetic actuators for mechatronics. These motors have several advantages, compared to the traditional cylindrical motors. In this paper the new family of disc type DC micromotors will be presented. These motors are manufactured and developed in Hungary, in the factory of Faulhaber Motors Hungaria Ltd in Albertirsa, corresponding to the Group Faulhaber. It is very important for the designers to know the special features of this motors. The new gearmotors offer new opportunities for automotive industry, where small power, but very good efficiency is needed.

1. A TÁRCSÁS KONSTRUKCIÓ ELŐNYEI ÉS HÁTRÁNYAI

Általánosságban kijelenthető, hogy a hagyományos hengeres és az újabb tárcsás motorok alapvető tulajdonságaikban nagyon hasonlóak. Mindkét kiviteli forma légréstekercses konstrukció, mindkettőre jellemző a kiváló hatásfok, a kis veszteségek és a kis tehetetlenségi nyomaték miatt a dinamikus működésre való alkalmasság.

A tárcsás motorok első előnyös tulajdonsága a motor alakjából következik. A gyakorlatban előfordulnak esetek, amikor axiális irányban a motor-hajtómű egység beépítésére nincs elegendő hely. Ha viszont elég hely van radiális irányban, akkor ezekben az esetekben tárcsás motort kell beépíteni, mert ezeknek a tengelyirányú mérete még hajtóművel együtt is sokkal kisebb, mint a hagyományos hengeres konstrukcióké.

A második előnyös tulajdonság a mágneskörben alkalmazott ritka földfém mágnesek anyagjellemzőiből vezethető le. Ezek a mágnesanyagok ugyanis nagy energiatartalommal és nagy koercitív erővel rendelkeznek, emiatt pedig az ilyen mágnesekkel felépített mágneskörök rendkívül rövid erővonal menti mágnesshosszat igényelnek. Ebből következik az is, hogy a tárcsás konstrukció választásával jobb lesz a mágnesanyag kihasználtsága, tehát viszonylag kisebb tömegű mágnesanyag is elegendő ugyanolyan motorparaméterek eléréséhez, mint amilyeneket a hengeres konstrukciókkal el lehet érni. Ez gazdaságossági szempontból fontos, mert a ritka földfém mágnesanyagok viszonylag drágák. A harmadik előnyös tulajdonság a mágneskör kialakítására vonatkozik. A tárcsás konstrukció esetében könnyebben lehet a mágneskört négypólusú kivitelben elkészíteni, mint a hengeres konstrukciók esetében. A négypólusú kivitel két szempontból előnyösebb, egy szempontból hátrányosabb, mint a kétpólusú. A legfontosabb előny az egyenletesebb nyomatékképzés, ami más szavakkal azt jelenti, hogy a forgórész egy fordulata alatt kisebb

a keletkező nyomaték ingadozása. A másik előny, hogy a fele akkorára osztott pólusfluxus miatt kisebb lehet a mágnesvas és a motorvas vastagsága, és az átlagos erővonalhossz is rövidebb lesz. Az egyetlen hátrány a kefék 90°-os elrendezésében rejlik, ami járulékos egyirányú csapágyerőt okoz, azonban ez alig kimutatható mértékű szokott lenni.

A negyedik tulajdonság abban foglalható össze, hogy a tárcsás konstrukció sokkal több szabadságfokkal rendelkezik, mint a hengeres. A nagyobb variációs lehetőség egyúttal bonyolultabb modellezést, és nehezebb optimalizációs feladatot jelent. A forgórészről illetően a nagyobb variációs lehetőségeket a következők adják:

- a tekercs alakja,
- a tekercs radiális elhelyezkedése,
- a huzalátmérő és a menetszám szabadabban választható meg.

A tekercs alakját tekintve a legfontosabb kérdés, hogy az ideális tekercsalaktól mennyire kell eltérni a technológiai korlátozások miatt. A tekercselhetőség (a tekercsben csak egyirányú görbületek lehetnek), a tekercs szélességi kiterjedése, és természetesen a vastagsága is befolyásoló tényezők, utóbbi erősen összefügg a légrésben elérhető mágneses indukcióval, végső soron a motor merevségével.

A tekercs radiális elhelyezkedése azért fontos kérdés, mert ezzel lehet befolyásolni a működési elvből következően fellépő, egyébként nemkívánatos radiális erőket. Ha a tekercsek tangenciális, nyomatékot nem képző ágai is mágneses térben vannak, akkor radiális irányú erők is keletkeznek, amelyek a forgórészt a csapágyakban ide-oda rángatják. Nagyobb csapágyhézag esetén a forgórész a saját frekvenciáján rezgésbe jön, erős hangot ad, és ebből az üzemállapotból csak nagyon nehezen lehet kimotozni.

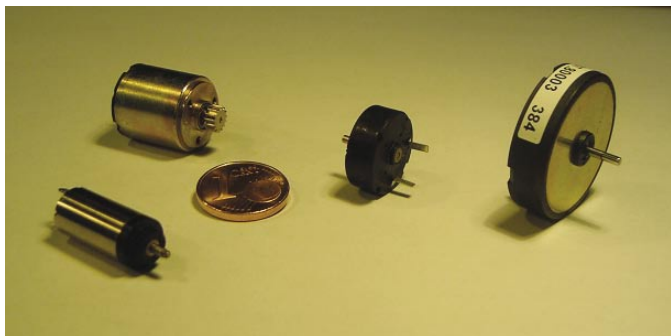
A huzalátmérő és a menetszám szabadabb megválasztása azt jelenti, hogy a gyakorlatban megengedett a tekercsek ún. „vad” tekercselése, különösen a vékonyabb huzaloknál. Mennél vastagabb a huzalátmérő, annál inkább törekedni kell a szabályos,

menet menet mellé elvű tekercselésre, mert ellenkező esetben a légrés rézzel való kitöltési foka nagymértékben csökkenni fog. Összehasonlításként: a klasszikus „Faulhaber” tekercselésnek kötöttén két, egymást keresztező rétege van.

Az előnyös tulajdonságok mellett természetesen vannak hátrányos tulajdonságok is. Ilyen például a kefe-kommutátor kapcsolatból következő elektromágneses zavarkeltés, amely minden keféskommutátoros motor sajátja. A másik, szintén a kefe-kommutátor kapcsolatból következő hátrány az ezek elhasználódásából létrejövő korlátozott élettartam. Az élettartamot nagyon sok tényező befolyásolja, ezért nem lehet konkrét értékeket megadni. Átlagos esetben az új fejlesztésű motoroknál az élettartam 1000 és 10 000 üzemóra között van.

2. AZ ÚJABB FEJLESZTÉSEK BEMUTATÁSA

Az 1. ábrán két régebbi hengeres, és két új tárcsás konstrukció látható. A méretek összehasonlításának érdekében egy eurocent is látható a képen. Jól látható, hogy a hengeres motorok viszonylag kis átmérővel rendelkeznek, viszont átmérőjükhez képest hosszúak, amely hosszát még tovább növeli a hajtómű hosszúsága, ami szinte minden esetben szükséges, mert a motorok fordulatszáma igen magas, gyakorlati alkalmazásokhoz a szükséges nyomaték elérése érdekében mindig szükség van hajtóműre is. A tárcsás motorok rövidek, de nagyobb átmérőjűek. Az ezekhez alkalmazott hajtóművek értelemszerűen rövidebbek szoktak lenni mint a hengeres motoroknál alkalmazott hajtóművek, mivel a tárcsás motoroknál átmérő irányban nagyobb hely áll rendelkezésre.



1. ábra

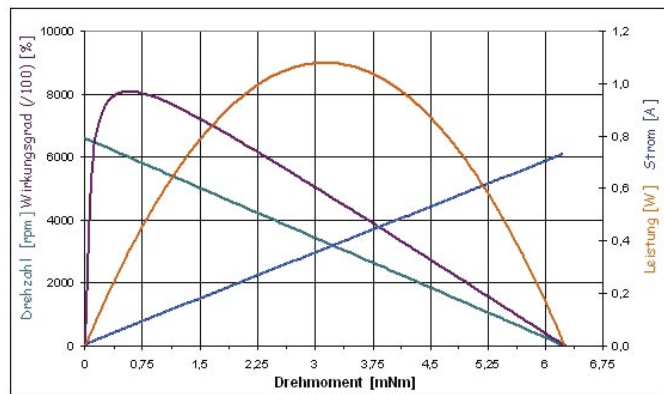
Az elmúlt évben a tárcsás mikromotorok területén megjelent egy újabb motorcsalád. A fejlesztés lényegesebb újdonságai a következők:

- korrózióállóbb mágnesanyag alkalmazása,
- kétoldali tengelykivezetés, kétoldali csapágyazás,
- hengeres kommutátor a tárcsa alakú kommutátor helyett,
- a kefék besüllyesztése a motorvasba, így még laposabb konstrukció elérése,
- a motor a hajtóművel egybe van építve.

Ezeknek a fejlesztéseknek az eredményeképpen valóban jó hatásfokú (max. 80%), jó merevségű, és jó teljesítmény/térfogat aránnyal rendelkező motorokat lehetett létrehozni, kihasználva a tárcsás konstrukció már korábban felsorolt előnyös tulajdonságait.

Megjegyzendő, hogy a tárcsás motorok általában kisebb üresjárás fordulatát és nagyobb indítónyomatékát a sok egyéb konstrukciós paraméter mellett a négy pólusú kivitelnek köszönhetjük, amely viszont kedvező tulajdonság, mert kisebb hajtómű-módosítás is elegendő lehet. A 2. ábrán a 2607 típusú tárcsás motor fordulatszámát, hatásfokát, teljesítményét és áramfelvételét mutatjuk be, a nyomaték függvényében. Figyelemre méltó, hogy a maximális hatásfok meghaladja a 80%-os értéket, ami telepről működtetett üzemmódban rendkívül fontos.

Az új fejlesztésű motoroknál, felismerve, hogy a motor-hajtómű szervesen összetartozik, a hajtóművet a motorral egybeépítik,



2. ábra



3. ábra

úgy, hogy a motornak is és a hajtóműnek is közös háza van. A 3. ábrán látható egy régebbi hengeres motor-hajtómű egység, alatta az új fejlesztésű tárcsás motorok. A kép közepén összehasonlításként egy eurocent, a jobb oldalon pedig az új hajtóművel egybeépített komplett egységek láthatók. A hajtómű módosításai úgy kerültek megállapításra, hogy azokkal minden gyakorlati igény lefedhető legyen, miközben a külső méretek változatlanok maradnak. A módosítások tartománya a 1512 típusnál 1:6-tól 1:324-ig, a 2619 típusnál 1:8-tól 1:1257-ig terjed.

3. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Mikromotoroknál, tehát a néhány wattos teljesítménynél nem nagyobb egyenáramú motoroknál a tárcsás motorkonstrukciók rendelkeznek néhány előnyös tulajdonsággal a hagyományos hengeres konstrukciókhoz képest. Ezek mellett van természetesen néhány kevésbé jelentős hátrányos tulajdonságuk is. Mindebből következő, hogy a tárcsás konstrukciók viszonylagos térhődítása várható a következő években, tehát a jövő mechatronikai berendezéseiben aktuátorként alkalmazva valószínűleg több tárcsás motorkonstrukcióval fogunk találkozni a gépjárműiparban is, elsősorban a biztonsági, komfort- és kommunikációs berendezéseknél.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Halmi Attila, Ördög Tamás: Neuheiten bei den eisenlosen Flachläufer Motoren der Faulhaber Gruppe. Kleinmaschinenkolloquium, 2006 márc. 9-10., TU Ilmenau
- [2] Dr. Halmi Attila: Új konstrukciójú elektromágneses aktuátorok a mechatronikában: a tárcsás forgórészű egyenáramú törpemotorok. Habilitációs értekezés, BME Budapest, 1998
- [3] A. Halmi: Die Vorteile der Axial-Magnetfeld Gleichstrom Kleinstmotoren. 43. IWK, 21-24 September 1998. TU Ilmenau.
- [4] H. Stölting – E. Kallenbach: Handbuch Elektrische Kleinantriebe, Hanser Verlag 2001

Nemlineáris csillapítással rendelkező kétszabadságfokú modell stabilitásvizsgálata a legnagyobb Lyapunov-exponens segítségével

Lukács Attila

Gépjárművek futóművein nagyon gyakran alkalmazott megoldás a bilineáris karakterisztikával rendelkező csillapítás. Fő előnye, hogy könnyebben alkalmazható a változó körülményekhez, szemben egy lineáris csillapítással. A csillapítás fő feladata a kerekek és a talaj folyamatos kapcsolattartása, jó útfogás biztosítása. A cikk egy kétszabadságfokú, nemlineáris csillapítással rendelkező, gerjesztett negyedjárműmodell vizsgálatával foglalkozik. A gerjesztés sztochasztikus úton történik, elsőrendű szűrőn átvezetett fehér zaj segítségével. A nemlinearitásból adódó stabilitásvizsgálat a legnagyobb Lyapunov-exponens segítségével történik, numerikus szimuláció alkalmazásával.

Shock absorbers with bilinear characteristic are often used for improving the driving safety and the travelling comfort of vehicles. A nonlinear damping characteristic adapts to the changing driving conditions of the vehicle. The suspensions are to prevent the jumping of the wheels and the up-swings of the vehicle and provide a good road grip. A quarter vehicle model with two degrees of freedom is given which is subjected to a vertical road excitation. As a first approximation, the unevenness of the road can be described by filtered white noise. The stability of the related stationary oscillations is determined by computing the largest Liapunov-exponents.

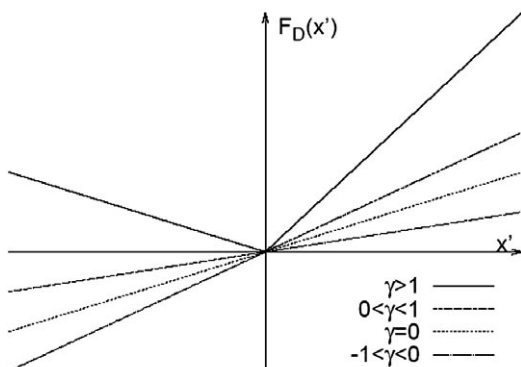
BEVEZETÉS

Az elmúlt évek során a gépjárművek fejlődése felgyorsult. Mind nagyobb teljesítmény elérésére törekednek, ami a járművek elérhető legnagyobb sebességét is növeli. Ez még nagyobb követelményeket támaszt a közlekedés biztonságával, valamint a fokozottabb utazási kényelemmel szemben is. Modern járműveken tehát a rugózásra, csillapításra (1. ábra) rendkívül nagy szerep hárul.



1. ábra: nemlineáris karakterisztikával rendelkező lengéscsillapító sematikus képe, a fekete nyílak a dugattyú mozgásának irányát jelölik

Lengéscsillapítókon gyakran alkalmazott megoldás a kerekek ki- (gödör), illetve berugózásokor (domb) fellépő csillapítóerő-különbözősége. Ennek megvalósítása úgy történik, hogy a kerekek ki-, illetve berugózásakor az olaj más és más keresztmetszeten keresztül áramlik a dugattyúban. Ez a jelenség jól jellemezhető egy nemlineáris karakterisztikával (2. ábra).



2. ábra: nemlineáris karakterisztikájú csillapítás

A disszipációs erő nagyságát a következő egyenlettel írhatjuk le:

$$F_D = k \left[\left(\dot{x}_1 - \dot{y}_1 \right) + \gamma \left| \dot{x}_1 - \dot{y}_1 \right| \right]$$

ahol γ az ún. nemlinearitási tényező. E paraméter segítségével változtatható a csillapítóerő nagysága és iránya. A változtatás nem tetszőleges, a karakterisztika csak diszkrét értékek felvételére képes. Szabályzott irányváltás biztosításához külső beavatkozó szerkezetre, aktuátorra van szükség ($\gamma > 0$). Jelen írásmű egy része azon probléma megoldásával foglalkozik, hogy a nemlineáris karakterisztika okozhat e stabilitásvesztést, illetve megoldást ad a nemlineáris karakterisztika stabilitástérképére.

Az utóbbi években megnőtt annak a jelentősége, hogy a mechanikai modellünket ne pusztán a lineáris lengéstanban megismert keretek között vizsgáljuk, hanem szélesebb körben, a valóságot mind inkább közelítő képet kapjunk a gépjármű-kerékfelfüggesztések viselkedésével kapcsolatban. A cikk ezért a pontosabb, valóságot jobban közelítő viselkedés meghatározására sztochasztikus leírást használ. A matematikai vizsgálat során a modell sztochasztikus útprofillal volt gerjesztve. A cikk lényegi része a negyedjármű lengéstanai modelljének vizsgálata, mely egy kéttömegű, kétszabadságfokú, sztochasztikusan gerjesztett, csillapított rendszer, nemlineáris csillapítási karakterisztikával.

LENGÉSGERJESZTŐ ÚTPROFIL MODELLEZÉSE

A „Sztochasztikus” görögül azt jelenti, találgató. Sztochasztikus folyamat alatt olyan folyamatokat értenek, amelyek minden időpillanatban véletlen ingadozásokat végeznek. A sztochasztikus folyamat fogalma lehetővé teszi olyan folyamatok matematikai tárgyalását is, amelyeknél az egyik változónak adott értéke mellett a másik változónak még sok lehetséges értéke jöhet számításba, mégpedig a véletlentől függ, hogy egy konkrét esetben melyik fog megvalósulni.

A „kis” lengés tan ún. lineáris rezgőrendszerekkel foglalkozik, melyek törvényszerűségeit lineáris, állandó együtthatós differenciálegyenletekkel írja le. Gerjesztett rezgőrendszerek vizsgálatánál, pl. a gerjesztés függvényének ismeretében kerestük a rezgőrendszer egy meghatározott pontjához tartozó elmozdulás- vagy elforduláskoordinátát az idő függvényében. Ha a gerjesztés függvénye sztochasztikus függvény, akkor a vizsgált lineáris mechanikai lengőrendszer kiszemelt pontjának elmozdulás- vagy elforduláskoordinátája is sztochasztikus függvény lesz.

A valóságban, számos esetben a gerjesztés időbeli változása véletlen jellegű, ún. sztochasztikus folyamat. Ilyen gerjesztés hat pl. az úton haladó jármű kerekeire. Sztochasztikus folyamatnak nevezzük a gerjesztést, ha t időben felvett értékei valószínűségi változók. Általában egy sztochasztikus jel az idő függvényében látszólag semmilyen szabályosságot nem mutat. A tapasztalat szerint azonban a sztochasztikus jelek egy részénél mégis felismerhető valamilyen szabályosság. Könnyebben állapíthatjuk meg a szabályosság tényét, ha a realizáció lényegesen hosszabb, vagy esetleg ugyanarról a jelenségről több, egymástól független mérésből származó realizációt vizsgálhatunk. A XVIII. század végén R. Brown angol botanikus megjelentette feljegyzéseit és megfigyeléseit a folyadékokban található organikus részecskék viselkedéséről. Ennek a viselkedésnek, mint sztochasztikus folyamat vizsgálatát N. Wiener (1918) folytatta, aki a teljes matematikai leírását is megfogalmazta. Az egydimenziós Wiener-folyamat W_t tulajdonképpen nem más, mint egy diffúziós folyamat leírása, mely a következő tulajdonságokkal rendelkezik.

- $W_0 = 0$
- $E\{W_t\} = 0$, ahol $E\{\}$ a várható érték.
- $E\{W_t W_s\} = \min\{t, s\}$ (kovariancia mátrix)
- $E\{W_t\} = t$

Illetve a folyamat differenciáljára (W_t) vonatkozó tulajdonságok:

- $dW_t = \xi_t dt$ ξ_t – Fehér zaj
- $E\{W_t\} = 0$
- $E\{dW_t, dW_s\} = 0$
- $E\{dW_t\} = dt$

A Wiener-folyamat igazi műszaki jelentősége a differenciál, illetve a fehér zaj közötti kapcsolatban rejlik. A fehér zaj egy korrelálatlan, nulla várható értékű, stacioner, idealizált folyamat, ahol az amplitúdók normál, a frekvencia pedig egyenletes eloszlású. A fehér zaj egyik jelentős tulajdonságát a sem önmagával, sem más folyamatokkal való korreláltság jelenti. A spektrálsűrűségét megvizsgálva kapjuk, hogy minden frekvenciát tartalmaz, azaz minden frekvencián gerjeszt, ami nyilvánvalóan csak egy elméleti hipotézis, hiszen a valóságban ilyen folyamatot nem tudunk előállítani (4. ábra). Ha azonban sikerül a Wiener-folyamat számára egy megfelelő lépésközt találni, amely kielégíti a fent említett tulajdonságokat, akkor már realizálható formában fog rendelkezésre állni. A Wiener-folyamattal való kapcsolata alapján lehetséges fehér zajt előállítani. Kihhasználva, hogy:

$$dW_t = \xi_t dt$$

Legyen R_n egy $[0,1]$ intervallumból való normálosztású számsorozat, amely kielégíti a Wiener-folyamat deriváltjára vonatkozó előírásokat, melyek a következők:

$$E\{R_n \sqrt{\Delta t}\} = E\{R_n\} E\{\Delta t\} = E\{R_n\} \Delta t = 0$$

$$E\{(R_n \sqrt{\Delta t})^2\} = E\{R_n^2\} E\{(\sqrt{\Delta t})^2\} = 1 \Delta t$$

Tehát az $\Delta W = R_n \sqrt{\Delta t}$ tekinthető, mint egy Wiener-folyamat differenciáljának közelítése. A normálosztású számsorozatot a Box-Müller transzformáció segítségével kaphatjuk meg, két egyenletes eloszlású korrelálatlan számhalmazból. Az egyenletes eloszlású számsorozatot az ún. törtrész függvény (frac) segítségével kaphatjuk meg. Ez a fajta függvény az egész részt elhagyva generál egy $[0,1]$ közötti számot. A számítás menete, illetve a kezdőértékek a következők:

$$U_{n+1} = \text{frac}(aU_n + b) \Leftrightarrow U_0 = 0.3$$

$$V_{n+1} = \text{frac}(aV_n + b) \Leftrightarrow V_0 = 0.7$$

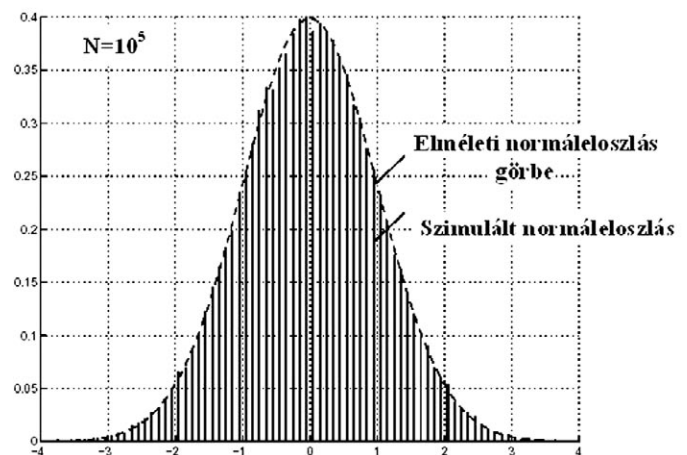
ahol a tetszőleges egész szám és b szintén tetszőlegesen megválasztható a $[0,1]$ intervallumból, így legyen pl.

$$a = 9821$$

$$b = 0,211322$$

És végül a Box-Müller transzformáció, melynek segítségével az R_n normálosztású számsorozat generálható:

$$R_n = \sqrt{-2 \log(U_n)} \cos(2\pi V_n)$$



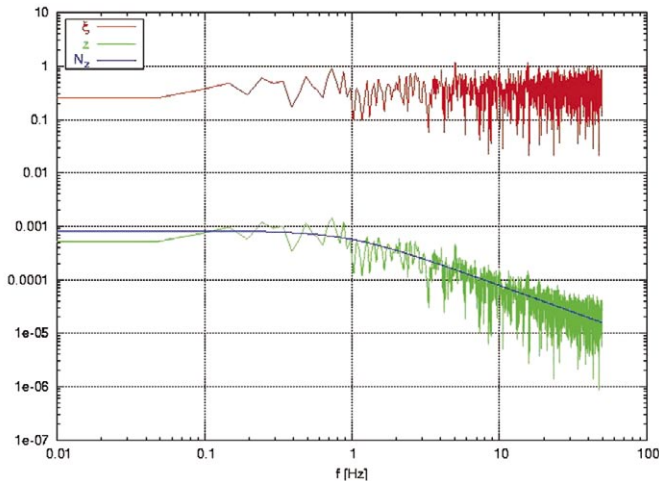
3. ábra: az R_n -sorozat hisztogramja

A sztochasztikus gerjesztés előállításához a fehér zajt használtam, melyet egy elsőrendű szűrőn átengedve kaptam az úgynevezett színes zajt, mely már alkalmas egy útfelület modellezésére. A vonatkozó irodalom a lengésgerjesztő sztochasztikus útprofil leírását kimerítően tárgyalja. Több típusú útfelületet reprezentáló mérési eredmény található az irodalomban, nagyrésztük frekvenciatartományban jellemezve. Lényeges, hogy az útegyenetlenségeket leíró folyamat lehetőleg alacsony rendű átviteli függvénnyel rendelkezzen, hogy az útprofil lineáris alakszűrővel a fehér zaj folyamatból származtatható legyen. Az elsőrendű lineáris szűrővel származtatott sztochasztikus útgerjesztés az alábbi differenciálegyenlettel jellemezhető időtartományban:

$$dz_t = -\Omega v z_t dt + \sigma \sqrt{v} dW_t$$

ahol $\Omega \left[\frac{\text{rad}}{\text{m}} \right]$ az útprofil vágási körfrekvenciája, $\sigma \left[\text{m}^{-1} \right]$ a gerjesztés intenzitása, $v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ pedig a gépjármű sebessége. Az útgerjesztés átviteli függvénye (4. ábra) frekvenciatartományban (ω) a következő egyenlettel adható meg:

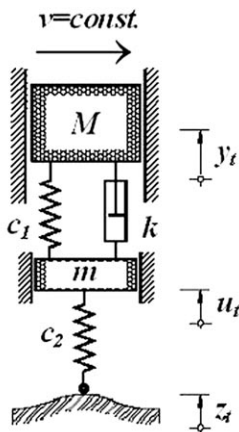
$$N_s(\omega) = \frac{\sigma^2 v}{\Omega^2 v^2 + \omega^2}$$



4. ábra: a szimulált fehér zaj spektruma (ξ), a sztochasztikus lengésgerjesztő útprofil átviteli függvénye (N_z) és az elsőrendű szűrővel való közelítése

MECHANIKAI MODELL ISMERTETÉSE

Az angol elnevezésből származó negyedjárműmodell (quarter-car model) a teljes járműre vonatkozó geometriai jellemzőket nem tartalmazza, azaz nem alkalmas pl. dőlés figyelembevételére. Alkalmas azonban a járműtest és a kerék közti kölcsönhatás figyelembevételére. Az 5. ábrán látható lengőrendszer két m (kerék) és M (jármű) tömegből, a hozzájuk kapcsolódó c_1 rugómerevségű rugóból és a k csillapítási tényezőjű, nemlineáris karakterisztikájú csillapításból áll. A talaj és a kerék közötti kapcsolatot a c_2 rugómerevségű gumiköpeny biztosítja. A kerék elmozdulását a z_i sztochasztikus jel által leírt útprofil határozza meg, míg a két tömeg elmozdulását pedig az u_i és y_i általános koordináták írják le. A rendszer mozgásegyenlete Newton II. axiómája alapján a következő formában adható meg:



5. ábra: negyedjármű lengéstani modellje

A rendszer mozgásegyenlete Newton II. axiómája alapján a következő formában írható fel:

$$\begin{aligned} M \ddot{y}_i + k \left[\left(\dot{y}_i - \dot{u}_i \right) + \gamma \left| \dot{y}_i - \dot{u}_i \right| \right] + c_1 (y_i - u_i) &= 0 \\ m \ddot{u}_i + k \left[\left(\dot{u}_i - \dot{z}_i \right) + \gamma \left| \dot{u}_i - \dot{z}_i \right| \right] + c_1 (u_i - y_i) + c_2 (u_i - z_i) &= 0 \\ \dot{z}_i &= -\Omega z_i + \sigma \sqrt{\nu} \dot{W}_i \end{aligned}$$

Vezessük be a következő rövidítéseket:

$$\frac{M}{m} = \beta; \quad \frac{c_1}{M} = \alpha^2; \quad \frac{k}{M} = 2D\alpha; \quad \frac{c_2}{c_1} = \kappa; \quad \mu = \frac{\Omega \nu}{\alpha}; \quad x_i = y_i - u_i,$$

ahol x_i a bevezetett relatív koordináta, β a tömegviszony, κ a rugómerevség-viszony, α a csillapítatlan rendszer sajátkör-frekvenciája, D a relatív csillapítási tényező, μ pedig a frekvenciahányados. Mielőtt azonban a bevezetett jelölésekkel átírnánk a differenciálegyenleteket, vezessünk még be dimenziótlan időt:

$$\tau = \alpha t; \quad \alpha \frac{d}{d\tau} = \frac{d}{dt}; \quad dW_\tau = \sqrt{\alpha} dW_i; \quad dW_i = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} dW_\tau,$$

illetve transzformáljuk az általános koordinátákat a következő összefüggésekkel:

$$x_i = X_i \frac{\sigma}{\sqrt{\Omega}}; \quad u_i = U_i \frac{\sigma}{\sqrt{\Omega}}; \quad z_i = Z_i \frac{\sigma}{\sqrt{2\Omega}}$$

Az egyenletek megoldása, illetve feldolgozása numerikusan történik, ezért elsőrendű alakban célszerű megadni a kapott egyenletrendszert:

$$\begin{aligned} X_1' &= X_2 \\ U_1' &= U_2 \\ X_2' + U_2' &= -X_1 - 2DX_2 - 2D\gamma |X_2| \\ X_2' + \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) U_2' &= -\kappa U_1 + \frac{\kappa}{\sqrt{2}} Z \\ Z' &= -\mu Z + \sqrt{2\mu} \dot{W}_\tau. \end{aligned}$$

STABILITÁSVIZSGÁLAT A LEGNAGYOBB LYAPUNOV-EXPONENS SEGÍTSÉGÉVEL

Műszaki alkatrészek, kerekek, gépelemek mozgása gyakran mutathat kaotikus viselkedést. Rendszerint a tervezés során a cél az ilyen megjósolhatatlan viselkedés elkerülése, de a rendszert erő különböző nemlineáris hatások, pontatlanságok miatt a viselkedés mégis kaotikussá válhat. Jelen rendszerünkben a modellben található nemlineáris karakterisztikával rendelkező csillapító dugattyú miatt léphetnek fel nemlineáris rezgések, kaotikus mozgások. Edward Lorenz 1963-as cikkében bemutatta a nemlineáris rendszerekben tipikusan jelen lévő érzékenységet a kezdőfeltételekre. Ez a műszaki gyakorlatban azt jelenti, hogy ha van egy állandósult állapotban haladó gépjárművünk, mely rámeleg egy dombra vagy belemegy egy gödörbe, lengéseket kezd végezni. Ezek a lengések lecsillapodhatnak, azonban öngerjesztett rezgés esetén akár nőhetnek is. Ezt a jelenséget „a kis okok (generálta) nagy hatások jelenségének” is nevezi a szakirodalom.

Kaotikus rendszerekben két tetszőlegesen választott, egymáshoz közeli kezdőhelyzetből indított pálya tipikusan exponenciálisan távolodik egymástól a fázistérben. A távolodás mértékét a lokális Lyapunov-exponens jellemzi:

$$\lambda_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \ln \frac{\|q(t, q_0)\|}{\|q_0\|}$$

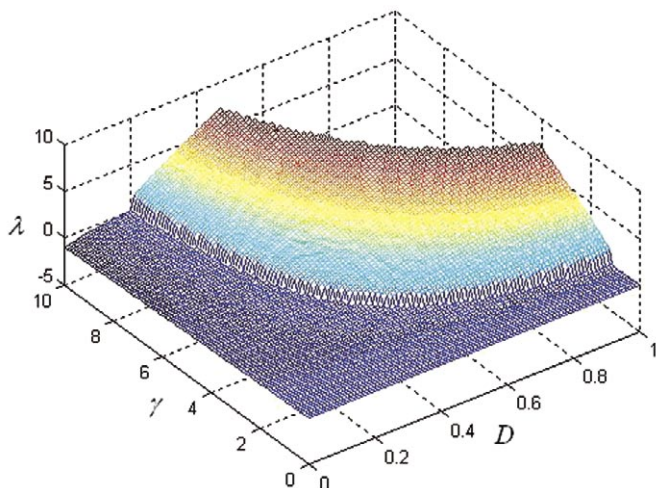
Legyen $q(t, q_0)$ a két kiválasztott kezdőpontból indított pályák távolsága, a λ_1 pedig a lokális Lyapunov-exponens, ami

függ attól, hogy honnan választottuk a két kezdőpontot. A Lyapunov-exponens a közeli kezdőpontok tipikus távolodási rátáját írja le. Természetesen több Lyapunov-exponens is létezik. Műszaki jelentősége az első vagy más néven legnagyobb Lyapunov-exponensnek van, hiszen egyértelműen eldönthető vele a rendszer stabilitása. Kaotikus rendszerekben a Lyapunov-exponens pozitív, tehát exponenciális a pályák távolodása. Ez az ún. instabil állapot. Ha a rendszer nem kaotikus, akkor általában a távolodás exponenciálisnál lassabb, vagyis a Lyapunov-exponens nem pozitív, akár nulla is lehet, mely egy kritikus helyet jelöl. Műszaki szempontból csak a negatív Lyapunov-exponens elfogadható. Ekkor stabil állapotról beszélünk. Látható tehát, hogy a kezdőfeltételekre való érzékenységet a legnagyobb Lyapunov-exponens határozza meg. Ezért a következőkben ennek meghatározása következik.

Az előbbieken elhangzott, hogy két kiválasztott kezdőpontból indított pályák távolságát jellemzi a Lyapunov-exponens. Az egyik pálya a rendszerhez tartozó stacionárius megoldás q_{st} , míg a másik pálya az ún. zavarás vagy perturbált megoldás.

$$\underline{q} = \underline{q}_{st} + \Delta \underline{q}$$

Ha visszahelyettesítjük az előző egyenletet a rendszert leíró differenciálegyenlet-rendszerbe, szétválogatjuk az egyes pályákhoz tartozó megoldásokat, Khas'minskii koncepciója alapján polárkoordinátákat vezetünk be, numerikus úton elvégezhető az exponens számítása. A bevezetett egyszerűsítések, a dimenziótlan idő és a polárkoordinátás írásmódnak köszönhetően rendszerünk összesen öt paramétert fog tartalmazni, úgymint: γ – nemlinearitási tényező, D – relatív csillapítási tényező, κ – rugómerevség-viszony, β – tömegviszony,

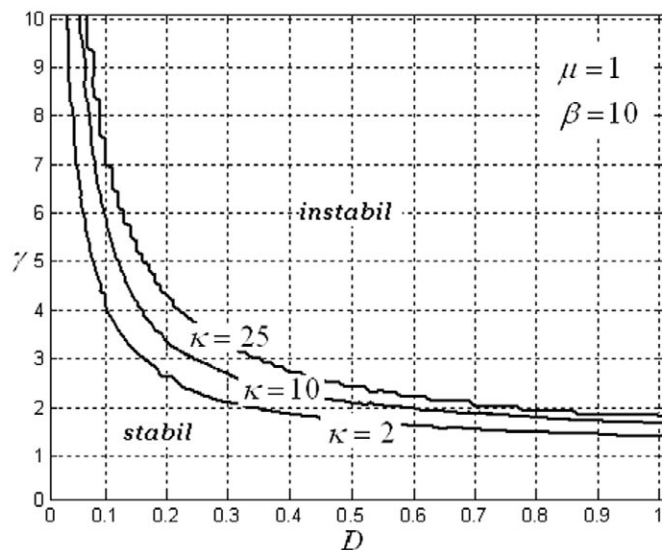


6. ábra: a legnagyobb Lyapunov-exponens ábrázolása a D – γ síkon

μ – frekvenciahányados. Ebből a frekvenciahányadost és a tömegviszonyt állandó értéken tartjuk. Mind az öt paraméter dimenziótlan mennyiség.

A következő ábrán már egy numerikus szimuláció eredménye (6. ábra) látható. A függőleges tengely a legnagyobb Lyapunov-exponenst tartalmazza, míg a két vízszintes tengelyen a γ és D van ábrázolva. A térbeli ábrán jól nyomon követhető az exponens változása.

A stabilitás határát a $\lambda=0$ átmenet képezi. A következő ábra a $\lambda=0$, hoz tartozó szintvonalakat ábrázolja, különböző κ értékek mellett. A κ értéke függ a gumiköpenyben található nyomástól, a gumiprofil merevségétől, illetve a futóművön alkalmazott rugótól.



7. ábra: a legnagyobb Lyapunov-exponens szintvonalai: $\lambda=0$

ÖSSZEFOGLALÁS, EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

Bemutatásra került egy kétszabadságfokú, nemlineáris csillapítással rendelkező, sztochasztikusan gerjesztett rendszer. A variációs egyenletek felírása után, a legnagyobb Lyapunov-exponens numerikus úton lett meghatározva. Azért, hogy a mechanikai lengőrendszer viselkedése modellezhető legyen, stabilitástérképet készítettem. A stabilitástérképhez két paramétert (D, γ) variáltam, a többi paramétert (β, κ, μ) konstans értékkel vettem figyelembe. A kapott stabilitástérképről elmondható, hogy a κ paraméter növelésével a stabil tartomány mindig nő. Ahogy a γ nemlinearitási tényező egyre nagyobb értéket vesz fel, úgy a stabil tartomány egyre csökken. Hasonló megállapítások tehetők a D relatív csillapítási tényező értékére is. Összefoglalóan, a stabil tartományhoz kis nemlinearitási tényező és kis relatív csillapításértékek szükségesek. A kapott stabilitási térkép segítséget nyújthat egy adott kerékfelfüggesztés optimalizációjához.

Irodalomjegyzék

- S. Timoshenko: Schwingungsprobleme der Technik, Verlag von Julius Springer, Berlin W35 1932
 W. Heinrich – K. Hennig, Zufallsschwingungen mechanischer Systeme, Akademie Verlag, Berlin 1977
 Jens Wittenburg: Schwingungslehre- Lineare Schwingungen-Theorie und Anwendungen, Springer- Verlag Berlin Heidelberg 1996
 M. Riemer, J. Wauer, W. Wedig: Mathematische Methoden der Technischen Mechanik, Springer- Verlag Berlin Heidelberg 1993
 Frank Beichelt: Stochastische Prozesse für Ingenieure, B.G. Teubner Stuttgart 1997
 D. Szőke and S. Horváth: Dynamic analysis of vehicle FEM system with discrete damper. Vehicle System Dynamics Supplement 28: 485-495 (1998)
 Szőke Dezső: A modálanalízis alkalmazása a közlekedés területén, Járművek, építőipari és mezőgazdasági gépek, 1997. 3. sz. pp 84-92.
 D. Szőke: Wirkung der Modellstrukturen auf die berechneten Fahrzeugschwingungen, XIII. International Heavy Vehicle Conference, Bp., 1996. okt. 17-18., pp. 1-8.

Nagymegbízhatóságú járműirányítási rendszerarchitektúrák: stand-alone fedélzeti rendszerektől a kooperatív jármű- és infrastruktúra-kapcsolatokig

Edelmayer András

A járműtechnológiák minőség- és funkcióbiztosításának legkorszerűbb elve a szoftver alapú, nagymértékben elosztott erőforrásokon nyugvó, beágyazott rendszeralkalmazásokon és hálózati irányítórendszerek alkalmazásán alapszik. Ezek a rendszerek számos új követelményt támasztanak az egyre inkább biztonságkritikussá váló járműfedélzeti irányítórendszerek tervezési és megvalósítási módjait illetően. Ez a cikk azon legkorszerűbb módszereket foglalja röviden össze, amelyek az ilyen speciális, elosztott járműirányítási rendszerek szintéziséhez alkalmazhatók. A cikk rámutat, hogy az egyre szigorodó biztonsági követelmények kielégítése, a folyamatosan bővülő funkcionális specifikációknak való megfelelés az irányítórendszer sajátosságosan kialakított struktúrájában és a kommunikációs rendszer felépítésében (architektúrájában) rejlik.

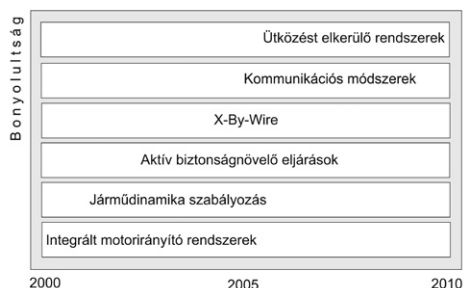
Quality and functional assurance of today vehicle technologies is increasingly relied on the application of software enabled, distributed, embedded control systems and fault tolerant communication networks. These systems raise a number of new requirements to the design and realization of safety critical vehicle control systems. This paper briefly summarizes the most recent technologies available for the synthesis of complex, networked vehicle control systems. It is shown that the key idea behind the fulfillment of the ever increasing safety and functional requirements is based on the specific structure of the control system as well as in the architecture of the communication network.

BEVEZETÉS

A technológiai rendszerek működési biztonsága, a rendszerek tartós funkcióbiztosításának megteremtése mindenekfelett álló tervezési szemponttá válik azokban az esetekben, amikor a rendszerben esetlegesen bekövetkező meghibásodások potenciális veszélyt jelentenek az üzemeltető személyzet személyi biztonságára vagy a környezetre. Különösen igaz ez az olyan nagy működési kockázattal járó területeken, mint pl. a járműrendszerek, amelyek üzeme során emberéletek, jelentős anyagi értékek, s bizonyos esetekben a természeti környezet épsége forog kockán. Hasonló okok folytán a modern társadalmakban a biztonság elsőrendű prioritásfogalommal vált, amelynek számos szociális és gazdasági kihatása körvonalazható.

Az egyes biztonságkritikus alkalmazások megítélésében nyilvánvaló különbségeket kell tenni attól függően, hogy az adott alkalmazás működési kockázata milyen mértékben lokalizálható, azaz, mennyire garantálható egy specifikus meghibásodás összevont következményi hatásainak korlátossága. A korszerű jármű- és közlekedési rendszerek ebben az értelemben a repülő- és nukleárisipar alkalmazásaival együtt kezelendők, hiszen a járműrendszerekben bekövetkező kritikus funkcióvesztések hatásai megjósolhatatlan, globalizálódásra hajlamos következményekkel járhatnak (gondoljunk csak az autópályákon bekövetkező tömeges ráfutásos balesetek kialakulásának körülményeire és azok következményi hatásaira).

A modern járműrendszerekben a rendszerekkel szemben támasztott egyre nagyobb felhasználói igények a rendszerek bonyolultságának állandó növekedésével járnak együtt, ld. 1. ábra.



1. ábra: járműirányítási feladatok fejlődési irányai: növekvő funkciókészlet, növekvő bonyolultság

Az 1. ábra által vázolt fejlődés trendjét és kölcsönhatásait tekintve ezen technológiák alapvetően két nagyon lényeges csoportba, ún. a hagyományos járműirányítási feladatokat (pl. dinamikaszabályozás, fékezés, kormányzás, kényelmi és információs szolgáltatások stb.) ellátó önálló fedélzeti irányítórendszerek, valamint az ezekről némiképp függetlenül fejlődő környezetérzékelő és járműközi kommunikációs rendszerek kategóriájába sorolhatók. Ezek a szolgáltatások a következőképpen jellemezhetők:

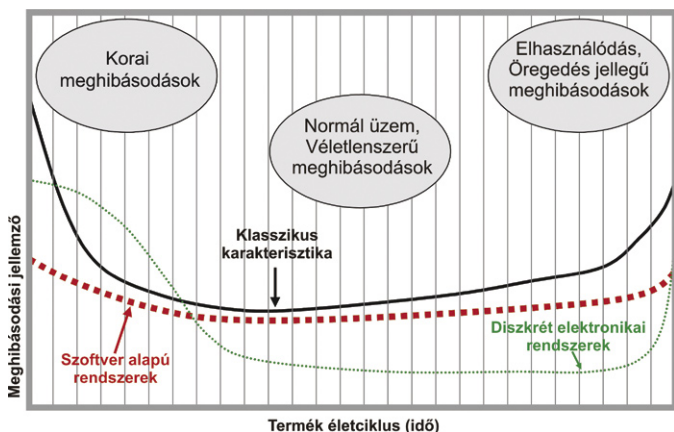
1. Egyrészt az új konstrukciók – a hagyományos járműelektronika-alkalmazási gyakorlattal ellentétben – egyre inkább a korábban különálló fedélzeti elektronikus alkotóelemek egységes fedélzeti rendszerbe szervezett (integrált) kialakítására törekcsenek. A régebben általánosnak tekinthető elektromos kábelkötegeket multiplexált soros vonali kommunikációs médiumok (hálózati buszok) váltják fel, amelyek a járműben használt különféle elektromos, elektronikus rendszerelemeket egyetlen nagy kommunikációs hálózatba szervezik, megteremtve ezzel a fedélzeti irányítási/információs rendszerek korszerű individuális platformját.

2. Másrészt egyre nagyobb igény mutatkozik ezeknek az individuális (stand-alone) járműfedélzeti platformoknak a környezetbe és a globális közlekedési rendszerekbe (infrastruktúrába) történő integrálására és a járművek szervezett, kooperatív összeköttetésének megteremtésére.

Ilyen feltételek mellett a járműre vonatkozó követelmény-specifikációk teljesítése egyre növekvő mértékben csak egyetlen módon: nagy teljesítményű adatfeldolgozó számítógépek alkalmazásának révén lesz megvalósítható, ahol a rendszer funkcionalitása az implementációba ágyazott (embedded) számítógépeken és az azokon futó programokon alapszik. A szoftver alapú elektronikus eszközök széles körű alkalmazása a járműiparban mára olyan kulcsfontosságú technológiai és gazdasági tényezővé vált, amely az autópálya fejlődését alapvetően meghatározza. Ezek az eszközök a korszerű járműrendszerek funkcióbiztosításának, az utasbiztonságnak és a járműszerkezet megbízhatóságnövelésének egyben legfontosabb eszközeivé lettek.

A jármű- és repülőgépiparban gyors ütemben alakul ki a számítógépes programok által működtetett rendszerek azon kategóriája (Software Enabled Systems), amelyben, míg egyfelől a számítógépes platform a felhasználó számára egyre érdektelembbé válik,

addig a szoftverfunkcionalitás már nemcsak egyszerű hozzáadott rendszertulajdonság, hanem ahol – képletesen szólva – a szoftver (firmware, middleware) maga a rendszer. Az adatfeldolgozás metódusai, a szenzorok és aktuátorok elosztottsága és önálló intelligenciával történő felruházása, majd azok működési kölcsönhatásai, a komponensek közötti intenzív adatcsere és az extenzív kommunikációs infrastruktúra (Fly-by-Wire → Drive-by-Wire → X-by-Wire) jellemzik ezt a technológiát. Ezek a rendszerek, a technológia sajátosságaiból következő módon, szükségszerűen és jelentős számban integrálnak – hagyományos értelemben véve – alacsony megbízhatóságú alkotóelemeket. Számítógépek és működtető programjaik teljes körű tesztelhetőségének problémája például a nagymegbízhatóságú rendszerekben történő felhasználást sok esetben teszi megkérdőjelezhetővé. Ez a kérdés a különböző mérnöki fórumokon a mai napig heves szakmai viták tárgya. Úgy becsülhető, hogy a szoftver alapú rendszerek hibás működéshez vezető eseteinek 60–90%-áért olyan, a szoftver alkalmazásával összefüggő hibák tehetők felelőssé, amelyek a gyártóművi funkciótesztetek által fel nem derített módon, a rendszer működésében mindig is jelen voltak, de amik a normál üzemszintyokon között hibát nem okozva nem voltak észlelhetők. Ez a jelenség a 2. ábrán jellemzett módon befolyásolja a szoftvert tartalmazó elektronikus rendszerek megbízhatóságát. Az ilyen rendszerek biztonságkritikus helyeken való alkalmazása ezért csak szigorú szabályozások mellett és megszorításokkal engedélyeztethető. A rendszerek tervezésére, üzembeállítására és üzemeltetésére pedig szigorú, nemzetközi egyezményekkel szabályozott előírások vannak érvényben.



2. ábra: hagyományos, diszkrét elektronikai alkatrészeket tartalmazó és szoftver alapú rendszerek jellemző meghibásodási karakterisztikája

Mindazonáltal a számítógépeket tartalmazó elektronikus rendszerek alkalmazása biztonságkritikus alkalmazásokban, elsősorban költségmegtérülések következtében, ma már nem választás kérdése, hanem sokkal inkább technológiai szükségszerűség. A szoftver alapú megoldások alkalmazása során hangsúlyozni kell és széles körben el kell fogadtatni azt az elvet, hogy a mérnöki gyakorlatban nem ismeretes az abszolút biztonság és abszolút megbízhatóság fogalma. Ezek a rendszertulajdonságok mindig csak valamilyen valószínűségi megközelítésben jellemezhetők (a megbízhatóság a funkcionalitás fenntartásának egy adott időhorizontra vetített valószínűsége), amelyeknek mérnöki eszközökkel történő biztosítása pénzbe kerül. A technológiai fejlettség adott színvonalán a biztonsági mutatók egységnyi javítása csak a költségáfordítások nemlineáris növekedése mellett valósítható meg: a biztonságnövelés hangsúlyozottan költségérzékeny gazdálkodási kategória. Különösen fontos szempont ez az olyan intenzív verseny hajtotta területeken mint az autóipar, ahol a biztonság szempontjai gyakran kerülnek hátrányba a költségtakarékosság megfontolásaival szemben.

Ennek értelmében egy szoftver alapú járműipari alkalmazás megoldás lehet éppolyan jó, mint bármely hagyományos biztonsági technológia. A biztonsági követelmények kielégítése érdekében olyan kompetens tervezési és kivitelezési módszereket kell igénybe venni, amelyek igazolható módon képesek a hagyományos tervezési gyakorlat által garantált biztonsági/megbízhatósági mutatók elérésére. Az olyan biztonságkritikus járműalkalmazásokban, mint pl. a kormányzás vagy a fékezés, a szoftver alapú X-by-Wire irányítási módszerek engedélyezése és homologizálásának előfeltétele, hogy a tervezés a megbízhatósági mutatók tekintetében garantáltan azonos vagy jobb minőségű rendszereket tudjon létrehozni, mint a mechanikus vagy hidraulikus segédmegoldásokat (backup) alkalmazó hagyományos módszerek.

A megkövetelt biztonsági és megbízhatósági mutatók kielégítésére kialakult eljárásokat az irodalom hagyományosan két fő csoportba, ún. aktív és passzív módszerek közé sorolja. A rendszerek létrehozása során követett biztonsági szempontú tervezési és kivitelezési elvek, mint pl. amelyek a rendszer specifikációjából a részletes termék-funkció analízis segítségével lehetővé teszik minden olyan felesleges alkotóelem eltávolítását, amelyek a meghibásodások lehetőségét potenciálisan magukban hordozzák, vagy a konstrukcióban felhasznált alkatrészekre felállított minőségbiztosítási követelményrendszer, passzív biztonságnövelő eljárások.

Ezzel szemben az aktív eljárások a rendszer üzele során fellépő hibák felderítésére, megszüntetésére és eltávolítására (fault removal) adnak módszereket. Ezen eljárások közé tartoznak a hibátűrő architektúrák kialakítása és működtetése (redundancia management), az on-line funkció és önteszt módszerek alkalmazása, a hibadetektálás és a diagnosztika.

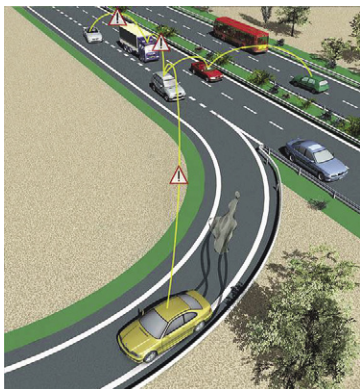
Ez a cikk röviden összefoglalja, hogy a járműipar miként oldja meg azt a szinte megoldhatatlannak tűnő feladatot, hogy olyan komponensek felhasználásával, amelyek sok esetben biztonságkritikus rendszerekbe csak fenntartásokkal integrálhatók, olyan elektronikus irányítórendszereket legyen képes tervezni és létrehozni, amelyek nemcsak az egyre szaporodó felhasználói, hanem a feladat lényegi természetéből fakadó megbízhatósági/biztonsági igényeket is versenyképes áron képesek kielégíteni. A cikk rámutat, hogy a megoldást a jelen cikkben csak részben említett korlátozástalmoz jelenlétében, elsősorban a fent említett aktív módszerek segítségével érhetjük el. Ennek kulcsa a rendszerek tervezésében és implementálásában alkalmazott speciális módszertan, a rendszerek egy sajátos módon létrehozott belső struktúrája, illetve a jármű környezetéhez illesztett hatékony információfolyam kialakítása. Ez utóbbi követelménnyel összefüggésben a következő pontban áttekintjük a járműfedélzeti irányítórendszerek fejlesztésével összefüggő egyik legújabb kihívást, amely a járműközi információcsere megteremtésével és a környezeti információk hatékony megszerzésével kapcsolatos módszerek rendszerbe integrálásával kapcsolatos.

KOOPERATÍV JÁRMŰ- ÉS KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK JÁRMŰFEDÉLZETI RENDSZEREKBE TÖRTÉNŐ INTEGRÁLÁSA

A szoftver alapú megoldások járműrendszerekben való rohamos térnyerésével, a telematika, a telekommunikáció és a műholdas navigációs rendszerek nyújtotta lehetőségek kiértelmezésével megoldás kínálkozik az eddig megoldhatatlannak tűnő globális közlekedésfejlesztési és környezetszennyezési problémák kezelésére. Ezen módszerek az elmúlt években a világ kutatás-fejlesztési programjaiban (USA, Japán, EU) kiemelt fontosságot kaptak.

A jövőben az egymással, illetve az infrastruktúrával kommunikálni képes járművek egyrésztől komplex környezetérzékelési képességekkel lesznek felruházva, másrésztől meg tudják környezetükkel osztani a maguk által előállított olyan lényeges információkat, mint pl. a jármű által felmért tapadási tényező („csúszós szakaszon haladok át”), a veszélyes helyzetek kialakulása („fékezek”,

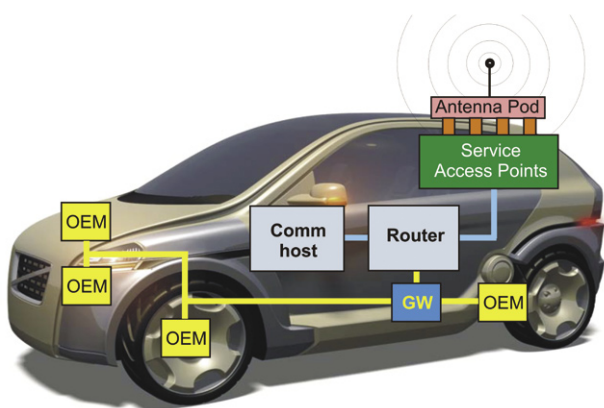
„sávot váltok”, „elvesztettem a stabilitásomat”) stb. (ld. a 3. ábra illusztrációját).



3. ábra: járművek és infrastruktúra-elemek közötti kommunikáció elve

Mindezen módszerek a rendszerben működő járműveket alkalmassá teszik arra, hogy a vezető tevékenységét korrigálva, vagy azt adott esetben teljesen kiiktatva, a baleset elkerülésére legalkalmasabb irányítási stratégia szerint szervezzék meg működésüket. Az Európai Unió egyik legambiciózusabb kutatási programja pl. a halálos kimenetelű közlekedési balesetek számát az említett informatikai megoldások alkalmazásával és rendszerbeállításával 2010-re a felére kívánja csökkenteni.

A járművekből, mint aktív komponensekből és a közlekedési infrastruktúra elemeiből szervezett információs hálózatok, létrejöttük esetén, az ember által valaha alkotott legnagyobb és legbonyolultabb hálózati képződmények lesznek. A hálózat méretét és világméretű kiterjedését jellemzi, hogy ez a hálózat az internet egyfajta kiterjesztése révén fog megvalósulni: a járművek a jelenleg szabványosítás alatt álló MIPv06 protokollra épülő globális internet részeként fognak működni. A feladat bonyolultságát és igényességét a járműrendszerek által támasztott valós idejű biztonsági/megbízhatósági követelmények (rövid és garantált válaszidejű adatkapcsolatok szükségessége, rádiókommunikáció alkalmazása a rádiójeleket zavaró környezetben) jellemzik a legjobban.



4. ábra: az eredeti gyártó (OEM) fedélzeti hálózati irányítórendszeréhez illeszkedő járműközi infokommunikációs rendszer főbb elemei

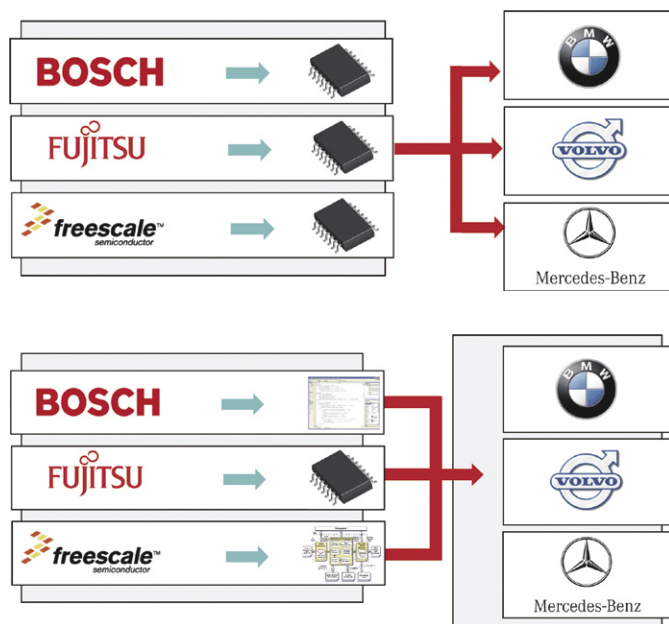
Az várható, hogy a közeljövőben piacra kerülő járműrendszerek a fedélzeti irányítórendszerbe integrált infokommunikációs rendszereik segítségével valamilyen vezeték nélküli kommunikációs médiumon (IEEE 802.11x, Infrared, Mikrohullám) redundáns módon állnak majd egymással folyamatos adatkapcsolatban. Ezt az elvárásokat követik a legfontosabb járműgyártókat tömörítő Car2Car konzorcium által támogatott technológiák is (CALM), amelyek a

járművek egymás közötti (V2V), valamint a jármű és infrastruktúra közötti (V2I) adatcseréjére épülő, egyre gyorsabb és pontosabb vezetői információs és intelligens real-time járműirányítási rendszerek létrehozásával jelentősen hozzájárulnak az aktív biztonság növeléséhez.

A JÁRMŰFEDÉLZETI IRÁNYÍTÓRENDSZEREK FŐBB ELEMEI

A technológia alkalmazásának jelentős következményű hatásai vannak a járműirányítási rendszerek fejlődésére. Mindezelőtt, a fedélzeti elektronikus rendszerek bonyolultsága minden eddigi mértéket meghaladóan jelentős mértékben nő. Ugyancsak jellemző módon, a járműirányítási rendszerekbe már természetes módon és globálisan épülnek be a biztonságot közvetlenül befolyásoló technológiák, amely jelenség a korábbiakban csak korlátozott mértékben érvényesült. A rendszerek méretének és komplexitásának növekedése a biztonságkritikus jegyek erősödése mellett olyan speciális tervezési módszertan alkalmazását teszi szükségessé, amelyet korábban csak a repülőgépipar alkalmazott. Nyilvánvalóan felerősödik a szabványosított megoldások alkalmazása iránti igény és a megoldáselemek biztonsági szempontú, független szakintézmények által végzett minősítésének és engedélyezésének a jelentősége.

Ez utóbbi folyamatot – amely szerint a gyártók egyfajta szövetségi viszonyban a főbb műszaki kérdésekben egymással megállapodva, ám egymástól függetlenül szolgáltatnak komplett, gyártóspecifikus megoldásokat (ld. az 5/a ábra illusztrációját) – egyre inkább a megosztott komponensfejlesztési stratégia váltja fel, amelyben az egyes gyártók egy adott megoldásfejlesztési feladat során felosztják egymás között az adott komponenssel kapcsolatos feladatokat (5/b ábra). Ennek eredményeként olyan komplex elektronikai alkalmazások születnek, amelyekhez már több gyártó is hozzájárulását adja. Ebben a folyamatban a rendszerintegrálás feladatait már általában az autógyár vállalja magára. Ezt a szoftver- és hardverkomponens-fejlesztési problematikát jellemző trendet a Componentware fogalomkörrel határozza meg a vonatkozó irodalom.

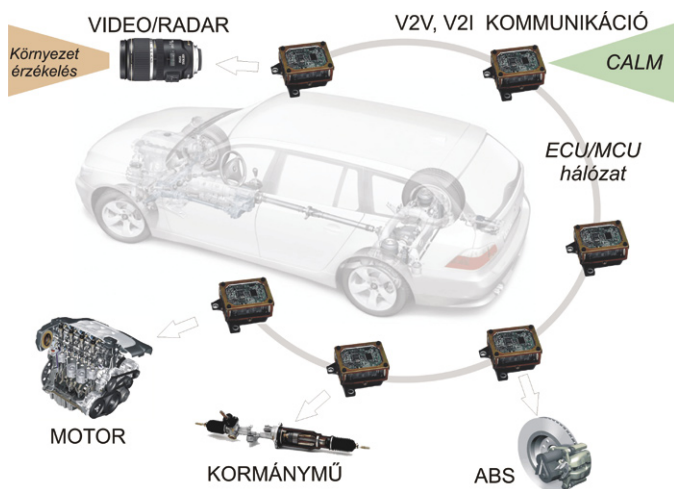


5. ábra: az alkalmazásfejlesztés szövetségi rendszerétől az integrált megoldásokig

A járműipari számítógépes alkalmazások az egyéb beágyazott rendszeralkalmazásokhoz képest számos speciális követelményt támasztanak, illetve bizonyos, a beágyazott alkalmazásokra

általánosan érvényes tervezési feltételt hangsúlyozottan érvényesítenek. Ilyenek az erőforrásszegény számítógépes környezet (CPU-kapacitás és memória) és a korlátozott rendelkezésre álló energia. A járműiparban jelenleg általánosan használt energiaellátó rendszerek a terhelhetőségük határán mozognak. A járműfedélzeti elektronikák csak a jelenlegi energiafelhasználási mérték szinten tartása mellett fejleszthetők.

Ezekre a kihívásokra a járműipar az irányítórendszer funkcióinak nagymérvű particionálásával és az egyes funkcióelemek szétszított implementációjával válaszolt. A korszerű járműfedélzeti irányítórendszerek egyre inkább egy végtelenen elosztott erőforrás-struktúrára épülő számítógépes architektúrákka alakulnak, amely architektúrákban az egyes elemi adatfeldolgozó feladatokat a kommunikációs hálózatokon keresztül összekapcsolt beágyazott mikroszámítógépes platformok (ECU/MCU) látják el. Ezt az architektúrát már nem jellemzi a rendszerek tradicionális, „egy szenzor, egy irányítórendszer, egy aktuátor” struktúráltagságú megosztottsága. Ezzel szemben a szétszittottság elve már oly mértékben érvényesül, hogy a funkcionálisan nem összetartozó rendszerösszetevők között nemcsak a szenzorokat, de gyakran a beavatkozó szervek funkcióit, sőt egyes irányítási algoritmusokat is megosztjuk, újrachasznosítjuk egymás között. A környezetérzékelési rendszerek által szolgáltatott adatokkal ez már nem is történhet másként. Tipikus eset erre az ESP-funkcionalitás, amelyet amellet, hogy más alrendszerek által is használt mérési adatokkal látunk el, az ABS beavatkozó funkciót használja aktuátorként. A hibák tűrésére alkalmas architektúrák a hálózati kapcsolatok és az ECU-megoldások redundáns kialakításával hozhatók létre.



6. ábra: járművek funkcióbiztosítása a kommunikációs hálózatba szervezett, funkcionálisan elosztott, redundáns irányítórendszer segítségével

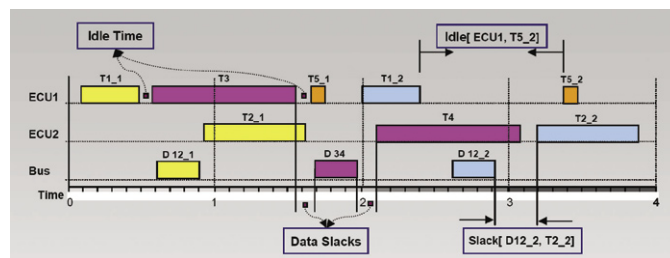
A módszer jellemzésekként megjegyezzük, hogy egy korszerű középkegóriás személyautóban hozzávetőlegesen mintegy 50 db ECU található. Ez a szám bizonyos járműosztályokban meghaladhatja a 100-at. A technológia előnyei a globális energiafelhasználásra és az egyes ECU-kban korlátozott számítástechnikai kapacitásra nézve nyilvánvalók.

Az ily mértékben elosztott adatfeldolgozási struktúra aktív elemeinek (ECU-k) vezérelhetősége, a rendszerelemek válaszüdejének tervezhetősége és a kommunikáció determinisztikus voltának biztosítása megköveteli egy olyan korszerű feladat-végrehajtási elv alkalmazását, amelyben az időnek kitüntetett szerepe van. Ez az 5. ábrán jellemzett hálózati struktúrákban egyrészt az idővezérelt hálózati protokollok (összeköttetések szintje), másrészt a hatékony, kisméretű real-time operációs rendszerek (OSEK VDX mikrokernel) alkalmazása révén lesz megvalósítható (ECU-szint).

KORSZERŰ JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK SZINTÉZISE

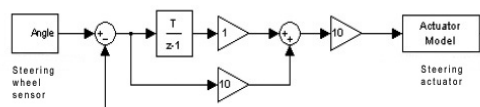
A járműipar által jelenleg általánosan használt ún. eseményvezérelt hálózati rendszerek (CAN) tervezésével összehasonlítva, az idővezérelt rendszerek tervezése lényegesen nagyobb komplexitású feladat. Az egyik legnagyobb kihívást a nagyszámú aktív elem (ECU) közötti időbeli függőségi viszony bonyolultsága jelenti. Az idővezérelt hálózati irányítórendszerek elosztott irányítási algoritmusainak tervezésekor figyelembe kell venni azokat a késleltetéseket, időigényeket és időingadozási jelenségeket (delay, latency, jitter), amelyek egyfelől az adatfeldolgozás műveleteit, másfelől az adatok társprocesszorok között történő megosztási folyamatát (hálózati kommunikáció) jellemzik. Ezek a jelenségek alapvetően meghatározzák az így jellemzett, elosztott erőforrásokon futó alkalmazások stabilitását, robusztus viselkedését és hatékonysági (performance) tulajdonságait.

Az idő kezelésének és a folyamatok időbeli tervezésének két szintjét kell megkülönböztetnünk. Az egyik az (általában OSEK-bázison megvalósított) real time ECU-funkcionalitás, amelyhez az AUTOSAR-kezdemenyezés nyújt egységes módszertani alapot. Ezen a szinten az egyes ECU-kban futó programok lokális időfeltelei szerint vett tervezés a feladat. Ilyen lehet pl. a legrosszabb végrehajtási időre (worst-case execution times – WCET) történő tervezés. A másik az idővezérelt hálózati protokoll, amely egy pontos időzítési modell segítségével egy elosztott valós idejű operációs rendszerhez hasonlóan felügyeli és vezérli az adatcserére alapozott elosztott feldolgozás folyamatát. Ennek az elvnek legkorszerűbb realizációja a FlexRay néven ismertté vált és redundáns kapcsolatok tervezésére lehetőséget adó kommunikációs protokoll (COMMSTACK) és hálózatimplementáció.



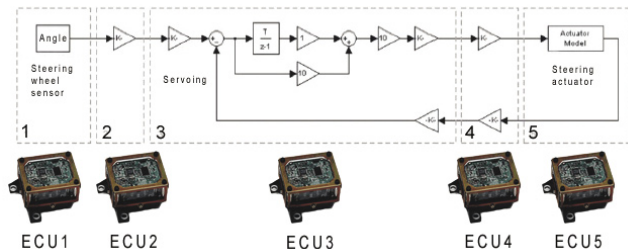
7. ábra: az elosztott funkcionalitású idővezérelt hálózati rendszerek időkezelésének két absztrakciós szintje. ECU-k és a kommunikációs hálózat (busz) időzítési viszonyainak összehangolása

Irányítórendszerek funkcionális tervezéséhez modell alapú tervezési módszerek használatosak. Az egyes rendszerek, alrendszerek funkcionalitásának leírására valamilyen matematikai modellező eszközt (pl. Simulink) alkalmazunk. Ezek a funkcionális modellek a 8. ábrán látható blokk-séma-reprezentációk formájában algoritmikusan rögzítik az adott funkcionalitás egyfajta logikai realizációját. A korszerű járműirányító rendszerek realizációelmélete szerint a 8. ábrán látható funkciómodell azonban már nem egy elektronikus eszközön, hanem általában, a feladat bonyolultsága által meghatározott számú ECU-ra szétszittott formában fog megvalósulni. A tervezés következő feladata ezért az 8. ábra szerinti funkciómodell rendelkezésre álló erőforrások szerint vett particionálása, azaz a funkciók részfunkciókra osztása általában aszerint, hogy az fizikailag hogyan lesz implementálva.



8. ábra: Steer-By-Wire elektronikus kormányzás funkcionális modellje

A korszerű rendszerekben pl. általános elv, hogy a jeleket ún. szenzor ECU-k szolgáltatják és az egyes irányítási, felügyeleti algoritmusok strukturált módon az ECU-k egy adott halmazára kiosztott formában kerülnek implementálásra (9. ábra). A realizáció ezen elvének egyik nyilvánvalóan nagy előnye, hogy a globális járműirányítási rendszeren belül az ilyen részfunkciók más funkcionálisok számára újrafelhasználhatóvá válnak. A partícionált funkciómodell elemei hálózati összeköttetések révén információt cserélnek egymással.



9. ábra: a funkcionális modell hálózati erőforrásokhoz rendelt modellje

Ez a fajta szélsőséges funkciómegosztási elv azonban korlátokat is jelent a tervezés számára. Egyrészt az idővezérelt hálózati összeköttetési elv alkalmazása, kiegészülve a fent jellemzett funkciópartícionálási és funkcióallokálási feladattal, számos új tervezési elv érvényesítését teszi szükségessé. Eltekintve attól, hogy a fenti elvek szerint tervezendő rendszerfunkció szétosztása során matematikai igényességgel, optimumelvek alkalmazásával kell eljárni (ami önmagában is valamilyen tervezést támogató eszköz használatát feltételezi) annak érdekében, hogy a rendszerelemek közötti kölcsönhatások elemezhetők legyenek, általában elkerülhetetlen a kialakított irányítási struktúra valós idejű szimulációja. A szimuláció ki kell, hogy terjedjen mind az ECU-k időzítési szintjét képviselő feladatmodellezési és végrehajtási mechanizmusra (OSEK time model), mind pedig az idővezérelt hálózati összeköttetések kapcsolati viszonyaira (a topológiára) és a kommunikációra. Csak ha a teljes rendszer összes ilyen eleme beépíthető egy működő szimulációs modellbe, győződhetünk meg arról, hogy a tervezett funkcionális a megválasztott erőforrás-struktúra felett valóban megvalósítható. Ezt az egyesített modellt nevezzük Virtuális Prototípusnak, amely a létesítendő rendszer összes viselkedésszempontját és architektúra-specifikus információját magában hordozza, és aminek alapján a kommunikációs rendszer végső konfigurációját kialakíthatjuk.

ÖSSZEFOGLALÁS

A járművek és járműrendszerek irányításával kapcsolatos egyre nagyobb komplexitású feladatok hatékony megoldására egyre inkább már nemcsak a járműre telepített stand-alone fedélzeti irányítórendszerek által lokálisan megszerezhető adatok, hanem az általánosan értelmezett környezetből kinyerhető információk feldolgozása útján nyílik lehetőség. A járművek egy dinamikus változó környezet részeként, mozgó információforrásokként tartják a kapcsolatot egymással és a környezet részét képező infrastruktúra stabil elemeivel. Az így kialakuló ad-hoc közlekedési hálózatok hamarosan az ember által valaha alkotott legnagyobb hálózati képződmények lesznek, amelynek aktív elemeit az egyes kooperatív járműplatformok alkotják. A felvázolható fejlődési trend szigorú feltételeket és követelményeket szab a fedélzeti elektronikus járműirányítási rendszerek tervezésére és implementálására. A két legnagyobb kihívást a rendszerek minden eddignél nagyobb mértékben növekvő bonyolultsága és a biztonságkritikus technológiák integrálásának követelő igénye jelenti. Ebben a cikkben röviden összefoglaltuk azokat a módszereket, amelyek a jelen cikkben csak részben említett korlátozáshalmaz jelenlétében képesek ezeket az igényeket kielégíteni. A cikk rámutat, hogy ennek kulcsa a rendszerek tervezésében és implementálásában alkalmazott speciális módszertanban, a rendszerek egy sajátos módon létrehozott belső struktúrájában, illetve a jármű környezéhez illesztett hatékony információfolyam kialakításában rejlik.

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ABS	– Antiskid Breaking System
AUTOSAR	– AUTomotive Open System Architecture
CALM	– Continous Air interface for Long and Medium range communication
CAN	– Controller Area Network
CPU	– Central Processor Unit
ECU	– Electronic Control Unit
ESP	– Electronic Stability Program
MCU	– Micro Controller Unit
MIPv06	– Mobile Internet Protocol, Version 6
OEM	– Original Equipment Manufacturer
OSEK	– Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik in Kraftfahrzeugen (eng., „Open Systems and their interfaces for the Electronics in Motor vehicles”).
V2I	– Vehicle to Infrastructure
V2V	– Vehicle to Vehicle

Elektronikus menetstabilitás-szabályzó rendszerre vonatkozó nemzetközi előírás kidolgozása

Brett Gábor

1. BEVEZETŐ

A közúti gépjárművek típusainak műszaki tulajdonságait meghatározó előírások Európában már évtizedek óta nemzetközi összefogással készülnek. A nemzeti előírások hatálya egyre inkább a járműegyedekre, azok üzemben tartására korlátozódik (de itt is növekszik a nemzetközi előírások szerepe), valamint olyan speciális esetekre, amelyek nemzetközi figyelemre (esetleg még) nem tartanak számot.

Az elektronikus menetdinamikai szabályozó rendszerek nemzetközi jelentőségét felismerve, Magyarország az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának WP.29 (=Járműelőírások Harmonizálásának Világ-fóruma) GRRF (=Fék és Futómű Szakértői Csoport) szakértői munkabizottságában 2004 februárjában javasolta a nemzetközi előírás kidolgozására irányuló munkálatok megkezdését. Ezt a WP.29 2004 júniusában engedélyezte. A GRRF 2004 szeptemberi ülésén alapította meg a témával foglalkozó munkacsoportot „EVSC (=Electronic Vehicle Stability Control Systems) Informal Group” néven.

Az ülés elnökét a kezdeményező jogán Magyarország jelölhette: dr. Palkovics László urat, akit a GRRF egyhangúlag választott meg. Az előírás megalkotásában való részvétel (az elnökségen kívül a titkárság teendőinek ellátása, Magyarország képviselője) feltételeit az EJTT biztosítja a RET 5.7 projekt keretében.

A leendő előírás az 1958-as Genfi Egyezményhez tartozó regionális ENSZ-EGB előírások része lesz. Az adott körülmények között ez logikus és a lehető legszélesebb legitimitációjú választás. A WP.29 kompetenciája az 1998-as Genfi Egyezményhez tartozó világelőírások létrehozása is, azonban világelőírást csak már létező előírásokból lehet alkotni, itt pedig új szakmai területről van szó. Az Európai Unió járműműszaki előírásrendszere pedig nemcsak szűkebb körben érvényesül, mint az ENSZ-é, de az újjászervezés időszakát éli, az EGB-előírások átvételének ad elsőbbséget, más szóval az út az EU-ba is az ENSZ-EGB-n keresztül vezet.

A vázolt nemzetközi összefogással készülő előíráson kívül érdemes megemlíteni az USA törekvéseit: az USA, amely a GRRF üléseken intenzíven figyelemmel kíséri a munkát, ezzel párhuzamosan eltérő koncepciójú, önálló saját előírást készít. A kétféle tevékenység nem kizárja egymást, mert az USA célcsoportja a kisebb, nem légfékés járműkategóriák (személygépkocsi, SUV), míg az ENSZ-EGB előírás-tervezete elsősorban a nehéz haszonjárművek számára készül.

Dániában 2005. júl. 1-től kötelezővé tették a menetstabilizáló rendszert távolsági autóbuszok új típusai számára, anélkül, hogy az ilyen rendszer mibenlétét pontosan meghatározták volna.

2. ADATOK AZ EVSC MUNKACSOPORTRÓL

Elnök: a GRRF egyhangúlag dr. Palkovics Lászlót választotta elnöknek.

Titkár: Roland Gillebeert (CLEPA, Brüsszel) az első három ülésen;

Koleszár Péter (BME GJT) a negyedik üléstől kezdve.

Magyarország képviselője: Brett Gábor (TÜV NORD-KTI).

Résztvevők (ülésekenként kissé változó):

Országok: EU, CZ, DE, DK, FIN, FR, HU, J, NL, RUS, SE, UK, PL, NZ...

Vizsgálóállomások (az országok képviselőjében):

RWTÜV (DE), TÜV NORD-KTI (HU), TÜV-SUD (CZ), SATR (RUS), IDIADA (SP), UTAC (FR), RDW (NL)...

Szervezetek: CLEPA, OICA, CLCCR, JASIC, VDA, ACEA, Agoria...

Iparvállalatok (a CLEPA, ACEA v. OICA tagjaiként): Knorr Bremse, Wabco, Toyota, IVECO, Renault, PSA, DaimlerChrysler, Volvo, Scania, MAN, TRW, Haldex, Bosch, Conti...

Internet (az ENSZ EGB WP.29 honlapján belül, jelenleg 49 dokumentum, köztük az egyes ülésekről szóló beszámolók is): <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grrf/grrfpage.html>

Az EVSC-munkacsoport eddigi ülései:

1. ülés: 2004. november 25–26., Budapest

2. ülés: 2005. január 25., Párizs

3. ülés: 2005. április 15., Brüsszel

4. ülés: 2005. július 6–7., Boxberg/Stuttgart

5. ülés: 2005. október 11., London

6. ülés: 2005. december 12., Párizs

7. ülés: 2006. január 27., München

8. ülés: 2006. március 29–31., Párizs

Az EVSC-munkacsoport üléseinek közbülső eredményeit ellenőrző, megvitató GRRF-ülések (Genf):

57. ülés: 2005. jan. 31.–febr. 4. (EVSC: febr. 2.)

58. ülés: 2005. szept. 20–23. (EVSC: szept. 21.)

59. ülés: 2006. jan. 30.–febr. 3. (EVSC: febr. 2.).

A GRRF-ülésekről szóló hivatalos beszámolók a GRRF honlapján (<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grrf/grrfrep.html>) olvashatók, a magyar küldött beszámolója pedig a KTI/EKK honlapján: (<http://www.kti.hu/kti.php?event=100201&order=2&folder=916&PHPSESSID=56a50075eb3ed7a4d6f30ffb3e0ef6e7>).

3. AZ ELŐÍRÁS-TERVEZET KIDOLGOZÁSÁNAK ALAPFELTÉTELEI

3.1. Mandátum

A munkacsoport a haszonjárművek stabilitásszabályozó rendszereire alkalmazható előírás kidolgozására kapott mindenekelőtt mandátumot a GRRF-től, mivel e területen várható a legjobb eredmény és e területen a legnagyobb társadalmi igény is. A személygépkocsiknál e rendszerek elterjedését a piaci viszonyok jobban segítik, mint a költségekre rendkívül érzékeny haszonjármű-kategóriákban. Néhány kiemelt kategóriában (veszélyesáru-szállítás, távolsági autóbuszok) számos ország szeretné kötelezővé tenni a stabilizálórendszert (ill. veszélyesáru-szállítás esetén nemzetközi előírás – az ADR – tárgya lehetne), ha létezne rá vonatkozó előírás. Az előírás kidolgozásakor természetesen ügyelni kell arra, hogy semmilyen tekintetben ne gátolja a személygépkocsi-rendszerek fejlődését, elterjedését.

Az első lépések meghatározni az előírás fő koncepcionális elemeit:

– az EVSC-rendszer definíciójának körvonalazása

– a jóváhagyás lehetséges tárgya (rendszer, jármű)

– az előírás helye (teljesen új előírás vagy az 1958-as genfi egyezményhez csatolt valamely már létező előírás kiegészítése)

– az előírás kidolgozásának részletes feladat kijelölése („terms of reference”), csak műszaki szempontok alapján. Gazdasági és politikai szempontokat elvileg nem kell mérlegelni, gyakorlatilag

ez megkerülhetetlen, mert a feladat része az előírás indokoltságának bizonyítása is. Az EVSC honlapján több hatáselemző dokumentum olvasható.

Fentiek elvégzése volt az előfeltétele annak, hogy a csoport hozzásson egy szövegjavaslat kidolgozásához.

3.2. Konceptió

A koncepcionális elemeket illetően az első, budapesti ülésen lényegében sikerült megegyezni, ezen belül a legfontosabb:

- az EVSC nem járműrendszer, hanem funkció, amelyet egy, vagy együttműködve több járműrendszer valósíthat meg (fék-, kormányrendszer, futómű...). Az EVSC-jóváhagyás tehát fékrendszer- vagy kormányrendszer-jóváhagyás formájában realizálható. (A futóműnek, felfüggesztésnek jóváhagyása nincs). Az EVSC elsődleges, a technika mai állása szerint a haszonjármű-kategóriában kizárólagos aktuátora a fékrendszer, következésképpen a feladat megoldásának legrövidebb útja az előírásnak a fékrendszerre vonatkozó EGB 13. előírásba való beágyazása. Az egyéb opciókat (önálló előírás, a tartályos járművek statikus stabilitásával foglalkozó EGB 111. Előírás kibővítése, tárgyanak módosítása) nemcsak a feladat nagyobb bonyolultsága, hanem amiatt is el kellett vetni, mert nem tették volna feleslegessé a fékelőírások jelentős módosítását sem.

Bár fentiek szerint az EVSC-jóváhagyás egyelőre fékrendszer-jóváhagyást jelent, a feladat sikeres megoldása, az első alkalmazási tapasztalatok megszerzése után a kormányrendszerre vonatkozó EGB 79. előírást is célszerű lesz átvizsgálni, vajon milyen kiegészítéseket kell eszközölni rajta. Addig is alapkövetelmény, hogy a 13. előírás szerint jóváhagyott EVSC-rendszer nem befolyásolhatja hátrányosan a kormányrendszer működését. A kormányzás jóváhagyási előírása annyiból kedvező helyzetben van már most is, hogy a /01 módosítási sorozat 2005. ápr. 4. óta hatályban lévő 3. sz. kiegészítése már megteremtette a kormánykerék és a kormányzott kerekek közti mechanikus összeköttetés nélküli („steer by wire”) kormányzás feltételrendszerének alapjait.

3.3. Szövegjavaslat

A konkrét szövegjavaslat kidolgozása már az első ülésen megkezdődött annak tudatában, hogy menet közben számos problémába ütközünk és a szöveg nagyon sok változtatáson esik át, amíg a GRRF elé beterjeszthető végső formáját elnyeri – ami még nem következett be. Természetesen a GRRF a dokumentum mindenkor állapotáról folyamatosan tájékozódik, sőt egyes kritikus részleteit illetően is vitát folytat. A jelenlegi EVSC csoportszinten „hivatalos” utolsó változat jelzése EVSC05-38 Rev. 2, megtalálható az interneten a 7. ülés dokumentumai között. (A 8. ülésen tárgyalt változat még „nyitott”).

A következőkben nem követjük e dokumentum kialakulásának történeti részleteit, hanem a jelenlegi változatot ismertetve mutatunk be néhányat a felmerült, megoldott – vagy még megoldásra váró – problémák közül.

4. AZ ELŐÍRÁS-TERVEZET TARTALMA

4.1. Definíció

A jármű stabilitását javító elektronikus vezérlési funkció az iránytartást (a jármű függőleges tengely körüli mozgása) vagy a borulást befolyásolhatja a manőverező képesség fizikai határain belül. E vezérlőfunkciók egyikének, vagy mindkettőnek jelen kell lennie az EVSC-ben. Járműkategóriától függ, melyik a kötelező (vagy mindkettő), illetve melyik az opcionális. Az EGB 13. előírásában elkülönülnek a motoros járművekre és a pótkocsikra vonatkozó rendelkezések, ennek megfelelően az EVSC-rendeletek is.

Az előírás új, 21. mellékletébe kerülnek azok a rendelkezések, amelyeket alkalmazni kell, ha az EVSC kötelező. A munkacsoport mandátumának nem része, hogy megmondja, mely kategóriák

számára tegye az előírás (elsőként) kötelezővé az EVSC-t, de WP.29-nek és a veszélyes áruk szállításában illetékes WP.15-nek erről a GRRF javaslata alapján végül döntenie kell, ennél fogva az EVSC-csoport készített egy erre vonatkozó „informális” javaslatot (EVSC05-39 Rev.1):

- távolsági autóbuszok (M3 kategória, III. osztály) – iránytartási + borulási vezérlés.

- Veszélyes árut szállító szerelvények 16 tonna össztömeg feletti nyergesvontatói (N3 kategória bizonyos kivételekkel) – legalább iránytartási vezérlés.

- Veszélyes árut szállító, 10 tonna össztömeg feletti, max. 3 tengelyű nyerges pótkocsi (O4 kategória) – legalább borulási vezérlés. Az előírás 2. sz. (információs) melléklete szerint a jóváhagyást kérelmező közli a hatósággal, hogy a terméke jóváhagyott-e a 21. melléklet szerint (tehát lehetséges jóváhagyást kérni a nem kötelező esetekben is), opcionális-e, vagy standard rendszer a járművön, melyik vezérlési típust tartalmazza.

4.2. Az EVSC-vel felszerelt járművekre vonatkozó specifikus követelmények

4.2.1. Motoros járművek

a) Tervezési követelmények

Az iránytartási vezérlés a vezető által kívánt és a tényleges járműviselkedés összehasonlítása alapján legalább egy tengely vagy tengelycsoport két kerekének egyedi (szelektív, nem kifejezetten lassító) fékezését kell, hogy automatikusan vezérelje. A borulási vezérlés követelménye annyiban tér el, hogy nemcsak szelektív, de automatikusan irányított – kifejezetten lassító – fékezés is megengedett. (A szelektív és automatikusan irányított fékezés az előírásban korábban definiált alapfogalmak). Ezen belül mindenképpen rendelkezni kell a motorvezérlés képességével.

Iránytartási vezérlés esetén a tényleges járműviselkedést legyezősi szögsebesség, az oldalgyorsulás, a vezetői kormánykerék-, gáz- és a fékpedál-működtetés adatai alapján kell automatikusan meghatározni. A kezdeti változattal szemben nem előírás e jellemzők közvetlen mérése, de ha nem így történik, igazolni kell, hogy a számított adatok minden körülmények között korrelálnak a mértékekkel. Borulási vezérlés esetén hasonlóképpen megszabott az input adatok minimuma – a dinamikus kerékterhelések vagy legalább az oldalgyorsulás és az egyes kerekek kerületi sebessége, valamint a vezetői fék- és motorvezérlési beavatkozás. Pótkocsi vontatására alkalmas jármű a pótkocsi fékberendezését is kell, hogy automatikusan vezérelje a fékezővezetéken át.

b) Teljesítménykövetelmények

A jóváhagyási vizsgálat során az adott EVSC-rendszerrel felszerelt egy járműkonfiguráción az adott funkció szempontjából releváns tényleges menetviselkedési vizsgálatokkal kell igazolni a stabilitásvezérlési funkció működőképességét (gyakorlatilag a ki- és bekapcsolt állapotban tanúsított járműviselkedés összehasonlításával). Ugyanazzal az EVSC-rendszerrel felszerelt más járműkonfigurációkon elegendő vizsgálati vagy számítógépes szimulációs eredmények bemutatása. Néhány szabványos és nem szabványos menetviselkedési vizsgálatot az előírás-tervezet nem kizárólagos lehetőség gyanánt felsorol, de a kérelmező és a hatóság közti megállapodás tárgya, hogy melyiket vagy melyeket választják.

c) Egyéb követelmények

A stabilizálórendszer pillanatnyi működését, beleértve a pótkocsi-vezérlés működését, valamint hibáját jelzőlámpa jelzi.

4.2.2. Pótkocsik

A motoros járművekhez hasonló tervezési és teljesítménykövetelmények, értelemszerűen a közvetlen vezetői input adatok nélkül.

4.3. A tervezési és a teljesítménykövetelmények összhangja

A teljesítménykövetelmények megfogalmazása láthatóan elég laza, és kezdettől fogva ebből származnak a legnagyobb viták.

Köztudott, hogy nincs olyan vizsgálati módszer, vagy módszerek pontosan körülhatárolt csoportja, amivel jogkövetkezményekkel járó jóváhagyási döntések gyorsan, hatékonyan meghozhatók lennének. A határhelyzetekben, a jármű nem lineáris viselkedési tartományában az eredmények reprodukálhatósága nem üti meg azt a mértéket, ami itt szükséges lenne, a vizsgálatok veszélyesek, illetve a szükséges biztonsági intézkedések megdrágítják őket. Számos szabványos (ISO) vizsgálati módszer létezik, a kezdeti EVSC üléseken át is tekintettük őket, de ezek hangsúlyozottan járműfejlesztési és nem jóváhagyási célokat szolgálnak. Emellett a gyártók saját módszereket is nagy számban alkalmaznak és nem sok készséget mutatnak tapasztalataik másokkal való megosztására.

Emiatt ez az előírás a tervezési követelmények meghatározására nagyobb súlyt fektet, mint ahogy az a hagyományos előírás-alkotásban szokásos. A jelenlegi szöveg már munkacsoporton belüli kompromisszumkeresés előrehaladott állapotát és várható sikerét tükrözi, de a GRRF szintjén egyelőre korai lenne jóslatokba bocsátkozni. Néhány ország elégedetlen a teljesítménykövetelmények megfogalmazásának módjával, de egyelőre senki nem tudott jobb javaslatot letenni az asztalra. Bizonyos, hogy az EVSC előírás fejlesztésének egyik fő területe lesz a jövőben a menetviselkedési és a szimulációs vizsgálatok optimális összhangjának megteremtése, ami sok ország közreműködésével, több év kutatási munkájától várható csak.

4.4. Szimuláció

A szimulációs módszerre vonatkozó feltételeket és követelményeket az EVSC-csoport külön alcsoportja dolgozta ki a 7. és 8. ülés közötti időszakban, emiatt a 7. ülésen elért szintet tükröző, a 2.3. pontban említett dokumentum szövege már változott, sőt tovább változott a 8. ülésen is. Úgy tűnik, nem sikerül megegyezni a szimulációs eszköz által figyelembe veendő járműjellemzők olyan részletességű előírásba foglalásában, mint ahogy az a dokumentumban olvasható.

A szimulációhoz használt modell alkalmasságát a feladatra a közlekedési hatóság előtt előzetes validációval bizonyítják. A validáció során a kiválasztott járművel ténylegesen végrehajtott – a szimulációs részben felsoroltak közül választott – menetmanővek mért vizsgálati eredményeit szimuláció útján is produkálni kell. Az előírás 21. mellékletének egyik függeléke a validációt írja le, másik függeléke pedig a szimulációs vizsgálat jegyzőkönyvének formanyomtatványa.

4.5. Pótkocsik moduláris jóváhagyása

A 13. előírás már létező 19. és 20. mellékletei a pótkocsik moduláris típusjóváhagyását teszik lehetővé. Ennek technikája az, hogy a 13. előírás szerinti teljes fékvizsgálatnak vetnek alá egy úgynevezett referencia-pótkocsit, majd ugyanannak a gyártónak az eltérő szerelvényekkel szerelt más típusváltozatai („tárgyi pótkocsik”) esetén már csak ezeknek a szerelvényeknek a laboratóriumi azonosítási adatait, vizsgálati eredményeit hasonlítják össze a referencia-pótkocsi szerelvényeinek vizsgálati eredményeivel. A 19. melléklet a szerelvények (fékkamrák, rugósfék, blokkolásgátló)

azonosításáról és vizsgálatáról, a 20. melléklet a részeredmények alkalmazásáról szól a teljes tárgyi pótkocsira.

Az elv az EVSC-re is alkalmazható, ezért az előírás-tervezet teljes részletességgel tartalmazza a 19. és 20. melléklet módosítását is.

4.6. Elektronikus vezérlőrendszer

Az előírás 18. melléklete az elektronikus vezérlőrendszerek jóváhagyásának módszertanát írja le. Nem konkrét teljesítménykritériumokat tartalmaz tehát, hiszen ezek minden rendszerénél mások és mások. Ugyanez a 79. előírás 6. mellékletének tartalma. Ez magyarázza, hogy az EVSC előírás-tervezetnek már nem kell külön foglalkoznia az EVSC biztonsági aspektusaival (biztonsági koncepciójával, funkcionalitása hibáinak, a hibakezelésnek stb. a vizsgálatával). Ez korántsem azt jelenti, hogy itt nem volna feladat – ellenkezőleg, a 18. melléklet gyakorlati alkalmazása az EVSC rendszerre önálló kutatási téma, a RET 5.8. projekt tárgya.

www.autotechnika.hu

AUTÓTECHNIKA
Internet
Nagyáruház

Az autóvilág információközpontja

Túl a 347 000 látogatón
és a 4970 bekötött linken!

Komplex elektronikus járműrendszerek minősítése

Finster Ferenc

Az „Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont” projekt létrehozásának célja, hogy programjain keresztül, a járműbe és az infrastruktúrába épített intelligens elektronikus rendszerek segítségével javítsa a közúti közlekedés biztonságát és hatékonyságát.

Már napjainkban is nagy számban működnek járművekben olyan elektronikus berendezések, melyek az érzékelőktől kapott bemenő jelek adott algoritmus alapján történő feldolgozásával nem csupán egy elektronikus vezérlőegység által vezérelve működtetik aktuátorait, hanem több elektronikus berendezés egymással kommunikálva, hierarchikus kapcsolatban együttműködve végzi feladatát.

Ilyenek például azok a berendezések, melyek az erőátvitel, a fék és a kormányrendszer összehangolt – és adott helyzetben a vezető cselekedetétől bizonyos mértékig független – működtetésével segítenek megőrizni a gépkocsi menetstabilitását (EVSC, Electronic Vehicle Stability Control System) vagy épp a sávban tartását, automatikus parkolását (APC, Automatic Parking Control) stb. A rendszerek száma egyre nő és tervezőik szándéka szerint újabb és újabb területeken, a legváltozatosabb helyzetekben segítik a gépjárművezető munkáját, növelik a közlekedés biztonságát (Vehicle Assistant Systems).

Ezek a berendezések egyre bonyolultabb hálózatokba szervezve számos új szempontot vetnek fel, új feladatokat állítanak a fejlesztők, gyártók, a jóváhagyók és természetesen az üzemeltetők elé is.

Különösen fontos és merőben új feladatot jelent e rendszerek biztonságos működésének garantálása a rendszer teljes életciklusán keresztül. Ez azt is jelenti, hogy a gyártótól, forgalmazótól független hivatalos jóváhagyó szervezetnek képesnek kell lennie annak eldöntésére, hogy az adott jármű, berendezés, vagy akár csak annak egy adott önálló egysége megfelel-e a fenti általános követelménynek. Ennek nyilvánvaló előfeltétele, hogy rendelkezésre álljanak azok a pontos nemzeti és nemzetközi előírások, szabványok, számszerűsített követelmények és az ezek megállapításához alkalmazandó módszerek.

Jelenleg ilyen általánosan elfogadott követelmények nincsenek, csupán bizonyos gyártók által szervezett konzorciumok ajánlásai adnak támpontokat (pl. IEC 61508), és egyes nemzetközi szervezetek dolgoznak bizonyos konkrét berendezések vizsgálati követelményén és módszerén (EVSC05-38 rev2).

A klasszikus járműtechnikában eddig kevésbé ismert tudományos diszciplínákban kell elmélyedni, azok hatékony alkalmazási módszereit kell kidolgozni és alkalmazni ahhoz, hogy a megvalósított rendszerek megfeleljenek a teljes életciklus biztonsági követelményeinek. Tisztázni kell olyan tudományos területek és módszerek közötti közlekedésben, kooperatív járműcsoportokban, intelligens infrastruktúrában és egyedi gépjárművekben történő alkalmazásának lehetőségeit és módszereit, melyek eddig nem tartoztak a gépjárműipar és a közúti gépjármű-közlekedés hagyományos területeihez.

Ilyen, lényegében új területek például a közúti gépjármű-közlekedésben a teljesség igénye nélkül: a megfelelő kockázati szintek meghatározása, kooperatív járműcsoportok problematikája, hibátűrő elektronikus rendszerek minősítése, komplex elektronikus rendszerek közötti közlekedésre való alkalmasságának kritériumai, ezek megfelelőségének paraméterei és nem utolsósorban ezek napi gyakorlatban alkalmazható és technológizálható, szabványosítható vizsgálati módszerei is.

A FÜGGETLEN JÓVÁHAGYÓ SZEREPE ÉS FELADATA

Az „Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont” projekt keretein belül e munka célja, hogy létrehozza (átvegye, adaptálja, kidolgozza) a komplex elektronikus rendszerek és természetesen az ezekkel felszerelt járművek minősítésének módját. Megteremtse a minősítéshez (jóváhagyó, engedélyező vizsgálatokhoz) szükséges

mérési, minősítési módszereket, az alkalmazandó vizsgálati módszerek, követelmények és a vonatkozó előírások, szabványok naprakész gyűjteményét, adatbázisát.

Az intelligens járműrendszerek rohamos fejlődése nem csupán a fejlesztőket és a gyártókat állítja új feladatok elé, de igen komoly felelősséggel járó feladatot ró a törvényalkotókra és az ellenőrző, jóváhagyó hatóságokra is. Olyan elektronikus rendszerek magas fokú és teljes életcikluson keresztül biztosított kis kockázatú működéséről kell meggyőződnie a jóváhagyó szervezeteknek, mely rendszerek eddig még nem léteztek, és melyekhez hasonlóak is csupán néhány jól meghatározott ipari területen, de főként és nagyobb számban csak az informatikában működnek. A közlekedésben eddig csupán a repülés és a vasút területén jelentkeztek hasonló feladatok. A rendszerek mérete, zártsága, fegyelme a magasabb felügyeleti, képzettségi és technológiai szintek miatt az ott nyert tapasztalatok csak részben hasznosíthatók.

Felelősséggel állítható, hogy jelenleg senki nem tudja megválaszolni azt a kérdést, hogy a több együttműködő alhálózatból kiépített rendszerrel felszerelt gépjárműről milyen paraméterek, milyen módszerrel történt ellenőrzése, mérése után dönthető el, hogy az valóban elfogadható kockázattal nyilvánítható-e a közúti forgalomra alkalmasnak, vagy sem. Az pedig bizonyosan nem számszerűsíthető, hogy például változatos körülmények között lefutott 20 év után (ami haszonjárműnél jogos elvárás) a biztonság miként alakulhat. Határozottan állítható ez annak ellenére, hogy már ma is több neves járműgyártó forgalmaz olyan járműveket, melyekben akár húsznál több elektronikus vezérlőegység – több különböző protokollt használó hálózatba szervezve – gateway kapcsolaton keresztül kommunikál egymással. A rendszer egységi esetenként különböző beszállítótól származnak, nem is említve a százánál több processzort és az intelligens rendszerelemekben futó beágyazott szoftvereket, azok legkülönbözőbb verzióit stb.

Ma csupán néhány önálló elektronikus berendezésre van nemzetközileg is elfogadott előírás (elektronikus fék és elektronikus kormány). Olyan berendezésekre, melyek ezek együttműködését igénylik, vagyis a komplex elektronikus rendszerekre (pl. ESP) még nincs.

A komplex elektronikus rendszerekkel felszerelt gépjárműveket, berendezéseket érvényes hatósági engedéllyel ennek ellenére mégis forgalmazzák, vagyis joggal vélhetően ezeket a járműveket valakik valamilyen előírás szerint megvizsgálták és ennek az eredményét az illetékes hatóság jóváhagyta.

Nyugodtan kijelenthetjük, hogy ma – megfelelő nemzetközi előírások hiányában – az együttműködő (komplex) elektronikus rendszerek jóváhagyása jórészt a fejlesztők és gyártók belső előírásai, és az általuk az adott célra létrehozott szakmai szövetségek, konzorciumok szabványai, megállapodásai alapján történik. A gyártók a jóváhagyást az engedélyező szervezetek vagy megbízottjaik bizonyos szintű informálásával, bevonásával, két- vagy többoldalú együttműködéssel, inkább bizalmi alapon, semmint konkrét és nyilvános, nemzetközileg elfogadott paraméterek, független vizsgálatok során történő ellenőrzésével nyerik el. Ez nem tartható állapot.

Amíg csupán magas belső minőségbiztosítási követelményekkel, igen szigorúan adminisztrált belső fejlesztési, jóváhagyási és gyártási előírások szerint dolgozó gyártó viszonylag kis számban és ellenőrzött körülmények között eladott termékéről van szó, e gyakorlat kockázata még nem túl magas.

Abban a pillanatban azonban – és e pillanat igen közel van –, amikor a kevésbé ellenőrizhető gyártók is megjelennek a piacon vagy/és a gyártmányok száma, változata megnő, a megfelelő, világos és nyilvános alapon végzett jóváhagyó vizsgálatok hiánya miatti kockázat is elviselhetetlenné válik. A megfelelően részletes, nemzetközileg

elfogadott, szakmailag korrekt előírások szerint, szabványos módon végzett jóváhagyási vizsgálatok kidolgozása és bevezetése egyre fontosabbá válik.

A TÜV NORD-KTI Kft. célja ezért, hogy a tudásközpont egyes projektjeiben munkálkodva, összegezve az egyes témákban folytatott munkája eredményeit egy olyan minősítési eljárás alapjait dolgozza ki, amely folyamatos fejlesztéssel és korszerűsítéssel alkalmas lesz az elektronikus rendszerekkel felszerelt járművek minősítésére, típusvizsgálatára is. Célunk, hogy olyan minősítési módszert, komplex vizsgálati módszert alakítsunk ki a megfelelőségi paraméterekkel együtt, amely nem csupán az ismeretek jelen állása szerint ítéli meg egy komplex elektronikus rendszerekkel felszerelt jármű alkalmasságát, hanem a jövőbe mutatóan a fejlesztési fázisban lévő berendezések vizsgálatára is idejébe javaslatokat tesz, melyeket a mértékadó nemzetközi fórumokra javaslat formájában be is nyújt.

Amint a fentiekből adódik, a 2005. évben a komplex elektronikus járműrendszerekre vonatkozó jelenleg létező és hatályos előírásokat, szabványokat kellett összegyűjtenünk, megismernünk és értékelnünk. Ez tetemes irodalomkutatást igényelt, részint a terület újszerűsége miatt, részint azért, mert a mértékadó információk a fejlesztők és gyártók ipari titkainak kategóriájába tartoznak.

Amint korábban említettem, a közúti gépjárművek elektronikus berendezéseire konkrétan és érvényesen csupán két szabvány vonatkozik. Ezek is önálló berendezésekre, nem pedig komplex rendszerekre vonatkoznak, noha bizonyos értelmezési átfedések kibontása, tisztázása még nem befejezett.

E két szabvány:

- ECE-R 13 Elektronikus fék
- ECE-R 79 pedig az elektronikus kormányberendezésre fogalmaz meg követelményeket.

A komplex elektronikus rendszerekre vonatkozó előírás, az ECE-R xxxxx még nem létezik.

A komplex elektronikus rendszerek biztonságával kapcsolatban jelenleg az International Electric Commission. nevű nemzetközi szervezet IEC 61508 számú ajánlása az általánosan elfogadott alapidokumentum. Ez a dokumentum irányelveket és verbálisan rögzített követelményeket tartalmaz, melyek szakszerű kibontása, konkretizálása, eseti értelmezése igen komoly munka.

Ahhoz, hogy a szabványban feltett kérdéseket értékelhessük, vizsgálati módszerbe beépíthessük és a választ értékelhessük, számos, eddig a járműtechnikában kevésbé ismert szakterület ismeretanyagába kellett járműtechnikai (nem csupán fejlesztési, gyártási, hanem inkább üzemeltetői) szempontok alapján elmélyedni.

Ebből a célból szakirodalmi gyűjtést végeztünk a gépjárműves szakterületen alkalmazott ipari szabványok, konzorciumi szabványok és szabványosítási törekvések területén is. Ismereteket gyűjtöttünk az alkalmazott és fejlesztő által álló hálózati architektúrák, hálózati protokollok, hibátűrő hálózatok, intelligens érzékelők, aktuátorok területéről. Ismereteket gyűjtöttünk a társadalmi kockázat mérési módjairól és értékeléséről. Vizsgáltuk ismert módszerek a gépjárműtechnikában és a közlekedésben történő alkalmazását.

(Elfogadható kockázati szintek: ALAR-, GAMAB-, THR-értékek: SIL 1–4 szintek, hibátűrés, redundanciátípusok, FTA, ETA-, FMEA-, HAZOP-analízis, LIN, CAN, MOST, GMLAN, Flexray stb. protokollok).

Tanulmányoztuk a fejlesztés alatt álló rendszerek elérhető anyagain, átvizsgáltuk az egyéb munkáink kapcsán elérhető releváns ismeretanyagot az átvethető tapasztalatok és ismeretek elérése céljából. (Inerciális navigáció, GPRS-rendszerek, GISTRAC, autonóm sávkövető rendszerek, ACC-rendszerek stb.)

Az elérhető szakirodalom és szabadalmi leírások segítségével tanulmányoztuk a fejlesztés alatt álló és a megvalósult rendszereket (elektronikus kormányok, EPC-rendszerek, aktív futóművek stb.)

Az világosan kitűnt, hogy a szóban forgó rendszerek még szinte kivétel nélkül kutatási, fejlesztési stádiumban vannak, tömeges gyártásuk, alkalmazásuk részben épp a gyártók jogos óvatossága, ma nemzet-

közi szervezetek bizonytalankodása és a még nem teljesen tisztázott biztonsági kérdések miatt késik.

Meddig várjunk?

Arra várni, hogy a nemzetközi szervezetek (pl. UNO ECE, ISO stb.) az ipari fejlesztések elé sietnek, természetesen igen helytelen lenne. Az ipar érdekszövetségei felismerve a jogos igényt (pl. MISRA) komoly anyagi ráfordítással működő konzorciumokat, egyetemi kutatásokat stb. finanszíroznak a probléma megoldására, a fejlesztési irányok kijelölésére, természetesen nem tévesztve szem elől saját érdekeiket.

A vizsgálati módszer és követelményrendszer munkái tehát folynak, egyelőre jórészt az iparvállalatok fejlesztéseiben. A komplex elektronikus rendszer jóváhagyási módszerének főbb kérdéskörei kirajzolódtak. Most a tényleges ismeretekkel, adatokkal, mérési módszerekkel kell „feltölteni” a vázat.

Tegyük fel, hogy egy ismeretlen komplex elektronikus járműrendszer vizsgálata a feladat!

Ehhez először a következő kérdéseket kell megválaszolni:

a) Mekkora az a társadalmi kockázat, amelyet az adott berendezés beépítése okozhat?

b) Hogyan bizonyosodhatunk meg arról, hogy a szóban forgó konkrét berendezés az adott módon beépítve a teljes életciklusa alatt nem képvisel a megállapított és elfogadhatónak tartott szintnél nagyobb kockázatot?

A fenti kérdések megválaszolásához a járműtechnikai, járműüzemeltetési követelmények ismeretén túl képesnek kell lennünk arra, hogy meggyőződjünk a teljes rendszer biztonságáról minden elképzelhető (bekövetkezhető!) helyzetben a teljes életciklus alatt. Ehhez szükséges:

– A rendszert, mint terméket és annak működését tökéletesen leíró dokumentáció.

– Jóváhagyott rendszerarchitektúra.

– A kockázati szintet kielégítő eredményű megbízhatósági vizsgálat.

– A termék teljes körű (HW és SW oldalon) azonosítását lehetővé tevő dokumentáció.

– A rendszer teljes életcikluson átívelő üzemeltetését biztosító háttér és dokumentáció (üzemeltetés, diagnosztika, javítás, pótalkatrész stb.).

A feladat óriási, hisz a rendszer architektúrájának jóváhagyásától a beágyazott szoftvereken túl nem csupán a rendszer valós működéséről kell meggyőződni minden extrém helyzetben, hanem arról is, hogy a rendszer biztonságos működésének és működtetésének feltételei valóban a teljes életciklus alatt „életszerű” körülmények között is fennállna-e? (Horribile dictu: szakképzetlen vagy hanyag szerelő józan ésszel érthetetlen beavatkozása nem okozhat-e veszélyhelyzetet?)

Tekintve, hogy az elméleti kérdéseken túlmenően számos olyan gyakorlati lehetőséget és feltételt is meg kell fontolni a jóváhagyási eljárás megalkotásakor, mely esetleg a tervezés fázisában elkerülheti a figyelmet.

A feladat lényegét a más feladatokban közreműködve (pl. automatikus parkolórendszer), valóságos példán keresztül is igyekszünk megvilágítani.

Az már a munkák e korai stádiumában is kitűnik, hogy az IEC 61508 ajánlás a vizsgálati módszer jó alapját adja. Az is egyre világosabb, hogy a vizsgáló és a fejlesztő, a gyártó a korai stádiumtól kezdve – igen jól meghatározott fázisokban részletesen dokumentált eredménnyel – együtt kell, hogy működjön annak érdekében, hogy a késztermék majd biztonsággal, jól dokumentáltan, és elfogadható idő- és anyagi ráfordítással jóváhagyható legyen.

A vizsgálati módszer kialakításának fő kérdését a saját (vagyis a vizsgálatot végző intézmény) mérések, vizsgálatok, ellenőrzések, valamint az ezeket a jellemzőket dokumentáló, de a fejlesztő által készített, vagy készített és a vizsgáló számára készen átadott anyagok viszonya jelenti. Vagyis egyszerűen szólva az a kérdés, hogy mit kell bizonylatoltatni, és hogyan és mit kell és lehet szimulálni, mit pedig mérni, és hogyan?

Ez az a kérdés, amit a „komplex elektronikus rendszerek vizsgálati módszere” címen a projekt eredményeként pontosan meg fogunk válaszolni.

Nyolctengelyes megmunkálás

Jósvai János

A Győrben létrejött Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont (JRET) keretében a partnervállalatokkal közösen folyó kutatási területek között a nyolctengelyes megmunkálás előkelő helyet foglal el. A Borsodi Műhely Kft. a JRET tagjaként a forgácsolási technológiák fejlesztését, alkalmazási és innovációs lehetőségeinek kutatását, valamint a többtengelyes megmunkálás technológiájának vizsgálatát tűzte ki célul az egyetemmel közösen. Az innovációs tevékenység áttekintése alapján a többtengelyes megmunkálás eddigi eredményei is jelentősek. A cég által a program keretében beszerzett EMCO HYPERTURN 645 nyolctengelyes esztergálóközpont termelékenysége és technológiai háttere számos ponton eltér a szokványos, egytemes gépeken alkalmazott eljárásoktól. A cikk keretében a technológia és a forgácsolás rövid bemutatására kerül sor, valamint a központ képességei is helyet kapnak.

A FORGÁCSOLÁS



1. ábra: EMCO HYPERTURN

A forgácsoló szerszámgépek két nagy csoportja a forgástest jellegű alkatrészeket megmunkáló és a szekrényes alkatrészeket megmunkáló gépek. Ezek fejlődése sokáig egymástól szinte független volt. Újabban ez a két csoport jelentősen közelít egymáshoz: egy esztergálóközpont szinte csak abban különbözik egy megmunkálóközponttól, hogy ez utóbbinál a munkadarab nem tud forgó főmozgást végezni.

AZ ESZTERGÁLÓKÖZPONTOK JELLEMZŐI

A CNC-vezérlésű eszterga vagy esztergálócella csak azokat a munkadarabokat tudja készre munkálni, amelyeknél a felületelemek forgástengelye megegyezik a főorsó tengelyével, mivel a forgó főmozgást a munkadarab a főorsóra fogva e körül a tengely körül végzi.

Ha a munkadarabon a fenti követelményt nem kielégítő felületelemek (akár forgástestek is) vannak – és ez a forgástest jellegű munkadarabok többségénél így van –, akkor az a darab esztergán nem munkálható készre.

Azt a CNC-vezérlésű esztergából kifejlesztett szerszámgépet, amely egymaga képes a teljes megmunkálásra, esztergálóközpontnak nevezzük. A központnak az alábbi többletszolgáltatásokat kell biztosítania:

- A főorsó forgó mellékmozgásra (C tengely) képes. Erre a nem esztergálással készülő felületelemek helyzetének beállítására, vagy bonyolultabb felületelemek (pl. spirálhorony) marásakor van szükség.
- Bizonyos (fúró-maró) szerszámaival forgó főmozgást is végez. Ezek a szerszámok a szerszámtartó (legtöbbször revolverfej) bizonyos szerszámhelyein vannak, vagy külön szánrendszerük (fúró-maró szán) van, de olyan gépek is vannak, amelyeknél a revolverfej tetszőleges pontján lehet hajtott szerszám.

A MEGMUNKÁLÓKÖZPONTOK ELŐNYEI

- Az alkatrész pontosságát javítja a felfogások számának csökkenése, mert kevesebb bázisváltás kevesebb hibalehetőséget jelent.

- A technológiai előkészítés (NC-programkészítés) kevesebb munka, ha egy szerszámgépre kell egy bonyolult programot írni, mintha több gépre osztanák szét ugyanezt a feladatot.
- A műhelyirányítás, termelésprogramozás is könnyebb, kevesebb szerszámgép esetén. Csökken az NC-programok száma, ami a nyilvántartást, a program karbantartását könnyíti meg.
- Végül a gyártás is gazdaságosabb, gyorsabb. Kevesebb a mellékidő (előkészület, felfogás, levétel), gyorsabb az átfutás. (Kevesebb a gépek közötti várakozás, kevesebb a szállítási munka, kisebb rakodóterület kell.)

A MEGMUNKÁLÓKÖZPONTOK HÁTRÁNYAI

- A sokfajta technológia egymástól eltérő igényét egy gép nem tudja műszakilag és gazdaságilag is optimálisan kielégíteni. A gép pontossága nem lehet a követelmények átlaga, hanem a legnagyobb igénynek kell megfelelni. A pontos (és emiatt drága) megmunkálóközpont idejének nagyobb részében olyan munkát végez, amit kevésbé pontos (tehát olcsóbb) gépeken is teljesíteni lehetne. Ugyanilyen ellentmondás van a főhajtás teljesítménye, a gép munkatere és a főorsó fordulatszáma tekintetében is.

- Az egy felfogásban végzett sok művelet, a munkadarab több oldalának megmunkálása a munkadarab-befogó készülék szempontjából is megkötéseket jelent. Pl. a készülék nem akadályozhatja a szerszámok munkáját, ezért a megmunkálóközpontra nehezebb készüléket tervezni. A készülék bonyolultabb – ezért drágább –, ugyanakkor kevésbé merev.

AZ EMCO HYPERTURN 645 MCPLUS KÉPESSÉGEI



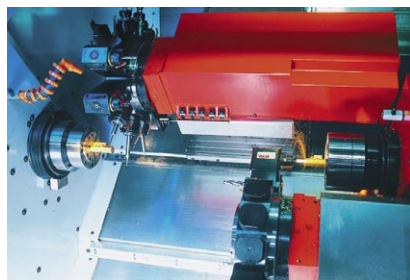
2. ábra: munkatér

A nyolctengelyes megmunkálóközpont segítségével nagyobb sorozatszámú gyártás esetén lehet kedvező hatékonyságot elérni. Az összetettebb darabok programkészítési előkészületei után a komplex műveleti sorrend rövid időn belül lefuttatható, mely időtakarékoságot jelent. A központ segítségével többek között a következő műveleteket lehet elvégezni: marás, felületek, zsebek, szigetek és nútok, fúrás, menetesztergálás, menetmarás, menetfúrás, profilmarás, fogazás.

A gép tervezése során véges elemes módszereket alkalmaztak, hogy a központ által végzett megmunkálások minél pontosabban legyenek. Az alapágyazat speciális beton- és acélkeveréke is hozzájárul a kisebb túrések és a jobb felületi érdesség eléréséhez a termelés során.

Az Y-tengely kialakítása lehetővé teszi, hogy a megmunkáláskor fellépő vágóerők két irányban oszlanak meg; ezáltal megnő a marási és esztergálási műveletek során a merevség. A tengely ± 50 mm-es mozgási lehetőségével a külpontos megmunkálások elvégezhetőek.

A 24 helyes szerszámtár mindkét revolverfejet ki tudja szolgálni. A két oldalon egyidejűleg párhuzamos megmunkálásra is mód nyílik, amennyiben ezt a darabok és a műveleti technológiák megengedik.

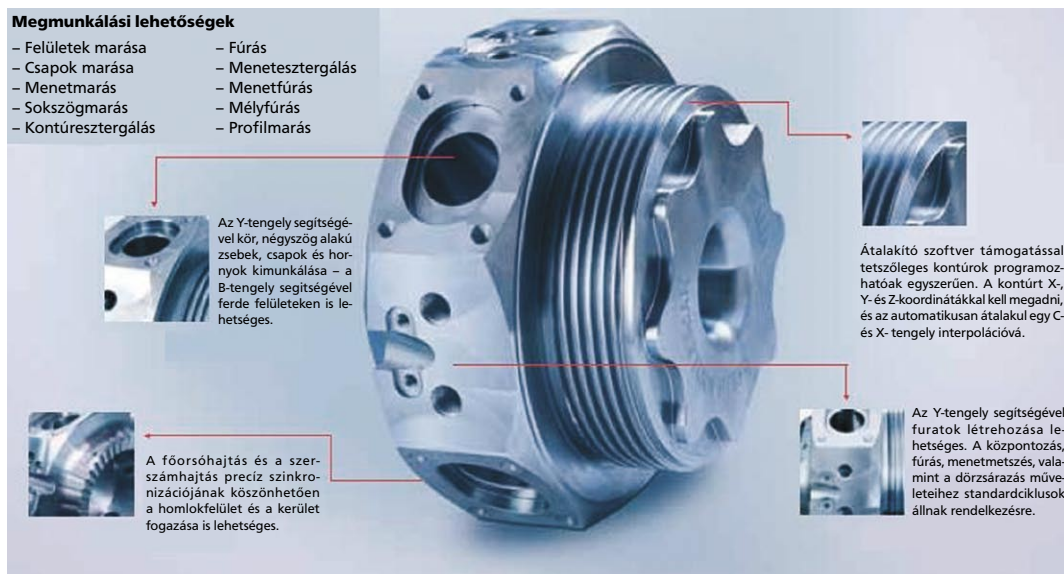


3. ábra: párhuzamos megmunkálás

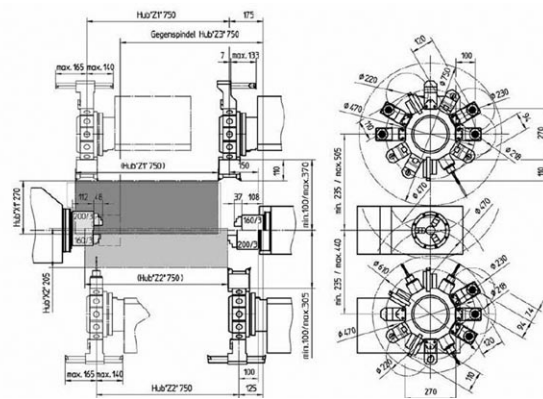
A nyolctengelyes megmunkálási folyamatok a termelékenységre szempontjából rendkívül kedvezőek, a gép programozása során a vezérlés nem jelent újdonságot, azonban a műveleti sorrendek és a szerszámpályák definiálása komplex darabok esetén kellő

odafigyelést igényel. A központ gyors és precíz munkája további kutatásokat és tesztekkel biztosít, különös tekintettel a párhuzamos megmunkálások technológiáira.

A 4. ábrán szemléltetésre kerül az esztergaközpont munkatérének teljes vázlata. Ennek segítségével valós kép alkotható a két revolverfej elhelyezkedéséről, mozgási képességeikről, valamint a két tokmány geometriai helyzetéről a munkatérben. A két revolverfej által kiszolgálható megmunkálási területet a két eltérő szürke árnyalattal ellátott terület jelenti. Az ábra jól szemlélteti, hogy a két revolverfej közös megmunkálási területtel is rendelkezik, ezért rendkívül fontos a programozás során a lehetséges ütközési pontokra odafigyelni.



5. ábra: megmunkálási példa



4. ábra: munkatér vázlata, röppálya bemutatása

Az 5. ábra szemlélteti az egy munkadarabon elvégezhető műveletek sokszínűségét. A központ B-tengelyének segítségével ferde fogazatok egyszerű előállítására lehetséges. A menetmetszéshez szükséges 3-tengelyes egyidejű megmunkálás rendelkezésre áll, metetes csapokat excentrikusan, de a térben tetszőlegesen elhelyezkedve is megmunkálhatunk. A megmunkálás során a darab kimérésére is lehetőség nyílik, ehhez szükséges a szerszámtárból felvett tapintós érzékelő eszköz. A megmunkálás során a párhuzamosítható műveletek, valamint a két tokmány alkalmazása egy komplex – számos furattal, zsebbel, horonnyal és menetekkel ellátott – munkadarab létrehozását termelékeny módon valósíthatja meg.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Borsodi Műhely Kft. és a Széchenyi István Egyetemen létrejött Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont együttműködésének keretében a forgácsolási megmunkálási technológiák kutatása és innovációja a cél, annak gyakorlati és elméleti háttérének együttes fejlesztésével. Jelen cikk a Borsodi Műhely Kft. a program keretében beszerzett és tesztelt EMCO HYPERTURN 645 nyolctengelyes esztergálóközpont képességeinek, valamint forgácsolási háttérismeretek bemutatását tűzte ki céljául.

A megmunkálóközpont többek között a következő műveleteket képes elvégezni: felületek, zsebek, szigetek és nűtok marása, fúrás,

menetesztorgálás, menetmarás, menetfúrás, profilmarás, fogazás.

A felsorolt műveleteken alapuló összetettebb darabok időigényes programkészítési előkészületei után a komplex műveleti sorrend rövid időn belül lefuttatható, a gép két revolverfejjel rendelkezik, párhuzamos megmunkálás során rendkívül kedvező termelékenységet lehet elérni a képességek kihasználásával. A nyolctengelyes megmunkálóközpont segítségével nagyobb sorozatszámú gyártás esetén lehet kedvező hatékonyságot elérni.

Mérnök a 21. században

Dr. Michelberger Pál
akadémikus

A cím igényes, a teljes 21. századot említi, azaz közel 100 évre kellene jósolnom. Az előző 20. század nagy részét végigéltem, közel a felét tudatosan az iparban töltöttem, de 50 év tapasztalata kevés a 100 éves jósláshoz. Ki tudta volna a 20. század első évtizedében a Wright fivérek és Bleriot repülése alapján a századvégi interkontinentális és űrrepülést megjósolni?

A példákat sorolhatnánk az automobilizmus, az energetika, a hídástechnika és a számítástechnika területeiről is. A legragyogóbb szaktudósok sokkal rövidebb időtávon is tévedtek előrejelzéseikben. Rutherford, az atommag felfedezője az 1930-as évek közepén kijelentette. „Aki energiaforrást vár az atomok átalakításától, az holdkóros”. Thomas Watson, az IBM megalapítója 1947-ben azt mondta, hogy egyetlen számítógép megoldhatja a világ összes tudományos problémáját, de nem látta előre a számítógépek tudományon kívüli használhatóságát. Gábor Dénes egyenesen tagadta a jövő megjósolhatóságát. „A jövőt fel kell találni.” Áttekintve a 18. század vége és a 19., ill. 20. század – tehát 250 év – tudomány- és technikatörténetét, mérnöki lelkiismeretemre hallgatva jóslást nem, de 10%-os (tehát 20–25 éves) extrapolálást vállalkozok, és a 21. század első 25 évéről fogok filozofálni. Erre a filozofálásra a Magyar Köztársaság felsőoktatási törvénye és Murphy egyik kibővített törvénye is feljogosít: Murphy szerint „Aki tudja, csinálja, aki nem tudja csinálni, az tanítja, s aki tanítani sem tudja, az filozofál róla”.

A felsőoktatási törvény értelmében 2000. év végén – betöltve 70. életévemet – a köztársasági elnök úr felmentett egyetemi tanári állásomból, és ezzel kinyilvánította, hogy már tanítani sem tudom a magam tudományos területét, viszont Murphy törvénye értelmében jogom van filozofálni.

Murphy törvényeivel kapcsolatban meg kell jegyeznem, hogy a törvényeket ő csak összegyűjtötte mások korábbi kutatásaiból, s néha igen pontatlanul jelölte meg a forrásokat. Hitelt érdemlő történések szerint a most idézett törvény első részét eredetileg Bláthy Ottó Titusz fogalmazta meg, és a felfedezés Zippernowsky Károly egyetemi tanári kinevezéséhez fűződik, később Déry Miksa Bláthy akadémikussá választásakor a második résszel bővítette. A 21. század 20–25 évre kurtításáért elnézést kérek, de cserébe a mérnökség fogalmát szélesebb értelemben fogom használni, valahogy úgy, ahogyan az amerikai irodalom szinte elválaszthatatlan fogalomként használja a „Science and technology” kifejezést. A fogalompár az utolsó két évszázadban fonódott össze, kezdetben bátortalanul, később egyre nyíltabban, és a 21. században elválaszthatatlanná válik.

A 18. században kibontakozó ipari forradalom mélyebb tartalmát elemezte Terence Kealey közgazda a „The economic laws of Science” című könyvében (1966), és megállapította: „A gazdasági haladás nem köszönhet semmit az alaptudományoknak... A gőz hasznosítása, a fémkohászat technológiája, a textilgépek kifejlesztése, mely lényegében elindította Angliában az ipari forradalmat, teljes egészében a 17. század előtti tudományos ismeretekre és mérnöki elvekre épült, és nem köszönhetett semmit a 17. századi tudományos forradalomnak (Newton mechanikája, a differenciál- és integrálszámítás stb.).”

E túlzónak tűnő véleményt G. Porter (Nobel-díjas) is alátámasztja kétségtelenül megalapozott megállapításával: „A termodinamika sokkal többet köszönhet a gőzgépnek, mint amennyit a gőzgép köszönhet a tudománynak”. Tény, hogy Newcomb, Watt és Stephenson gépeikkel megelőzték Clausius és Carnot elméleti munkásságát. Petzval Ottó akadémiai székfoglalójában (1855)

a gőzgép kinematikájáról és kinetikájáról beszélt, de termodinamikai fogalmakról nem, előadásában még a hatásfok fogalma sem szerepelt. A példákat a gépészet területéről vettem, de az építészet, kohászat és bányászat is a több évszázados, esetleg évezredek tapasztalatokon, hagyományokon alapult a 18. században. Egyes – egyébként igen alapvető műszaki kérdések, feladatok a mai napig tudományosan tisztázatlanok, ennek ellenére gyakorlati használatuk elfogadott. Gondoljunk pl. a talajon gördülő kerék kinetikájának szabatos leírására, mely figyelembe veszi a talaj és a kerék deformálódását is. (A vasúti járművekkel foglalkozók ilyenkor felszisszennek és Kalker megoldására hivatkoznak. Kalker valóban foglalkozott a vassínen gördülő vaskerék kinematikájával, bevezette a Kalker-számokat szép mátrixba rendezve, de ő maga egyáltalán nem elégedett ennek pontosságával. Gumiabroncsról, különböző összetételű talajokról pedig jobb, ha nem beszélünk.)

A szemlélet a 19. században kezdett megváltozni. A legjelentősebb lépéseket talán Faraday – minden idők egyik legnagyobb kísérletező fizikusa – tette meg. Megfigyelései, mérései alapján Maxwell meg tudta fogalmazni az elektrodinamika alapvető törvényeit és ehhez már szüksége volt a matematikai analízis teljes eszköztárának használatára. Más kérdés, hogy a gyakorlat számára hasznos alkalmazására közel 50 évig kellett várni. Bláthy-Déry-Zippernowsky transzformátora a Maxwell-egyenleteken alapul. Az alkalmazás elhúzódása nem véletlen, hiszen 1867-ben, 9 évvel Faraday halála után a Royal Society egyik tudósbizottsága kijelentette, hogy „nincs értelme azt hinni, hogy az elektromosságot valaha is gyakorlati erőforrásként fogják használni.” Mindezt alá is támasztották a nagyobb távolságú vezetékek nagy ohmikus veszteségével. Kevés tudós volt olyan előrelátó mint Faraday, aki az őt meglátogató Gladstone pénzügyminiszter kérdésére:

„– Mire használható az elektromosság?”

azt válaszolta:

„– Egy napon Uram, Ön megadóztathatja!”

A tudóstarsaságok negatív itélete a történelemben még sokszor megismétlődött. Szerencsére azonban a levegőnél nehezebb térfogatú repülőgépek mégis képesek voltak negatív véleményük ellenére repülni. Rutherford jóslata sem vált be, az atomenergia felhasználói nem bizonyultak holdkórosnak, Watson véleményével szemben nem egyetlen, hanem sok millió számítógép foglalkozik a világ problémáinak megoldásával. A sort folytathatnánk számos értékes és neves tudós mérnök tévedésének felsorolásával. Az utóbbi időben azonban már ritkábbak az ilyen meggondolatlan jóslatok. A tudomány és technológia világa a 19. században lassanként, a 20. században egyre gyorsabb ütemben változott meg. Mi jellemzi ezeket a változásokat?

1. A kézzelfogható, érzékszerveinkkel közvetlenül érzékelhető jelenségek (pl. mechanikai mozgás, hőmérséklet, látható sugárzás stb.) helyébe a közvetlenül nem – csak hatásaiban műszereinkkel – megfigyelhető jelenségek kerülnek a tudományos vizsgálatok látókörébe (elektromosság, mag- és részecskefizika, elektromágneses sugárzás a látható tartományon kívül stb.).

2. A műszaki életben a biológiaiilag megszokott (közepes, emberi) mérettartományból kiléptünk, és lényegesen (esetleg nagyságrendekkel) nagyobb tartományokat is vizsgálunk, ill. megvalósítunk. Ez a növekedés a geometriai és tömegméretekén kívül kiterjed az erők, sebességekre, fordulatszámra, gyorsulásokra is. Mivel a világ nem lineáris, ezért e növekedés nem írható le egyszerű arányosítással, hanem teljesen új – eddig fel sem ismert – problémákat kell megoldani. (pl. egy nagy fordulatszámú belső égésű motor vezértengelyének megtervezéséhez – szemben az előzőekben ismertetett Kealey-féle állásponttal, már szükséges a newtoni mechanika és a differenciálszámítás ismerete.)

1. A biológiaiilag megszokott, közepes mérettartományból lefelé is, ki kell lépnünk, ami quantumfizikai problémák felmerüléséhez vezethet (mikrochip, nanotechnológia stb.).

2. Korábban egy-egy tudományos probléma vagy mérnöki feladat megoldásánál a lényegi kérdésre koncentrárlhattunk, a mellékes kérdéseket tudatosan kizártuk. Ma előtérbe kerül a komplex, kölcsönhatásokat figyelembe vevő átfogó kutatás, átfogó megoldás keresése. Ezekben a vizsgálatokban, műszaki feladat megoldásokban a természettudományi és műszaki szempontok mellett tekintettel kell lenni a gazdasági, biológiai, ökológiai és társadalmi hatásokra is, sőt etikai kérdések is felmerülhetnek.

3. Kármán Tódor a 20. század első felében definiálta a tudós és mérnök fogalmát:

„a tudós próbálja megérteni azt, ami van”

„a mérnök létrehozza azt, ami korábban még nem volt”.

A 21. században ez a definíció már pontatlan, a tudós és mérnök összefonódik:

„a tudós csak akkor tudja megérteni azt, ami van (a természetet), ha ehhez olyan vizsgáló eszközöket hoz létre, melyek korábban nem léteztek (pl. elektron mikroszkóp)

„a mérnök csak akkor tudja létrehozni a korábban nem létező gépeket, berendezéseket, ha minél alaposabban ismeri és megérti a természet törvényeit.”

Az előzőekben 5 pontban összefoglalt változásokból egyértelműen következik, hogy a 21. század mérnöke az elődeinél mélyebb és összetettebb ismeretekkel és képességekkel kell, hogy rendelkezzen, és tevékenysége sokrétűbb, mint elődjeivé volt. A Madách-i megfogalmazásban szereplő „a gép forog, az alkotó pihen” a 21. században nem elegendő. A mérnöki alkotásnak a pusztá funkcionális működésén túl gazdaságosnak, esztétikusnak, környezetkímélőnek, társadalmilag, jogilag elfogadhatónak és etikusan is kell lennie. A gép, berendezés történetét a működési időtartományán kívül is követnünk kell az újrahasznosításig. Ezt a bonyolult, sok szempontú, szerteágazó komplex feladatot a mérnök a 20. század hagyományos eszközeivel nem tudja megoldani. Szerencsére azonban a 20. század végére kialakult az az eszköz, amivel nagy rendszerek is kezelhetőek. Az informatika eszköztára teszi lehetővé az új feladatok megoldását.

A 21. század szemlélet- és módszerváltozását két autóiipari vezető fogalmazta meg az ezredfordulón Torontóban egy, az intelligens közlekedéssel foglalkozó nemzetközi konferencián.

W. Ford, a Ford Művek jelenlegi elnöke mondta a konferencián: Elődöm, Henry Ford a 20. század elején technológiai forradalmat hirdetett meg az autóiiparban azzal a jelszóval, hogy „én kerekre ültetem a népet”.

Ezt a jelszót módosítom úgy, hogy

„én kerekre ültetem az internetet”.

Ahogy az amerikai üzletembereket, ipari vezetőket ismerjük, a jelszót megvalósítják, az informatika helyet kap a tervezésben, kísérletezésben, gyártásban, vevőszolgálatban, értékesítésben és magában a gyártmányban is.

A Toyota képviselője szerényebben fogalmazott ugyanezen a konferencián:

„Az informatika csak egy szerszám, de a Toyota használni fogja ezt a szerszámot.”

Ismerve a japánokat, biztosan eredményesen fogják használni ezt a szerszámot.

A fejlődés látszólag korlátlanoknak tűnik. A valóságban azonban igen kemény természeti, tudományos, gazdasági, társadalmi és politikai korlátok tartják mederben a tudományos kutatást és a mérnöki alkotások létrehozását. Csak egyetlen példát említek szemléltetésként a korlátok létezésére. Az üzemenyagcella gyakorlati alkalmazása és elterjesztése már több mint 160 éve késik. 1839-ben fedezték fel az elektrolízis megfordításának lehetőségét, és még mindig csak kísérletezünk vele.

Befejezésként – mivel egyetlen vagyunk – beszélünk kell az oktatásról és a nevelésről is, hiszen a 21. század mérnökei itt készülnek fel alkotó tevékenységükre. A mérnökképzés kredóját egy idézettel szeretném kihangsúlyozni:

„Szükséges ezért, hogy a mérnök legyen tehetséges és kiművelt a tudományokban és művészetekben – mert sem a tehetség iskolázottság nélkül, sem az iskolázottság tehetség nélkül nem hozhat létre tökéletes alkotásokat. A mérnököknek tájékozottnak kell lennie az irodalomban, ügyesnek a rajzolásban, gyakorlottnak a geometriában, ismernie kell az optikát, tudatosan használnia kell a matematikát, tudnia kell a történelem fontosabb eseményeiről, szorgosan hallgatnia kell a filozófusokra (etikára), értenie kell a zenét és az orvosi tudományokat, legyen járatos a törvénytudók véleményében, tudjon a csillagászatról és az égitestek mozgásáról”.

Az idézetet minden idők egyik legnagyobb mérnöke, Vitruvius fogalmazta meg jó 2000 évvel ezelőtt. Zseniális gondolkodóként már akkor átlátta a mérnöki munka komplexitását, bár a feladatok végrehajtásához az eszközök (informatika) nem álltak rendelkezésre, de zseniális alkotók korlátozott eszközökkel is létrehoztak máig csodált alkotásokat.

Kívánom, hogy az egyetem minél több zsenit, és sok, a modern mérnöki eszközöket használni tudó szakembert adjon a magyar gazdaságnak.

Forrás: a cikk alapját a Széchenyi István Egyetem XII. Akadémiai napján, Győrött, 2005. szeptember 21-én elhangzott előadás képezi.

Automatikus parkolássegítő rendszer

Wahl István
Szádeczky-Kardoss Emese
Kiss Bálint

A járművek fejlesztésénél a két legfontosabb szempont a biztonság és a kényelem. Mindkét jellemző növelhető, ha a vezető számára elérhetővé tesszük azokat a jármű környezetéről szerzett információkat, amelyeket ő maga nem lenne képes feldolgozni, vagy kívül esik a látómezejéből. A járműveken elhelyezett szenzorok olyan információkat képesek szolgáltatni a környezetről a vezető számára, mint pl. a be nem látható területeken lévő tárgyak járműtől való távolsága. Ezen információk a vezető segítségére szolgálnak egy parkolási manőver közben.

The two most important aspects in vehicle development are the safety and the comfort. Both could be increased if the driver is let to reach those information about the vehicle's environment, which could not be processed by the driver, or which are out of the driver's view range. The sensors placed onto the vehicle can support such information to the driver about the environment, like the vehicle distance from a subject situated in the non-visible area. This information can provide assistance to the driver in case of a parking manoeuvre.

BEVEZETÉS

A közúti közlekedési balesetek járművezetői hibából történő bekövetkezésének mintegy 15%-a adódik az alacsony sebességű manőverezésből, mint pl. parkolásból [1]. Habár ezek a balesetek nem tartoznak a súlyos, komolyabb emberi sérüléssel járó balesetek közé, az okozott kár értéke mégis számottevő. A baleset okai elsősorban a járművezetők gyakorlatlanságából, valamint abból adódnak, hogy a járművezető a vezetőülésben nem rendelkezik elegendő információval a jármű környezetéről, valamint járművének hatáiról.

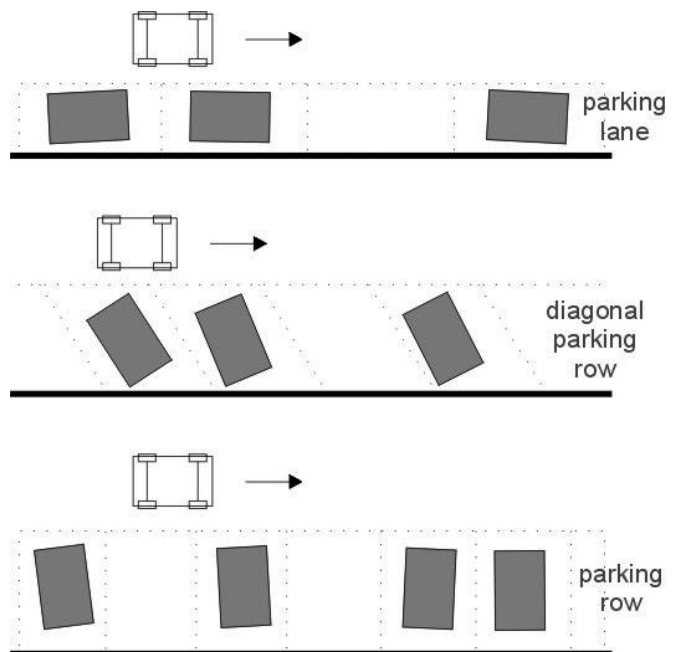
Az automatikus parkolórendszer a járműbe szerelt ultrahangos távolságjeladók segítségével képes feltérképezni a jármű közvetlen környezetét, ellenőrzi, hogy az alkalmas-e a parkolás végrehajtására, majd kiszámítja a parkolás trajektóriáját a járművet a vezető segítségével vagy automatikusan beparkolja. Ehhez a parkoló algoritmus a járművön lévő elektromos kormányrendszerrel, a motorvezérlő elektronikával, valamint a fékrendszerrel kommunikál.

A jelenleg futó projektünk célja egy olyan automatikus parkolássegítő rendszer kifejlesztése, amely a vezetőt segíteni képes a parkolási manőverben, növelve egyrészt a kényelmet, másrészt a járművek biztonságát.

PARKOLÁSI ESETEK ÉS MEGOLDÁSOK

Járművünkkel különböző típusú parkolóhelyekre parkolhatunk. A három alapvető parkolóhely-kialakítás a „soros”, „diagonális”, illetve „párhuzamos” parkoló (1. ábra). 2003-ban a Toyota piacra dobta a Priust, amely az első olyan autó volt, amelybe parkolást támogató rendszert implementáltak. Az IPA, azaz intelligens parkolást támogató rendszer (Intelligent Parking Assistance) segítséget nyújt a soros parkolóhelyre történő beálláshoz. A rendszer a járművön elhelyezett kamera által rögzített kép feldolgozása alapján határozza meg a jármű környezetéhez képesti pozícióját, és a kormányrendszerbe történő beavatkozással segít a parkolásban. Ez a rendszer még nem teljesen autonóm, hiszen a gáz- és fékpedálokat még a vezetőnek kell nyomnia.

Azok a megoldások, amelyeknél a parkolást segítő rendszer teljesen automatikus, illetve nemcsak „soros”, hanem „diagonális” és „párhuzamos” parkolásban is képes a rendszer támogatni a vezetőt, még egyelőre váratnak magukra. Kutatásunk ezekre a problémákra keresi a választ.

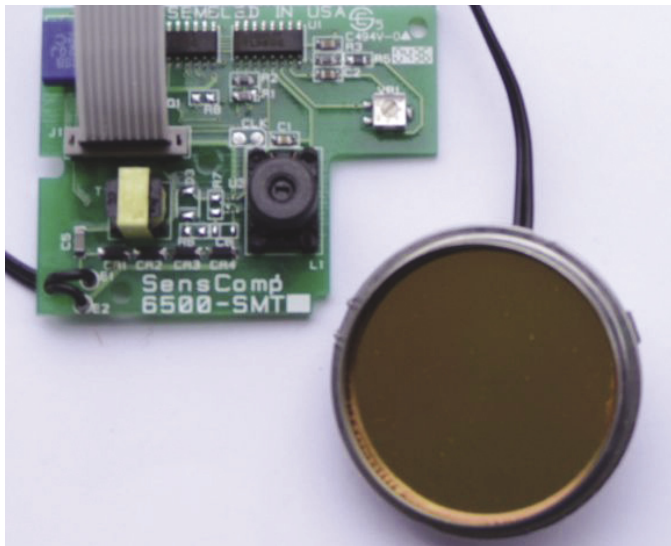


1. ábra: a parkolóhely-kialakítás formái

RENDSZERFELÉPÍTÉS ÉS PARKOLÁSI FOLYAMAT

A rendszer működése alapvetően azon alapul, hogy a járművön elhelyezett, a jármű közvetlen környezetében lévő tárgyak (elsősorban járművek) járműtől való távolságáról folyamatosan információt kapunk, amely alapján a rendszer kiszámítja, hogy az adott pillanatban van-e a jármű közelében parkolásra alkalmas hely, és amennyiben van, akkor a jármű irányítását a vezető utasítására átveszi, és automatikusan beparkol. A jármű környezetében lévő tárgyak távolságát ultrahangos szenzorral figyeljük (2. ábra). Ezek a szenzorok 0,15–10,7 m közötti távolságot képesek akár 3 mm-es felbontással meghatározni [2]. A szenzorok jeleit feldolgozó elektronika ezután megtervezi a parkoláshoz szükséges pályát, majd a jármű irányítását végző elektromos kormányrendszerbe, a motor, valamint a fékrendszerbe kívülről szabályozva végrehajtja a parkolást.

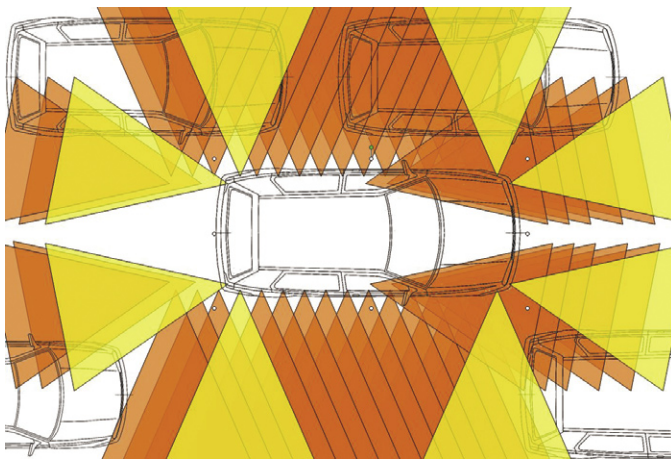
A járművön úgy helyezzük el az ultrahangos távolságmérő szenzorokat, hogy a jármű haladása közben minél nagyobb teret tudjunk



2. ábra: ultrahangos távolságmérő szenzor

pásztázni (3. ábra). A szenzorok jelét a vezető parkolási szándékát jelző utasítására a rendszer elkezdni rögzíteni, és amennyiben kiszámítva a parkoláshoz rendelkezésre álló területet olyan helyet detektál, ahová a jármű beparkolható, a vezető részére jelzést ad. Ekkor – miközben a jármű halad tovább – a vezető eldöntheti, hogy megállítja-e a járművet, és elindítja az automatikus parkolási folyamatot, vagy sem.

Amennyiben a vezető a parkolás mellett dönt, meg kell állítania a járművet, és egy gomb megnyomásával el kell indítania az automatikus parkolást. Ekkor a rendszer a járművezetőt kiiktatva a szabályozási körből autonóm módon irányítja a jármű kormányrendszerét, a motorvezérlést, illetve váltóvezérlést, valamint a jármű fékrendszerét. A jármű vezetője csak olyan szinten marad meg mint biztonsági beavatkozó, hogy amennyiben hozzáér a gáz- vagy fékpedálhoz, illetve a kormányhoz, a rendszer azonnal abbahagyja az automatikus parkolási folyamatot, a járművet állóra fékezi, és kikapcsol.



3. ábra: ultrahangos távolságmérő szenzor által pásztázott terület

A JÁRMŰ KÖRNYEZETÉNEK FELTÉRKÉPEZÉSE

Az ütközésmentes parkolási pálya megtervezéséhez a parkolásegítő rendszernek a járművön elhelyezett szenzorok által végzett távolságmérések eredményeiből térképet kell készítenie. A térképet úgy kapjuk, hogy a jármű környezetében adott esetben különböző magasságban található akadályokat egy vízszintes síkra

vetítjük le. A térképet előállító algoritmus számára a távolságmérő szenzorok jelein kívül a gépjármű pozíciójáról és orientációjáról is mérésekkel kell rendelkeznie, hiszen a térképkészítő algoritmusnak arról is gondoskodnia kell, hogy a hibás méréseket kiszűrje, illetve az azonos akadályról érkezett, de a gépjármű helyzetének változása miatt különböző szenzorok által mért távolságjeleket összepárosítsa.

A térképkészítő algoritmus eredménye alkalmas arra, hogy a kellő méretű (a gépjármű geometriai adatait és manőverezhetőségét figyelembe vevő) parkolóhelyek azonosíthatóak legyenek. A parkolóhely és a környezetében található akadályok geometriai adatai (szélesség, mélység) és azok járműhöz képesti pozíciói, orientációi kerülnek átadásra a pályatervező algoritmus számára.

A GÉPJÁRMŰ MODELLJE

A jármű környezetének feltérképezéséhez elegendő a szenzorok elhelyezésének ismerete a mozgó járművön, illetve a jármű sebességállapotának ismerete a távolságmérések alatt. Ugyanakkor a pályatervezés és a pályakövetés biztosítása során szükség van arra is, hogy ismerjük azt az összefüggést, amely alapján adott kormányzó és sebesség időfüggvények mellett kiszámítható a gépjármű pályája. Ez az összefüggés a jármű és az út között létező különböző kölcsönhatások figyelembevételével, illetve elhanyagolásával többféleképpen is felírható és a szakirodalomból levezethető. Tekintettel arra, hogy az alacsony sebességű manővereknél (elégleges minőségű futófelületet feltételezve) az oldalkúszás nagysága elhanyagolható, továbbá feltételezve, hogy az ún. Ackermann kormányzási feltételeknek a jármű geometriája megfelel, a pályatervező algoritmus kidolgozásakor és a pályakövető szabályozás szintézisekor a jármű kinematikai modelljét vettük alapul.

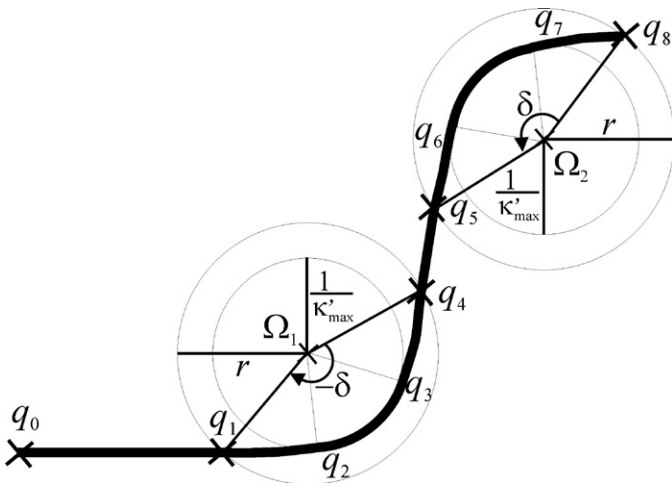
PÁLYATERVEZÉSI ALGORITMUS

A pályatervezési algoritmus bemenete a parkolóhely és az azt körülvevő akadályok elhelyezkedése a járműhöz képest, kimenete pedig a gépjármű egy kitüntetett pontja (például hátsó tengelyközéppont) által a parkolás során a parkolás síkjában leírt pálya, illetve a görbe adott pontján a jármű kormányának szöghelyzete. A görbét és a kormány szöghelyzetét megadhatjuk a pálya befutásának kezdetétől számított idő vagy a befutott pálya hossza szerint paraméterezve. A jármű kinematikai modelljében a pálya görbületi sugarát a kormányzó közvetlenül befolyásolja. A megtervezett pályával szemben tételeztünk egy fontos követelményt, hogy a jármű álló helyzetében ne történjen kormányzóváltozás. Ebből következik, hogy a pálya görbületi sugara, akár az idő, akár a befutási hossz függvényében folytonos kell legyen.

A parkolási pálya három, egymástól jól elkülöníthető szakaszra bontható mindhárom parkolóhelytípus esetében. A legegyszerűbb szakasz a nulla kormányzóval, azaz közép helyzetben lévő kormánykerékkel történő egyenesmeneti szakasz. A másik egyszerűbb szakasz a konstans, de nem nulla kormányzóval, állandó sugarú körpályán történő haladás. E kettő szakasz közötti átmenet az ún. „CC-szakasz” (Continuous Curvature), amely a nulla és egy konstans kormányzó között folyamatos átmenetet képez. Ilyen átmenetek a (4. ábra) q1-q2, q3-q4, q5-q6 és q7-q8 szakaszai, amely q0 és q8 pontok között írja le a párhuzamos parkoláshoz szükséges pályát.

Soros parkolás esetében ez a pálya jóval egyszerűbben, kevesebb szakaszból írható le. Itt 5 szakaszt különböztetünk

BIZTONSÁG



4. ábra: parkolási pálya párhuzamos parkolás esetében

meg: egyenes, CC-szakasz, állandó sugarú körpálya, ismét egy CC-szakasz, illetve ismét egy egyenes szakasz. Ennél a parkolási esetről az jelent kihívást, hogy a parkoláshoz rendelkezésre álló helyet a járművön elhelyezett szenzorokkal meg tudjuk határozni. Ehhez szükséges a nagyobb távolságban mérni képes szenzor, illetve annak jelének gyors és pontos feldolgozása.

A pálya megtervezésére úgy kerül sor, hogy ütközés még akkor sem következik be, ha a tervezés alapjául szolgáló térkép adatai pontatlanok, mivel a megtervezett manőver végrehajtásához szükséges terület kisebb, mint a térképkészítő algoritmus által megadott szabad parkolóhely mérete. A pálya tervezésekor figyelembe kell venni továbbá a beavatkozó szervek maximális teljesítményét és elegendő tartalékot kell képezni a pálya követését biztosító szabályzó algoritmus számára is. Ez tipikusan azt jelenti, hogy a tervezett állandó görbületű pályaszakaszok nem a legnagyobb kormányzóegységhez, hanem annál megfelelően csökkentett kormányzóegységekhez tartoznak.

PARKOLÁSSZABÁLYOZÁS

Amennyiben a parkolási pálya rendelkezésre áll, feladatunk, hogy a járművel végigmanőverezzünk rajta. Az automatikus parkolásegítő rendszerrel kétfajta szabályozási módot különböztetünk meg. Az első, ún. „félautomata” esetben a járművezető feladata a sebességváltó hátrameneti üzemmódba kapcsolása, illetve a gáz- és fékpedálok, így a jármű sebességének kontrollálása. A kormányrendszer pozíciószabályozását azonban a parkoló elektronika végzi. A megfelelő kormánypozíció a bejárt útnak a függvénye, azaz a vezetőtől függő sebesség és ebből adódó út határozza meg, hogy a rendszer hova kormányozzon. Tekintettel arra, hogy a kormányrendszer teljesítménye véges, a vezető sebességét 10 km/h-ban limitáljuk, e felett a parkolásszabályozó rendszer kikapcsol.

A második, ún. „teljesen automatikus” esetben a hajtás (gáz, fék, váltó) és a kormányzás szabályozását is a parkolásegítő elektronika végzi. A rendszer határozza meg a parkolás sebességét, az elindulást, illetve fékezési szakaszokat, valamint az aktuális kormányzóegységeket. Ebben az esetben a vezető mint egy biztonsági funkció vesz részt, azaz abban az esetben, ha úgy látja, akkor akármelyik járművezető interfészen keresztül (gázpedál, fékpedál, kormánykerék) beavatkozva azonnal leállíthatja az automatikus parkolási folyamatot.

Ne felejtkezzünk meg arról sem, hogy a parkolásegítő rendszer célja a járművezető segítése alacsony sebességű manőverezés, azaz parkolás közben, amelynek segítségével szeretnénk megelőzni azokat a baleseteket és vele járó anyagi károkat, amelyek a vezető hiányosságai miatt következtek be. Éppen ezért a parkolásegítő rendszer egyik nagyon fontos feladata a biztonság megteremtése a parkolás közben.

A biztonság egyik alappillére azoknak a biztonsági távolságoknak a meghatározása, amelyek szükségesek ahhoz, hogy parkolás közben is mindvégig kellő távolságot tartsunk a jármű környezetében lévő másik járművektől. Szintén ebbe a csoportba tartozik a parkolóhely meghatározásának biztonsági kérdése. Soros parkoláskor mindenki járt már úgy, hogy csak nehezen tudott kiszállni a kocsijából, mert túl közel állt meg a másik autóhoz. Nos ennek elkerülése végett a rendszer a jármű mindkét oldalán megtartja a megfelelő távolságokat. Előfordulhat olyan eset is, amikor a vezető annak ellenére szeretne beparkolni, hogy ezek a távolságok nem tarthatóak, ekkor viszont az ő felelőssége és döntése, és a parkolásegítő rendszerrel ezt tudathatja is.

A másik nagyon fontos biztonsági szempont a parkolás során a jármű mozgásterébe behatoló más tárgyak vagy emberek folyamatos monitorozása. Bár a jelenlegi törvények és előírások szerint az automatikus parkolásszabályozó rendszer használata során is a járművezető a felelősség, mégis egy intelligens rendszertől elvárható, hogy a vezetőt maximálisan támogassa. Ennek érdekében, ha a parkolás során a parkolóhely környezetében lévő jármű elindul vagy pl. a parkolóhely területére valaki lelép, a rendszer azonnal megszakítja a parkolási folyamatot, és a járművet megállítja. Ahhoz, hogy a parkolási folyamat ismét elinduljon, a vezetőnek az egész parkolási folyamatot előlőrl kell kezdenie.

EDDIGI EREDMÉNYEINK ÉS A TOVÁBBI FELADATOK

Az elmúlt időszakban elkészítettük a parkolásegítő rendszer architektúráját, és kifejlesztettük a parkolási pályát meghatározó algoritmusokat a különböző parkolási esetekre. Kiválasztottunk egy olyan ultrahangos távolságmérő szenzort, amely megfelelt a követelményeinknek, és elkészítettünk egy olyan elektronikát, amely a szenzor jelfeldolgozását, illetve jelének továbbítását végzi CAN-hálózatra.

A következő feladatunk lesz egyrészt a szenzor és elektronikájának tesztelése különböző körülmények között (páratartalom, eső stb.), amely a szabályozó robusztusságának vizsgálatához elengedhetetlen.

További feladat lesz a szabályozó algoritmusnak a megtervezése a különböző esetekre (félautomata, teljesen automatikus). Ez részben szimulációs teszteken keresztül, másrészt különböző tesztkörnyezetekben történik. Ezt követi a rendszer integrációja a tesztjárműbe, amelyen valós körülmények között teszteljük és hangoljuk a szabályozó paramétereit.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] I. Wahl, I. Jánosi, G. Melegh, D. Lengyel, „Does Accident Analysis Convince us to Develop Active Safety Systems?”, FISITA World Automotive Congress, Barcelona, Spain, 2004
- [2] SensComp Ultrasonic sensor, <http://www.senscomp.com/>

Videoalapú sávelhagyás-detektáló és sávkövető rendszer

**Bódis-Szomorú András
Fazekas Zoltán
Wahl István**

Az optikai szenzorok és a gépi látás alkalmazása az utóbbi években egyre jelentősebb szerephez jut a járműirányításban. Ezen szenzorok előnye más típusú szenzorokkal szemben, hogy az optikai sávban szolgáltatnak részletes információt a jármű környezetéről, és ezáltal lehetővé teszik a jármű automatikus lokalizációját az úton anélkül, hogy az különösebb infrastruktúra-bővítést igényelne. Feladatunk egy olyan – járműre szerelhető kamerákon alapuló – sávdetektáló és sávkövető rendszer kidolgozása és implementációja, ami korszerű technikák és technológia alkalmazásával megfelelő minőségű sávhatarjelölésekkel ellátott autópályán, ill. autóúton, valós időben képes az aktuális sáv térbeli elhelyezkedésének, orientációjának és görbületének meghatározására a járműhöz képest.

Optical sensors and devices using computer vision have been given „green light” in vehicles and traffic control systems in the last few years. An important characteristic – an advantage and a disadvantage at the same time – of these sensors and devices is that they rely mostly on the visible spectrum used also by the human vision system. Compared to other sensors also used in this application field, the mentioned sensors and devices provide more detailed information about the vehicle’s environment. The capability of such devices to rely on visual clues of the road infrastructure – built for human drivers – makes automatic vehicle localization possible without requiring significant investment in additional infrastructure. The objective of our present project is to design and implement a real-time lane detection and tracking system using on-board stereo cameras. This is made possible by using up-to-date machine vision techniques and cutting edge system implementation solutions. The system will find and track the lanes with visible lane markings and provide the position and orientation of the car on the lane.

BEVEZETÉS

Az autóutakon és az autópályákon a balesetek nagy többsége összefüggésbe hozható a forgalmi sáv nem szándékos vagy nem megfelelő körütekintéssel történő elhagyásával. Ezért várhatóan az automatikus sávdetektáló, illetve a sáv elhagyását detektáló, sávkövető rendszerek fontos szerepet fognak játszani a balesetek számának visszaszorításában.

A sávkövető rendszer egy olyan korszerű, aktív biztonsági rendszer, amelynek célja, hogy az optikai szenzoroktól érkező képek alapján észlelje az aktuális sáv nem szándékolt elhagyását, illetve minden ahhoz közeli helyzetet, továbbá a vezető figyelmének felkeltésével elkerülhetővé tegye, vagy akár aktív beavatkozással automatikusan elkerülje a balesetet. A sávkövető rendszerek egyik fő komponense a gépi látást megvalósító képfeldolgozó rendszer. A detektált pozícióknak megfelelő beavatkozást pedig a járműben már korábban is létező, de az automatikus sávdetektálás követelményeinek megfelelően bővített funkciójú rendszerek végzik. Ezek közé tartozik például az elektronikus fékrendszer (EBS) és az elektronikus szervokormány (EPAS). A szakirodalomból ismert újabb sávdetektáló rendszerek bemenete rendszerint két digitális, fekete-fehér CMOS (esetleg CCD) szenzor, amelyek megfelelő optikával felszerelve képesek „belátni” a jármű előtti környezetet. A jelenleg futó projektünk célja egy olyan sávdetektáló rendszer kidolgozása és egy prototípus rendszer megvalósítása, amely a rendelkezésre álló elektronikus szervokormány automatikájával képes együttműködni, és amely ezáltal megteremtí az aktív beavatkozás lehetőségét.

Sávdetektáló rendszerekről, illetve kamerákon alapuló közúti járműirányításról szóló publikációk nagyjából a 90-es évek elején jelentek meg, de az elmúlt néhány évben is nagyszámú új eredmény született ezen a területen [1,2,3]. Mára már számos módszer, illetve megoldás látott napvilágot. Ezek látványosan különböznek abban, hogy egy-, két-, vagy többkamerás elrendezést alkalmaznak-e, de ezen kívül is komoly különbségek fedezhetők fel pl. abban, hogy milyen matematikai módszereket alkalmaznak,

milyen forgalmi környezetben használható a módszer, illetve rendszer, milyen feltételek teljesülése szükséges az alkalmazhatóságukhoz.

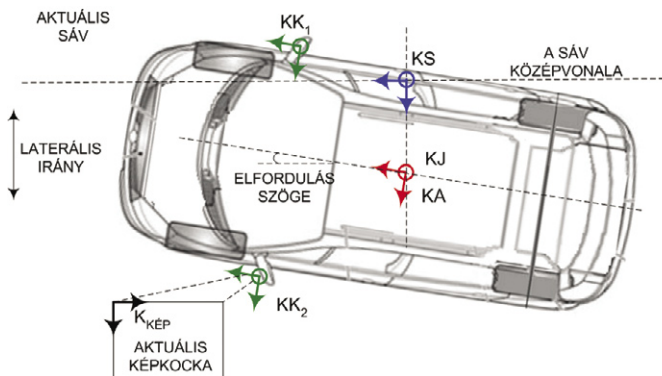
Egy adott módszer vagy kész rendszer sikere leginkább azon múlik, hogy mennyire képes alkalmazkodni a különböző forgalmi, időjárás körülményekhez, megvilágítási viszonyokhoz, másképpen, hogy mennyire robusztus a közlekedési környezet megváltozására és más zavaró tényezőkre nézve. Ilyen zavaró tényező lehet pl. az úton látszó csillanások vagy egy, a kamera látóterében megjelenő, a felfestést részlegesen vagy teljesen takaró jármű. Természetesen amikor a kamerák egyike sem látja a sávot, azaz egyáltalán nem áll rendelkezésre vizuális információ az útról, olyankor ezt a szituációt automatikusan fel kell ismerni és jelezni kell a vezetőnek.

A cikkben először áttekintjük, hogy hogyan lehetséges egy ábrázolt pont térbeli helyzetének a meghatározása egy vagy két kamera képéből, és különféle koordináta-rendszereket definiálunk, amelyek a sáv térbeli rekonstrukciójához szükségesek. Ezt követően bemutatjuk a kamerakalibráció főbb módszereit, és áttekintjük, hogy milyen megoldások használatosak a sáv rekonstrukciója során egy- és kétkamerás rendszerekben. Végül pedig bemutatjuk koncepciókat a megvalósítandó sztereó sávdetektáló rendszer vonatkozásában.

KAMERAMODELLEK ÉS TÉRBELI REKONSTRUKCIÓ

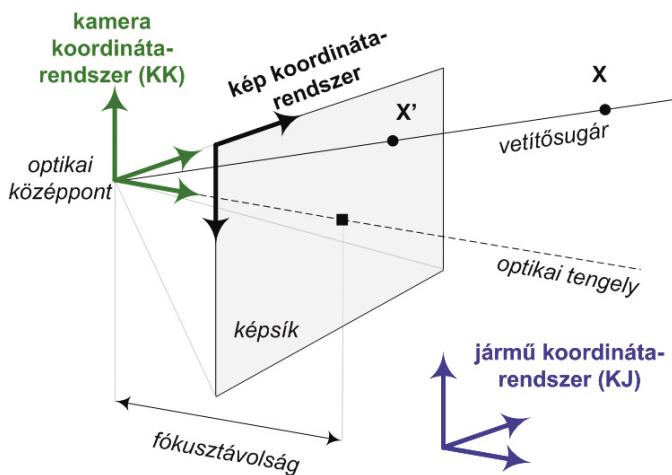
A sávdetektálás során elvégzendő számítási műveletek leírásához célszerű néhány koordináta-rendszert definiálni. A jármű tömegközéppontjában felvett járműkoordináta-rendszer (jelölje KJ) alatt az úton fut az „árnyék” (KA) koordináta-rendszer. KA egyik tengelyét úgy választjuk meg, hogy az mindig merőleges legyen az út síkjára. A KJ-nél ezt nem célszerű rögzíteni, hiszen a jármű billeghet az úthoz képest, és ez KJ orientációjában meg kell jelenjen. A sáv koordináta-rendszerének (KS) origóját úgy kapjuk, hogy a jármű alatti koordináta-rendszer origóját merőlegesen vetítjük a sáv középvonalára. Ez a definíció a szokásos esetekben

egyértelmű. A KA és KS középpontja közötti távolság mondja meg, hogy a jármű laterális irányban hol tartózkodik a sávon belül. A kamera koordináta- (KK) rendszere olyan, hogy középpontja az optikai középpont, orientációja a kamera orientációját írja le. Feltételezzük, hogy a KK és a KJ koordináta-rendszerek egymáshoz képest nem mozdulnak el, azaz a kamerák mereven vannak rögzítve a jármű karosszériájához.



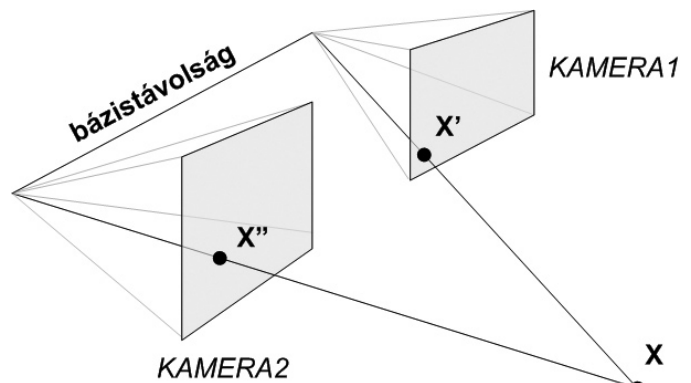
1. ábra: koordináta-rendszerek

KJ helyzetét KA-hoz képest (most eltekintve az elfordulási szögtől és a laterális pozíciótól) statikus és dinamikus tényezők egyaránt befolyásolják. A jármű terhelése statikus, míg a kormányzás, a gyorsulás és a fékezés dinamikus tényezőként jelentkezik. Esetünkben a billenési, elfordulási és dőlési szögek a járműkoordináta-rendszer és a sávkoordináta-rendszer orientációja közötti eltérést definiálják, a megfelelő tengelyekre vonatkozóan [3]. Általában kis (néhány fokok) szögekről van szó (kivéve az elfordulási szöveget). Mindhárom szög meghatározható optikai elvű mérések alapján.



2. ábra: lineáris kameramodell

A kamerák a 3D teret perspektív és egyéb torzításokkal a 2D képtérre képezik le, tehát a szenzorokról érkező képek a 3D világ síkbeli vetületei. Esetünkben a világkoordináta-rendszer a sávkoordináta-rendszere (KS), de mivel eleinte nem ismerjük KS helyzetét KJ-hez képest (épp azt szeretnénk meghatározni), és így KK-hoz képest sem, ezért első lépésben mégis KJ lesz a 3D tér referenciarendszere (KK helyzete rögzített KJ-hez képest). A sávdetektálási algoritmusok lényege, hogy először megkeresik és megjelölik a sávhoz vagy sáv széleihez tartozó képpontokat a 2D képen, majd meghatározzák a 3D tér azon pontjait (először tehát



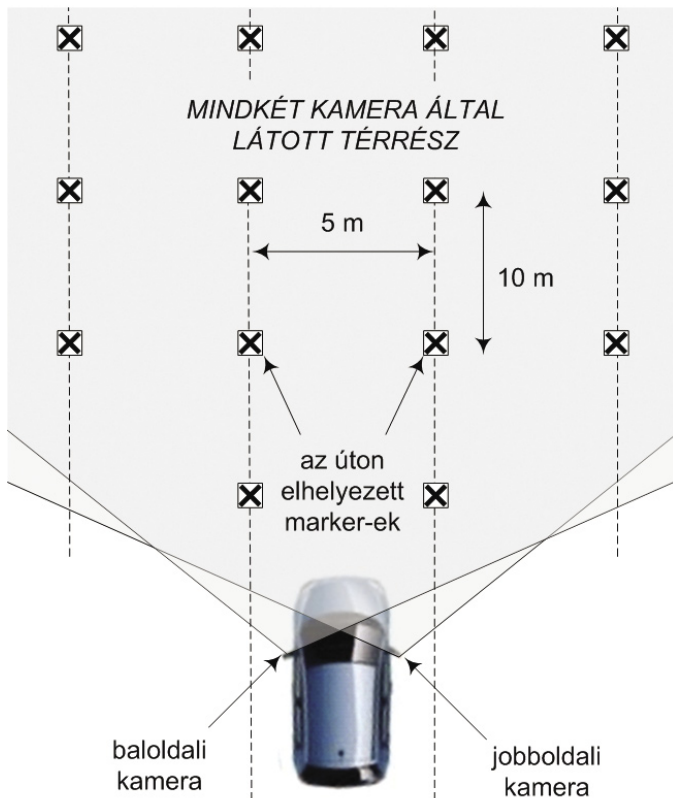
3. ábra: kétkamerás elrendezés: háromszögeléses módszer

csak a KJ koordináta-rendszerben), amelyek a megjelölt képpontokhoz tartoznak. Ehhez a kamerák által végzett 3D-2D leképezés inverzét kellene kiszámítani, ez az inverz azonban nem minden esetben egyértelmű. Egyetlen kamera esetén egyetlen képpontba az ahhoz tartozó vetítősugár összes pontja leképeződik, vagyis egyetlen képponthoz végtelen sok térbeli pont tartozik [4]. Ahhoz, hogy egyértelmű legyen az inverz leképezés egy, az úton található pontra nézve, már egyetlen kamera esetén is előre ismerni kellene, hogy az út felülete pontosan hol található a kamerához képest. Síknál bonyolultabb útfelületmodellrel ilyen esetben nem használnak, tehát ilyenkor tipikusan azzal a feltételezéssel élnek, hogy az út vízszintes, vagyis nem tartalmaz lejtőket, emelkedőket a járműkoordináta-rendszeréhez képest. Horizontális irányú görbületeket, vagyis kanyarokat, természetesen tartalmazhat az út. Ugyanakkor lehetőség van több kamera alkalmazására is. Két kamera esetén az inverz leképezés elvégezhető, amennyiben a leképezendő térbeli pontot mindkét kamera látja, és tudjuk, hogy melyik képpont melyiknek felel meg a másik képen. A leképezés egyértelműsége abból következik, hogy az emberi látáshoz hasonlóan mélységi információ is kinyerhető abból, hogy ugyanaz a térbeli pont a két képen hol látható. Az ilyen elrendezést az ún. epipoláris geometria írja le, és a pont térbeli rekonstrukcióját háromszögeléssel végezhetjük el [4,5]. Ez esetben általában arra kell törekedni, hogy a kamerák minél távolabb legyenek egymástól, mivel így pontosabb 3D-rekonstrukció lehetséges. Sztereo elrendezés használata esetén tehát nem szükséges a sík út feltételezése.

Mind az egy- és kétkamerás esetben a szintér rekonstrukciója jóval egyszerűbben végezhető el, ha a kamera vagy kamerák paraméterei pontosan ismertek. A kameramodell külső és belső paramétereket tartalmaz. Külső paraméterek a kameraorientáció és pozíció, belső paraméterek a fókusz távolság, a képpontok fizikai méretei, a képközéppont eltolása és a radiális torzítás együtthatói. A háromdimenziós térből a kétdimenziós képre történő leképezés csak akkor lineáris, amikor a kamera radiális torzítása elhanyagolható [5].

KAMERAKALIBRÁCIÓ

Kalibrációnak hívjuk azt az eljárást, amelynek során méréseket végzünk, és azok elemzésével meghatározzuk a kamera paramétereit. Térbeli rekonstrukciónál ismerjük a kameraparamétereket, és kiszámoljuk, hogy melyik képponthoz melyik térbeli pont tartozik. Ezzel szemben a kalibráció során ismerünk a térben pontokat és ismerjük az adott térbeli pontok képének koordinátáit. Egy kamera esetén az ismert pontpárok alapján egyértelműen meghatározható a leképezés egy nemlineáris optimalizációs feladat megoldásával [5]. Az állítás két kamera esetén is igaz, azzal a különbséggel, hogy ott ponthármassaink vannak (egy térbeli pont és annak két vetülete).



4. ábra: off-line kalibrációs elrendezés

A kalibrációnak több módja is létezik. A hagyományos eljárás során a kamerák álló helyzetében egy kalibrációs elrendezést vesznek fel és értékelnek ki. A kamera elé jelzéseket (markereket) helyeznek el, és ezekről felvétel készül [2]. A felvételben megkereshető, hogy melyik marker melyik képpontban látszik, így a markerek térbeli koordinátáinak ismeretében a kalibráció elvégezhető.

Jóval bonyolultabb matematikai feladat a kamerák „on-line” kalibrációja, az ún. autokalibráció [5]. Erre a megközelítésre akkor van szükség, amikor valamilyen oknál fogva nem lehetséges vagy körülményes a hagyományos módszer elvégzése. Lehetőség van ugyanis arra is, hogy több különböző nézetből készült kép alapján meghatározzuk a kamera vagy kamerák paramétereit, amennyiben az egyes nézetekből készített felvételeken az egymásnak megfelelő pontok azonosíthatók, azaz ugyanannak a térbeli pontnak az egyes vetületei összerendelhetők. A több nézőpontos megvalósítás tipikusan kis számú kamera térbeli mozgatásával valósítható meg, ami jól illeszkedik a járműves környezethez, ez azonban egy nagy számításigényű feladat.

A SÁV TÉRBELI REKONSTRUKCIÓJA

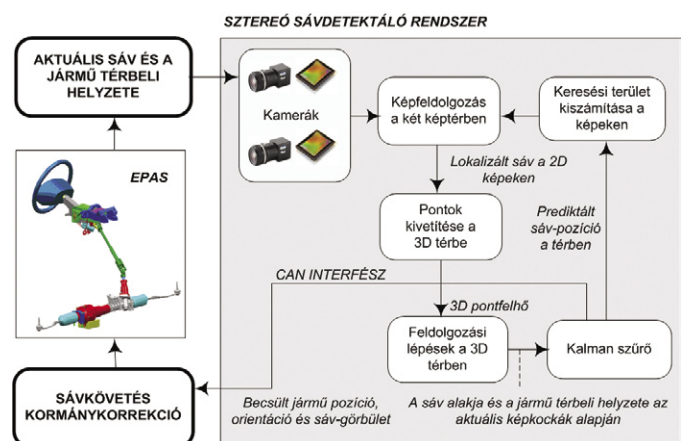
A sávdetektálásban két fontos részfeladatot különböztethetünk meg: az egyik a sáv térbeli helyzetének a korábbi mérések (képek) és számítások alapján történő predikciója, a másik a sáv detektálása közvetlenül, az aktuális mérések (aktuális kép) alapján. A predikció értelemszerűen a jármű dinamikájának figyelembevételével történik. Az algoritmus kimenete a sáv térbeli pozícióját, orientációját és alakját leíró becsült paraméterek. A sávokat a sáv két szélét határoló paraméteres görbével (pl. klotoid) írják le leggyakrabban. A három legfontosabb paraméter a jármű laterális pozíciója a sávközéphez viszonyítva, a jármű hossz tengelye és a sáv középvonala által bezárt szög, továbbá a sávhatárok horizontális görbülete. A paramétereket tehát a korábbi mérések alapján végzett predikcióból és az aktuális képkocká(k)ból számítják a bizonytalanságok figyelembevételével. A paramétereket

sztochasztikusan modellezik, így a fenti művelet elvégzéséhez szinte kivétel nélkül minden megoldásban a feladathoz nagyon jól illeszkedő Kalman-szűrőt használhatjuk úgy, hogy az állapotvektor tartalmazza a görbeparamétereket, az elfordulási, a billenési és a dőlési szöget, továbbá a jármű laterális pozícióját.

A kamerák alkalmazásakor rendszerint bonyolultabb algoritmus dolgozza fel a szenzoroktól érkező adatokat, mint más szenzorok pl. lézeres vagy mikrohullámú radarok esetén, amellyel, hogy az adatmennyiség is óriási. Mivel a számításokat valós időben és a megfelelő biztonsági szint eléréséhez a lehető legnagyobb redundanciával és legkevesebb pontatlansággal kell megoldani, ezért a számításigény meglehetősen nagy.

A számításigény csökkentése érdekében több megszorítást is tehetünk a feldolgozó algoritmusban. Ezek egyike, amikor az előző lépésben prediktált paramétereket az algoritmus nemcsak a paraméterbecslésben használja, hanem a numerikus számítás gyorsítása érdekében felhasználja arra is, hogy a képen csak a számára érdekes tartományban (Region of Interest, ROI) vizsgálódjon. Egy másik lehetőség a keresési tér szűkítésére, annak kihasználása, hogy a sávok simán görbülnek, azaz irányuk nem változik hirtelen, és hogy a sáv szélessége állandó. Egy harmadik lehetőség az, ha egy közelítő, de kisebb komplexitású feladatot fogalmazunk meg az eredeti helyett. Ilyen jellegzetes feltételezés az, hogy az út lapos, tehát függőlegesen nem görbül. Ilyen megoldásoknál tudomásul vesszük és elfogadjuk a modell pontatlanságát, ugyanakkor a megoldandó feladat egyszerűbb és kevésbé költséges a megoldása. Ez a közelítés egykamerás rendszereknél tipikus [1].

A sáv detektálása során az első lépés a sáv jellegzetességeinek kiemelése (feature enhancement). Ehhez az alap képfeldolgozási módszerek használata elegendő. Ezt követi a szegmentálás, amikor a kiemelt útjellegzetességek alapján a környezettől a sávot egyértelműen elkülönítjük, azaz meghatározzuk azt a részt a képtérben, ahol a sáv látszik. Ez egy döntési feladat, amelynek során minden képpontra eldöntjük, hogy a sávhoz (vagy a sáv határához) tartozik-e vagy sem. Ezt követően a sáv térbeli helyze-



5. ábra: az elképzelt sávkövető rendszer blokkvázlata

tét kell meghatározni a képen meghatározott pozíciója alapján. Ahhoz, hogy a sávmodell paramétereit meghatározzuk, a sávra egy matematikai modellel kell rendelkezni, amelyet az éppen aktuális mérési eredményekre illeszthetünk. Ezt végeztetjük a képen is, de a korszerű megoldások a 3D térben dolgoznak. Ez tehát egy modellalapú paraméterbecslési feladat valós idejű megoldását igényli, amit sokféle stratégiával és célfüggvénnyel végezhetünk. A cél itt az, hogy a költségfüggvény matematikai megfogalmazása jól tükrözze a valódi elvárásokat (az útmodell minél jobban illeszkedjen a mérésekhez), az alkalmazott módszer kiválasztásánál pedig a gyors konvergenciával és a lehetőségekhez

képest minimális számítási igényrel rendelkező megoldások részesíthetők előnyben. Végül időbeli információ is felhasználható a térbeli helyzet meghatározásához. Ezt valósítja meg pl. a Kálmán-szűrő, vagy amikor több képkockát felhasználó időbeli analízist is végzünk, pl. optikai mező módszerek használata esetén [4].

EGYKAMERÁS ÉS KÉTKAMERÁS RENDSZEREK

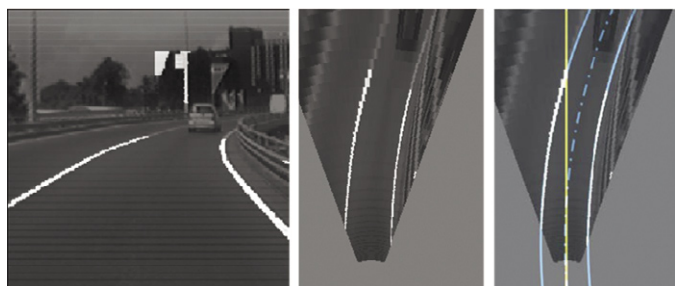
A sávdetektáló algoritmus bonyolultsága nagy mértékben függ attól, hogy milyen elrendezésben, hány szenzort használunk. Egykamerás (mono) rendszerekkel korábban kezdtek el foglalkozni, de a gépi látás és a többnézeti geometria módszereinek fejlődésével [5] megjelentek a valós idejű sztereó rendszerekről szóló cikkek is (pl. [2,3]).

Az egykamerás rendszereknél általában több a geometriai megközelítés, hiszen az inverz leképezés ezek nélkül nem egyértelmű. Tipikus a sík út, azaz vertikális görbületet nem tartalmazó út, továbbá a konstans sávszélesség feltételezése [6]. Ha más szenzorokról érkező információt nem használunk fel a sávdetektáláshoz, akkor a jármű dinamikus lengései és a statikus terhelése ilyenkor a sáv 3D rekonstrukciójában hibát okoz, mert az út síkja nem mindig olyan helyzetben van a járműhöz képest, mint ahogyan azt feltételezték. Ez az állítás olyankor is igaz, amikor a jármű egy emelkedő elején vagy egy lejtő végénél, de még a lejtőn tartózkodik. Amennyiben ezek a hibák tolerálhatók, úgy az egykamerás rendszer korlátozott lehetőségei elfogadhatók. Egy kamera esetén azonban nagyobb az esélye annak is, hogy a sáv takarásba kerül egy előtte haladó jármű miatt (a kamerát tipikusan valahol a jármű hosszirányú szimmetriasíkjában helyezik el).

A fenti hátrányokat kiküszöböli a kétkamerás megoldás. Az út síkjának a jármű koordináta-rendszerhez képesti lokalizációja ilyenkor kivitelezhető, mert a rekonstrukció ilyenkor egyértelmű, tehát a dinamikus és statikus tényezők által okozott hiba nem jelenik meg a 3D-rekonstrukcióban. A megközelítés és a használt módszerek azonban teljesen eltérőek és nagyobb számítási kapacitást igényelnek [2,3,5]. A kétféle megoldásban közösen használt módszerek a képfeldolgozás alapszerepei (azok az általános módszerek, amelyeket a képtérben alkalmaznak) és a paraméterbecslésben használt Kálmán-szűrő használata. További előnyként kell megemlíteni a kétkamerás rendszernek a komplex sávdetektáló-kormányzási rendszer biztonságkritikus mivoltát. Két kamera lehetővé teszi azt is, hogy az egyik kamera (mint jeladó) meghibásodása esetén a rendszer akár degradált funkcionalitással is, de tovább működhessen.

KONCEPCIÓ

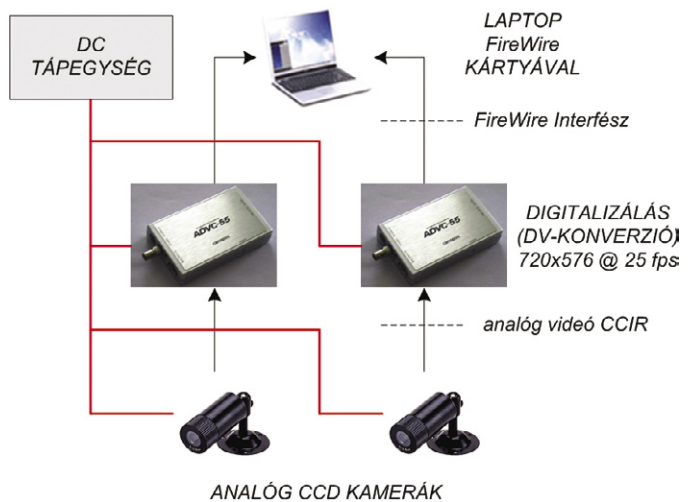
A fenti megfontolások ismeretében egy kétkamerás rendszer megvalósításán dolgozunk. Olyan elrendezést használunk, amelynél a bázistávolság – a lehetőségekhez képest – nagy (pl. kamerák az oldalsó visszapillantó tükröknél). Két kamera használata esetén, ha a felfestés az egyik kamera előtt takarásba kerül, a másik kamera még láthatja a sávhatároló vonalakat, ezért ezt az információt felhasználhatjuk a továbbiakban. Ha nincs takarás,



6. ábra: inverz perspektív leképezés

akkor binokuláris (sztereó) algoritmus használható, míg takarás esetén csak monokuláris szintér-rekonstrukcióra van lehetőség. Ezek illesztését finom átmenettel biztosítjuk. A takarási szituáció megváltozását detektálni kell.

A kidolgozandó sztereó algoritmus a kamerák radiális torzítását is figyelembe veszi majd, a sávot pedig a sávhatárokat leíró két polinomiális (klotoid) 3D-görbével modellezzük. A sztereó algoritmus képes lesz a fordulási, billenési és dőlési szögek, az út horizontális és vertikális görbületének, illetve a jármű sávon belüli laterális pozíciójának a meghatározására.



7. ábra: az előzetes közúti felvételek elkészítéséhez használt sztereó rendszer

Amennyiben szükséges monó algoritmusra váltani, a billenési és dőlési szögeket, továbbá a vertikális útgörbületet zérusnak feltételezve (sík út), és a sáv szélességét konstansnak feltételezve, a monokamerás leképezés inverze meghatározható, és ennek segítségével a kép úgy torzítható, hogy párhuzamos sávokat kapjunk eredményül (inverz perspektív leképezés). Az így kapott „madárnézeti” képen metrikusan lemérhető minden távolság. Ez esetben a horizontális profilt, a jármű laterális pozícióját és az elfordulási szöget tudjuk detektálni, amit a képtérben végezhetünk.

A sávdetektáló algoritmust speciálisan erre a célra elkészített, nagy számítási kapacitással rendelkező, FPGA-alapú célhardver fogja futtatni, ami CAN-interfészen keresztül fogja szolgáltatni a jármű helyzetére és a sávra vonatkozó paramétereket a beavatkozást végző elektronikus szervokormány (EPAS). A célhardverbe többek között egy speciális optikával felszerelt, digitális CMOS szenzor fog kerülni (a CMOS szenzor előnyeit [7] mutatja be). A célhardver reményeink szerint kb. 800x600-as felbontás mellett 30 képkocka/másodperc sebességre lesz képes. Ez a ma már létező rendszerekhez képest szép teljesítményt jelent.

A fenti algoritmusok kidolgozásához szükség van olyan sztereó videófelvetelekre, amelyeket előzetesen kalibrált kamerákkal rögzítünk különböző forgalmi helyzetekben, különféle utakon, más és más fényviszonyok és időjárási körülmények mellett. Ezen mérések során a jármű dinamikai állapotát és sebességét is rögzítjük valós időben, amelyekre a sávdetektáló algoritmus verifikációja során lehet szükség.

Az elmúlt időszakban néhány, már rendelkezésre álló – kalibrálatlan kamerákkal elkészített – videót használtunk fel, és ezek segítségével a fenti algoritmusok megvalósításán dolgoztunk. Egyúttal részletesen kidolgozásra került egy, a céljainknak megfelelő hagyományos megközelítésű kalibrációs mérési eljárás. A felvételek elkészítéséhez a 7. ábrán látható egyszerű rendszert használjuk.

A közeljövőben a kalibrációs eljárás matematikai módszerét választjuk meg, és a kalibráció kivitelezését követően a közúti

felvételek elkészítésére kerülhet sor. A felvételek és a kalibrációs adatok birtokában az algoritmusfejlesztési fázis folytatódik immár a videófelvételeken történő folyamatos teszteléssel együtt. Az algoritmusfejlesztés MATLAB ill. MATLAB Simulink környezetben zajlik.

A kifejlesztett algoritmus optimalizálását követően a célhardver tervezését végezzük el. Az elkészült algoritmusokat terv szerint többnyire automatizáló eszközök fordítják a célhardverre és csak a szükséges módosításokat végezzük manuálisan. A projektet a prototípus „on-line” tesztelése zárja.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] V. Kastrinaki, M. Zervakis, K. Kalaitzakis, „A survey of video processing techniques for traffic applications”, Image and Vision Computing, Elsevier, pp. 359–381, Jan. 2003.

[2] S. Nedeveschi, R. Schmidt et al., „High Accuracy Stereovision Approach for Obstacle Detection on Non-Planar Roads”, IEEE Intelligent Engineering Systems (INES), Cluj-Napoca, Romania, 2004, pp. 211–216.

[3] S. Nedeveschi, R. Schmidt et al., „3D Lane Detection System Based on Stereovision”, IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Washington, USA, 2004, pp. 161–166.

[4] E. Trucco, A. Verri, Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice Hall, New Jersey, 1998.

[5] R. Hartley, A. Zissermann, Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press, 2003.

[6] M. Bertozzi, A. Broggi, „GOLD: A Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Lane Detection”, IEEE Trans. On Image Processing, Vol. 7, No. 1, Jan. 1998, pp. 62–81.

[7] Automotive Cameras for Safety and Convenience Applications (Version 2), White Paper by SmaL Camera Technologies, Inc., 2004.

IMPRESSZUM

A jövő járműve • Járműipari innováció

I. évfolyam, 2006/1–2. szám • Alapítva: 2006 • Megjelenés: negyedévente

ALAPÍTÓK:



ELEKTRONIKUS JÁRMŰ
ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI
TUDÁSKÖZPONT



Széchenyi István Egyetem
Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT)

1111 Budapest, Stoczek utca 6., J épület 516. • Tel.: 1/463-1753 • Fax: 1/463-3255 • E-mail: info@ejjt.bme.hu

Széchenyi István Egyetem – Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont (JRET)

9026 Győr, Egyetem tér 1. • Tel.: 96/613-678 • 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. Nádaí László • Dr. Palkovics László • Dr. Réti Tamás • Dr. Stukovszky Zsolt • Szilasi Péter Tamás • Dr. Tisza Miklós

NYOMDAI ELŐÁLLÍTÁS:

Direct Média Kft. • 9023 Győr, Buda u. 19.

PÉLDÁNYSZÁM: 1500



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

Tech4Auto 2006

Járműgyártás-technológiai Konferencia és Szakkiállítás

„Innovatív Gyártástechnológiák Innovatív Járművekhez”

2006. november 7–9.

Győr, Széchenyi István Egyetem
9026 Győr, Egyetem tér 1.

A rendezvény súlyponti témái

Közép-európai járműipari koncentráció	Győr, és technológiai régiójának szerepe
Szakmai és tudományos rendezvénysorozat	Tudomány és a régió járműiparának találkozása
Kommunikációs és kooperációs felület	Oktatás – Kutatás – Gyakorlat
Fejlett és innovatív gyártástechnológia	Versenyelőny és költséghatékonyság

A rendezvénysorozat programjai és tematikájuk

Tech4Auto Járműgyártás-technológiai Szakkiállítás

Gyártóeszköz, gép, berendezés; Szerszámtechnológia
Méréstechnológia, laborberendezések
CAD/CAE/CAM rendszerek, ERP-rendszerek
Gyors prototípus-gyártási technológiák

Járműipari Innováció – Nemzetközi Gyártástechnológiai Tudományos Konferencia

Lemезalakítás, fémmegmunkálás
Folyamatszimuláció
Méréstechnológia és anyagtudományok

„EUro Project Day” – Európai Járműipari Projektkonferencia és Projektbörze

Az AUTOPOLIS járműipari fejlesztési programjai
Nemzetközi projekt-együttműködések

Practing-nap

10 éves a gyakorlatorientált mérnökképzési program
Audi-délután

A Tech4Auto rendezvénysorozatának főszervezője a Széchenyi István Egyetemen idén munkáját megkezdő Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpont, szorosan együttműködve a fennállásának 30 éves jubileumát ünneplő Anyagismereti és Járműgyártási Tanszékkel. A rendezvény a tudásközpont projekt támogatásán keresztül a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósul meg. Társzervezőként bekapcsolódik a munkába a Pannon Autóipari Klaszter és a Practing Alapítvány. A rendezvény az „AUTOPOLIS” Nyugat-Magyarországi Fejlesztési Pólus védnökségével kerül lebonyolításra.



Egyik sem foroghat
a másik nélkül.

A háttér- és javítóipar kiállítása

AUTOTECHNIKA – AUTÓ-DIGA
2006. szeptember 28 – október 1.
HUNGEXPO BUDAPESTI VÁSÁRKÖZPONT

Ha szereti az autókat és ért is hozzájuk, akkor az Ön helye Magyarország legátfogóbb autós beszállítóipari szakkiállításán van! Jöjjön el erre az egyedülálló kiállításra, ahol a háttér- és a javítóipar legfontosabb szereplőivel találkozhat!

Szakmai partnerek: Magyar Gépjárműipari Szövetség (B pavilon, 2/C stand)
Magyar Járműalkatrész-gyártók Országos Szövetsége

Nyitva tartás: naponta 10.00–17.00 óráig

www.automobil.hungexpo.hu

Társszervező:  **meditor**



Nemzetközi

járműipari

szakkiállítás –

Autófenntartó

ipari szakkiállítás

