

A jövő ⁰⁸ 1-2 járműve

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

Járművezetői stílusbecslés

Proporcionális féklámpák

Automatikus utasszámláló rendszer

Gondolatok a jövő autójáról

Formula-Student



BME Formula Racing Team



ATZ/MTZ worldwide az interneten

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

„Dear Readers,

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

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

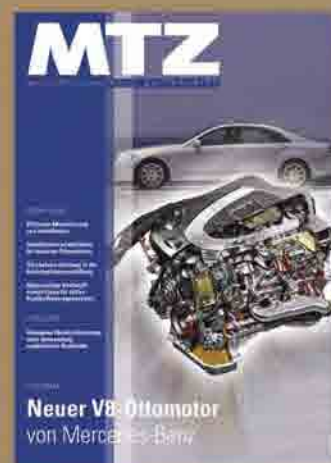
step: the launch of AutoTechnology, a global magazine that reports on developments on a highly technical level. It was not long before this magazine became the official journal of FISITA, the world body for automotive engineers.

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

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

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

Kérjen ingyenes próbaszámot!



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



Tartalomjegyzék

- 4 Aktuális hírek
- 10 III. Széchenyi Futam – Ismét alternatív hajtású járművek Győrben
- 13 Járművezetők élettani jeleit mérő rendszer kialakítása – dr. Benyó Zoltán, Kovács Levente, Fördös Gergely, Dr. Benyó Balázs, Bosznai István, Szabó Lóránt, Haidegger Tamás, Várallyay György
- 16 A járművezetői tulajdonságokat figyelembe vevő autópályaforgalom-szimulációs modell kifejlesztése és érzékenységvizsgálata – Bauer Péter, dr. Kulcsár Balázs, dr. Benyó Zoltán
- 20 Átkonfigurálható és hibatűrő felfüggesztési rendszer tervezése – Gáspár Péter, Szabó Zoltán, Bokor József
- 25 Addicionális elkörmányzást megvalósító rendszer fejlesztése az EJJT-ben – Schnellbach Ádám
- 27 Járművezetői stílusbecslés gyakorlati alkalmazásának tapasztalatai – Gubovits Attila, dr. Szalay Zsolt, Balogh Levente, Klug Dávid
- 34 Korszerű szabályozások a közúti forgalomirányításban – dr. Varga István, dr. Kulcsár Balázs, Luspay Tamás, Tettamanti Tamás
- 37 Szoftveres folyamatanalízis, nagyméretű közúti közlekedési hálózatok optimalására – dr. Péter Tamás, Stróbl András, Fazekas Sándor
- 41 Proporciónális féklámpák hatásvizsgálata – Fekete Róbert Tamás, dr. habil Ábrahám György
- 45 Automatikus utasszámláló rendszer nem légrugózású villamosokra – Horváth Gábor Zsolt, Kovács Roland, dr. Nádai László
- 48 Kutatás-fejlesztési projektek optimális forrásallokációja – dr. Nádai László, Pályi István, dr. Várlaki Péter
- 52 Járművezetők EKG-jeleit mérő rendszer kialakítása – Bosznai István, Kovács Levente, Fördös Gergely, dr. Benyó Zoltán
- 58 Formula-Student versenyautó tervezése és építése a BME-n 1. rész – Csütörtöki Tamás
- 64 Gondolatok a jövő autójáról – Petrók János
- 68 Beszélgetés a jövő autójáról – Petrók János
- 72 Lítium-ion akkumulátorok – Áttörés a horizonton? – Petrók János
- 76 Már Kína a második legjelentősebb személyautó-gyártó – Onódi Gábor
- 78 Új design alapelvek az Amerikai Egyesült Államok busztervezésében – Egy magyar mérnök-formatervező sikere – Balvin Nándor
- 83 Regisztrációs lap
- 84 Nagy AutóSzaki Ismerettár
- 85 Modern English for the Automotive Industry
- 85 Maschinenbautechnik – Szakmai nyelvkönyv gépészek számára
- 86 Könyvajánló
- 88 A gépjárművek FDS és NDS radarjainak elmélete és gyakorlata – dr. Oláh Ferenc, Horváth Richárd, Baracska Melinda

A BOSCH 75 MILLIÓVAL TÁMOGATJA A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMET

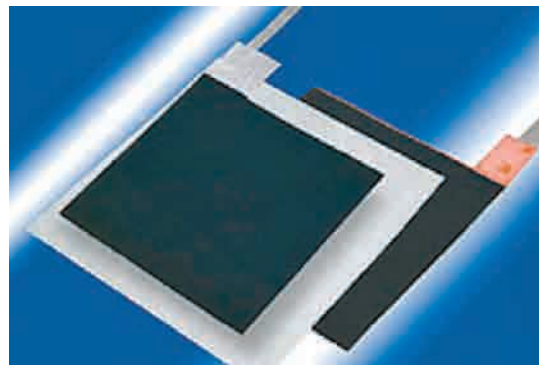
Ünnepélyes keretek között került sor a Bosch 2008. évi támogatásának átadására a hagyományos Mérnökbalon. Dr. Sven Ost, a Bosch hatvani gyárának technikai gyárigazgatója az egyetem rektorának, dr. Molnár Károlynak adta át jelképesen a cégcsoport támogatását. A Bosch és a BME közötti együttműködés nem új



keletű, hiszen egy évvel ezelőtt írt alá a Bosch Csoport egy hosszú távú megállapodást. Dr. Sven Ost elmondta, hogy a Bosch az elmúlt évben autóelektronikai labort nyitott az egyetem mechatronika tanszékén, ahol a diákok a legmodernebb körülmények között végezhetnek méréseket. A labort azóta a Bosch Budapesti Fejlesztési Központja továbbfejlesztette, és az átadott 75 millió forintból ebben az évben is jelentős összeget szán a labor fejlesztésére. A Bosch Csoport Magyarországon egyre intenzívebb erőfeszítéseket tesz annak érdekében, hogy a hazai műszaki felsőoktatási képzés a piac igényeinek megfelelően alakuljon. A BME-vel kötött megállapodás az anyagi juttatások mellett szakmai előadásokat, prezentációkat, valamint szakkönyveket és műszaki eszközök átadását is tartalmazza. Ezen túlmenően számos gyakornoki program és ösztöndíj-lehetőség várja a hallgatókat mind Budapesten, mind pedig a Bosch hatvani és miskolci gyáraiban.

50%-KAL KISEBB FOGYASZTÁS A HIBRIDÜZEMŰ AUTÓKNÁL

Vegyipari és energetikai szakértők kifejlesztettek egy újfajta anyagot kerámiából és polimerekből, melynek segítségével jelentősen könnyebb és nagyobb teljesítményű akkumulátorok gyártása válik lehetővé. A lítiumionos akkumulátorokhoz kifejlesztett, rugalmas kerámiából álló szeparátor létrehozásában a DFG német kutatási közösség, az újonnan alapított Evonik Industries cég vegyipari üzletága, valamint 7 német főiskola működött együtt. Az újonnan kifejlesztett szeparátor Separion névre hallgat, beépítésével a hibridüzemű járműveknél 50%-os üzemanyagfogyasztás-megtakarítást eredményez az Evonik szerint. Olvasóinknak ismerős lehet ez a név, mivel az Autótechnika 2007/1-es számában már beszámoltunk róla, hogy az Evonik leányvállalata, a Degussa versenyautókban tesztelte az új szeparátort. A Separion létrehozása tette lehetővé, hogy a lítiumionos akkumulátorokat már autók hajtására is fel lehet használni. A szépreményű technológiát már régóta a jövő egyik nagy lehetőségeként tartják számon a mobil



energiaellátás területén, mivel általánosságban kisebb, könnyebb és nagyobb teljesítményű, mint a hagyományos energiatárolók. Továbbá hasonlóan magas energia- és teljesítménysűrűséggel rendelkezik, élettartama viszont hosszabb. Míg a lítiumionos akkumulátorok használata már mindennapos a mobiltelefonokban, laptopokban vagy a videokamerákban, nagy energiatárolóként való bevetésük még váratott magára, például a hibridüzemű autókban vagy a regeneratív energia területén. Méghozzá azért, mert nem tudták teljesíteni a biztonsági követelményeket. Ha az akkuk ugyanis túltöltődnek, akkor az eddig használt műanyag szeparátorok – melyek feladata a katód és az anód elválasztása – túlmelegednek, elolvadnak és rövidzárlatot okoznak. Ez robbanásszerű folyamathoz és tűzhez vezethet. A műanyagból készült szeparátorok ugyanis éghetőek, és 140 C-fok fölött elvesztik a stabilitásukat. A Separion viszont két komponensből, kerámiából és polimerekből áll, melyek többek között a különböző termikus tulajdonságaik miatt alapjában véve összeférhetetlenek. A két anyagot csak a nanorészecskék segítségével lehet összekombinálni. A lítiumionos technológia hatékonysága jelenleg 95%-os – ez egy olyan jó érték, melyet semmilyen más technológiával nem tudnak még megközelíteni sem.

CONTINENTAL-BERUHÁZÁS MAGYARORSZÁGON

A Continental AG nemzetközi autóiipari beszállító cég ki szeretné építeni mérnöki kapacitásait elektronikus fék- és stabilitási rendszerek kifejlesztéséhez. Ezért a cég veszprémi telephelyén 2011-ig 100 új munkahelyet hoznak létre mérnökök és szakemberek számára, valamint egy új tesztpályát az ABS- és ESC-fejlesztések tesztelésére. Egy Veszprémhez közeli területre már meg is kötötték az előszerződést február 7-én. A Continental a területen nagy és alacsony sűrűdési felületeket, rossz utat szimuláló pályát, valamint egy speciális menetdinamikai tesztpályát tervez. Az építési munkálatokat előreláthatólag 2009 év elejéig befejezik. A teljes beruházás több mint 10 millió euróba kerül. Jelenleg a Continental Veszprémében 1000 munkatársat foglalkoztat, akik kerékfordulatszám-érzékelőket, valamint ESC- és ABS-komponenseket gyártanak. A 2001-ben megnyitott fejlesztési központban további 120 szakember dolgozik, elsősorban új szoftverek kifejlesztésén.



MÁR 30 ÉVE FÉKEZHETÜNK BIZTONSÁGOSAN A BOSCH ABS-SZEL

Az ABS-rendszerek sikertörténete 1978-ban kezdődött, az első személygépkocsiba épített, elektronikus szabályozott blokkolásgátló rendszer sorozatgyártásával. A műszaki megoldás kiválóan bizonyult, a későbbiek során is ez maradt minden fék-szabályozó rendszer kiindulópontja. A Bosch további, az ABS-en alapuló rendszerei, mint például a kipörgésgátló (ASR), valamint az elektronikus stabilizáló program (ESP®) szintén sikeresen hódították meg a piacot. Időközben már a világszerte gyártott gépkocsik pontosan háromne-



Az ABS egykor és ma: bal oldalon egy ABS hidraulika és vezérlőegység 1978-ból, jobbra a lényegesen kompaktabb kialakítású újgenerációs ABS

gyártott gépkocsik pontosan háromne-
gyedébe építenek ABS-t vagy más fék-szabályozó rendszert. Az ABS-rendszerral a járművezetők biztonságosabban fékezhetnek, mert a rendszer megakadályozza a művelet közben a kerekek blokkolását. Ezen a módon a gépkocsi akár erős fékezéseknél vagy csúszós talajon is követi a vezető kormánymozdulatait. A gépkocsi stabil marad, a vezető ki tudja kerülni az akadályt. Az elektronikus fék-szabályozó rendszerekkel ellátott gépkocsik azonban egyre komolyabb kihívások elé állítják a műhelyeket. Ahhoz, hogy az elektronika kifogástalanul elláthassa feladatát, az összes hidraulikus és mechanikus részegységnek tökéletesen kell együttműködnie.

Éppen ezért a rendszer alapos ismerete, valamint a hatékony diagnosztikai és információs rendszer egyre nagyobb szerepet játszik az elektronika szakszerű karbantartásában. A Bosch széles körben támogatja a fékkel kapcsolatos kereskedelmi tevékenységet. A járműjavító műhelyek partnereként

a Bosch minden olyan segítséget megad, amellyel az egyszerű alkatrészforgalmazástól eljuthatnak a teljes rendszert érintő szakértői megoldásokig: a korszerű fékrendszerekkel kapcsolatos tudásanyagot gyakorlatias oktatások keretein belül igyekeznek átadni a műhelyek szakemberei számára. Ezen továbbmenően segítik a szakembereket a Bosch alkatrész-katalógusokban, az EsiTronic műhelyszoftverben, az internetalapú tudásbázisban,



Az ABS-rendszereket számos különböző útfelületen próbálják ki

gyártott gépkocsik pontosan háromne-
gyedébe építenek ABS-t vagy más fék-szabályozó rendszert. Az ABS-rendszerral a járművezetők biztonságosabban fékezhetnek, mert a rendszer megakadályozza a művelet közben a kerekek blokkolását. Ezen a módon a gépkocsi akár erős fékezéseknél vagy csúszós talajon is követi a vezető kormánymozdulatait. A gépkocsi stabil marad, a vezető ki tudja kerülni az akadályt. Az elektronikus fék-szabályozó rendszerekkel ellátott gépkocsik azonban egyre komolyabb kihívások elé állítják a műhelyeket. Ahhoz, hogy az elektronika kifogástalanul elláthassa feladatát, az összes hidraulikus és mechanikus részegységnek tökéletesen kell együttműködnie.



Nedves útfelületen való fékezéskor az ABS nélküli gépkocsi könnyen irányíthatatlanná válik

valamint a műszaki forródróton keresztül elérhető széles körű adatok. A korszerű diagnosztikai berendezések használatával a műhelyek minden olyan feladatot biztonságosan megoldhatnak, amely a műhelymunka során felmerül, ezáltal ügyfeleik számára valódi fék-szakembereként jelenhetnek meg.

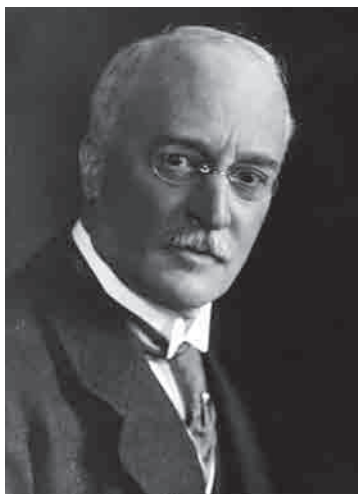
A RÉSZECSEKIBOCSÁTÁS EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAI

A szemcsés anyagok belélegzésének hatásait és következményeit széles körben tanulmányozták embereken és állatokon, ezek lehetnek: asztma, tüdőrák, szív- és érrendszeri megbetegedések és korai halál. A részecske nagysága határozza meg, hogy a légutak mely részében kerül nyugalmi állapotba a belélegzett részecske. A nagyobb részecskéket általában megszüri az orr és a torok, és nem okoznak gondot, de a 10 mikrométer átmérőnél kisebb részecskék (összefoglaló nevük PM10) bejuthatnak a hörgőkbe és a tüdőbe, és egészségkárosodáshoz vezetnek. A 10 mikrométer átmérő nem jelent szigorú határt a belélegezhető és nem belélegezhető részecskék között, de a hatóságok az ilyen nagyságú részecskék figyelésében állapodtak meg. A 2,5 milliméter átmérőnél kisebb részecskék (PM 2,5) behatolnak a tüdő levegőcserélő részeibe, a nagyon kis részecskék (100 nanométernél kisebbek) pedig a tüdőn keresztül eljuthatnak más szervekbe is. Egy tanulmány szerint a PM 2,5-ös részecskék belélegzése nagyarányú vérlemezkelerakodáshoz vezet az artériákban, amely érrendszeri gyulladást és atherosclerosis okozhat – ez az artériák megkeményedését jelenti, vesztítenek rugalmasságukból, ami szívrohamhoz és egyéb érrendszeri megbetegedésekhez vezethet. A kutatók szerint már az is ki van téve egy szívbetegség kockázatának, aki rövid ideig lélegzi be nagyobb koncentrációban a részecskéket.

A 100 nanométernél is kisebb nanorészecskék még veszélyesebbek lehetnek. Bebizonyították, hogy ezek a részecskék át tudnak hatolni a sejtthártyán, és így bekerülhetnek más szervekbe, beleértve az agyat is, és az Alzheimer-kórhoz hasonlító károsodást idézhetnek elő. A modern dízelmotorok által kibocsátott részecskék (DPM) tipikusan 100 nanométer (0,1 mikrométer) átmérőjűek. Továbbá ezek a koromrészecskék rákkeltő anyagokat is hordozhatnak a felületükön megkötve, mint például benzopiréneket. Világos tehát, hogy a jelenleg érvényes kibocsátási határértékek nem megfelelőek az egészségügyi veszélyek szempontjából. Egy 10 mikrométer átmérőjű részecske tömege megegyezik nagyjából egymillió, 100 nanométer átmérőjű részecskéével, de egyértelműen kevésbé veszélyes, mivel valószínűleg sosem kerül az emberi szervezetbe – ha pedig igen, akkor gyorsan távozik is onnan. Néhány országban már születtek javaslatok új szabályozásra, melyek szerint a kibocsátott részecskék felületét vagy a részecskék számát korlátoznák.

A részecskeemissziót és a halálesetek, illetve egyéb egészségügyi problémák magas számát először az 1970-es években hozták összefüggésbe egymással, és azóta többször is felvetették. A részecske-kibocsátás becslések szerint évente 22 000–52 000 halálesetet okoz az Egyesült Államokban (2000-től) és évente 200 000-et Európában.

A 150. SZÜLETÉS NAP



Rudolf Diesel (1858–1913)

Rudolf Diesel 150. születésnapját ünnepli kiállításokkal, rendezvényekkel idén tavasszal a világ. A dízel név talán a világ 10 legismertebb neve közé tartozik, és kivételesen talán azt is tudják szerte a földkerekségen, hogy a dízelmotor mögött egy feltaláló neve áll. Szakmai körökben Diesel neve csodálattal övezett, sokak számára munkásságának számos mozzanata is ismert. Ahhoz azonban, hogy az autók erőforrásoként is széles körben alkalmazzák, Rudolf Diesel szabadalmi bejelentése, 1892 után bizony közel

kereken száz évnek kellett eltelnie. Az ezt követő évek, közelmúltunk technikatörténete soha nem látott motorteknikai fejlődési gyorsulást hozott. Az első, nagy szériában gyártott közvetlen befecskendezésű, turbótöltött dízelmotor után alig kellett 10 évet várni a befecskendezéstechnika forradalmáig, a közös nyomásterű rendszer megjelenéséig, a 43%-os effektív hatásfok eléréséig, ezzel a CO₂-kibocsátás belső égésű motorral elérhető rekordértékéig, a dízel kipufogógáz koromszűrési és nitrogén-oxid-redukciós megoldásáig. A tavalyi évben már határozottan túllépte az 50%-os értéket a maga nyolcmillió darabszámával a dízelmotorral szerelt újszemélyautó-eladás Európában. Ha már a Porschében, az Audi TT-ben, az USA piacára szánt Cadillacban is van dízelmotor, ha az autóversenyek egyes szakágaiban szinte csak dízelmotorral lehet győzni, akkor a 150 éve született Rudolf Diesel feltalálói, mérnöki érdemei még fényesebben ragyognak.

Rudolf Christian Karl Diesel 1858. március 18-án látta meg a napvilágot Párizsban, Theodor Diesel és felesége, Elise Strobel második gyermekeként. Az apa tanult könyvkötő, de akkortájt bőrárúk készítésével foglalkozik. Diesel gyermekéveit Párizsban és környékén tölti, de az 1870/71-es német–francia háború a családot Párizs elhagyására kényszeríti.

Rudolf Diesel Londonon keresztül Augsburgba megy, ahol nagybátyja, Christoph Barnickel az ottani ipariskolába – ahol maga is tanár – iratja be. Tanulmányait később a müncheni Polytechnikumban folytatja. Iskolai tanulmányi eredményei mindenütt kiemelkedően kiválóak.

Diesel mérnöki pályafutása elején jéggyártással foglalkozik, találmányai vannak, Párizsban gyárat igazgat. A hűtéstechnikai szakmában – komoly sikereket elkönyvelve – 1893 áprilisáig dolgozik.

Már 1892-ben felkeresi a Deutz AG Gázmotorgyárat motor-szabadalmi elgondolásával, melyet ez év őszén be is nyújt („Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen”) és december 23-án meg is kap. A Springer kiadónál, Berlinben, 1893-ban Diesel közléstesi elgondolását „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren” címmel.

1895 novemberében, a laboratóriumban már tartós üzemben jár az első „dízelmotor” (10 LE, 16,6%-os effektív hatásfok).

1897. január 28-án készül el a második kísérleti négyütemű Diesel-motor. Február 20-án a Deutz Gázmotorgyár megpróbálta Diesel

szabadalmát megtámadni, de a Krupp cég melléje áll. A tárgyalások eredményeként licenccmegállapodásra jut a Deutz, a Maschinenfabrik Augsburg és a Krupp, dízelmotorok építésére. Márciusban a skót Mirrlees Watson Yaryan Co. céggel is sikerrel fejeződtek be az üzleti tárgyalások, Diesel Lord Kelvinnel is találkozik Glasgow-ban.

A motorépítés és az üzlet, ha küzdelmekkel is, de beindul. Az akkori vezető ipari országokban sorra alakulnak Diesel vállalkozásai. Az első kisdízelmotort bemutatják a Brüsszeli Világkiállításon (1910), nagydíjat kap, megépül az első dízelmotoros óceánjáró, a dán Selandia (1912) és az első mozdony 1913-ban. Professor Johannes Lüders ebben az évben, 1913-ban már a dízelmitosz megszületéséről beszél az aacheni egyetemen.

3000 BAR BEFECSKENDEZÉSI NYOMÁSÚ COMMON RAIL RENDSZEREK A BOSCH-TÓL

A common rail befecskendezőrendszerek 2015-ig egyre jobban ki fogják szorítani a manapság használatos Pumpe-Düse (adagolóporlasztó) és Pumpe-Leitung-Düse (szivattyú – vezeték – porlasztó) rendszereket a haszonjárműveknél és a közepes fordulátú nagy dízelmotoroknál. Mindezt dr. Ulrich Dohle, a Bosch dízel rendszerek üzemeltetésének elnöke jelentette ki egy haszonjárműves konferencián decemberben, melyet a németországi Augsburgban rendezett az MTZ folyóirat és a Ricardo cég. A common rail rendszereknél elérhető maximális befecskendezési nyomás egyértelműen növekszik: a mostani 2100 bar-ról 2011-re 2400 bar-ra. Ezen kívül már 3 éve fejlesztik a 3000 bar maximális nyomásra képes rendszereket. Ilyen nagy nyomást csak hidraulikus úton tudnak átvinni, és ez nem magában az injektorban történik, mint például a SiemensVDO egyes korábbi megoldásainál. Dohle a piaci bevezetéssel kapcsolatban nagyon tartózkodóan nyilatkozott, ugyanis arról van szó, hogy nagyon kicsi, néhány mikrométeres gyártási toleranciát kell bevezetni a nagyszériás gyártásban, amivel már a fizika határait súrolják. A minél nagyobb befecskendezési nyomású rendszerek fejlesztésének hátterében a vasúti és hajómeghajtásokra vonatkozó egyre szigorúbb emissziós határértékek állnak. 3000 bar befecskendezési nyomással ugyanis már le lehetne mondani vagy az SCR-katalizátorról, vagy a részecskeszűrőről, illetve további alternatívaként 3–4 százalékos fogsztáscsökkenést is el lehetne érni.



PARKOLÓASSZISZTENS – BOSCH-FEJLESZTÉS BUDAPESTRŐL

Az intelligens, önállóan döntő, részben vagy teljesen biztonságkritikus rendszerek fejlődésével nemegyszer ütközünk a felelősség kérdésébe. Ki a hibás akkor, ha az automatikus parkolórendszerrel felszerelt jármű rosszul számít ki valamit, munkát adva ezzel a karosszériás kollégáknak? Ki fizeti meg a károkat? A rendszer gyártója, fejlesztője vagy az autó gyártója, fejlesztője? Esetleg a járművezető, aki a gomb lenyomása után csak utasként vett részt a műveletben?

Egy teljesen önjáró rendszer esetében a felhasználónak van a legkisebb felelőssége. A gyártó azonban úgy gondolja, hogy ha a rendszerbe beviszünk olyan elemet, folyamatot, melyet a vezető kezel, akkor adott a felelős, ha történne valami.

Mindez az új parkolóasszisztens rendszerek bemutatása elé kívánczik, melyet Lipcsében, az AMI-AMITEC 2008 kiállításon, a Mercedes A- és B-osztály autóiban mutattak be. Az „asszisztens” szót a rendszer kifejlesztője és beszállítója, a Bosch, épp az előzőekben taglalt felelősségi kérdések miatt illesztette a név mellé.



A vezetőnek csak el kell engednie a kormányt (a rendszer önállóan kormányoz az elektromos szervokormány segítségével), lassan hátra-, előregurulnia, és mielőtt koppanna, fékeznie kell. Így a felelősség természetesen a vezetőé marad. Éppen ezért lehetőség van bármikor beavatkozni, akár kormánymozdulatokkal is.

A parkolóasszisztens rendszernek magyar vonatkozása is van. A közelmúltban a Bosch Budapesti Fejlesztési Központja sajtótájékoztatón mutatta be két új parkolássegítő rendszerét. A rendszerek hely- és helyzetérzékelői az első és hátsó lökhárítóba



épített ultrahangos jeladók, melyeket sokszor helytelenül tolatóradarnak neveznek. Ez a rendszer méri a távolságot az akadály (egy másik autó vagy egy virágláda) és a gépjármű között, majd hang- és/vagy fényjelzéssel tájékoztatja a vezetőt a rendelkezésre álló szabad helyről, tolatási távolságról.

A bemutatott új rendszerek egyike a „Parkolást segítő információs rendszer” (Park Steering Information – PSI) grafikus információt nyújt a kijelölt parkolóhely nagyságáról, valamint ajánlatot tesz a parkoláshoz optimális kormányzás és a manőverezés végrehajtására.

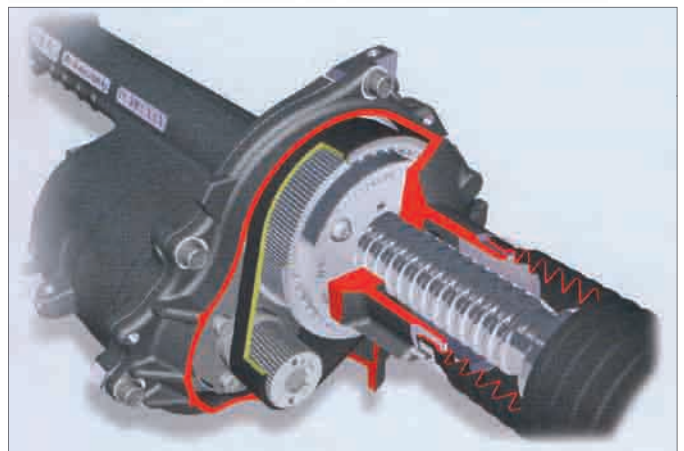
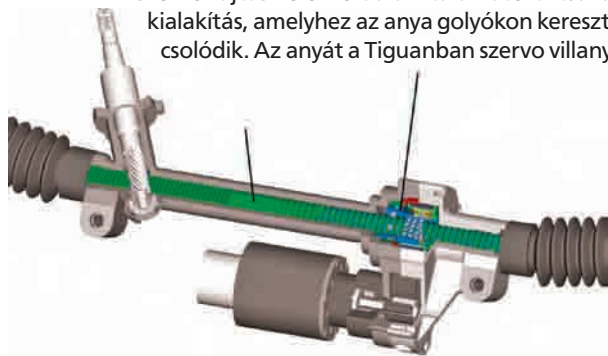
A másodjára bemutatott rendszer az előzőekben ismertetett Mercedes A-osztályban szereplő „Automatikus parkolóasszisztens” (Park Steering Control – PSC).

Henk Becker, a Bosch Budapesti Fejlesztési Központjának vezetője elmondta: „A Bosch Budapesti Fejlesztési Központja képes önállóan dolgozni a Park Pilot projekten. Ez azt jelenti, hogy a fejlesztés minden fázisa, úgymint a szoftver, a hardver, a mechanikai fejlesztés, valamint a projektmenedzsment is folyhat Budapesten.”

A SCHAEFFLER GYÁRTJA A CSAVARORSÓS-ANYÁS SZERVOHAJTÁST A VOLKSWAGEN TIGUAN ELEKTROMECHANIKUS KORMÁNYMŰVÉHEZ

A Schaeffler KG (LuK, INA, FAG) kifejlesztett egy nagy precizitású csavarorsós-anyás hajtást a Volkswagen Tiguan elektromechanikus kormányművéhez. A fogasléc hajtás mellett – amely a forgó mozgást hosszirányú mozgássá alakítja – a gördülőcsapágy-gyártó cég szállítja a részben orsóként kialakított fogaslécet. A fogasléc

szervohajtás felőli oldalán található a csavarorsós kialakítás, amelyhez az anya golyókon keresztül kapcsolódik. Az anyát a Tiguanban szervó villanymotor

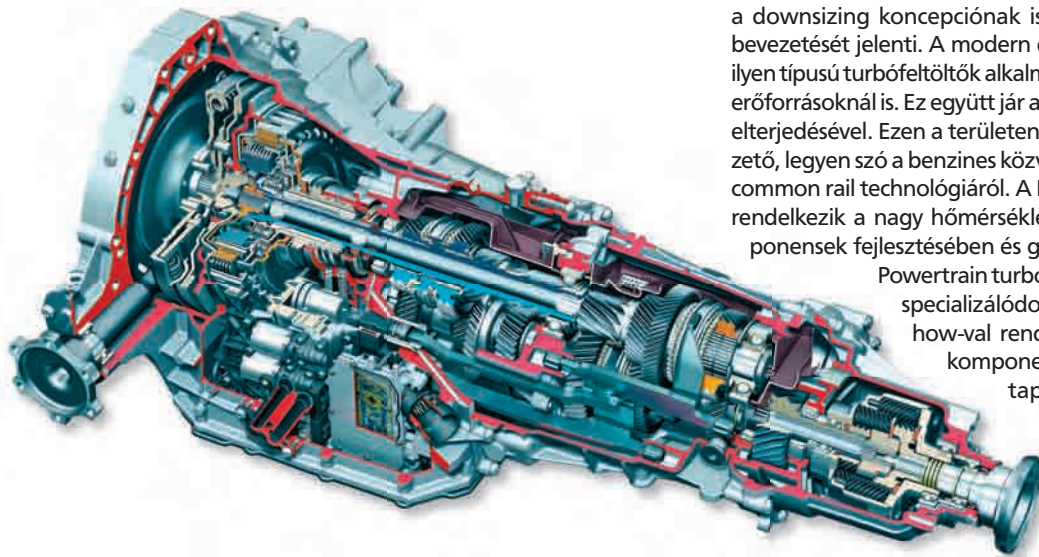


hajtja fogasszíjon keresztül. A tisztán hidraulikus rendszerekkel ellentétben, melyeknél a szivattyút állandóan forgatni kell, az elektromotort csak abban a pillanatban kell aktívra tenni, amikor kormánymozdulatot kezdeményez a vezető. 3%-os fogyasztáscsökkenést értek el ezzel, valamint a kormány szervó beépítési tere is lecsökkent.

HÉTSEBESSÉGES DCT-VÁLTÓ AZ AUDITÓL

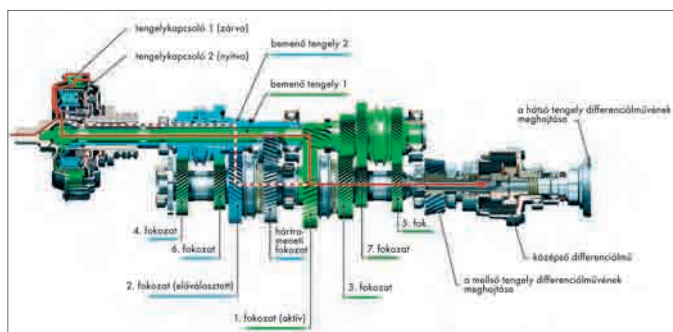
Az Audi kibővíti S-tronic dupla kuplungos váltókínálatát egy új, 7-sebességes egységgel, melyet nagy teljesítményű, hosszirányban beépített erőforrásokhoz szának. Eddig a gyártó a BorgWarner által szállított dupla kuplungos (DCT) váltókat használta a Volkswagennel közösen, amely 2002-ben vezette be ezt a technológiát.

A Volkswagennél DSG, az Audinál S-tronic névre keresztelt váltót több, hosszirányban beépített 4 és 6 hengeres erőforrásokkal ellátott típusba szerelték be, mint például a Volkswagen Golf és Eos, valamint az Audi TT, A3 és A4. A váltó hozzájárul a kedvezőbb üzemanyag-fogyasztáshoz és a jobb menetdina-



mikához. Ezzel szemben az új 7-sebességes DCT-váltó az Audi saját fejlesztése, és több középkategóriás és sportos modellbe is beépítik majd az év folyamán.

A hétssebességes S-tronic hasonlóan gyorsan vált, és összkerekhajtással is rendelhető, mint a jelenlegi DSG-váltók. Ezzel szemben nagyobb, akár 550 Nm forgatónyomaték átvitelét is bírja, és erősebb, valamint nagyobb fordulatszámú (9000



fordulat/percig) motorokhoz is társítható. Elméletileg a váltó beépíthető lenne az R8 és az RS4 sportautókba is, melyekben egy 4,2 literes, V8-as FSI-motor dolgozik 420 lóerővel és 430 Nm forgatónyomatékkal. A hírek szerint a váltó az új Q5-ös szabadidőjárműben vagy az új S4 modellben debütálhat Európában. Később szóba jöhet az A5/S5 és az A3 is, amely idén modellfrissítésen fog átesni. Az összkerekhajtású, differenciálzáras Quattro modellekbe is beépíthető a váltó, az erő 60%-a alapértelmezésben a hátsó kerekeket hajtja. A kipörgésgátló bekapcsolásával ez 85%-ra növelhető a hátsó kerekek esetén vagy 65%-ra az első kerekek esetén.

A BOSCH ÉS A MAHLE KIPUFOGÓGÁZ-TURBÓFELTÖLTŐKET FEJLESZT

A Robert Bosch GmbH és a Mahle GmbH megállapodott egymással egy 50–50%-ban közös vállalat alapításáról, kipufogógáz-turbófeltöltők fejlesztésére, gyártására és forgalmazására. A vállalkozás a tervek szerint áprilisban indul. Az új cég neve Bosch Mahle Turbo Systems, székhelye Németországban, Stuttgartban lesz. A két cég közösen fejleszt és gyárt turbófeltöltőket benzines és dízel erőforrásokhoz, melyeket világszerte forgalmazni fognak. A sorozatgyártás 2010-ben indul, a vegyesvállalat bejegyzését az antitröszt hatóságok azonban még nem hagyták jóvá. A kipufogógáz-turbófeltöltők alkalmazásával jelentős előrelépés érhető el a tüzelőanyag-fogyasztás és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése területén. Ez a technológia fontos eleme a downsizing koncepciónak is, ami az egyre kisebb erőforrások bevezetését jelenti. A modern dízelmotoroknál már megszokott az ilyen típusú turbófeltöltők alkalmazása, és egyre gyakoribb a benzines erőforrásoknál is. Ez együtt jár a fejlett befecskendezési technológiák elterjedésével. Ezen a területen jelenleg a Bosch világszinten piacvezető, legyen szó a benzines közvetlen befecskendezésről vagy a dízel common rail technológiáról. A Mahle pedig többéves tapasztalattal rendelkezik a nagy hőmérsékletnek is ellenálló turbófeltöltő komponensek fejlesztésében és gyártásában. Leányvállalata, a Mahle Powertrain turbómotorok tervezésére és fejlesztésére specializálódott. Tehát mindkét fél jelentős know-how-val rendelkezik, és az ultraprecíziós motor-komponensek sorozatgyártásában is vannak tapasztalataik. Dr. Heinz K. Junker, a Mahle elnöke szerint: „a Mahle és a Bosch tökéletesen kiegészítik egymást az új kipufogógáz-turbófeltöltők kifejlesztése során.”

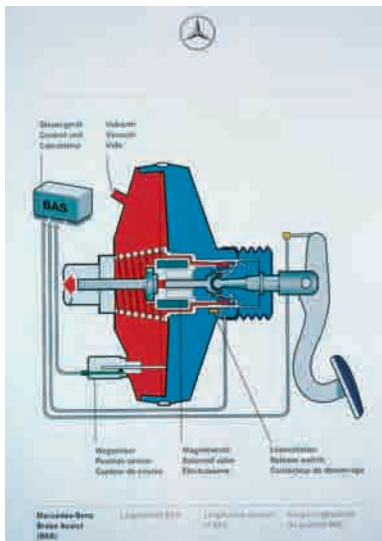
A NISSAN KÉT ÚJ VEZETŐT SEGÍTŐ RENDSZERT VEZET BE A SOROZATGYÁRTÁSBAN

A Nissan két új biztonsági rendszert vezetett be, melyek először a Fuga felső kategóriás limuzinban kerülnek sorozatgyártásba. A DCAS (Distance Control Assist System) névre hallgató új követésitávolság-asszisztens a közlekedési helyzettől függően a vezetőt a fékpedál benyomására készíti azzal, hogy a gázpedált felfelé nyomja. A másik újdonság egy sebességtartó automatika (tempomat), mely a Nissan szerint a telepített navigációs rendszer útadatait is felhasználja, és automatikusan lelassít a kanyarok előtt. Mindkét rendszer egy, az első lökhárító alá szerelt radarérzékelőt használ. Ez felügyeli az autót és az előtte haladó autók közötti távolságot, és méri mindkét autók aktuális sebességét. A folyamatosan beérkező információknak köszönhetően a Nissan mindig tartani tudja a megfelelő biztonságos követési távolságot. Ha a nem benyomott gázpedál ellenére a két autók közötti távolság csökken, a rendszer enyhén lassít. Amennyiben a vezető nyomja a gázpedált, akkor a rendszer ellentétes irányú impulzust küld a pedálra, ezzel ösztökéli a fékezésre. A veszélyre ezen kívül egy jelzés figyelmeztet a műszerfalán, továbbá hangjelzés is hallható. Az intelligens tempomat is önállóan szabályozza a követési távolságot az előttünk haladóhoz képest, melynek során a vezető által előzetesen beállított kívánt haladási sebesség felső határként érvényes. Újdonság, hogy a Nissan Fugában üzemelő rendszer a teljes sebességtartományban, vagyis álló helyzetből a végsebességig beállítható. A másik újítás a már említett navigációs adatok elemzése. Kanyar közeledte esetén a rendszer a kanyar sugarának megfelelő mértékben fékezi le az autót, majd a kanyarból kiérve újra a beállított sebességre gyorsít.



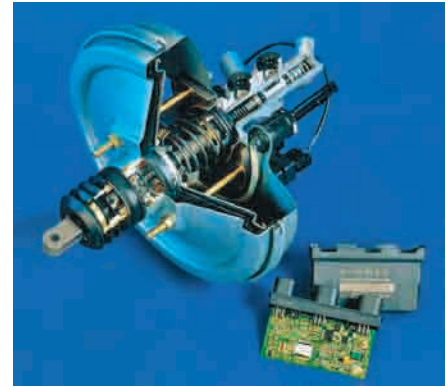
AZ EURÓPAI AUTÓGYÁRTÓK TÁMOGATJÁK A „FÉKASSZISZTENS” TÖRVÉNY TERVEZETÉT

Az európai autógyártók üdvözlik az Európai Bizottság javaslatát, melynek értelmében 2010-re valamennyi új modell esetében kötelezővé tennék a fékasszisztens (BAS – Brake Assist) beépítését. A BAS vész helyzetben segít a fékezésben a vezetőknek. Ha a vezető szándéka erőteljes fékezés, vészfékezés, de az ehhez szükséges pedálerőt nem tudja kifejteni (vezetői rutintalanság, pánikhelyzet), akkor a BAS-rendszer – felismerve a vezetői szándékot – automatikusan a maximális erővel fékez. A bizottság szerint a BAS-beavatkozással évente nagyságrendileg 1100 gyalogos életét lehetne megmenteni. Az egységes európai uniós direktíva alkalmazása helyett – mely valamennyi tagállamtól széles körű jogszabályi adaptációt tenne szükségessé – az EB egy olyan uniós szabályozást javasol, melyet szóról szóra át kellene vennie minden tagállamnak. Ezzel a lépéssel gyorsabbá és egyszerűbbé lehetne tenni a folyamatot. Ha a szövegtervezetet elfogadja az unió tanácsa és az Európai Parlament, akkor az új szabályozás hatályon kívül helyezi a most érvényes 2 utasbiztonsági irányelvet és a 27 kapcsolódó nemzeti jogszabályt. Ha a szabályozás életbe lép, úgy 2009-től valamennyi újonnan kijövő típusnak rendelkezni kell a BAS-szel, két évvel később pedig már valamennyi újonnan értékesített autónak teljesítenie kell a követelményt. A jelenlegi tervek szerint a szabályozás a 2500 kg alatti össztömegű járműveket érinti, de a cél az, hogy a későbbiekben a nehezebb járművekre is kiterjesszék a követelményt. Annak érdekében, hogy megfeleljenek az új szabályozásnak, az autógyártóknak közzé kell tenniük a rendszerek működési elvét, illetve a sikeres rendszerteszt részleteit.



Az EB visszafogott a költségeket illetően. Reinhard Schulte-Braucks, EU Vállalkozási és Ipari Főigazgatóság (DG Enterprise and Industry) „Fogyasztói termékek piacának irányítása és jogalkotása” Igazgatóság autóipari részlegének vezetője szerint a szabályozás bevezetése pillanatában az iparágban a rendszer bevezetésével kapcsolatos költségei nem lesznek „túlzottan magasak”. Mindemellett a bizottság saját hatástanulmányában a jelenlegi fékasszisztens bevezetésének iparági költségeit 711 millió euróra (kb. 178 milliárd forint) becsüli, és további 995 millió euró (kb. 249 milliárd forint) költséggel számol a fogyasztói oldalról.

Mit jelent mindez egy átlagos autó esetében? „A BAS alapvetően a fejlett fékező rendszerek továbbfejlesztése, melyek Nagy-Britanniában már 2004 óta a szériafelszereltséghez tartoznak” – mondta a brit Autógyártók és Kereskedők Szövetségének szóvivője, aki a költségek növekedését nagyságrendileg 200 fontra (kb. 70 E Ft) teszi. Az EU-s szabályozás már 2001 óta napirenden van. A BAS-t először a Daimler-Benz és a TRW/Lucas Verity Research alkalmazta 1992-



ben. Azóta a piacot kinyíltak, köszönhetően a Tier 1 beszállítók által kifejlesztett rendszereknek, közöttük is a német Robert Bosch GmbH-nak és a Continental AG-nek. Korábban csak olyan prémium márkák építették be járműveikbe a BAS-t, mint a Mercedes, az Audi és a Lexus, de mára már a Citroënnél, a Hondánál, a Toyotánál és a Fordnál is elérhető a rendszer. Sőt a kisautók közül a Nissan Micrában már alapfelszereltség, a Daihatsu Cuore-nál pedig extraként rendelhető.

A BAS-szel összefüggő beruházások pontos iparági költségei nehezen meghatározhatók. A Bosch 2006-ban több mint 2,7 milliárd eurót (kb. 675 milliárd forint) fordított autóipari kutatás-fejlesztésre, ennek nagy részét a BAS-technológiával összefüggésben.

A mikrokapcsolók és az érzékelők döntő fontosságúak az olyan biztonsági rendszereknek, mint a BAS – mondta Reiner Kallenbach, a Bosch autóipari elektronika divíziójának vezetője. A németországi Reutlingenben egy új, félvezetőket gyártó üzem hozunk létre 600 millió eurós (kb. 150 milliárd forint) beruházással. Annak érdekében, hogy az elfogadott szabályozás ütemterve tartható legyen az autógyártó ipar részéről is, az Európai Bizottság az arany középutat szem előtt tartva a legtöbb uniós autógyár által favorizált 2010-es és a Brüsszel által eredetileg javasolt 2008-as dátum közötti 2009 mellett döntött. Két évvel ezelőtt a General Motors Europe – a Cadillac, a Chevrolet, az Opel, a Saab és a Vauxhall forgalmazója – figyelmeztetett, hogy a már piacon lévő autótípusokra vonatkozó túl korai határidő azt eredményezheti, hogy a piacképes árú autókat még az előtt kivennék az értékesítésből, hogy az új típusok elkészülnének. A Volkswagen AG és a Hyundai Motor Co. Ltd. is ellenállt az eredeti határidőnek, rámutatva arra, hogy elsősorban a kisautók esetében a már létező modelleknél képtelenség helyet találni a BAS számára. Az Európai Autógyártók Szövetsége (ACEA) a 2010. szeptember 1-jei dátumot javasolja annak a határidőnek, melytől kezdve valamennyi autótípust el kell látni BAS-szel. Ennek okát még az egyeztetések alatt abban jelölte meg, hogy az előírásokat teljesíteni képes BAS-hez egy új, nagyobb szállítási kapacitással rendelkező hidraulikus szivattyú szükséges. Ehhez viszont nagyobb helyre van szükség a motorháztető alatt, így ezen még az autó fejlesztésének kezdeti szakaszában kell változtatni.

Jóllehet az ACEA nem kapott választ minden kérdésére, pozitívan fogadta a tervezetet. „Az iparág üdvözlöi a javaslatot, és megvalósíthatónak tartja” – mondta az ACEA szóvivője, aki azt javasolta az uniónak, hogy szenteljen hasonló figyelmet az útbiztonsággal kapcsolatos szabályozások jobb végrehajtására és az útfejlesztésekre, hogy ezzel is csökkentse a balesetek számát.



III. Széchenyi Futam – Ismét alternatív hajtású járművek Győrben

2008. április 22–23-án Győr városát ellepték az alternatív hajtású járművek. A III. Széchenyi Futam – Alternatív Hajtású Járművek Versenye az eddigi legtöbb résztvevővel került megrendezésre a Széchenyi István Egyetem (SZE) parkolójában. 18 jármű, nitro-, levegő-, elektromos, üzemanyagcellás hajtási módok – minden a környezettudatos közlekedés zászlaja alatt.

A Széchenyi István Egyetem társrendezésében és számos szponzor támogatásával immáron harmadszorra – az eddigi legjobb szervezés és legnagyobb érdeklődés mellett – rendezte meg a versenyt az Inno-Mobil Egyesület. A helyszín adottságait teljes mértékben kihasználták a kezdeményező, ötlettulajdonos hallgatók, és technikás, ugyanakkor gyors szakaszokkal tarkított pályavonalat jelöltek ki. Szükség volt a megnövelt területre, illetve a FIA előírásaival harmonizáló versenyszabályzatra, ugyanis a nevező járművek egyre gyorsabbak, a biztonságos versenykörülmények pedig alapfeltételét jelentik egy színvonalas járműversenynek.

A három kategóriában induló járművek eltérő koncepció mentén, magas technikai színvonalon épültek, ennek megfelelően költségvetésük is a széles nagyságrendtől milliókig terjedt. Az egyazon cél vezérelte fiatalok és támogatóik néhány fős csapatokat alkotva, 3–4 kerekű, gördülő járgányokat alkottak. A hobbi kategóriában volt kerékpár alapú tricikli és négy kerékre állított bringamutáns, melyek kis tömegük miatt viszonylag nagy hatótávot voltak képesek elérni akár 1–1 savas akkumulátorral is. A nitrogénpalackokba zárt gázzal hajtott, Wartburg-motoros gokart jellegzetes hanghatásokkal kísérve dinamikusan, de – a tartályok korlátozott kapacitása miatt – csupán néhány kör erejéig volt képes bizonyítani a rendszer hatékonyságát. Az átalakított szériaautók hétköznapi használhatóságukkal tűntek ki, hiszen általában 25–50 km megtételére is alkalmasak; az e-Porsche akár 90 km/h sebességgel is képes lett volna haladni, amennyiben a pálya adottságai engedték volna. Ezek a járművek közvetítették

leginkább a mindennapi ember számára az elektromos hajtás életképességét.

A prototípusok között idén a Széchenyi István Egyetem Járműipari Regionális Egyetemi Tudásközpontja (JRET) a tavalyi győztes csapattal, az Intermotor Kft. lelkes fejlesztőivel együtt indított két négykerekűt. A tavalyi győztes Wirecar frissített változata – a tudásközpont kutatójával, Tóth Krisztiánnal a vezetőülésben – ismét a legjobbnak bizonyult, annak ellenére, hogy az új tetőbukókeret megoldás még meg is növelte a jármű össztömegét. Viszont ebben a formában, a sokak által „golfautónak” emlegetett, valójában csúcstechnológiával felszerelt demonstrációs autó egy városi közlekedési eszköz képét vetítette elénk. (Részletes technikai információt lásd az 1. ábrán.)

2008 újdonsága – a Közúti és Vasúti Járművek Tanszék SZESOCAR-ján kívül – a JRET-Intermotor csapat Electron-Powered Racer (EPR08) névre keresztelt versenyautója volt. Hagyományos differenciálművel kombinált elektromos hajtása tulajdonképpen a klasszikus személygépkocsi-építés sémájára készült, ugyanakkor annak egyben környezettudatos újragondolása. Tervábrázolat alapja kiváló fejlesztési bázisnak tekinthető, mely ideális a rohamosan fejlődő akkumulátor-hajtómű konstrukciók tesztelésére – állítják a fejlesztők. (Részletes technikai információt lásd az 1. ábrán.) A formaautó láttán ezzel kapcsolatban senkinek nem volt kétsége, a jövőre nézve már csak a szervezőket kell meggyőzni egy olyan helyszín kiválasztásáról, ahol kibontakozhat a jövő EPR-je és kihívói.



1. ábra: Pápa mobil – JRET-támogatással épült a „guruló esernyő”, mely első lett kategóriájában



2. ábra: JRET-Intermotor csapat és az EPR08, a második helyezett – fotó: Földi D. Attila



TÖMEGADATOK		
Menetkész össztömeg (vezető és utas nélkül)	420 kg	335 kg
Lítium-ion akkumulátorok (48 V) tömege	120 kg	77 kg
Szuperkapacitások tömege	–	11 kg
GUMIABRONCS MÉRETE		
	195/55 R15	195/45 R15
TELJESÍTMÉNYADATOK		
Becsült teljesítmény	20 kW	2×7 kW
ÜZEMI PARAMÉTEREK		
Üzemi feszültség	60 V	48 V
A motorvezérlő elektronika teljesítménye	400 A	300 A
MENETDINAMIKAI ADATOK		
Hatótávolság	> 200 km	> 100 km
Maximális sebesség	70 km/h	55 km/h
Fékút 50 km/h sebességről	10 m	15,5 m
Gyorsulás 0–50 km/h sebességre	5,5 s	6,5 s
MOTOR		
	Brushless-rendszerű egyenáramú központi elektromotor (BLDCM)	Oldalanként a hátsó kerékben egy-egy darab 24 pólusú, permanens mágneses, direkt kerékagymotor
HAJTÓMŰ		
	Mechanikus differenciálmű (áttétel: 1:4,16)	Kerékagymotor
ENERGIATÁROLÁS		
	16 db, egyenként 200 Ah teljesítményű lítium-ion akkumulátor	20 darab 3000 farados ultrakapacitás (kondenzátor)
		14 darab 200 Ah teljesítményű lítium-ion akkumulátor
ENERGIATERMELÉS		
	Visszatáplálás a központi villanymotor fékezőüzemében, melyet külön pedál vezérel	Az első lengőkar rugózás általi függőleges mozgási energiáját elektromos energiává átalakító berendezés
	Napelemek (solar panel) a hátsó vezetőszárnyon	Az elektromos motorok fékezéskor visszatermelik az áramot
	A jármű töltését – külső energiaforrásról – egy hálózati töltő és egy telepített, egyedi készítésű üzemanyagcella biztosítja	Elektromotorra felszerelt Peltier elem, hivatott az elektromotorok hulladék hőjét villamos energiává alakítani
		A jármű töltését – külső energiaforrásról – egy hálózati töltő biztosítja
FELFÜGGESZTÉS		
	Elöl és hátul többlengőkaros felfüggesztés, lengéscsillapítóval kombinált rugós tagok, stabilizátorrúd	Elöl átalakított McPherson-felfüggesztés, hátul gumitorziós rugózás
FÉKRENDSZER		
	Kétkörös hidraulikus	Egykörös hidraulikus
	Az első kerekek fékezésére két darab 4 dugattyús, belső hűtésű tárcsafék szolgál	Első kerekeknél hagyományos hidraulikus tárcsafékekkel
	A hátsó kerekek fékezésére a meghajtó fél-tengelyekre felszerelt 2 dugattyús tárcsafék szolgál	Hátsó kerekeknél rekóperációs elektromos fék
ALVÁZ		
	Precíziós acél és CrMo anyagból készített, térhálós (rácsos) szerkezetű	Az alváz ultrakönnyű, de szilárd és alaktartó alumínium létrászerű alvázkeret
KÖZPONTI KIJELEZŐ FUNKCIÓI		
	Pillanatnyi áramerősséget (A)	Pillanatnyi áramerősséget (A)
	Pillanatnyi feszültséget (V)	Pillanatnyi feszültséget (V)
	Akkumulátor töltöttségi foka (%)	Akkumulátor töltöttségi foka (%)
	Összes megtett út (km)	Az utolsó töltés óta elfogyasztott villamos munka mennyiségéről (kWh-ban)
	Gépjármű sebességét (km/h)	

1. táblázat: a JRET-Intermotor járművek műszaki adatai

EREDMÉNYEK

Hobbi kategória

1. helyezett:

Cserháti Sándor Műszaki Szakképző Iskola és Kollégium: Cseri02
Balassa József, Pacsi Richárd, Tompos Tamás, Varga Gergő

Szériaautó-átalakítás kategória

1. helyezett: Fiat Tipo

Korcsock Erika, Szirmay András és Szirmay Zoltán

Prototípus kategória, 150 kg alatti

1. helyezett: Pápmobil–Fuel cell

Baki Zsolt, Czobor Imre, Kriston Ákos, Molnár Norbert, Soós Bálint,
Szabó András László, Szabó Tamás

Prototípus kategória, 150 kg feletti

1. helyezett: JRET-Intermotor: Wirecar

Hanczvikli Ádám, Szabó Tamás, Kriston Ákos, Nagy Viktor, Tóth
Krisztián, Willisits Attila, Willisits Vilmos, Zab Richárd

2. helyezett: JRET-Intermotor: EPR08

Hanczvikli Ádám, Szabó Tamás, Kriston Ákos, Nagy Viktor, Tóth
Krisztián, Willisits Attila, Willisits Vilmos, Zab Richárd

Különdíjak

Inter Tan-ker Zrt. részéről a leginnovatívabb járműnek:

Nitromobil: Kísérleti léghajtású jármű – nettó 100 000 Ft
Kálmán Viktor és Vogel Miklós

Inter Tan-ker Zrt. részéről a legötletesebb járműnek:

Antibringa H2 - nettó 100000 Ft
Dr. Joó Antal

Pannon Autóipari Klaszter részéről a hosszú távú verseny

győztesének: JRET-Intermotor: EPR08 – barcelonai tanulmányút
Hanczvikli Ádám, Szabó Tamás, Kriston Ákos, Nagy Viktor, Tóth
Krisztián, Willisits Attila, Willisits Vilmos, Zab Richárd

Allianz Hungária Zrt. részéről: Cserháti Sándor Műszaki Szak-

képző Iskola és Kollégium: Cserni02 – hungaroringi teszvezetés
Balassa József, Pacsi Richárd, Tompos Tamás, valamint Varga Gergő

A JRET-Intermotor csapat tagjai:

Willisits Attila – Intermotor Kft.
Willisits Vilmos – Intermotor Kft.
Zab Richárd – Intermotor Kft.
Nagy Viktor – SZE-JRET
Tóth Krisztián – SZE-JRET
Hanczvikli Ádám – Hani Kft.
Kriston Ákos – ELTE
Szabó Tamás – ELTE



3. ábra: JRET-támogatással épült járművek egy versenyen: SZESOCAR, Wirecar, Hupercar, Pápmobil, EPR (balról jobbra) – fotó: Földi D. Attila



4. ábra: EPR és e-Porsche – prototípus a szériaautó ellen – fotó: Földi D. Attila



5. ábra: EPR 08 Electron Powered Racer 2008 – fotó: Földi D. Attila



6. ábra: Wirecar08 – fotó: Földi D. Attila

Járművezetők élettani jeleit mérő rendszer kialakítása

Dr. Benyó Zoltán

egyetemi tanár,
BME Irányítástechnika és
Informatika Tanszék

Kovács Levente

egyetemi tanársegéd,
BME IIT

Fördös Gergely

kutató, BME IIT

Dr. Benyó Balázs

egyetemi docens, BME IIT

Bosznai István

kutató, BME IIT

Szabó Lóránt

hallgató, BME IIT

Haidegger Tamás

PhD-hallgató, BME IIT

Várallyay György

PhD-hallgató, BME IIT

A balesetek okozója nemcsak a járművek rossz műszaki állapota, hanem a fáradt, indiszponált, rossz lelkiállapotú vezető is lehet. A humán tényezők kezeléséhez szükség van a vezető legfontosabb élettani jeleinek ellenőrzésére, figyelésére és rögzítésére. Célunk egy érzékelő hálózat kifejlesztése volt, amely képes a vezető fontos élettani jeleinek a megfigyelésére. Cikkünk e rendszer 3 fő komponensét mutatja be: az EKG-erősítőt, majd a pulzeoximétert és végül a figyelő szoftvert.

Accidents are not only caused by poor technical conditions of the vehicles, but also by tired, indisposed, or bad state-of-minded drivers. The managing of human factors needs the control, recording and monitoring of the most important vital parameters of the driver. Our aim was to develop a sensor-network which is able to monitor the vital physiological parameters of a driver. The paper presents the three components of this system: the main part, an ECG recording device, than a pulseoximeter and the monitoring software.

BEVEZETŐ

A közúti közlekedés napjainkban jelentős baleseti kockázati tényezőket hordoz magában. Felmérések szerint a balesetek többségét a járművezetők hibás döntése, nem megfelelő helyzetmegítélése vagy figyelmetlensége okozza [1]. A hibás emberi döntések oka a legtöbb esetben a sofőr nem megfelelő testi, lelki állapotában keresendő. Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT) konzorcium keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT) Orvosinformatikai Laboratóriuma által koordinált 5.2 projekt a járművezetők viselkedésének tanulmányozását célozta meg. Célkitűzésünk annak megfigyelése, hogy a járművezetők élettani paraméterei milyen kapcsolatban állnak a vizsgált alany éberségi állapotával, reakcióidejével, fáradsági szintjével. Mindemellert, konzorciumi partnereinkkel (BME Közlekedésautomatika Tanszéke, BME Gépjármű Tanszéke) együtt az ember közlekedési folyamatokban való jelenlétének tanulmányozása is tervezett feladatunk.

Jelen dolgozat az élettani paraméterek megfigyeléséhez szükséges hardverrendszer kiépítését – mint a projekt elsődleges célja és nélkülözhetetlen kelléke –, fontosabb figyelembe vett szempontjait és a kiépített szenzorrendszer valós környezetben (a járművezetőkön) való alkalmazását mutatja be.

A SENZORRENDSZER LÉTREHOZÁSA ÉS HASZNÁLATA

A projekt első évében (2005) széles körű szakirodalmi áttekintéseket végeztünk [2], melyben azokat a járművezetők viselkedési paramétereit megfigyelő módszereket összegeztük, amelyekre bizonyított, hogy gyakorlatban történő alkalmazásukra reális lehetőség van. Ezeket a módszereket mérlegelve, és a járművezető „bedrótozottságát” elkerülve, a projekt további elemzés és megvalósítás céljára két élettani jel megfigyelését választotta ki: az EKG és

oxigén-szaturáción alapuló méréseket. Mindezek következtében 2006-ban elkezdtük a szenzorrendszer kiépítését [3], [4].

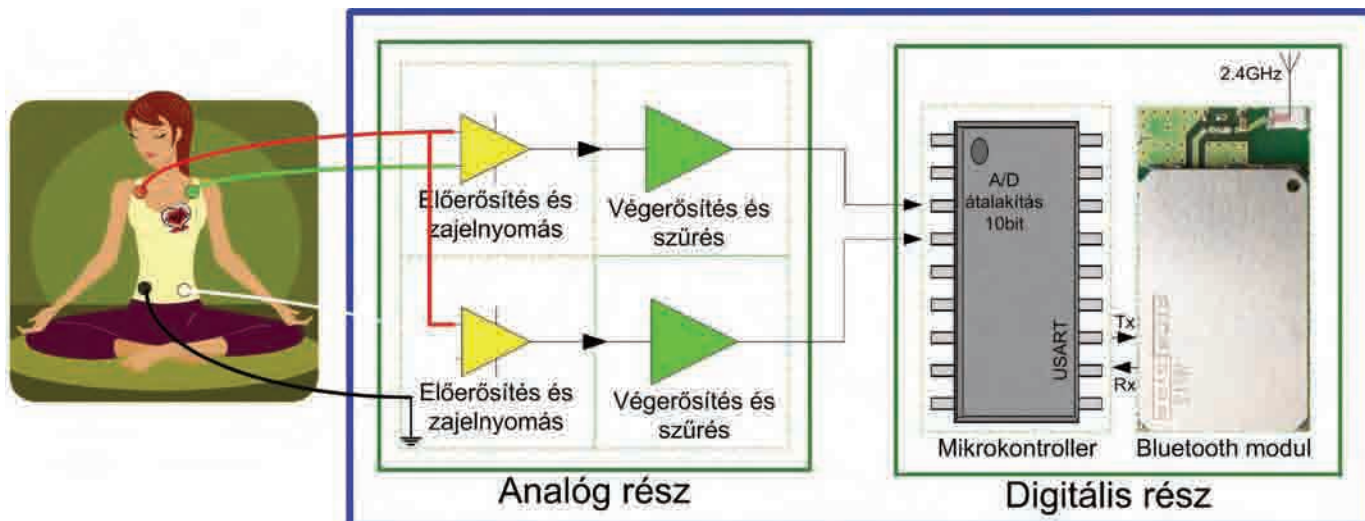
EKG-ERŐSÍTŐ KIALAKÍTÁSA

Ismert, hogy a szívizomzat ingerületek hatására folyamatosan összehúzódik (depolarizálódik), majd elernyed (repolarizálódik), vagyis a szívizomzat ingerület alatt számtalan dipólus összegeként fogható fel. Ezeket vektorok írják le, melyeknek irányuk és nagyságuk van. Ha az egy időben modellezett dipólusok összege kellően nagy vektort eredményez, akkor az általa létrehozott potenciálkülönbség a test felszínéről is elvezethető, mérhető. Ez az elektrokardiográfia alapja, a potenciálváltozások (ún. hullámok) sorozatát pedig EKG-görbének nevezzük (és mV-ban mérjük) [5].

A modern EKG-erősítőkben használt műszererősítőnek nagy közösjel-elynyomási tényezővel kell rendelkeznie, hogy a bemene-tére jutó, a hálózathoz becsatolt közösmódusú zavarójelet minél jobban elnyomja, és az ne jusson tovább az áramkör további fokozataira. Az MSZ 60601-1 szabvány erre az értékre 60 dB-t ír elő, mi 80 dB-t választottunk. A felépített erősítő áramkörrel megfogalmazott követelményeink a következők voltak [4]:

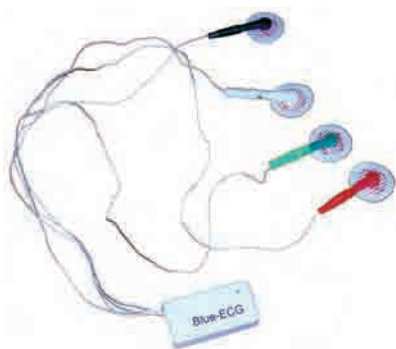
- Egyszeres tápfeszültségről való üzemelés;
- +3,3 V-ról való működés;
- Maximálisan 45 mA-es áramfelvétel;
- +1,65 V középszintű kimeneti EKG-jel;
- Telemetrikus elven való működés;
- 3 m-re a bevétől is elfogadható gyorsaságú jelátvitel;
- Akkumulátorról, legalább 24 órán át folyamatos üzemelés;
- Lehetőség szerint minél kisebb méret;
- Olcsó előállíthatóság (jelenleg jó zajszűrővel ellátott, hor-dozható EKG-berendezések több tízezer Ft költségűek).

A BME Elektronikai Technológia Tanszékén megvalósított rendszer két fő egységből épül fel: a jel erősítését, átalakítását, és vezeték nélküli



Blue-ECG

1. ábra: a létrehozott EKG-erősítő sematikus rajza, és a prototípus ábrája



átvitelét ellátó áramkörből és az adatokat fogadó, feldolgozó és kiértékelő számítógépes egységből. A rendszer hardver részének sematikus rajza az 1. ábrán látható.

Az áramkör a beérkező 1 mV-os EKG-jelet tízszeresére felerősíti,

majd a felerősített jelelről a felüláteresztő szűrő leválasztja a DC-komponenst. Ezután a végerősítő felerősíti a 10 mV-os jelet 45-szörösére, azaz 450 mV-ra, az elsőrendű aluláteresztő tag pedig kiszűri a 106 Hz feletti komponenseket [6]. A felerősített és megszürt jelet a mikrokontroller fogadja, ami 500 Hz-en mintavételezi a jelet, majd soros protokoll szerint továbbítja a Bluetooth adónak, végül az adó továbbítja a jelet a vevőegységnek. Az egész erősítő láncnak tehát a frekvenciaáteresztő tartománya: 0,05 Hz–106 Hz, erősítése pedig 450 [4].

PULZOXIMÉTER SENZORRENDSZERBE VALÓ ILLESZTÉSE

A pulzoximéter az oxigén-szaturáció százalékos mérésére szolgál, pontosabban a vér hemoglobinja által szállított oxigén mennyiségének arányát adja meg a teljes kapacitáshoz viszonyítva. Normális esetben az ún. artériás oxigén-szaturáció 95% feletti tartományban mozog. Ez a jellemző összefüggésben van az agy vérellátottságával, a léggéssel és ezzel együtt a szívritmussal is. Méréstechnikailag tehát igen kedvező tulajdonságú, a mai korszerű műszerekkel non-invazív módon, kisméretű szenzorokkal 1% körüli pontossággal mérhető.

Munkánk során vizsgáltuk, hogy az oxigén-szaturáció, mint biológiai jel hogyan korrelálható a szívritmussal, megfigyelhető-e olyan változás, amely összefüggésbe hozható a járművezető fiziológiai vagy pszichés állapotváltozásával. Mivel az EKG-műszer segítségével hasonló céljaink voltak, ráadásul ott a mért értékek szélesebb skálán mozogtak, tehát jobban lehetett következtetni, az integrált pulzoximéterünket gyakorlatilag csak ellenőrző egységnek használjuk céljaink eléréséhez.

A mérések elvégzéséhez a Nonin Medical Inc. Avant 4100 típusú pulzoximetriás mérőműszerét használtuk (2. ábra). A műszer hordozható, a szenzor az ujjbegyre csíptethető, azonban létezik (de drágább) fülcimpára csíptethető kivételben is. A szenzor felhelyezése így egyszerű és nem zavarja a járművezetőt. A mérés azon a megfigyelésen alapszik, hogy a szöveteket alkalmas helyen (pl. ujjbegy, fülcimpá) többféle hullámhosszúságú fényvel (vörös és infravörös) átvilágítva mérjük az egyes fénysugarak elnyelődését. A túldoldali detektor által mért intenzitásértékből a vér oxigénnel telített hemoglobin-tartalmára következtethetünk.

A szenzor a mért adatokat Bluetooth vezeték nélküli protokoll segítségével egy köztes feldolgozó számítógépbe továbbítja. A mérőműszer egy másodperces időközönként szolgáltat oxigén-szaturáció és pulzusadatokat. A szenzor-



2. ábra: a Nonin Avant 4100 pulzoximéter

hiba, a nem megbízható mérésekből származó hiba detektálható a szenzor által a mért értékekhez rendelt státusszó alapján [3].

A SENZORRENDSZER HASZNÁLATA, MÉRÉSES ADATGYŰJTÉS

Az így kialakított szenzorrendszerünkkel próbavezetések alkalmával méréses adatgyűjtést folytattunk, melyek későbbi feldolgozása alapot nyújthat a projektbeli céljaink megoldására. Fontosabb paramétereknek, a HRV (Heart Rate Variability, vagyis szívritmus-variabilitás) és az SzPV (Szívperiódus-variancia) meghatározására törekedtünk, melyről klinikai vizsgálatok kimutatták, hogy változása szoros összefüggésben áll a fizikai és mentális terheltséggel [7].

A szenzorrendszer használatához megfelelő szoftveres környezetet dolgoztunk ki (Visual .NET környezetben), mely a mért jelekből számolja a járművezető pulzusát, oxigén-szaturációját, illetve a későbbi osztályozás elősegítésére változtatható rácsfelbontással

besorolja a kapott értékeket (3. ábra). A szívfrekvencia-értékek Fourier transzformálásával annak frekvenciatartománybeli alakját kapjuk meg: így jutunk a HRV-hez. Fáradtabbá válva a HRV magas frekvenciás komponensei csökkennek, azaz a pulzus egyre kevésbé lesz változékony, egyre kevésbé követi a környezetből érkező hatásokat.

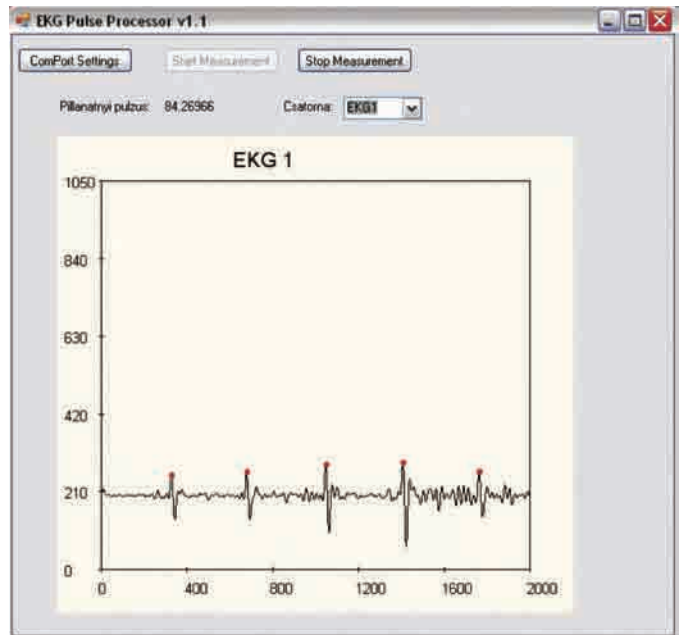
Kísérleteink során három forgalmi útvonalon mértünk: alacsony forgalmú városi utakon, városi dugóban (lépésben haladva), illetve autópályán (kb. 110 km/h átlagsebességgel). A mérések során, a tesztszisztem validálásakor arra ügyeltünk, hogy a reprodukálhatóság érdekében azonos útvonalakon haladjunk.

Eddigi kísérleteink alapján megállapítható, hogy a mérőrendszer bevált, a műszerek vezetés közben stabilan működtek, a járművezetőket vezetés közben nem zavarta az ujjbegyre csipetett pulzoximéter vagy a felhelyezett EKG-készülék.

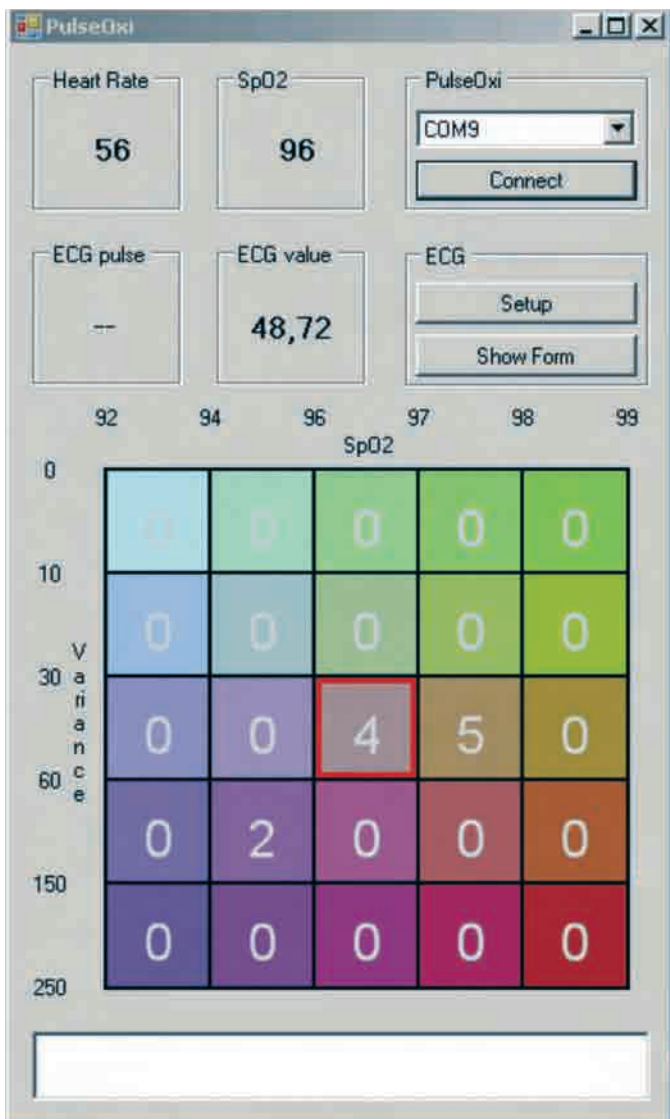
KÖVETKEZTETÉSEK

Sikerült megvalósítani az EJJT 5.2 projektjének elsődleges célkitűzését, azt a szenzorrendszert, amely képes a járművezető vitális élettani paramétereinek a monitorozására. A prototípus minimálisra csökkenti a járművezető „bedrótozottságát” és a kialakított szoftverrendszerrel megfelelően dolgozza fel a mért adatokat, illetve határozza meg a HRV és SzPV paramétereket.

Létrehoztunk egy olcsó EKG-berendezést, mely hatékony zajszűrővel van ellátva, így jól használható a járművezetőkön.



3. ábra: a hardverrendszer támogató szoftverrendszer főablaka és az EKG-jelek mérés feldolgozását végző alkalmazás



A továbbiakban ezen paramétereket és szenzorrendszert felhasználva, illetve a projektbeli konzorciumi partnereinkhez igazodva vezetési biztonság céljából tervezzük egy osztályozó algoritmus felállítását.

2007 végére projektbeli konzorciumi partnereinkkel együtt egy hipotetikus modell felállítását tervezzük, amely lehetővé teszi a vezető és a jármű(vek), valamint a környezet kölcsönhatásainak szisztematikus leírását a forgalom biztonságának és hatásfokának javítása céljából.

Természetesen továbbra is feladatunk, hogy próbavezetések során élettani adatokat gyűjtsünk és dolgozzunk fel, finomítva ezáltal következtetéseinket.

IRODALOM

- [1] Petrók J.: ITS, intelligens közlekedési rendszerek hazai fejlesztése – A jövő járműve – Járműipari innováció, EJJT JRET Meditor, 2006. p. 12–15.
- [2] 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: EJJT Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2005. éves szakmai anyag (kutatási jelentés belső használatra), 2005
- [3] A. Reiss, L. Török: Járművezetők élettani jeleinek mérő, tároló és továbbító rendszerének kialakítása, BME VIK TDK 2006, dicséret.
- [4] I. Bosznai, Z. Kovács: Vezeték nélküli EKG regisztráló és feldolgozó rendszer tervezése és megvalósítása, BME VIK TDK 2006, I hely.
- [5] Dr. M. Kollai: Az elektrokardiogram, Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Klinikai Kísérleti Kutató- és Humán Élettani Intézet, www.elet2.sote.hu/Jegyzetek/Magyar/Egyetemi_jegyzetek/Ekg.doc, 2001.
- [6] Á. Jobbágy: Orvosbiológiai mérés technika I–II. Előadásvázlat. BME, 1998
- [7] 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: EJJT Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2006. éves szakmai anyag (kutatási jelentés belső használatra), 2006

A járművezetői tulajdonságokat figyelembe vevő autópályaforgalom-szimulációs modell kifejlesztése és érzékenységvizsgálata

Bauer Péter
doktorandusz
Közlekedésautomatikai
Tanszék

Dr. Kulcsár Balázs
egyetemi adjunktus
Közlekedésautomatikai
Tanszék

Dr. Benyó Zoltán
egyetemi tanár
Irányítástechnika és
Informatika Tanszék

Napjainkban egyre fontosabbá válik a járműszám jelentős növekedéséből és a közlekedési infrastruktúra korlátozott kapacitásából eredő problémák (jelentős torlódások) megoldása, illetve megelőzése. A megoldást a modern szabályozástechnika ismereteire támaszkodó, egész hálózatokat optimálisan irányító rendszerek kifejlesztése jelenti. A szabályozások fejlesztéséhez azonban megfelelő modellek létrehozása szükséges. A közúti forgalom modellezése során fontos a jelenlévő járművezetők, azaz a humán faktor figyelembevétele. Erre a problémára mutat egy lehetséges megoldást ez a munka, mely gázdinamikai modellen alapuló makroszkopikus autópályaforgalom-szimulációba építi be a járművezetői tulajdonságokat tartalmazó megfelelő tagot. A modell elkészítését annak tesztelése követte különböző forgalmi szituációk vizsgálatával. Végül sor került a modell emberi tényezőkre való érzékenységeinek vizsgálatára, melynek célja a tanszékek együttműködésében egy összetett, visszacsatolt szimulációs modell kialakítása. Az érzékenységvizsgálat eredményeként kiválasztásra kerültek a legfontosabb mérendő emberi tényezők, melyek mérésével a modell a magyarországi viszonyokhoz igazítható.

One of nowadays challenge in traffic modeling and control field is to prevent or give a safety related solution for critical traffic situations (originated from infrastructure constraints, respectively from the continual increase in the vehicles number), such as traffic jams, accidents, traffic light control, pure infrastructure. Traffic system literature gives an exhausted overview on stand alone or network based traffic light and signal synthesis. Modeling the traffic system is the preliminary step towards the controller design. Proper description of the real traffic situation assures proper controller synthesis. The article emphasizes the role of the human factors (driver's condition) in traffic flow modeling in order to suitably adjust the model to the real world. An integrated macroscopic flow model is set up and tested for different driver's behaviour based on a gas dynamic approach and taking statistical microscopic effect into consideration. Apart the model building, a sensitivity analysis is given to adopt the appropriate human factors and to select the most important ones. The main goal of the research is to accurately describe the Hungarian traffic situation and to provide an adaptive interface for further development or collaboration among other departments.

BEVEZETÉS

Napjainkban egyre fontosabbá válik a járműszám jelentős növekedéséből és a közlekedési infrastruktúra korlátozott kapacitásából eredő problémák (jelentős torlódások) megoldása, illetve megelőzése. A megoldást a modern szabályozástechnika ismereteire támaszkodó, egész hálózatokat optimálisan irányító rendszerek kifejlesztése jelenti. A szabályozások fejlesztéséhez azonban megfelelő modellek létrehozása szükséges. A közúti forgalom modellezése során fontos a jelenlévő járművezetők, azaz a humán

faktor figyelembevétele. Erre a problémára mutat egy lehetséges megoldást ez a munka, mely gázdinamikai modellen alapuló makroszkopikus autópályaforgalom-szimulációba építi be a járművezetői tulajdonságokat tartalmazó megfelelő tagot. A forgalomban azonban többféle viselkedésű járművezető egyszerre fordul elő, ezért az alaptípusok definiálása után a kevert vezetői modellek előállítására következett (Poisson-eloszlás alapján). A modell elkészítését annak tesztelése követte különböző forgalmi szituációk vizsgálatával és többféle kevert vezetői modell esetére.

Azonban nemcsak a járművezetők hatnak a forgalmi szituációra, hanem a forgalmi szituáció, valamint a környezeti hatások is hatnak a vezetőkre. Így egy visszacsatolt hipotetikus modell alakítható ki, mely az 1. ábrán látható.

Az 1. ábrán látható struktúra a végcélként szereplő modell szerkezetén túl a munkában együttműködő több tanszék kutatási területeit is jól szemlélteti. Jelen munkában a harmadik blokkhoz tartozó feladat megoldásával, az emberi tényezőket figyelembe vevő forgalomszimulációval foglalkozunk.

A többi csoporttal (illetve blokkal) való kapcsolat megteremtése a modell érzékenységvizsgálata útján lehetséges. Így ugyanis kiválaszthatók a vitális élettani paraméterekkel együtt mérendő, a vezetői stílushoz is kötődő, legfontosabb forgalmat befolyásoló vezetői paraméterek. Ezeket a későbbi mérésekbe beiktatva, az adatok feldolgozását követően összeállítható a teljes visszacsatolt modell, mely így már a magyarországi forgalmi viszonyokat fogja



1. ábra: a kialakított visszacsatolt forgalomszimulációs modellstruktúra

tükrözni. A modell használatával az emberi tényezők autópálya-forgalmat befolyásoló hatása maximálisan figyelembe vehető, és a modell a későbbi szabályozások tervezésekor is felhasználható.

AUTÓPÁLYA-FORGALOM GÁZDINAMIKAI MODELLEZÉSE, A VEZETŐI VISELKEDÉS FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

A felhasznált modell [1]-ben található, melyen érdemes próbált változtatásokat végrehajtani. A modellezés alapja az időben (t) és (állapot)térben (S) változó fázis-tér sűrűségfüggvény $\rho(t,S)$ mint statisztikai jellemző. A függvény jelentését a következő összefüggés világítja meg: $\rho(t,S)dS$, aminek jelentése a t időpillanatban S állapotban levő járművek várható száma. A felhasznált munkában $S=(x,v)$, azaz állapotként a járművek pozícióját és sebességét veszik figyelembe. Így a $\rho(t,x,v)$ fázis-tér sűrűséggel és a belőle származtatott alábbi jellemzőkkel számolnak (szögletes zárójelben a jellemzők mértékegysége látható):

$$\rho(t,x,v) \quad \text{fázis-tér sűrűség} \quad \left[\frac{\text{veh} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right]$$

$$k(t,x) \equiv \int_{v=-\infty}^{v=+\infty} \rho(t,x,v) dv \quad \text{forgalomsűrűség} \quad \left[\frac{\text{veh}}{\text{m}} \right]$$

$$V(t,x) \equiv \int_{v=-\infty}^{v=+\infty} v \cdot \frac{\rho(t,x,v)}{k(t,x)} dv \quad \text{átlagsebesség (sebesség várható értéke)} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\theta(t,x) \equiv \int_{v=-\infty}^{v=+\infty} (v - V(t,x))^2 \cdot \frac{\rho(t,x,v)}{k(t,x)} dv \quad \text{az átlagsebesség szórásnégyzete} \quad \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

Mint látható, minden jellemző térben (az x úthossz mentén) és időben (t) változhat. Az alap dinamikai egyenletről kiindulva a momentumok módszerét használva jutnak el [1]-ben a felhasználandó két egyenlethez (k a 0., V az 1. és θ a 2. momentuma r-nek):

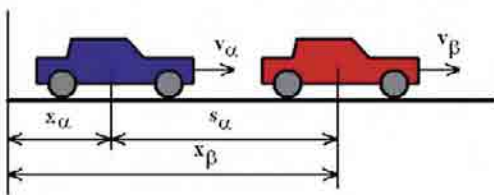
$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial(k \cdot V)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \cdot \frac{\partial V}{\partial x} = \frac{1}{k} \int_{v=-\infty}^{v=+\infty} v \cdot \left(\frac{d\rho}{dt} \right)_{\text{egyenlet}} dv + \left(\frac{dV}{dt} \right)_v \cdot k \cdot \frac{\partial(k \cdot \theta)}{\partial x}$$

diszkrét sebvált. folytonos sebvált.

A vezetői viselkedés modellezése a folytonos sebességváltozási tag megfelelő megválasztásával lehetséges. A diszkrét sebességváltozás figyelmen kívül hagyható, ezt [1] szerzői sem vették figyelembe.

A folytonos tag tulajdonképpen a gyorsulás sebesség szerinti várható értéke, adott helyen és időpontban. Számításához egyszerű járműkövetési modell használható [1]. A modell lényege, hogy igyekszik figyelembe venni az adott helyen tartózkodó jármű előtti forgalmi helyzetet. A felhasznált főbb modelljellemzők a 2. ábrán láthatók.



2. ábra: egyszerű járműkövetési szituáció

Alapvetően a hátul haladó (α) jármű jellemzőiből indulnak ki, figyelembe véve az elől haladó (β) jármű paramétereit. A cél az α jármű gyorsulásának (a_α) meghatározása, ismervé annak sebességét (v_α), β járműtől mért távolságát (s_α), a β jármű sebességét

(v_β) és az α járművet vezető személy által elvárt sebességet (w_α) és követési távolságot (s_α^0) valamint a vezető reakcióidejét (τ_w, τ_s, τ_v). A megadott összefüggés a következő (lásd [1]-ben):

$$a_\alpha(x_\alpha, v_\alpha, s_\alpha, v_\beta) = \min \left(\frac{w_\alpha - v_\alpha}{\tau_w}, \frac{s_\alpha - s_\alpha^0}{\tau_s} + \frac{v_\beta - v_\alpha}{\tau_v} \right)$$

$$s_\alpha^0 = f(v_\alpha) = s_0 + s_1 \cdot v_\alpha + s_2 \cdot v_\alpha^2$$

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_v = \int_{v_\alpha=-\infty}^{v_\alpha=100} \int_{s_\alpha=0}^{s_\alpha=\infty} \int_{v_\beta=-\infty}^{v_\beta=+\infty} P(v_\alpha, s_\alpha, v_\beta) \cdot a_\alpha(x_\alpha, v_\alpha, s_\alpha, v_\beta) dv_\beta ds_\alpha dv_\alpha$$

A modell paramétereit holland autópályán határozták meg torlódás nélküli esetben. A megadott gyorsulási összefüggés tulajdonképpen egy mikroszkopikus modell, aminek meg kell oldani a makroszkopikus modellbe integrálását. Ezt az összes lehetséges v_α, v_β és s_α értékre támaszkodó fenti várható érték kifejezés szolgáltatja.

A kifejezésben $f(v)$ a sebesség sűrűségfüggvénye, és a p valószínűsége helyébe a megfelelő $f(s_\alpha)$ és $f(v_\beta)$ sűrűségfüggvény-értékeket lehet helyettesíteni (mivel a (3) kifejezés tulajdonképpen várható érték számítás). [1] megemlíti, hogy $f(v_\beta)$ számításához szükség van a β helyi aktuális paraméterekre, melyek Taylor-soros közelítéssel az α hely adataiból határozhatók meg. Ez tulajdonképpen a vezetők előrelátó viselkedésének figyelembevétele a modellben, melyet az [1]-ben ismertetett számítások nem tartalmaznak, jelen modell azonban már tartalmazza.

A számításkor azt is figyelembe kell venni, hogy nagyon távoli elől haladó jármű esetén, az már nem befolyásolja sebességével és a követési távolsággal (lásd 3. ábra) a követő járművet. Így végül 100 m feletti követési távolság felléptekor, $v_\beta = v_\alpha$ helyettesítés alkalmazható a számításában és az α helyiel azonos sebességeloszlás tételezhető fel (a Taylor-soros közelítés érvényét veszti).

[1]-ben még az előzést is figyelembe vették a modellben, amit ez a modell nem tartalmaz, mert kevés adat állt rendelkezésre a megfelelő számításokhoz. Így tulajdonképpen a gyorsulásszámítás korrekciójával, és az előzés számításbavételének elhagyásával változott meg az eredeti modell.

EGYEDI ÉS KEVERT VEZETŐI MODELLEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS A SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

Egyedi modellek előállításakor a (2) kifejezésből lehet kiindulni az [1]-ben megadott paramétereket vonatkoztatva az átlagos járművezetőkre. Az átlagoson (N) kívül óvatos (C), agresszív (A), fáradt óvatos (CT) és fáradt agresszív (AT) kategóriákat célszerű definiálni a paraméterek tapasztalatokon alapuló beállításával. Az adott kategóriák paraméterei az 1. táblázatban láthatóak. A paraméterek megválasztása az alábbiak szerint történt:

Agresszív vezető: az általa megkívánt sebesség több, mint az átlagos vezető által megkívánt (126 km/h helyett 151 km/h). A megkívánt követési távolság (s_α^0) pedig jóval kisebb, mint az átlagos esetben.

Kategória	w_α [m/s]	w_α [km/h]	τ_0 [s]	τ_s [s ²]	τ_v [s]	s_0 [m]	s_1 [s]	s_2 [s ² /m]
N	35	126	2,5	3,33	0,588	8	0,25	0,02
A	42	151	1,5	1,6	0,65	6	0	0,01
AT	42	151	2	2,5	0,7	6	0	0,01
C	30	108	2,5	3	0,5	10	0,25	0,02
CT	30	108	2,8	3,8	0,65	10	0,25	0,02

1. táblázat: a definiált vezetőkategóriák és paraméterek

Reakcióideje mind a megkívánt sebességre, mind a követési távolságra kisebb, mint az átlagos vezetőé, mert nem kíván lemaradni. A két jármű sebességkülönbségére viszont lassabban reagál, mert amíg nem ér vészes közelségbe, addig nem fékez.

Agresszív, fáradt vezető: kívánalmi hasonlóak az agresszív vezetőéhez, de a reakcióidő hosszabbak.

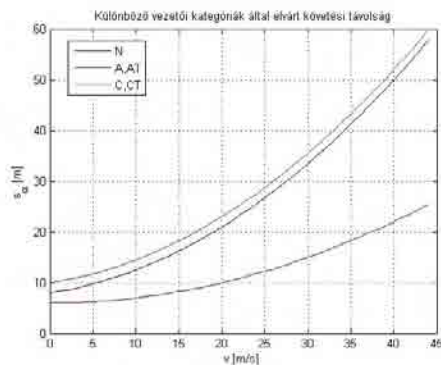
Óvatos vezető: megkívánt sebessége alacsonyabb (108 km/h), megkívánt követési távolsága (s_{α}^0) pedig több mint az átlagos vezetőé. Reakcióideje a sebességkülönbségre és követési távolságra kicsit kisebb, mert „biztosra akar menni”.

Óvatos, fáradt vezető: kívánalmi hasonlóak az óvatos vezetőéhez, de reakcióidő hosszabbak.

A létrehozott ötféle egyedi vezetői kategória összesen háromféle megkívánt követési távolsággal dolgozik, ezek a sebesség (v_{α}) függvényében a 3. ábrán láthatók a kategóriajelölésekkel együtt (a (2) képlet szerint).

A 3. ábrán látható, hogy míg az átlagos és óvatos (fáradt óvatos) vezető között csak egy eltolás a különbség, addig az agresszív (fáradt agresszív) vezető esetében radikálisan csökkent a megkívánt követési távolság főleg nagyobb sebességeken.

Az utakon azonban ezek a kategóriák sosem tisztán önmagukban fordulnak elő, hanem a különböző típusú vezetők keverednek a forgalomban. Ennek szimulációja az egyedi kategóriáknál számolt gyorsulásoknak, a vezetők eloszlásának megfelelő kombinálásával oldható meg. A különféle kategóriák elhelyezkedését Poisson-eloszlásnak feltételezve, várható érték számítás végezhető a kevert kategóriás forgalom gyorsulására. A Poisson-eloszlás a



3. ábra: a vezetői kategóriák elvárt követési távolságai a sebesség függvényében

pontelhelyezési problémák tipikus eloszlása, így jól használható a forgalomban elhelyezkedő vezető kategóriák eloszlásának jellemzésére.

A POISSON-ELOSZLÁS SŰRŰSÉGFÜGGVÉNYE ÉS A VÁRHATÓ ÉRTÉKE AZ ALÁBBI KÉPLETEKKEL ÁLLÍTHATÓ ELŐ:

$$P(\xi = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad M(\xi) = \frac{\sum_{k=0}^4 k \cdot P(k)}{\sum_{k=0}^4 P(k)}$$

Ahol λ , az eloszlás paramétere (egyben várható értéke és szórása). A kevert vezetői modellek esetében a k értékek lehetséges tartománya 0 és 4 közötti, az egyedi vezetői kategóriák számának megfelelően a következő módon: 0 = agresszív, fáradt, 1 = agresszív, 2 = átlagos, 3 = óvatos, 4 = óvatos fáradt.

Így az eloszlással csak a $k = 4$ értékig szükséges számolni. Emiatt a várható érték speciális definícióját kell használni (4).

Az eloszlás λ paraméterével beállítható, hogy agresszív, átlagos vagy óvatos irányba tolódjon-e el a súlypont, azaz, hogy mely vezetői kategória legyen többségben. A szimulációkban háromféle kevert modell felhasználása történt meg:

- Agresszív dominanciájú eloszlás: $\lambda = 1,5 \quad M(\xi)=1,4281 \quad P1$
- Átlagos dominanciájú eloszlás: $\lambda = 2,3 \quad M(\xi)=2,0065 \quad P2$
- Óvatos dominanciájú eloszlás: $\lambda = 3,5 \quad M(\xi)=2,5891 \quad P3$

A SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

A modellek megalkotását a szimulációs környezet felépítése és annak tesztelése követte. Amint az (1)-ből látható, a modell szimulációjához egy parciális differenciálegyenlet-rendszert szükséges megoldani. Az irodalom ([2,3]) alapján ezek hiperbolikus PDE-k, melyekre egy hatékony és pontos megoldó módszert [2] ad meg.

A módszer egy mozgó hálózattal dolgozó véges térfogatos megoldás, mely rendre automatikusan sűríti és ritkítja a hálót a hirtelen változások, illetve a „nyugodtabb helyek” környezetében. A megoldó program MATLAB alatt implementálva letölthető a: www.intro.tno.nl/five/traflow címről, és a GNU General Public License hatálya alá tartozik.

A modell szimulációs környezetbe illesztéséről részletesen [7] ír. A részletes szimulációs eredményeket [8] ismerteti. A szimulációk egy 10 km-es autópálya-körgyűrűn történtek különböző kiinduló forgalomsűrűség- és átlagsebesség-függvényekkel és az összes fajta kevert vezetői modellel.

A szimulációk során minden esetben az elvárásoknak megfelelő eredmények adódtak, a modell jól használható kritikus forgalmi szituációk kialakulásának vizsgálatára és jól tükrözi a vezetői viselkedéstől való függésüket. Ugyanazon kiinduló forgalmi helyzetből ugyanis a vezetői modellelől függően hol kialakult kritikus torlódás, hol nem.

ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT

Ennek részletes leírása [9]-ben található. A modell érzékenységét (2) alapján 7 paraméterre vonatkozóan kell vizsgálni. Azonban (2) számításakor v_{α} , v_{β} és s_{α} meghatározásához szükséges az α pontban az átlagos sebesség (V [m/s]), a forgalomsűrűség (k [jármű/m]) és ezek úthossz szerinti deriváltjainak (dV/dx , dk/dx) ismerete.

Ez okozza, hogy (2) végértéke az éppen figyelembe vett [V k dV/dx dk/dx] négyestől is függ. Ezért a paramétervizsgálathoz ki kell tűzni, hogy e négyesek lehetséges kombinációi közül melyek kerülnek felhasználásra, melyekkel a rendszert jól jellemző értékek kaphatók. A vizsgálat során végül a paraméterter szélő és belső pontjaiban történtek számítások.

Az érzékenységvizsgálat lényege, hogy a paraméterek nominális értékeitől eltérő értékekre is meghatározásra kerül a modell kimenete és aztán a százalékos eltérések viszonya. Erre szolgál az érzékenységi mutató, melyet [11] az alábbi formában értelmez:

$$SI = \frac{(m_s - m_n) / m_n}{(p_s - p_n) / p_n}$$

Ahol:

- m_s, m_n : a modell kimenetének megzavart és nominális értékei,
- p_s, p_n : az adott paraméter megzavart és nominális értékei.

Ez tulajdonképpen a modellkimenet százalékos megváltozása, viszonyítva a paraméter százalékos megváltozásához. Itt gyakorlatilag véges differenciaképzéssel kell számolni.

Mivel 7 paraméterre szükséges az érzékenységet vizsgálni, ezért a vizsgálatok során a paramétereket kétféle módon kell változtatni:

1. egy paraméter változtatása a teljes tartományban míg a többi nominális értékű marad.
2. páronként a paraméterek egymásra hatásának vizsgálata, azaz egy paraméter több különböző értéke mellett az 1. pontbeli számítások megismétlése (miközben a többi paraméter nominális értékű).

Az érzékenységi mutatót célszerű minden paraméterérték esetén a nominális értékhez viszonyítva meghatározni. A kiszámolt mutatók alapján a különálló paraméterekre való érzékenység és a paraméterpárok egymásra hatása alapján azonos végső sorrend adódik. Így a vizsgált 7 paraméter fontossági sorrendben a következő:

- 1. w_α : a járművezető által megkívánt sebesség,
- 2. s_0 : a megkívánt követési távolság álló helyzetben,
- 3. τ_v : a reakcióidő az elől haladó járműhöz viszonyított sebességkülönbségre,
- 4. τ_s : a reakcióidő a megkívánt követési távolságra,
- 5, 6. s_2, s_1 : a megkívánt követési távolság kifejezés (2) lineáris és kvadratikus részének együtthatói,
- 7. τ_w : reakcióidő a megkívánt sebességre.

A modellt figyelembe véve az első négy paraméter a legfontosabb, ezek mind jelentős mértékben függnek a járművezető egészségi, idegi állapotától. Természetesen mérni magát a követési távolságot érdemes a sebesség függvényében, ami azt jelenti, hogy az 5. és 6. paraméterek is meghatározhatók az adatokból. A görbeillesztés során azonban a 2. paraméter (ami a görbe nulla sebességnél levő metszéke) a legfontosabb, tehát ezt kell a lehető legpontosabban meghatározni.

KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat autópálya-forgalom emberi tényezőket is figyelembe vevő modellezésére mutat be módszert. A módszer makroszkopikus gázdinamikai forgalomszimuláción alapul, melyben a folytonos gyorsulási taggal lehetséges a járművezetői viselkedés figyelembevétele. A teszteléshez többféle alap és kevert vezetői modell került létrehozásra. A modell megalkotását követte annak részletes tesztelése 10 km-es autópálya-körgyűrűn többféle kiinduló forgalmi helyzettel és kevert vezetői modellel. A szimulációk minden esetben az elvárásoknak megfelelő eredményeket szolgáltatták.

A következő lépés a járművezetőtől függő paraméterekre való érzékenység vizsgálata volt, melynek célja a későbbiekben mérendő paraméterek meghatározása. A figyelembe vett 7 paraméter közül az első négy mérése mindenképpen indokolt, ez azonban a paraméterek közti összefüggése szerint tulajdonképpen az első hat meghatározására biztosít lehetőséget.

A következő lépés a mért paraméterértékek alapján a modell pontosítása és a teljes visszacsatolt modell kialakítása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az NKTH RET04/2004 pályázat finanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Tampère, van Arem and Hoogendoorn: Gas kinetic traffic flow modelling including continuous driver behaviour models. TNO Inro, Delft University of Technology

- [2] Dam A. van: A moving mesh finite volume solver for macroscopic traffic flow models. Master Thesis, Utrecht The Netherlands, Utrecht University, Dept. Of Mathematics, 2002
- [3] Dam A. van: A parameter-free moving mesh method applied to conservation laws. In: EUA4X#8-Poster Session, TCN CAE Lecce Italy, 2005
- [4] Kulcsár Balázs, Bécsi Tamás, Bauer Péter: A közúti forgalom modellezése az emberi viselkedés szempontjából. Modell-csoportok kiterjesztése a humán faktorok figyelembevételére érdekében. RET_5_2_KB_III, Budapest, 2005
- [5] Kulcsár Balázs: Az ember jelenléte a közúti közlekedési folyamatok modellezésében. RET52KATKB, Budapest, 2005
- [6] Tomer Toledo: Integrated driver behaviour modelling. PhD Thesis, MIT, February 2003
- [7] Bauer Péter, Kulcsár Balázs, Preitl Zsuzsa: Gázdinamikai szempontrendszer, makroszkopikus modellek leírásának pontosítása közlekedési folyamatok modellezésére. Egyéb lehetőségek. A módosított elveken nyugvó, emberi tulajdonságok figyelembevételét lehetővé tevő szimulációs környezet megteremtése. Közúti hálózatok. RET_5_2_2006_BP_KB_PZS, Budapest, 2006.
- [8] Bauer Péter, Kulcsár Balázs, Preitl Zsuzsa: Gázdinamikai szempontrendszer, makroszkopikus modellek leírásának pontosítása közlekedési folyamatok modellezésére. Egyéb lehetőségek. A módosított elveken nyugvó, emberi tulajdonságok figyelembevételét lehetővé tevő szimulációs környezet továbbfejlesztése és részletes tesztelése RET_5_2_BP_2007_06, Budapest, 2007.
- [9] Bauer Péter, Kulcsár Balázs, Preitl Zsuzsa: Gázdinamikai szempontrendszer, makroszkopikus modellek leírásának pontosítása közlekedési folyamatok modellezésére. Egyéb lehetőségek. A gépjármű gyorsulását a vezetői viselkedés függvényében megadó tag emberi tényezőkre vonatkozó érzékenységeinek vizsgálata, a mérendő paraméterek kiválasztása RET_5_2_BP_KB_PZS_2007_09, Budapest, 2007.
- [10] Alexandre Donzé and Oded Maler: Systematic Simulation Using Sensitivity Analysis, Verimag Laboratory, Grenoble, June 7, 2007.
- [11] Sensitivity Analysis, Chapter 7, Handbook for the Economic Analysis of Health Sector Projects
- [12] I. Bonzani, L. Mussone and P. N. Zocca: From Experiments to Hydrodynamic Traffic Flow Models: II. - Sensitivity Analysis, In: Mathematical and Computer Modelling, Vol. 42. (2005) 1145-1150 p.
- [13] Benyó Zoltán, Kovács Levente, Fördös Gergely, Bosznai István, Benyó Balázs, Bauer Péter, Kulcsár Balázs, Preitl Zsuzsa, Vajta László, Helybéli Ádám, Bózsavári Gábor, Bári Gergely, Kádár Lehel: RET 5.2 Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2007. éves beszámoló, 5.2 Pr Beszámoló07_HU, Budapest, 2007.

Átkonfigurálható és hibatűrő felfüggesztési rendszer tervezése

Gáspár Péter

Szabó Zoltán

Bokor József

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, Rendszer és Irányításméleti Laboratórium

A dolgozat módszert mutat be felfüggesztési rendszerek irányításának tervezésére. Egy hagyományos működésű gépjármű-felfüggesztési rendszer feladata a menetstabilitás javítása és az utazási kényelem növelése. Egy korszerű felfüggesztési rendszernek a kanyarodási manővereket, illetve a hirtelen fékezés során létrejövő hosszirányú és keresztirányú terheléseket, illetve azok úttartásra és kényelemre való káros hatásait is csökkentenie, ezáltal a biztonságos működést javítania kell. Továbbá, ha hiba jelenik meg a felfüggesztési komponensek valamelyikében, akkor a működőképes elemek megfelelő összehangolásával az előírt specifikációkat továbbra is teljesíteni kell. A dolgozat a felfüggesztési rendszer átkonfiguráló és hibamentes irányításának tervezésére ütemezési változók monitorozásán alapuló Lineáris Változó Paraméterű (LPV) módszert ad.

This paper proposes the design of reconfigurable suspension systems in road vehicles. The purpose of a conventional suspension system is to improve passenger comfort and road holding during travel. The effects of the longitudinal or lateral load transfers during maneuvers or abrupt hard brakings are monitored in order to reduce their harmful effects on handling and comfort. When a fault (loss in effectiveness) occurs at one of the suspension actuators a reconfiguration is required in order to guarantee fault-tolerant operation. The design of the proposed reconfiguration and fault-tolerant control is based on Linear Parameter Varying (LPV) method that uses monitored scheduling variables of the travel.

1. BEVEZETÉS ÉS MOTIVÁCIÓ

Az úton haladó gépjárműre ható lengések és rezgések károsak, mert intenzitásuk növekedésével megnő a vezető fizikai igénybevétele, romlik az utazási kényelem, veszélybe kerülhet a szállított áruk épsége, növekszik a futómű dinamikus igénybevétele, romlik a kerék-talaj kapcsolata, s így romlik a menetstabilitás, továbbá megnő az üzemanyag fogyasztása. A lengések és rezgések fő forrása az útpálya egyenetlensége, ami a statisztikai tulajdonságokkal jellemezhető sztochasztikus és véletlenszerű komponensből és általában rövid ideig tartó egyszeri zavarásból származó determinisztikus komponensből tevődik össze. A járműre ható lengések és rezgések másik – nem elhanyagolható – forrása maga a jármű, mégpedig a kerékabroncs beállítása, a járműszerkezet konstrukciós kialakítása és az erőátvitel. A kerékabroncs ideális esetben úgy van kialakítva, hogy elnyelje az útról kapott ütéseket. A gyakorlatban azonban a gumiabroncs, a kerékagy, a fék és más forgó szerkezetek kiegyensúlyozatlansága, méretpontatlansága és rugómerevségeinek eltérései ezt az ideális esetet torzítják. A járműszerkezetből adódó lengéseket a tömeg kiegyensúlyozatlansága és az úgynevezett másodlagos kapcsolatok okozzák.

A járműre ható káros lengések csökkentésének több módja lehetséges. Az egyik módszerben a forgó részek kiegyensúlyozását javítják a forgó részek forgástengelyére merőleges síkokra helyezett tömegekkel. A másik módszerben a rugózott tömeg és a rugózatlan tömeg közé egy felfüggesztési rendszert iktatnak, ami rugóval és csillapítással modellezhető. Egy további lehetőséget ad az aktív szabályozás alkalmazása, melynek során egy aktív komponenst építenek a felfüggesztési rendszerbe. A gyakorlatban ezt a feladatot általában egy elektronikus szabályozással vezérelt hidraulikus hengerrel oldják meg.

Az aktív felfüggesztés alkalmazásával nemcsak az útpálya-egyenetlenségből származó káros lengések hatása csökkenthető, hanem a jármű menetstabilitása is jelentősen javítható. A kanya-

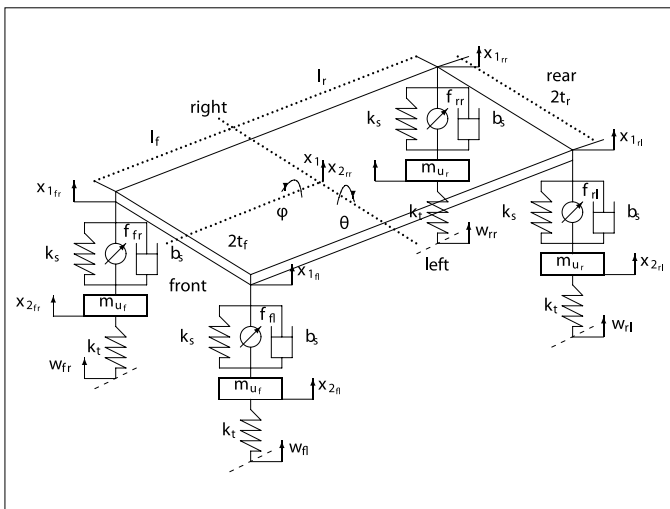
rokban és általában a manőverek során létrejövő oldalirányú dőlés, valamint az erőteljes fékezések esetén fellépő bólintás hatására kedvezőtlen, akár stabilitásvesztéshez vezető nyomaték keletkezik. A menetstabilitás javításának alapelve az, hogy az erőpároként használt aktív erővel a jármű hosszirányú tengelye körül, illetve a jármű keresztirányú tengelye körül nyomatékok generálhatók, amikkel a káros destabilizáló nyomatékok hatása csökkenthető. Ennek eredményeként a felfüggesztési rendszer a manőverek és a hirtelen fékezések során a menetstabilitást továbbra is fenntartja.

2. IRÁNYÍTÁSI FELADAT

Az aktív felfüggesztési rendszer tervezésének legfontosabb kritériumai az utazási kényelem javítása, a dinamikus kerékterhelés csökkentése és a felfüggesztési munkatér csökkentése. Az utazási kényelem szempontjából a rugózott tömeg vertikális gyorsulásának van fontos szerepe, s a feladat a vertikális gyorsulás időbeni lefutásának csökkentése, azaz a lengés nagyságának és időtartamának lehetőség szerinti csökkentése. A jármű mozgása közben a kerékre minden pillanatban oldalirányú és hosszirányú erők hatnak. A súrlódás következtében kedvezőtlen oldalirányú erő ébred a talaj és a kerék között, ami a jármű úttartását rontja. Az így kialakult kerékterhelés statikus komponense a terheléstől, míg a dinamikus komponense az út egyenetlenségétől függ. Az oldalirányú erő csökkentése emiatt a dinamikus kerékterhelés csökkentésével érhető el. A felfüggesztés munkatere és a jármű stabilitása között szoros kapcsolat van, ami különösen egyenetlen úton jelent problémát. Ezért a felfüggesztés munkatere lehetőség szerint minimálisra kell tervezni. Sajnálatos módon a tervezési célok egymással ellentmondásban álló követelmények, ami azt jelenti, hogy ha az egyik követelményt a tervezés során javítjuk, akkor egy másik követelményt ezzel egyidejűleg rontani fogunk. Az egyes tervezési kritériumok szempontjából együttes minimum

nem érhető el, csak egy optimális megoldás, ami az egyes tényezők közötti kompromisszumként jön létre.

A hagyományos irányítástervezési módszerek a fenti kritériumok közötti összhangot keresték. Ennek eredményeként az aktív felfüggesztés mindenkor a kényelmet és a menetstabilitást, akár egymás rovására, de megpróbálja javítani. Jelen dolgozatban a felfüggesztési rendszer átkonfiguráló irányítását mutatjuk be. Ez az irányítás a biztonság szempontját mindenkor szem előtt tartva, a stabilitásvesztéssel járó kritikus manőverekben a menetstabilitást javítja, ugyanakkor az utazási kényelem szempontjait teljesen kiiktatja. Normál haladás esetén az aktív felfüggesztés az utazási kényelmet és az úttartást javítja. Abban az esetben, ha valamely manőver során a jármű dőlése jelentősen megnövekszik és a borulás kockázata megnő, akkor az aktív felfüggesztés az utazási kényelem helyett a borulás kockázatának kiküszöbölésére fókuszál. Ilyenkor az aktív felfüggesztés az utazási kényelmet gyakorlatilag figyelmen kívül hagyja. Ha hirtelen fékezés során a bólintás dinamikája jelentősen növekszik, akkor az irányítási rendszer a bólintási szög csökkentésére fókuszál és közben a kényelem szempontjait figyelmen kívül hagyja.



1. ábra: a járműirányításhoz alkalmazott járműmodell

3. IRÁNYÍTÁSI CÉLÚ MODELLEZÉS

A felfüggesztési rendszer tervezése az 1. ábrán látható járműmodell segítségével történik. Ebben a modellben mind a függőleges irányú dinamika, mind a legyező, dőlési és bólintó dinamika figyelembe vehető. Az irányítási célú modellben felírjuk az oldalirányú erőegyensúlyt, a legyezési, a dőlési és a dőlési irányú nyomatéki egyensúlyi egyenleteket, a rugózott tömegekre ható erők egyensúlyi egyenletét, továbbá a négy rugózatlan tömegekre ható erők egyensúlyi egyenleteit. Az egyenletek részletezése megtalálható a [4] publikációban. A járműmodell az alábbi állapotter-reprezentációval fogalmazható meg:

$$\dot{x} = A(\rho)x + B_1(\rho)d + B_2(\rho)u \quad (1)$$

ahol x állapotvektor, d zavarások vektora és u irányítások vektora, továbbá ρ az ütemezési változók vektora. Az állapotvektor az oldalkúszási szöveget, a legyezési szögsebességet, a dőlési szöveget és szögsebességet, a bólintási szöveget és szögsebességet, a rugózott tömeg elmozdulását és sebességét, valamint a négy rugózatlan tömeg függőleges irányú elmozdulását és sebességét tartalmazza. A zavarás vektora a kormányzöveget, a fékezéskor kerekenként keletkező fékerőket, valamint a négy keréken útgerjesztés hatására ébredő függőleges irányú elmozdulásokat tartalmazza. Az irányítójeleket tartalmazó vektor a négy aktív beavatkozó erőt, valamint a fékerők legyezési dinamikát eredményező eredőjét

tartalmazza. A ρ vektor tartalmazza a nemlinearitást okozó és elérhető (mért vagy számított) jeleket, úgymint a járműsebességet és a felfüggesztési rendszerben lévő nemlinearitást okozó komponensek hatásait [5]. A kerék és a talaj közötti adhéziós tényező becslőt értékét is célszerű az ütemezési változók közé felvenni, ha a rendszerben elérhető ennek haladás közbeni becslése. Az adhéziós tényező on-line becslésére mutat módszert a [3] publikáció. A rendszermatrixok az ütemezési változók segítségével fejezhetők ki:

$$A(\rho) = A_0 + \sum_{i=1}^n \rho_i A_i, \quad B_1(\rho) = B_{10} + \sum_{i=1}^n \rho_i B_{1i}, \quad B_2(\rho) = B_{20} + \sum_{i=1}^n \rho_i B_{2i}$$

ahol n az ütemezési változók száma.

A kitűzött irányítási feladat megoldhatósága érdekében információkat kell kapni a jármű dőléséről, illetve bólintásáról is, hiszen az aktív felfüggesztéssel való beavatkozás szükségességéről ezen adatok alapján kell döntést hozni. Az oldalirányú menetstabilitás érdekében az úgynevezett normalizált oldalirányú kerékterhelés paraméterét vezetjük be:

$$R_i = \frac{\Delta F_{zyi}}{m_i g}, \quad i \in \{f, r\} \quad (2)$$

ami tengelyenként kiszámítja a dinamikus oldalirányú kerékterhelés és a tengelyre eső statikus terhelés hányadosát. Az első és a hátsó tengelyekre eső normalizált oldalirányú terhelések közül a maximálisat kell ütemezési változóként monitorozni: $R = \max(R_r, R_f)$. A bólintás irányú menetstabilitás érdekében a normalizált hosszirányú kerékterhelést kell figyelembe venni:

$$P_j = \frac{\Delta F_{zxi}}{m_j g}, \quad j \in \{l, r\} \quad (3)$$

A bal és jobb oldali normalizált hosszirányú terhelések közül a maximálisat kell ütemezési változóként figyelembe venni, azaz $P = \max(P_l, P_r)$.

A hibatűrő irányítástervezés megoldhatósága érdekében egy hibadetektáló szűrőt (FDI) is alkalmazni kell. Az FDI-szűrő monitorozza az egyes aktív felfüggesztések működését, és ha azok közül bármelyikben hatékonyságvesztés vagy teljes meghibásodás következik be, erről információt nyújt az irányításnak. Ezt a feladatot egy további ütemezési változó alkalmazásával érhetjük el:

$$D = \frac{f_{act}}{f_{max}} \quad (4)$$

ahol f_{act} az FDI-szűrő által detektált (becsült) aktuális hiba értéke, míg f_{max} a potenciálisan előforduló fatális hiba értéke. A felfüggesztési rendszerekben alkalmazható FDI-szűrők tervezésére mutat megoldást a [6] publikáció.

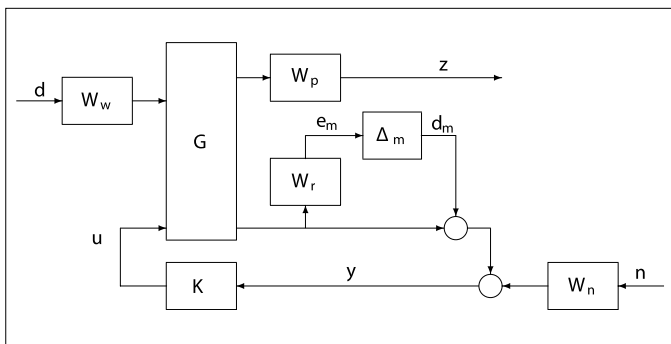
4. IRÁNYÍTÁSTERVEZÉS

Az irányítástervezésben mind a függőleges irányú dinamikát, mind a dőlési és bólintási dinamikát figyelembe kell venni. Az állapotter-reprezentáció minőségi egyenlete és kimeneti egyenlete a következő:

$$\begin{aligned} z &= C_1(\rho)x + D_{11}(\rho)d + D_{12}(\rho)u \\ y &= C_2(\rho)x + D_{21}(\rho)d + D_{22}(\rho)u \end{aligned} \quad (5)$$

Az irányítás minőségét leíró egyenlet tartalmazza az utazási kényelmet, a keresztirányú stabilitást, a bólintási stabilitást, a felfüggesztési munkateret és az irányítási energiát. Ennek megfelelően a minőségi jellemzőket tartalmazó vektor komponensei a következők: oldalirányú gyorsulás, munkatér relatív elmozdulása, kerékelmozdulás, hosszirányú gyorsulás, függőleges irányú gyorsulás, oldalirányú kerékterhelések és hosszirányú kerékterhelések. A kimeneti egyenletben megadjuk a mért jeleket, azaz a hosszirányú gyorsulást, oldalgyorsulást, legyezési szögsebességet, dőlési szögsebességet, rugózott és rugózatlan tömegek közötti relatív elmozdulásait.

A szabályozó tervezése egy súlyozási stratégiával bővített modell alapján történik. A rendszer bemeneti jelei a zavarások és a mérési zajok, kimeneti jelei a minőségi jellemzőket reprezentáló jelek és a mért kimeneti jel. A rendszer bizonytalanságát egy Δ normalkorlátos operátor írja le. A minőségi jelekre, a zavarásra, a mérési zajra, valamint a bizonytalanságra súlyfüggvényeket alkalmazunk. Súlyozó függvényeket választunk a járműtest gyorsulásának, a felfüggesztési munkatér mozgásának, a kerék elmozdulásának, valamint a szabályozási energia korlátozásának érdekében. A súlyozó tényezőket lineáris időinvariáns (LTI) operátorokként modellezzük és tipikusan frekvenciatartományban definiáljuk, a mérnöki gyakorlattal összhangban. Az általánosított P-K struktúra megfogalmazásakor a súlyozó függvényeknek időtartománybeli ekvivalens alakját használjuk, ami az LPV-operátorok felírása esetén is alkalmazható. A modell alapú irányítástervezést a 2. ábra illusztrálja.



2. ábra: az irányítástervezés blokkdiagramja

A hibatűrő irányítás érdekében az aktív felfüggesztésben detektált hiba esetén a féket kell aktivizálni, azaz hiba esetén a fék és a felfüggesztés integrálására van szükség. A fékezési mechanizmust a normalizált tengelyterheléstől és egy meghibásodásra jellemző paramétértől egyaránt függő súlyozással tervezzük meg. Ha hiba jelentkezik az aktív felfüggesztésben, akkor a normalizált oldalirányú kerékterhelésre alkalmazott kritikus értéket csökkentjük a meghibásodás mértékének megfelelő értékkel:

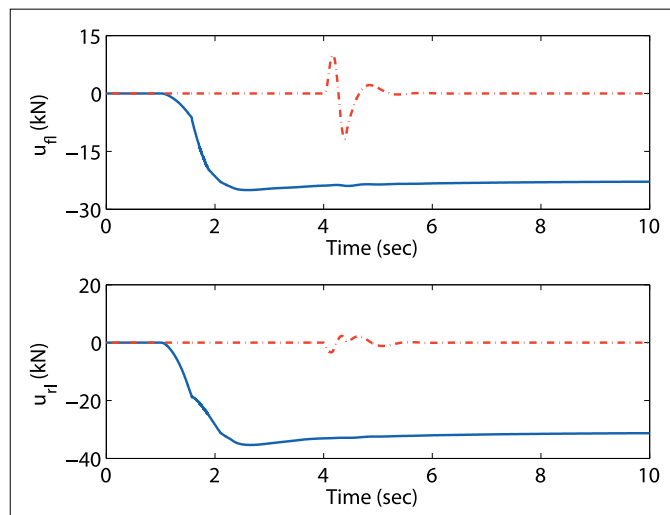
$$R_1 = R_1 - \frac{D}{\alpha} \quad (6)$$

ahol α egy konstans érték. Az aktív felfüggesztés irányításának tervezésére az LPV-alapú módszert javasoljuk. Jelen dolgozatban az LPV-irányítás leírására helyszüke miatt nincs mód, referencia munkaként megadjuk az [1,2] publikációkat.

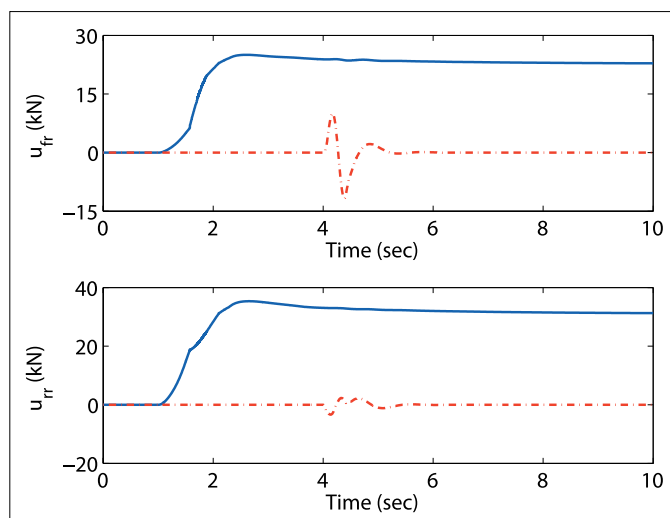
5. SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

Az alábbi szimulációs példákban a hagyományos módon megtervezett felfüggesztési rendszer működését hasonlítjuk össze a jelen cikkben bemutatott felfüggesztési rendszerével. A példában bemutatott jármű 70 km/h sebességgel haladva hajt végre éles kanyarodási manővert. A kanyarodási manőver az 1. másodpercben kezdődik, amit a 4. másodpercben egy 10 cm magas úthibára való ráhajtás zavar meg. A hagyományos módon tervezett felfüggesztés mind a menetstabilitást, mind a kényelmet optimalizálja, azaz működése során a járműtest függőleges irányú gyorsulását csökkenteni fogja. Az átkonfiguráló irányítás esetén a felfüggesztési rendszer a biztonság növelése érdekében az oldalirányú gerjesztést kiegyensúlyozó stabilizáló nyomatékot generál. Ez a módszer látható a 3. ábra felfüggesztési erő jeleiben.

A második példa a hibatűrő integrált irányítás működését illusztrálja. Feltesszük, hogy az előző manővert hajtjuk végre



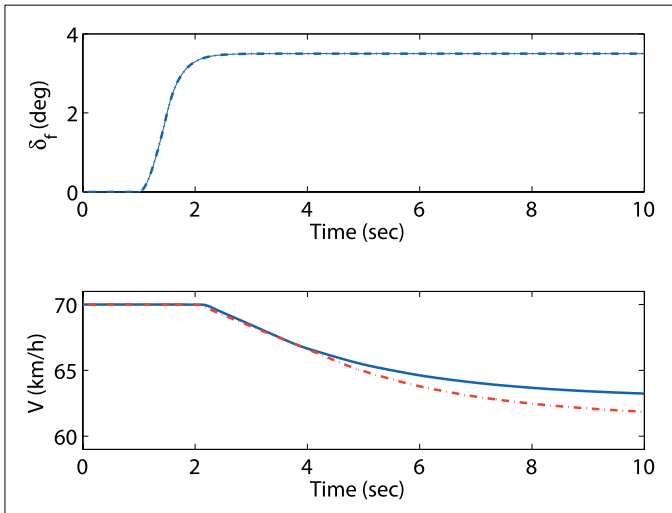
3. a ábra: a felfüggesztési rendszer működésének demonstrációja



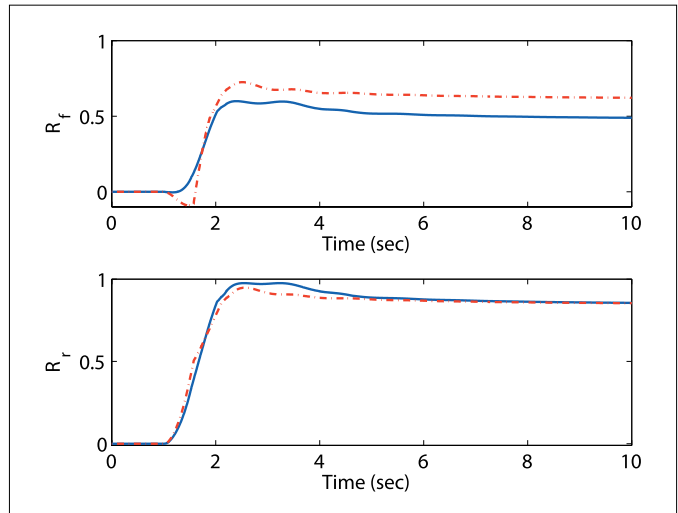
3. b ábra: a felfüggesztési rendszer működésének demonstrációja

azzal a különbséggel, hogy a jobb első felfüggesztés meghibásodását korábban már detektáltuk. A 4. ábra mutatja a felfüggesztési rendszer működését hibás (folytonos) és hibamentes (szaggatott) felfüggesztési komponens esetére. Az ábrán látható jelek felsorolászerűen a következők: kormányzó, oldalgyorsulás, sebesség, függőleges gyorsulás, normalizált oldalirányú kerékterhelés, bal első aktív felfüggesztés által generált erő, legyezési szögelfordulást okozó fékerők közötti különbség és a jobb első aktív felfüggesztés által generált erő.

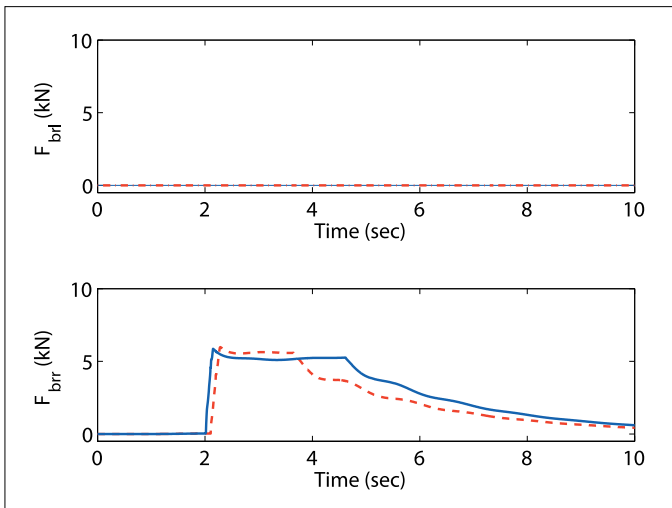
A hibamentes felfüggesztési rendszer esetén a beavatkozók stabilizáló nyomatékot generálnak, a kanyarodás során növekvő dőlési szög csökkentése érdekében. A felfüggesztést és féket egyaránt integráló irányítási rendszer a borulási kockázat csökkentése érdekében fékerőt generál és ezáltal a normalizált oldalirányú kerékterhelés értékét csökkenti. A meghibásodott és detektált felfüggesztési rendszer működése esetén a hibás felfüggesztés nem generál erőt, viszont a hibamentes felfüggesztéssel generált erő azonos az előző esettel. A borulási kockázat csökkentése érdekében generált fékerő a normál esethez képest korábban keletkezik és hosszabb ideig fennmarad. Ezáltal elérjük, hogy az integrált irányítás a fék megfelelő aktivizálásával kiküszöböli a jármű borulását még meghibásodott felfüggesztés esetén is.



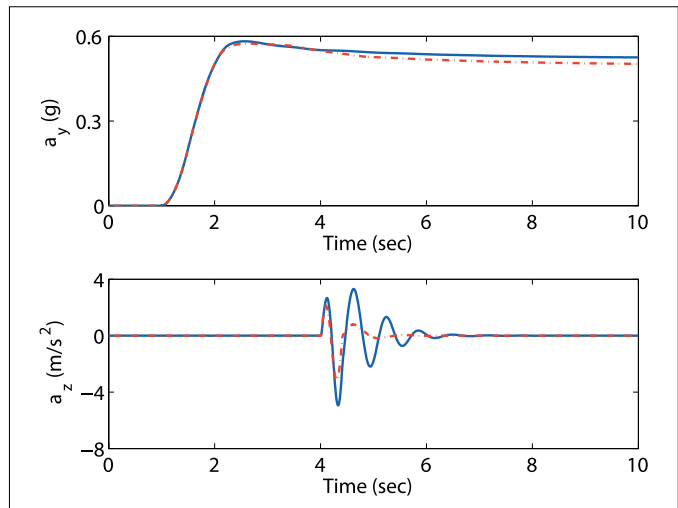
4. a ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja



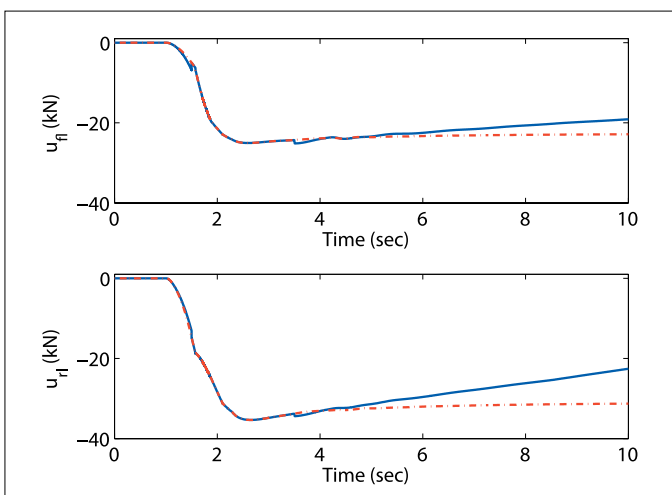
4. b ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja



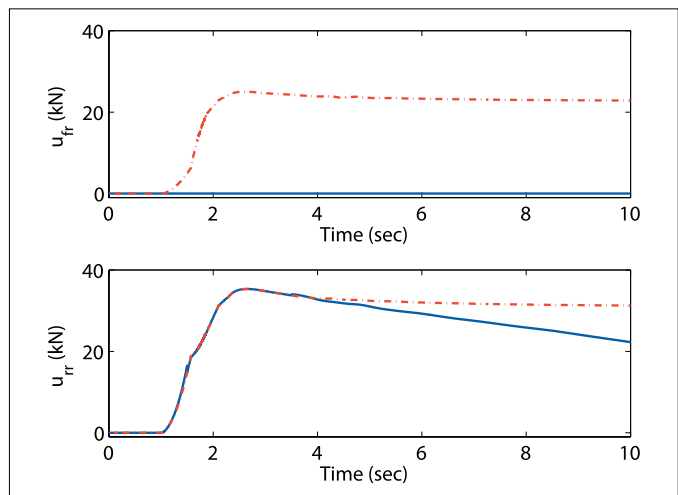
4. c ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja



4. d ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja



4. e ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja



4. f ábra: az átkonfiguráló irányítási rendszer működésének demonstrációja

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A felfüggesztési rendszer fenti elveken alapuló tervezésével mind az utazási kényelem és az úttartás, mind a dőlés és bólintás irányú stabilitás garantálható. Ha a felfüggesztési rendszerben detektált hiba

következik be, akkor egyrészt a felfüggesztési rendszer megfelelő átkonfigurálásával, másrészt az aktív fékezési mechanizmus módosításával a keresztirányú stabilitás továbbra is fenntartható. A nemlineáris komponenseket tartalmazó modell alapú irányítástervezésre LPV-módszer alkalmazása célszerű, mivel az ütemezési változókba

mind a nemlinearitásokat okozó tényezők, mind a hosszirányú, keresztirányú dinamikák monitorozásának lehetősége beépíthető.

Irodalom

- [1] Becker G. and A. Packard. Robust performance of linear parametrically varying systems using parametrically-dependent linear feedback. *Systems and Control Letters*, 23:205–215, 1994.
- [2] Bokor J. and G. Balas: Linear parameter varying systems: A geometric theory and applications. 16th IFAC World Congress, Prague, 2005.
- [3] P. Gáspár, Z. Szabó, and J. Bokor: Estimation of the friction coefficient for road vehicles, American Control Conference, 2005.
- [4] P. Gáspár, Z. Szabó, and J. Bokor: A fault-tolerant vehicle control design, IFAC World Congress, Seoul, Korea, 2008.
- [5] Gáspár P., G. Szederkényi: Combined LPV and nonlinear control of an active suspension system. *ISIE Int. Symposium on Industrial Electronics*, 2007.
- [6] Szabó Z., J. Bokor, and G. Balas: Inversion of LPV systems and its application to fault detection. *Proc. of the SAFEPROCESS-2003*, Washington, USA, 2003.

Addicionális elkormányzást megvalósító rendszer fejlesztése az EJJT-ben

Schnellbach Ádám
Thyssenkrupp Presta
Hungary Kft.

A cikk tárgya az elektromos kormányrendszerek egyik legígéretesebb típusa, valamint az EJJT-n belüli fejlesztés fázisai és eredményei.

The subject of the article is one of the most promising type of the electrical steering systems and the phases and results of the EJJT's research.

A PROJEKT CÉLJA

Napjaink hidraulikus, ill. elektrohidraulikus kormányrendszerei elérték határaikat. Az elektronikus nyomásvezérlés révén elért új funkcionalitások (mint pl. sebességfüggő rásegítés) már a legvégső elérhető eredmények voltak. Ennek a menetbiztonság iránti növekvő igénynek és az erősödő környezettudatosságnak köszönhetjük, hogy a múlt század végén kezdtek megjelenni az elektronikus kormányrendszerek.

E cikk tárgyát képező rendszer ötlete abból az igényből született, hogy a Steer-by-Wire (mechanikus kapcsolat nélküli) kormányrendszerek funkcionalitását nyújthassuk a törvény által engedélyezett kereteken belül. A cél tehát a vezetőtől független szögbeavatkozást megvalósító kormányrendszer, amely nem nélkülözi a kormánykerék és a jármű kerekei közötti mechanikus kapcsolatot. Ez a rendszer az addicionális elkormányzást megvalósító rendszer, a SIA (Superimposed Angle Actuator).

A PROJEKT RÉSZTVEVŐI

A projekt sikerességéhez több szervezet járult hozzá. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem két, jelentős ipari kapcsolatokkal rendelkező tanszéke (Gépjárművek Tanszék – GJT és Irányítástechnika és Informatika Tanszék – IIT), és a projektet felügyelő cég (Thyssenkrupp Presta Hungary – TKP HU) mellett a TÜV-Nord Kft. (TÜV) vett részt a rendszer kidolgozásában, tesztelésében és minősítésében.

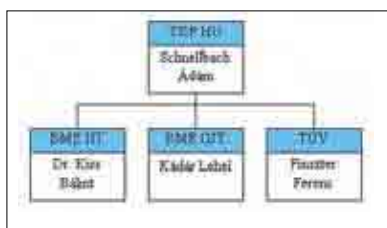
A szervezeti felépítést az alábbi ábra mutatja:

A RENDSZER FELÉPÍTÉSE

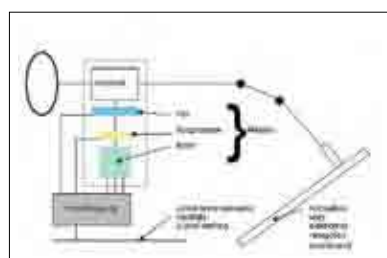
A rendszer felépítése látható az alábbi ábrán:

Amint az látható, a rendszer főbb elemei a következők:

- Hajtómű: hullámhajtómű, ez teszi lehetővé az addicionális szöveget.
- Fék: állandómágneses fék, biztosítja a mechanikus kapcsolatot kikapcsolt rendszer esetén is.



1. ábra: a projekt szervezeti felépítése



2. ábra: a rendszer felépítése

- Szögszenzor: a motor tengelyének szöghelyzetét méri, a szabályozási hurok fontos eleme.
- Motor: a motor tengelyének szöghelyzete határozza meg az addicionális szöveget.
- Vezérlőegység: a járműhálózatról és a szögszenzortól begyűjtött jelek alapján kiszámítja és vezérli a motor fázisáramait és a féket.

A hajtómű, a fék, a szenzor és a motor egy kompakt egységet képez (lásd a 3. ábrát), amit aktuátornak nevezünk.

Ez a kompakt felépítés teszi lehetővé a kormányoszlopba való integrálást, ami alapvető követelmény. Így mind a helyszükségletet, mind az ütközési biztonságot szem előtt tartó felépítést célozhatunk meg.



3. ábra: SIA-aktuátor

A RENDSZER MŰKÖDÉSI ELVE

A rendszer lelke a hajtómű, amely az alábbi egyenletet valósítja meg:

$$\varphi_{col} = \frac{i}{i+1} \varphi_{sw} + \frac{1}{i+1} \varphi_{mot} \quad (1)$$

ahol:

φ_{col} – az oszlop szöghelyzete (továbbiakban oszlopszög)

φ_{sw} – a kormánykerék szöghelyzete (továbbiakban kormányaszög)

φ_{mot} – a motor szöghelyzete (továbbiakban motorszög)

i - a hajtómű áttétele ($i=50$ a jelenlegi rendszerben)

Amint az az (1) egyenletben látható, az oszlopszöveget a vezető által közvetlenül befolyásolt kormányaszög mellett a motorszög határozza meg. Ezzel tudjuk a vezetőtől független szögbeavatkozást elérni. Ugyanebből az egyenletből látszik az is, hogy a feladat lelke a motorszög szabályozása.

FUNKCIONALITÁSOK

A rendszer potenciális funkcionalitásait az (1) egyenlet által leírt tulajdonsága teszi lehetővé. Ezek a főbb funkciók az alábbiak:

- Járműsebesség-függő áttétel: kisebb sebességeknél nagyobb áttétel a közvetlen kormányzási érzet és a nagyobb dinamika miatt; nagyobb sebességnél kisebb áttétel a nyugodtabb egyenesfutásért.
- Több áttétel-jellegmező közti váltás: a modern autókban a felfüggesztésre és a motorvezérlő elektronikára ható Sport-Normal-Comfort kapcsoló választhat akár több karakterisztika között is.

- ESP-beavatkozási lehetőség: a fékalapú menetstabilizáló rendszereket kiegészítheti kormányalapú beavatkozás.
- Sávkövetés
- Automatikus / félautomatikus parkolás.

BIZTONSÁGI KOCKÁZATOK

Mivel kormányrendszerről van szó, a biztonsági kockázatok és így a biztonsági követelmények nagyon magasak. A biztonságot szavatoló algoritmusokat a TKP HU a TÜV előírásvizsgálata alapján dolgozta ki és tesztelte le. A projekt utolsó évének feladata a biztonsági minősítő vizsgálatok kidolgozása.

A rendszer sajátossága és fő funkciója (a vezetőtől független szögbeavatkozás) miatt az önkormányzás (self-steering) nevű hiba nevezhető meg legkritikusabb kockázatként.

Emellett természetesen kritikus a mechanikus kapcsolat minden körülmények közötti biztosítása, amit a motor tengelyére ható fék szavatol.

A KÖVETELMÉNYEK FELMÉRÉSE

A projektet a rendszerrel szemben támasztott követelmények összegyűjtésével kezdtük, a projektben részt vevő partnerekkel együttműködve. A felmérés kiterjedt a rendszer mechanikai, elektromos és funkcionális tulajdonságaira, melyeket a résztvevők szakterületének megfelelő részekre bontottuk.

MECHANIKAI TERVEZÉS

A mechanikai tervezést a TKP HU mérnökei végezték. Az évek alatt összesen 5 aktuátorgeneráció látta meg a napvilágot. A változások a mechanikai elrendezést, a szenzorkoncepciót és a fékkoncepciót érintették. Az optimalizáció célja a helyszükséglet és a működés közben fellépő zaj csökkentése volt.

SZABÁLYZÓTERVEZÉS

A fő funkció teljesítményét leginkább befolyásoló pozíciószabályzás a TKP HU és az IIT közös munkájának az eredménye. A fejlesztés korai szakaszának legnagyobb feladata a hullámhajtómű mechanikai modelljének megalkotása volt. Olyan modellt kellett

alkotni, amely mind a szabályzást, mind a paraméter-identifikációt könnyen lehetővé tette. Ezt követően az egyes szabályozási struktúrák és tervezési módszerek kutatása, implementálása, tesztelése és összehasonlítása következett. Természetesen a vevői visszajelzések és a fejlesztési prototípusokkal szerzett tapasztalatok is felhasználásra kerültek.

ALGORITMUSOK KIDOLGOZÁSA

A kormányzási algoritmusok kidolgozását a TKP HU és a GJT közösen végezte. Az algoritmusok részletes kidolgozása a vevői követelmények és járműves mérések tapasztalatai alapján történt.

SZOFTVERFEJLESZTÉS

A szoftverfejlesztés egy már meglévő platformapplikáció (moduláris architektúra, az alkalmazásspecifikus részek külön önálló egységet képeznek) architektúráján alapult, amit mind funkcionális, mind biztonsági szempontokat figyelembe véve fejlesztettek tovább a TKP HU fejlesztői. A szoftver is számos verziót látott meg, többek között a vezérlőegység generációváltásai miatt.

TESZTELÉSI ÉS FEJLESZTÉSI KÖRNYEZETEK

A fejlesztés során alapvetően három környezetben vizsgáltuk a rendszer működését.

- Szimulációs környezetben, ahol gyorsan, kis költséggel és kockázattal próbálhatók ki az új algoritmusok.
- Próbapadon, ahol szintén kis költséggel és kis kockázattal tesztelhetők az új algoritmusok, viszont egy nagy lépéssel közelebb a valós körülményekhez.
- Járműben, ahol már a teljes rendszer viselkedése felmérhető.

KÖVETKEZŐ LÉPÉSEK

A projekt az EJJT keretein belül már a végéhez közelít, de a fejlesztés természetesen nem áll meg. A következő nagy lépés az egyéb járműdinamikai rendszerekkel való integrálás, ami lehetővé teszi a rendszerben rejlő lehetőségek még nagyobb fokú kiaknázását.

Járművezetői stílusbecslés gyakorlati alkalmazásának tapasztalatai

Gubovits Attila

Dr. Szalay Zsolt

Balogh Levente

Klug Dávid

A projekt célja volt a járművezetők azon szempontok alapján történő monitorozása, mellyel kategorizálni lehet őket az utakon tanúsított magatartásuk alapján, kiszűrve ezzel az agresszív vezetőket. A gyakorlati alkalmazás során az elkészült algoritmus bebizonyította, hogy képes megkülönböztetni a normálistól eltérő manővereket, és a büntetőpontok segítségével értékelni a vezetők munkáját akár real-time módon, akár utólag visszatekintve. Megfelelő számú méréssel sikerült pontosan beállítani a különböző vezetési stílusok közötti átmeneti értékeket, a rendszer arra vár, hogy részt vehessen a mindennapi forgalomban, növelve ezzel a biztonságot.

BME Gépjárművek Tanszék

The object of the project was to monitor the vehicle drivers at a level at which it is possible to classify them by monitoring their behaviour on the roads, to filter the aggressive drivers. The finished algorithm has proved in practice its ability to differentiate the deviate manoeuvres and to value drivers' activities by imposing penalty marks evaluated either in real-time, or later. By the adoption of sufficient measurements we were able to set the transitional values between different driving behaviours, the system, placed into controllers, is ready to be set into action in the common traffic, to increase security.

BEVEZETÉS

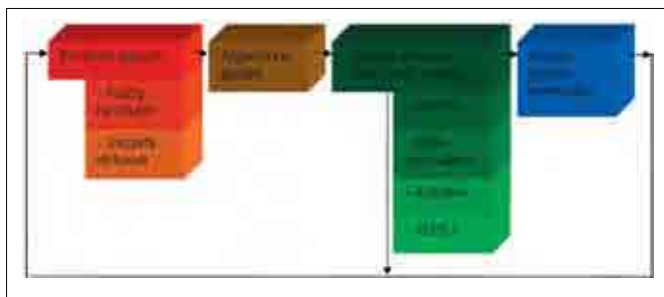
Hiába a korszerű technikák egyre nagyobb elterjedése az utakon, a közlekedéspolitikai koncepció, miszerint 2010-re 30 százalékkal fognak csökkenni a közúti balesetek, nem látszik megvalósulni hazánkban. A rendszerváltás után a halálos kimenetelű szerencsétlenségek száma a felére esett vissza, ez azonban csupán a szigorúbb sebességkorlátozásnak, illetve a jogosítvány „nehezebb” megszerzésének tudható be. Az ezredfordulót követően 20 százalékkal nőttek a baleseti adatok, amin belül a halálos kimenetelűek csaknem 5 százalékkal emelkedtek. Egyesek szerint a közlekedési morál miatt, mások szerint viszont a nagyobb sebességek, illetve az előregedett gépjárműpark és úthálózat az oka a rossz statisztikának.

Ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy a közlekedési balesetek több mint 88 százaléka a sofőrök mulasztása miatt következik be, akkor bizonyossá válhat mindenki számára a vezetők monitorozásának szükségessége. A maradék esetben a másik fél (jogosítvánnyal nem rendelkező egyén), illetve a technika játszik szerepet a szerencsétlenségek létrejöttékor.

Megoldást jelenthetne a vezetők és járművek gyakoribb közúti ellenőrzése, erre azonban nincs reális esély Magyarországon.

További gond, hogy az unió belüli kötelező érvényű ENSZ–EGB „előírások” keleti szomszédainknál csupán direktívák, és a tranzitforgalom jelentős hányadát mégis ezek a járművek teszik ki.

Egy átlagosan megrakott tehergépjármű lendülete ugyanakkora tempó mellett hússzorosan is meghaladhatja személyszállító



2. ábra: vezetői stílusbecslés logikai felépítése

társáát. Így hát nem nehéz elképzelni, hogy egy harminc tonna összsúlyú kamion milyen pusztítást tud véghezvinni frontális ütközéskor. Emiatt volt elsődleges szempont, hogy a járművezetői stílusbecslést ne a személygépkocsik sofőrjeivel kezdjük, hanem a kamionvezetőkkel. Az ő felelősségük és részvételük az utakon sokkal jelentősebb, amit a viselkedésüknek is tükröznie kell!

A vezetők monitorozása – vagyis a vezetői stílusbecslés – az alábbi két szempont alapján értékelendő tényező:

- a vezető viselkedése kihat a közlekedés biztonságára;
- a vezetési morál befolyásolja a szállítási költség – mind a tüzelőanyag mennyiségének, mind pedig a többi alkatrész elhasználódásának – nagyságát.

Amennyiben a stílus alapján felismerjük, hogy a sofőr az átlagostól eltérően, agresszívebben vezet, időben figyelmeztetve őt elkerülhetőek a balesetek.

ELMÉLETI ALAPOK

A vezető elemzése vezetési biztonság szempontjából

A járművezetőket az alábbiakban vezetési stílusuk alapján két csoportba soroltuk, és célunk olyan elemző algoritmus kialakítása, mely a monitorozott paraméterek, jellemzők alapján a vizsgált vezetőt valamely kategóriába sorolja, azaz minősíti.



1. ábra: ráfutásos közúti baleset

Normál vezető

Legfontosabb jellemzője, hogy a lehető legnagyobb mértékben alkalmazkodik a körülötte zajló forgalomhoz, annak ritmusához. Jól, gyorsan felismeri a pillanatnyi közlekedési situációt, és úgy reagál, hogy manővereivel a körülötte közlekedőket a legkevésbé kényszerítse sebességük, ill. haladási irányuk hirtelen megváltoztatására.

Haszonjárművek kapcsán nyilvánvalóan figyelembe kell venni, hogy a rakomány védelmében kerüli a hirtelen lassításokat és gyorsításokat, a nagy gyorsulásokat, a túlzott sebességű kanyarmanővereket, melyek extrém oldalgyorsulás-értékeket eredményezhetnek. A gazdaságos üzemeltetést szem előtt tartva a járművet úgy vezeti, hogy a motor üzemideje legnagyobb részében az optimális fordulatszám-tartományban üzemeljen, és a lassításokhoz lehetőleg a lassító fékeket használja. Ez utóbbi gazdaságos, és ugyanakkor kisebb abszolút értékű, lágyabb felfutású lassulásokat eredményez, ami az áru védelme szempontjából kifejezetten előnyös.

Agresszív vezető

Nem megfelelően alkalmazkodik a forgalom ritmusához: az átlagosnál nagyobb gyorsulásokkal elindulva nyilvánvalóan nagyobb lassításokkal kell csökkentenie sebességét.

Az agresszív vezetői stílus jellegzetes megjelenési módja, amikor a jármű vezetője előzéseknél, sávváltásoknál hirtelen kormánymozdulatokkal hajtja végre a manővereket: ezek extrém nagy oldalgyorsulást eredményeznek, csökkenhet a biztonságos oldaltávolság: ez zavarhatja a forgalom többi résztvevőjét, esetleg menekülőreakciót válthat ki azokból, ami fokozottan balesetveszélyes forgalmi situációt eredményezhet.

A nagy gyorsítások gyors visszaváltásokat, illetve fokozott motorterhelést igényelnek: ez az erőátviteli elemek fokozott tönkremeneteléhez, illetve indokolatlanul nagy tüzelőanyagfogyasztás-növekedéshez vezet. A hirtelen, indokolatlanul nagy lassítások természetesen a fékrendszer elemeinek fokozott elhasználódását eredményezik. Az extrém nagy hossz-, illetve keresztirányú gyorsulásnál a szállított áru sérülhet.

Agresszív vezető hosszú távú átlagsebessége nem haladhatja meg jelentős mértékben a normál vezető által produkált értéket, mivel – hasonló járműparaméterek mellett – járművével tartósan megvalósítható utazósebessége nem nagyobb, mint átlagos vezető esetén. Így az agresszív vezető szállítási hatékonysága jelentősen nem különbözik az átlagos társától. Fentiek alapján megállapítható, hogy a vezetők vezetési stílusa legjobban a jármű gyorsulásaival, illetve a gyorsulások változásaival jellemezhető, értékelhető. Az elemzéshez felhasználandó bemenő paraméterek meghatározása, kiválasztása során alapvető szempont volt, hogy olyan üzemi paramétereket figyeljen a rendszer, amelyek:

- a CAN-en rendelkezésünkre állnak, illetve
 - alacsony technikai színvonalú járművek esetén a szükséges kiegészítő berendezések kis költséggel beépíthetőek legyenek.
- Az alábbi táblázatban összefoglaltuk a fenti vezetői stílusokra jellemző üzemi paramétereket, melyek alapján a vezetők osztályozása elvégezhető. A táblázat tartalmazza az egyes vezetési stílusok hatását a jármű üzemeltetési költségeire, a szállítás hatékonyságára, az áru védelmére.

A kialakítandó vezetői stíloselemző algoritmus közvetlen bemenő paraméterei az alábbiak lesznek:

- a jármű hosszirányú gyorsulása.
- a jármű keresztirányú gyorsulása.

Az algoritmus közvetlen, legfontosabb bemenő paraméterei a hossz- és keresztirányú gyorsulások, azonban vizsgáljuk a vezetőre jellemző „gyorsulásváltozásokat”, azaz a fékezések

	Vezetési stílus	
	Átlagos	Agresszív
ÜZEMI PARAMÉTEREK		
Gyorsulások	átlagos	nagyobb
Gyorsulásváltozások	átlagos	nagyobb
HATÁSA		
Tüzelőanyag-fogyasztás	átlagos	sokkal nagyobb
Fogyó-kopó alkatrészek elhasználódása	átlagos	sokkal gyorsabb
Szállítási hatékonyság	átlagos	átlagos
Szállított áru védelme	átlagos	kisebb
Közlekedésbiztonság	átlagos	kisebb

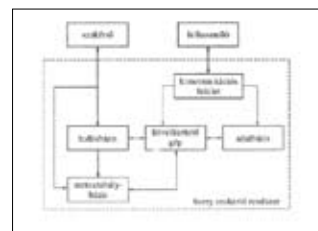
1. táblázat: az egyes vezetői stílusokra jellemző mérhető üzemi paraméterek, illetve a vezetői stílus hatásai

és gyorsítások alkalmával a hosszirányú gyorsulásérték gradiense. Az agresszív vezető ugyanis általában – a közlekedési környezet által részben meghatározott – átlagos lassulásértéket is nagyobb motorterheléssel, rövidebb idő alatt éri el, ekkor a gyorsulás gradiense is nagyobb, mint átlagos vezető esetén.

A vizsgálati rendszer bemenő paramétere az oldalgyorsulás gradiense is. Ezt a jellemző értéket a műszaki gyakorlatban oldallökésnek nevezik. Jellemzője, hogy a legtöbb ember egy kanyarban 0,5 m/s³ értékig kellemes, harmonikus érzésnek itéli meg az adott, oldalgyorsulással járó manővert. Utak tervezése során szempont, hogy az út vonalvezetése olyan legyen, melyen a tervezési sebességgel haladva az oldallökés értéke nem haladja meg az 1,5 m/s³ értéket.

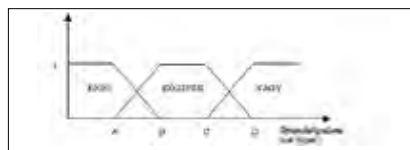
FUZZY SZAKÉRTŐI RENDSZER

Elemző algoritmusunkat egy úgynevezett Fuzzy szakértői 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 fizikai jelenségek szigorúan bináris megközelítése nem mindig alkalmas a valóság jelenségeinek leírására. Alapvetően, a fuzzy-ság egy pontatlanságtípus, mely olyan elemek csoportosításából származik, melyeknek nincsenek határozott határvonalai.



3. ábra: Fuzzy szakértői rendszerek szerkezeti vázlatja

Mint korábban bemutattuk, a vezetési stílusra vonatkozó kategória több részre tagolható: átlagos, valamint agresszív vezetési stílus. Azonban az egyik kategóriából a másikba való átmenetet nem lehet, nem szabad egyértelműen meghatározni. Egy önkényes küszöb felállítható, mely elválasztaná a „nyugodt” és „agresszív” kategóriákat, de ez egy nem folyamatos változást eredményez, amikor a bemenet átmegy ezen a küszöbön. Ennek kiküszöbölésére lehetővé kell tenni, hogy



4. ábra: a gyorsulásnak, valamint gradienseknek megfelelő Fuzzy tagsági értékek

az egyik kategóriából a másikba történő átmenetek fokozatosan változnak.

Szakértőrendszerünk bemenő (gyorsulási) paraméterei:

- a jármű hosszirányú gyorsulás (-gradiens) értékének maximuma adott időintervallumban;
- a jármű hosszirányú lassulás (-gradiens) értékének maximuma adott időintervallumban;
- a jármű oldalgyorsulás (-gradiens) értékének maximuma adott vezetési manőverben;

Az egyes input dimenziók lehetséges bemeneti értékeit lefedő Fuzzy tagsági függvény a 4. ábrán látható /a tagsági függvény jellegzetes pontjainak meghatározása (A; B; C; D) mérési eredmények, illetve szimulációk alapján történt.

A VEZETŐT VEZETÉSI BIZTONSÁG SZEMPONTJÁBÓL ELEMZŐ ALGORITMUS MŰKÖDÉSÉNEK LEÍRÁSA

A jármű haladása során folyamatosan mérjük a jármű hossz-, illetve keresztirányú gyorsulásait. A mért jelek mérési tapasztalatok alapján nagymértékben zajosak, ezért ezeket Bézier-approximációs ívek alkalmazásával simítjuk. Bizonyos időközönként – alkalmasan megválasztott időintervallumonként – meghatározzuk az eltárolt adatok alapján az előző időintervallumban elért maximális hosszirányú gyorsulásértéket, maximális, fékezés során elért hosszirányú lassulást, valamint az oldalgyorsulás maximális értékét.

A vizsgált időintervallumra jellemző maximális lassulásgradiens értékeket úgy határozzuk meg, hogy a három jellegzetes gyorsulásérték diagramjaiban megkeressük a lokális szélsőértékhelyeket, ezek között lineáris regresszióval közelítjük a gyorsulásiagramot, és a közelítő függvény meredekségét tekintjük az adott gyorsulás-változásra jellemző meredekségnek. Az algoritmus első lépésében alkalmazott szűrés, illetve a gradiensnek ilyen módon történő meghatározásának célja egyaránt az, hogy a tapasztalatok szerint igen zajos mért gyorsulásértékeket a lehető legjobban simítsuk, hogy a zajok ne vezessenek hibás következtetésekhez.

A fentiekben a gyorsulásértékek alapján adtunk megoldást a vezető vezetési stílusának becslésére. A becslés pontossága, megbízhatósága az alkalmazott bemeneti paraméterek számától és azok típusától függ. Az alkalmazható paramétereknek legfőképpen a következőket tekintjük:

- A jármű hossz-, ill. keresztirányú gyorsulása
- A jármű sebessége
- Kipörgésgátló fék- és motoroldali jele
- Fékpedál állapota
- Gázpedál állapota
- Pillanatnyi üzemanyag-fogyasztás (fogyasztáshisztogram)
- Fordulatszám (fordulatszám-hisztogram).

Az előző alapján célszerűnek tartjuk a vezetői stílus folyamatos, on-line kijelzését:

- elegendő csak a minősítést tárolni időben, nem szükséges a gyorsulásadatokat regisztrálása,
- a járművezető folyamatosan nyomon követheti saját stílusát, javíthatja azt,
- a valamilyen okból (pl.: baleset-megelőzés) indokolt hátrányos minősítés keletkezése jobban azonosítható, a vezetőt bizonyíthatóan mentesítheti.

A biztonság szempontjából elemző eljárás esetében meg kell határozunk azt az időintervallumot, amelyben tapasztalt értékekből számított referenciagyorsulás realiztikus értéket ad. Itt ütközünk bele egy olyan problémába, mely a fent említett tanulmányhoz képest módosításokra ad okot. Mivel adott pillanatban nem definiálható egyszerre hosszirányban gyorsítás és lassítás, így a rövid vizsgálati időtartamokat tekintve valamiképp ezt kezelni kell.

Vegyünk fel egy arányossági tényezőt, mely reprezentálja a lassítás és a gyorsítás mértékének minősítésre vonatkozó arányát. Ezután kezeljük a hosszirányú gyorsulásokat egyetlen tagsági függvénnyel, melyben a lassítás abszolút értékben jelenik meg a gyorsításhoz normálva.

Fontos kérdésnek tartjuk továbbá a felvázolt algoritmusok valamilyen szintű egyesítését, mely lehetőséget ad arra, hogy

- a kapott minősítések redundanciáját növeljük,
- a vezető számára könnyen értelmezhető, egyszerű visszajelzést adjunk,
- az értékelés eredménye könnyen konvertálható legyen más típusú vezetői jellemzésre.

Mindezt figyelembe véve a gazdaságossági jellemzést is több szegmensre bontva a biztonsági szegmensek mellé soroljuk. A létrejövő részegységek:

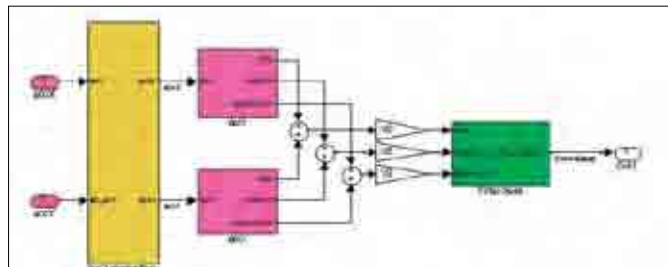
- a) Longitudinal dynamics: sebesség- és fordulatszám-túllépések
- b) Lateral dynamics: kormányzöggradiens-túllépések
- c) Safety dynamics: biztonsági rendszerek aktivitása
- d) Economic: fogyasztás, gáz- és fékpedálfelfutás túllépései
- e) Traffic safety: agresszív vezetői stílus.

Ez utóbbi esetében a minősítést büntetőponttá konvertáljuk, ahol a büntetőpont szignumát a besorolási kategória adja, az integrálási faktort pedig az ahhoz tartozó tagsági érték.

ALGORITMUSÉPÍTÉS

Biztonsági szempontból elemző eljárás

A minősítő algoritmust Matlab Simulink környezetben készítettük, melynek a jelentősége abban rejlik, hogy mind a tesztek, mind pedig a későbbi felhasználás során könnyen kapcsolható a hardverkörnyezethez.



5. ábra: a minősítő Simulink-modell

Alapvetően három egységre tagolható a rendszer (5. ábra):

1. A nyers, mért jelekből a Fuzzy tagsági függvények inputját előállító „input generation” alrendszer.
2. Az egyes irányokra vonatkozó Fuzzy tagsági függvényeket és szabályrendszert tartalmazó alrendszer.
3. A különböző vezetési stílusra jellemző értékeket átlagoló, végső minősítő „Final class” alrendszer.

A bemenetek előállításakor a hosszirányú gyorsulás előjel szerint szétválogatásra kerül, viszont a lassításértékeket egy negatív szorzóval a gyorsításértékekhez adjuk. A szorzótényező értékét a gyorsítás és a lassítás minősítésre vonatkozó hatásának aránya szerint határozzuk meg. Keresztirányban a jel abszolút értékét vesszük, végül a további két kimenet szolgál annak jelzésére, hogy a gyorsulásértékek elérték-e a korábban említett küszöbértéket, mely alatt nincs minősítés. Ez az információ eljut a „Final class” alrendszerig, ahol a kimenetbe történő megfelelő beavatkozás megtörténik.

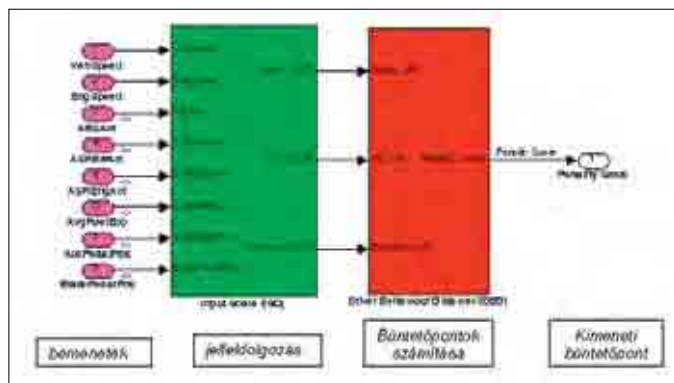
A nyers gyorsulásértékek zavarás okozta ingadozása miatt – a szűrés mellett – bizonyos, relatíve rövid időtartamban átlagolást végzünk, majd ezeknek az átlagoknak egy hosszabb időtartamban vesszük a maximumát. Ennek oka, hogy

a minősítés során alapvetően nem a gyorsulások átlagértéke a meghatározó, hanem azok adott időtartambeli maximumai, így ennek megfelelően járunk el. Az az időtartam, mely alatt egy maximumérték keletkezik, egy minősítési ciklus ideje. Mind az átlagolási, mind a maximumképzési időtartamot körültekintően kell megválasztani. Az átlagszámításnál ennek kritériuma, hogy az adott időtartam alatt döntően ne változzon a jármű gyorsulása. A maximumképzésnél pedig ezen modell esetében az a fontos, hogy a kiválasztott időtartamban történjen lassítás és gyorsítás is.

A kapott maximumértékek érkeznek a Fuzzy szakértő rendszer inputjára, majd a tanulmányban leírtak szerint az algoritmus kimenetén megadják a vezetői stílust, és az arra vonatkozó tagsági értéket, amennyiben a küszöbgyorsulás felett vagyunk. Egyéb esetben – elkülönítendő az aktív minősítéstől – 2-es tagsági értékkel „normál” stílusúra minősít.

GAZDASÁGOSSÁGI SZEMPONTBÓL ELEMZŐ ELJÁRÁS

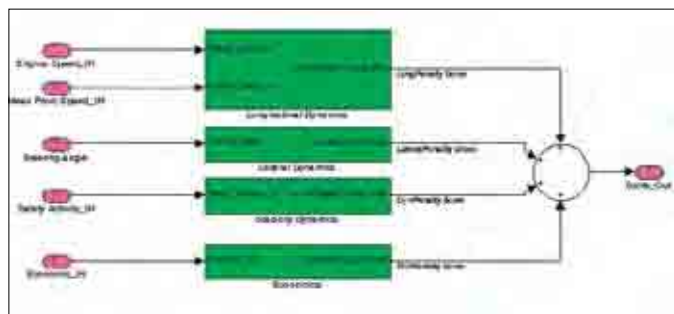
A logika által felhasznált információk a jármű CAN (Controller Area Network) hálózatából származnak. Ez a hálózat nagy sebességű és biztonságos adatáramlást tesz lehetővé. Az itt található digitális információkat vissza kell alakítani az eredeti értékekre, mivel a hálózaton optimalizálva áramlanak. Ezt a műveletet az „Input Scale” nevű alrendszer végzi.



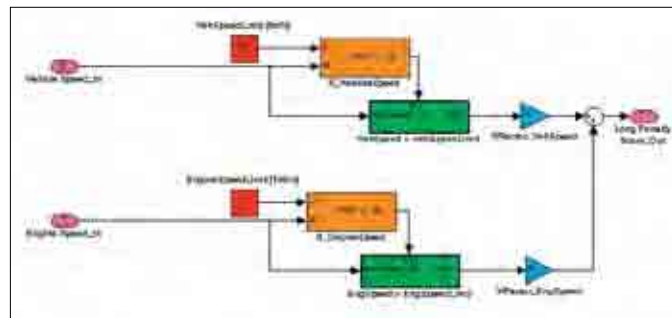
6. ábra: CAN-ról érkező jelek feldolgozása

A jelek feldolgozása után az információk egyrészt a biztonsági rész adataiként, másrészt a járművön található jeladók adataiként kerülnek a vezetési stílus megfigyelő (Driver Behaviour Observer) algoritmusba. Ebben a részben történik a vezető által szolgáltatott információk elemzése, és a vezető viselkedésére utaló szám kialakulása. Ezek a büntetőpontok (Penalty Score) kerülnek kivonásra a későbbiekben az eredeti pontszámból.

A vezetési stílust megfigyelő rész vázlatán látható a négy elkülönülő rész: a hosszirányú dinamika, a keresztirányú dinamika, a



7. ábra: vezetőpontozás vázlata



8. ábra: a hosszirányú dinamika algoritmusai

biztonsági dinamika és az energiatakarékossági modul. Mind a négy rész külön-külön számolja az általa megfigyelt paraméter alakulását. Felhasznált információk:

1. Hosszirányú dinamika: járműsebesség, motorfordulatszám
2. Keresztirányú dinamika: kormányzóg
3. Biztonsági dinamika: biztonsági alrendszerek állapota és külső hőmérséklet
4. Energiatakarékosság: a fogyasztás, gáz- és fékpedállemozdulásgradiens.

Miután a fent említett alrendszerek meghatározták a büntetőpontokat és megszorozták azokat a megfigyelt paraméterhez tartozó súlyzószámmal, a kiszámított pontok összegzésével alakul ki a végleges büntetőpontszám.

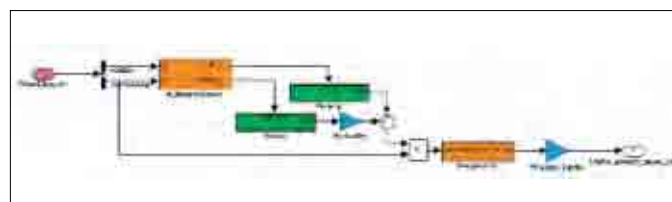
A 8. ábrán a hosszirányú dinamika egy-egy algoritmusai látható. A felső részen a járműsebesség-kiértékelés történik. A bejövő tényleges járműsebességet egy előre definiálható konstanshoz hasonlítja (VehSpeedLimit), és ha túllépést tapasztal, akkor elkezd a büntetőpontok számítását. Miután kialakult a szám, megszorozza a súlyzó tényezővel, és így kialakul a járműsebességre vonatkozó végső büntetőpont. Az ábra alsó felében teljesen hasonló eljárással számítja a fordulatszám-túllépésből származó büntetőpontot.

AZ ELJÁRÁSOK EGYESÍTÉSE

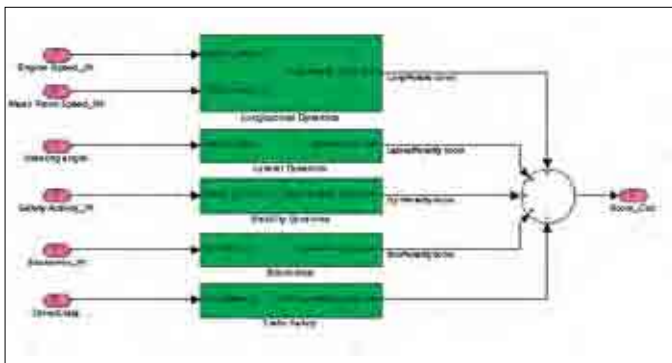
A biztonsági szempontból elemző eljárás kimenete nemcsak a megállapított kategória, hanem a Fuzzy-függvények segítségével kalkulált – {0..1} tartományon értelmezett – tagsági érték is. Mivel ez azt reprezentálja, milyen mértékben lehet igaz a megadott kategória a vezetőre, ezért könnyen alakítható büntetőponttá. Így tehát a nem kívánatos minősítés (lassú vagy agresszív) esetén az arra vonatkozó tagsági érték integrálásával képezhető az a büntetőpont, mely a kívánt tartománytól való eltérés idejét és mértékét képviseli (9. ábra).

Az ábrán látható az a bónuszpontokat számoló ág is, melyről említést tettünk a módosítások között. A „bonusSW” kapcsoló segítségével ez a funkció azonban igény szerint ki- és bekapcsolható.

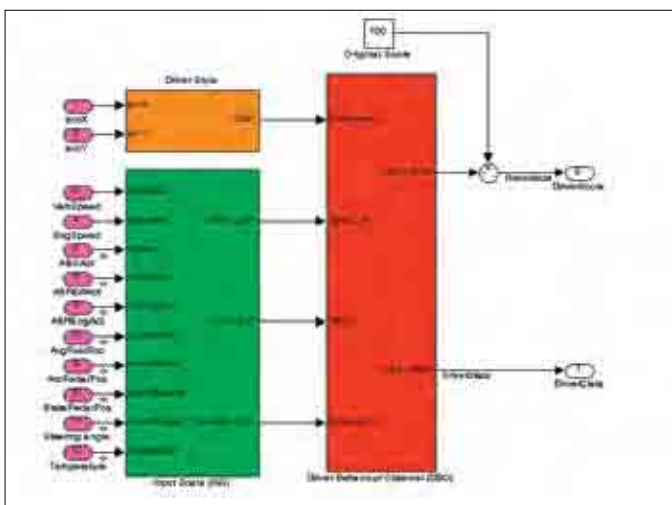
A büntetőpontot számoló modul így már a gazdaságossági szempontból elemző eljárás többi moduljához illeszthető a közös kimeneti interface által. Ezzel lesz teljes a 10. ábra szerinti 5 pontszámító modul.



9. ábra: a vezető közlekedési biztonságát jellemző büntetőpontok képzése



10. ábra: egyesített bűntetőpont-számítás



11. ábra: egyesített vezetőstílus-becslő algoritmus

A modellbe ezután már csak a vezetőt biztonság szempontjából kategorizáló modellt kell beágyazni, és ellátni inputokkal célszerűen szintén a CAN-hálózaton keresztül. A kimenetként megkapott bűntetőpontot végül kivonva a kiindulási pontszámából megkaphatjuk a vezetőre jellemző pontszámot, mely már tartalmazza nemcsak a gazdaságossági jellemzést, hanem a biztonságát is. (11. ábra)

JÁRMŰSZIMULÁCIÓ

Az EJJT-n belül elérhető SDK-rendszer egy komplett, animációval támogatott járműszimuláció, mely többek között CAN interface-en keresztül képes más rendszerek számára akár egy valós jármű CAN-jén fellelhető információkat, akár a jármű bármilyen dinamikai változóját továbbítani.

Ez az eszköz alkalmas arra, hogy a gazdaságossági szempontok szerint értékelő részt vizsgáljuk, hiszen a valóságban csak tesztpályán van lehetőség gyakori sebesség-, fordulatszám- és kormányzógtülpések megvalósítására, valamint a biztonsági rendszerek aktíválására.



12. ábra: az SDK-szimulátor animációs felülete

A szimulációs szoftver ugyanakkor tartalmaz minden lehetséges CAN-információt hozzáférhető formában, ami nem minden tesztjárműről mondható el.

A program figyelembe veszi a jármű geo-

metriai és műszaki paramétereit, a felépítmény, valamint a sofőrökabin felfüggesztését. Az útburkolat tapadási tényezője oldalanként változtatható.

REFERENCIAMÉRÉS-ALAPÚ VIZSGÁLATOK

A vezetőstílus-becslés alapvetően az adott gépjárművet használja úgymond szenzorként a vezető monitorozására. Így nem közömbös az adott jármű és az azt körülvevő közlekedési situációk típusa. Így a paraméterek hangolása – különösen a biztonság szempontjából elemző algoritmus esetében – csak a céljármű által szolgáltatott információk ismeretében végezhető el. Mivel a gyakorlatban nehezen kivitelezhető a paraméterek on-line beállítása azok nagy száma miatt, valamilyen módon a már rögzített CAN-információk felhasználásával, többszöri visszajátzásával lehet jó közelítéssel beállítani a megfelelő paramétereket.

A Simulink-szoftverrendszer lehetőséget ad arra, hogy „asztalon” vizsgáljuk a paraméterváltoztatások hatását. Biztosítani kell azonban azt is, hogy az adott időpillanatokhoz tartozó, fülkében,



13. ábra: DAF CF85 típusú nyerges vontató

forgalmi szituációban, útviszonyon és rakományon érezhető hatásokat az eredményekkel szinkronban reprodukáljuk. Ennek a lehetőségekhez mérten legjobb eszközüül a teszt videokamerás rögzítését választottuk. Ugyanakkor a kamerás megfigyelés önmagában nem elegendő a vezetői stílus meghatározására, mivel elhelyezésétől, valamint felfogásától függően adatokat veszíthetünk a kiértékelés során. Alapból hibás feltételezésekre enged következtetni, ha a kamera a fülkében lett elhelyezve. Ekkor ugyanis a fülke „önálló élete” miatt a kamera által rögzített kép akkor is ugrálhat, ha a vezető nem ment bele gödörbe, vagy pedig nem rángatta meg a járművet.

További fontos szempont, ami a kamerás mérés idejének határt szabhat, az emberi tényező. Egyszerre figyelni a diagramon kirajzolódó vezetői osztályokat, az azokat befolyásoló különböző tényezőket, és mindemellett még a kamera által rögzített videót is, az embert próbáló feladat, és sok hibalehetőség forrása lehet. Ha viszont a mérés során jelentkező különböző behatásokat nem képileg rögzítjük, hanem mikrofonon keresztül audio formátumban tároljuk, akkor hallás után a diagramokat követve könnyebb a kiértékelés, kevesebb a hibalehetőség. Ekkor viszont a mérést végzőnek minden egyes történést akkor kell közölnie, amikor az ténylegesen megtörténik.

MÉRÉS ELŐKÉSZÍTÉSE

A mérést egy DAF FT CF85 típusú, 4x2-es 430 Le-s vontatón, és a hozzá csatolt Schwarzmüller tartálykocsin végeztük. A járművet már korábban ellátták GPS nyomkövető rendszerrel.

Mivel a kiértékelés alapja a jármű hossz- és keresztirányú gyorsulási jelei, valamint az FMS CAN-ről érkező adatok, így a nyerges vontatót fel kellett szerelni gyorsulásérzékelővel (VDSU).



14. ábra: VDSU felfogatása tartólemezzel

VDSU

A VDSU™ (Vehicle Dynamics Sensor Unit) műszer csúcstechnológiájú szögsebességsenzort (giroszkóp) és gyorsulásérzékelőket tartalmaz, a mért adatokat nagy sebességgel továbbítja a beépített CAN-buszon keresztül.

Az eszköz alapkonfiguráció szerint 10 ms-onként küldi ki a CAN-adatbuszra a mért X,Y irányú gyorsulás, Yaw-rate és hőmérsékletadatokat.

A felszerelésnél igyekezni kell megtalálni a jármű súlypontját, így nem eredményez többlet oldalgyorsulási jeleket kanyarodáskor a jármű, és a Yaw-rate adatokat sem kell a készülék és a súlypont távolságának arányával kompenzálni, ezért elhelyezése a nyereg előtti, a létraváz keresztösszekötő elemére történt.

AUTOBOX

Ahhoz, hogy a jármű FMS CAN rendszeréről, valamint a gyorsulásérzékelőről bármilyen jelet is fel tudjunk használni a Matlab Simulink számára, ahhoz szükség van egy olyan hardveres, valamint szoftveres egységre, amely a beérkező kódolt jeleket a laptop számára értelmezhető adatokká konvertálja, és a befördített programok segítségével fel is tudja azokat dolgozni.

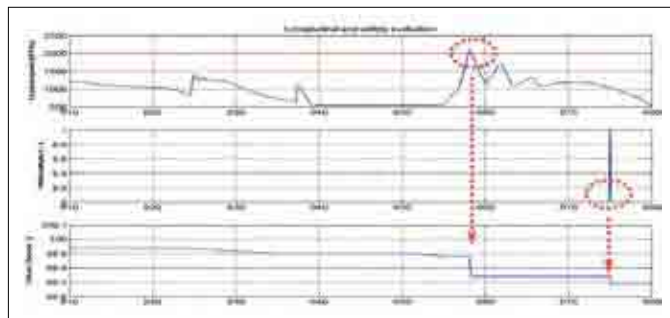
Erre a feladatra szolgál az AutoBox, amely egy egységes, bővített számítógép a járművön végzett kísérleti folyamatok számára. Az AutoBox zárt rendszeren keresztül kapcsolódik a notebook-hoz, lehetőségét biztosítva ezzel az



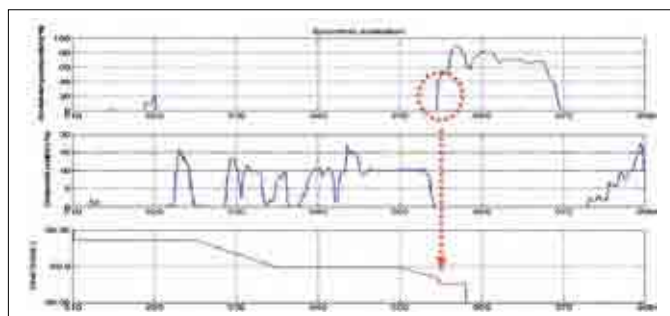
15. ábra: AutoBox



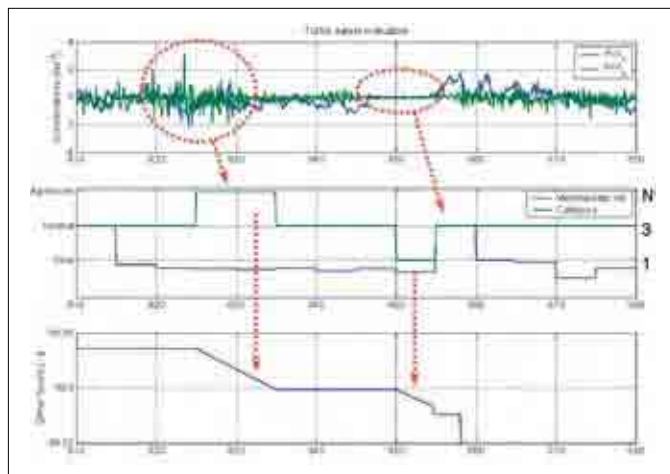
16. ábra: teljes rendszer elhelyezése a fülkében



17. ábra: hosszirányú és biztonságirendszer-jelek kiértékelése



18. ábra: energiatakarékossági értékelés



19. ábra: közlekedésbiztonsági értékelés

utasülésről történő ControlDesk felület használatához a mérés ellenőrzésekor.

A teljes telepített rendszer a VDSU kivételével az utasfülkében lett elhelyezve. A tápellátásról a kamion saját 24 V-os rendszere gondoskodott a szivargyújtó-csatlakozáson keresztül. Egy DC/DC átalakító szolgáltatja a 19 V-os feszültséget a laptop számára, valamint közvetlenül kapta az áramot az AutoBox és a VDSU.

MODELL LOGIKAI ELEMZÉSE

A validáció során a vizsgálat tárgya az algoritmus logikájának ellenőrzése volt. Kiszámú, de változatos input segítségével ellenőriztük, hogy az adott inputváltozásra az elvárt kimeneti eredményt kapjuk-e.

A 17. ábra jól mutatja, hogy a 2000 RPM-ként meghatározott fordulatszám-átlépése elkezd csökkenti a vezető pontszámát. Még közelebről az is megfigyelhető, hogy ez a túllépés mértékével arányos. Ezután a 875 sec körül aktiválásra kerül egy rövid időre az ABS-rendszer, mely ismét pontszámcsökkenést, azaz büntetőpontot eredményez.

A 18. ábrán már az energiatakarékosság elemzése látható. Esetünkben a gázpedál-pozíció gradiense a 855 sec körül lépi túl a megengedett mértéket. A sofőr túlzottan hirtelen lép a gázra növelve ezzel a fogyasztást és az emissziót. A sofőr pontszáma ennek megfelelően láthatóan csökken, de mivel a gradiens csak nagyon rövid ideig, a pozícióemelkedés elején nagy, a csökkenés mértéke viszonylag kicsi.

A közlekedési biztonságot elemző modul viselkedése látható a 19. ábrán. Az első jelölés tartományában mind a kereszt, mind pedig a hosszirányú gyorsulás értéke nagy, ezért alakulhat ki az agresszív besorolás. Később egy nagyon erőtlen, kis hosszgyorsulást eredményező fékezés és a nulla körüli oldalgyorsulás eredményeképpen a minősítés lassú. Ezen szakaszt egy megállás követ, ami alatt a gyorsulások nulla körüliek, ezért inaktív a minősítés, a tagsági érték helyett a 2-es értéket kapjuk a kék görbén és normál stílusú a vezetők, nem kap büntetést.

KÖVETKEZTETÉSEK

A projekt keretében sikerült egy olyan kamionnal mérnünk, amelyet felszereltünk a vezetői stílus megállapításához szüksé-

ges mérő-, valamint kiértékelőberendezésekkel. Ezen túlmenően több napi méréssel rendelkezünk, amelyet két sofőr mellett hajtottunk végre.

Mindezek segítségével kifejlesztettünk egy olyan algoritmust, ami képes különbséget tenni vezető és vezető között a közúton tanúsított viselkedése alapján, amivel mind a balesetmentes közlekedésre, mind pedig a gazdaságos üzemeltetésre is hatást tud gyakorolni. A rendszer meg tudja mutatni a sofőr sajátos vezetési stílusát, agresszivitását, a vezetés közben okozott hibáit. A mérés során részt vevő két sofőr között is megmutatkoztak ezek a különbségek. Míg az egyik „tapasztaltabbnak” tűnt a különböző szituációkban, addig a másik sofőr kissé dinamikusabban kezelte a rá vonatkozó szabályokat és elvárásokat. (Legyen az sebességtúllépés vagy rossz úton történő haladás.) Persze csupán mindezek alapján nem lehet egy vezetőre egyértelműen ráhúzni, hogy agresszív vagy normál stílust képvisel, mivel a kevés számú sofőr mellett végzett mérés nem adhat átfogó képet a teljes flotta alkalmazottjainak stílusáról. Azonban arra tökéletesen alkalmas, hogy a mérés során résztvevőket egymással össze lehet hasonlítani.

Korszerű szabályozások a közúti forgalomirányításban

Dr. Varga István

Dr. Kulcsár Balázs

Luspay Tamás

Tettamanti Tamás

Közlekedésautomatikai
Tanszék

Az EJJT 1.1 Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása alprojektjében az egyik legmarkánsabb terület a közúti forgalomirányításhoz kötődő új szabályozó algoritmusok kidolgozása, és az ehhez kapcsolódó zárthurkú szimulációs rendszer kidolgozása volt. A közúti témakörben két területen végeztünk komolyabb kutatást és értünk el eredményeket. Modern irányításelméleten alapuló, városi és gyorsforgalmi forgalomirányító rendszer tervezését folytattuk. A kidolgozott algoritmusok tesztelésére és továbbfejlesztésére egy zárthurkú közúti szimulációs rendszert építettünk fel.

We researched in the framework of Advanced Vehicles and Vehicle Control Knowledge Center 1.1. The development of new control algorithms for road traffic control and the closed-loop road traffic simulation system was one of the most significant works of this subproject. We researched and achieved favorable results in two fields of road traffic control. We developed urban and freeway traffic management systems based on modern control theory. To test and improve the created algorithms we developed a closed-loop road traffic simulation system.

1. BEVEZETÉS

A növekvő közúti járműforgalom hatására egyre nagyobb kihívás nehezedik a közúti forgalomirányításra, hogy a lehetőségekhez mérten képes legyen kielégíteni az igényeket. A forgalom hatékony irányítása összetett feladat, több feltétel alapján kell optimalizálni és előállítani a szükséges célfüggvényt.

Az egyes közlekedési egységeket, lokális szituációkat már nem lehet önállóan, magukban vizsgálni és irányítani, csak egy egész hálózat részeként, mint a nagy rendszer érdekeit kiszolgáló elemi pontokat. Az összetett, bonyolult rendszerek szabályozására számos általános irányításelméleti megoldás létezik, amelyek a közúti forgalomirányítás területén is sikeresen használhatók fel. A pontosan meghatározott minőségi jellemzők alapján a korszerű irányításelmélet képes a forgalom megfelelő szabályozására.

2. VÁROSI FORGALOMIRÁNYÍTÁS

A korszerű városi forgalomirányításnak alkalmazkodnia kell a napjaink nagyvárosaiban jelen lévő túltelített hálózatokkal. Ebben a környezetben a klasszikus követési idő alapú forgalomfüggő szabályozás már nem ad megfelelő megoldást, szükséges új elvek kidolgozása. Az ezen a területen végzett kutatásaink elsősorban három területen hoztak eredményt: a fordulási ráta becslése, egyedi jelzőlámpa-szabályozás torlódásdetektálással, illetve jelzőlámpás, városi hálózat forgalomfüggő irányítása.

Fordulási ráta (célforgalmi mátrix) becslése: a közlekedési áramlat egyik jellemző paramétere a célforgalmi mátrix, annak elemei egy egyszerű csomópontban a fordulási ráták. A célforgalmi adatok nem mindig mérhetőek automatikus berendezésekkel, ezért ezek becslésére kidolgoztunk egy állapotmegfigyelőt. A mátrix becslésére a fennálló korlátozások figyelembevételére is alkalmas Mozgó Ablakos Becslést (cMHE) használtuk fel, ahol a cél a következő funkcionál minimalizálása úgy, hogy közben kielégítjük a dinamikai egyenletet és a mérési egyenletet:

$$\min_{(\bar{x}_{k-N-1}, w_{k-N-1|k}, \dots, w_{k-1|k})} \Psi_k$$

$$\Psi_k = w_{k-N-1|k}^T Q_0^{-1} w_{k-N-1|k} + \sum_{j=k-N}^{k-1} w_{j|k}^T Q^{-1} w_{j|k} + \sum_{j=k-N}^k v_{j|k}^T R^{-1} v_{j|k} + \Psi_{k-N}^* \quad (2.1)$$

Egyedi jelzőlámpás forgalomirányítás torlódásdetektáló szűrővel [2], [3]: az egyedi kereszteződések jelzőlámpás szabályozásának elsődleges célja a csomópont elsőbbségi viszonyainak meghatá-

rozása, valamint a biztonságos járműáthaladás biztosítása úgy, hogy a forgalom lefolyásának minőségi jellemzői a legjobban alakuljanak. Ezek a jellemzők a teljes áthaladási idő, a sorban álló járművek száma, a megállások száma, a környezeti terhelés, illetve egyéb minőségi mérőszámok. Olyan új szabályozó struktúrát dolgoztunk ki, amelyben a torlódási információ birtokában lehetőség van az aktuálisan kiválasztott célfüggvény kielégítése érdekében a soron következő ciklus fázistervét módosítani. A torlódási információ (reziduál) meghatározása egy hibadetektáló szűrővel lehetséges. A szűrő, amely egy nem teljes rendű állapotmegfigyelő, a következő módon írható fel diszkrét LTI esetre:

$$z(k+1) = Fz(k) - Ey(k) + \bar{D}u(k)$$

$$r(k) = Mz(k) - Hy(k) \quad (2.2)$$

ahol r a reziduál értéke (amely az x_r várható értéke), z a szűrő állapota, az F , E , D , M , H paramétermátrixok pedig a rendszer folytonos idejű hibadetektáló szűrő mátrixainak diszkrét idejű megfelelői.

Jelzőlámpás, városi hálózat forgalomfüggő irányítási modell prediktív szabályozással:

Amikor két jelzőlámpás kereszteződés között viszonylag kevés a távolság, akkor a forgalomirányító berendezések működését célszerű összehangolni valamilyen optimalizálási cél érdekében. Az összehangolás alatt nemcsak a két szomszédos kereszteződés fázisterveinek eltolásával (zöldhullám) létrejövő beavatkozás értendő, hanem a csomópontok olyan irányítása, ahol a szabályozás figyelembe veszi azok egymásra gyakorolt hatását is. Az általunk kifejlesztett szabályozó elsődleges feladata, hogy az irányítás hatókörzete alá vont jelzőcsoportok számára előállítsa a szabad jelzésidők hosszát, majd ezután az összehangoláshoz szükséges fáziseltolásokat kiszámítsa. A feladatban szereplő, a sorhosszakat minimalizáló MPC-szabályozó költségfüggvénye az alábbiak szerint alakul:

$$J(k) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_p} [x_i^T(k) Q x_i(k) + u_i^T(k) R u_i(k)] \quad (2.3)$$

ahol N_p a predikciós horizont hossza. A megoldást a következő korlátozó feltételek mellett keressük: a zöld időre alsó és felső

$$\bar{u}_i \geq t_{MIN} \quad \forall i \quad \bar{u}_i \leq t_{MAX} \quad \forall i \quad (2.4)$$

Továbbá az u zöldidő értéke csomópontként nem lehet nagyobb egy adott értéknél:

$$\sum_{i=1}^{O_j} \bar{u}_i \leq t_j^{MAX} \quad j = 1 \dots J \quad (2.5)$$

ahol O_j a j -ik kereszteződéshez tartozó irányított járműoszlopok száma, J az irányított kereszteződések száma.

3. GYORSFORGALMI UTAK FORGALOMIRÁNYÍTÁSA

A gyorsforgalmi utak forgalomirányítása hazánkban még kevésbé elterjedt, azonban külföldön számos helyen sikerrel alkalmazott eljárás, melynek segítségével autópálya-hálózatok forgalmi viszonyai befolyásolhatóak. A modern közúti forgalomirányítás nem szorítkozik csupán a közvetlen beavatkozásra, hanem magába foglalja a beavatkozás előkészítésének folyamatát is. Így kutatásunk során az egyes rendszerösszetevőkkel foglalkoztunk és a következő eredményeket értük el:

Forgalommodellezés [9]: a modern forgalomirányítás alapja az autópálya forgalmát megfelelő módon leíró matematikai modell. Jelenleg a szakirodalomban a másodfokú modell használatos, mely a forgalom precíz reprodukálása miatt nemlineáris egyenletekkel dolgozik. Megfelelő irányítási és becslési algoritmusok kidolgozására azonban nagydimenziós nemlineáris modellek esetén nincs általános elmélet. A másodrendű modell tulajdonságait megőrizve kidolgoztunk egy lineáris változó paraméterű (LPV) forgalmi modellt, mely a nemlinearitást mint paraméter kezeli, és megőrzi a lineáris struktúrát a paraméterektől függő együtthatómátrixokon keresztül:

$$x(k+1) = A(p(k))x(k) + B(p(k))u(k) \quad (3.1)$$

Az invariáns alterek felhasználásával számolhatóvá váltak olyan fontos rendszertulajdonságok, mint az irányíthatóság és a megfigyelhetőség. Továbbá különböző irányítási stratégiák alkalmazásának szükségességét is kimutattuk a rendszer kvadratikus stabilizálhatóságának vizsgálatából, mely a következő lineáris mátrix egyenlőtlenség megoldhatóságára vezetett:

$$\begin{bmatrix} G^T + G - Q & G^T A(p(k))^T + Y^T B(p(k))^T \\ A(p(k))G + B(p(k))Y & Q \end{bmatrix} > 0 \quad \forall p \in i \quad (3.2)$$

Automatikus eseménydetektálás [8]: az autópályán elhelyezett induktív hurokdetektorok csak a telepítésük helyén szolgáltatnak információt a forgalom lefolyásáról. A másodrendű forgalmi modellt és az irányításelméletből ismert állapotbecslési elméletet felhasználva kiterjesztett Kálmán-szűrőt terveztünk, mely képes a lokális detektormérésekből rekonstruálni a detektorok közötti forgalmi viszonyokat, a becslés kovarianciájának minimalizálása által:

$$\varepsilon \left[(x(k) - \hat{x}(k))(x(k) - \hat{x}(k))^T \right] \rightarrow \min \quad \forall k \quad (3.3)$$

Az algoritmust balesetek detektálására használtuk, az M3-as gödöllői szakaszáról gyűjtött forgalmi adatokkal teszteltük és eredményesen alkalmaztuk balesetek azonosítására.

Beavatkozási algoritmusok: a forgalmi modellt felhasználva két beavatkozási lehetőséget vizsgáltunk: felhajtásszabályozás és dinamikus sebességkijelzés. Mindkét irányítási mód esetén első rendű modell alapján terveztünk irányítást, amely segítségével a gyorsforgalmi hálózatok áteresztőképessége növelhető. A felhajtásszabályozást mint diszkrét idejű LQ-probléma fogalmaztuk és oldottuk meg, melynek során a minimalizálandó költségfüggvényt:

$$J(x, u) = \sum_{k=1}^K \left[(\rho - \rho_{cr})^T Q (\rho - \rho_{cr}) + (r - r_d)^T R (r - r_d) \right] \quad (3.4)$$

alakban választottuk meg, ahol ρ a szakasz forgalomsűrűsége, míg r a felhajtó járműszám.

Az algoritmusok tesztelésére kifejlesztett zárthurkú szimulációs környezetben vizsgáltuk a módszereket, melyek átlagosan 10 százalékos kapacitásnövekedést eredményeztek.

Hardverkomponensek telepítési terve [7]: az elméleti kutatá-

sokon túlmenően célunk, hogy az eredmények mihamarabb valós környezetben is implementálhatóak és Magyarországon is alkalmazhatóak legyenek. Rendszerterv készült a beavatkozási lehetőségek megvalósításáról, a tervezés folyamatáról és a telepítés során figyelembe veendő műszaki és forgalomtechnikai szempontokról.

4. ZÁRTHURKÚ KÖZÚTI SZIMULÁCIÓS RENDSZER

Az előző fejezetekben bemutatott irányítási stratégiák vizsgálatához, teszteléséhez egy közúti és egy gyorsforgalmi hálózatrész modellezésére, valamint a tervezett irányítórendszerek működési modelljének megalkotására volt szükség. A modellezési lépések során sikerült egy olyan zárthurkú közúti szimulációs keretrendszert létrehozni, amely bármilyen más hálózat, ill. szabályozó rendszer modellezésének alapjául szolgálhat.

A forgalom modellezése VISSIM 0 alkalmazásával történt, amely egy mikroszkopikus forgalomszimulációs szoftver. A program képes több csomópontból álló hálózat szimulációjára, és megengedi külső logika beépítését az irányítási folyamatokba. A VISSIM ezen kívül igen jó grafikus megjelenítésre képes, így három dimenzióban is megfigyelhetjük a modellezett hálózat viselkedését.

Az alkalmazott szabályozási algoritmusok komplexitása külső program alkalmazását is szükségessé tette. Így került a modellezési folyamatba a MATLAB 0 tudományos-matematikai szoftver is, amely különösen jól alkalmazható modern irányításelmélet alapú problémák megoldásához.

A forgalomszimulációs program és a MATLAB közötti kommunikációt indirekt módon sikerült megvalósítani, mivel a VISSIM-mel „kivülről” csak COM-felületen lehet kommunikálni. A szoftverek közötti kapcsolat vezérlésére egy külön alkalmazás megírására volt szükség, amelyet Microsoft Visual C++ programnyelven készítettünk el. Az így kialakított zárthurkú szimulációs rendszert az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: zárthurkú közúti szimulációs rendszer

A zárthurkú rendszer működése során a vezérlőprogram hozzáfér a VISSIM-ben futó szimuláció forgalomtechnikai adataihoz (forgalomsűrűség, átlagsebesség, jelzők állapota stb.). A mért adatok a számítógép memóriájába kerülnek, így azok a MATLAB számára is elérhetőek lesznek. A szabályozási algoritmus lefutása után előállnak a hálózat számára létrehozott szabályozó jelek (fázisidők), amiket a MATLAB szövegfájlba helyez. A C++ alkalmazás pedig COM-interfészen keresztül az új fázisidőknek megfelelően módosítja a forgalomirányító berendezések fázisterveit.

Irodalom

- [1] Kulcsár, B., Varga, I., Bokor, J.: „Constrained Split Rate Estimation by Moving Horizon” 16th IFAC World Congress Prague, Czech Republic, July 3-8, 2005, IFAC2005 DVD „\Fullpapers\03276.pdf”
- [2] Varga, I., Bokor, J.: New Approach in Urban Traffic Control Systems, Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng., Budapest, Hungary, 2007, Vol. 35. No 1-2. pp. 3-13

- [3] Varga István, Kulcsár Balázs, Bokor József: Modern közúti forgalomirányítás II., Jelzőlámpás szabályozás. Városi Közlekedés 2006/3. pp. 161–165.
- [4] Varga István: Közúti folyamatok paramétereinek modell alapú becslése és forgalomfüggő irányítása. PhD-értekezés.
- [5] Diakaki, C., M. Papageorgiou, and T. McLean (1999). Application and evaluation of the integrated traffic-responsive urban corridor control strategy IN-TUC in Glasgow. Proceedings of the TRB 78th Annual Meeting, Washington D.C., U.S.A., to appear
- [6] Luspay Tamás, Preitl Zsuzsa, Varga István: Autópálya főfolyamának és felhajtó forgalmának együttes szabályozása sebességkorlátozással, telepítési terv (1.1-K1-3) EJJT RET Kutatási jelentés 2007 (32 oldal)
- [7] Luspay Tamás, Varga István, Kulcsár Balázs, Preitl Zsuzsa: Valós mérési elrendezés és rendszertelepítés tervezése (1.1-K2-3) EJJT RET Kutatási jelentés 2006 (18 oldal)
- [8] Luspay T., Varga I., Kulcsár B.: Modeling and parameter estimation in road traffic systems, Proceedings of MITIP 2006.
- [9] Luspay T., Kulcsár B., Varga I., Bokor J.: Modeling freeway traffic flow: an LPV approach, Proceedings of EUROSIM 2007.
- [10] VISSIM: www.vissim.de
- [11] MATLAB: www.mathworks.com
- [12] Roca V.: VISSIM COM, User Manual for the VISSIM COM interface PTV Planung Transport Verkehr AG, 2005.

Szoftveres folyamatanalízis, nagyméretű közúti közlekedési hálózatok optimalizálására

Dr. Péter Tamás
egyetemi docens, BME
Közlekedésautomatikai
Tanszék

Stróbl András
demonstrátor, BME Közle-
kedésautomatikai Tanszék

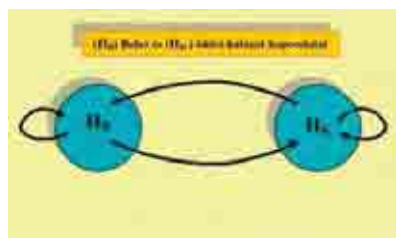
Fazekas Sándor
demonstrátor, BME Közle-
kedésautomatikai Tanszék

Cikkünk, nagyméretű közúti közlekedési hálózatok költséghatékony folyamatanalízisére kifejlesztett szoftvert tárgyal. Bemutatásra került a matematikai modell is, amelyet a szoftver alkalmaz, és amelynek segítségével a modellezett közlekedési hálózat szimulációja kiterjedt úthálózat esetén is gyors lefutású. A szoftver integrálja a közlekedési hálózatok tervezését, azok 24 órás szimulációját és a kiszámított különböző forgalmi jellemzők további analízisére alkalmas, időtől függő diagramos reprezentációját is.

The article describes our software development about cost efficient progress analysis of large-scaled vehicular transport networks. There is demonstrated a mathematical model, which is successfully applied in our software. With this model, we are able to simulate extended road-systems very quickly. Our software integrates the construction of traffic networks, their 24-hour simulation, and the interpretation of calculated traffic proper for analysis, also the representation their function of time in diagram.

1. BEVEZETŐ

Az n db belső útszakaszból álló közlekedési hálózati modellünk írja le azt a közúti/városi közlekedési rendszert, amely egy zárt görbével körülhatárolt tartományában helyezkedik el. Ez esetben a (H_b) belső hálózaton kialakuló járműsűrűségek a rendszer állapotjellemzői, rendre $x_1(t), x_2(t), x_3(t), \dots, x_n(t)$. A modell, a (H_k) külső hálózat azon részhálózatát is használja, amely olyan m db szakaszból áll, amelyeknek közvetlen kapcsolatuk van valamely belső szakasszal. Az ezeken kialakuló járműsűrűségeket jelöli $s_1(t), s_2(t), \dots, s_m(t)$, amelyeket mérések alapján ismerünk. A hálózatot leíró matematikai modellünk



1. ábra: a belső és külső hálózat kapcsolatai

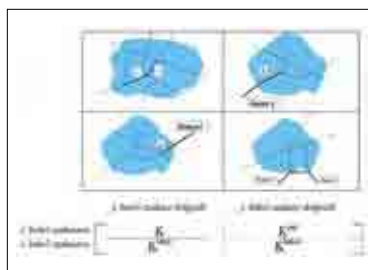
figyelembe veszi a hálózat tartományon belüli belső és a tartományon kívüli külső kapcsolatait is (1. ábra):

A hálózati matematikai modell megalkotásához tehát, alapvető fontossággal bírt a hálózatot definiáló kapcsolati mátrix, amely egy hiper-mátrix. [1,2,3].

A tárgyalott modell alkalmazható a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok szimulációs vizsgálatára, tervezésére és a közlekedési rendszerek szabályozására. A matematikai modell felírásakor a belső szakaszok sűrűségére az alábbi elsőrendű nemlineáris differenciálegyenlet-rendszert kaptuk [1,2,3].

$$\dot{x}(t)'_{(n \times 1)} = \langle 1/l_i \rangle_{(n \times n)} [K_{(n \times n)} x(t)_{(n \times 1)} + K_{inp(n \times m)} s(t)_{(m \times 1)}] \quad (1)$$

Ahol: $\langle 1/l_i \rangle$ a belső szakaszhosszak reciprokait tartalmazó diadonális mátrix, a $K(x(t),s(t))$ és $K_{inp}(x(t),s(t))$ kapcsolási



2. ábra: a belső és külső hálózat kapcsolatai hiper-mátrixa

mátrixok elemei a kapcsolási függvényeket és a sűrűségi állapotoktól függő függvényeket tartalmazzák, az elemek fizikai jelentése sebesség.

2. NÉHÁNY MEGJEGYZÉS

Egy közúti közlekedési modell általában igen bonyolult:

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

Mindezek ellenére a használható modellel szemben alapkövetelmény a hatékonyság:

- A modell vegyen figyelembe minden olyan elemet, amely a rendszer működése során tényleges hatást gyakorol és elhanyagolása eltorzítaná az eredményeket.
- Matematikailag legyen korrektül megalapozott.
- A szimuláció esetén numerikusan gyors legyen. Szabályozás esetén legalább valós idejű szabályozás valósuljon meg.
- Ennek érdekében speciális makroszkopikus modellt alkalmaztunk, ezáltal elkerüljük a parciális differenciál-egyenlet-rendszerekre vezetett matematikai modellt.
- Speciális modellünkben nem kap kitüntetett szerepet a csomópont! Szakaszok vannak, amelyek kooperálnak vagy nem. (Pl. speciális szakasz a parkoló is és kooperálhat két párhuzamos sáv is).
- Modellünkben a járműsűrűség alatt az egy szakaszon tartózkodó járművek együttes hosszának és a szakasz hosszának arányát értünk.

3. TARTOMÁNY, HÁLÓZAT, SZAKASZ, ÁLLAPOTJELLEMZŐK, MODELL

- A közúti közlekedési modellünk egy zárt görbe által körülhatárolt – nem feltétlen egyszeresen összefüggő – tartományban elhelyezkedő úthálózat szakaszain, az áramlás következtében fellépő járműsűrűségeket vizsgálja.
- A tartományba beáramló és onnan kiáramló járműfolyamatokat

ismertnek tekintjük. Ezek a közlekedési folyamatok – első ránézésre – „inputjai” és „outputjai” a közlekedési rendszernek.

- Valójában ezek (a tartományon kívüli bevezető útszakaszokon mért járműsűrűségek mint gerjesztések, a tartományon kívüli kivezető szakaszokon mért járműsűrűségek pedig mint fojtások) együtt alkotják a matematikai modell tényleges inputfolyamatait.
- A tartomány útszakaszain fellépő $x_i(t)$ sűrűségek a rendszer állapotjellemzői.
- n belső és m külső útszakaszból álló közlekedési hálózati modellt alkalmazunk.
- Ebben a tartományban a térkép alapján beszámozunk minden figyelembe veendő útszakaszt és parkolót.
- A matematikai modell megalkotásához alapvető fontossággal bír a hálózatot definiáló kapcsolati mátrixok megadása (2. ábra). A modellünk négy kapcsolati mátrixot alkalmaz.
- Végül, nemlineáris hálózati modellt vizsgálunk. (1)

4. PROGRAMFEJLESZTÉS

A programunk egy nagyméretű közúti közlekedési hálózatokra kifejlesztett szoftver. A működését az [1,2,3] által bemutatott nemlineáris hálózati modell szabja meg. A szoftver fejlesztése közel két éve indult el a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Ez idő alatt számos verziót adtunk ki; a kezdeti hibákat orvosolva, majd a folyamatosan növekvő felhasználói igényekhez alkalmazkodva újabb és újabb funkciókkal bővült a program.

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

A program korábbi verziói Delphi 5-tel készültek; azonban a harmadik verziót már a .net keretrendszerre írtuk C# nyelven, a Microsoft Visual C# 2008 Express segítségével. Az új környezettel gyorsabb lett a programfejlesztés, egyszerűbb a hibakeresés. Az implementálást természetesen gondos újratervezés előzte meg, azt szem előtt tartva, hogy objektumorientált, könnyen továbbfejleszhető, módosítható legyen a programunk.

5. DINAMIKUS BÉTÁK

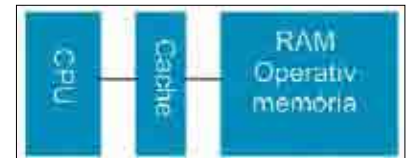
A második verzióknak tekinthető szimulációs motorban bevezettük az alternatív statikus béta tényezőket (ide sorolhatók mindazok a tényezők, amelyek a közúti járműközlekedést korlátozzák), úgymint pl. keresztező járműforgalom, a kerékpárosok, gyalogosok stb. befolyásoló szerepét figyelembe vevő módosító hatásokat.

Ennek egy továbbfejlesztett megoldását tartalmazza a legújabb szimuláció implementáció. Időtől függő, dinamikusan változó béta objektumokat adhatunk hálózatunkhoz, így még inkább alkalmazkodhat modellünk az egyes napszakok jellemző forgalmi viszonyaihoz. A továbbiakban a dinamikus (állapotjellemzőtől is függő) béták használata további távlatokat nyit meg a modell működésének fejlesztéséhez, ezek segítségével ugyanis megoldható, hogy figyelembe vegyük az útszakaszok forgalmi állapotváltozását és a topológiai elhelyezkedését is.

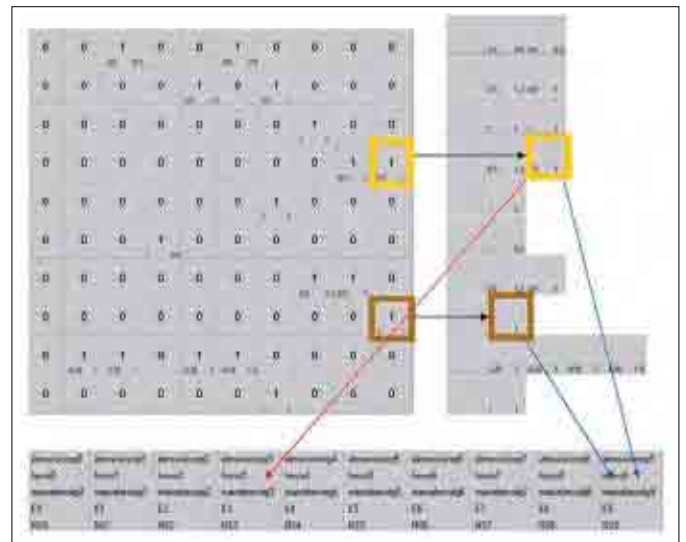
6. MEGNÖVEKEDETT TELJESÍTMÉNY

A szimuláció korábbi (második) verziójának teljesítményét illetően feltételeztük, hogy – a szakaszok számának növekedésével – lineárisan nő a szimulációs idő. Azonban, a gyakorlat nem ezt mutatta – bár lényeges gyorsulást értünk el az első verzióhoz képest –, nagy szakaszszámnál négyzetesen nőtt a futáshoz szükséges idő. Az elmélet és a tapasztalatok közötti eltérés okát a szimulációs

algoritmus tárigényében találtuk meg. Hiába volt az algoritmus elméletileg lineáris, a felhasznált memóriaterület négyzetesen nőtt a szakaszok számával, egyre több átugrandó, „felesleges” adatot tartalmazott a memória (ennek oka, hogy a számítási algoritmus a mátrixos matematikai reprezentációra épült).



3. ábra: a cache elhelyezkedése

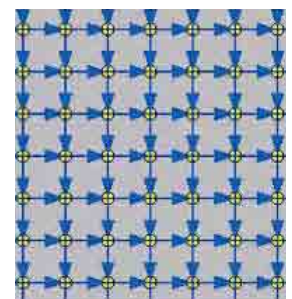


4. ábra: a korábbi mátrixos elrendezés és az új listás adattárolás kapcsolata

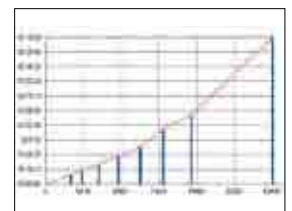
Ebből adódóan az operatív memória és a processzor közti gyorsítótár (cache) találati aránya egyre rosszabb lett a szakaszszám növelésével, az alkalmazáshoz szükséges futási idő négyzetesen kezdett emelkedni nagy szakaszszám esetén.

Az újraírt szimulációs motor (harmadik verzió) ezt a gyengeséget orvosolja: sokkal jobban gazdálkodik a memóriával, mint a korábbi verziók, hiszen lineárisan nő a tárigény a hálózat méretével.

Ehhez a fenti ábra bal oldalán látható mátrixos adattárolás helyett a jobb oldalt és lent látható listás szerkezeteket vezettük be. A szerkezetet mutatókkal támogattuk meg, ezeket a pontereket pedig arra használtuk, hogy a mátrixon végzett műveleteket matematikailag értelmezhesük az új adatszerkezeten. Így minden lépést megvalósíthatunk, amit a matematikai modell megvalósított, emellett a lineáris tárigényt és nagyságrendileg a lineáris futásidőt is elértük!



5. ábra: az automatikusan generált kereszteződések és szakaszok



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

7. TESZTEK

Automatikusan generált nagyméretű hálózatokon (akár 62 000 kapcsolatot is felvéve) teszteltük az új szimulációs motort, amely

már tényleg közel van a linearitáshoz a nagy úthálózatoknál is (62 000 kapcsolattal kb. 7 óra alatt futott le a modellidő szerinti 24 órás szimuláció, egy átlagos asztali PC-n).

8. JELZŐLÁMPÁK

A jelzőlámpák kezelési algoritmusai is kifinomultabbak lettek; a kezdeti maradékos osztásos módszer helyett a program intelligensen kezeli a lámpaprogramozási időpontokat, ciklusidejüket, fáziseltolásukat. Ugyancsak megvalósíthatóvá vált a sárgán villogó lámpa szimulációjában történő elhelyezése.

9. BALESETEK MODELLEZÉSE ÉS ÁLLAPOT-VISSZAÁLLÍTÁS

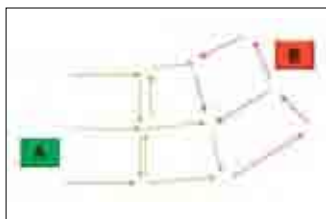
Felmerült az igény a balesetek okozta közlekedési zavarok modellezésére is, illetve az egyes napközbeni állapotok újbóli megtekinthetőségére is. Utóbbi csak grafikus úton volt megoldható (diagramok elmentése, majd betöltése), előbbi pedig statikusan, azaz a programkód módosításával, és teljes, 24 órára vonatkozó szimuláció futtatásával. Mindkettőre megoldást jelent, ha meghatározott időközönként mentésre kerülnek a hálózati paraméterek, és a rendszer szimulációja visszaállítható erre az időpontra, illetve ezen innen folytatható az. Ily módon közbeiktatható egy baleset, egy forgalomelterelés, vagy éppen újabb útszakaszokat jelölhetünk ki részletes elemzésre.

10. A JÖVŐ A PÁRHUZAMOSÍTÁS, A TELJESÍTMÉNY FOKOZÁSÁRA

A számítási algoritmus speciális tulajdonsága, hogy nagymértékben párhuzamosítható. Ezt, a jövőben történő továbbfejlesztésekkor kihasználhatjuk a számítási kapacitás növelésére: vagy többmagos processzorokon egyszerre több szál futtatva érhetünk el jobb számítási sebességet, vagy akár egy LAN-hálózaton, több munkaállomás szinkronizálásával, párhuzamos kommunikációjával, hálózaton történő üzenetküldésekkel elméletileg tetszőlegesen méretű közlekedési hálózat leszimulálható pár óra alatt (megfelelő számú PC üzembe helyezésével). Ehhez a program indításakor a számításban részt



7. ábra



7.2. ábra: több PC között elosztott hálózat

vevő PC-knek közösen részekre kell osztani a hálózatot (például az A és B számítógép között, lásd 7. ábra), a számítási ciklus futása alatt pedig bizonyos járműátadásokat, illetve számításához szükséges adatokat a „szomszédos” hálózatrészhez tartozó számítógépeknek el kell küldeni. Így akár egy nagyváros részletes elemzése is gyorsan megvalósítható lehet!

11. PROGRAMUNK EREDMÉNYEI

Szoftverünk nagyméretű közúti közlekedési hálózatok átfogó modellezésére és analizésére alkalmazható. A szoftver által reprodukált közlekedési hálózat a valóságnak megfelelően képes – a felmért hálózat paramétereinek ismeretében, azt – a nap 24 órájára vonatkoztatva – szimulálni, majd az eredményeket grafikonos formában is rendelkezésre bocsátani.

A felvett hálózat egyes elemei tetszőlegesen módosíthatók, ill. a hálózat bővíthető is, tehát az egyes forgalmi paraméterek változása

után beálló állapotot, annak a hálózat egészére gyakorolt hatását folyamatanalízisnek vehetjük alá. A szoftver nagyfokú rugalmassága miatt messzemenőig költséghatékony módon végezhetjük el vele az infrastruktúrafejlesztést.

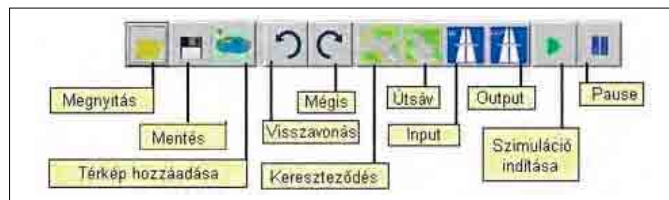
A szoftvert három fő egység építi fel; a tervezési, a szimulációanalízis és a vezérlés.

Tervezési szakaszban pontosan elhelyezhetjük az egyes útszakaszokat, parkolókat a különböző forgalombefolyásoló eszközöket (gyalogátkelőhely, kerékpárút, elsőbbségadást jelző táblák, jelzőlámpák stb.). A képernyőn ilyenkor látható térképen elhelyezett úthálózati elemek



8. ábra: az alkalmazás főbb komponensei

mind egy-egy interaktív felületet jelentenek, melyek paramétereit egyedi ablakokban állíthatjuk be. Az egyes elemekhez tartozó forgalombefolyásoló tényezők, az ún. β -tényezők figyelembevétele a modell alkalmazása során igen nagy szerepet játszik, ezért különös gondot fordítottunk rá algoritmizálás során. A dinamikus béták (időfüggő paraméterek) a kapcsolatot realizáló objektumban identifikálva kerülnek tárolásra. A hálózati elemek hozzáadása során a háttérben az [2,3]-ban leírt modell szerinti hipermátrix dinamikusan bővül a megfelelő elemekkel; az egyes kapcsolatok, lámpakoordináták stb. beírásra kerülnek.

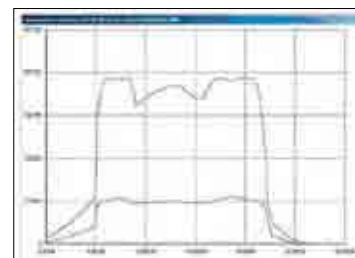


9. ábra: az eszköztár

A szimuláció indításakor jelentős háttérszámítások kezdődnek meg. A matematikai modell szerint a feldolgozandó adatmennyiség négyzetesen nő a hálózat elemeinek növekedésével.

Ezért a szimuláció megkezdésekor már egy speciális adatstruktúra áll rendelkezésre, amelyet a szoftver a leggyorsabb feldolgozhatóság érdekében hoz létre.

Szimuláció közben – gyors információt adva – a felvitt útszakaszok terheltségét folyamatosan jelzi azok színe és vastagsága, így a problémás útszakaszok nemcsak könnyen kiszűrhetők, de a teljes hálózat állapotáról áttekintést kaphatunk. Mivel az így is tekintélyes volumenű számítások jelentős hardverigényt támasztanak, szükségesszerű volt a megjelenítés és a számítások külön szálakra történő szétválasztása a processzorban.



10. ábra: egy útszakasz járműszám-idő grafikonja az optimalítás előtt és után

A szimuláció végeztével az elemzés következhet. A kívánt útszakaszok grafikonjait részletesen vizsgálhatjuk, korábbi teszteredményekkel összehasonlíthatjuk egyazon grafikonban, ill. ezek más szakaszokkal is összevetethetők. Amennyiben szükségesnek látjuk, a szimuláció visszaállítható korábbi időpontokra, hogy onnan ismét lefuttatható legyen.

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

Folyamatban van egy, a jelzőlámpák beállításainak optimalizálását célzó algoritmus kidolgozása, amely elvégzi egy tartomány teljes úthálózatán található jelzőlámpák összehangolt működését, így biztosítva a legnagyobb mennyiségű jármű átáramlását a hálózaton, de elkerülve a várakozási idők növekedését és a dugóban állást.

12. FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEK

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

ÖSSZEFOGLALÓ

Szoftverünk nagyméretű közúti közlekedési hálózatok átfogó modellezésére és analízisére alkalmazható. A szoftver által reprodukált közlekedési hálózat a valóságnak megfelelően képes – a felmért hálózat paramétereinek ismeretében azt – a nap 24

órájára vonatkoztatva szimulálni, majd az eredményeket grafikus formában is rendelkezésre bocsátani. A szoftver három fő egységből áll. A hasonló témájú programcsoportok esetében az úthálózat tervezése, a szimulációt végző program, valamint az analízisre alkalmas felületek külön-külön szoftverként kerülnek eladásra. Mi ezt a három részt egyesítettük.

A cikk az OTKA 60767 sz. lineáris és paraméterfüggő lineáris kapcsoló üzemmódú rendszerek irányítása c. kutatási téma támogatásával jött létre.

Irodalom

- [1] Péter T. – Bokor J.: Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása. A jövő járműve, 2006/1–2
- [2] Dr. Péter T. – dr. Bokor J.: Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok nemlineáris modelljének kapcsolati hipermátrixa, A jövő járműve, 2007/1–2
- [3] Péter T., Intelligens közlekedési rendszerek és járműkontroll. Előírások a közlekedés biztonságának növelésére. Bp. 2005. pp. 1–465. Magyar Mérnökakadémia Symposium.
- [4] Dr. Péter T. – Stróbl A. – Fazekas S.: Hazai szoftverfejlesztés a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok folyamatanalízisére, Budapest, 2007 Magyar Mérnökakadémia: Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés
- [5] Drew, D. R.: Traffic Flow Theory and Control, New York, McGraw-Hill Book Company, 1968
- [6] Maklári J.: Közforgalmú csomópontok teljesítőképességének vizsgálata. Városi közlekedés 2001/4
- [7] Markos Papageorgiou: Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems. Pergamon Press, 1991.
- [8] Kachroo P. – Özbay K.: „Feedback Control Theory for Dynamic Traffic Assignment”, Springer, 1999

Proporcionális féklámpák hatásvizsgálata

Fekete Róbert Tamás
doktorjelölt, PhD-hallgató,
BME Mechatronika, Optika
és Gépészeti Informatika
Tanszék

**Dr. habil
Ábrahám György**
az MTA doktora, egyetemi
tanár, BME Mechatronika,
Optika és Gépészeti Infor-
matika Tanszék

Az alábbi cikk tulajdonképpen egy nagyon rövid összefoglalóját nyújtja egy terjedelmes kutatásnak és kísérletsorozatnak, amelynek keretében fény derült a proporcionális féklámpák jótékony hatásaira a közlekedésben. Bemutatásra kerül a proporcionális féklámpák alapelve, a mérőállomás és a mérési eljárás, amellyel a tesztalanyokat vizsgáltuk, a kísérleti terv, és végül az eddigi eredmények rövid összefoglalása. A cikk rövidsége miatt sajnos nem áll módunkban a kutatás minden részére kellő mélységben kitérni, de egy átfogó képet reményeink szerint kialakíthatunk az olvasóban.

In this paper we will show you the essence of researches of proportional stop lamps. Beneficent influences of proportional stop lamps will out in transportation. We will demonstrate the principle of proportional stop lamps, measuring process, measuring station, tentative plan and finally the results of researches shortly. For the sake of shortness of paper unfortunately we can not talk about this topic with due fully but we hope we will able to give you an extensive, overall picture.

BEVEZETÉS

Köztudott, hogy az emberiség hatalmas erőfeszítéseket tesz a közlekedési balesetek számának csökkentése érdekében világszerte. E cél elérése több úton is lehetséges, amelyek egyike a gépjárművezetőt segítő fényjelek alkalmazása. Ezek nem a vezetőtől függetlenül működő segédrendszerek, hanem a vezetőnek vizuális segítséget nyújtó kijelzők, amelyek nem csupán a fékezés tényét jelzik ki, de a fékezés intenzitását is. Kérdéssé vált, hogy ezek a többletinformációt adó segédrendszerek összességében gyakorolnak-e egyáltalán pozitív hatást a vezetőkre és a közlekedésre. A kutatások fényében azt kell mondanunk, hogy a válasz határozottan igen. Az alábbiakban részletesebben bemutatásra kerülnek az érvek és magyarázatok, továbbá azon eredmények rövid összefoglalása, amelyeket a cikk témájából kifolyólag fontosnak éreztünk publikálni.

PROPORCIONÁLIS FÉKLÁMPÁK

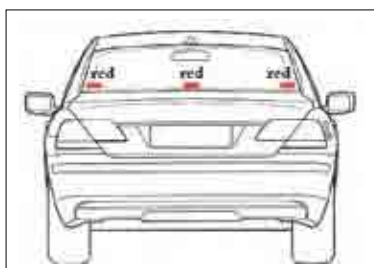
Mint a bevezetőben említettük, a proporcionális féklámpák olyan fékezési kijelzők, amelyek nem csupán a fékezés tényét, hanem a fékezés intenzitását is kijelzik. Az említett kijelző legvalószínűbb – és tanszékünk által létre is hozott, szabadalmaztatott – kiviteli formája praktikusán egy olyan fényemittáló diódkból vonalszerűen kialakított vízszintes fényoszlop, amelyet a járművek hátsó szélvédőjének alsó vagy felső részén, a járművek hosszanti tengelyére merőlegesen helyeznek el úgy, hogy azok fénye csak

kívülről látható, és amely e képen a jármű fékezési intenzitásáról – vagy gyorsítási intenzitásáról – a közlekedő társak számára pillanatszerű rátekintéssel becslésre alkalmas vizuális információt szolgáltat. Az egy időben világító elemek száma, avagy a világító fénycsík hossza jelenti a fékezés mértékét. A rövid vonal a gyenge fékezést,

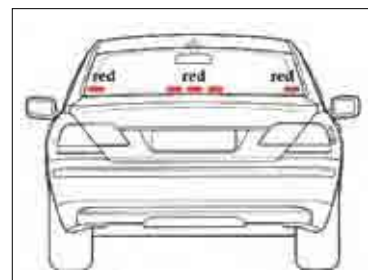
a hosszú vonal az erős fékezést. A két végpont között természetesen több fokozat kijelzése lehetséges. A kibocsátott fény színe praktikusán vörös. A fékerő növekedésével szimmetrikusan nő a világító vonal hossza a szélvédő közepétől jobbra és balra. Ennek érdekében, hogy a fékerőt a távolságtól függetlenül meg lehessen becsülni, a vonalszerűen kialakított proporcionális féklámpa a jármű hátsó szélvédőjének teljes szélességét igénybe veszi, és két szélső szegmense állandóan világít. Így a fényoszlop teljes szélességéhez lehet viszonyítani az aktuálisan világító elemek által alkotott világító vonal hosszát, ezáltal a fékezési intenzitás távolságfüggetlenül megbecsülhetővé válik.

FÉKLÁMPÁK VEZETŐRE GYAKOROLT HATÁSAINAK KÜLÖNBSE- GÉT VIZSGÁLÓ MÉRŐÁLLOMÁS ÉS MÉRÉSI ELJÁRÁS

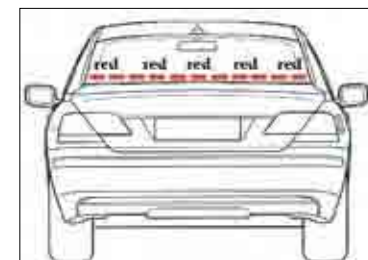
A kutatás során tanszékünkön kifejlesztettünk egy sajátos mérési eljárást, amely alkalmas féklámpák és tesztalanyok tesztelésére, értékelésére, amelynél nem az abszolút mérés a fontos, hanem a komparáció, a féklámpák és a tesztalanyok összehasonlítása. Az eljárás több elemből áll. Az első és legfontosabb elem maga a szimulációs program, amellyel lehetőség nyílik szimulált közlekedési helyzetek vetítésére előre beállított, és véletlenszerű paraméterekkel. A program, miközben vetíti a szimulációs helyzetet, rögzíti a vezetés paramétereit, amely nem más, mint a járművek



1. ábra: a proporcionális féklámpa enyhe fékezés közben



2. ábra: a proporcionális féklámpa közepes fékezés közben



3. ábra: a proporcionális féklámpa blokkoló fékezéskor

gyorsulása, sebessége, a megtett utak, járművek távolsága, reagálási idő, megfelelő fékezési szint megválasztásának mértéke, fékezések oszcillálása, variabilitása stb. A rendszer szerves része továbbá egy megfelelő időbeli felbontású szívritmusmérő is, amely által rögzítésre kerülnek a tesztalany paraméterei. Ezekből az adatokból a szívritmus-variabilitáson keresztül lehet következtetni a tesztalanyok mentális megterhelésére. A harmadik elem a tesztek során egy kérdőív, amelyet a mérésvezető és a tesztalany is kitölt a mérés végén. Ebben kérdések hangzanak el egy, a szimulált helyzet és fékezés minőségéről, a mentális megterhelésről és a vezetői elégedettségéről. A három részrendszer összevetett adataiból pedig szignifikánsan következtethetünk az egyes fékezési helyzetekben tanúsított humán reakció minőségére, amely egyrészt a fékezés hatékonyságából, másrészt a vezető mentális megterheléséből, vezetői elégedettségéből áll össze.



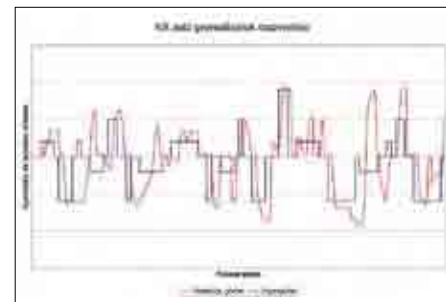
4. ábra: pillanatkép az első szimulációs programból

A konkrét mérésünk fő célja, hogy kimutassuk a vezetői reakciók közötti különbséget a hagyományos és a proporcionális féklámpával felszerelt járművek mögött haladó járművezetők esetében, a különböző fékezési helyzetek vizsgálatán keresztül. A mérési eljárás kialakítása során elsődleges a valós körülmények minél élethűbb átültetése a szimulációs környezetbe. A mérés során az alanyok az ábrázolt közlekedési helyzetekre egy kormány-pedál szimulátor segítségével reagálnak. Az alanyokat a vetítőtábla előtt olyan távolságban kell elhelyezni, hogy az ábrázolt járművek szimulációsán megvalósított távolságából számolható elméleti látószög, és a megvalósított látószög minél jobban megközelítse egymást. A szituációk során a megfigyelő járműve előtt egyenletes sebességgel haladó személygépkocsi valamely előre nem ismert hosszúságú idő eltelte után ismeretlen mértékű fékezést hajt végre. A vezetők feladata az volt, hogy a lehetőségekhez mérten életszerűen, arányosan reagáljanak a szimulált fékezési ingerekre. Továbbá meghatároztunk bizonyos pozitív irányelveket, amelyeket a tesztalanyoknak célul tűztünk ki. Ez volt a minél kisebb követési távolság tartása, a reakció nyugodtsága,



5. ábra: pillanatkép egy fejlettebb szimulációs programból

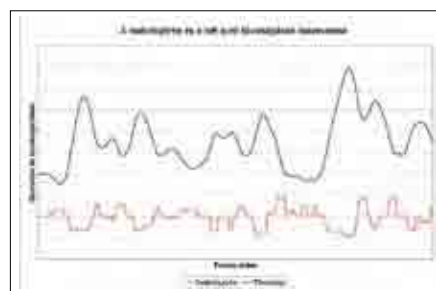
egyenletessége, és a fékezési inger lehető legpontosabb követése, becslése. A standard és proporcionális kijelző szimulált változatát úgy készítettük el, hogy a kiértékelésnél ne legyen zavaró a féklámpák méretkülönbségéből eredő reakcióváltozás. Ennek értelmében



6. ábra: a két autó gyorsulásának összevetése

a standard féklámpát fékezéskor egy pontosan olyan méretű fényforrás szimulálja, amekkora a proporcionális féklámpa lenne a teljes fékerő kihasználásakor.

A kísérleti terv meglehetősen hosszadalmas, hiszen nem csupán egyéni méréseket végeztünk, hanem a tanulási fázis szimulálva sorozatméréseket is. Ennek köszönhetően a tesztek száma igen magas lett, amelyet csak hónapok alatt lehetett teljesíteni. Persze nem minden tesztalany ért rá minden időpontban, így ezek a mérések is kiestek úgy, ahogyan azok a mérések, amelyeket a kiugró értékek miatt durva hibaként szelektáltunk. A tervben eredetileg három csoport szerepelt: jogosítvány nélküliek, kezdő vezetők és profi vezetők. Mindhárom csapatban 9–9 fő állandó tesztalany volt. Ez annyiban változott a kísérlet folyamán, hogy ha a mérési



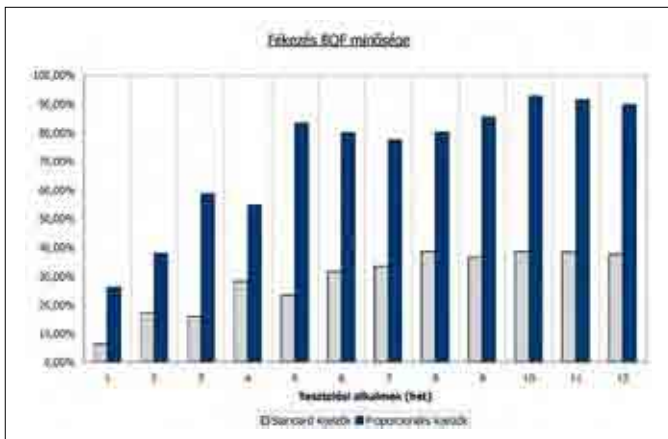
7. ábra: a reakciógörbe és a két autó távolságának összevetése

reprodukálhatóságát nem is volt módunkban vizsgálni, az ismételhetőség bemutatására tettünk lépést azzal, hogy az alanyok nagy örömeire, azonos tesztalanyokkal megismételtük a teljes tesztsorozatot. A mérések időtartamának átlaga 5 és 10 perc között ingadozott. Ebbe

kétszer 20 proporcionális féklámpás szimuláció és kétszer 10 „sebességreflektoros” (erről nem írunk a jelen cikkben) mérés fért bele. Ez hozzávetőlegesen másfél órát vett igénybe (ha minden tesztalany jelen volt) egy nap, amit egy héten háromszor ismételtünk meg a három tesztcsoport valamelyikén. Az egész tesztsorozat heti ismétlésekkel összesen 12 hétig tartott, és mindent összevetve hozzávetőlegesen 600 tesztet tartalmazott, amelyben 3880 fékezési görbe található. Érzékelhető tehát, hogy a görbék kiértékelésében felvetődött némi aggasztó időhiány, amit végül az egész mérési folyamat áttervezésével, integrálásával és automatizálásával oldottunk meg. Ez annyit jelent, hogy immár a mérési eljárás automatikusan azokat a konkrét értékeket adja eredményül, amelyekkel a továbbiakban elvégezhetjük a statisztikai elemzéseket.

A TESZTSOROZAT KIÉRTÉKELÉSE, EREDMÉNYEK

A tesztsorozatot ugyan már befejeztük, de sajnos még sok munka áll előttünk, hiszen a rengeteg fékezési görbét, rögzített adatot feldolgozni igen lassú és fáradtságos munka. Azonban már a kutatás jelen szakaszában is tudunk eredményekkel szolgálni a standard és proporcionális féklámpák vezetőre gyakorolt hatásainak különbségét illetően. Fontos továbbá megjegyezni, hogy az itt leírt eredményeket illetően még csupán empirikus és



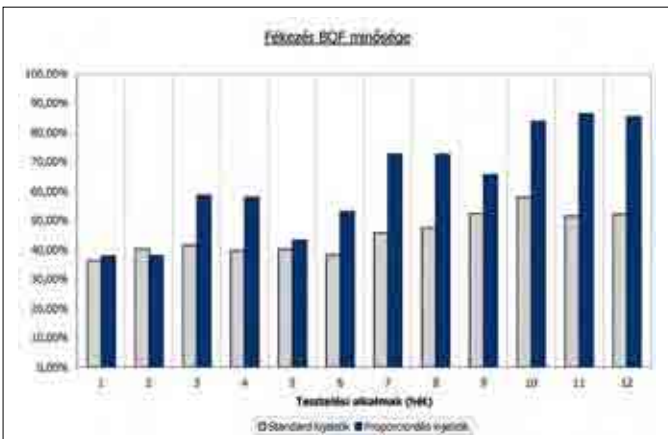
8. ábra: egy tipikus jogosítvány nélküli fejlődési folyamata

statisztikai adatok közlésére vállalkozunk, az egzakt matematikai bizonyítások (amennyiben ez egyáltalán értelmezhető a kognitív pszichológia területén ebben a konkrét kutatásban) még jelenleg is kialakítás alatt állnak, így azokat csupán a teljes kiértékelés végén kívánjuk ismertetni.

Az első és legfontosabb megjegyzés, hogy a standard és proporcionális féklámpák összehasonlításakor mért legfőbb paraméterek a gyorsulásvariabilitás, a távolságváriabilitás és az átlag távolságkülönbség. A vezetési teszt végső soron egy egyéntől függő optimalizálási folyamat, hiszen az alany dönt arról, hogy a javítandó paraméterek melyikét kívánja javítani a többi rovására. Ezért az értékeléskor minden esetben együtt kell vizsgálni az egyes értékeket, hiszen egymagukban semmit nem mondanak, vagy egyenesen félrevezetők lehetnek.

Fontos megjegyzés továbbá, hogy az eljárással nem reakcióidőt mérünk, hanem reagálási időt, ami a reakcióidőből és a feldolgozási, kiértékelési időből áll. Tehát a reakcióidő ugyan növekedhet, de összességében a reagálási idő mégis csökkenhet, mert a feldolgozási időt a proporcionális féklámpa adott esetben jelentősen lecsökkentheti.

Az eddig kiértékelte mérési adatokból olyan következtetéseket lehet levonni, amely részben logikus, elvárható, részben viszont meglepő és nem várt eredményekre vezet. Az első, már jelenleg is látható eredmény, hogy proporcionális féklámpás teszteknel a megfelelő fékerő megválasztásának valószínűsége növekszik, a fékerő nagyságának szórása csökken. Ez azt jelenti, hogy a vezetők pontosabban tudják megbecsülni a fékezési inger nagyságát, és többször egymás után is hasonlóan reagálnak, tehát a válaszreakciójuk jobban megközelíti az ingert és attól kevésbé tér el a további mérések alkalmával, mint a standard féklámpás helyzetekben.

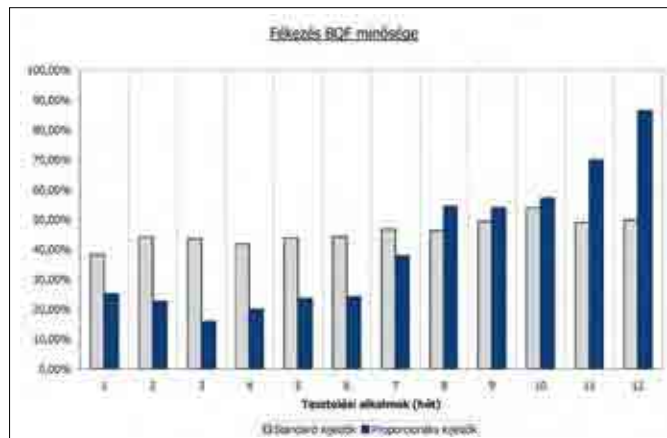


9. ábra: egy tipikus kezdő vezető fejlődési folyamata

Ez azzal magyarázható, hogy standard lámpán a vezető csupán a fékezés tényét látja, becsülnie kell tehát a fékezés nagyságát. Ezzel szemben a proporcionális féklámpa használatakor a vezető már a reakcióidő letelte után azonnal tudja, hogy mennyire kell lenyomnia a fékpedált.

Proporcionális kijelzők alkalmazásával mért tesztalanyoknál a szívritmus variabilitásából kiszámítható mentális megterhelés hosszú távon, megfelelő tanulási fázis után szignifikánsan csökken. Ez a megállapítás korántsem evidens, hiszen ha további információkkal bombázzuk a tesztalanyokat, akkor nem várható el, hogy nyugodtabban vezessenek. Megfelelő tanulási fázis után azonban (mint azt a későbbiekben írjuk) a vezetők stresszszintje, mentális megterhelése mérséklődik, és a kezdetben időigényesebb feldolgozási fázis annyira lecsökken, hogy nem csupán versenybe száll a standard féklámpa reakcióidejével, de esetenként le is hagyja azt. Igen fontos látni, hogy a proporcionális féklámpa fő előnye nem a reakcióidő csökkentése, hanem a reakció pontosságának fokozása a reagálási idő megtartása mellett.

A közeledés egyik nagy igénye, hogy az utak átbocsátóképessége növekedjen. Ezt a problémakört igyekszik orvosolni, javítani az a megállapítás, miszerint a proporcionális féklámpák használatakor azonos biztonsági szint tartása mellett csökken az átlagos követési távolság. A tesztek során persze az is regisztrálásra került, hogy hányszor volt, vagy volt-e egyáltalán balesete az alanyok a tesztek



10. ábra: egy tipikus profi vezető fejlődési folyamata

során. Ez arra enged következtetni, hogy milyen kockázatosan vezet, milyen a biztonsági szint. A tesztek során regisztrált ütközések számának állandó szinten tartása mellett jól kivehető volt, hogy az idő előrehaladtával egyre csökkennek a követési távolságok. S ebből egyértelműen látható, hogy a proporcionális féklámpák bevezetése az utak átbocsátóképességének növekedésével járna.

Mivel a teszteket szándékosan megismételtettük az alanyokkal, a regisztrált adatokból rájöttünk, hogy a proporcionális féklámpák pozitív hatása az idő előrehaladtával növekszik. Arról is be kell számolnunk, hogy az első néhány tesztnél a proporcionális féklámpás tesztek rendre rosszabb eredményeket hoztak. Itt kell megemlíteni azt is, hogy szignifikáns, grafikonon is jól látható különbségek voltak kezdő és profi vezetők között. Összességében minden csoportra gyakorolt hatást proporcionális féklámpa használata, de más-más mértékben és karakterisztikával. A jogosítvány nélküli csoportoknál csaknem azonnal kimutatható volt a különbség, és a további teszteken a féklámpa hatása egyre csökkenő mértékben növelte a fékezéseik minőségét. A kezdő csoportba tartozóknál egy erős linearitás volt megfigyelhető a javulásban, míg a profi tesztalanyok az első néhány teszten sorra gyengébben szerepeltek proporcionális féklámpával. Ez azzal magyarázható, hogy a profi vezetők már túlságosan is hozzá voltak szokva az autó méretéből történő becsüléshez, aminek feldolgozási idejét jelentősen rontotta

a többletinformációt nyújtó proporcionális féklámpa. Azonban a tesztek ismétlésekor csaknem mindegyik profi vezető korra és nemre való tekintet nélkül egyre növekvő javulást (progresszív javulást) ért el proporcionális tesztekben. Végül megjegyezzük, hogy ugyan a jogosítvány nélküliek rohamosan javultak, a kezdők lineáris karakterisztikával léptek a javulás útjára és a profik kezdeti nehézségei után lendültek progresszív javulásba, a végeredmény hozzávetőlegesen ugyanott végződött. A 12 hét elteltével mindhárom csoportba tartozó vezetők hasonló javulásokat értek el a fékezési reakció minőségében. Meg kell említenünk végül, hogy természetesen a tanulási fázisban a standard féklámpákkal végzett tesztek eredményei is javultak, de ezek javulása jelentősen elmarad a proporcionális szimulációkétól.

Végezetül ejtünk néhány szót a reakciók értékeléséről. Ezúton nem publikált algoritmussal kiszámított, fékezések minősítésére szolgáló ún. BQF (braking qualifier factor) jósági fokot, amelynek segítségével lehetőség nyílik a különböző tesztalanyok és fékezési reakciók objektív összehasonlítására, a következő tényezők súlyozásával állítjuk össze: távolságok additív mennyisége, sebességkülönbségek additív mennyisége, gyorsulásértékek additív mennyisége, ütközések száma, reagálási idő, értékelhető reakciók száma, gyorsulásérték variabilitása, távolságérték variabilitása.

ZÁRSZÓ, TOVÁBBI TERVEK

A kutatás során arra törekedtünk, hogy a kutatás eredménye ne csupán laboratóriumi munkában legyen használható, hanem életszerű tesztek is lehessen vele végezni. A mérőállomást a legelőnyösebben tesztalanyok és féklámpák validálására, értékelésére lehet használni, amely magában hordozza annak lehetőségét, hogy a bizonyos munkakörök ellátására való hajlamot, készséget, képességet vizsgáljuk a tesztalanyoknál egy előre definiált etalonhoz képest. Továbbá nagy lehetőségek kínálkoznak úgy a féklámpák humán tesztelésében, mint a vezetők baleseti hajlamának becslésében, ugyanis megfelelő számú teszt elvégzése után rekurzív módon becsülhetők a tesztalanyok jövőbeli, valós paraméterei.

Végezetül említést teszünk jelenleg is folyó két projektünkről. Az egyikben valós helyzetben teszteljük a fent említett proporcionális féklámpát, amelyet tanszékünkön készítettünk el (a szabadalmi hivatalban elérhető). A valós tesztek még inkább bizonyítani látszanak a fent bemutatott eredményeket és következtetéseket. A további tesztek során igyekezünk több szemszögből megvizsgálni a különböző érveket és ellenérveket, hogy egy megfelelő színvonalú szintézist produkálhassunk még a 2008-as év folyamán. A másik projektben a szimulációs eljárásához integrálható szimulátorülést tervezünk, amellyel még valóságosabbá tehetjük tesztjeinket. Természetesen a mérőállomással kapcsolatban folyik még néhány kisebb-nagyobb kutatás, mint például a szimulációs program fejlesztése, kiértékelési algoritmus átdolgozása és matematikai igazolása, de ezek mindegyike csupán az eljárás tökéletesítését szolgálja.

Kutatásaink alatt egyre biztosabbak lettünk benne, hogy a fent bemutatott fékezési intenzitást is kijelző proporcionális féklámpa hatalmas előnyt jelentene az utakon és egészen biztos, hogy pozitívan befolyásolná a közlekedés biztonságát. Mindazonáltal ahhoz, hogy bevezetésre kerülhessen először tesztelni kell, és mi úgy gondoljuk, hogy eddigi kutatásaink ezt a folyamatot nagy mértékben segítették elő. Tudjuk, hogy eme kutatás eredménye nem változtatja meg egyik napról a másikra a közlekedést, de ne felejtjük el, hogy ha akár csak egy proporcionális féklámpa is csupán egy ember életét megmenti, mint megannyi jelenleg is használatos adaptív kijelző, akkor már érdemes volt e témával foglalkozni.

Irodalom

- [1] Dr. Ábrahám György – Fekete Róbert Tamás: Járművek fényjelekkel történő kooperatív irányítása. [EJTT] Budapest, University of Technology and Economics, 2006.
- [2] Dr. Ábrahám György – Fekete Róbert Tamás: Komplementáris fényjelzések hatásvizsgálatának mérés technikája. [EJTT] Budapest, University of Technology and Economics, 2007.
- [3] Dr. Ábrahám György: Járművek mozgásállapotának fényjelek útján történő külső kijelzése. Oltalmi beadvány [1998]

Automatikus utasszámláló rendszer nem légrugózású villamosokra

Horváth Gábor Zsolt
szénior mérnök, Knorr-Bremse Hungária Kft.

Kovács Roland
csoportvezető, Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.

Dr. Nádai László
tudományos főmunkatárs,
MTA SZTAKI

A bemutatott rendszer az automatikus utasszámlálás (automatic passenger counting – APC) feladatát oldja meg olyan villamosok esetében, melyeknek magas a kihasználtsága, melyeknél nem szabályozott az utasok fel- és leszállása, és amelyek nem rendelkeznek légrugózással. Hagyományos APC-rendszerek ilyen körülmények között nem elég pontosak. Olyan eljárást dolgoztunk ki, mely a jármű összsúlyát azon adatok felhasználásával határozza meg, melyeket a jármű már gyűjt vagy rendelkezésre áll más forrásból. A koncepció lényege, hogy a jármű összsúlyát a jármű dinamikai jellemzőiből, a vontatási és energetikai adataiból és a pályageometriából ki tudjuk számítani. Az eredmény alapján az utasok súlyát pontosan ki tudjuk számolni, és ebből a számuk adott kapacitáskihasználtság mellett már megfelelő pontossággal becsülhető. Az elméleti megfontolásokat egy budapesti villamoson végzett járműkísérletekkel bizonyítottuk.

The system shown addresses the problem of automatic passenger counting (APC) in trams with high utilization, uncoordinated boarding and lacking air suspension. Conventional APC systems do not provide sufficient accuracy under these conditions. A concept for determining the total weight of the vehicle using only data already acquired on the vehicle or available from other sources has been worked out. The essence of the concept is that the actual weight of the vehicle can be calculated from the driving dynamics, traction and energetic data of the vehicle and the track geometry. The result can be used to calculate the weight of the passengers exactly and to estimate their number at specific capacity utilization with sufficient accuracy. The theoretical concept has been proven with measurements carried out on a tramline in Budapest.

MOTIVÁCIÓ

Az automatikus utasszámlálás (automatic passenger counting – APC) felhasználható statikus és dinamikus menetrendtervezéshez, menetrend-ellenőrző rendszerek bemeneti adatot szolgáltató egységeként, tényleges és elvárt menetdíjfizetés különbségének azonosításához stb.

A szokványos megoldások fénySOROMPÓKAT, taposószőnyegeket vagy fejlett optikai berendezéseket alkalmaznak. A közösségi közlekedési vállalatunk tapasztalatai szerint ezek a rendszerek nem elég pontosak a fent megfogalmazott célok eléréséhez, ha azokat magas kihasználtságú és nem szabályozott felszállással üzemeltetett járművekben alkalmazzák. Emellett ezek a rendszerek viszonylag drágák és utólagos felszerelésük régebbi járművek esetében nehéz. Régebbi járművek légrugózással sem rendelkeznek, amely amúgy lehetővé tenné egy egyszerű súlymérést. A kifejlesztendő rendszernek olyan adatokat kellett használnia, melyek már jelen voltak a járművön, hogy a rendszer költségeit alacsonyan tarthassuk és mégis kellő pontosságot biztosíthassunk nagy kihasználtságú esetekben is.

KONCEPCIÓ

A járműdinamikai, vontatási, energetikai, pálya- és pozícióadatok alapján meg tudjuk határozni a jármű összsúlyát. A jármű összsúlya alapján tudunk becslést adni az utasok számára. A becslés pontossága az utasok számával együtt nő.

A kiértékelést három lépésben végezzük. Először a hajtáslánc hatásfokát számoljuk ki a teljes mechanikai energia ($W_{\text{mechanikai}}$) és a motorok által felvett elektromos teljesítmény (W_{motor}) függvényében. A teljes mechanikai energiát a forgó tömegek ($m_{r,\text{üres}}$), az

emelkedés (c), a gyorsulás (a), az út (s) és az idő (t) által kompenzált üres jármű súlyának függvényeként számoljuk. A hatásfokot konstansnak feltételezzük a járművek üzemeltetési feltételei mellett. Egy olyan konstansként vesszük figyelembe, mely leírja a jármű hajtásláncának a hatásfokát.

$$\eta = \frac{W_{\text{mechanikai}}(m_{r,\text{üres}}, c, a, l, s)}{W_{\text{motor}}(P_{\text{motor}}, t)} \quad (1)$$

Második lépésben a jármű pillanatnyi súlyát (m) számoljuk ki az átlagos hatásfok (η), a motorok által felvett elektromos energia (P_{motor}) és egy súlyegységre számított mechanikai munka ($W_{\text{mechanikai}}$) függvényében.

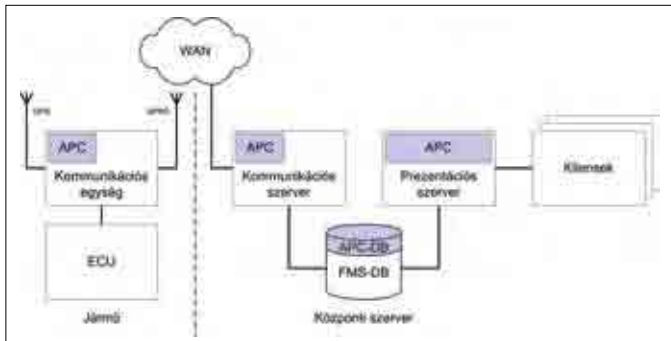
$$m = \frac{\eta \cdot W_{\text{motor}}(P_{\text{motor}}, t)}{W_{\text{mechanikai}}(c, a, l, s)} \quad (2)$$

A harmadik lépésben kiszámoljuk az utasok becsült számát (n_{utas}). Az utasok átlagos súlya (\bar{m}_{utas}) függhet az időtől, amennyiben különböző típusú utasok használják a közösségi közlekedést különböző időpontokban.

$$n_{\text{utas}} = \frac{m - m_{r,\text{üres}}}{\bar{m}_{\text{utas}}(t)} \quad (3)$$

ARCHITEKTÚRA

Ugyanazt az architektúrát használtuk a prototípus rendszer megvalósításához, melyet más üzemi járműkísérletek esetében is alkalmazunk. Amint azt megmutatjuk, csak kisebb változtatásokat kellett eszközölnünk az automatikus utasszámlálás megvalósításához. A rendszert könnyen ki lehetne egészíteni olyan további funkciókkal, mint a járművezető-kiértékelés, távdiagnosztikai stb. A kommunikációs eszközt a jármű elektronikus vezérlőegységéhez (electric control unit – ECU) soros interfészen keresztül csatlakoz-



1. ábra: rendszerarchitektúra

tattuk. A pillanatnyi sebességet, a motoráramot és a feszültséget kapjuk az interfészen keresztül. A GPS-koordinátákkal és idővel kiegészített adatsomagokat átküldjük a kommunikációs szerverhez, amely nyers és feldolgozott adatokat tárol az adatbázisban. A megjelenítést (weblap, riportok stb.) egy prezentációs szerver végzi az adatbázisban tárolt adatok alapján. Az ECU felé való interfész kezelésére, valamint az automatikus utasszámlálás adatainak feldolgozásához, tárolásához és megjelenítéséhez külön kiegészítések kellene. Ezek a kiegészítések valójában csak egy tört részük a teljes rendszernek. A validációhoz használt prototípus-rendszert néhány hét alatt össze tudtuk állítani.

VALIDÁCIÓ



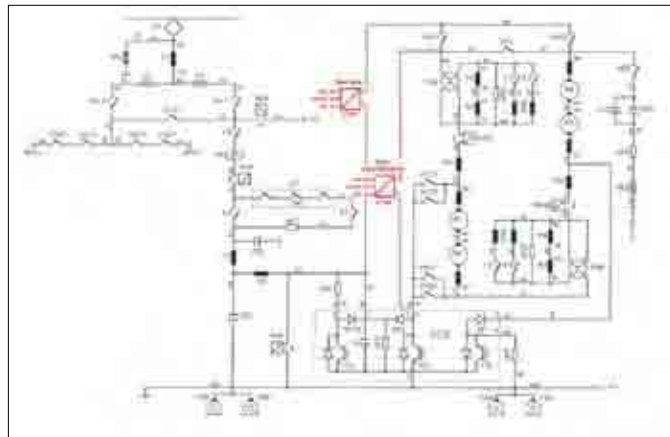
2. ábra: kísérleti jármű

A pályageometria a teljes pályára ismert volt. A térképek pontosságát egy véletlenszerűen kiválasztott pályaszakasz bemérésével bizonyítottuk. A villamost (Tatra T5C5K típusú kétkocsis 56-os szerelvény) további mérőműszerekkel is kiegészítettük, hogy ellenőrizhessük, a jármű ECU-ja megfelelően pontos adatokat szolgáltat-e. A térképek és az ECU által szolgáltatott adatok minősége elégséges volt ahhoz, hogy a jármű pillanatnyi súlyát megfelelő pontossággal tudjuk számolni. A villamos két kocsiából áll, súlya 37 tonna.

A kísérletekre egy önálló mérőrendszert készítettünk, mely a jármű mérőváltóit nem használta fel.

A jármű beépített mérőműszerei közül egyedül a kerékjeladó jelét használtuk fel a sebesség meghatározása céljából. A mérésre LEM gyártmányú áram- és feszültségváltókat szereltünk be – kocsinként egy-egy darabot – a 3. ábrának megfelelő helyekre.

Először üres villamossal végeztünk méréseket (száraz napsütéses időben 2007. július 12-én). A kiértékelés során a felvett és leadott energiát csak vontatás (gyorsítás, ill. sebességtartás) alatt számítottuk, vagyis akkor, amikor a vontatómotorok menetkontaktorai bekapcsolott állapotban voltak. A fékezési üzemállapotot a motorok menetüzemétől eltérő kapcsolása miatt a mérőrendszer fentiekben leírt felépítésével nem tudtuk mérni.



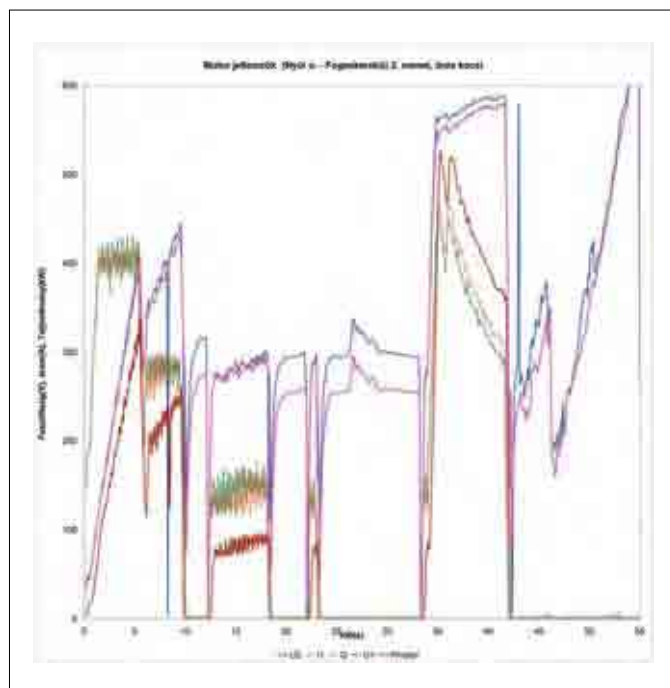
3. ábra: a mérőváltók elhelyezése a kocsin

A kiértékelés két lépcsőben történt: elsőként a motorok által felvett villamos energia és a jármű által teljesített mechanikai munka alapján a járműszerelvény átlagos hajtóműhatásfokát állapítottuk meg. Az átlagolt hatásfok, a motorok által felvett villamos energia, valamint az egységnyi tömegre integrált mechanikai munka ismeretében a villamos tömege (üres szerelvény esetén), illetve a szállított rakomány tömege (rakott szerelvény esetén) kiszámíthatóvá vált.

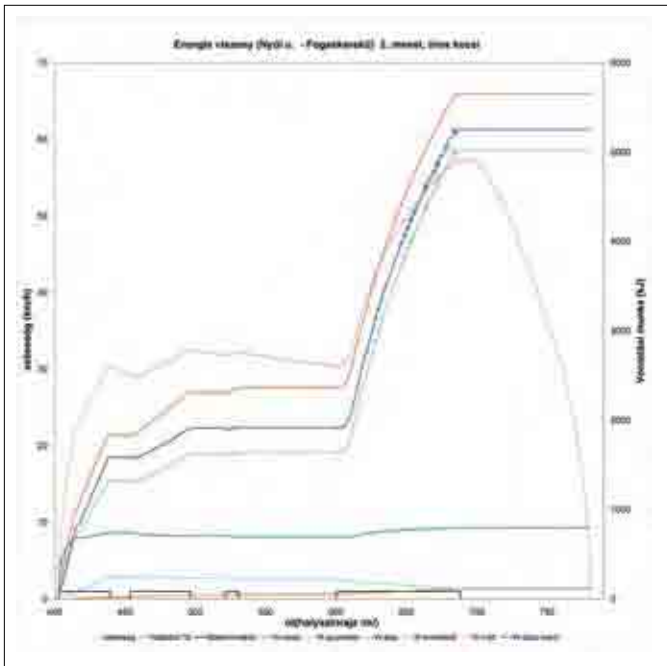
A kiértékelés során minden egyes megállóközre a hatásfok, illetve a felvett és a fajlagos leadott energia alapján a szállított tömeget is kiszámítottuk. A végállomáson összegeztük a teljes menetet és kiszámítottuk a statisztikai jellemzőket.

Példaként a Nyúl u. és a Fogaskerekű megállóhelyek között a motorok feszültség-, áram- és teljesítményjellemzőit a 4. ábrán, illetve a felvett és leadott energia alakulását az 5. ábrán mutatjuk be. Ezt követően a villamosra 50%-os terheltséget szimulálandó, összesen 8 tonnányi homokzsákokat raktunk fel.

A rakott szerelvényt végrehajtott két menetből a másodikban a leadott fajlagos mechanikai energiáját megmértük. Ezzel párhuzamosan – mint az üres menetek esetén is – a villamos egy kocsijának a felső vezetékéből felvett energiáját,



4. ábra: motorjellemzők



5. ábra: energiajellemzők

illetve a segédüzemek villamos munkáját feljegyeztük. Mivel ezek az adatok a kocsin csak nagy felbontásban kerülnek kijelzésre, a megállóközökre érvényes adatok számítására nem alkalmasak, azonban a két végállomás közötti adatok számítására már igen.

A rakott szerelvény mért adatainak kiértékeléséhez először az üres szerelvény motoron mért adatait hasonlítottuk össze a mérőrendszer, illetve a jármű fedélzeti számítógépe által mért adatok alapján. Mivel az üres szerelvényel végrehajtott 2. menet volt teljes, ezért e menet összegzett villamosenergia-értékét hasonlítottuk össze a fedélzeti számítógép által a 2. menetben mért értékkel. Megállapítható, hogy a mérőrendszer 2.79%-kal mért nagyobb értéket, mint a fedélzeti számítógép. (Itt feltételezzük, hogy a motorok teljesítményszabályzó berendezése 100%-os hatásfokkal üzemel, valamint az 1. kocsi mért adatok a második kocsihoz is vonatkoznak.) Ezen eltérés alapján a rakott szerelvényel végrehajtott 2. menet alatt a fedélzeti számítógép által mért villamos energiát kompenzáltuk. A kompenzált villamos energia, a már ismert hatásfok és az előzőekben összegzett fajlagos mechanikai munka alapján a szállított tömeg is számíthatóvá vált.



6. ábra: járműteszt mesterségesen terhelt járművel

Megállóhelyek	Üres kocsi (kWh)	Rakott kocsi (kWh)
Moszkva tér (0) – Nyúl u. (1)	5.9	92.1
Nyúl u. (1) – Fogaskerekű (2)	6.6	93
Fogaskerekű (2) – Szt. János Kórház (3)	7	93.4
Szt. János Kórház (3) – Nagyajtai u. (4)	8.5	95.2
Nagyajtai u. (4) – Budagyöngye (5)	9.5	96.3
Budagyöngye (5) – Akadémia (6)	11	97.9
Akadémia (6) – Kelemen L. u. (7)	12.2	99.4
Kelemen L. u. (7) – Zuhatag sor (8)	13.9	101.3
Zuhatag sor (8) – Nagyhíd (9)	15.1	102.6
Nagyhíd (9) – Vadaskerti út (10)	16.7	104.3
Vadaskerti út (10) – Völgy u. (11)	18.5	106.4
Völgy u. (11) – Heinrich I. u. (12)	19.7	107.7
Heinrich I. u. (12) – Hűvösvölgy (13)	22	110.4
Eredmények		
Segédüzem összesen (kWh)	-0.3	-0.3
Felhasznált energia (kWh – 1 kocsi)	15.8	18
Felhasznált energia (kJ – szerelvény)	113 760	129 600
Méréshez kompenzált (kJ)	116 934	133 216
Fajlagos vontatási energia (kJ/kg)	2.791	2.665
Számított tömeg (kg)	37 961	45 297
Szállított tömeg (kg)	961.97	8297.1
Felrakott tömeg (kg)	0	8100

1. táblázat: felvett energia járműfedélzeti számítógépe alapján

KONKLÚZIÓ

A kiértékelések alátámasztották a hipotézisünket, amennyiben ha a hatásfokot konstansként tudjuk kezelni, akkor az elérhető pontosságot elsősorban az befolyásolja, hogy a járműnek a pályán elfoglalt pillanatnyi pozícióját milyen pontosan tudjuk meghatározni. Az eljárás validációja során bizonyítást nyert, hogy a mesterséges terhelés nagyságát meg lehet határozni a már jelen lévő fedélzeti műszerek által szolgáltatott adatokkal is, tehát ezen villamosokba további mérőeszköz beszerelésére már nincs szükség. A szállított utasok számának megállapítása vagy egy külön kiértékelő berendezésbe, vagy a jármű fedélzeti számítógépébe írt szoftverrel megoldható. Az egyes villamosok közötti eltérések egy megfelelő paraméterezéssel kiküszöbölhetőek, illetve kalibrálással a pontosság növelhető. Konklúzióként megállapítható, hogy vontatásienergia-méréssel az utasok száma levonható. A szállított utasok tömege a két végállomás között jó pontossággal, egyes állomásközökben kielégítő pontossággal számítható. A pontosság paraméterezéssel illetve kalibrálással növelhető.

Irodalom

- [1] CZÉRE B. főszerkesztő: A vasúti technikai kézikönyve 1. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1975. ISBN: 963 10 0653 0
- [2] DR. SOSTARICS – DR. BALOGH: Vasúti járművek. Budapest, Tankönyvkiadó, 1991. ISBN: 963 18 3113 2
- [3] FODOR I.: MÁV Rt. Fejlesztési és Kísérleti Intézet Évkönyve (1994–1995). Budapest, MTM Soft Mérnökiroda Kft., 1994. HU ISSN 1218-7550
- [4] 56-os villamos vonal helyszínrajza.
- [5] T5C5K Műszaki leírás, kapcsolási rajzok. Budapest, Ganz Transelektro Közlekedési Rt.

Kutatás-fejlesztési projektek optimális forrásallokációja

Dr. Nádai László
tudományos
főmunkatárs, MTA
SZTAKI

Pályi István
okleveles mérnök, PÁLYI
Iroda, Budapest

Dr. Várlaki Péter
egyetemi tanár, BME
Közlekedésmérnöki Kar

A kutatás-fejlesztési projektek közötti optimális forrásallokáció – ami a K+F portfóliómenedzsment elválaszthatatlan részét képezi – különösen fontos szerepet játszik azokban az esetekben, amikor a felhasználható források erősen limitáltak. Már a projektek (pályázatok) megtervezése során ügyelni kell a rendelkezésre álló keretösszeg megfelelő szétosztására, de a futó projekteknek is szükségessé válhat a források menet közbeni újraellokálása. A cikk erre a nemlineáris optimalizálási feladatra mutat egy lehetséges megoldást a Lagrange-féle multiplikátor használatával, gyakorlati példákon keresztül is illusztrálva a módszer eredményességét.

The optimal resource allocation between research and development projects – that is an inevitable part of R&D portfolio management – plays an especially important role in the case when the available funds are (very) limited. Even in the early phase of project (proposal) planning the budget line should be filled in a quasi-optimal way, however, the running projects often need a periodic resource re-allocation. In the paper we propose a possible solution for the above nonlinear optimization problem using the so-called Lagrange multiplier, then the usefulness of the method is illustrated through examples from practice.

BEVEZETÉS

A kutatások és fejlesztések tervezésénél, illetve az ezekhez kapcsolódó pályázatoknál nélkülözhetetlen a szükséges források optimális megtervezése. Általában, a siker egyik kulcskérdése ezen a szinten a szükséges információk integrált vizsgálata és tárolása, majd a források megállapítása és ennek a részprojektek közötti optimális szétosztása. Ez az előkészítés fázisában, soktényezős döntést és nagy körülményt igénylő feladatot jelent a kutatást megtervezők számára [1-12]. Ebben a cikkben egy, a célra orientált hatékony módszert mutatunk be, amelynek alkalmazását elsősorban a gyorsasága miatt javasoljuk. A matematikai eljárásunk, a Lagrange-féle multiplikátoros módszert alkalmazza a nemlineáris dinamikus programozási feladat megoldására. A matematikai módszert egy projekt erőforrásainak szétosztási adatainak szemléltetjük.

A MATEMATIKAI MODELL

A kiválasztott projekt részprojektjeinek számát jelölje n . Jelölje az előzetes felmérésekből meghatározott részprojektköltségeket az egyes esetekben $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$. Legyen a projektünk számára a rendelkezésre álló keret A , ahol ez a tényleges keret kisebb, mint az összes szükséglet:

$$A < K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n$$

Keressük az optimális szétosztási politikát, amelynél $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ változók jelölik az egyes részprojekteknek az ismeretlen optimális költségértékeket, amelyeknek összege majd ténylegesen végrehajtott projekt összes költségét fogja adni. A végrehajtott projektből származó összes hasznot az $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ hasznfüggvény jelöli, amely egyúttal az optimalizálandó (maximalizálandó) célfüggvény is. Mivel a haszon minden részprojekt esetében külön jelentkezik, adott esetben az f egységkonstansokkal alkotott lineáris kombinációja az egyes részprojektekhez származó hasznfüggvényeknek:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) := \sum_{i=1}^n f_i(x_i)$$

(Tehát, ezen a szinten szinergikus hatásokat közvetlenül nem vesz figyelembe a modell, ezt később a β_i hasznosulás mértékére jellemző paramétereknél lehet majd figyelembe venni.) Ezeknek az $f_i(x_i)$ parciális hasznfüggvényeknek a pontos és korrekt meghatározása

alapkérdés minden egyes részprojektnél. Várható, hogy nem fog rendelkezésre állni mindenütt a teljes keret, ezért pontosan ismerni kell, hogy milyen eredményességre vezet a részprojekt, ill. mekkora minimális költségtől kezdve lehet elindítani azt adott esetben? A parciális hasznfüggvényekről megállapítható, hogy egy bizonyos határig növekvő költségértékhez növekvő haszon kapcsolódik, és ez a kapcsolat nemlineáris. Megfigyelhető ugyanis, hogy ha a minimálisnál nagyobb, de a szükségesnél kisebb összeg áll rendelkezésre, ez olyan kényszert jelent, ami a felhasználót általában jóval nagyobb takarékoságra és hatékonyságra ösztönzi. Ha viszont korlátlanul állna rendelkezésre a forrás, abban az esetben is szükségtelen lenne a tényleges K_i (felelősséggel és pontosan meghatározott) rész költség fölé menni, mert a K_i feletti költségek már nem hoznak további hasznot. Nyilvánvaló tehát, hogy a parciális hasznfüggvények monoton növekvő, felülről korlátos nemlineáris függvények. Feltesszük még, hogy $f_i(x_i)$ az x_i szerint differenciálható függvény ($i=1,2,\dots,n$).

A nemlineáris parciális hasznfüggvények leírására jól alkalmazható az alábbi exponenciális függvény, amely megfelel a fentiekben leírt követelményeknek. A függvényben szereplő $0 \leq \beta_i$ tényező a hasznosulás mértékére jellemző paraméter.

$$f_i(x_i) := \beta_i K_i (1 - e^{-x_i/K_i})$$

Lagrange-féle multiplikátoros módszert alkalmazunk a feltételes szélsőérték-probléma megfogalmazására:

$$h(x, \lambda) := \left(\sum_{i=1}^n f_i(x_i) \right) - \lambda \left(\left(\sum_{i=1}^n x_i \right) - A \right)$$

Azért célszerű ezt a módszert választani, mert ez közvetlen formulát eredményez minden optimális x_i -re:

$$x_i := \frac{-\left(\sum_{j=1}^n \frac{\ln(\beta_j K_j c_j)}{c_j} \right) + A + \ln(\beta_i K_i c_i) \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{c_j} \right)}{c_i \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{c_j} \right)}$$

A függvényben szereplő c_i hasonlósági konstans oly módon célszerű megválasztani, hogy az $x_i > K_i$ esetén az $f_i(x_i)$ függvény már 1% -nál kisebb hibával közelítse meg a K_i értékét, $\beta_i=1$ esetén:

$$c_i := \frac{\ln(100)}{K_i}$$

ESETTANULMÁNY

Egy konkrét kutatási projekt pénzügyi programja 100 millió forintos előirányzatot tartalmazott. Azonban, a részletes felmérések és pénzügyi analizisek nyomán kiderült, hogy ez az összeg nem érte el a tényleges tartalom szerinti összköltségének a felét sem. A viszonylag magas költségek megállapítása során figyelembe kellett azt is venni, hogy a tervezett mérések és az ebből eredeztethető tényleges költségigény magasabb az előzetesen megtervezettnél. Így a kutatási projekt összes költségét 240 millió Ft-ban állapították meg. Ehhez pályázatból és saját forrásból az első évben 60 millió forint – az eredeti költség 25%-a – áll rendelkezésre. Végül, a projektet 4 éves időszakban határozták meg és évente 60 millió forintban állapították meg a keretet azzal, hogy az összeg szétosztását a 8 részprojektre évente aktualizálni szükséges. Példaként vizsgáljuk meg a betervezett részprojektekre a kutatóhely által alkalmazott kiosztást, továbbá módszerünket alkalmazva vizsgáljuk meg, hogy a szétosztásnál milyen eredményt hozott volna az, ha ezt a matematikai módszert alkalmazták, és ezt vessük össze a ténylegesen megtörtént felosztás eredményével.

Három esetet különböztetünk meg. Az első esetben (I.) egy éves kiosztást vizsgálunk és azt tételezzük fel, hogy a kutatás területén bárhol történő munkáknál ugyanakkora a β_i hasznossági ráta minden i -re, tehát ekkor minden parciális hasznfüggvény-nél ugyanakkora a β konstans. A második esetben (II.) szintén egy éves kiosztást vizsgálunk és azt tételezzük fel, hogy már megtörtént egy optimális szétosztás, és kiszámoljuk az ehhez a kiosztáshoz tartozó β_i hasznossági rátákat, majd ezek szerint újra végrehajtjuk az optimálást, megvizsgálva módszerünk stabilitását.

A harmadik esetben (III.), a teljes négyéves időszakot vizsgáljuk, és évente újraértékeljük az egyes részprojektek eredményességét, és ez alapján választunk β_i hasznossági rátákat minden i -re.

I. ESET

Az optimáláskor azonos fontosságot/hasznot feltételező stratégiát követve $\beta_i = 0,20$ ($i=1,2,\dots,n$) hasznossági rátát vettünk fel. (Ez azt jelenti, hogy ha az i -ik esetben elérnénk a tényleges K_i kutatási költséget, akkor ennek a keletkezett tényleges haszna 20%.) Ilyen esetben megfigyelhető, hogy az optimális szétosztás, a tényleges igények szerinti súlyok szerint történik. Ezt matematikai vizsgálattal is egyszerűen bizonyíthatjuk. Az x_i megoldás alábbi alakját korábban már meghatároztuk [1]:

$$x_i = \frac{\ln(\beta_i K_i c_i) - \ln(\lambda)}{c_i}$$

Ezt felhasználva, tekintsük az x_i és $x_j \neq 0$ megoldásokat ($i \neq j$, $i, j=1,2,\dots,n$), az alábbi formában:

$$x_i = \frac{\ln\left(\frac{\beta_i K_i c_i}{\lambda}\right)}{c_i}$$

$$x_j = \frac{\ln\left(\frac{\beta_j K_j c_j}{\lambda}\right)}{c_j}$$

Jelölje r az x_i és x_j arányát:

$$r = \frac{x_i}{x_j} = \frac{\ln\left(\frac{\beta_i K_i c_i}{\lambda}\right) c_j}{c_i \ln\left(\frac{\beta_j K_j c_j}{\lambda}\right)}$$

Használjuk fel, hogy:

$$c_i = \frac{\ln(100)}{K_i}$$

$$c_j = \frac{\ln(100)}{K_j}$$

Ez alapján:

$$r = \frac{\ln\left(\frac{\beta_i \ln(100)}{\lambda}\right) K_j}{\ln\left(\frac{\beta_j \ln(100)}{\lambda}\right) K_i}$$

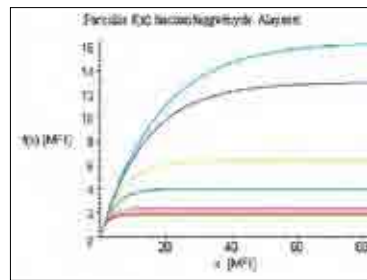
Továbbá azt, hogy $\beta_i = \beta$ és $\beta_j = \beta$, ($i, j = 1, 2, \dots, n$) konstans hasznossági rátát alkalmazunk:

$$\frac{x_i}{x_j} = \frac{K_j}{K_i}$$

Beláttuk tehát, hogy az optimális szétosztás a tényleges költségigények szerinti súlyok szerint történik. Ha még az is teljesül, hogy $K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n = A$, a számítások triviálisan visszaadják az:

$x_1 = K_1, x_2 = K_2, x_3 = K_3, \dots, x_n = K_n$ megoldásokat. Az 1. táblázat foglalja össze a $\beta_i = \beta = 0,2$ értéknél kapott eredményeket.

Az „Igény K_i ” oszlop tartalmazza az egyes részprojekthez (Work packet: WP1, ..., WP8) igényelt teljes költséget. A „Megkapott x_i ” oszlop tartalmazza az egyes részprojekthez ténylegesen megkapott összegeket. Ez esetben a szétosztás a tényleges költségigények szerinti súlyok szerint történt. A „Parciális haszon” oszlop tartalmazza a ténylegesen megkapott összegek felhasználása által kapott eredményeket.



1. ábra: a költséghez tartozó parciális hasznfüggvények I. esetben

Az „Optimális x_i ” oszlop tartalmazza az általunk ismeretett optimálási módszer szerint kiosztott kutatási összegeket az egyes részprojekthez. Az „Optimális parciális haszon” oszlop tartalmazza az optimális összegek felhasználása által kapott eredményeket. Nyilván az optimálás alkalmazása a fent levezetettek szerint azonos eredményt hozott a tényleges kutatási költségfelhasználással.

	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Optimális parciális haszon M Ft	Adott évre β
WP1	10	2,50	1,37	2,50	1,37	0,20
WP2	20	5,00	2,74	5,00	2,74	0,20
WP3	32	8,00	4,38	8,00	4,38	0,20
WP4	65	16,25	8,89	16,25	8,89	0,20
WP5	12	3,00	1,64	3,00	1,64	0,20
WP6	82	20,50	11,21	20,50	11,21	0,20
WP7	10	2,50	1,37	2,50	1,37	0,20
WP8	9	2,25	1,23	2,25	1,23	0,20
Össz:	240	60,00	32,82	60,000	32,821	1,600
					0,00%	

1. táblázat: eredményesség az I. esetben

Esetünkben az 1. ábra szemlélteti a költségekhez tartozó parciális haszonfüggvényeket. Természetesen a legkiugróbb értékek a legnagyobb részprojektköltségeket felmutató parciális haszonfüggvényénél jelennek meg.

II. ESET

Ebben az esetben feltételeztük, hogy a kutatóhelyen a szétosztáskor olyan arányszámokat alkalmaztak, amely arányszámok már ténylegesen optimálisak voltak!

	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Optimális parciális haszon M Ft	Adott évre β_i
WP1	10	1,220	0,63	1,246	0,64	0,146
WP2	20	2,218	1,06	2,078	1,01	0,133
WP3	32	3,367	1,55	2,959	1,40	0,126
WP4	65	19,148	17,05	20,543	17,60	0,353
WP5	12	1,131	0,48	0,823	0,37	0,113
WP6	82	30,710	30,26	30,190	30,07	0,449
WP7	10	1,109	0,53	1,039	0,51	0,133
WP8	9	1,098	0,57	1,122	0,57	0,146
Össz:	240	60,00	52,13	60,00	52,17	1,600
					0,08%	

2. táblázat: eredményesség a II. esetben

Ez alapján a β_i hasznossági rátákat a Megkapott x_i / Igény K_i , azaz x_i/K_i , ($i=1,2,\dots,n$) arányszámok alapján, alábbiak szerinti normálással vettük fel:

$$\beta_i := \frac{n \cdot \beta \cdot x_i}{K_i \left(\sum_{k=1}^n \frac{x_k}{K_k} \right)}$$

Ahol β az I. esetben felvett érték és n , a részprojektek száma, jelen esetben $n=8$. Ekkor megfigyelhető, hogy az optimális szétosztás már nem csupán a tényleges igények szerinti súlyok szerint történik, és ebben az esetben már valóban megkülönböztetjük az egyes rész kutatások várható eredményességét (hasznát) is.

Eredményeinkből látható, hogy mivel a megtörtént döntéseket tekintettük optimálisnak és a β_i paramétereket ezek alapján

1. év	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Opti- mális parciális haszon M Ft	Adott évre β_i
WP1	10	2,50	0,65	0,220	0,091	0,095
WP2	20	5,00	1,23	0,218	0,088	0,090
WP3	32	8,00	2,28	1,367	0,595	0,104
WP4	65	16,25	21,04	24,148	25,209	0,473
WP5	12	3,00	0,74	0,131	0,053	0,090
WP6	82	20,50	31,85	33,710	39,565	0,568
WP7	10	2,50	0,61	0,109	0,044	0,090
WP8	9	2,25	0,55	0,098	0,040	0,090
Össz:	240	60,00	58,95	60,000	65,685	1,600
					11,42%	

2. év	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Optimális parciális haszon M Ft	Adott évre β_i
WP1	10	2,50	3,24	5,283	4,318	0,473
WP2	20	5,00	1,23	3,354	0,968	0,090
WP3	32	8,00	12,43	18,174	16,848	0,568
WP4	65	16,25	4,21	11,626	3,453	0,095
WP5	12	3,00	0,74	2,013	0,581	0,090
WP6	82	20,50	5,84	16,363	5,133	0,104
WP7	10	2,50	0,61	1,677	0,484	0,090
WP8	9	2,25	0,55	1,509	0,436	0,090
Össz:	240	60,00	28,85	60,000	32,221	1,600
					11,69%	

3. év	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Opti- mális parciális haszon M Ft	Adott évre β_i
WP1	10	2,50	0,61	1,910	0,526	0,090
WP2	20	5,00	6,47	11,033	8,721	0,473
WP3	32	8,00	1,97	6,113	1,684	0,090
WP4	65	16,25	4,21	13,142	3,728	0,095
WP5	12	3,00	0,74	2,293	0,632	0,090
WP6	82	20,50	5,84	18,276	5,480	0,104
WP7	10	2,50	0,61	1,910	0,526	0,090
WP8	9	2,25	3,50	5,321	4,777	0,568
Össz:	240	60,00	23,95	60,000	26,074	1,600
					8,86%	

4. év	K_i igény 4 évre M Ft	Adott évre eredetileg tervezett x_i M Ft	Parciális haszon, eredeti értékeknél M Ft	Adott évre optimális x_i M Ft	Opti- mális parciális haszon M Ft	Adott évre β_i
WP1	10	2,50	0,61	2,014	0,544	0,090
WP2	20	5,00	1,23	4,028	1,087	0,090
WP3	32	8,00	1,97	6,445	1,740	0,090
WP4	65	16,25	4,21	13,815	3,841	0,095
WP5	12	3,00	3,88	6,744	5,254	0,473
WP6	82	20,50	5,84	19,125	5,622	0,104
WP7	10	2,50	3,88	6,016	5,325	0,568
WP8	9	2,25	0,55	1,813	0,489	0,090
Össz:	240	60,00	22,18	60,000	23,902	1,600
					7,76%	

3. táblázat: eredményesség a III. esetben

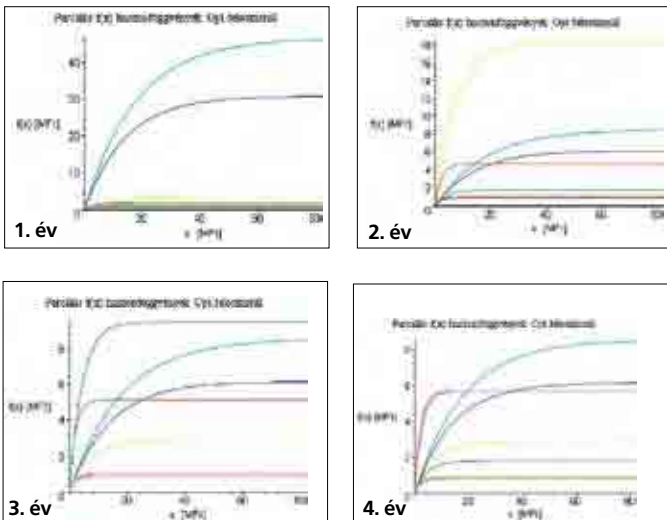
– visszafele – számoltuk ki, ezáltal természetesen sokkal kevésbé kiugró az optimálás eredménye az eredeti szétosztáshoz viszonyítva: 0,08%. A 2. táblázat foglalja össze a különböző β_i értékeknél kapott eredményeket. A táblázat felépítése azonos az 1. táblázatával.

III. ESET

Ekkor az összehasonlítás alapját ugyancsak az I. eset szerinti szétosztás képezi, viszont minden évben újraértékelve, meghatároztuk az optimálási célokat szolgáló β_i hasznossági rátákat, és ezek alapján számítottuk ki az optimális x_i értékeket. Látható, hogy a matematikai optimalás minden évben globálisan jobb eredményt nyújtott, mint a szubjektív döntés.

	Igény M Ft	1. év M Ft	2. év M Ft	3. év M Ft	4. év m Ft	Optimálás után javasolt összes M Ft
WP1	10	0,220	5,283	1,910	2,014	9,428
WP2	20	0,218	3,354	11,033	4,028	18,633
WP3	32	1,367	18,174	6,113	6,445	32,099
WP4	65	24,148	11,626	13,142	13,815	62,731
WP5	12	0,131	2,013	2,293	6,744	11,180
WP6	82	33,710	16,363	18,276	19,125	87,475
WP7	10	0,109	1,677	1,910	6,016	9,713
WP8	9	0,098	1,509	5,321	1,813	8,741
Össz:	240	60,00	60,00	60,000	60,000	240,000

4. táblázat: optimális szétosztás a teljes időszakra a III. esetben



2. ábra: a költséghez tartozó parciális hasznfüggvények 1., 2., 3. és 4. évben III. esetben

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben javasolt módszer exponenciális parciális hasznfüggvényeket alkalmaz és az eljárás előnye az, hogy a bonyolult nemlineáris dinamikus programozási feladatot numerikus analízis nélkül, direkt összefüggés alapján oldja meg. Ezáltal rendkívül gyorsan szolgáltat eredményeket a kutatási-fejlesztési projektek pénzügyi tervezéséhez és korlátlanul nagy n-méretű problémák megoldását teszi lehetővé.

Az alkalmazott $f_i(x_i)$ parciális hasznfüggvényeknek a pontos és korrekt meghatározása alapkérdés minden egyes részprojektnél! Igen fontos a β_i paraméterek egyes komponenseinek a vizsgálata. Pl. haszon keletkezik értéknövekedésből, de azáltal is, hogy a kutatás megelőzhet valamilyen későbbi nagy kárt v. kársorozatot, amelynek a kutatás következtében történő

elmaradása a haszon! Komponens, a kutatás következtében fellépő energiamegtakarítások, környezeti károsodások megelőzésének pénzügyi hatásai is. Közlekedési kutatásoknál, pl. az utazási forgalomsűrűség növekedésére ható tényezők szerepe, balesetek csökkenése, továbbá a kutatásnak a foglalkoztatásra és régiós fejlődésre gyakorolt hatásai. A β_i paramétereknél célszerű figyelembe venni a szinergikus hatásokat is: tehát azt, hogy bármely β_i és β_j együttes változása milyen együttes hatást gyakorol a projekt eredményességére? Ezen tényezők becslése természetesen – igen részletes – független szakértői munkát igényel és ez elvégzendő minden konkurenciára bocsátott részprojektnél.

A módszer alkalmazását bemutattuk: végrehajtottunk egy konkrét kutatási programra vonatkozó számításokat. Esetünkben már az eredeti felosztások is igen reálisak és kedvezőek voltak! Így az alkalmazás 7,76%–11,42% haszonnövekedést eredményezett a tényleges költségfelhasználásokhoz képest. Természetesen, egy kevésbé sikeres kezdeti felosztáshoz viszonyított optimalás ennél jelentősebb várható haszonnövekedést eredményez.

Irodalom

- [1] C. W. Churchman, R. L. Ackoff, E. L. Arnoff: Introduction to Operations Research, 5th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 1971.
- [2] U. Gürlér, M. C. Pinar, M. M. Jelassi: On closed-form solutions of a resource allocation problem in parallel funding of R&D projects. Operations Research Letters, 27 (2000), 229–234.
- [3] Z. Laslo Z., A. I. Goldberg: Resource allocation under uncertainty in a multi-project matrix environment: Is organizational conflict inevitable?, Int. J. Project Management (2007), doi:10.1016/j.ijproman. 2007.10.003.
- [4] Várlaki P.; Palyi I.; Toth, L.; Gombaszogi, I.: Reconstruction Decision Model for Transportation Infrastructure Systems Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2007. ISCIII apos; 07. International Symposium on Volume, Issue, 28-30 March 2007 Page(s):163–166 Digital Object Identifier 10.1109/ISCIII.2007.367382
- [5] Péter T.: Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése. Közlekedéstudományi Szemle, 9. 2007. Szept. LVII. Évf. pp. 322–331.
- [6] Péter T.: Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés”. – Konferencia, 2007. szeptember 4-5-6. Budapest, BMF <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>
- [7] Várlaki, P. és Magyar I.: Aszimmetriák és konfliktusok a közlekedési infrastruktúra fejlesztésében. MTA Nemzeti Stratégiai Kutatási Program, 1997, p. 40.
- [8] Péter T.–Prezenszki J.–Várlaki P.: A rakodási rendszerek dinamikájának vizsgálata. Közlekedéstudományi Szemle XXXIV. 5. 1984. 208–219. p.
- [9] Várlaki, P. and Michelberger P.: The problems of stochastic processes in structural reliability. Korean-Hungarian Symp. on Structural Reliability, Budapest, 1997, pp. 169–172.
- [10] Péter T. – Korcsog A.: Bestimmung der dominanten Periodizität von Input- und Output-Prozessen bei einem Umschlagssystem. Wissenschaftliche Zeitschrift, DRESDEN, Jahrgang 1987 Heft 5.840–854. p.
- [11] Péter T. Equivalence classes and optimization of vehicle swinging systems. Periodica Polytechnica.10. No.1. 1982. 125–138. p.
- [12] Péter T.: Komplex célfüggvény és ekvivalenciaosztályok alkalmazása gépjármű-lengőrendszerek térbeli sztochasztikus modelljeinek optimalására. Magyarok szerepe a világ természettudományos és műszaki haladásában III. Tudományos találkozó 1992. 142–144. p.

Járművezetők EKG-jeleit mérő rendszer kialakítása

Bosznai István
kutató, BME
Irányítástechnika és
Informatika Tanszék

Kovács Levente
egyetemi tanársegéd, BME IIT

Fördös Gergely
kutató, BME IIT

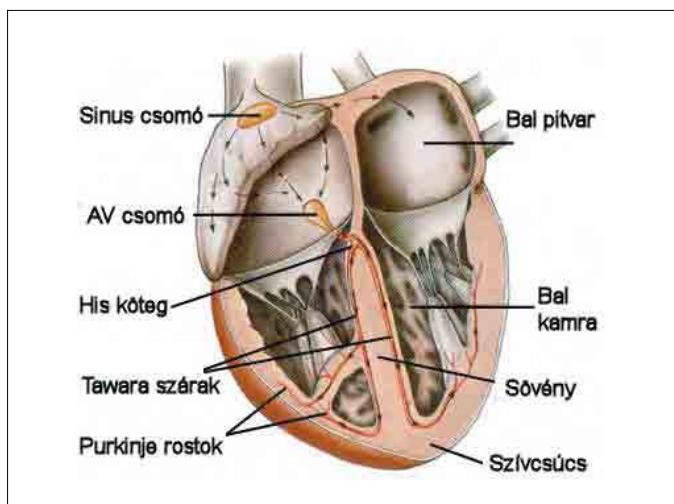
Dr. Benyó Zoltán
egyetemi tanár, BME IIT

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT) Orvosiinformatikai Laboratóriuma által koordinált RET 5.2 projekt a járművezetők viselkedésének tanulmányozását célozta meg. A 2006-ban az Elektronikai Technológia tanszéken kifejlesztett EKG-rendszer először a projekt keretében került alkalmazásra. A továbbiakban megismerhetjük az EKG-jel keletkezésének folyamatát, a készülék jellemzőit, felépítését, és a gyakorlatban alkalmazás során elért eredményeket.

Improving the safety of the traffic is a social interest. Accidents are not only caused by poor technical conditions of the vehicles, but also by tired, indisposed, or bad state-of-minded drivers. The managing of human factors needs the control, recording and monitoring of the most important vital parameters of the driver. The paper presents the development of such a system, which is based on ECG recording and needs no or little cooperation of the driver.

BEVEZETŐ

A közúti közlekedés napjainkban jelentős baleseti kockázati tényezőket hordoz magában. Felmérések szerint a balesetek többségét a járművezetők hibás döntése, nem megfelelő helyzetmegítélése vagy figyelmetlensége okozza [1]. A hibás emberi döntések oka a legtöbb esetben a sofőr nem megfelelő testi, lelki állapotában keresendő.



1. ábra: a szív és ingerületképző szervei

Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT) konzorcium keretében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT) Orvosiinformatikai Laboratóriuma által koordinált 5.2 projekt a járművezetők viselkedésének tanulmányozását célozta meg.

Célkitűzésünk annak megfigyelése, hogy a járművezetők életani paraméterei milyen kapcsolatban állnak a vizsgált alany éberségi állapotával, reakcióidejével, fáradtsági szintjével. Mindemellett, konzorciumi partnereinkkel (BME Közlekedésautomatika Tanszéke, BME Gépjármű Tanszéke) együtt az ember közlekedési folyamatokban való jelenlétének tanulmányozása is tervezett feladatunk.

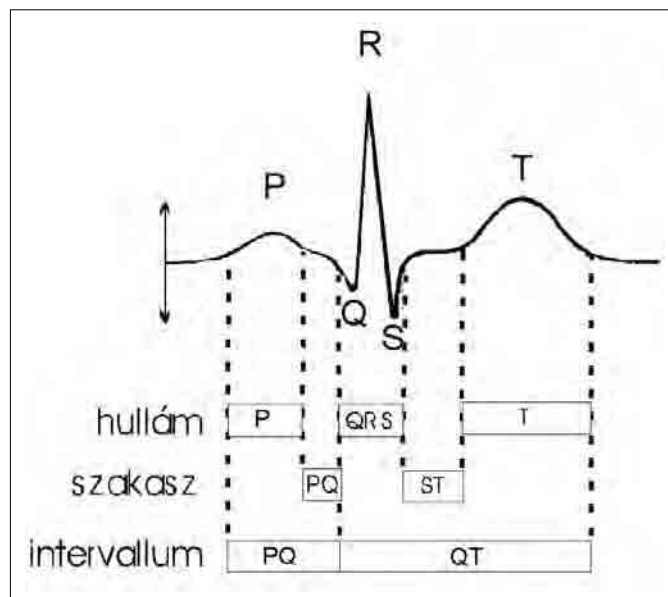
A RET 5.2 „Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben” projekt keretében, 2006 év végén, az Orvosiinformatikai

csoport által prezentált elképzeléseink között, az EKG-jelek méréséhez kiválasztott és a piacon jelenleg egyik legjobbnak ítélt mérőrendszer kipróbálása után viszont hamar rájöttünk, hogy az EKG-mérőrendszerek nem zajos, hanem stabil környezetekre vannak kialakítva, így a járművezetőre csatolt EKG-készülék használhatatlan jelet eredményezett.

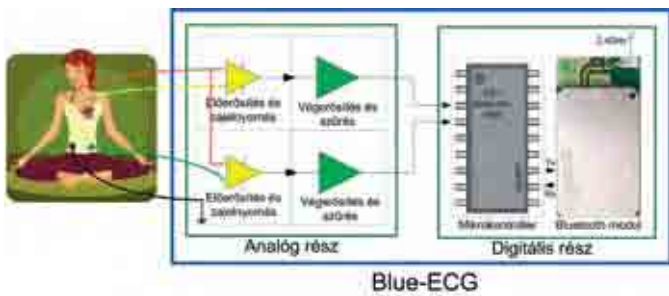
Ebből kifolyólag egy saját EKG-készülék létrehozása mellett döntöttünk, mely a már említett hátrány kiküszöbölésére képes.

AZ EKG-JEL KELETKEZÉSE ÉLETTANILAG

Az emlősszív ingerületképzését a szív ritmusgenerátora, a sinuscsomó látja el, ami a jobb pitvar beszájadásában helyezkedik el. A sinuscsomóban kialakult ingerület az AV-csomó, a his-köteg, a Tawara száruk és a Purkinje rostok segítségével jut el a szívizomzathoz. Normális működés mellett a szív egyetlen ingerületképző szerve a sinuscsomó, a többi ingerületképző szervből csak kóros körülmények között indulhat ki ingerület. A sinuscsomó ingerületképző frekvenciája 100 ütem/perc, ha



2. ábra: EKG-jel szakaszai



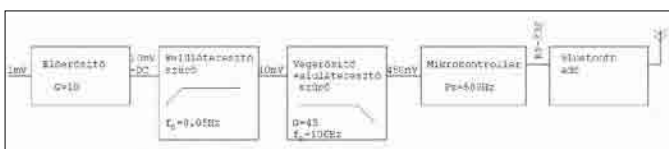
3. ábra: az erősítő sematikus rajza

ez valamilyen kóros elváltozás következtében nem tudja ellátni a feladatát, akkor az AV-csomó veszi át az ingerületképzés szerepét. Az AV-csomó 55 ütem/perc sebességgel képes ingerületet kibocsátani magából, míg a Tawara száraz csupán 40 ütem/perc sebességre képesek. Az ingerület hatására a szívizomzat összehúzódik, depolarizálódik, majd ezután elernyed, repolarizálódik. A szívizomzat ingerület alatt számtalan dipólus összegeként fogható fel. A dipólusokat vektorok írják le, melyeknek irányuk és nagyságuk van (1. ábra).

Ha az egy időben depolarizálódó vagy repolarizálódó rostköteg által modellezett dipólusok összege kellően nagy vektort eredményez, akkor az általa létrehozott potenciálkülönbség a test felszínéről is elvezethető. Ezt a potenciálkülönbséget a testre helyezett elektródák és megfelelő erősítő segítségével lehet regisztrálni, ez az elektrokardiográfia alapja. Az elektromos erőter a testfelszínen haladva fokozatosan gyengül, a testfelszínen regisztrált EKG-hullámok amplitúdója a mV nagyságrendbe esik. A testfelszínen mért potenciálkülönbség nagyságát egy adott pillanatban fennálló testfelszíni töltéseloszlás határozza meg. A testfelszínen az úgynevezett unipoláris és bipoláris elvezetés elvén mérhetjük meg az elektromos erőter nagyságát [2].

Az EKG-görbe potenciálváltozások (ún. hullámok) sorozatából áll, amelyek közül (megegyezés alapján) a pozitív irányú kitéréseket ábrázoljuk felfelé (2. ábra). A szívizom aktivációja a sinuscsomóban kezdődik, de a sinuscsomó csekély tömege miatt ez az aktivitás EKG-hullámban nem jelenik meg. Ezután következik a pitvarizomzat depolarizációja, amely a pitvar-kamrai határ, illetve az AV-csomó irányába halad. Ennek mindhárom elvezetésben egy pozitív hullám (a P-hullám) felel meg, amely az EKG-görbe első hulláma. A P-hullám hossza azt az időtartamot tükrözi, amely alatt a depolarizáció a pitvaron keresztül terjed. A depolarizáció a pitvarokról az AV-csomón, a his-kötegen, a Tawara szárazakon és a Purkinje rostokon keresztül halad a kamrák felé.

Az EKG-görbe ennek megfelelő szakasza (a PQ-szakasz) izoelektromos, azaz feszültségkülönbség ez idő alatt nem mutatkozik. Ekkor a pitvar felszínéről potenciálkülönbség nem vezethető el. A P-hullám kezdetétől a Q-hullám kezdetéig terjedő idő (a PQ-intervallum) a pitvar-kamrai átvezetés ideje. Legfontosabb összetevője az AV-átvezetési idő, részben azért, mert ez a komponens a teljes átvezetési időnek jelentős hányadát adja, részben pedig azért, mert kóros körülmények között az átvezetési időnek ez az összetevője nyúlik meg. Az AV-csomón keresztül történő ingerületterjedés lassú és sérülékeny folyamat. A teljes blokk kialakulását gyakran az

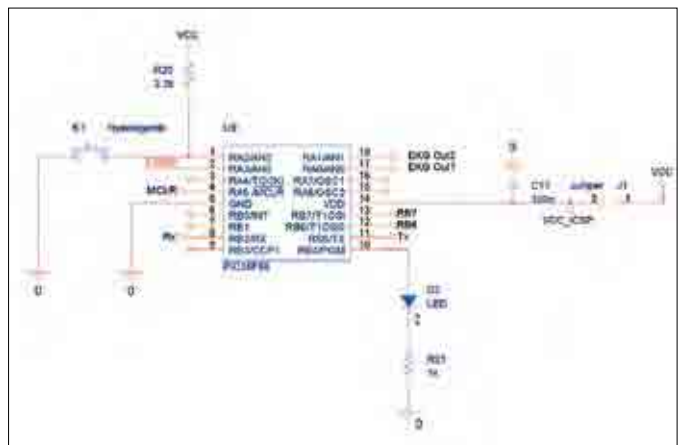


4. ábra: az erősítő blokkdiagramja

AV-átvezetési idő (PQ-intervallum) megnyúlása vezeti be. A PQ-intervallum ideje normális körülmények között 0,12–0,20 s, és amennyiben az átvezetési idő 0,2 s-nál hosszabbra nyúlik, pacemaker beültetése indokolt.

A kamraizomzat depolarizációjának jele a QRS-komplexum, amelynek amplitúdója jóval nagyobb mint a többi hullám amplitúdója, a kamraizomzat jelentős tömege miatt. Időtartama (0,08 s) rövidebb, mint a pitvari depolarizáció (a P-hullám) időtartama, mert az ingerületvezető rendszer a kamraizomzatot gyorsan ingerületbe hozza. A QRS-komplexumot az izoelektromos ST-szakasz követi, amely időben a kamrai akciós potenciál platószakaszával esik egybe. Ekkor a kamra felszínét egyöntetűen negatív töltések borítják, tehát feszültségkülönbség nem regisztrálható, így az ST-szakasz izoelektromos.

Az izoelektromos ST-szakasz a T-hullámnál ér véget, amely a kamra repolarizációjának a jele. A T-hullám pozitív, mert a repolarizáció terjedésének iránya a depolarizáció terjedésének irányával ellentétes, időtartama pedig aránylag hosszú, mert a repolarizáció háttérben nem áll egy olyan gyors és szinkronizáló hatású vezetési mechanizmus, mint a depolarizáció esetében [3].



5. ábra: a mikrokontroler kapcsolási rajza

AZ EKG-ERŐSÍTŐ

Az erősítő működése

A megvalósított rendszer két fő egységből épül fel, a jel erősítését, átalakítását és vezeték nélküli átvitelét ellátó áramkörből, és az adatokat fogadó, feldolgozó és kiértékelő számítógépes egységből. A rendszer hardver részének sematikus rajza a 3. ábrán látható.

Az EKG-erősítővel szemben támasztott követelmények

A modern EKG-erősítőkben használt műszererősítőnek nagy közösjel-elynyomási tényezővel kell rendelkeznie, hogy a bemenetére jutó, a hálózathoz becsatolt közös módusú zavarójelet minél jobban elnyomja, és az ne jusson tovább az áramkör további fokozataira. Az alábbiakban kiszámoljuk, hogy mekkora közös módusú elnyomási tényezővel (CMRR) kell rendelkeznie a bemeneti erősítőnek, ha feltételezzük, hogy 0,1 mA nagyságú zavarójel áram folyik át a páciens testén, az előerősítő kimeneti jelen kevesebb mint 10 μV nagyságú zajt engedünk meg, és a páciens rezisztenciája megközelítőleg 1 kΩ [4].

$$V_{CM} \approx 0,1mA \cdot 1k\Omega = 100mV$$

$$V_{z}^{max} = 10\mu V$$

$$CMRR = \frac{V_{CM}}{V_{z}^{max}} = 10000 = 80dB$$



6. ábra: a beültetett áramkör

Az erősítő áramkörrel megfogalmazott saját követelmények:

- Egyszeres tápfeszültségről való üzemelés;
- +3,3 V-ról való működés;
- Maximálisan 45mA-es áramfelvétel;
- +1,65 V középszintű kimeneti EKG-jel;
- Telemetrikus elven való működés;
- 3 m-re a vevőtől is elfogadható gyorsaságú jelátvitel;
- Akkumulátorról, legalább 24 órán át folyamatos üzemelés;
- A lehetőség szerint minél kisebb méret.

Az EKG-erősítő tervezése

Az erősítő négy fő részből és három segédáramkörből áll össze.

A fő részek a következők:

- Előerősítő;
- Végerősítő és felüláteresztő szűrő;
- Mikrokontroller;
- Bluetooth adó.

A kiegészítő áramkörök pedig az alábbiak:

- Kis dropfeszültségű stabilizátor;
- Tápfeszültség-felező;
- Nagy pontosságú referencia.

Az alábbiakban a főbb elemeknek a legfontosabb fizikai, elektromos tulajdonságait vesszük sorra.

Az előerősítő

A korábbiakban leírtak miatt az előerősítőnek minimum 80 dB-es közös módusú elnyomási tényezővel kell rendelkeznie. Az egyszeres tápfeszültség és a +3,3 V-ról való üzemelés szükségessége azért merült fel a tervezés során, mert a Bluetooth adó maximálisan ekkora feszültségről képes üzemelni. Ezeket a kritériumokat figyelembe véve esett a választás a Texas Instruments cég INA118-as precíziós műszererősítőjére.

A végerősítő

A végerősítőnek is teljesítenie kell a +3,3 V-ról való üzemelés feltételét, emellett kis zajúnak kell lennie, további feltétel még, hogy legyen képes meghajtani az őt követő A/D fokozatot. A kiválasztott erősítő szintén a Texas Instruments cég gyártmánya, egy kis ofszet feszültségű (maximálisan 125 μ V), egyszeres tápfeszültségről működő, igen kis áramfogyasztású (20 μ A csatornánként) műveleti erősítő. Ez az erősítő is képes már +2,7 V-ról üzemelni, tehát megfelel ennek az elvárásnak.

A mikrokontroller

A választott mikrokontroller a Microchip© cég által gyártott 16F88-as típusú 8 bites mikrokontroller. Főbb tulajdonságai a következők:

- Kis áramfogyasztás;
- 4 kbyte programmemória, 368 bájt SRAM, és 256 bájt EEPROM memória;
- Belső oszcillátorral való működés;

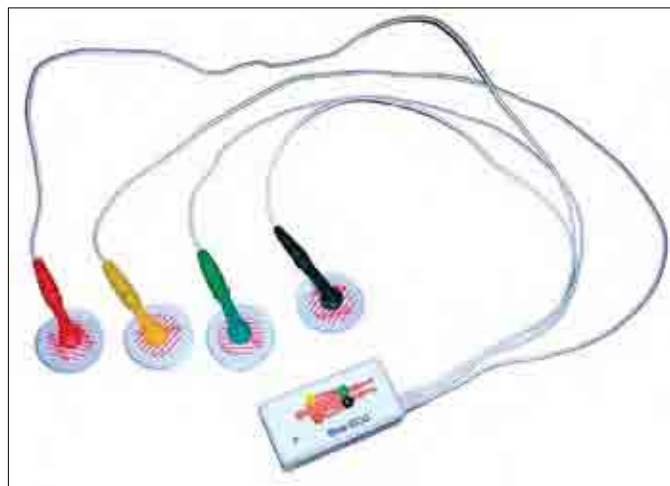
- Széles működési feszültségtartomány (+2 V–5,5 V-ig);
 - 10 csatornás, 10 bites A/D átalakító;
 - Hardveres USART;
 - 100 000-szer újraintható programmemória;
 - ICSP-programozás támogatása (In Circuit Programming: a mikrokontroller áramkörben való soros programozása);
 - 16 I/O láb, egyenként maximálisan 25 mA-rel terhelhetőek.
- Ezen tulajdonságok miatt esett a választás erre a mikrokontrollerre. Kisebb lábszámú (8 db) mikrokontroller is elegendő lenne a feladat ellátásához, azonban a kis lábszámú típusokban nincs hardveres USART beépítve, ami igen fontos szerepet kap.

A Bluetooth adó

BlueGiga cég két nyákra (nyomatott áramkörre) ültethető Class I-es és Class II-es adója közül azért esett a választás a Class II-es típusra, mert jóval kevesebbet fogyaszt, mint a Class I-es típusú, és a helyfoglalása is kisebb. A Bluetooth modul képes az általa soros protokoll szerint vett jeleket átalakítani, és a megfelelő kódolással 2,4 Ghz-es frekvencián kiadni. A modul támogatja a Bluetooth 1.1, 1.2, 2.0-ás szabványt, képes 3 Mbps sebességgel adatot küldeni, IDLE módban pedig igen kicsi az áramfogyasztása, mintegy 3 mA [5].

Az erősítő áramkör működése

Az erősítő áramkör leegyszerűsített működése a következőképpen magyarázható. Az áramkör a beérkező 1 mV-os EKG-jelet a tízszeresére felerősíti, majd a felerősített jelről a felüláteresztő szűrő leválasztja a DC-komponenst. Ezután a végerősítő felerősíti a 10 mV-os jelet 45-szörösére, azaz 450 mV-ra, az első rendű aluláteresztő tag pedig kiszűri a 106 Hz feletti komponenseket. A felerősített és megszürt jelet a mikrokontroller fogadja, ami 500 Hz-en mintavételezi a jelet, majd soros protokoll szerint továbbítja a Bluetooth adónak, végül pedig az adó továbbítja a jelet a vevőegységnek. Az egész erősítőláncnak tehát a frekvenciaáteresztő tartománya: 0,05 Hz–106 Hz, erősítése pedig 450 (4. ábra).



7. ábra: a bedobozolt áramkör

Az erősítő áramkör részletes ismertetését a következőkben írjuk le. Az előerősítő bemeneteire nem kellett két-két védődiodát tervezni, azokat már tartalmazza az erősítő IC. A már korábban tárgyalt igen magas közös módusú elnyomási tényező miatt a páciensről mindkét kézen becsatolt zavarójel igen kis hányada jut csak ki az erősítő kimenetére. Az erősítő adatlapjában szereplő képlet segítségével 45-ös erősítésre állítottuk be az erősítést. Így a kimenetén egy 45 mV nagyságú EKG-jel áll elő (ha feltételezzük, hogy a beérkező EKG-jel 1 mV amplitúdójú),



8. ábra: az alkalmazott elvezetési rendszer

ami még tartalmaz DC-komponenst. Az erősítő tápfeszültsége mellé kerülő 100 nF-os kondenzátor szintén a zajcsökkentést szolgálja. Az erősítő kimenetén található egy tesztpont is, ami arra szolgál, hogy az áramkör élesztésénél az előerősítő fokozatnál is meg lehessen mérni a kimeneti jelet. A hagyományos EKG-készülékeknél megszokott módszer az, hogy a közös módusú feszültséget leveszik a műszererősítő kapcsolásában található ellenállások közös pontjáról, és egy nagy negatív visszacsatolású erősítővel a páciensre vezetik, hogy kivonják azt az erősítő bemenetéről. A segédáramkör igen kis áramot hajt végig a páciens testén, de igen nagy (10–50 dB) jel/zaj viszony javulást lehet a segítségével elérni. Ezt a módszert hívják aktív jobb láb meg hatásnak. A páciens földelése életvédelmi szempontból nem megengedhető olyan rendszerekben, ahol a készülék hálózatról üzemel, vagyis valamilyen hiba, rövidzár folytán a páciens kapcsolatba kerülhet a hálózati földdel. Az erősítővel egy nem invertáló alapkapsolást valósítottunk meg, amelynek erősítését 10-re állítottuk be. Az előerősítő és a végerősítő együtt már 450-szeresre erősítik a bemenetre érkező jelet, tehát egy átlagos 1 mV-os EKG-jelből 450 mV-os jel keletkezik, ezt a jelet már át lehet alakítani A/D átalakító segítségével. Ilyen mértékű erősítés mellett még a nagyobb 3 mV-os jel sem lépi túl a kimeneten a maximálisan megengedett ±1,65 V-os tartományt, mivel 1,35 V-os lesz a végső jel amplitúdója. A műveleti erősítő negatív visszacsatoló ágába helyezett kondenzátor egy első rendű aluláteresztő szűrőtag-gá alakítja a kapcsolást. A szűrőtag csak a magas frekvenciás (>1 kHz) zavarjeleket szűri ki, az alacsony frekvenciás zavarjeleket (50 Hz-es hálózati eredetű zavar és felharmonikusai, izomremegésből adódó zaj) a kiértékelő szoftver szűri ki digitálisan. A végerősítő kapcsolásnál található egy újabb tesztpont, ami itt is az áramkör élesztésénél segít. Az eddig említett erősítőláncból az áramkör két teljesen egyforma részt tartalmaz. Ez azért szükséges, hogy a pontosabb



9. ábra: 3M egyszer használatos elektróda

diagnózis érdekében a már korábban ismertetett Einthoven I, II-es elvezetések jeléből a III-as elvezetés jelét is ki lehessen számolni, majd ezek segítségével a felerősített unipoláris elvezetéseket is meg lehessen állapítani. A legtöbb EKG-készülék csak az első két Einthoven-féle elvezetést méri ténylegesen, a többi elvezetés jelét ezekből számolja (kivéve a V1-V6 unipoláris mellkasi elvezetéseket). A származtatott jelek számításának képletei:

$$III = II - I$$

$$aVR = \frac{I + II}{2}$$

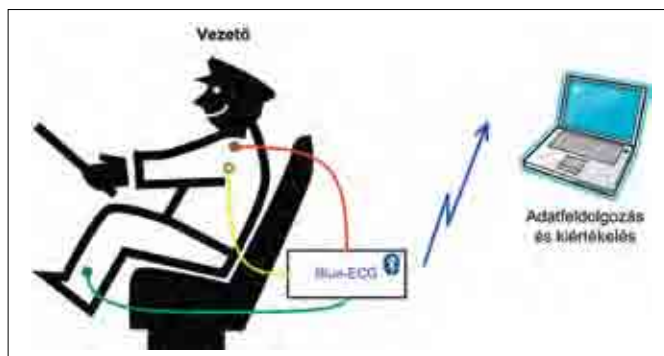
$$aVL = \frac{I - III}{2}$$

$$aVF = \frac{II + III}{2}$$

[6]

A mikrokontroller felépítésének köszönhetően közvetlenül az A/D csatornáira lehet vezetni a két végerősítő kimeneti jelét, ami mindkét csatornát 500–500 Hz-en mintavételezi, majd továbbítja a Bluetooth adó felé, soros szabványt alkalmazva. A mikrokontroller támogatja az ICSP-szabványt, ami azt jelenti, hogy az eszközt az áramkörbe való beépítés után is lehet programozni anélkül, hogy azt ki kéne venni onnan. A programozás 5 vezetéken keresztül történik: föld, táp, master clear, data, clock. A mikrokontroller tápfeszültsége és az ICSP-csatlakozótól kapott tápfeszültség közé egy jumper került, annak érdekében, hogy mikor a külső programozó áramkör rákapcsolja a mikrokontrollerre a +5 V-os tápfeszültséget, az ne tegyen kárt a Bluetooth-egységben (5. ábra).

A fejlesztés során egy gombot és egy LED-et is terveztünk a mikrokontroller egyes kimeneteire, ezeket nem kötöttük ki a doboz külsejére, csak egy tűkesort, annak érdekében, hogy ha a fejlesztés során igény merülne fel rájuk (reset gomb, pulzus ütemében villogó LED stb.), akkor a nyomtatott áramkörön meglegyen a helye. A mikrokontroller A/D átalakítójának két referenciafeszültsége lehet: a táp és a föld által meghatározott feszültség, vagy a V_{ref+} láb és a föld között lévő feszültség. A Bluetooth-egység nagy löketekben veszi fel az áramot, ezért a tápfeszültség-referencia igen zajos, ingadozik, tehát nem ajánlatos ezt használni, mint A/D átalakító referenciafeszültséget. A kapcsolásban egy precíziós külső referenciafeszültséget alkalmazunk, amelyet a későbbiekben ismertetünk. A mikrokontroller vezérlőprogramja a MikroC nevű fejlesztőkörnyezetben készült [7]. Ennek a szoftvercsomagnak a nagy előnye, hogy magas szinten lehet a segítségével fejleszteni. A program tartalmaz egy debugger (hibakereső funkció) részt, amiben minden változót, regisztert figyelemmel kísérhetünk, és ennek segítségével pontosan beállíthatjuk az időzítéseket, ami a mi esetünkben igen fontos, mert a mintavételi frekvencia közel



10. ábra: a mérési összeállítás



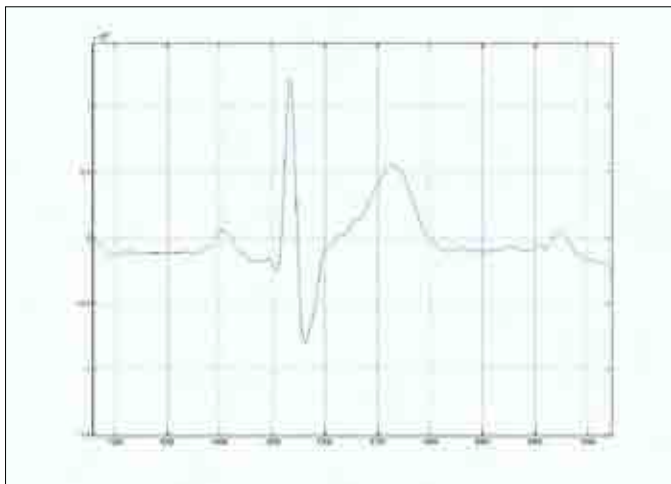
11. ábra: a felvevő program

500 Hz kell hogy legyen, mert csak így lesz pontos a feldolgozó szoftverben megírt digitális szűrő. Előnye még, hogy a program ingyenesen használható 2 kbyte programkódig.

Az erősítő nyákvetének elkészítése

Az áramkört kézzel ültettük be a BME Elektronikai Technológia Tanszék laboratóriumában. Az áramkör nyomtatott huzalozású lemezének

tervezése előtt kiválasztottuk azt a dobozt, amibe tökéletesen illeszkedik maga az akkumulátor, és elég helyet ad a Bluetooth-egység behelyezésére is. A kész áramkörtön láthatóak a már korábban megismertett fő és kiegészítő egységek, ezeket a könnyebb láthatóság érdekében sárgával az aktuális alkatrész fölé írtuk (6. ábra, 7. ábra). A Bluetooth-egység a túloldalon van, ezért nem látható a képen.



12. ábra: a MATLAB-ban megjelenített EKG-jel

AZ ADATOK RÖGZÍTÉSE

Alkalmazott elvezetési rendszer, elektródatípus

A mérések, felvételek során a 8. ábrán látható elvezetési rendszert alkalmaztuk. Az elektródákat a mért személy törzsén helyeztük el.

Az általunk használt elektródaszínek megfeleltetési a következők (7. ábra):

- Piros: Jobb kéz;
- Sárga: Bal kéz;
- Fekete: Jobb láb;
- Zöld: Bal láb.

A két erősítőlánc az Einthoven I-es és II-es elvezetés jelét méri, és a már említett módon számolja ki a III-as, a VR-, a VF- és a VL-elvezetéseket.

Az erősítőnél alkalmazott elektródák 3M márká-



13. ábra: EKG mérés optimális vezetési körülmények mellett

jú, egyszer használatos elektródák (9. ábra). Ezek az úgynevezett másodfajú elektródák típusába tartoznak, amelyek fémgömbből, és ezt körülvevő, nehezen oldódó fémsóból állnak. Ennek egy tipikus példája az ezüst/ezüst-klorid elektróda. Előnyös tulajdonsága, hogy nem polarizálódó, ami azt jelenti, hogy áram átfolyása és elektrolittal való érintkezés hatására sem alakul ki polarizált ion elrendezés, ami befolyásolná az elektród átmeneti feszültségét. Továbbá az ioncsere szigorúan visszafordítható folyamat során játszódik le. Emiatt nevezik a másodfajú elektródákat reverzibilis elektródáknak is. A reverzibilitás azért alakul ki, mert az ezüst elektródatest saját, nehezen oldódó sójába (AgCl) merül, és erre a sóoldatra igaz az oldódási szorzat állandóságának tétele. Az ilyen típusú elektróda egyenáramra és kis frekvenciákra alacsony impedancia értékekkel rendelkezik. Jelentős tényező azonban a bőr átmeneti ellenállása. Ennek csökkentésére különleges elektródapasztákat használnak.

A mérés összeállítása, menete

A mérések egy személyautóban készültek el, ahol a fent ismertetett BLUE-ECG készülék mérte a vezető EKG-jelét. A mérés folyamán mind az Einthoven I-es, mind pedig a II-es elvezetést mérte a készülék. A jelet a készülék egy személyi számítógépre továbbította, ahol az adatok feldolgozása, rögzítése történt meg. A mérési összeállítás sematikus rajza a 10. ábrán látható. A mérések folyamán a vezető különböző szituációknak és különböző vezetési helyzeteknek (normál vezetés, kanyarodás és váltás, enyhe kanyarodás) volt kitéve. A cél az volt, hogy megállapítsuk, hogy a készülék az ilyen helyzetekben mennyire érzékeny az elektróda mozgásából eredő zajokra, és hogy a rögzített jelekből kimutassuk a különböző szituációkban fellépő stressz változását.

A felvételhez használt program

A felvételekhez használt szoftver .Net keretrendszerben íródott C# nyelven. A program kezelőfelülete a 11. ábrán látható. A mérések megkezdése előtt a Settings opció segítségével lehet beállítani a kommunikációra használt soros port paramétereit, illetve ebben a menüben lehet beállítani az alkalmazott szűrő típusát és vágási frekvenciáját. Ezek után a Start Measurement segítségével indíthatjuk el magát a mérést. Ekkor két ábra jelenik meg: a felső a szűrt EKG-jelét mutatja, míg az alsó a szűretlen jelet. A program nemcsak megjeleníti és szűri a jeleket, hanem elmenti őket egy TXT-állományba, amit be lehet tölteni MATLAB-programba, és ott különböző méréseket, kiértékeléseket lehet végrehajtani a felvett jelen. A 12. ábrán



14. ábra: EKG-mérés nagyobb mozgások esetén



15. ábra: EKG-mérés erős mozgások mellett

egy mérésből származó jelet töltöttünk be MATLAB alá és jelenítettük meg.

Eredmények

A rendszer segítségével legalább 30 perces vezetési szakaszokat rögzítettünk, amelyekben megtalálható a már fentebb említett három vezetési szituáció. Ezen szituációk során tapasztalt eredményeket ismerjük meg az alábbiakban [8].

1. típusú mérés

Ebben az esetben a mérés legoptimálisabb felvételeit emeltük ki. Ekkor egyenletes vezetési szakasznál kevés mozgás mellett, váltás és nagyobb mozdulatok nélkül történt a vezetés. A 13. ábra által reprezentált mérést például az MKM és a Lágymányosi híd közötti szakaszon vettük fel. Ebben az esetben a program mindig képes volt felismerni a QRS-csúcsokat.

2. típusú mérés

Ezen mérési esetben már nagyobb mozgások is megfigyelhetők voltak, például váltás, a tükör beállítása, de adódhatott az ülésben történő mocorgás is. A mozgások ellenére a program itt is megtalálta a QRS-csúcsokat (14. ábra).

3. típusú mérés

Ezen felvételeket például visszafordulásos manőverek során készítettük, amikor is erős kormánymozdulatok, váltás és több körülnézés volt jellemző. Látható, hogy a nagyon zajos jel ellenére is a program megtalálta a QRS-csúcsokat, és egyben szívfrekvenciát is tudott számolni.

Továbbfejlesztési lehetőségek

A járművezető vezetési állapotának élettani paraméterek alapján

történő becslése céljából a szenzorrendszer által kinyert adatokból a járművezetők stresszorait kívánjuk vizsgálni és ez alapján egy osztályozó algoritmust felépíteni. Ehhez jelen fázisban az osztályozást elősegítő on-line megjelenítő szoftver fejlesztése zajlik, illetve ezzel párhuzamosan az élettani paraméterekből származtatható adatok (pl. szívfrekvencia-variabilitás) meghatározása is folyamatban van.

Irodalom

- [1] J. Petrók: ITS, intelligens közlekedési rendszerek hazai fejlesztése – A jövő járműve – Járműipari innováció, EJJT, JRET, X-Meditor, 2006. p. 12–15.
- [2] A. Fonyó: Élettan gyógyszerészhallgatók részére, 2. átdolgozott bővített kiadás, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2005
- [3] M. Kollai: Az elektrokardiogram, Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Klinikai Kísérleti Kutató- és Humánélettani Intézet, 2001, www.elet2.sote.hu/Jegyzetek/Magyar/Egyetemi_jegyzetek/Ekg.doc
- [4] Biopotential Amplifiers - Medical instrumentation, <http://sel18.hut.fi/166/Bioamplifiers-2005.pdf>
- [5] WT12 Bluetooth modul adatlapja, www.bluegiga.com/default.asp?file=234
- [6] Gy. Kozmann: Orvosi méréselmélet, Veszprémi Egyetem, <http://segedanyag.irt.vein.hu/EgInf/orvosimer/20040-323/Me1-2.pdf>
- [7] A MikroC szoftver hivatalos honlapja: www.mikroe.com/en/compilers/mikroc/pic
- [8] 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: EJJT Járművezetők viselkedése irányított járműrendszerekben, 2006. éves szakmai anyag (kutatási jelentés belső használatra), 2006

BME – Formula Racing Team

Formula Student versenyautó tervezése és építése a BME-n

1. rész



Bakó Csaba

Csuzi Tamás

Csütörtöki Tamás

Dóra Szabolcs

Forsthofer Ferenc

BME-FRT konstruktőrök

A Formula Student-sorozat hallgatók számára kiírt nemzetközi konstruktóri verseny, melyen a résztvevő csapatok tagjainak versenyautót kell tervezniük, gyártaniuk és versenyeztetniük. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem benevezett a Formula Student versenysorozatra. Az autó tervezése a gépjárművek tanszék hallgatóinak kezdeményezésére indult el, a tanszék oktatóinak támogatásával. A cikk első részének tárgya a versenysorozat és a BME-FRT csapat bemutatása, a versenyszámok elemzése, a motor és a telemetria rendszer bemutatása, leírása. A második részben a váz, a hajtáslánc, a fékrendszer, a kormánymű és a futómű konstrukció kerül bemutatásra.

Formula Student is about building future engineering talent by designing and producing a single-seater racing car. The Budapest University of Technology and Economics (BME) attended this racing series. The students of the Department of Automobile Engineering, with the support of the Department's lecturers, are developing the racing car. The subject of part 1 of the article is the introduction of the racing series and the BME-FRT team, analysis of the racing events, presentation of the engine and the telemetry system. The subject of part 2 will be the presentation of the framework, the drivetrain, the brake system, the steering gear and the suspension construction.

FORMULA STUDENT VERSENYSOROZAT – ÁLTALÁNOS LEÍRÁS

Műfaját tekintve a Formula Student – mint ahogy azt neve is mutatja – egy formula autós (nyitott vezetőfülkés) versenysorozat, melynek résztvevői kizárólag diákok. A sorozat alapvetően konstruktóri verseny, melynek jelentősége a szabályok kialakításában is megmutatkozik. A hangsúly főként az alkalmazott technikákon, technológiákon és a csapatfellépésen, nem pedig a sebességen vagy a fej-fej melletti küzdelmen van. Az eredmények alakulása összetett pontozásos rendszer alapján történik. A sorozatban induló csapatok feladata, hogy versenyautót tervezzenek, gyártásuk is le azt, majd versenyezzenek vele. A sikeres szerepléshez szükséges folyamatokat úgy kell megszervezniük, mintha egy valóságos vállalat alkalmazottai lennének. Ennek szimulálásához a valóságban is meg kell teremteni a jogi hátteret.

TÖRTÉNET

Az Amerikai Egyesült Államokban rendezték az első versenyt 1981-ben, melyen 6 csapatba szerveződve 40 diák vett részt. A szervező a helyi autósövetség volt, helyszínnek pedig Észak-Amerikát választották. Azóta a sorozat az egész Földön elterjedt, csak Amerikában 3 futamot rendeznek évente. Mára több kontinensen is szerveznek Formula Student versenyeket, többek között Ázsiában és Európában is. Ma, az első verseny helyszínén, azaz az észak-amerikai versenyen körülbelül 130 csapat és több mint 1800 diák indul. Európában három verseny kerül lebonyolításra. Egy, az angliai Silverstonban, egy az olaszországi Fioránóban és egy a németországi Hockenheimben. Mindegyik helyszín nagy autóversenyzői múlttal rendelkezik, a fioránói versenyt például a Ferrari tesztpályáján rendezik meg. Elsőként Angliában volt európai futam 1998-ban, majd 2005 és 2006-ban debütált a másik két verseny. Egy adott időben Anglia (július), Németország (augusztus), Olaszország (szeptember) sorrendben követik egymást a futamok. Az egyes futamok teljes mértékben különálló világbajnokságok. Ennek köszönhetően egy szűkebb költségvetésű csapat, mely csak egy versenyre tud nevezni, éppen olyan



1. ábra: a BME-FRT versenyautójának látványterve

jó eredményt tud elérni, mint egy olyan, amelyik mindhárom európai vagy akár másik kontinensen rendezett versenyen részt tud venni.

RÉSZTVEVŐK

A versenyzők kizárólag felsőoktatásban tanulók lehetnek, illetve a diploma megszerzése után még hét hónapig lehet valaki Formula Student csapattag. A csapat akár több iskola tanulóiból is szerveződhet. Fontos megjegyezni azonban azt, hogy nemcsak mérnökhallgatók vehetnek részt a versenyben, hanem más tudományterületek hallgatói is, mivel a feladat összetettségéből adódóan más szakismeretekre is szükség van (marketing, pr, menedzsment, pénzügy stb.). Minden csapatnak rendelkeznie kell egy úgynevezett tanácsadóval. Ez a személy általában egy tanár vagy egyéb, akár külső szakember. Természetesen a diákok kérhetnek tanácsot egyéb külső konzulenzstól, szakembertől.

A VERSENY MENETE

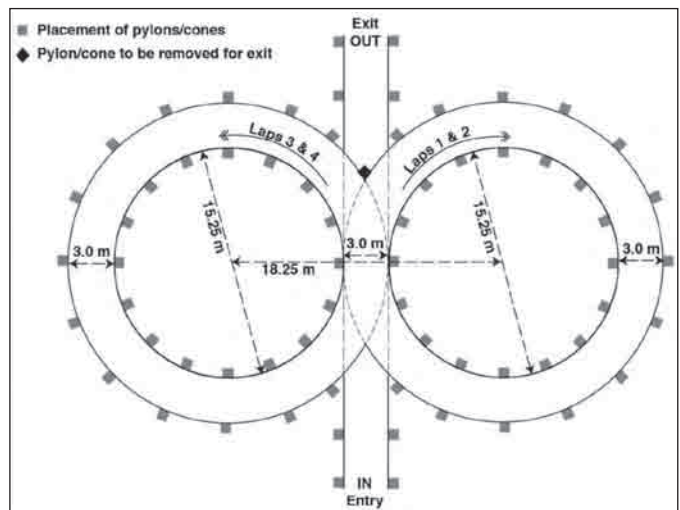
A futamok egy többnapos eseménysorozat keretében kerülnek megrendezésre, melynek első megmérettetése a gépátvétel. Ekkor ellenőrzik a bírúk, hogy az autók megfelelnek-e a Formula Student által előírt műszaki és biztonsági szabályoknak. A fékrendszerre, futóműre, motorra, vázra stb. vonatkozó műszaki előírások mellett

A DINAMIKUS VERSENYSZÁMOK ELEMZÉSE

A dinamikus számokban nyílik lehetőség a versenyautónak és pilótáknak a pályán történő megmérettetésére. Az összpontszám nagyobb része (675 az 1000-ból) is a dinamikus versenyszámokban szerezhető. Ahhoz hogy a versenyautó tervezésekor szükséges paramétereket meg tudjuk határozni, szükséges versenyen várható feladatokat megismerni és az autóval szemben támasztott követelményeket feltérképezni. A verseny összesen 4 számból áll: gyorsulás, skid pad, autocross, endurance. Ezek az autó különböző képességeit hivatottak felmérni.

GYORSULÁS

Főként a motor teljesítményéről és a hajtásláncról ad jellemzést az, hogy milyen gyorsító képességgel rendelkezik a jármű. A feladat egy 75 méter hosszú táv megtétele álló helyzetből indulva a lehető legrövidebb idő alatt. Minden versenyszámhoz tartozik egy szintidő, amelynél lassabb teljesítés esetén csak a minimális 3,5 pont jár. Ebben az esetben ez 5,8 másodperc, ami 46,55 km/h átlagebességet jelent. A legjobb csapatok által elért idő ennél jóval kevesebb:



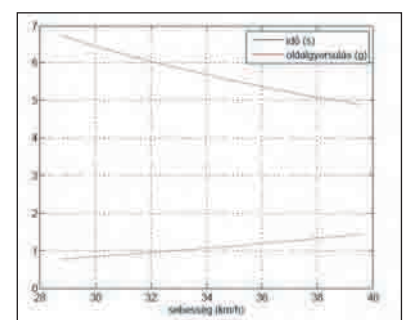
4. ábra: skid pad

3,75–4 másodperc között van. Ez 67,5–72 km/h átlagebességet és 0,96–1,09 g átlagos gyorsulást jelent. A motorteljesítmény mellett nagy szerepe van az autó tömegének is. 300 kg-ot feltételezve a szükséges vonóerő átlagosan 2800–3200 N nagyságú, 266 mm-es keréggördülési sugár mellett a hajtáslánc egyes elemeinek 745–850 Nm-t kell tudni elviselni.

SKID PAD

Az autó állandósult állapotbeli kanyarodási képességeit méri ez a szám, mely során egy 8-as alakú pályán kell mindkét irányban két kört megtenni a pilótának. A pálya rajza az első ábrán látható.

A pálya szélessége 3 m, a körök belső átmérője 15,25 m. A szintidő 6,184 másodperc, amihez 0,9 g oldalgyorsulás tartozik, amennyiben a verseny-szabályzatban megadott 8,55 m sugarú körön fel-



5. ábra: skid pad számítás



2. ábra: statikus versenyszámok pontmegosztása

szigorú szabályok vonatkoznak az autó orr-részén található energiaelnyelő zónára és a pilótafülkét övező szerkezeti elemekre is.

A gépátvétel után következnek a „statikus” versenyszámok, melyek során a csapatok bemutatják az autó műszaki megoldásait, a kalkulált gyártási költségeket és prezentálják az autóhoz felépített üzleti tervüket. A bírák gyakorlatilag az egész „vállalkozás” szervezettségét, szakmai felkészültségét, gyakorlatiasságát vizsgálják. A tízperces prezentációban be kell mutatni egy „virtuális vállalkozást”, melynek terméke a formula versenyautó. Kritérium, hogy naponta négy darab gyártott autó esetén egy jármű ára nem szökhet 25 000 USD fölé. Az üzleti tervvel meg kell győzni a zsűrit mint befektetőt, hogy a csapat által kínált terméket válassza. A prezentáció után a zsűri kérdéseket tesz fel, melyre az adott válasz fejében pontokat oszt.

Az előre elkészített költségelemzést a verseny előtt el kell küldeni a versenybírósnak, hogy véleményezze azt. Ebben részletesen le kell írni, és számlákkal igazolni kell az alkatrészek beszerzési forrását, árát, továbbá a teljes gyártás költségét tételesen, alkatrészekre lebontva.

A tervezést összefogó műszaki dokumentációt is előre el kell küldeni a versenybíróknak, ám a tervezésre kapható pontszámok



3. ábra: dinamikus versenyszámok pontmegosztása

legnagyobb részét nem a dokumentáció, hanem a helyszínen, az autó mellett lebonyolított több órás, szóbeli elbeszélgetés alapján adják. A zsűri kérdéseivel a tervezés alaposágát, a tervezői döntések meghozatalának megfontoltságát firtatja.

A pontszám nagyobbik része a versenypályán szerezhető meg, a „dinamikus” versenyszámok során. Itt a prototípusok gyorsulásból, vezethetőségből, megbízhatóságból és tüzelőanyag-takarékosságból vizsgáznak. A pontszám 40%-át a prezentációk adják, míg a versenypályán mutatott teljesítmények 60%-os súllyal szerepelnek a végelszámolásnál. A csapatoknak és az autóknak nem elég tehát egyetlen területen jól szerepelniük, kiegyensúlyozottan jól kell teljesíteniük a verseny egészén az eredményes szerepléshez.

JOGI KÖRNYEZET

Az egyes csapatok működésének alapvető feltétele, hogy a világban is meg legyen alapozva a „vállalkozás”. Ehhez általában egy egyesületet hoznak létre, melyen keresztül azok a jogi és gazdasági folyamatok folyhatnak törvényes keretek között, melyek kiszolgálják a csapatot. Ezzel lehetőség nyílik a szponzorációs juttatások hivatalos fogadására és elköltésére is.

tételezzük a versenyautó haladását. A szükséges sebesség minimum 31,3 km/h. A legjobb eredmények 5,1 másodperc körül voltak 2007-ben. Ez az idő 38 km/h sebességet igényel 1,32 g-s oldalgyorsulás mellett.

A versenyszám jó eredménnyel való teljesítéséhez szükséges a jó futómű, megfelelő geometriát biztosító kormánymű, alacsony súlypont és jó gumi. Az alábbi ábrán látható a fenti számítás eredménye grafikonon ábrázolva.

AUTOCROSS

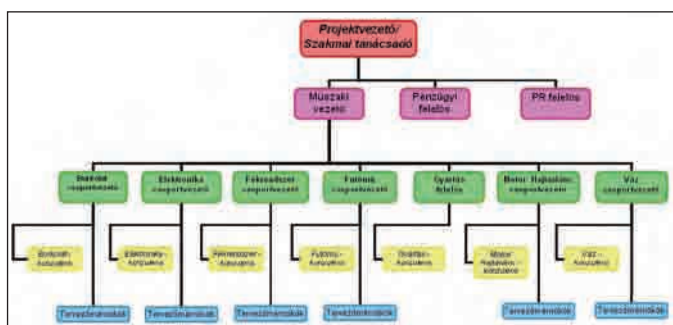
Egy rövid, 800 m-es pálya, amely 40–60 m hosszú egyenesekből, állandó sugarú kanyarokból (11,5–22,5 m sugarú), 4,5 m sugarú hajtűkből és 7,62–12,19 m bójaközű szlalomból áll. A pályán a lassú és gyors szakaszok úgy vannak összeválogatva, hogy az átlagsebesség 40–48 km/h legyen. Ebben a számban már a jármű gyorsító és lassító képessége, illetve kanyarban való viselkedése egyaránt számít. Mivel a sebesség nem túl nagy, a kanyarok pedig kis sugarúak, az autónak minél dinamikusabban kell reagálnia a pilóta mozdulataira. Mivel a pálya vonalvezetése nincsen szabályba foglalva, ezért pontosabb követelmények meghatározása nehézségekbe ütközik.

ENDURANCE

Az autó állóképességének és tüzelőanyag-fogyasztásának vizsgálata az utolsó versenyszám, melynek során 22 km-t kell összesen a csapat két pilótájának teljesítenie. A pálya felépítése az autocross versenyéhez hasonló, ugyanazon elemekből épül fel, csupán a kanyarok sugara és a bóják távolsága nagyobb 2–5 méterrel. Ennek következtében az átlagsebesség 48–57 km/h, a maximális sebesség pedig 105 km/h. A vonalvezetés itt is versenyről versenyre változik, így megadott szintidő sincsen. Az egyetlen megkötés, hogy csak az a csapat kaphat pontot – a táv teljesítéséért járó minimumon felül – amelyik autójának 100 km-re vetített fogyasztása a futam során nem haladja meg a 26 litert. A versenyszám kritikus része a pilótacsere idejére leállított motor újraindítása, ez sok esetben sikertelen, ami a verseny idő előtti befejezéséhez vezet.

A BME FORMULA RACING TEAM

A BME-FRT 2007 első hónapjaiban alakult azzal a céllal, hogy sikeresen vegyen részt a Formula Student-sorozatban, és ezzel hagyományt teremtsen a BME-n és Magyarországon is. Távlati célunk továbbá, hogy



6. ábra: szervezeti felépítés

a projekten keresztül javítsuk az oktatás színvonalát, a hallgatókat jobban felkészítsük egy „igazi” cégnél történő munkára, interdiszciplináris, és a való világ diktálta problémák megoldásán keresztül. Célunk továbbá szakközépiskolák, szakmunkásképző iskolák bevonása is a projektbe, így segítve elő a jövő mérnöke és a gyártásban részt vevő technológusok közötti párbeszéd kialakulását, megteremtését. Csapatunk közlekedésmérnöki, gépészmérnöki és villamosmérnöki kari hallgatókból áll, mivel a versenyautó megépítéséhez e három kar által képviselt műszaki ismeretek együttesen szükségesek. Bűsz-

kék vagyunk rá, hogy munkánkat sikerült több tervezési tárgyba is integrálnunk, így az autó részegységeinek fejlesztését már több diák választotta tervezési feladatként, diplomamunkaként. Autónk fejlesztése során folyamatos konzultációt folytatunk egyetemi tanárokkal és a motorsportban dolgozó szakértőkkel, mely hozzáadott tudásként az autó végső niveljében kristályosodik ki.

MOTOR

A versenyautó erőforrásának gondos kiválasztását több szempont figyelembevétele mellett hajtottuk végre. Elsődleges követelmény a versenyszabályzatban leírtak betartása. A szabályzat szerint a versenyautók erőforrása belső égésű motor lehet, mely üzemelhet benzinnel és alkohollal (E85) is. További szigorítások a maximális 610 cm³ lökettérfogat és a szívórendszerbe beépített \varnothing 20 mm-es szűkítő benzinüzemnél, alkoholüzemnél \varnothing 19 mm.

Erőforrásunkból a lehető legnagyobb teljesítményt, ugyanakkor a verseny jellegét tekintve nagy nyomatékrugalmasságot kell kihozunk. Mindezt a szabályzatban kötött korlátozások betartása mellett kell elérni, ezért egy gyári motor alkalmazása módosítások nélkül nem megfelelő. Lehetőség van különböző feltöltők használatára, de kezdő csapatként kellő tapasztalat hiányában ettől a lehetőségtől idén eltekintünk, de a későbbi évek fejlesztési feladatai között szerepel a feltöltött motor használata.

A céljainknak megfelelő és létező motorpalettán belül kétféle hengerelrendezés jöhetett számításba. Az egyik a V alakban elrendezett kéthengeres, míg a másik a soros hengerelrendezésű 4 hengeres erőforrás.

Az általunk kiválasztott első motor az Aprilia cég új fejlesztésű 2 hengeres, V elrendezésű, 550 cm³-es, ultrakönnnyű erőforrása lett. Előnyét abban láttuk, hogy jóval könnyebb, kompaktabb és kisebb, mint egy 600 cm³-es sportmotor erőforrása, gyárilag kivitelezett a szárazkarteres kenési rendszere, nyomatéki görbéje szinte azonos a sportmotorok nyomatéki görbéivel, és a médiában (sajtóban) megjelent cikkek alapján igen ígéretes motornak bizonyult.

Ezt a típust azonban végül elvetettük, mivel kiderült, hogy a motor élettartama igen rövid, az alkatrészek csereperiódusai rendkívül hamar követik egymást, valamint a szervizciklusa kiemelkedően sűrű. Az ismételt motorválasztáson már csak a sportmotorok 600 cm³-es, 4 hengeres, soros elrendezésű motorjai jöttek szóba (a legismertebbek: Honda CBR, Suzuki GSX-R, Kawasaki ZXR, Yamaha R6). Ezek közül végül a Yamaha R6-os modellje mellé tettük le a voksunkat. Ennek legfőbb oka az volt, hogy a versenyen nagyon sok csapat használja ezt a típusú motort, illetve a többi motorhoz képest a Yamahanak van a legnagyobb lökete, ami nyomatékossabb motorkarakteristikára enged következtetni.

A hétköznapi használat során különböző szabályoknak, előírásoknak kell megfelelniük pl.: emissziós normák, minél kisebb fogyasztás stb. Mivel a gyártó ezen szigorítások figyelembevételével tervez, ezért a szívórendszer, kipufogórendszer is az előírások betartásának jegyében lett létrehozva, hangolva. Esetünkben ezek a tényezők háttérbe szorulnak, ezért szükség van a fent említett rendszerek át- vagy újratervezésére. Azonban ezek áttervezése esetén a gyári motorvezérlő elektronika nagy valószínűséggel már nem tudja ellátni a feladatát, ezért szükséges egy úgynevezett univerzális motorvezérlő alkalmazása, amely segítségével a motor működését az áthangolt állapotnak megfelelően tudjuk vezérelni.

Shívó oldali rendszer módosítását elsősorban a kötelezően beépítésre kerülő szűkítő és a gyáritól eltérő beépítési környeztet indokolja. A töltetcsere legalább ilyen fontos résztvevője a kipufogó oldal. Erre a rendszerre is igazak a szívórendszerrel leírt állítások, azzal kiegészítve, hogy erre vonatkozóan egy újabb korlátozás vonatkozik. Az egész motor zajszintjét alapvetően a kipufogórendszer hangtompító hatása határozza meg, melynek megengedett legnagyobb értéke 110 dBA lehet. (Ezt is mint minden egyéb előírást az átvételkor ellenőrzik.) Az előzőek alapján olyan új kipufogórend-

szorre van szükség, amely helytakarékos és kielégíti a szabályzatban foglaltakat, valamint megfelelő nyomatókat eredményez.

Nem megfelelő a gyári hűtőrendszer használata sem, mivel ezek nagyobb menetszelű, ebből következően nagyobb légáramú környezetbe lettek kialakítva. Ezért szükségünk van egy nagyobb hőcserélő beépítésére, esetleg plusz ventilátorokra. Felmerült lehetőségként a kenőolaj hűtése egy külön hőcserélő beszerelésével, azonban ezt az ötletet (versenysportban jártas konzulens véleményére alapozva) végül elvetettük, mivel a Yamaha R6-os motorjában már gyárilag kialakításra került egy olajhűtő, melynek hűtéséről a motor hűtőrendszere gondoskodik. Természetesen, ha a mérések és tesztek során kiderül, hogy a kenőolaj hőmérséklete túlságosan magas, azaz a gyári olajhűtő nem tudja kellőképpen lehűteni a kenőanyagot, akkor egy plusz hőcserélő beiktatásával igyekszünk megoldani ezt a problémát.

Összességében a motoron végzett módosításaink inkább a motoron kívülre vonatkoznak, abból a megfontolásból, hogy a korszerű sportmotorok erőforrásai úgy készülnek, hogy azok a lehető legkisebb súlyúak és minél jobb hatásfokúak legyenek. Ennek érdekében minél jobb szilárdságú anyagokat, könnyítéseket, irányított égést alkalmaznak. Ezeket figyelembe véve a motorblokkot, hengerfejet és a forgattyús mechanizmust változatlanul hagyjuk.

A verseny jellegét tekintve az autóra ható oldalgyorsulásból származó erők jelentősen meghaladják egy sportmotor kanyarodásánál jelentkezőt. Jellegét tekintve is más, mivel egy motorkerékpár kanyarodáskor hossz tengelye mentén dől, ezért nem áll fenn az olajfilm megszakadása a frekvenciált helyeken, az olajszivattyú szívóágába kerülő levegő miatt. Ellenben versenyautókkal, ahol nagyobb oldalgyorsulás lép fel és a hossz tengely menti dőlés nem mérhető. Ennek kiküszöbölésére két megoldás kínálkozik. Első megoldás a korábban említett száraz karteres megoldás, míg a másik a karter megfelelő átalakítása, lemezelése. A versenytársak tapasztalatait, valamint konzulenseink véleményét is alapul véve feleslegesnek tartjuk a száraz karteres megoldást.

A motor főmunkafolyamat-számítását egy erre kifejlesztett szimulációs programmal végezzük. A szoftver segítségével kellően pontos eredményeket kaphatunk a szívó- és kipufogórendszer kiinduló méreteire, mely a motor fékpádon történő optimalizálását nagymértékben elősegíti. A számított és a valóságban optimálisnak bizonyuló szívó- és kipufogó-geometriák egymástól való eltérését a program bemenő adatainak helyessége, valamint a veszteségek megfelelő „használata” határozza meg.

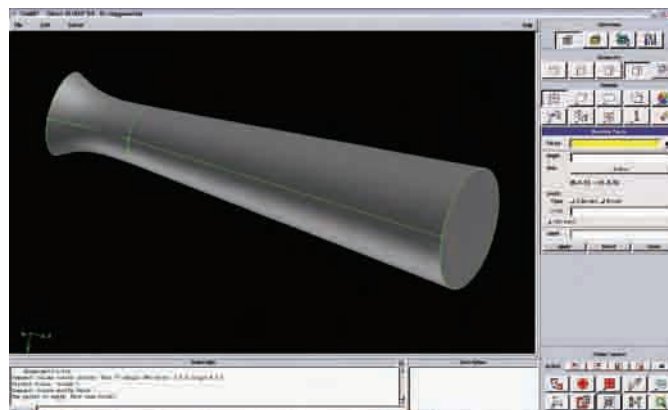
A motort a szabályok miatti változtatások után szükséges újrahangolni. Ennek legcélravezetőbb módja, ha a motort fékpádra tesszük és az egyes változtatások hatását mérésekkel állapítjuk meg, ellenőrizzük és dokumentáljuk. A motor fékpádra történő felhelyezését szükségszerűen egy motorbeindítás előzte meg, amivel megállapíthattuk, hogy a kapott erőforrás megfelelően üzemel.

SZŰKÍTŐ TERVEZÉSE

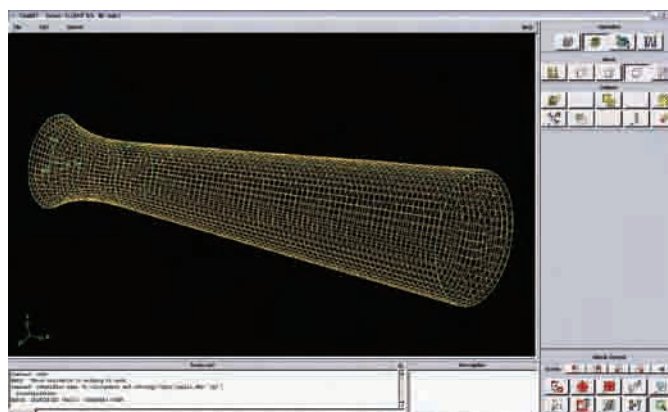
A versenyszabályok szerint a szívórendszerben el kell helyezni 1 db 20 mm átmérőjű szűkületet. Mivel az elemek sorrendje kötött, vagyis a szűkítésnek a szabályozó fojtás után kell következnie, a szerkezetet áramlástanai vizsgálatok figyelembevételével kellett kialakítani.

Alapvető célunk, hogy maximális gázpedálállás esetén a szívórendszer áramlási veszteségeit minimálisra csökkentsük. Mivel az általánosan használatos pillangószelep a sűrűdésből adódóan teljesen nyitott állapotban is viszonylag nagy veszteséget képez, más megoldást kerestünk.

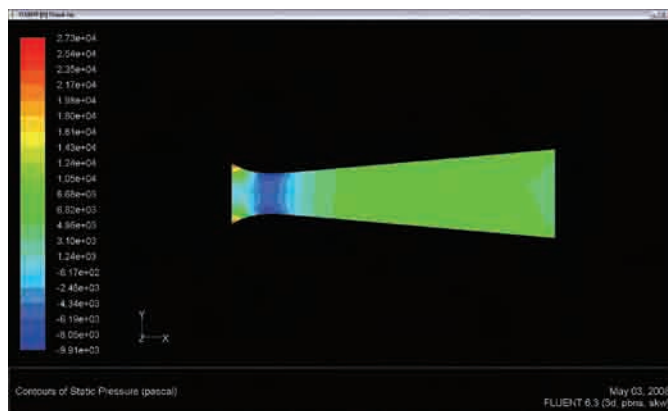
Elképzelésünk szerint megvalósítható egy olyan szívórendszer, amely megfelel az előírásoknak, ugyanakkor teljesen nyitott állapotban veszteség gyakorlatilag csak a diffúzor (mindig jelen lévő) veszteségéből keletkezik.



7. ábra: a tervezett szűkítő geometriai kialakítása



8. ábra: a hálózás kialakítása



9. ábra: a nyomáseloszlás a szűkítőben

A szerkezet lényege, hogy a fojtást egy a konfúzorba lógó tüvel végezzük, a beszívott levegő sebességét pedig egy airboxon keresztül minimalizáljuk. Így nyitott állapotban a motor tulajdonképpen álló levegőjű tartályból szív egy közbeiktatott szűkítésen keresztül.

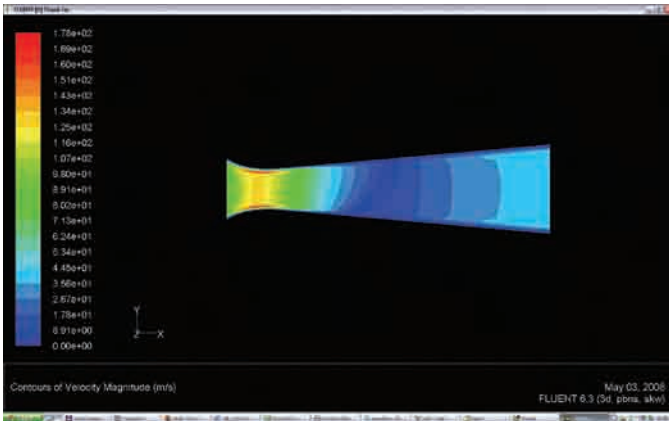
Feladatunk ennek modellezése, illetve a szerkezet geometriájának meghatározása volt. Számításainkat Excellel és Fluenttel végeztük. Mivel a szívórész és a motor között szintén egy airbox fog elhelyezkedni, gázlengésekkel ebben a modellben nem foglalkoztunk.

Az autóba egy 4 hengeres, 4 ütemű, 600 cm³-es Yamaha motor fog kerülni.

Első lépésként a beszívott levegő maximális térfogatáramát határoztuk meg.

$$\dot{V} = \frac{12000 \frac{1}{\text{min}} \cdot 600 \text{cm}^3}{2} = 3600000 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 60 \frac{\text{l}}{\text{sec}}$$

Ennek alapján az áramlás sebessége a legszűkebb keresztmetszetben:



10. ábra: a sebességeloszlás a szűkítőben

$$\dot{V} = A \cdot c = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot c = \frac{0.02^2 \pi}{4} \cdot c \Rightarrow c \approx 190 \frac{m}{s}$$

Döntő lépés a tervezésben a szűkítés geometriájának meghatározása. Az első, kísérleti verzió egy egyszerű, kúpos palástú konfúzor – diffúzor pár volt, megfelelő lekerekítésekkel és bevezetésekkel. A későbbi modellekben a kontúrt több egymáshoz csatlakozó görbével határoztuk meg.

Fontos volt azonban néhány alapvető követelményt figyelembe venni:

- csatlakozási pontoknál a görbék első és második deriváltjainak is meg kell egyeznie,
- kísérleti adatok alapján a diffúzor ideális kúpszöge 7–12°,
- kisebb szög alkalmazása esetén a diffúzornak olyan hosszúnak kellene lennie, hogy nem férne el az autóban, ezáltal pedig a súrlódási veszteségek is jelentősen megnőnének,
- nagyobb kúpszög alkalmazása esetén leválások keletkeznek az áramlásban,
- a diffúzor kilépő átmérőjének meghatározásakor figyelembe kellett venni a motoroldali geometriai adottságokat.

Ezen szempontok figyelembevételével további számításokhoz a következő paraméterekkel rendelkező geometriát használtuk:

Belépő átmérő: $d_1=30$ mm

Legszűkebb keresztmetszet: $d_2=20$ mm

Kilépő átmérő: $d_3=44$ mm

Konfúzor hossza: $l_1=20$ mm

Teljes hossz: $L=160$ mm

Ezen a geometrián kétféle hálózással futtattunk le számításokat Fluentben.

Az első esetben a geometriát mint 3D testet rajzoltuk meg, majd ezt egy a programban lévő struktúrával hálóztuk be.

A második esetben a szűkítés hosszmeteszétének felét mint térgörbét adtuk meg. A Fluentben ugyanis lehetőség van arra, hogy egy 2D geometriát egy axiálszimmetrikus forgástest alapjaként kezelje. Ennek a módszernek az előnye, hogy a háló szabadabban tudjuk az igényeknek és a geometriának megfelelően formálni, ezáltal a számítások is pontosabbak lehetnek.

A Fluentben való számoláshoz rögzítenünk kellett a peremfeltételeket is. A $\dot{V} = c \cdot A = \text{áll.}$ képlet alapján az áramlás sebessége a geometria bármely keresztmetszetében meghatározható. Mivel az airbox pontos helye az autóban még nem ismert, geometriája sem meghatározott, ezért ezt az elemet eddigi modelljeinkben még nem vettük figyelembe. A sebességek meghatározásakor viszont egy egyszerű téglatesttel helyettesítettük, amelynek egyik lapja képezi a beszívó felületet. Nem mindegy azonban ennek a „doboznak” a mérete. Feltételeztük ugyanis, hogy a motor közelítőleg álló térből szívja a levegőt.

Kocka alakú airboxot feltételezve a $\dot{V} = c \cdot A = \text{áll.}$ képlet alapján:

$$c_0 \cdot h^2 = c_2 \cdot \frac{d_2^2 \pi}{4} \Rightarrow h = \sqrt{\frac{c_2}{c_0} \cdot \frac{d_2^2 \pi}{4}}$$

Ha csak egy 100 mm x 100 mm x 100 mm-es airboxot használnánk is, a sebességhányados értéke kellően nagy ahhoz, hogy a levegőt állónak tekinthessük, összességében azonban ennél nagyobb térfogat is az airbox rendelkezésére fog állni.

$$\frac{c_2}{c_0} = \frac{4 \cdot h^2}{d_2^2 \pi} = \frac{4 \cdot 100^2}{20^2 \pi} = 31.83$$

A számításokat lefuttattuk, majd összehasonlítottuk a kétféle hálózással kapott sebesség-, illetve nyomásértékeket. Bár a 2D-ben alakított háló szebb, és jobban megfelel az általános hálózási irányelveknek, az eredmények jelentős különbséget nem mutattak, köszönhetően a viszonylag egyszerű geometriának. Sikerként könyvelhető el, hogy leválások a számolás szerint az adott peremfeltételekkel nem keletkeznek az áramlásban.

További céljaink között szerepel a modell pontosítása, vagyis az airbox és a fojtógeometria jelenlétének figyelembevétele, valamint a hálózás továbbjavítása.

TELEMETRIA

Az versenyautón használt adatrögzítő rendszer funkciója kettős: egyik a pilóta vezetés közbeni informálása a számára szükséges információkkal, másik a pilóta számára érdektelen, azonban az autó viselkedésének későbbi kiértékeléséhez nélkülözhetetlen adatok mérése és tárolása. A fizikai jellemzők mérésére különféle szenzorokat alkalmazunk. A későbbi adatfeldolgozást megvalósító elemek nem képezik közvetlen részét az autónak, ezeket lehetséges leszerelni, ha nincs rájuk szükség. A versenyszabályzat ugyanis lehetővé teszi, hogy a költségek közé ne számoljuk fel azokat a telemetria elemeket, amelyeket verseny közben nem használunk az autón. Másrésztől súlyt takaríthatunk meg a versenyszituációkban ezen eszközök leszerelésével. A tesztelések során azonban az így nyert információk képezik az alapját az autó finomhangolásának, valamint a későbbi fejlesztések irányát is megmutathatják, így semmiképpen nem hagyhatjuk ki őket a rendszer tervezéséből.

KÖVETELMÉNYEK

Figyelembe véve, hogy a rendszer egy versenyjárművön fog üzemelni, a támasztott követelmények a megszokottakhoz képest kiegészülnek. A tápfeszültség ingadozását ki kell küszöbölnünk. Az autón jelenlévő, 9..15 V tartományban ingadozó tápfeszültség nem kielégítő egy nagy pontosságú rendszerhez. Ezért ennek 12 V-ra történő stabilizálásáról gondoskodnunk kell, praktikusán a rendszer minden eleménél külön. A külső körülmények meglepően zordak lehetnek a laboratóriumi körülményekhez képest, különös tekintettel a vibrációs, hőmérsékleti és időjárási körülményekre. Ezért az eszközök tokozását, rögzítését ezek figyelembevételével kell megterveznünk. A rendszer teljes áramfelvételére megadható egy felső, 5 amperes határ. Ez egy közelítést adhat a teljes rendszer teljesítményigényére, valamint az egyes részegységek tervezésekor támpontot adhat a maximális áramfelvételhez. Amennyiben az eszközök száma körülbelül 50-ben véglegesedik, egységenként átlagosan 100 mA-rel számolhatunk.

KIJELZŐ

A vezető informálása egy, a kormányra szerelt kijelző segítségével történik. Ez a kijelző a kommunikációs hálózatra érkező üzenetek

KOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZAT

közül választja ki a megjelenítendőket. A kijelző a kormánykerékbe van integrálva. Lehetőséget kell biztosítani a kijelző konfigurálására, melynek során megadhatjuk, hogy mely adatokat, milyen formában jelenítsen meg. Ezt a konfigurációt végezhetjük külső eszközzel, praktikusabban egy PC-n futó alkalmazással, nem szükséges magán az eszközön végrehajthatónak lennie. A pilóta számára legfontosabb adatok a tapasztalatok alapján a következők:

- **Motorfordulatszám.** Nem a számszerű érték a fontos, pusztán a sebességváltási tartományokhoz viszonyított pillanatnyi helyzet. A megvalósítására a legalkalmasabb egy LED-sor.
- **Sebességfokozat.** A szekvenciális váltómű miatt hasznos, ha a pilótának nem kell arra figyelnie, hogy megjegyezze, éppen melyik fokozatban van az autó. A kijelzőnek könnyen leolvashatónak kell lennie, ez a legegyszerűbben egy 7 szegmenses kijelzővel valósítható meg, melynek méreteit és fényerejét tág határok közül választhatjuk. A kijelzőnek nappali fényviszonyok mellett is jól olvashatónak kell maradnia.
- **Hűtővíz-hőmérséklet.** A hűtővíz hőmérsékletének emelkedése nem jelenti az azonnali motorleállítás szükségességét, de utalhat valamiféle meghibásodásra. Amellett, hogy ilyen jellegű hibával az autó versenyszituációban tovább üzemeltethető, hasznos, ha a pilóta tudatában van a helyzetnek, esetleg ennek megfelelően korrigálja a motor üzemi fordulatszámát, a váltási pontok megváltoztatásával. Az így csökkentett hőterheléssel esetleg le tudja futni az autó a versenytávot.

ADATRÖGZÍTŐ

Az adatrögzítő a kommunikációs hálózatra érkező minden üzenetet rögzít egy háttértárolón. A megvalósítható lehetőségek közül az USB kulcsos tárolásra esett a választásunk. Legfőbb előnye a PC-hez való könnyű csatlakoztathatóság, a könnyű cserélhetőség és beszerezhetőség, valamint a széles tartományban választható tárolókapacitás. Az *FTDI Vinculum* kommunikációs chip felhasználásával az üzeneteket közvetlenül tárolhatjuk FAT32 fájlrendszerben. A „.csv” (comma separated values) fájlformátum használata mellett döntöttünk, mivel az ebbe történő kiírás igényli a legkevesebb számítási kapacitást a loggertől. A későbbi feldolgozás során áttérünk a MoTec cég által használt „.ld” (logged data) formátumra. Elméletileg lehetséges volna, hogy a logger közvetlenül ebben a formátumban írja ki az adatokat a háttértárra, de ez nagyobb számítási igényt jelentene. Emiatt nem biztosított, hogy a processzor minden helyzetben képes olyan ütemben átkonvertálni és kiírni az adatokat, mint amilyen sebességgel hozzá azok beérkeznek. Így az egyszerű szöveges kiírás mellett döntöttünk. Ezért ezt a szöveges állományt a feldolgozás előtt egy PC-n futó konvertáló alkalmazás konvertálja át, így később használhatjuk a MoTec cég ingyenes programját. Mivel ez a szoftver igen kiforrott, és minden szempontból megfelelő számunkra az adatok precíz kiértékeléséhez, ezzel megspóroljuk a saját, kiértékelő szoftver fejlesztéséhez szükséges időt és energiát elegendő a konvertáló programot megírunk.

Az autón levő szenzorok, valamint a kijelző és az adatgyűjtő egy közös kommunikációs hálózat részei. Ezt a hálózatot célszerű úgy méretezni, hogy a későbbi fejlesztések, további szenzorok alkalmazása miatt ne kelljen az egész hálózatot cserélni. Ennek tükrében képesnek kell lennie kezelni 30 szenzort, 1 kijelzőt és 1 adatrögzítőt. (Összesen 32 elem.) A tervezést úgy végezzük, hogy a hálózat képes legyen 8, illetve 16 bites adatok továbbítására, valamint lekezelni a maximum 100 Hz frekvenciával érkező adatokat. Továbbá törekedni kell a minél rövidebb kábelhosszra, és a minél kisebb csatlakozószámra. A hibakezelési és a hibakeresési koncepciót a hálózat tervezésekor ki kell dolgozni. Első megközelítésben alkalmazhatunk az autón 1 Mbit/sec átviteli sebességű CAN-hálózatot.

SZENZOROK

Az egyes kerekek sebességét külön-külön mérjük, egy-egy fogazott tárcsa és Hall-jeladó segítségével. A kiértékelés során így láthatóvá válik az egyes kerekek kipörgése, blokkolása, valamint a jövőben esetlegesen fejlesztett blokkolásgátló, kipörgésgátló, rajtelektronika stb. alapjait is megteremti. A szenzor saját fejlesztésű, a mért kerékfordulatszámot CAN-üzenetbe csomagolva küldi ki a kommunikációs hálózatra. A mérés 100 Hz frekvenciával történik. A kormányzó mérése vásárolt kormányzójeladóval történik. A gyorsulások mérésére kéttengelyű gyorsulásmérőt alkalmazunk. Segítségével felrajzolható a tapadási kör kihasználtsága, amiből a pilóta következtethet a gumibroncs tapadási tartalékára a féktáv-kanyar átmenet során.

A későbbiekben kifejlesztésre kerül egy általános rendeltetésű szöghelyzetjeladó is. A szenzor többcélú: a futómű pozíciójának mérésére alkalmas, a felfüggesztés részét képező himba elfordulásának mérése egyértelműen megfeleltethető egy berugózási állapotnak. Emellett az egyes pedálok szöghelyzetének mérésével – a pedál tengelyébe helyezve a jeladót – információt kaphatunk a pilótától érkező inputokról. A motor üzemállapotának mérésére igyekszünk kihasználni a gyárilag felszerelt érzékelőket. Az olajnyomás- és vízhőmérséklet-érzékelőket minden további nélkül használhatjuk, előbbi jele egy egyszerű kapcsolójel, utóbbi egy NTC (negatív hőmérsékleti állandójú) hőmérő. Ennek karakterisztikája ismert, így nincs akadálya, hogy ezt a jelet is megjelenítsük a kijelzőn.

A fokozat kijelzése matematikai alapokon történik. Az ismert kereksebesség és motorfordulatszám alapján, ezeknek hányadosán valós időben számolva sávokba sorolhatjuk. Minden egyes sáv egy fokozatnak felel meg. Megjegyzendő, hogy a tengelykapcsoló csúszása miatt induláskor ez nem ad pontos eredményt, de az állandósult állapotokban kielégítő módon tudatja a pilótával az aktuális sebességi fokozatot.

A rendszer alapjainak megteremtésével a jövőbeni fejlesztések leegyszerűsödnek. A további fizikai jellemzők (pl. gumihőmérséklet, oldalkúszási szög stb.) méréséhez ezután elegendő megvalósítani a szenzor illesztését a kommunikációs hálózatra.

TÁMOGATÓINK::



ThyssenKrupp



Gépjárművek
BME tanszék



Elektronikus Jármű és
Járműirányítási
Tudásközpont



Gondolatok a jövő autójáról

Petrók János

Március elején „A jövő autója – a valóság és az álom határán” címmel tematikus találkozóra került sor a budapesti Olasz Kultúrintézetben. Az eseményt őexcellenciája, Paolo Guido Spinelli úr, magyarországi olasz nagykövet nyitotta meg. A rendezvény tudományos előadásait Pietro Perlo, a Fiat Központi Kutatóintézetének igazgatója és dr. Palkovics László, a Knorr-Bremse Magyarország K+F Fejlesztési Intézetének igazgatója tartotta, dr. Emőd István, a Budapesti Műszaki Egyetem nyugalmazott docense vezetésével.

At the beginning of March a thematic meeting was held in the Italian Culture Institute in Budapest with the headline „The car of the future – on the verge of reality and dreams”. The event was opened by Paolo Guido Spinelli, the Italian Ambassador in Budapest. The speakers were Pietro Perlo, director of the Fiat Central Research Institute and Dr. Palkovics László, director of the Knorr-Bremse Hungary R&D Institute – with the assistance of Dr. Emőd István, retired professor of the Budapest University of Technology and Economics (BME).

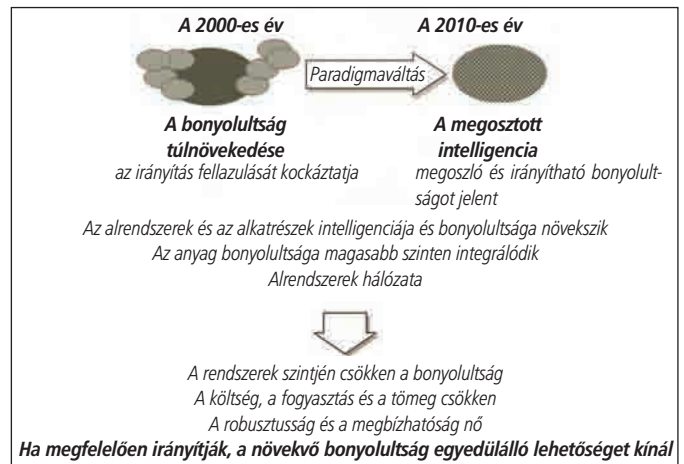
Spinelli nagykövet úr megnyitóbeszédében kifejtette, hogy a gépkocsi, szabadságunk egyik meghatározója, kulcsszerepet játszott a demokratizálási folyamatban, és ma is meghatározója életmódunknak. Növekvő üzem- és nyersanyagköltségű korunkban, nagyvárosokban közlekedő gépjárművek okozta légszennyezési gondok kisebb, energiahatékonyabb gépjárművek gyártására figyelmeztetnek bennünket.

Pietro Perlo úr szerint az elkövetkező 5 évben a műszaki fejlődés optimista jövőt alapoz meg. 50 évre előre tekintve, kevésbé beláthatóak a változások. A mind bonyolultabb gépkocsigyártás számára óriási kihívást jelent a primer energiaellátás, a nyersanyagigények kielégítése, a környezet tisztaságának megőrzése és a közúti forgalom biztonsága.

Az Európai Unió primer energiahordozó ellátásának ma 56%-os az importfüggősége, ami 2030-ig várhatóan 70%-ra növekszik. Ez az egyik leginkább aggodalomra okot adó tényező.

Ennél is nehezebb kérdés a nyersanyagigények kielégítése. Az unió autóiparának vas- és alumíniumszükségletét teljes mértékben import nyersanyagok fedezik.

Az elkövetkező 30–40 évben, évtizedenként várhatóan 35%-kal nő a mobilitás. Ha a bővülés a gépkocsihasználat mai gyakorlatát követve folytatódik, a városi forgalomsűrűség romlására számíthatunk. Ma ugyanis a személygépkocsi többségében egyetlen személy utazik, és a gépkocsi napi útjaik többségét városokban teszik meg. A közlekedés energiafogyasztása a szállítási teljesítmények emelkedésével



2. ábra: az intelligens rendszerek integrációja a fenntartható bonyolultság új paradigmája

folyamatosan növekszik. Ma ez a részarány a teljes felhasználás 60%-át teszi ki, úgy, hogy a jövőben a 70%-ot is elérheti. Azért is, mert 50–60 naponta 1 millióval több autó gördül a közutakra. Ezzel arányosan a gépjárműveket a mainál is nagyobb mértékben teszik majd felelőssé az energiakészletek fogyásaért, a környezet-szennyezésért és az éghajlatváltozásokért.

Ma mintegy 13 terawattnyi energiát használ az emberiség. Óvatos becslések szerint az energia népességarányosnál is nagyobb ütemű növekedése, különösen a rohamosan fejlődő ázsiai országokban, súlyos energiahiányt vetít előre. 2050-re ugyanis 25–30 terawattnyi energiára lenne szükség.

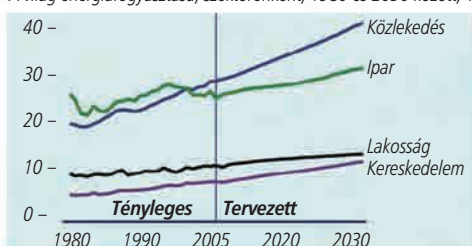
Az eddigiekből kitűnik: az autógyártásban minden eddiginél nagyobb mértékben fokozódnak az ágazat tudományos, technikai, gazdasági és politikai kihívásai.

Az elmúlt 20 évben új funkciókkal gyarapodtak gépjárműveink, aminek következtében egyre bonyolultabbá váltak. Ennek nem kívánt hatásaként (főként az elektronika kiterjedt alkalmazása miatt) megnőtt a meghibásodások aránya. Nőtt az energiafogyasztás és növekedtek a fenntartási költségek. Pozitív következményként csökkent a halálos balesetek száma, javult a CO-kibocsátás, és bővültek a gépkocsi kényelmi funkciói.

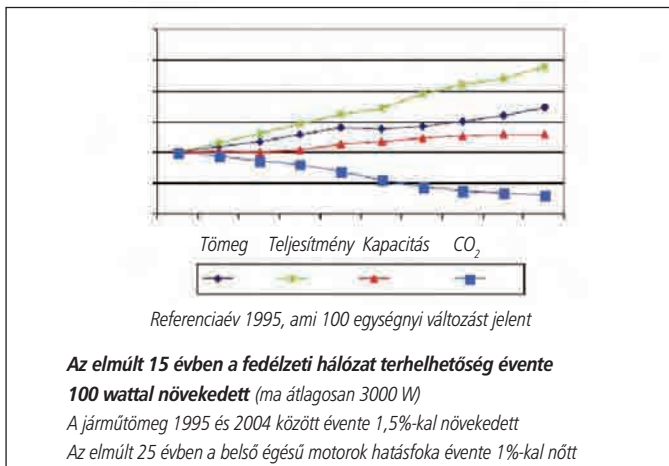
Az EU kőolajfogyasztásának 60%-át a közlekedés használja fel.

50 naponta 1 millióval bővül az EU gépkocsiállománya

A világ energiafogyasztása, szektoronként, 1980 és 2030 között, 10¹⁵ BTU



1. ábra: energiafogyasztás és közlekedés



3. ábra: az ACEA-flotta fizikai jellemzői

A hozzáadott új funkciók miatt a korábbi kétszeresére nőtt az új Fiat 500-as saját tömege, viszont az új funkciók jelentősen növelték a jármű aktív biztonságát. Olaszországban az elmúlt 15 év alatt a harmadával kisebb a halálos balesetek száma. A gépkocsikba épített navigációs rendszerek, kijelzők, vezetői asszisztensek beépítésével új, intelligens rendszerek honosodtak meg a gépkocsikon. Az esőt, a sávváltást felismerő és az éjjellátó rendszerek sokat javítanak a járművek biztonságán, ami a jövőben még inkább központi feladata lesz a járműfejlesztésnek.

Az Európai Gépjárműgyártók Szövetségének adatai szerint a funkciók számának, a gépjárművek tömegének és méretének növelése ellenére a károsanyag-kibocsátása a személy- és haszonjárműveken egyaránt csökkent.

A korábbi spontán funkcióbővítések helyébe mindinkább a funkciók intelligens klaszterekbe koncentrációja kerül előtérbe. Ennek jegyében olyan funkciócsoportok kerülnek egy-egy mikroprocesszor felügyelete alá, mint a hajtáslánc, a kocsiszekrény, a tájékoztató vagy a szórakoztató elektronika.

A személygépkocsi bonyolultságát ugrásszerűen megnövelik a hibrid járművek, amelyeken a hajtásvezérlő elektronikának a kifinomult belső égésű és a villamos motorok működését összehangolt módon kell irányítani. Ezzel szemben a tisztán villamos hajtású gépkocsik bonyolultsága kifejezetten csökken, ennek megfelelően a jármű vezetése is egyszerűsödik.

Ma úgy tűnik, hogy az elkövetkező három évtized gépkocsierőforrásait továbbra is a belső égésű motorok uralják majd. A villamos hajtás csak ezt követően, fokozatosan válik többségi erőforrássá.

Napjaink korszerű belső égésű motorjaiban 10–15 érzékelő működik. Az elmúlt 15 évben dízelmotoroknak a befecskendezőrendszer továbbfejlesztésével a gépkocsi-dízelmotoroknak 10%-kal nőtt a hatásfoka, és csökkent a fogyasztása. Úgy, hogy eközben az általuk beszívott levegő mindmáig kontrollálatlan, ami pedig alapfeltétele a hatásfok további növelésének. Ehhez azonban a ma szokásos 10–15 helyett kétszer ennyi független érzékelő jeleket kellene irányításba vonni. Az ennyi paraméter alapján kontrollált dízelmotorok fejlesztése és továbbfinomítása különösen nagy erőfeszítést igényel.

A 2009-ben megjelenő új Fiat 500-asba kisebb, hengerenként 2 szelepes, 115 lóerős motor kerül. Ennek keréken mért hatásfoka eléri a 20%-ot. Az elkövetkező években bevezetésre kerülő emissziós határértékek szigorítása miatt a dízelmotor várhatóan eléri majd a benzinmotorok környezeti tisztaságát.

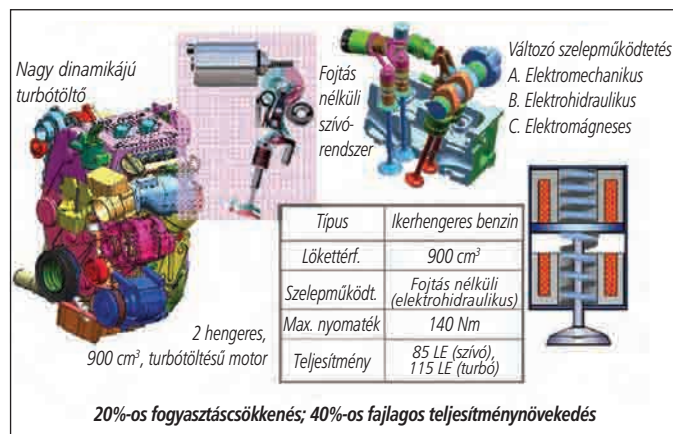
Palkovics úr szerint a károsanyag-kibocsátás csökkentése és az energiahatékonyság növelése érdekében, a haszongépjárműveken is hasonló a helyzet. „Ezek a járművek is számos vezérlőegységet tartalmaznak, úgy, hogy a váz és fülke összehangolására különösen nagy súlyt fektetnek. Napjainkban az EURO 6-os követelmény

elérése a legfőbb környezetvédelmi cél. A haszongépjármű-fejlesztések során a költségeket fokozottan figyelembe kell venni, mivel e járműtípusok kelendőségét az árak, nem pedig a szépségük határozza meg.”

A mai belső égésű motorok közül a földgázüzemű a legtisztább motorválozat. A földgázkészletek hosszabb ideig tartanak a kölajénál, ezért az autógyártók figyelme egyre inkább e felé az üzemanyag felé fordul. Azért is, mert a motorok hatásfoka a kétféle üzemanyag befecskendezésével is közel azonos szinten tartható. A hidrogén-üzemanyag ma 30–40%-os (amúgy is fogytán lévő) primer energiaráfördítással állítható elő gazdaságosan. Ebből következik, hogy a használata később is csak a mait helyettesítő technológiával tehető gazdaságossá.

Európában Perlo úr véleménye szerint a belső égésű motorok üzemanyagaként Németországban, Olaszországban és Franciaországban a sűrített földgáz kap egyre jelentősebb szerepet, mivel a használatához már ma megfelelő földgázellátó hálózat épült ki. A gépkocsikon nagynyomású a földgáz tárolására, mindinkább kompozitból készült tartályok kerülnek beépítésre.

Hagyományos helyett biológiai eredetű üzemanyagot a kölajelátás nehézségeit csökkentő, politikai döntés miatt használnak.



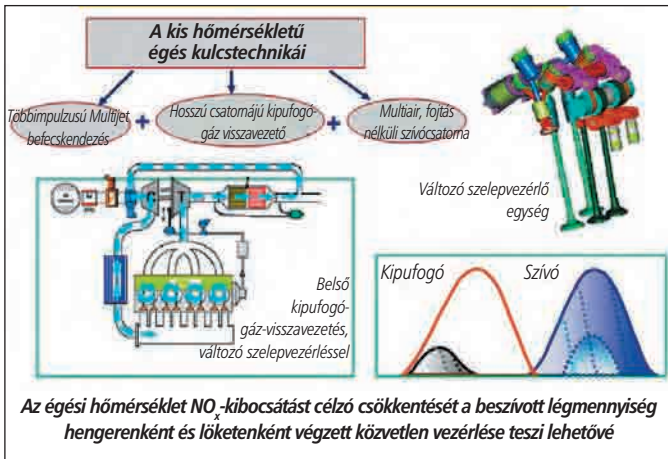
4. ábra: a jövő benzinmotorjai hatékonyabbak lesznek a dízelmotoroknál

A Stanford Egyetem tanulmánya szerint a ma meglévő, bioetanollal hajtott gépkocsik semmilyen szempontból nem környezetkímélőbbek a hagyományos üzemanyagúakénál. A földeken természetesen növényi eredetű biológiai üzemanyagokkal mind Braziliában, mind az USA-ban, számos üzemeltetési probléma merül fel. A tengeri algákkal előállított üzemanyagok problémamentesebbek, mert alkotóik között nincs kénvegyület.

A motorok sűrített levegős hajtásában nem a hatékonyságuk, hanem a használatukhoz szükséges infrastruktúra hiánya okoz üzemeltetési gondokat.

A villamos hajtás kifejlesztése gyorsabb más alternatív hajtásmódoknál, ezért igen valószínű, hogy a villamos hajtás a jövő. Főképp azért, mert a tiszta elektromos hajtás független a villamos áram előállításának módjától.

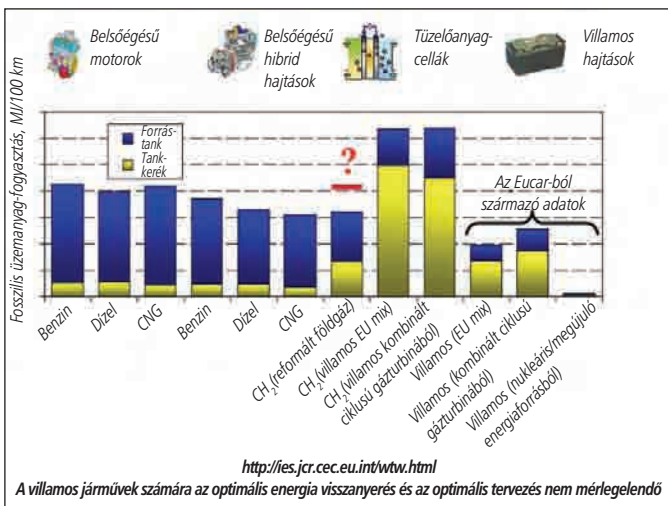
Ha az elektromos hajtású gépjárművek vizsgálata során összevetjük, hogy 100 km-enként mennyi energiát használnak el a különböző technológiájú motorok (NDEC-ciklus), a belső égésű, a hibrid, az üzemanyagcellás és az elektromos hajtásúak, akkor a sűrített földgáz bizonyul a leghatékonyabbnak. Napjainkban ezért ez az energiahordozó a legalkalmasabb gépkocsik hajtására. Nem rossz az egyenlege a sűrített hidrogén felhasználásának sem, de ennek a mérlege készen felhasználható hidrogént tételez fel. Ha a vizsgálatot a hidrogén szállítására is kiterjesztjük, az energiamérleg közel sem annyira kedvező. Ha pedig eltekintünk a villamos áram előállításának helyétől, a leghatékonyabbnak a villamos hajtás mutatkozik. A villamos hajtású gépjármű felépítése egyszerű: akkumulátorból, szuperkondenzátorokból, vezérlőegységből,



5. ábra: a jövő dízelmotorjai tisztábbak lesznek a benzinmotoroknál

központi energiaelosztó egységből és hajtómotorból áll. Ezeket optimalizálva, a leegyszerűbb és leghatékonyabb hajtásmódhoz jutunk. A villamos hálózatról vagy a napelemekből érkező villamos energia feltölti az akkumulátort. Annak hatásfoka 85%, a villamos hajtás/villanymotor hatásfoka 90%, így a teljes hajtáslánc hatásfoka 75–80%. A belső égésű motort tartalmazó hagyományos hajtáslánc hatásfoka legjobb esetben is csak 50%.

Miért nem használunk akkor villamos hajtású autókat? Döntően az akkumulátor hatalmas tömege miatt. 10 éve még egy 500 kg tömegű villamos autó 400 km út megtételéhez, 670 kg-os akkumulátort igényelt volna. Ma ehhez 175 kg-os akku is elegendő. 2020-ban pedig 80 kg-os akku is alkalmas lesz ugyanerre. Tíz éve még álom volt a villamos autó. Bár a költsége továbbra is magas, már ma is előállítható. 10 év múlva pedig úgyszólván kötelező lesz ezt a megoldást használni. Az előbbieket miatt a gépkocsik hajtása óriási paradigmaváltás előtt áll. A turbódízel motorok fejlesztéséhez kapcsolódva merült fel a kérdés: Európában miért nincs dízelüzemű hibrid hajtás? Azért, mert túl korán végeztek számításokat a teljes hibrid és a common rail befecskendezős dízelmotoros gépkocsik a valós energiafogyasztás összehasonlítására. Az akkori számítások szerint a dízelüzemű gépkocsik gazdaságosnak mutatkoztak a legjobb hibridekkel szemben. Ez alapján Európában a dízelmotorú hajtásmód mellett döntöttek. Eközben a Toyota előnyt szerzett azzal a felismeréssel, hogy tisztán villamos üzemben a kétszer nagyobb hatásfokú hibrid hajtás akkor is előnyösebb, ha csak 2–3 km-es utakra képes a városi forgalomban. Azért, mert a villamos üzemben kikapcsolt benzinmotorja egyáltalán nem szennyezi a levegőt. A dízelmo-



6. ábra: egyes hajtásmódok keréken mérhető hatásfoka

toros járműnek ugyanakkor bármilyen kevés is a fogyasztása, az égéstermékei mégis szennyezik a városi környezetet.

Városon kívüli forgalomban a benzinüzemű hibrid járművek nemcsak kisebb hatásfokuk miatt fogyasztanak több tüzelőanyagot a dízelüzeműeknél, hanem azért is, mert legalább 200 kg-mal súlyosabbak.

A mára kifejlesztett szuperkondenzátorok használata lehetővé teszi a motorfékezés során visszanyerhető villamos energia átmenetileg szuperkondenzátorokba való gyors feltöltését, később annak akkumulátorba végzett visszatáplálását. A BMW és a FIAT kísérleteiből kiderült, így módon viszonylag egyszerűen, jelentős energiát lehet megtakarítani. 10 éve, a szuperkondenzátorok hiányában, erre nem volt lehetőség. Ma már többen is ezt a fejlesztési irányt választják.

Mi, európaiak az európai piacra figyeltünk, ahol a dízelmotor volt az elterjedtebb. A japánok az amerikai piacra koncentráltak, ahol az amerikaiak a személygépkocsik hajtására nem használtak dízelmotort.

A közeljövő fejlesztése az elektromos energia visszanyerésére irányul, hogy később fokozatosan a villamos hajtásmód és a

Elképzelhető, hogy néhány éven belül mire lesz képes az olcsó napelemlátó!



A kereskedelemben kapható (kis szórót sugárzású) napfólia felülete: 3,5 m², hatásfoka: 12%

	Napi átlagos napsugárzás	A napsugárzásból nyert energia	Napi 15–30 km-es menetpróba
Észak-Olaszországban	3,6 kWh/m ²	3,6x0,12x3,5= 1,52 kWh/nap	Napi 15–30 km-es menetpróba
Közép-Olaszországban	4,7 kWh/m ²	4,7x0,12x3,5= 1,97 kWh/nap	
Dél-Olaszországban	5,4 kWh/m ²	5,4x0,12x3,5= 2,27 kWh/nap	

Egy 370 kg tömegű, CxS = 0,25 m²-es napelem felületű, NDEC-ciklusban futó járműnek 200 km megtételéhez 8 kWh-ra van szüksége
Felül: 14 km-es távon, 72 óra alatt napenergiával megtett, United Solar-előírásnak megfelelő futáspróba

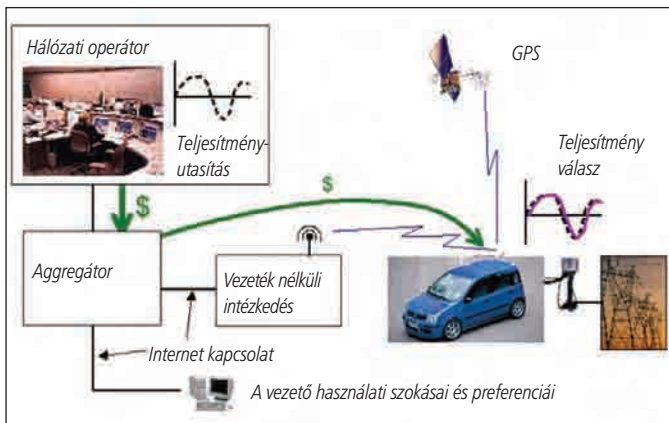
7. ábra: a tetőre telepített Solar Tech napelemes hajtás zérus károsanyag-kibocsátással – „ingeny”

villamosüzemű gépkocsi felé vegye az irányt. Elkövetkezik az a nap is, amitől fogva olcsóbbá válik a villamos hajtás. Ez akkor fog bekövetkezni, amikor a villamos hajtás anyagai olcsóbbak lesznek a belső égésű motorgyártáshoz használt anyagokénál. Említést érdemel, hogy erre nagy valószínűséggel Kínában kerül majd sor. A villanymotorok és az akkumulátorok anyagai ugyanis Kínában különösen nagy gyakorisággal fordulnak elő.

A hidrogénnek, mint üzemanyagának az a legnagyobb problémája, hogy az előállítása jelentős mennyiségű primer energia felhasználását igényli, és többre is kerül más energiahordozóknál. Akár elektrolízissel, akár földgázból gőz-metán átrendeződési technológiával állítják elő. A hidrogéntekológiára a világban már igen sok pénzt költöttek, így valamilyen alkalmazására számítani lehet akkor is, ha a használata 30–40%-kal több primer energiát igényel a hibrid járművékéénél. A villamos hajtású, hidrogén üzemanyagú gépkocsik primer energiaigénye 50%-kal haladja meg a hibrid járművékéét.

Az Egyesült Királyságban kimutatták, hogy az ott futó gépkocsik ötödének hidrogéncellás hajtásához hat közepes méretű nukleáris erőmű energiájára lenne szükség.

A hidrogén-üzemanyag használatával végzett kísérletek mégsem haszontalanok, hiszen a hidrogénnel hajtott gépkocsik villamos hajtásúak, így újfajta elektronikák, villanymotorok, szuperkon-



8. ábra: a jármű a hálózathoz (V2G) koncepció

denzátorok és akkumulátorok kifejlesztésére és kipróbálására nyílt lehetőség.

A villamos hajtású gépkocsik használata energiatároló akkumulátor használatát igényli. A mai akkumulátorok energiasűrűsége azonban alig huszada a szokásos tartályokban tárolható üzemanyagok energiasűrűségének.

Ami a tüzelőanyag-cellás hajtásmódot illeti, az nagyobb hatásfokú a belső égésű motorokénál. Amint megértjük a fotoszintézist, és elő is tudjuk állítani annak mesterséges változatát, akkor leszünk képesek olyan hatásfokú napelemeket készíteni, amelyek a belőlük nyert villamos energia felhasználásával hidrogént tudnak előállítani.

Napsütötte vidékeken a villamos hajtású gépkocsik áramellátása a jármű tetejére telepített napelemekkel előnyösen javítható. A

Fiatnál eredményes kísérleteket folytattak Pandával és 500-as modellekkel, amelyek tetejét 3,5 m²-es felületű, napcellákat tartalmazó filmréteggel vonták be, és Dél-Olaszországban üzemeltették. A tapasztalatok szerint a napelemek szórt fényben is elegendő áramot termeltek. A napelemes gépkocsikat nappal, éves átlagban 2 kWh-nyi elektromos energiával töltötték az akkumulátorok. Ezzel a töltésmennyiséggel 30 km-nyi utat lehet „ingyen”, benzin és gázolaj használata nélkül megtenni. Az állásidőben termelt áram az akkumulátort töltötte. Használati holtidőkben pedig a hálózati csatlakozóból töltötték az akkumulátorokat a következő utakra.

Az utóbbiak rávilágítottak arra, hogy a napenergiából előállított villamos áram a legolcsóbb energia. Olyan energia, ami a mai napelemek használatával is olcsóbb, mintha földgázból, vagy atomerőművekben állítanák elő az áramot. Hogy miért gondoltuk, hogy ez csak 2050-ben válik hozzáférhetővé? Bizonyára azért, mert nem vettünk számításba valamennyi költséget, egyebek között a társadalmi költségeket sem. A németek alaposan megvizsgálták, hogy a szénhidrogének használata az erőművekben mekkora társadalmi költséggel jár. Ha pedig ezeket az externális (külső) költségeket a villamosáram-termeléskor is figyelembe vesszük, azt tapasztaljuk, hogy 1 kWh-nyi villamos áramot 10 centnél is olcsóbban lehet előállítani.

A közlekedésben ma csaknem 100%-ban szénhidrogénből készített üzemanyagokat használnak a gépkocsik hajtására anélkül, hogy napelemek használatával csökkentenénk a fogyasztásukat. Pedig napelemekkel jelentős energiamentiséget takaríthatnánk meg. Ha tehát csökkenteni akarjuk a közlekedési ágazat energiafüggését, más költséges megoldás helyett napenergia használatára kell átállnunk.

Beszélgetés a jövő autójáról

Petrók János

„A jövő autója – a valóság és az álom határán” című előadást követően beszélgetést folytattunk prof. dr. Palkovics Lászlóval, a Knorr-Bremse Magyarország K+F Fejlesztési Intézetének igazgatójával.

After his lecture „The car of the future – on the verge of reality and dreams” an interview was made with Prof. Dr. Palkovics László, director of the Knorr-Bremse Hungary R&D Institute.



Dr. Palkovics László

– Kedves Professzor Úr! Előljáróban kérem, fogadja jókívánságainkat akadémiai levelező taggá való kinevezése alkalmából. Végighallgatva Perlo úr és az ön „A jövő autója – a valóság és az álom határán” című előadását, szembetűnő volt, hogy mekkora teret kapott benne az üzemanyag és a fogyasztás.

– Nincs ebben semmi meglepő, ma ugyanis ez az autóipar legfőbb problémája. Közelebről az, hogy melyek azok a megoldások (mert nincs egyetlen megoldás), amelyekkel el lehet érni, hogy a jelenleginél kevesebbet fogyasszon a gépkocsi.

További kérdés, hogy két-két és fél évtized múlva a kőolajon és a földgázon kívül miből készíthető még motorhajtó anyag. Az ugyanis biztos, hogy az elkövetkező két-két és fél évtizedben, továbbra is benzin és gázolaj fogja hajtani a gépkocsik többségét. Az üzemanyag előállítására kézenfekvő megoldás a növényi biomassa. Az eddig kipróbált növények vetésterülete azonban nemcsak véges, hanem jóval kisebb az elégségesnél.

Takarékoskodni persze addig is lehet, és kell is. Ezért az autóipari fejlesztések többsége ebbe az irányba mutat. Úgy, hogy valamennyi beszállító kisebb működtetési energiaigényű terméken dolgozik, hogy mérhető megtakarítással lépje meg a vásárlókat és a konkurenciát.

Az élelmiszer- és az üzemanyag-termelés vetésterületért folytatott versengését enyhítik az óceánok üzemanyag-termelésre fogott algái. Velük azonban az a helyzet, hogy nem ismerjük az ökológiai harmóniájuk megbomlásának kihatásait.

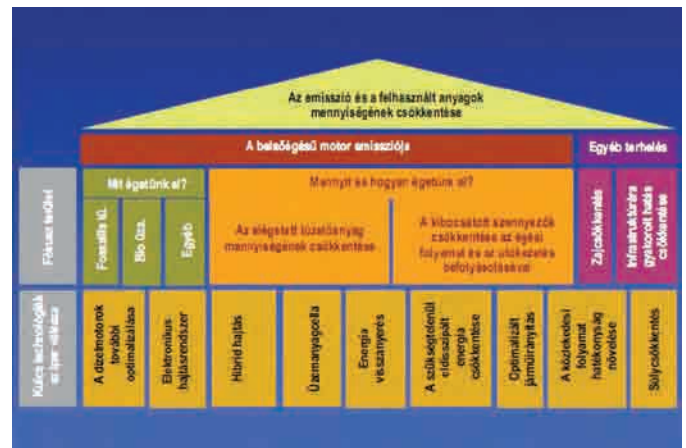
A legfőbb gondot mégis az jelenti, hogy a megfizethető kőolaj-készletek kimerüléséig nem látszik biztató megoldás. Az nagyon valószínű, hogy a belső égésűeket villanymotorok váltják majd fel. Ám az bizonytalan, hogy a hajtásukhoz honnan nyerünk áramot, abból mennyit tudunk tárolni, és mennyire lesz éghajlat és környezetbarát módon.

Az is világos, hogy a hibrid hajtás a tisztán villamos hajtásnak megfelelő köztes alternatívája. Nem végső megoldás, mert kétféle motort használ, amit a belső égésű motor elhagyásával egyszerű-

síteni kell. De, hogy mikor lesz belőle tisztán villamos autó, még nem tudjuk megmondani. Jó megoldás lenne valamilyen villamos infrastruktúrából, például induktív módon a járműre vinni az energiát, ehhez azonban megfelelő infrastruktúrát és termelőkapacitásokat kellene kiépíteni.

A hibrid hajtás a rekuperációs hajtásmód miatt is fontos. Ez ugyanis nemcsak azért előnyös, mert a járműlassulás mozgási energiájának jó részét visszatáplálja az akkumulátorba, hanem azért is, mert rossz hatásfokú villamosáram-termelést küszöböli ki.

Fontos belátni, hogy a remélt áttörésig nincs egyetlen üdvöztető megoldás. Sok apró megoldás is lehet hasznos, ha azokat megfelelő számban alkalmazzuk. A motorral folyamatosan együtt járó kompresszor helyett a csak időszakosan bekapcsolt kompresszor energiát takarít meg. A kapcsoláshoz egyetlen mágneskapcsoló használata elegendő. Bár a személyautók



1. ábra: a káros és a felhasznált anyagok csökkentésének feladatai



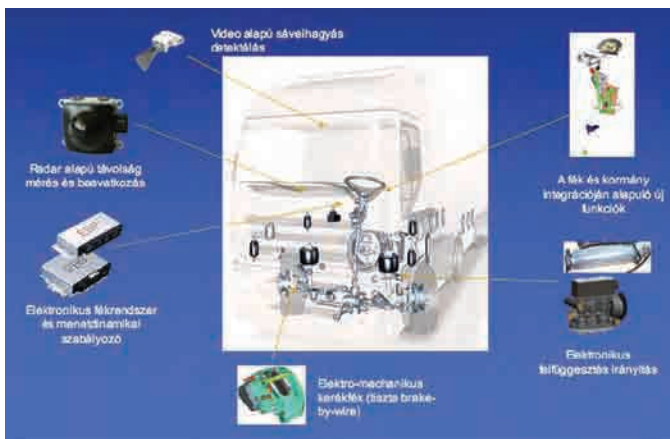
2. ábra: a halálos közúti balesetek csökkentésének feladatai

klimakompresszorait már évek óta így működtetik, a haszonjáromveken mégsem alkalmazzák.

Ha pedig valamely régióban olcsó energiaforrás, például földgáz fordul elő, egy pillanatig sem szabad habozni, az olcsóbb üzemanyagot kell használni. A földgáz ráadásul környezetkímélőbb is az ásványi üzemanyagoknál.

Itt érdemes megemlíteni, hogy a városközi és az autópálya-forgalomban a legnagyobb menetellenállást a légellenállás képviseli. A légellenállásból eredő fogyasztás a teljes fogyasztás 40%-át is elérheti. Ezért a légellenállás időszakos csökkentésével jelentős mennyiségű üzemanyag takarítható meg. Úgy is, ha azt nem egyes járműveken, hanem járműszerelvényeken, konvojokon alkalmazzuk.

Az üzemanyag-fogyasztást befolyásoló légellenállás ugyanis kooperatív konvojja szervezett járműveken is számottevően csökkenthető. Ez arra a felismerésre épül, hogy adott határon belül minél kisebb a járművek egymás közötti távolsága, az elől haladó jármű mögött kialakuló szívótérben annál kisebb a légellenállás, és a követő jármű esetében annál kevesebb a mozgatáshoz



3. ábra: intelligens járműrendszerek új elemei

felhasznált üzemanyag. A mérések azt mutatták, hogy a járműhosszal megegyező követési távolság esetén a légellenállás 14, annak negyedét kitevő követési távolságban 30%-kal, 1 méteres térköz esetén megközelítőleg a felére csökken a légellenállás, és az ötödével az üzemanyag-fogyasztás. Ez pedig egyértelműen nagyobb az egyes járműveken egyéb eszközökkel elérhető megtakarításoknál.

A felsorolt példák alapján fontos megérteni, hogy a megtakarítások regionálisak, forgalmi, topológiai helyzettől és üzemállapottól

függőek lesznek. A járműveket pedig minél többféle üzemanyag-működtethetőkké kell fejleszteni.

– Az előadáson szó esett a forgalombiztonságról is. Hogyan értékelhető az elkövetkező járműgenerációk biztonsági rendszereinek fejlesztése Európában és hazánkban?

– A személygépkocsikon bevált menetdinamikai szabályozó-rendszerek haszonjáromves változatai is kifejlesztésre kerültek. Európai haszonjáromveken elektronikus menetdinamikai szabályozórendszer sorozatgyártású részegységként, először 2001-ben került beépítésre.

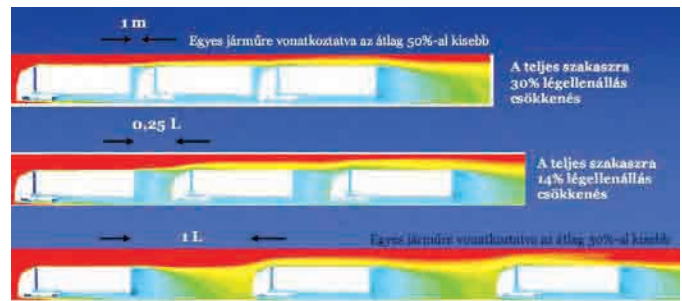
Az ESP használata meggyőzően igazolta, hogy bizonyos baleseti körben a halálos balesetek száma 60%-ot megközelítő mértékben csökkenthető. A nemzetgazdasági szinten számított megtakarítások, balesetenként 1 millió euróra becsülhetők. Ma a haszonjáromveken 5%-os az ESP-vel való felszereltség Európában.

A jelenleginél szélesebb körű elterjedtséget az korlátozza, hogy a rendszer költsége nem illeszthető be a tulajdonos üzleti modelljébe, továbbá nem kényszeríti jogszabály a gyártókat az ESP beszerelésére, ezért a biztosítótársaságok sem preferálják azokat.

A másfajta érdekeltiségű és biztosítási gyakorlatú Észak-Amerikában a haszonjáromvek ESP-vel való ellátottsága rövidesen eléri az 50%-ot.

A jövő mégis biztató. A jogszabályalkotó ugyanis 2012-től minden haszonjáromve (meghatározott ütemezéssel bevezetve) egységesen előírja az ESP európai uniós alkalmazását.

Erre úgy került sor, hogy az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság (ECE) Belső Szállítási Bizottsága (TRANS) Gépjármű Szerkezeti Munkacsoportja (WP29) keretében működő Fék- és Futómű Szakértői Csoportjában (GRRF) feladatot tűzött ki az ENSZ-EGB 13 rendelet ESP-re vonatkozó jogszabállyal való kiegészítésére. Ezt két év alatt elkészítettük. A WP 29 elfogadta, és ma ez szolgál alapjául a haszonjárom ESP 2012-től kötelező alkalmazásának.

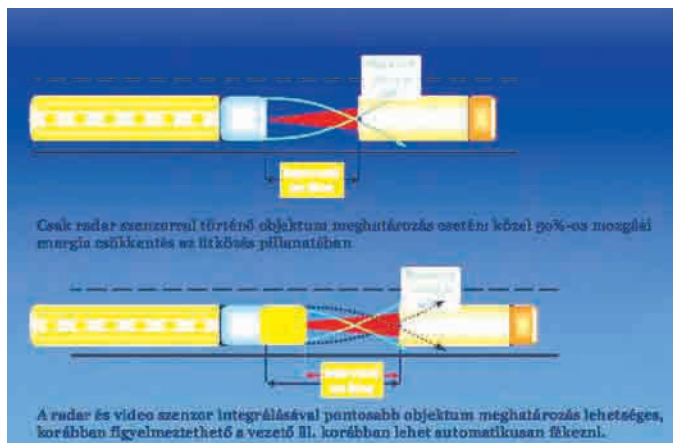


4. ábra: járműszakasok az üzemanyag-fogyasztás csökkentése érdekében

(A Szakértői Csoport Palkovics professzor elnökletével működött.) Ehhez kapcsolódik a kormány és a fékrendszer integrációja is. A fékrendszerbe (a vezető közvetlen szándékától függetlenül) végzett elektronikus beavatkozás ugyan megoldott probléma. A tisztán „brake-by-wire” és a „steer-by-wire” alapú rendszerek alkalmazása azonban nem műszaki, hanem felelősségi és gazdasági kérdés.

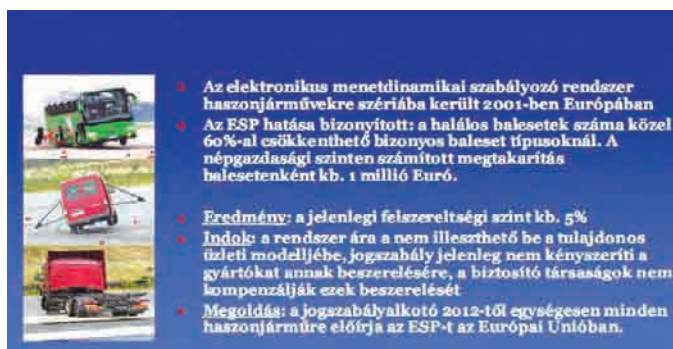
Az új fékrendszerek a kormányzástól elvárt olyan funkciók végrehajtására is alkalmasak, mint a jármű haladási irányának (ESP-vel végzett) módosítása, vagy a mellő tengely egyoldalú fékezésével, a kormányrendszer biztonsági tartalékként (backup-jaként) való működtetés. Műszaki és gazdasági indokok ugyanis egyértelműen megalapozzák, kijelölik a „steer-by-wire” rendszer alkalmazását, a megvalósításuk bevezetése egyelőre nem meghatározott. Az azonban műszaki, jogi és gazdasági szempontból már ma is egyaránt nyilvánvaló, hogy két, a jármű dinamikáját alapvetően befolyásoló biztonságkritikus rendszer közös rendszerré integrálható.

Az előbbiekhöz hasonló intelligens járműrendszerek alkalmazását az indokolja, hogy a vezetőnek nincs elég információja, ideje és



5. ábra: járműszakaszok irányításának javítása videokamerával

eszköze a biztonságkritikus helyzet kezelésére. Az alkalmazás azonban csak támogató beavatkozás lehet. A felelősséget ugyanis továbbra is a vezetőnek kell viselnie, azt nem lehet műszaki eszközre hárítani. Annál is kevésbé, mert a biztonságkritikus helyzet felügyelő irányításához ő rendelkezik a legtöbb információval.



6. ábra: menetdinamikai szabályozórendszerek Európában

A vezetői figyelem hiányára utaló helyzetben akkor, amikor a vezető figyelme lankad, vagy elalvás miatt ki is marad, fokozottan sor kerülhet a vezetői asszisztens rendszerek beavatkozására. Ennek azonban dokumentálhatónak és utólag azonosíthatónak kell lennie.

– Az európai eredmények biztatóak. Milyen szerep jut ezen belül a hazai járműiparnak?

– Az elmúlt negyedszázadban a magyar járműipar teljes mértékben átstrukturálódott. 25 évvel ezelőtt a hazai járműgyártás a gazdaság egyik legjelentősebb ágazata volt. Annak ellenére, hogy az előállított járművek értékesítését gazdasági világválság nehezítette. A népgazdasági várokozások gyors és hatékony járműgyártói intézkedéseket sürgettek az addig kivított piaci helyzet megtartására. Az ipari szakemberek a piaci ingadozásokhoz igazodó, rövid távú feladatokkal foglalkoztak. A kutatás ritkán öltött termékekben testet. A járműiparon belül a gyári fejlesztők és a kutatók között mégis tartós együttműködés bontakozott ki.

Az eltelt negyedszázadban a járműgyártás újból a gazdaság egyik legjelentősebb ágazatává fejlődött. Ma a világgazdaság növekedésével folyamatosan bővül a járműértékesítés. A gazdaság a járműgyártóktól innovatív megoldásokat vár a világpiacon követelmények kielégítésére. Az ipari szakemberek gyorsan megvalósítható megoldásokat keresnek a piaci helyzethez való

rugalmas alkalmazkodáshoz. Úgy, hogy eközben erőteljesen támaszkodnak a kutatási eredményekre. Az ipar és az akadémiai kutatás között világosan definiáltak az együttműködés feltételei, és a feladatok végrehajtása mindinkább folyamatszerűnek mondható.

Ma hosszú távú tendenciák határozzák meg a műszaki fejlesztést. Negyedszázada a fejlett ipari országok és a harmadik világ fejlődő és elmaradott országai közötti különbségek növekedése támasztott keresletet a magyar hasznójárművek iránt. Az elhúzódtott tőkés gazdasági válságot jelentős fűtő- és nyersanyagárrobbanás követte. Ezt követően a világkereskedelem átrendeződött. A KGST-országok általános világgazdasági helyzetét belső szakosodás, ezen belül az együttműködést integrált fejlődés, korlátozott lehetőségek, napi gondok és biztató mennyiségi kilátások jellemezték.

A KGST megszűnésével jelentősen megváltoztak a piaci feltételek. Ma egyre inkább hosszú távú tendenciák határozzák meg a műszaki fejlesztést befolyásoló hatásokat.

Az ázsiai és kelet-európai országok rohamos fejlődése erősödő hatást gyakorolt a világgazdaságra. A gazdaság egészét az üzemanyag- és a nyersanyagárak emelkedése, és a készletek csökkenése határozza meg. A mai, konjunktúra előtti helyzetet az Európai Unió világgazdaságban kivívott szerepe, a tagországok bővülése, az új tagországok integrálódása, a fennálló lehetőségek jobb kihasználásának törekvése szabja meg Magyarországon. Ugyanakkor a társadalomban fokozódik az igény a környezet védelmének és az életminőség javításának a területén (globális felmelegedés, közúti balesetek következményeinek csökkentése tekintetében) is.

Mára a magyar járműipar átstrukturálódott. Negyedszázada az ipari termelés 18%-át és az összes export 10%-át reprezentáló magyar járműipart teljes körű hasznójármű-orientáltság jellemezte. Napjainkra a magyar járműipar döntően személygépkocsi-ori-



7. ábra: a magyar járműipar átstrukturálódása

entált ágazattá alakult, amelyet jelentős mennyiségű főegység (alapvetően motor) gyártása jellemez. Úgy, hogy a járműipar az ipari termelés 14 és a teljes export 23%-át képviseli. Az európai járműipar mai lehetőségeit és kihívásait, az ACEA távlati fejlesztési koncepciójában összegzett állásfoglalása szerint, az ágazat fejlesztését a következők segítik elő.

A belső piacon az autóipar működését egységes adópolitika, egységes típusjóváhagyás és egységes jogalkalmazás alapozza meg. A hatékony európai közlekedési politikát semleges, nem diszkriminatív úthasználati díjrendszer, modernizálásra való törekvés; harmadik országokban dinamikus kereskedelmi és befektetési környezet biztosítása; az uniós GDP 3%-át kitevő K+F és innovációs ráfordítások, koordinált keretprogramok és a



8. ábra: a passzív biztonságtól az aktív járműrendszerekig – hasznójárműveken

szellemi tulajdon fokozott védelme jellemzi. A magyar járműipar lehetőségei és kihívásai a következőkben összegezhetők. Olcsó bér munka helyett nagy hozzáadott értékű termelést meghonosítani. Fokozott erőfeszítéseket tenni a high-tech

költségérzékeny, és a távol-keleti országokban potenciálisan veszélyeztetett K+F tevékenység behozatalára és gyártáshoz kötésére. Előmozdítani a magyar KKV-k fokozott fejlesztését, innovációs képességük megerősítését, annak érdekében, hogy bekapcsolódhassanak magasabb szellemi hozzájárulást igénylő egységek gyártásába. Fokozni az együttműködést az ipar, a felsőoktatás és az akadémiai kutatóintézetek között, a kutatási és fejlesztési feladatok, a mérnöki utánpótlás biztosításában, és az információcserében.

– *Hol tart ma az autóiipari kutatás-fejlesztés?*

– Azok a cégek, amelyek az elmúlt 10 évben fejlesztési tevékenységet hoztak Magyarországra, nemcsak a gyártásukat, hanem a fejlesztésüket is jelentősen bővítették. Úgy, mint az Audi; az AVL; a Continental Teves, a Temic; a Knorr-Bremse a Robert Bosch; a Thyssen Krupp és a ZF.

E cégek mindegyike a legkülönbözőbb területeken (oktatásban, kutatásban és fejlesztésben, EU-s pályázatok készítésében, jogszabályalkotásban) élő, napi kapcsolatot ápol a hazai felsőoktatási intézményekkel.

Befejezésül elmondhatjuk, hogy az elkövetkező időszakra vonatkozó létszámfejlesztési terveik azt mutatják, hogy a K+F tevékenység hazánkba helyezése helyes döntés volt.

– *Professzor Úr! Köszönjük szíves válaszait és illusztrációit.*

Lítium-ion akkumulátorok Áttörés a horizonton?

Petrók János

A globális üvegházhatás és a kőolajfüggőség hibrid, elektromos és tüzelőanyag-cellás járművek villamos hajtásával csökkenthető. E járművek energiakényszerének csillapítására a lítium-ion akkumulátorok ígérnek a korábbiaknál lendületesebb fejlődést. Írásunk ezeket az újfajta energiatárolókat mutatja be olvasóinknak.

CÉLOK ÉS TÖREKVÉSEK

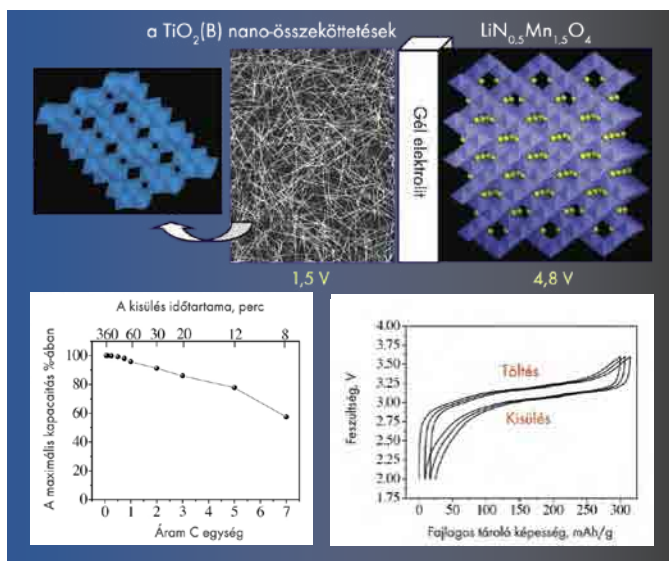
A mobilitás fenntartásában érdekelt civilizáció a klímaváltozató CO_2 -emissziókat felszabadító termikus energiaátalakítást villamos energia hasznosításával törekszik csökkenteni, ami növekvő energiafelhasználási és fokozott energiatárolási igényeket generál szerte a világon. Az energiaellátástól függetlenül közlekedő járműveken az energiaellátás folyamosságát csak folyamatos energiatárolással lehet fenntartani. A közúti járművek villamosenergia-tároló eszközeinek fejlesztése azonban jelentősen elmarad a tárolási időnyövekedés dinamikájától.

A termikus helyett a villamos energia fokozott felhasználását igénylő fenntartható mobilitás a globális felmelegedés csökkenéséig meghatározó fejlesztési stratégia marad a közúti gépjárművek gyártásában. Így a nagy energia- és teljesítménysűrűségű, megbízható, hosszú élettartamú akkumulátorok kereslete a belső égésű motorok korán is túlmutat majd.

A lemaradás felszámolása valamennyi nagy autós régióban közérdekű feladattá vált, amelynek megoldására vállalat-szövetségeket és sokmillió kormányzati programot hoztak létre, Dél-Koreán, az Európai Unió, Japán, Kínán keresztül, az Amerikai Egyesült Államokig bezárólag, szerte a világon. A villamos hajtás és energiatárolás azonban csak megfelelő energiaellátó, akkumulátortöltő infrastruktúra kiépítésével és működtetésével válhat a mai járműhajtás és energiafelhasználás hatékony alternatívájává.

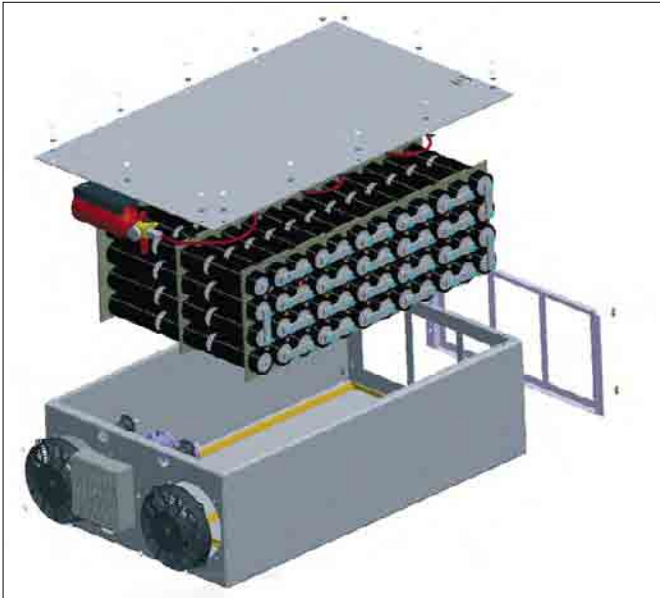


A lítium-ion akkumulátorcellák elektródjait elektrolitbevonatú szeparátorszalag választja el egymástól (a). A Li-ion telepek hármasszalagtekercsből állnak (b)

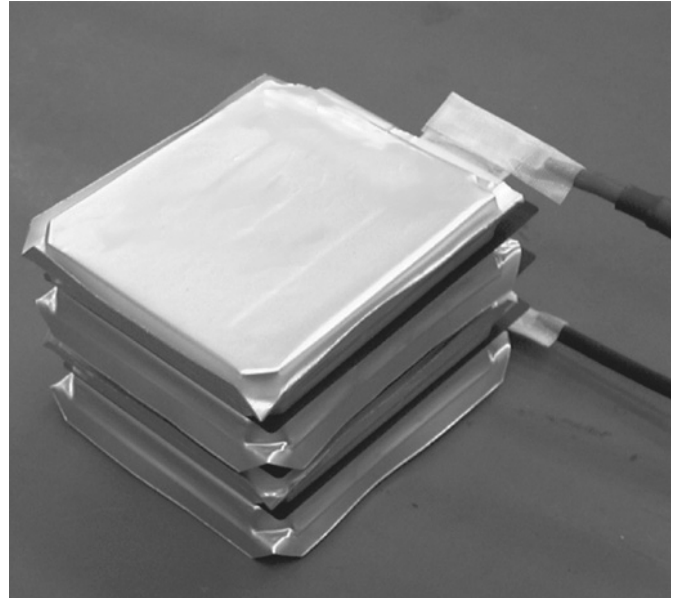


Az akkumulátorok energiasűrűségének fejlődése

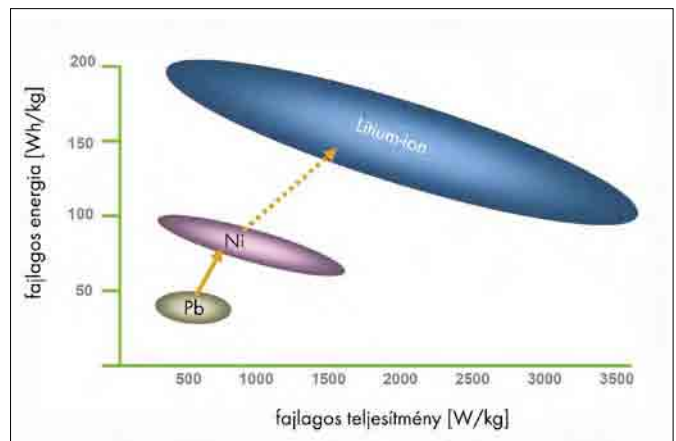
A gépkocsik villamosítása azonban éppúgy megfelelő stratégiát és infrastruktúrát igényel, mint a fosszilis üzemanyag felhasználásán alapuló energiaellátó és hajtórendszereké. Ezért minden olyan országban át kell alakítani az energiaszerkezetet, és ki kell építeni a villamos hajtás infrastrukturális és tárgyi feltételeit, ahol azt meg akarják teremteni.



A traktíós lítium-ion akkumulátorok sorba kapcsolt celláit burkolatba tokozzák, és a tokokat hűtött egységbe zárrák



E törekvéseket promóciókkal kell előmozdítani. A promóciók és a fejlődés eredményeit mérni szükséges. A célirányos fejlesztések legeredményesebb eszközeit szabványosítani kell az akkumulátorok esetén éppen úgy, mint az akkumulátorokat töltő eszközök körében. A törekvéseket nemzeti szinten célszerű megtervezni, koordinálni és támogatni. Elkerülve mindezek hiányának fogyasztókra való áthárítását a Magyar Köztársaságban is. Enélkül a legkorszerűbb járművek és akkumulátorok importja esetén sem lesz áttörés. Az akkumulátorok fejlődése ugyanis felalálásuk óta az elmúlt 200 évben alig változott. Természetesen nálunk sem. Kedvezőbb adottságai miatt azonban a lítium-ion akkumulátor megfelelő elterjesztése globális fordulat alapja lehet.



Az akkumulátorok energiasűrűségének fejlődése

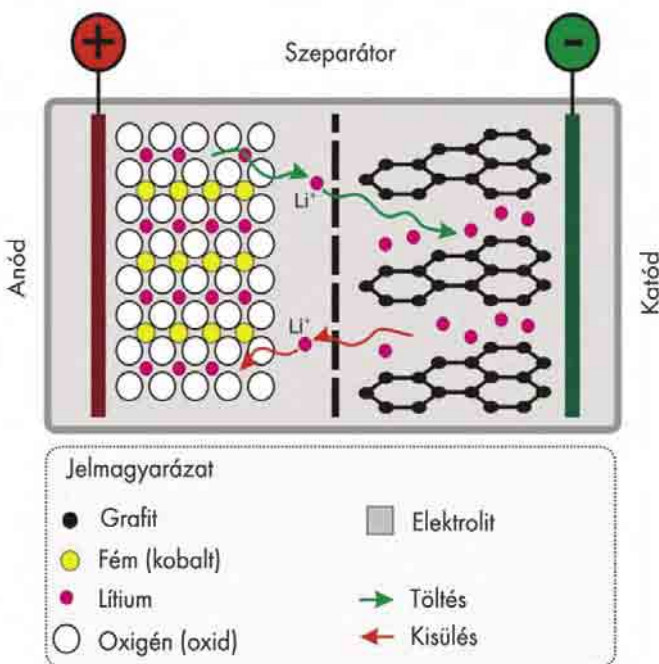
LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOR

A lítium-ion akkumulátort a '70-es években az Exxon kutatói fejlesztették ki. Fém-anódját mára grafit, katódját fém-oxidok váltották fel, elektrolitja szerves oldószerben (például éterben) oldott LiPF_6 , LiBF_4 vagy LiClO_4 só.

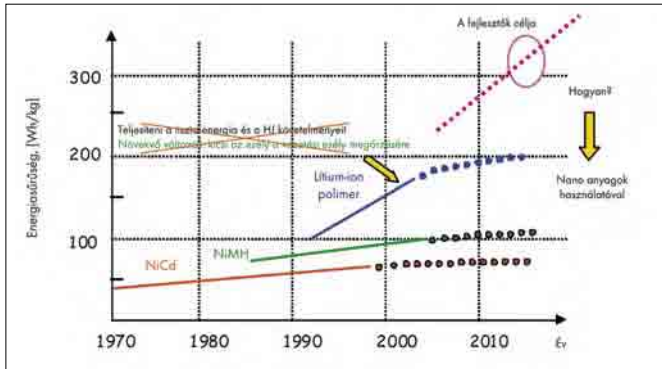
Hogy miért a lítiumra esett a kutatók választása, annak az az egyszerű magyarázata, hogy a lítium fém a legutolsó a Volta-féle elektrokémiai feszültségsorban, ezért anyaga a maga 3,7 voltjával a legnagyobb névleges cellafeszültséget kínálja. Ez a cellafeszültség 3,7 V, ami háromszor, energiasűrűsége 100 Wh/kg körüli, ez kétszer nagyobb az ólomakkumulátorokénál.

A hibrid hajtású gépkocsikat eddig döntően nikkel metál-hidrid akkumulátorokkal működtették, a máig költségeesebb lítium-ion akkumulátorokkal ugyanis kevesebb használati tapasztalatot gyűjtöttek a fejlesztők és az üzemeteltők.

Mára azonban megfelelő védelmi áramköröket és jobb szeparátorokat fejlesztettek ki, a lítium-ion akkumulátorok fokozott hő- és feszültségérzékenysége csökkenésére. A hajlékony kerámiafóliák ugyanis a korábbiaknál nagyobb hőstabilitást, hosszabb élettartamot és nagyobb működésbiztonságot kölcsönöznek a lítium-ion akkumulátoroknak.

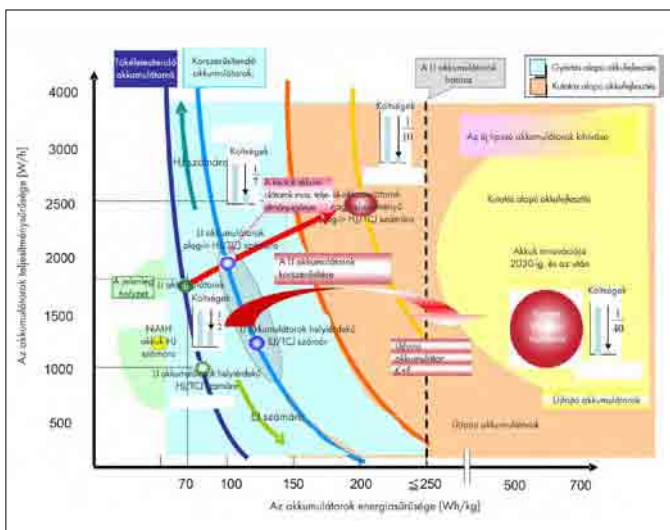


Egy lítium-ion akkumulátorcella vázlatos felépítése (Anód: LiCoO_2 ; Katód: lítium-grafit)



Az akkumulátortechnikák fejlődése

Töltéskor, külső feszültség hatására a lítium-ionok az anódhoz, az elektronok a fém-oxid katódhoz áramlanak. Kisütéskor fordított a helyzet: a lítium-ionok a fém-oxid katódhoz, az elektronok mozgása a külső áramkörön keresztül az anódhoz irányul. A lítium-ion akkumulátorok különösen érzékenyek az üzemeltetés villamos és termikus viszonyaira. A túlmelegedés ugyanis növeli az elektrolyt belső ellenállását, és az aktív anyagok öregedéséhez vezet. Emiatt a lítium-ion akkumulátorok folyamatos működtetése a -25° – $+5^{\circ}$ C közötti hőmérséklet és az 50–80%-os töltöttségtartományban precíz akkumulátormenedzselést igényel. Ennek fenntartásához folyamatos kényszerhűtést kell alkalmazni.



A járműakkumulátor-technika jövőbeli fejlesztési irányjai (japán stratégia)

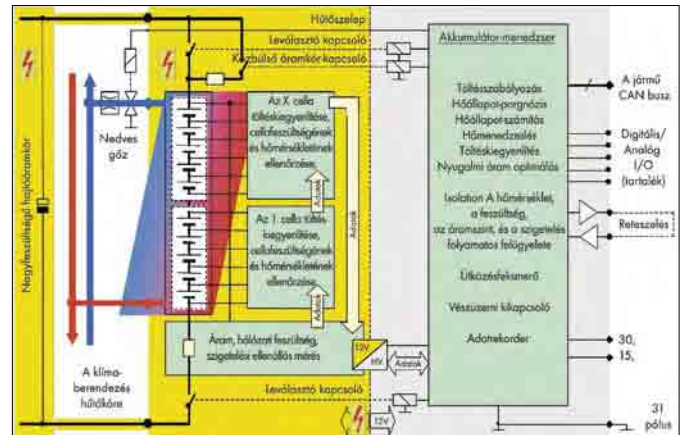
Tulajdonság	Ni-MH	Li-ion
Energiasűrűség, Wh/kg	80	200
Teljesítménysűrűség, W/kg	1600	> 3000
Térfogat-energiasűrűség, Wh/kg	200	550
Költség, \$/kWh	35	30-35
Önkisülés (havonta), %	15%	5%
Input/output hatások	90	> 95
Hőmérséklet tartomány	-10 -40	-30 -50
Ciklusélettartam; (EV) VJ; (HEV) HJ	90 (EV) 300K (HEV)	1000 (EV) 300K (HEV)
Naptári élettartam, év	> 10	> 10

A Ni-MH és a Li-ion akkumulátorok főbb jellemzőinek összehasonlítása

A nagy üzemi hőmérsékleten működő polimer elektrolyt vezető-képessége túlságosan csekély.

A hibrid üzemű és a villamos hajtású gépkocsik lítium-ion akkumulátorait, különösen a forszírozott gyorsítások során, védeni kell a termikus megszabadástól.

A lítium-ion akkumulátorok fontos eszközei a hibrid gépkocsiknak, ugyanis a jármű értékének 5–10, a plug-in hibrideken pedig a jármű értékének 15–30%-át képviselik.



A traktív lítium-ion akkumulátoregységek működési feltételeit bonyolult áramkörök felügyelik

A LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOROK FEJLESZTÉSE

A fejlődés ígéretes, mert a lítium-ion akkumulátorok fajlagos energiataralékai ma még csak 10–25%-ban használják ki az elméleti lehetőségeket. E tekintetben a nanotechnika alkalmazása jelentős lehetőségek forrása. Nanocsöves struktúrával különösen vékony elektródok, kisebb méretű cellák, a korábbiánál nagyobb energiasűrűségű, kisebb tömegű és térfogatú lítium-ion akkumulátorok készíthetők. A nanocsöves felépítés különösen a pozitív elektródok és a háromkomponensű katódok kialakításában hordoz jelentős fejlesztési lehetőségeket.

RAKTÁROZÁSI ÉS BIZTONSÁGI TUDNIVALÓK

A lítium-ion akkumulátorok sajátossága, hogy 40%-os töltésű állapotban jelentősen tovább tárolhatók mint teljesen feltöltve, ezért 40–60%-os töltési szinten hűtve tárolhatók.

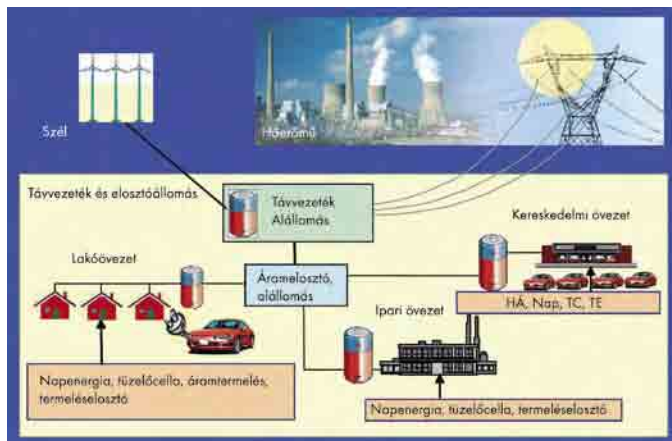
Használati jellemzők	Spinnel LiMn_2O_4	Mix	$1/3 \text{ LiNi}$ $1/3 \text{ Co}$ $1/3 \text{ Mn}$ $1/3 \text{ O}_2$	LiFePO_4
Energia	alacsony	magas	magas	magas
Teljesítmény	magas	magas	mérsékelt	mérsékelt
Hibatűrés	kedvező	kedvező	rossz	kedvező
Költsége	alacsony	alacsony	magas	magas
Hidegtűrése	kedvező	kedvező	mérsékelt	mérsékelt (nano)
Várható élettartam	rossz	kedvező	kedvező	nem ismert

A Li-ion akkumulátorok jelentősebb használati jellemzői

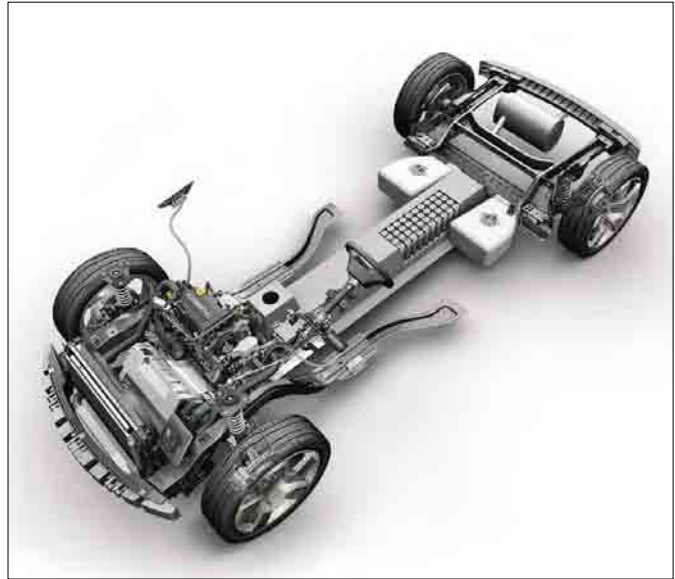
A lítium-ion akkumulátorok csak speciális elektronikákkal tölthetők. Töltés esetén ugyanis robbanást előző gázkoncentráció is kialakulhat.

A lítium-ion akkumulátorok hermetikusan lezárt energiatároló eszközök. Tárolásuk során kerülni kell a vízzel való érintkezést, mert a repedt, szivárgó vagy nyitott lítium-ion akkumulátor, az elektrolitnak a vízzel való heves egyesülése, robbanást okozhat. A lítium-ion akkumulátor elektrolit folyadék tűzveszélyes. Ezért a lángra kapott lítium-ion akkumulátor tüzét soha sem szabad vízzel oltani. Erre a célra csak homok használható.

A lítium-ion akkumulátorok pólusait soha sem szabad rövidre zárni, sem 4,2 V-nál nagyobb feszültségszintre feltölteni, vagy cellánként 2,5 V-nál kisebb feszültségszintre kisütöni.



A plug-in hibrid gépkocsik tömeges elterjedése nemzeti léptékű áramszolgáltató infrastruktúra kiépítését és működtetését igényli



A Johnson Controls Cobasys-A123 rendszerű lítium-ion akkumulátora a Chevrolet Volt, mintaszerűen felépített, plug-in rendszerű hibrid járművét látja el energiával

A lítium-ion cellák és azok fejlesztéspiacát ma döntően a japánok uralják. Dél-Korea és Kína fejlődése azonban ennél is dinamikusabb. Az elmúlt év vége óta tudjuk, hogy a kínaiak elkészítették a maguk első hibrid hajtású gépkocsiját.

A lítium-ion technika az elkövetkező két évtizedben a gépkocsiipar számára világos választást jelent. A lítium-ion akkumulátorok ugyanis biztató előrelépést jelentenek a mobil energiatárolás költségcsökkentésében, megbízhatóságában, élettartamában és hibatűrésében.

Már Kína a második legjelentősebb személyautó-gyártó

Onódi Gábor

A gépjárműgyártók nemzetközi szervezete (OICA) közzétette a 2007-es, éves gépjárműgyártási adatokat. Eszerint tavaly 73,1 millió gépjárművet gyártottak a világon, 5,4 százalékkal kevesebbet, mint az előző évben.

A legtöbb gépjárművet Japánban gyártották, több mint 11,5 milliót, amely 1%-os növekedésnek felel meg. Második az Egyesült Államok, ahol azonban 4,5%-os visszaesés mutatkozott a termelésben. Kína évről évre rohamosan fejlődik: 2007-ben már 8,8 millió gépjárművet gyártottak, 22 százalékkal többet, mint 2006-ban. Ez messze a legjobb értéknek számít az élcsoporthoz. Az első hat helyen egyébként nincs változás, Kínát Németország, Dél-Korea és Franciaország követi. Brazília megelőzte Spanyolországot, míg Kanada maradt a kilencedik. Egy másik ázsiai nagyhatalom, India autópára is egyre jelentősebb, az ország már a tizedik, megelőzve Mexikót. Utánuk európai országok következnek Nagy-Britannia, Oroszország és Olaszország sorrendben. Az élcsoporthoz Thaiföld zárja. Meg kell említenünk még Szlovákiát is, amely 571 ezres termelésével még nem veszélyezteti a nagyokat, de 2006-hoz képest 93,3%-os növekedést ért el, amely a legjobb jelenleg a világon. A második legnagyobb növekedési rátával pedig hazánk büszkélkedhet (+53,5% 2006-hoz képest), amely a 29. helyet foglalja el az abszolút rangsorban, 292 027 gyártott gépjárművel. A nagymértékű bővülés a Suzuki esztergomi gyárának érdeme, a következő években viszont biztosan nem lesz tartható ez az ütem, mivel a gyár lassan eléri kapacitásának felső határát.

A világ gépjárműgyártásának nagyobb részét, pontosabban 72,6%-át a személyautók teszik ki. Ez több mint 53 millió autót jelent. Csak a személyautó-gyártást vizsgálva az élcsoporthoz szinte ugyanazokat az országokat találjuk, de a sorrend kicsit

A világ legjelentősebb gépjárműgyártó országai 2007-ben

1.	Japán	11 596 327
2.	Egyesült Államok	10 780 729
3.	Kína	8 882 456
4.	Németország	6 213 460
5.	Dél-Korea	4 086 308
6.	Franciaország	3 019 144
7.	Brazília	2 970 818
8.	Spanyolország	2 889 703
9.	Kanada	2 578 238
10.	India	2 306 768
11.	Mexikó	2 095 245
12.	Nagy-Britannia	1 750 253
13.	Oroszország	1 660 120
14.	Olaszország	1 284 312
15.	Thaiföld	1 238 460

Forrás: OICA

A világ legjelentősebb személyautó-gyártó országai 2007-ben

1.	Japán	9 944 637
2.	Kína	6 381 116
3.	Németország	5 709 139
4.	Egyesült Államok	3 924 268
5.	Dél-Korea	3 723 482
6.	Franciaország	2 554 000
7.	Brazília	2 388 402
8.	Spanyolország	2 195 780
9.	India	1 707 839
10.	Nagy-Britannia	1 534 567
11.	Kanada	1 342 133
12.	Oroszország	1 288 652
13.	Mexikó	1 209 097
14.	Csehország	925 778
15.	Olaszország	910 860

Forrás: OICA

már más. Japánban majdnem 10 millió személyautót gyártottak 2007-ben, ezzel toronymagasan vezeti ezt a listát is. A második helyre azonban Kína kapaszkodott fel, megelőzve Németországot. Az Egyesült Államok az egyetlen ország az élcsoporthoz, ahol több haszonjárművet gyártanak mint személyautót, ezért ezen a listán csak a negyedik helyet foglalja el. A 4 millió alatti darabszám pedig 4,5%-os visszaesést jelent 2006-hoz képest, így az USA-ra Dél-Korea is szorosan felzárkózott. Érdekes, hogy a következő helyeken nincs változás a sorrendben az országok között. A hatodik helyezett Franciaországban csökkent a termelés, az élcsoporthoz összes többi államában azonban nőtt. A 14. helyen Csehország megelőzte Olaszországot. Magyarország 287 982 leggyártott személyautóval a 27. helyet foglalja el. Ez a darabszám két gyártó között oszlik meg: a Suzuki 231 000 db, az Audi pedig 56 982 db személyautót gyártott a 2007-es évben hazánkban. Tavaly több mint 20 millió haszonjárművet gyártottak a világon, ennek több mint harmadát az Egyesült Államokban. Kína ebben az összevetésben is második, rajtuk kívül még Japán és Kanada lépte át az egymillió határt. Thaiföld ötödik helyét azzal magyarázhatjuk, hogy itt az USA-hoz hasonlóan nagyobb hagyományai vannak a haszonjárműgyártásnak. A fejlődő országok általánoságban erősebbek ebben a szegmensben, jó példa erre Mexikó, India vagy Brazília erős jelenléte. Egyes hagyományos jelentős gépjárműiparral rendelkező országok viszont meglepően hátul helyezkednek el a rangsorban. Németország csak tizedik alig több

mint félmillió hasznójárművel, Franciaország 11., míg Dél-Korea csak a tizenötödik. Egy új országot is felfedezhetünk a listán. Ez Törökország, ahol tavaly 1,1 millió gépjárművet gyártottak, ezzel a 16. helyet érték el az abszolút rangsorban. A 464 531 legyártott hasznójármű viszont a 12. helyet jelenti ezen a listán. Hazánkban 4045 hasznójárművet gyártottak tavaly, amely a 36. helyhez volt elegendő. Érdekes, hogy Szlovákiában viszont egyáltalán nem gyártanak ilyen járműveket, vagyis a több mint 571 ezer legyártott gépjármű mindegyike személyautó volt.

A Központi Statisztikai Hivatal közzétette az országos közúti gépjármű-állomány összetételét, 2007. december 31-re vonatkoztatva. Tavaly év végén 3 625 368 forgalmi rendszámmal ellátott közúti gépjármű volt Magyarországon, a fegyveres testületek gépjárművei nélkül. Az állomány tehát gyarapodik (különkülön mindegyik gépjárműtípus állománya is), míg az átlagéletkor 2006 év végéhez hasonlóan 10,4 év maradt. Az állomány döntő

A hazai közúti gépjármű-állomány adatai

Gépjárműtípus	2007. dec. 31.	Átlagéletkor	Résarány
Személygépkocsi	3 012 165	10,3	83,1%
Autóbusz	17 899	13,0	0,5%
Motorkerékpár	135 865	14,7	3,7%
Tehergépkocsi	416 045	9,5	11,5%
Vontató	43 394	7,0	1,2%
Összesen	3 625 368	10,4	100%

Forrás: KSH

A világ legjelentősebb hasznójárműgyártó országai 2007-ben

1.	Egyesült Államok	6 856 461
2.	Kína	2 501 340
3.	Japán	1 651 690
4.	Kanada	1 236 105
5.	Thaiföld	929 960
6.	Mexikó	886 148
7.	Spanyolország	693 923
8.	India	598 929
9.	Brazília	582 416
10.	Németország	504 321
11.	Franciaország	465 144
12.	Törökország	464 531
13.	Olaszország	373 452
14.	Oroszország	371 468
15.	Dél-Korea	362 826

Forrás: OICA

többségét, 83,1%-át a személyautók teszik ki, átlagéletkoruk 10,3 év. 11,5%-os részesedéssel bírnak a tehergépkocsik (a különleges célú gépkocsikkal együtt), átlagéletkoruk nő. A motorkerékpárok átlagéletkora ezzel szemben csökken, de a 14,7 éves kor még mindig a legmagasabb a kategóriák között. 1,2%-os a vontatók és 0,5%-os az autóbuszok részaránya, előbbieik átlagéletkora 7 év, utóbbiaké 13 év.

Új design alapelvek az Amerikai Egyesült Államok busztervezésében – Egy magyar mérnök-formatervező sikere

Balvin Nándor ipari formatervező, a Kaposvári Egyetem Művészeti Karának oktatója, a Moholy Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskolájának hallgatója

Los Angeles az Amerikai Egyesült Államok második legnagyobb városa. Közúti forgalma időnként elviselhetetlen és kaotikus. A Los Angeles-i Megyei Központi Szállítási Hivatal (Metro) elhatározta az Orange Line nevű, BRT-rendszerű gyorsforgalmú autóbuszvonal megépítését abban a reményben, hogy enyhíti az utak zsúfoltságát. A Metro kiírta a pályázatot egy új 60 láb hosszú autóbusz fejlesztésére. A North American Bus Industries Inc. (NABI) részt vett a tenderen és megépítette az új NABI 60 BRT autóbust. A terv és a termék Habuda Pál fejlesztőmérnök irányítása alatt Budapesten készült el. Az új design sikeres volt és a tender győztese lett. Az Amerikai Szállítási Hivatal 200 járművet rendelt a NABI-tól. A jármű új formája és különleges karaktere megváltoztatta a konzervatív amerikai vásárlók szemléletét.

Los Angeles is the second biggest city in the USA where the traffic is every now and then chaotic and hard to bear. The Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority (Metro) has decided to build the Orange Line, which will be the new bus rapid transit way (BRT) in San Fernando Valley with the hope that this new line will reduce the congestion. The Metro announced a competition for a new 60 ft long bus type. The North American Bus Industries Inc. (NABI) attended on this tender and built the new NABI 60 BRT bus. Design and the product was made in Budapest under the direction of Mr. Pál Habuda development engineer. The new design was successful to win the Metro tender. The American Transportation Authority ordered 200 items of NABI 60 BRT. The new design and the special character of this bus has changed the approach of the conservative American customers.

ELŐZMÉNYEK

Az USA második legnagyobb városa a kontinens nyugati felén 1290 km²-en elterülő Los Angeles. Lakosainak száma négy millió fő, azonban az agglomerációs övezettel együtt 17,5 millió. Közlekedésére jellemző, hogy maga a város a dél-kaliforniai autópálya fő csomópontja, ahol naponta 10 millió autó hozzávetőlegesen 160 millió kilométert tesz meg a város területén. Tömegközlekedési rendszerét napi 1,4 millió utas veszi igénybe. Az európai szemmel mért óriási forgalmat a meglévő úthálózat viszonylag jól bonyolítja. A jól szervezett közlekedés nem mentes a gyakori forgalmi torlódásoktól. A mediterrán éghajlatú naps városkép panorámáján megszokott jelenség a megalopolisz felett lebegő vastag szmogfelhő.

A város vezetése igyekszik olyan megoldásokat találni, amely a helyzet súlyosságát valamelyest enyhíti. A lakosság elégedetlenségének már többször hangot adott, elsősorban a peremkerületek lakói, akik méltánytalanul magasnak gondolják a belváros infrastruktúrájára elköltött aránytalanul magas többletet. A vita 2002-ben kulminált, amikor a San Fernando-völgyiek és a hollywoodiak népszavazást kezdeményeztek annak érdekében, hogy kiválhassanak Los Angelesből. A dezintegrációs törekvések azonban eredménytelenek maradtak. Más alkalommal a tömegközlekedés kényelmetlenségei miatt civil szervezetek perrel fenyegették meg az önkormányzatot, amelyben a járműveken biztosított ülőhelyek alacsony számát kifogásolták. A pert lefolytatták, és a bíróság helyben hagyta a lakosság követelését, majd elrendelte az önkormányzat terhére az előírt fejlesztések végrehajtását. A város tulajdonában lévő Metro Közlekedési Vállalat 2003-ban lépéskényszerbe került.



1. ábra: Los Angeles

TERVEK

A Los Angeles-i Metro Közlekedési Vállalat terveiben a peremterületben elhelyezkedő San Fernando-völgy tömegközlekedésének fejlesztését tűzte ki célul. Alternatívaként két megoldás jöhetett számításba, metróvonal létesítése vagy autóbusz-viszonylat kiépítése. A San Fernando-völgy kelet-nyugati forgalmát csak a Ventura Autópálya bonyolította, ami az óriási forgalma miatt nem az idő és türelem hiányában szenvedő utazók vonala volt. A Metro egy gyorsforgalmú autóbuszpálya ún. BRT (Bus Rapid Transit) kiépítése mellett döntött. (A BRT-ről bővebben az előző szám, BRT – a tömegközlekedés új dimenziója c. cikkben.) Egy, a völgyet átszelő új út kiépítése már korábban felmerült, de a megvalósítás forráshiány miatt késett. Az útvonal területe, ahol korábban vasúti pálya üzemelt a Metro Közlekedési Vállalat tulajdonában volt.

Richard Hunt, a Metro San Fernando-völgyi részlegének általános igazgatója kijelentette: „az új vonal egyedülálló lesz abban, hogy méltó alternatívájává válik a Ventura Autópályának. Előreláthatólag a buszok a 14 mérföld hosszú, 14 megállóval kiépített útvonalát 38 perc alatt fogják megtenni.”

A tervezett nyomvonal kiépítését összehangolt tervezés előzte meg, ahol az oktatási intézményeken kívül az üzleti negyedeket is összekapcsolták. 4 P+R parkoló létesítése is a tervek között szerepelt, amelyek közvetlenül a nyomvonal mellett kerülnének kialakításra, egyenként 250–1200 parkolóhelyet biztosítva ingyenesen, azok részére, akik a BRT-t igénybe veszik. Az új vonal az Orange Line nevet kapta. Az elővárosi vasút tulajdonságaival rendelkező gyorsforgalmú autóbuszvonalat új fejlesztésű, 60 láb hosszúságú csuklós járművekkel kívánta üzemeltetni a közlekedési vállalat. 2003-ban a Metro közzétette pályázati versenyfelhívását egy új, BRT-viszonylatban rendszeresíthető autóbusz kifejlesztésére.

TERVEZÉSI ALAPELVEK ÉS KÖVETELMÉNYEK

A kiírt pályázat három cég, nevezetesen a Nev Flyer, a Neoplan és a NABI figyelmét keltette fel. Bill Coryell, a NABI kereskedelmi igazgatója vett részt a Metro járműprojektjét indítványozó ülésén. A megbeszélésen a Metro képviselői hangsúlyozták, hogy a buszoknak, amelyeket az Orange Line-on kívánnak üzembe helyezni teljesen újszerű designt kell képviselniük. „Jól emlékszem egy kérésre, amire Richard Hunt (a Metro San Fernando-völgyi részlegének általános igazgatója) az indítványozó ülés előtt utalt és aminek sokszor hasznát vettem a projekt során. Azt kérte Richard, hogy ezeknek a járműveknek vonatszerűeknek kell lenniük, mivel a projekt egyik felhasználási területe egy kimondottan erre a célra



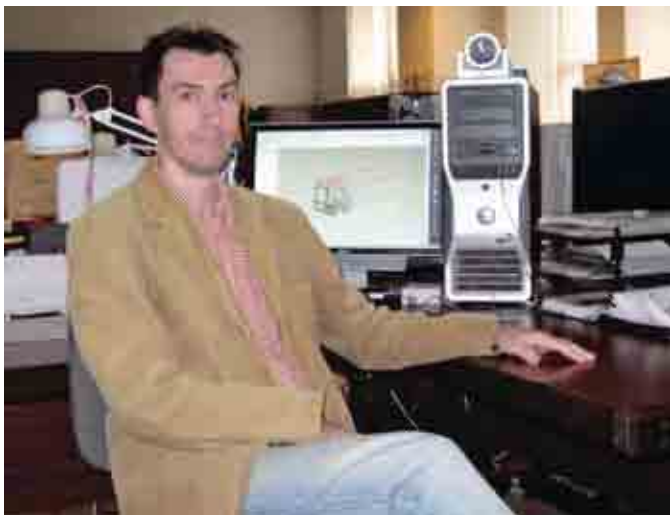
3/a ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

használt gyorsforgalmi járat lesz. A stílust illetően Roger Snoble (a Metro kivitelezési főtisztviselője) unja már, hogy az ablakából kinézve szögletes buszokat lát. A jövőben irodájából kitekintve lekerekített járműveket szeretne látni” – mondta Coryell. „Elhátároltuk, hogy ha Roger Snoble kerek buszokat akar látni, akkor jó lesz ha kitalálunk valamit, minél kerekébbet, annál jobb” – jegyezte meg Bill Coryell.



3/b ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

A NABI két részleget bízott meg a tervek elkészítésével, ezek közül az egyik a budapesti NABI-gyár mérnökcsoportja volt, amit Habuda Pál fejlesztőmérnök vezetett. A nagy tervezési tapasztalattal rendelkező teamnek rendkívül gyorsan kellett reagálnia a versenyfelhívás több száz pontból álló kívánságlistájára. „Ha Los Angelesben megállunk egy tetszőleges kereszteződésben megfigyelhetjük, hogy tíz érkező buszból hetet a NABI gyártott. A Los Angeles-i Közlekedési Vállalat évek óta csak tőlünk vásárol autóbuszokat, ezért nem volt kérdés, hogy indulunk-e a pályázaton vagy sem” – jelentette ki Habuda Pál. A tervezés kiindulópontja a Metro által meghatározott egyedi külső volt. Habuda Pál a formaterv vázlatának elkészítésével egy fiatal mérnök-formatervezőt, Tóth Jánost bízta meg. A tervezés szabad vázlatozással kezdődött, azonban néhány kötött paramétert már az első felvetések indításakor figyelembe kellett vennie. Alapként a chicagói 60LFW típusú, már a NABI által korábban gyártott autóbusz szolgált. Kötöttséget jelentett a CNG (sűrített földgáz) üzemű meghajtás 12 tartályának tetőn történő elhelyezése. A design fő karakterének kialakítását a homlokkal, a jármű hátulja és a tető összhangjának megoldásaiban kereste. Célul tűzte ki, hogy terve a majdani szemlélőt ne emlékeztesse semmilyen korábban gyártott autóbuszra sem. A jármű rapid-way üzemeltetését a külső megjelenésben is hangsúlyozni kívánta, ezért formailag dinamikusabb összképben gondolkodott. A NABI 60 LFW-fejlesztésénél szerzett tapasztala-



2. ábra: Tóth János mérnök-formatervező



3/c ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

tok segítették a tervezésben, tisztában volt azzal, hogy milyen az a formavilág, amit a tradíciókhoz ragaszkodó amerikai vevő elfogad, és mennyi az az adaptáció, amellyel a megszokott hagyományos konstrukció kiegészíthető oly módon, hogy a majdani megrendelőt ne botránkoztassa meg. Rendkívül fontos pontja ez a formatervezésnek, ugyanis az Európában evidenciaként kezelt megoldások bizonyos esetekben megütközést kelthetnek az amerikai piacon, e tény figyelmen kívül hagyása valószínűsíthetően piacvesztéssel párosulna. Egy Mercedes buszon megszokott, hogy a homlokfal formai kialakításának homogenitását nem osztja meg egy erőteljes lökhárító, egy amerikai busz esetében ez szinte elképzelhetetlen.



3/d ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

Az USA legtöbb buszgyártója a robusztus, nagy csillapító képességű Romeo Rim standard lökhárítókat építi járműveire, ami meglehetősen azonos fazont kölcsönöz a buszoknak. Tóth János szakítani igyekezett ezen hagyományokkal. Tervei alapján az említett darab gyártója vállalta, hogy olyan terméket hoz létre, amely szervesen beilleszthető elképzeléseibe. Változás történt abban is, hogy az amerikaiak engedélyezték az osztatlan szélvédő alkalmazását. Lehetőség nyílt a homlokfal egyetlen karakteres ívből történő leképzésére, amelynek lendületét nem törte meg egy több darabból álló üvegfelület. Az íves homlokfal karakteréhez harmonikusan illeszkedik a fényszórók és irányjelzők vonala.

Az első formatervi vázlatok hamar elkészültek és a NABI vezetőitől pozitív visszajelzések érkeztek. Coryell a következőket mondta: „János egy mérnök, de az ipari design a hobbija. Elhatározta, hogy szabadidejében létrehoz egy tervet az új 60 BRT

buszok számára. Nem sokkal később küldött nekem egy vázlatot, és tényleg levett a lábamról. Úgy gondoltam tiszta design, egy hatalmas lépéssel előrébb jár azoknál, amiket eddig láttunk. Felhívtam Andy Race-t, a NABI elnökét és ő is el volt ragadtatva. Elhatároztuk, János terveit követjük.”

A bemutatott koncepttervek után Habuda Pál fejlesztési csoportja megkezdte a fő terv részletes lebontását és összhangba hozását a Metro által benyújtott több száz oldalas kívánságlistával. Ez a munka 18 ezer mérnökórát vett igénybe, amely rekordnak számító egy év alatt realizálódott. Az amerikai vásárlóknak fejlesztő cégek rugalmasságuknak köszönhetően piaci részesedésüket. Az európai autóbuszgyárak legtöbbje szerkezeti felépítésükből adódóan nehezen alkalmazkodnának a Metro támasztotta követelményekhez. Évente 6000 autóbust értékesítenek az USA-ban, a mennyiség 18%-át a NABI állítja elő.

Az autóbusz-tervezési folyamatot számos betartandó előírás, szabvány segíti, olykor „akadályozza”. A piaca jutás kritériuma,



3/e ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

hogy egy termék hiánytalanul eleget tegyen a hatósági előírások minden egyes pontjának. Ilyen előírás az FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard) amely a szövetségi kormány által meghatározott követelménygyűjtemény. Az USA valamennyi államában kötelező érvényű. Minden állam rendelkezik saját hatósági előírással, jelen esetben irányadónak a CVC (California Vehicle Code) kódgyűjteménye számított. A kötelező érvényű, szigorúan számon kért előírásokon túl a tervezők jól teszik, ha munkájuk során gyakran hivatkoznak ajánlásokra. Ilyen például a SAE (Society of Automotive Engineers) vagy az APTA (American Public Transportation Association) ajánlatgyűjteménye. Betartásokat a hatóságok nem kötelezik, de mint szakmai kritériumokra történő hivatkozás ajánlott. Adott esetben a tervezésbe beépített innovatív elemek létjogosultságát szakmailag alátámaszthatják. A 60 BRT-típus tervezésekor felmerült, hogy a járművet akadálymentesítetté tegyék mozgáskorlátozottak számára. Ehhez rámpa vagy rokkantkocsi beemelésére alkalmas rendszer beépítése vált szükségessé. Az ilyen irányú fejlesztésekkor irányadó az ADA (American with Disabilities Act) hatósági előírásai, amely a mozgáskorlátozottak kiszolgálásához szükséges összes szabályt tartalmazza. Az eredetileg hatvan ülőhellyel tervezett busz végső formájában 57 ülés lett, a kieső férőhellyel biztosítva a rokkantkocsi fogadását.

Tóth János a tervezéskor megkülönböztetett figyelemmel kezelte a vezető minimál tér kialakításának ergonómiai méretezését. Megépítette a vezetőfülke 1:1-es méretarányú modelljét, és valós körülmények között bizonyította elgondolásainak helyességét. A végső méretezéskor messzemenőig figyelembe vette a The Pennsylvania Transportation Institute és a The

A NULL SZÉRIA



3/f ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

Pennsylvania State University 1997-es vezetőter kialakítására vonatkozó szabályait. János a jármű külső karakterét több, a tengerentúli piacon még szokatlan, új megoldással alakította ki. Az oldalüvegeket az Egyesült Államokban szinte minden gyártó gumikéderbe ágyazva rögzíti a felépítményhez. A BRT 60-nál szakított a hagyománnyal és ragasztott üveggel ellátott járművet tervezett. A külső oldalfali illesztéseket gondos precizitással készítette el, így egy másik fontos karaktermeghatározó elemet, a díszlécek alkalmazását is mellőzte, ezzel növelte a jármű tiszta formavilágának hangsúlyozását. Az egységes megjelenés érdekében a busz homloklfaláról elhagyták annak a kerékpártartó keretnek a felszerelését, amelyet előszeretettel alkalmaz a Metro Közlekedési Vállalat. Egyedi fejlesztésű és szokatlan elrendezésű visszapillantó tükrök teszik különlegessé az újonnan kialakított karaktert. Az aszimmetrikus felfüggesztés szükségszerűségét a már korábban említett vezetőfülkén végzett ergonómiai vizsgálat tette indokolttá. A jármű 320 LE-s erőforrásának a szigetelésére különösen figyelt a tervező,



4. ábra: a késztermék

dásában találkozott az általuk kiírt tender valamennyi pontjával. A NABI 60 BRT-t örömmel fogadták, és elismerő szavakkal illették mindenütt az Egyesült Államokban, ahol csak bemutatták. Az autóbusz szaksajtó címlapjára kerülve, azonnal berobbant a tömegközlekedés „köztudatába”. A sikert a Metro vállalat 200 db-os megrendelése koronázta meg igazán. Habuda Pál fejlesztőmérnök tervezőcsoportjának eredményességét természetesen segítette a Metrónak korábban szállított és referenciaként számon tartott járművek minősége. A megszokott jellemzőkön túl Tóth János mérnök-formatervező elképzelésének formai és funkcionális tisztasága, valamint design-innovációs tartalma minden kétséget kizáróan hozzájárult ahhoz, hogy a termék elnyerje a megrendelők bizalmát.

KONKLÚZIÓ

Az Amerikai Egyesült Államok piacára autóbust gyártani felelőbb problematikus vállalkozás. A közlekedési vállalatok részéről felállított kívánságlista, és a számtalan hatósági előírás teljesítése hatalmas feladat, ami magas szintű tudást, tájékozottságot és rugalmasságot követel meg a gyártó-exportortól. A nagy európai buszgyárak gyártásmechanizmusa nem összeegyeztethető a piac tengerentúli szegmensével. A sokkötetnyi biztonsági előírás, szabály feldolgozása, alkalmazása nehéz terep mind a mérnökök, mind a formatervezők számára. Ami Európában járműkonstrukciós evidenciaként él a fejlesztők tudatában, az az Egyesült Államokban olykor csak megvalósíthatatlan és elfogadhatatlan elképzelés. Ami Európában szemet gyönyörködtető esztétikum, az a tengeren túl megrökönyödést keltő forma lehet, amit bizal-



3/g ábra: gyártásban a NABI 60 BRT

ugyanis a vásárlók a csendesebb üzemű buszokat anyagilag külön is elismerik. A NABI 60 BRT a 3 Db-lel kevesebb zajkibocsátásával minden korábbi járműnél halkabb lett. A süllyesztett padlóval tervezett autóbusz kényelmesebb feltételeket teremt az utazóközönségnek a felszálláskor, ugyanakkor a karosszérián keletkező nagyobb méretű kerékür egy nemkívánatos esztétikai megjelenést eredményez. A probléma megoldásául egy keréktakaró felület beiktatása szolgált, egyöntetűvé téve az oldalfal síkját. A szokásosnál szélesebbre tervezett ajtók szintén az utasok nagyobb fokú kényelmét hivatottak biztosítani.



5. ábra: az Orange Line megnyitóján

matlanul fogadnak. Európai tervezőnek amerikai környezetbe nagy empátiás készséggel, amerikaiként kell tudását, termékét közvetítenie. Tóth János mérnök-formatervező munkája ilyen. A BRT járműparkjában rendszerbe állított típusok között formaterve design történeti mérföldkőnek számít. A NABI 60 BRT hibátlanul

illeszkedik az amerikai tömegközlekedésbe, de finoman átítatott európai formavilágával a megrendelők szemléletét egyszer s mindenkorra megváltoztatta.

„Nagyobb érdeklődést látok a stílus iránt. Azt gondolom, hogy a vezetők, az elnökök, az általános menedzserek nagyobb mértékben befolyásolni fogják, hogy miként nézzenek ki a buszok. Ezt az igényt valószínűleg az is generálja, hogy hatékony eszközt találjanak az utasszám növelésére, és kiszállítsák az embereket autóikból” – jelentette ki Bill Coryell, a NABI kereskedelmi igazgatója.

Irodalom

- [1] Busline, NABI 60 BRT CNG buses head for LA, 2005. september-october
- [2] NABILap, A 60 BRT avantgárd formanyelve 2004. május
- [3] http://hu.wikipedia.org/wiki/los_angeles (2008. április 10.)
- [4] www.metro.net/riding_metro/orange_line.htm (2008. április 20.)
- [5] www.transitrider.com/ca.losangeles/lacmta.cfm?id=901 (2008. április 20.)
- [6] www.dart.org/about/expansion/orangelinemap.asp (2008. április 20.)
- [7] http://thetransitcoalition.us/ttc_brt_orange.htm (2008. április 22.)

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

.....
Dátum Aláírás

1. VÁLLALATI ADATOK

A cég neve _____

Címe _____

Telefon _____

Fax _____

E-mail _____

Weboldal _____

2. SZEMÉLYES ADATOK

Név _____

Foglalkozás _____

Telefon _____

Fax _____

E-mail _____

Milyen szakterületen dolgozik?

Termékfejlesztés

Kutatás és fejlesztés

Műszaki tudományok, engineering

Gyártástervezés

Szerszám- és eszközfejlesztés

Beszerezés

Egyéb (nevezze meg) _____

3. A VÁLLALAT PROFILJA

Mi a vállalat fő terméke vagy szolgáltatása?

Mely tevékenység tartozik a vállalat profiljába?

Gyártás

Kutatás-fejlesztés

Értékesítés

Lerakat / forgalmazó

Műszaki mérnökség, tervezés

Kiadványszerkesztés

Más (nevezze meg) _____

A vállalat alkalmazottainak száma

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

Név _____

Foglalkozás _____

Név _____

Foglalkozás _____

Név _____

Foglalkozás _____

Név _____

Foglalkozás _____

Név _____

Foglalkozás _____

Név _____

Foglalkozás _____

Nagy AutóSzaki Ismerettár

Engedje meg, hogy figyelmébe ajánljam legújabb szakmai kiadványunkat, amely a Nagy AutóSzaki Ismerettár nevet viseli. Ez a termék valójában egy gyűrkönyv, amely összesen 100 kihajtható lapból áll. (1 lap összesen 4 oldalnyi szakmai anyagot jelent.)

MIT KÍNÁL A GYŰRKÖNYV?

Változatos ismereteket, szakmai konkrétumokat. Alapirodalom a polcon, ami a „hogyan is van ez pontosan?” kérdésekre tud válaszolni. A gyűrkönyv folyamatosan érkező lapjainak tartalma a műszaki alapoktól egy-egy célszerszámhasználaton, diagnosztikai technológiákon, műszerhasználati leíráson át a vállalkozások működtetéséhez szükséges ismeretekig terjed. A veszélyshulladék-előírásoktól, a mit követel meg a munkavédelem vagy az ÁNTSZ, mire van jogunk és mire nem, ha a fogasztó reklamál.

KINEK AJÁNLUK A GYŰRKÖNYVET?

Természetesen minden, autós szakmában dolgozó szakembernek, az autószerelő mestereknek, a szakmabeli vállalkozá-

sok felelős vezetőinek, tulajdonosainak, műhelyfőnökeinek, művezetőinek, csoportvezetőinek, a szakiskolák tanárainak, az alkatrész-kereskedelem termékfelelőseinek, a hatóságok szakterületünkért felelős munkatársainak, a vizsgabiztosoknak.

Az autós vállalkozások vezetői többször mondták, hogy új munkatársaikkal, szerelőikkel nincs idejük konzultálni, nem szólva arról, hogy a mindennapi munka már elsodorta őket a konkrét szakmai ismeretektől. Kellene egy lényegre törő brosúra, amit például egy kenési kérdés, egy szerelési probléma tisztázása vagy a fogasszíjak, a csapágyak, a gumiabroncsok, a kenőolajok jelöléseinek a pontos értelmezéséhez a kezükbe lehet adni. „Olvasd el, itt megtalálod, megérted!”.

HOGYAN LEHET ELŐFIZETNI A GYŰRKÖNYVRE?

Amennyiben ön 2008. június 30-ig írásban megrendeli a Nagy AutóSzaki Ismerettár kiadványunkat, a kedvezményes kezdőcsomagot – amely ez esetben egy ingyenes gyűrés gyűjtőmappát és 10 kihajtható lapot, azaz 40 oldal szakmai anyagot tartalmaz – 2008. július 10-ig utánvétellel elküldjük önnek. Az utánvét kifizetésével – amely 6000 Ft + áfa – ön már kifizeti a következő 10 lap díját is. Az ezt tartalmazó második csomag 2008. augusztus 10-ig fog megérkezni önhöz, amelyben a következő 2x10 lap előfizetésére szolgáló csekkeket is megtalálja. Ezt követően 2008-ban szeptember, október, november, december, valamint 2009-ben február, március, április és május hónapok 10. napjáig érkezik meg önhöz az aktuális tartalmazó csomagunk ajánlott küldeményként. Ön minden második csomagban kapni fog egy csekkeket is, amely a következő 2x10 lap előfizetésére szolgál. Az előfizetési csekkek minden esetben 6000 Ft + áfa összegről szólnak.

HOL TUDHAT MEG MÉG TÖBBET A KIADVÁNYRÓL?

A Nagy AutóSzaki Ismerettárról a részletes postázási útmutatóval együtt további részletes információk találhatóak a www.autotechnika.hu és a www.garazsberendezes.hu internetes portálokon, illetve konkrét kérdéseiket és megrendeléseiket várjuk az auto@xmeditor.hu e-mail címen.

Bízom benne, hogy új kiadványunk önnek is hasznos információkkal szolgál majd.

Dr. Nagyszokolyai Iván
főszerkesztő

4 TENGELYHAJTÁSOK

Fogasszíjak (1. rész)

A fogasszija (fogazott szija, fogazott lupasszija vagy vezérműszija) általában szinkronban közvetíti a forgást és viszi át a nyomatékot a tengelyek között. A fogasszija ContiTech megnevezése SYNCHROBELT.

A szija szerkezete

A szija szerkezete két alapvető részre tagolódik, a húzást felvevő hosszanti szál szerkezetre és a szinkronkapcsolót biztosító, kerékfogak közötti fogazott részre.

3. Fogak: polidioropren, poliuretán homogén szerkezet, szilikonanyagból vulkanizálással alakul ki (nem ragasztott!).

4. Fogbarítás: poliamid, nyloniszövet.

A fogasszija anizotrop tulajdonságú: hosszirányban nyúlóképes, keresztirányban merev. A szija terhelhetőségét – adott típuson belül – egyszerűen a szélesség növelésével lehet emelni.

A fogasszija történeti teljesítményátviteli hatásoka rendkívül jó, megközelíti a 98%-ot.

A fogasszija fogprofilja nagy változatosságot mutatnak. Részben történelmileg, részben pedig a felhasználási igényeknek megfelelően négy lépcsőből alakult ki: trapéz fogak, ívelt fogak, körív fogak, módosított körív fogak.

ContiTech fogasszija program

A ContiTech-nek három különböző alapgeometriájú szija profija létezik (trapéz, HTD, STD). A szija profil- és szija árcsoportosítást – adott gépkocsi gyártáshoz rendelten – a ContiTech – a 3. oldalon található táblázatban foglalja össze.

A ContiTech egy olyan új fogasszija vízpumpa készlettel jelen meg a piacon, mellyel a Conti SYNCHROBELT® kábel képest egy vízpumpát is tartalmaz. A készlet tartalmát azért bővítették ki, mert a tapasztalatok szerint a fogasszija cseréjével egy időben nemcsak a vezető- és feszítőgörgőket ajánlott kicserélni, hanem a vízpumpát is, sőt egyes gyártók mindezt elő is írják. A csomag megfelel az OEM minőségi elvárásoknak, 2008. januártól a TecDoc digitális információs rendszerben is elérhető.

Fogasszija cseréje

A fogasszija hűvös helyen (15-25 °C) fénytől óva max. 5 évig használható fel. A szija tárolásánál, megfogásánál alapszabály, hogy csavarni, kis sugárban megfogni – gyakorlatilag összehajlani – nem szabad, mert a húzó (üveg)szálak eltérhetnek! A gyári dozból ezért nem célszerű a vezérműszija tárolási célból kivenni. A szija hálót a gyártóra vonatkozó azonosítókati is feltüntetett, pl. gyártási év és hét, gyártóhely, a szija elhelyezkedése a gyártódozban.

A szija hálót a gyártóra vonatkozó azonosítókati is megtalálhatóak (ezekből több), ezért szükséges, hogy a felszerelési irányt megadják. Van olyan konstrukció, ahol a



Felállításában négy, jól elkülöníthető részre bontottuk meg:

- Hátoldal (burkolat): neopren, polidioropren, poliuretán. Lehet sík burkolat és fogazott kialakítás.
- Húzószálak: üvegcszál (üvegkord) vagy aramid (kevlar). Az egymás mellett szálak sodrásiránya ellentétes. A húzószálak ágyazatban fekszenek.

Ison négy lépcsőből alakult ki: trapéz fogak, ívelt fogak, körív fogak, módosított körív fogak.

A ContiTech-nek három különböző alapgeometriájú szija profija létezik (trapéz, HTD, STD). A szija profil- és szija árcsoportosítást – adott gépkocsi gyártáshoz rendelten – a ContiTech – a 3. oldalon található táblázatban foglalja össze.



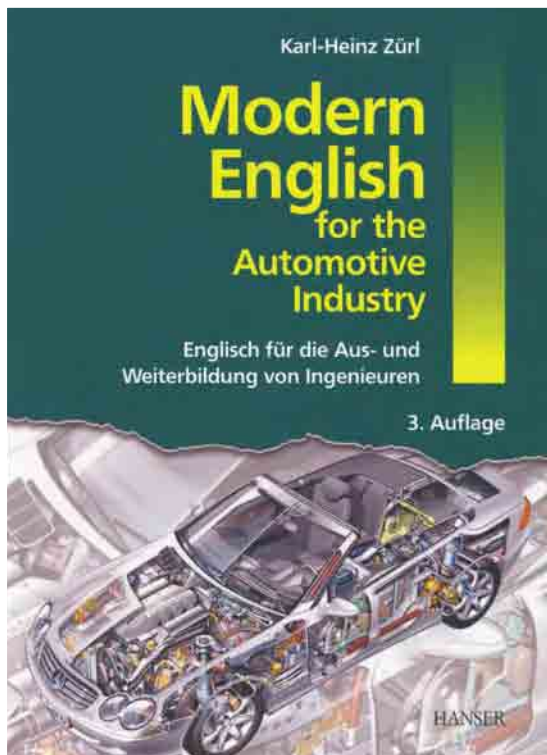
Nagy AutóSzaki Ismerettár 1

84

2008/1–2.

A jövő járműve

Modern English for the Automotive Industry



A német Hanser kiadó „Modern English for the Automotive Industry” című szakkönyvét ajánljuk szíves figyelmébe. A szakkönyv németül beszélő autóiipari szakembereknek szól, akik már rendelkeznek alapszintű angolnyelv-tudással, és angol szakmai szókincsüket szeretnék fejleszteni. Jó azoknak is, akik mindkét nyelvben, oda-vissza szeretnének gyakorlótankönyv lenni. A könyv fejezetei angol nyelven íródtak, szövege olvasható, könnyen érthető, egyszerű mondat szerkezetekkel. A szakmai kifejezések német megfelelője az oldalak alján lábjegyzetként megtalálható. Az utolsó, megközelítőleg 100 oldal pedig nem más, mint egy német–angol, illetve angol–német autóiipari szótár.

A könyv az autóiipari menedzsereket, mérnökhallgatókat, technikusokat és mérnököket látja el gyakorlatorientáltan és hatékonyan egy használható alapszókincsel több felhasználási területen, mint például a stratégia, tervezés, kutatás-fejlesztés, gyártás és az ügyfélszolgálat. A szerző, Karl-Heinz Zürl többéves és sokrétű autóiipari tapasztalattal rendelkezik.

A fő fejezetek a következők:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Az autóiipar | 8. Termékfejlesztés |
| 2. Vállalati marketingstratégiák | 9. Gyártásfejlesztés |
| 3. Stratégiai működéstervezés | 10. Informatika |
| 4. Autógyártók kínálata | 11. Pénzügyek, finanszírozás |
| 5. Tervezés | 12. Gyártóüzemek |
| 6. Műszaki mérnökség | 13. Értékesítés, forgalmazás, logisztika |
| 7. Alternatív hajtás | 14. Szolgáltatás és aftermarket |

Megrendelhető postai utánvétellel az X-Meditor Kft. Autóinformatikai üzletágától. A könyv 364 oldalas, ára 6300 Ft + postaköltség. Előrendeléseket az at@xmeditor.hu címen vesszük fel. A könyv beszerzését a jelentős postaköltség miatt akkor indítjuk el, ha a rendelések darabszáma eléri vagy meghaladja a 10-et.

Maschinenbautechnik – Szakmai nyelvkönyv gépészek számára

A kötet a szakmai idegen nyelv oktatása területén hiánypótló mű, kiválóan alkalmas a gépészeti ismeretek német nyelvű elsajátítására. A kiadvány korszerű szakmai nyelvi ismereteket nyújt: bemutatja a számítástechnikai alkalmazásokat, a rugalmas gyártószerkezetet, valamint az irányítástechnika újdonságait.

Fő témakörök:

- gépészeti szerkezeti anyagok,
- a nyersvas előállításának fázisai,
- az acélgyártás folyamatai,
- műanyagok előállítása,
- gyártási eljárások áttekintése,
- esztergagép fő szerkezeti elemei, feladatai,
- gyártási rendszerek,
- az automatizálás fokozatai.

A tanulhatóságot és a gyakorlathoz való kapcsolódást a témakörök párbeszédese feldolgozása, a fejezet végén található szógyűjtemények és a nyelvtani melléklet segítik.

Magyar–német • 304 oldal • puha kötés
ár: 3800 Ft/db + postaköltség



Megrendelhető az X-Meditor Kft. Autóinformatikai üzletágától (at@xmeditor.hu).

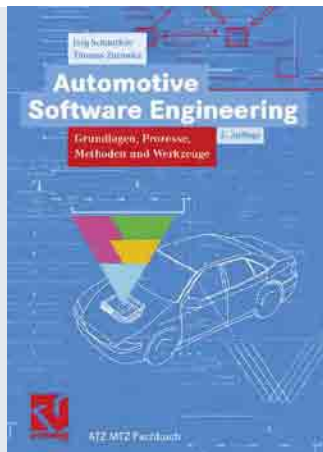


Robert Bosch GmbH
Autoelektrik / Autoelektronik
 Autóelektromosság / Autóelektronika
 5., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2007, 530 oldal, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

Az autóelektromosság / autóelektronika viharos fejlődése nagymértékben befolyásolta az Otto-motorok és az egész autó felszerelését. Ezért szükség lett az eddig bevált gyakorlati alapelvek újrafeldolgozására. Modern fényszóró-berendezések, lopásgátló rendszerek, információs, navigációs és parkolórendszerek kerültek ebbe a kiadásba.

Jörg Schäuffele, Thomas Zurawka



Automotive-Software-Engineering
 Autóipari szoftvertechnika – Alapelvek, folyamatok, módszerek és eszközök
 3., átdolgozott és javított kiadás, 344 oldal, 277 ábra, német nyelven.

Ára: 41,90 EUR

Napjainkban a gépjárművek szinte minden funkcióját elektronikusan irányítják, szabályozzák vagy felügyelik. Ez a könyv azon folyamatok, módszerek és eszközök alapelveit tartalmazza gyakorlati példákon keresztül, melyek hozzájárulnak egy jármű elektronikus rendszereinek és szoftverjeinek kezeléséhez. Az előtérben a hajtómű, a futómű és a karosszéria elektronikus rendszerei állnak.



Robert Bosch GmbH
Kraftfahrtechnisches Taschenbuch
 Gépjármű-technikai zsebkönyv
 26., aktualizált és kibővített kiadás, 2007, 1192 oldal, német nyelven.

Ára: 39,90 EUR

A gépjármű-technikai zsebkönyvnek már 7 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
 3., javított és kibővített kiadás, 2006, 509 oldal, 605 ábra, német nyelven.

Ára: 51,00 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.

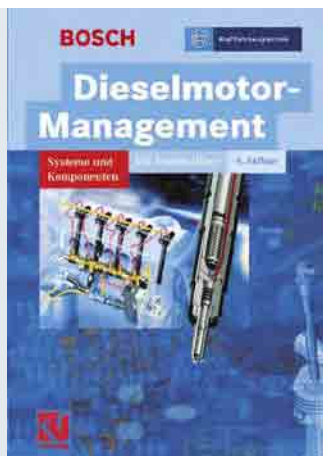


Richard van Basshuysen, Fred Schäfer
Lexikon Motorentechnik
 A robbanómotor A-tól Z-ig – Motortech-
 nikai lexikon

2., javított és kibővített kiadás, 2006, 1096 oldal, 1764 ábra, német nyelven

Ára: 99 EUR

A lexikon részletesen bemutatja az aktuális motortechikát, és kitekint a jövőbe is. A könyv kereshivatkozásokból álló rendszere minden fogalmat a fő fogalmakhoz rendel. Így a címszavak nem különállóak, hanem egymással összefüggő tartalmat alkotnak. A 4500 fogalom a motortechika teljes területét felöleli.



Robert Bosch GmbH
Dieselmotor-Management
 Dizelmotor-menedzsment – Rendszerek
 és részegységek

4., teljesen átdolgozott és kibővített kiadás, 2004, 501 oldal.

Ára: 44,90 EUR

A dízelmotor és a befecskendezőbe-
 rendezés 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. Forrásszavak alapján rendezhető, míg a másik három nyelv lesz a célnyelv. Mindenki számára fontos lehet, akik a nemzetközi üzleti életben beszédkepesek akarnak maradni. A 3. kiadásban a tudásterületet kibővítették, és hozzáigazították a Gépjármű-technikai zsebkönyv terjedelméhez.



Hans-Hermann Braess, Ulrich Seiffert
Handbuch Kraftfahrzeugtechnik
 Gépjármű-technikai kézikönyv

5., teljesen újrafeldolgozott és kibővített kiadás, 2007, 923 oldal, 1127 ábra, német nyelven.

Ára: 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 4., átdolgozott és kibővített kiadás, 2007, 1032 oldal, 1556 ábra, német nyelven.

Ára: 99 EUR

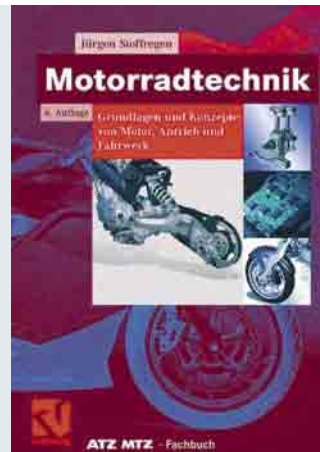
A Robbanómotor kézikönyv átfogó ismereteket nyújt az Otto- és dízelmotorokról. Tudományosan szemléletes módon és ezzel egyidejűleg gyakorlatorientáltan mutatja be a szakterület alapelveit, komponenseit, rendszereit és perspektíváit. Az elméleti és gyakorlati tudásanyag mintegy 120 szerzőtől származik.



Richard van Basshuysen
Ottomotor mit Direkteinspritzung
Otto-motor közvetlen befecskendezéssel – Alapelvek, rendszerek, fejlesztés, potenciál 2007, 445 oldal, 399 ábra, német nyelven.

Ára: 34,90 EUR

A közvetlen befecskendezésű Otto-motor egyre nagyobb jelentőségre tesz szert. Fejlesztésében még nagy potenciál rejlik, gondoljunk csak a teljesítmény és a nyomaték növelésére, párhuzamosan az üzemanyag-fogyasztás csökkentésével és a károsanyag-kibocsátás minimalizálásával. A könyv leírja és értékeli a különböző motorkonceptiókat, mint például a downsizing és a turbófeltöltés, továbbá bemutatja a különböző anyagokkal szemben támasztott követelményeket.



Jürgen Stoffregen
Motorradtechnik
Motorerékpár-technika – A motor, a hajtás és a futómű alapelvei és koncepciói 6., átdolgozott és kibővített kiadás, 2006, 437 oldal, 357 ábra, német nyelven.

Ára: 28,90 EUR

A szerző könnyen érthetően és gazdag képanyaggal szólítja meg a műszaki dolgok iránt is érdeklődő motorosokat. A nehéz matematikai levezetések elhagyásával és a szemléltető összefüggések bemutatásával a könyv egy kincsbánya azoknak, akik többet szeretnének tudni, mint amennyi a használati utasításban áll.



Erich Hoepke
Nutzfahrzeugtechnik
Hasznójármű-technika – Alapelvek, rendszerek, komponensek 4., átdolgozott és bővített kiadás, 2006, 514 oldal, 565 ábra, német nyelven.

Ára: 44,90 EUR

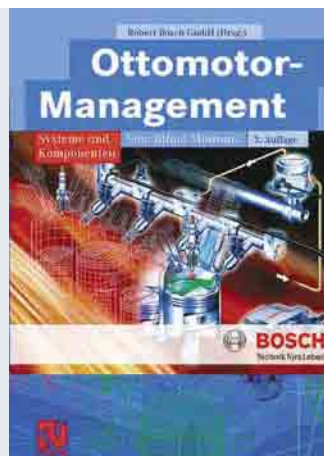
Ez a kiadvány egy alapvető szakkönyv stílusában bemutatja az összes jelentős építési módot, formát és komponenset. A klasszikus konstrukciós tanítások, az örökérvényű menetmechanika és termodinamika mellett a könyv bemutatja a legújabb fejlesztéseket, figyelembe véve az elektronikus rendszereknek a hajtásra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



Otto-Peter A. Bühler
Omnibustechnik
Autóbusz-technika – Történelmi járművek és az aktuális technika. 342 oldal, 2000, német nyelven.

Ára: 38,00 EUR

Az autóbuszok már kezdettől fogva robusztus, megbízható és kényelmes személyszállító járműveknek számítottak, eltérő számú ülőhellyel. A múlt autóbuszait az 1. részben mutatjuk be, minden olyan leírásukkal együtt, melyből a specializálódásukra fény derül. A könyv második részében az autóbuszok műszaki fejlesztésének magas színvonalát mutatjuk be konkrét, aktuális példákon keresztül.



Robert Bosch GmbH
Ottomotor-Management
Otto-motor 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 4., javított és kibővített kiadás, 2006, 481 oldal, 280 ábra, német nyelven.

Ára: 64,90 EUR

A dugattyús motorok mozgó és mozdulatlan alkatrészei statikus és dinamikus igénybevételnek vannak kitéve, melyek a mechanika törvényeit követik. Ez a könyv az egyes motorkomponenseket a hozzá tartozó számításokkal együtt mutatja be. Számos praktikus magyarázat mellett a könyv az anyag- és gyártási eljárás fejtegeti, valamint bemutatja hatásukat a konstruktív kialakításra.

További információk a könyvekről és a megrendelés módjáról:

X-Meditor Kft.
Autóinformatikai üzletág

9002 Győr, Pf. 156
Tel.: 96/618-083.
Fax: 96/618-063.
E-mail: at@xmeditor.hu

A gépjárművek FDS és NDS radarjainak elmélete és gyakorlata

Dr. Oláh Ferenc

okl. villamosmérnök, okl. lokátor szakmérnök, ny. főiskolai docens, Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Közlekedési Tanszék

Horváth Richárd

okl. közlekedésmérnök, egyetemi tanársegéd, doktorandusz, Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Közlekedési Tanszék

Baracska Melinda

okl. közlekedésmérnök, doktorandusz, Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar

A konvergenciaelv értelmében a radartechnika egyre inkább áthatja a közlekedés teljes területét, de ezen belül is fokozottan nő a szerepe a járműtechnikában, jelentősen fokozva azok biztonságát a távolság, távolság szerinti felbontóképesség és a sebesség mérésének segítségével. Többféle radartípust alkalmaznak a gépjárművekben, de ebben a cikkben csak a folytonos üzemű radarok elméletével foglalkozunk. E területen három különböző elv jöhet szóba. Állandó frekvenciájú visszavert jelek Doppler eltolódásának mérése, a visszavert jelek fáziseltolódásának mérése és a visszavert FMCW-jelek egyéb paramétereinek mérése. A továbbiakban csak az autókban alkalmazott radarok elméletével és gyakorlatával foglalkozunk.

Taking into consideration the rule of convergence radar technology penetrates more and more the whole spectrum of traffic, but even more importantly its role is increasingly important in vehicle technology. It increases the safety of vehicles with the aid of measurements of distance, speed. There are several radar types used in vehicles, but in this article we are only dealing with the theory of continuously used radars. In this field 3 different can be taken into consideration: the measurement of constant frequency reflected signals in Doppler shift, the measurement of the phase shift of reflected signals and the measurement of the other parameters of reflected FMCW signals. Furthermore, we'll discuss only the theory and practice of radars used in cars.

1. CW DOPPLER RADAR

1.1. A Doppler-elv értelmezése

A Doppler-elv szerint: ha egy folyamatos jelet (CW) sugárzó adó f_a frekvenciával sugároz be egy célt (pl. járművet) és a célnek az adóhoz viszonyítva radiális sebessége (v_r) van, akkor a célról reflektált jel frekvenciája (f_r) vagy nagyobb vagy kisebb lesz f_a -nál, attól függően, hogy a cél távolodik vagy közeledik az adóhoz viszonyítva. A tárgyalat elv jól látható az 1. ábrán. Az 1. a ábra álló hullámforrást, az 1. b ábra egy jobbra mozgó, és az 1. c ábra pedig egy balra mozgó forrást ábrázol.



1. ábra: álló és mozgó forrás hullámképei

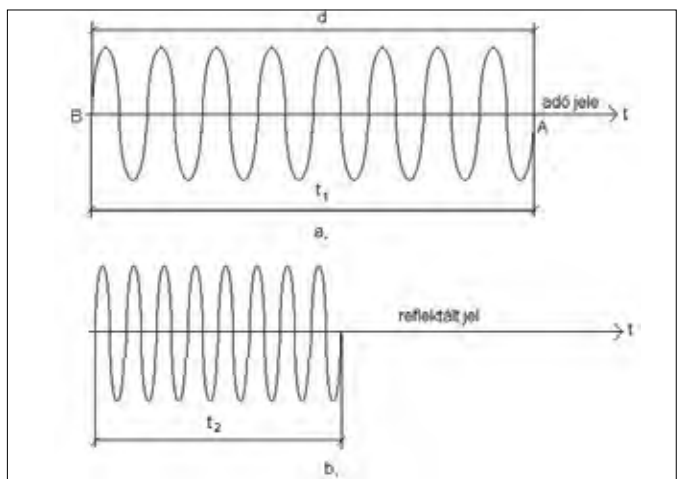
A kisugárzott jel frekvenciájától eltérő frekvenciájú vett jelet Doppler-frekvenciának (f_D) nevezzük. A Doppler-frekvencia számszerű értékeléséhez tekintsük meg a 2. ábrán látható, egy CW adó által kisugárzott elektromágneses hullám egy szakaszát. Az AB hullámszakasz a fény terjedési sebességével halad. A hullámszakasz B vége az A helyre t idő múlva ér el. Ez az idő:

$$t = \frac{d}{c} \tag{1}$$

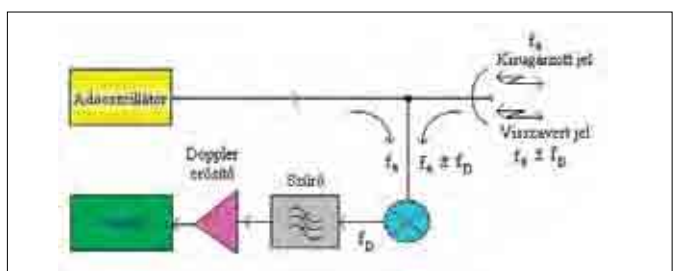
Ha a hullámszakasz útjában egy cél (gépjármű) van, azt ugyanennyi ideig világítja meg. Haladjon egy jármű az adó irányába (vagy beépített radarral rendelkező jármű másik álló vagy mozgó jármű irányába) v_r radiális sebességgel. Ekkor a

radarhullámnak a céltárgyhoz viszonyított sebessége $c + v_r$. A d hosszúságú út megtételéhez szükséges időt jelöljük t_1 -gyel, amelynek értéke:

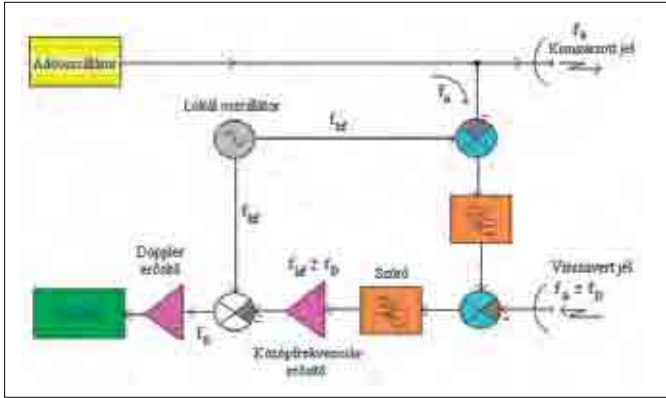
$$t_1 = \frac{d}{c + v_r} \tag{2}$$



2. ábra: a Doppler-elv ábrázolása



3. ábra: egyszerűsített CW radar blokkvázlata



4. ábra: szuperheterodin elven működő CW radar blokkvázlata

Ez alatt a céltárgy által megtett út:

$$s = v_r \cdot t_1 = v_r \frac{d}{c + v_r} \quad (3)$$

A hullámhossz B végének ennyivel kevesebb utat kell megtenni a céltól a radarvevőig. Az út megtételéhez szükséges idő (t_2):

$$t_2 = \frac{s}{c} = \frac{v_r \cdot t_1}{c} = \frac{v_r \cdot d}{c(c + v_r)}$$

Mint látható a 2. ábrából, a hullámszakasz „megrövidült”, amelynek mértéke időben kifejezve:

$$t_1 - t_2 = \frac{d}{c + v_r} - \frac{v_r \cdot d}{c(c + v_r)} = \frac{d}{c} \cdot \frac{c - v_r}{c + v_r} \quad (4)$$

A 4. kifejezésből kitűnik, hogy a vételi idő az adás idejéhez viszonyítva $(c - v_r) \cdot (c + v_r)$ arányban csökkent, de csökkent idő alatt ugyanannyi periódus érkezik vissza, mint amennyit az adó kisugárzott, ami azt jelenti, hogy közben frekvencianövekedés következett be. A növekedés mértéke arányos az idő csökkenésével, vagyis a vett frekvencia egy periódusára ($d = \lambda$):

$$f_v = \frac{1}{t_1 - t_2} = f_a \cdot \frac{c + v_r}{c - v_r}$$

E frekvenciaváltozás nagysága a Doppler-frekvencia:

$$f_D = f_v - f_a = \frac{2 \cdot v_r}{c} \cdot f_a \quad (5)$$

Figyelembe véve, hogy a fénysebesség mellett a céltárgy sebessége elhanyagolható:

$$f_D = 2 \frac{v_r}{c} f_a = 2 \frac{v_r}{\lambda} \Rightarrow v_r = \frac{f_D \cdot \lambda}{2} \quad (6)$$

Az előzőek alapján írhatók még az alábbiak:

$$\omega_D = 2\pi \cdot f_D = \frac{d\Theta}{dt} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{dr}{dt} = \frac{4\pi \cdot v_r}{\lambda} \quad (7)$$

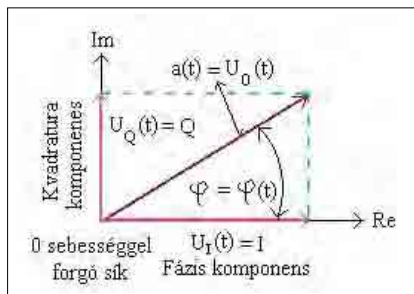
Ahol Θ a pillanatnyi fázist jelenti.

A 3. ábra az egyszerű CW radar blokkvázlatát mutatja.

A valóságban két antennát használnak, de az egyszerűség kedvéért itt csak egyet jelölünk. A folytonos (kisugárzott) és a reflektált jel különbségét képezve megkapjuk a Doppler-frekvenciát. Az alacsony frekvenciákat nehéz feldolgozni, így kritikus helyzet állhat elő, ezért meghatározzák a jármű

legkisebb mérhető sebességét, az ehhez célszerűen alkalmazható alulfrekvenciát, továbbá a várható zaj nagyságát és az érzékenységet.

A gépjárművek radarjainak vevői, mint minden más vevő, szuperheterodin elven működnek (4. ábra).



5. ábra: kvadratura - modulált jel vektorábrája

Az autókban alkalmazott radaroknál gyakran alkalmazzák az ún. kvadratura modulációt. Legyen $i_1(t)$ és $q_1(t)$ két valós, az ω_n frekvenciára nézve sávhatárolt jel, amelyek spektrumai $I_1(\omega)$ és $Q_1(\omega)$. (Sávhatárolt a jel akkor, ha teljesülnek a következő feltételek: $I_1(\omega) = Q_1(\omega) = 0$, ha $|\omega| > \omega_n$)

Megjegyzés: az i jelet azonos fázisú (in-phase), a q jelet kvadratura (quadrature-phase) jelnek is szokás nevezni.

Az adó kimenő jele:

$$u(t) = i_1(t) \cos \omega_v t - q_1(t) \sin \omega_v t, \quad (8)$$

ahol a vivőhullám (carrier) frekvenciája: $\omega_v \gg \omega_n$

A frekvenciatartományban pedig:

$$U(\omega) = \frac{1}{2} [I_1(\omega - \omega_v) + I_1(\omega + \omega_v)] + j \frac{1}{2} [Q_1(\omega - \omega_v) - Q_1(\omega + \omega_v)] = \frac{1}{2} [I_1(\omega - \omega_v) + jQ_1(\omega - \omega_v)] + \frac{1}{2} [I_1(\omega + \omega_v) - jQ_1(\omega + \omega_v)] \quad (9)$$

A kisugárzott radarjel általánosságban:

$$u(t) = a(t) \cdot \cos[\omega_v \cdot t + \varphi(t)] \quad (10)$$

Ezt felbontva:

$$u(t) = u_I(t) \cos(\omega_v \cdot t) - u_Q(t) \sin(\omega_v \cdot t),$$

ahol a fáziskomponens:

$$U_I(t) = a(t) \cos[\varphi(t)]$$

és a kvadratura komponens:

$$U_Q(t) = a(t) \sin[\varphi(t)],$$

vagyis:

$$U_o(t) = U_I(t) + jU_Q(t) = a(t) \cdot \exp[j\varphi(t)] \quad (11)$$

Vektoriálisan felírva legyen a valós rész jele I , a képzetes rész jele pedig Q .

Az 5. ábrán mindkét jelöléssel ábrázoltuk a különböző értékeket.

További összefüggések az ábra alapján:

$$U_o = \sqrt{I^2 + Q^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{Q}{I}; \quad f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

Vizsgáljuk meg a gépjárművek CW radarjainak modulátorát és demodulátorát (6. ábra).

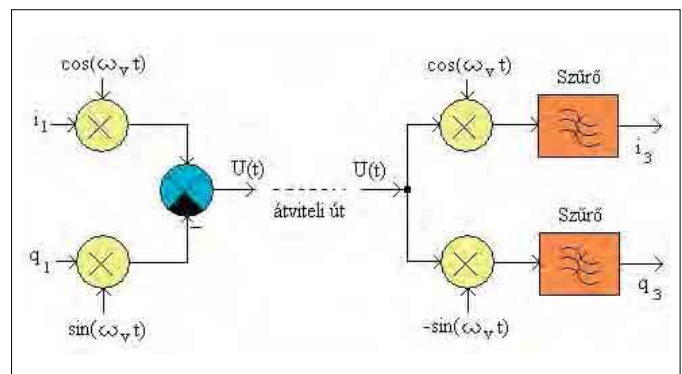
A jelek frekvenciatartománybeli képe a 7. ábrán látható. A detektorban először a koherens, kétfázisú oszcillátor jelével alapsávba keverünk.

$$i_2(t) = U(t) \cos \omega_v t = \frac{1}{2} [i_1(t) + i_1(t) \cos 2\omega_v t - q_1(t) \sin 2\omega_v t] \quad (12)$$

$$q_2(t) = -U(t) \sin \omega_v t = \frac{1}{2} [q_1(t) - q_1(t) \cos 2\omega_v t - i_1(t) \sin 2\omega_v t] \quad (13)$$

Második lépésben aluláteresztő szűrőkkel mindkét csatornában kiszűrjük a $2\omega_v t$ frekvenciát és ekkor, az aluláteresztő szűrő ideális, kapjuk:

$$I = i_3(t) = \frac{1}{2} i_1(t) \text{ és } Q = q_3(t) = \frac{1}{2} q_1(t), \quad (14)$$



6. ábra: CW radar modem felépítése

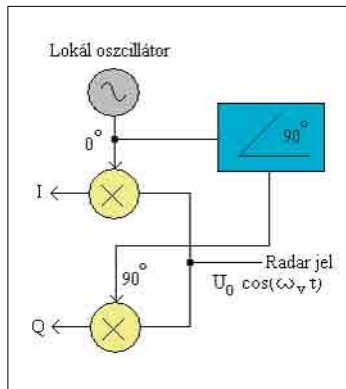
ami azt jelenti, hogy a két csatorna jelét a vevő oldalon sikerült maradéktalanul helyreállítani.

Ugyanez az eredmény elérhető más – járművek radarjaiban is alkalmazott – módszerrel is. Ekkor a két keverőbe a közös oszcillátor jelét 90°-os fáziseltolással vezetjük be és a kimeneten megkapjuk az I és Q értékét (8. ábra).

A CW radarral általában sebességet mérünk, amelyet a Doppler-eltolódás alapján tudunk elvégezni. A közös CW radar nem képes mérni a Doppler-eltolódás előjelét – a változás irányát – és a cél távolságát sem, bár speciális áramkörökkel ez is megoldható.

2. A CW RADAROKNÁL ALKALMAZOTT MODULÁLÓ JELEK ÉS MODULÁCIÓS MÓDOK

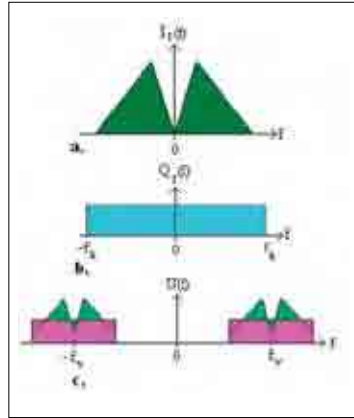
A CW (Continuous Wave) radarok helyes működésének biztosításához jól kell megválasztani a moduláló jel formáját, időbeni lefolyását. A CW radarok fő előnye az impulzusüzemű radarokkal szemben az alacsony bonyolultsági fokkal rendelkező számítási műveletek.



8. ábra: kvadrátúra moduláció egy típusának elve

és mérni a visszavert jel frekvenciaváltozását, de ezzel a módszerrel csak sebességet tudunk mérni, távolságot nem.

Megjegyzés: frekvenciabillentyűzésnél a frekvenciákat két állapot, f_1 és f_2 (magasabb értékű kódoknál magasabb frekvenciák is szerepelhetnek) között kapcsolgatják. Kemény frekvenciabil-



7. ábra: a modem különböző pontjainak frekvenciatartományai

lentyűzésnél az átmenet nagyon gyorsan zajlik le, míg a lágy frekvenciabillentyűzésnél az átmenet folyamatosan történik az egyik frekvenciáról a másikra. A kemény frekvenciabillentyűzés hátránya, hogy frekvenciaváltásnál nem kívánt frekvenciaugrás léphet fel, amelyet inkohereus rezgésnek nevezünk, a lágy frekvenciabillentyűzés viszont koherens rezgést szolgáltat. A kemény és lágy frekvenciabillentyűzés ábráját a 9. a és 9. b ábra mutatja.

2.1. Az FSK-moduláció alapelve

A tisztán FSK-moduláció két diszkrét frekvenciát, f_A és f_B -t sugároz ki. Mindkét frekvencia egy ún. koherens feldolgozási időköz (CPI = Coherent Processing Interval) alatt kerül kisugárzásra, amelyek hossza T_{CPI} ($T_{CPI} = 5$ msec). A szuperheterodin elven működő vevő a visszavert jelből középfrekvenciát állít elő, amelyet detektálnak, illetve ebből N db mintát vesznek. A frekvencialépcső különbségi frekvenciája: $f_k = f_B - f_A$. A diszkrét időtartományban vett jel Fourier transzformáltja és a műveleti időközök (CPI) hossza (T_{CPI}) fogják alapvetően meghatározni az amplitúdó küszöböt (CFAR).

Megjegyzés: a CFAR egy, a külső és belső zajoktól, zavaroktól függő, dinamikusan (adaptíven) változó küszöbszintet különböző algoritmusok alapján előállító áramkör, amelynek alapja egy shift regiszter (ezt később részletesen tárgyaljuk).

A céltávolság (R) becslésének alapja a fáziskülönbség $\Delta\varphi = \Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B$ mérése. A kapcsolatot a távolság és a fáziskülönbség között a következő egyenlet adja.

$$R = \frac{c \cdot \Delta\varphi}{4\pi \cdot f_k} \tag{15}$$

Ahhoz, hogy megvalósíthassunk egy 150 m-es max. értékű mérési tartományt, $f_k = 1$ MHz frekvencialépcsőre van szükség. Ekkor a cél meghatározása csak a CPI hosszától függ (T_{CPI}). Ennek a módszernek az egyszerű hullámalak az előnye. Ez a fajta moduláció viszont nem teszi lehetővé a felbontóképesség működtetését, vagyis nem teszi lehetővé két cél megkülönböztetését, ami jelentős hátránya.

2.2. Lineáris frekvenciamoduláció alapelve (LFM)

Olyan radarok, amelyek lineáris frekvenciamodulációt alkalmaznak (ne feledjük, hogy ez valójában lágy frekvenciabillentyűzést jelent), akkor azt valamilyen háromszög alakú moduláló jellel érjük el, amelyet egy moduláló jelgenerátorral állítunk elő, melynek idegen neve sweep generátor és frekvenciája f_{sweep} . Ahhoz, hogy elérjük a $\Delta R = \frac{2f_{sweep}}{2f_{sweep}} = 1$ m felbontóképesség $f_{sweep} = 150$ MHz

frekvencia alkalmazására van szükség. A helyes működéshez a lekevert jelből előállítjuk a mintavett érték Fourier transzformáltját. A mérés során LFM esetén mindig kétértelműség keletkezik, amelyet az R-v diagramokon lehet ábrázolni, illetve értelmezni a következő egyenletekkel:

$$\kappa = \frac{v}{\Delta v} - \frac{R}{\Delta R} \Rightarrow \frac{v}{\Delta v} = \frac{R}{\Delta R} + \kappa \tag{16}$$

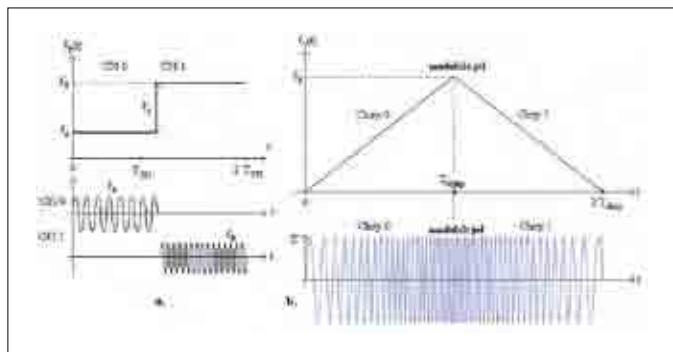
ahol: Δv a sebességfelbontó képesség

Ha $f = 77$ GHz, $T_{chip} = 2,5$ mec és $\lambda = 4$ mm, akkor $\Delta v = \frac{\lambda}{2T_{chip}} = 0,8$ m/s

3. FM – CW RADAR

3.1. Távolság mérése

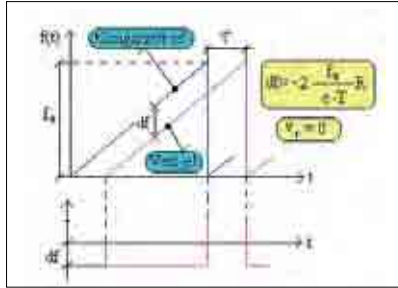
Amennyiben CW radarral távolságot is akarunk mérni, akkor az adó frekvenciáját modulálni kell. Elterjedt az a módszer, hogy az adó frekvenciáját az idő függvényében változtatják. A változtatást az adóoszillátor frekvenciájának középtérféjéhez (f_0)



9. ábra: kemény és lágy frekvenciabillentyűzés elve

viszonyítva valamely függvény szerint növelik, illetve csökkentik. Ez a függvény lehet háromszög, fűrész és szinuszos alakú. A radaroknál általában az első kettőt alkalmazzák. Ezekben az esetekben lineáris frekvenciamodulációról beszélünk. Ez a módszer olyan frekvenciával közvetíti a jelet, ami lineárisan változik az időben. Ezt a közvetítő frekvenciát chirp-nek nevezzük. A lineáris frekvenciamoduláció célja, hogy legyen egy egyszerű módszer a célok távolságának a mérésére. Lineáris frekvenciamoduláció esetén csak a kisugárzott és a visszavert jel között tapasztalunk frekvenciaváltozást (df). Ha a célpont nem mozog, ez a változás arányos a távolsággal (R).

Vizsgáljuk meg a kisugárzott és vett jel pillanatnyi frekvenciáját, ha $v_r = 0$. A vizsgálatot a 10. ábra alapján végezzük.



10. ábra: a kisugárzott és vett jel képe, ha $v_r = 0$

Ekkor érvényes a következő kifejezés:

$$df = -2 \frac{f_a}{c \cdot T} R$$

A gyakorlatban a visszavert jelnek két frekvenciaváltozása van, ezek összege adja a teljes frekvenciaváltozást

(df). Az egyik összetevő a futási időből adódó frekvenciaváltozás (f_r , ami a távolsággal függ össze), a másik az f_D a Doppler eltolásból adódó frekvenciaváltozás (f_D , ami a sebességgel függ össze). Ebből következik, hogy a célpont távolsága és sebessége többértékű lehet. Vizsgáljuk meg a 11. ábrát.

A különböző frekvenciák értékei:

$$f_D = -2 \frac{v_r}{\lambda}$$

$$f_r = -2 \frac{f_a}{c \cdot T} R$$

$$df = f_D + f_r$$

A frekvencia egyszerű mérésekor nem tudjuk elkülöníteni a távolsághoz és a Doppler-eltolódáshoz tartozó frekvenciaváltozást.

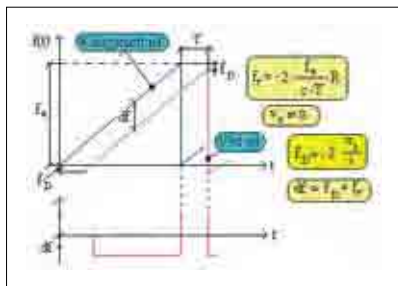
Ezt a határozatlanságot szemlélteti az R... f_D (távolság-Doppler) diagram. Vizsgáljuk meg a 12. ábrát, amely az alábbi kifejezéseken alapul:

$$df_1 = f_D + \left(-\frac{2f_{a1}}{c \cdot T} \right) R \quad (17)$$

és

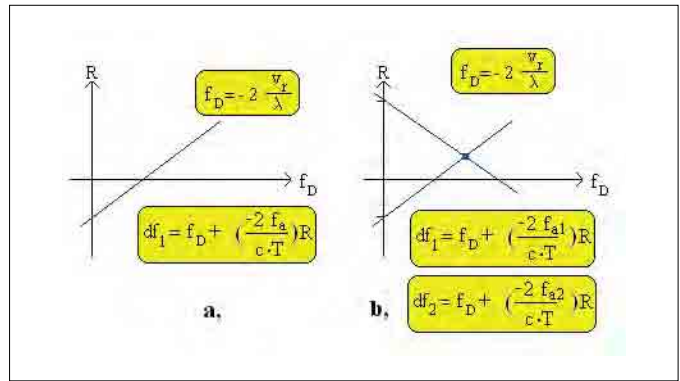
$$f_D = -2 \frac{v_r}{\lambda}$$

Van azonban egy klaszikus megoldás, amivel feloldható a mérési bizonytalanság egy másik chirp segítségével. Ekkor kétismeretlenes egyenletet kapunk, melynek megoldásakor



11. ábra: a kisugárzott és vett jel képe, ha $v_r \neq 0$

értékpár adódik mind a távolságra, mind a relatív sebességre. Lineáris frekvenciamodulációval a letapogatás mértéke (df/dt) és a letapogatás sávszélessége ($f_a = f_1 - f_0$) összefüggenek egymással, vagyis $df/dt = (f_a / T_{chirp})$. Az NDS (Near Distance Sensor) (Rövidtávolságú Érzékelő) hullámalakjában chirpeket alkalmazunk, amelynek periódusideje T_{chirp} . Az első chirp esetében használjuk az $f_0 - f_1$ frekvenciatartományt. A frekvencia azonban folytonosan nő, vagyis az első chirp helyébe egy második



12. ábra: adott távolsághoz tartozó Doppler-frekvencia meghatározása

chirp lép, amelyet upchirpnek nevezünk. Végül a frekvencia visszamegy f_0 -ra. Ezt nevezzük downchirpnek. A két mérésből a következő két egyenletet kapjuk:

$$\begin{aligned} df_1 = f_D + \left(-\frac{2f_{a1}}{c \cdot T} \right) R & \quad R = \frac{c \cdot T}{2} \frac{df_1 - df_2}{f_{a1} - f_{a2}} \\ df_2 = f_D + \left(-\frac{2f_{a2}}{c \cdot T} \right) R & \quad f_D = \frac{f_{a2} \cdot df_1 - f_{a1} \cdot df_2}{f_{a2} - f_{a1}} \end{aligned} \quad (18)$$

A 12. a ábra mutatja az R... f_D karakterisztikát. A df_1 és df_2 ismeretében azonban két egyenest kapunk, amelynek metszéspontja megadja a helyes megoldást (12. b ábra).

A 13. és a 14. ábrán egységesített jelformákat láthatunk, amelyekre a későbbiekben látható blokkvázlatok felépíthetők.

Az ábrán az $f_a(t)$ a modulált kisugárzott jelet, az $f_v(t)$ a vett jelet [$f_v(t) = f_a(t - \tau) \pm f_D(t)$], f_A a különbségi jelet f_m a moduláló frekvenciát jelenti. A 12. ábrán a folytonos vonal a kisugárzott jelet, a szaggatott vonal pedig a $t = 2R/c$ időkéssel visszaérkező jel paramétereit mutatja. A Δf nagyságát az adóoszillátor kivezélési tartományán belül a moduláló jel amplitúdója határozza meg, a mérhető maximális távolságot pedig az f_m értéke. Az f_T a T periódusidőhöz tartozó, f_R pedig a cél távolsághoz tartozó frekvencia értéke.

Kisugárzott frekvencia:

- fűrész alakú moduláló jel esetében:

$$f_T = f_0 + \Delta f \frac{t}{T} \quad (19)$$

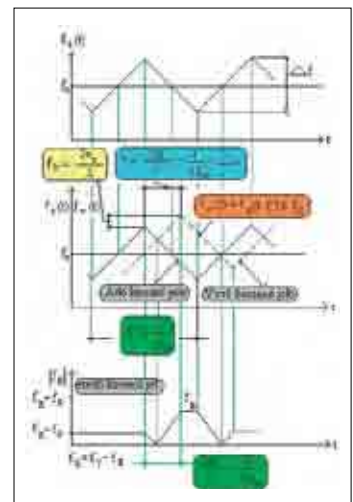
- háromszög alakú moduláló jel esetében:

$$f_T = f_0 + \Delta f \frac{2t}{T} \quad (20)$$

szinuszos alakú moduláló jel esetében:

$$f_T = f_0 + \Delta f \frac{t + \Delta t}{T} \quad (21)$$

Az elektromágneses hullámok a jármű és az adó közötti távolság (oda-vissza út) megtételéhez szükséges ideje alatt az adó frekvenciája megváltozik és a két frekvencia közötti különbséget a keverő kikeveri. Ezt a frekvenciát beat (f_B) (ütetési) frekvenciának nevezzük.



13. ábra: a jelek paramétereit háromszög moduláló jelnek

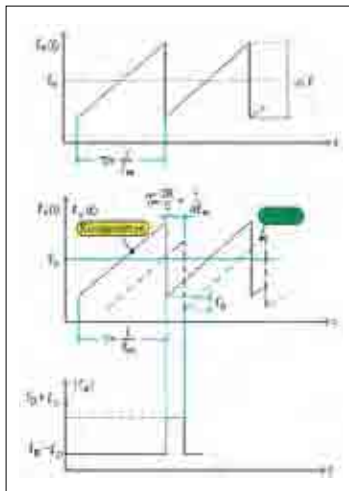
Ez az érték az utóbbi esetre:

$$f_B = \left(f_0 + \Delta f \frac{t + \Delta t}{T} \right) - \left(f_0 + \Delta f \frac{t}{T} \right) = \Delta f \frac{\Delta t}{T} \quad (22)$$

A távolság pedig:

$$R = c \frac{f_B}{2\Delta f} T \quad (23)$$

A háromszög-moduláció esetén az ábrából látható, hogy az R távolságban lévő célról a jelfrekvencia éppen $t=2R/c=1/4f_m$ időkézés esetén ad $f_B=\Delta f/2$ frekvenciaváltozást.



14. ábra: a jelek paramétereit fűrész alakú jel esetén

E feltételből adódik, hogy a beat frekvencia:

$$f_B = \frac{4f_m \cdot \Delta f \cdot R}{c} \quad (24)$$

Ebből:

$$R = \frac{c \cdot f_B}{4f_m \cdot \Delta f} \quad (25)$$

Adott f_m esetén maximális hatótávolságot akkor kapunk, ha $t = \frac{1}{2} f_m$, mert ekkor $f_B = \Delta f$ és az ehhez tartozó távolság:

$$R_M = \frac{c}{4f_m} > \quad (26)$$

3.2. Felbontóképesség mérése

A járművek biztonságos mozgása nemcsak az előttünk haladó gépjárművek

sebességének, távolságának, hanem az ún. felbontóképességének – két jármű megkülönböztetésének – mérését is megköveteli. Amennyiben két cél van, akkor azokról különböző időkben érkeznek a visszavert jelek. Ekkor:

$$\Delta f_B = |f_{B1} - f_{B2}| = \frac{2\Delta f}{c \cdot T} \Delta R \quad (27)$$

ahol: f_{B1} és f_{B2} az R_1 és R_2 távolságokhoz tartozó beat frekvenciák

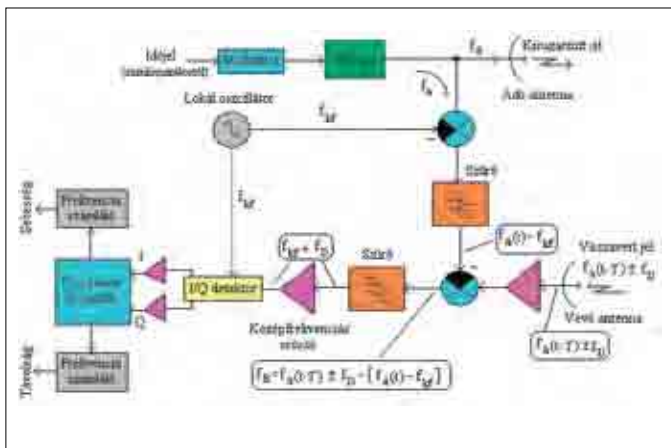
Továbbá:

$$\Delta f_{B \min} = \frac{1}{T} = \frac{2\Delta f}{c \cdot T} \Delta R_{\min}$$

Ebből:

$$\Delta R_{\min} = \frac{c}{2\Delta f} \quad (28)$$

Ez fordítottan arányos a sávszélességgel. Látható az is, hogy a mérési periódus csökkentése csökkenti a feloldóképességet.



15. ábra: háromszög moduláló jellel és I/Q demodulációval

A gyakorlatban ez közel 30%-os csökkenést okozhat.

Így írható:

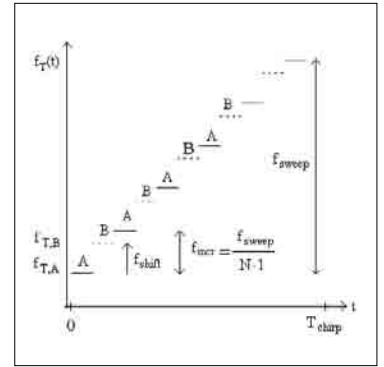
$$\Delta R_{\min} = 1,3 \frac{c}{2\Delta f}$$

Ugyanakkor az R_{\max} határozza meg a periódus időtartamát. A helyes működéshez teljesülni kell az alábbi feltételnek: $T \gg R_{\max} \cdot 2/c$

A 15. ábra mutat egy olyan FM-CW radart, amely háromszög modulációval működik és I/Q demodulációt alkalmaz.

3.3. Kombinált FSK és LFM hullámforma koncepció

A kombinált megoldás egyidejűleg teszi lehetővé a céltávolság és sebesség mérését. Ekkor a vivőhullám két lineárisan frekvenciamodulált chirp jelből áll. Ezeket az ún. összefonódott szekvenciákat A és B-nek nevezzük (16. ábra).



16. ábra: kombinált FSK-LFM CW jelforma

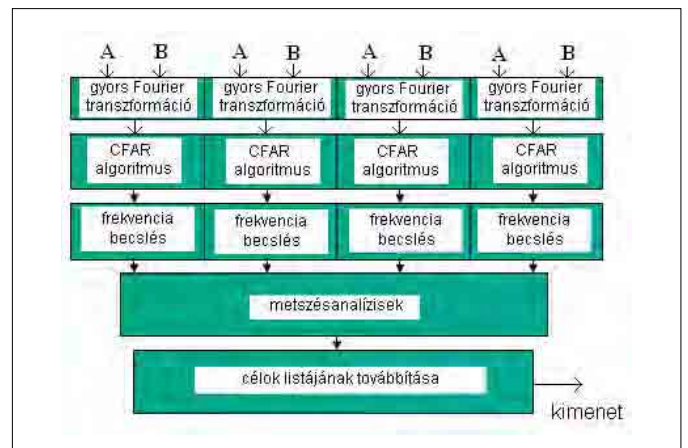
A rajz szerint a kisugárzott jelet lépésről lépésre változtatjuk frekvenciában (A B A B ...). Az A-t referenzjelnek használják, míg a B jel az A-hoz képest állandó frekvenciával eltolva van kisugározva.

A vevő mindkét szekvenciát külön-külön dolgozza fel a Fourier-transzformáció és a CFAR-technika segítségével (17. ábra) (a CFAR-technikát később részletesebben tárgyaljuk).

Minden egyes cél a rá jellemző távolsággal és sebességgel megtalálható mindkét szekvenciában ugyanannál a számindexnél $\chi = \chi_A = \chi_B$. Érvényes továbbá az a megállapítás is, hogy az A és B szekvencia spektrumának maximumában a fázisok φ_A és φ_B különböznek egymástól, és ezek tartalmazzák a távolság- és sebességadatokat. A fáziskülönbség a következő egyenlettel számítható:

$$\Delta \varphi = \frac{\pi}{N-1} \frac{v}{\Delta v} - 4\pi \cdot r \cdot \frac{f_{\text{shift}}}{c} \quad (29)$$

ahol N a frekvencialépések száma az A és B szekvenciajeleknél. A 29. kifejezés szerint a $\Delta \varphi$ még kétértelmű, de a 29. kifejezés felhasználásával egyértelművé tehető.



17. ábra: az FSK-LFM CW jel feldolgozása

A mérési eredmény a 18. ábrán látható.

A két egyenlet összevetésével a következő egyértelmű kifejezéseket kapjuk:

$$R_0 = \frac{c \cdot \Delta R}{\pi} \frac{(N-1) \cdot \Delta \varphi - \pi \cdot \kappa}{c - 4(N-1) \cdot f_{\text{shift}} \cdot \Delta R} \quad (30)$$

$$v_0 = \frac{(N-1) \Delta v}{\pi} \frac{c \cdot \Delta \varphi - 4\pi \cdot f_{\text{shift}} \cdot \Delta R \cdot \kappa}{c - 4(N-1) \cdot f_{\text{shift}} \cdot \Delta R} \quad (31)$$

A leírtakat egy példán keresztül célszerű illusztrálni, melyet a 16. ábrán keresztül végzünk.

Az adatok az alábbiak:

$f_{\text{sweep}} = 150 \text{ MHz}$
 $\Delta R = 1 \text{ m}$
 $N = 256$

A fentiek alapján írható:

$$f_{\text{inkr}} = \frac{f_{\text{sweep}}}{N-1} = \frac{150 \cdot 10^6}{255} \approx 588 \text{ kHz}$$

A mérés során a legnagyobb pontosság akkor érhető el, ha az R-v diagramban két ortogonális metszéssel rendelkező egyenes szerepel (19. ábra).

Ekkor:

$$f_{\text{shift}} = \frac{1}{2} \quad f_{\text{inér}} = -294 \text{ kHz}$$

A 30. és 31. egyenlet az alábbiak szerint változik.

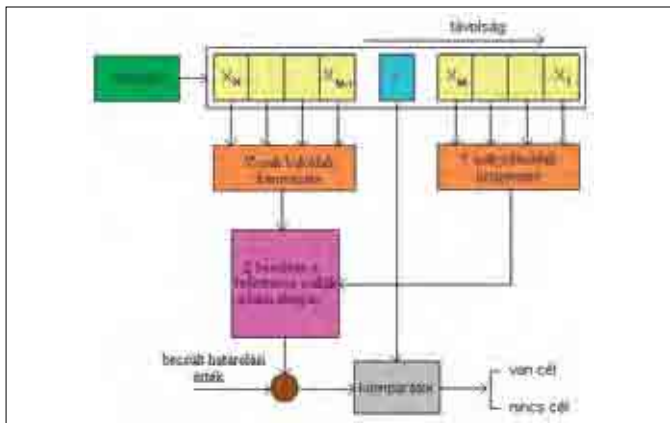
$$\frac{R_0}{\Delta R} = \frac{N-1}{2\pi} \cdot \Delta \varphi - \frac{\kappa}{2} \quad (32)$$

$$\frac{v_0}{\Delta v} = \frac{N-1}{2\pi} \cdot \Delta \varphi + \frac{\kappa}{2} \quad (33)$$

A módszer fő eleme a gyors számítási és feldolgozási idő, miközben megtartja a távolság és sebességmérés pontosságát.

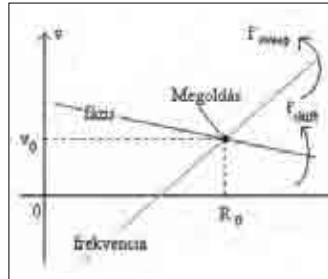
4. CFAR- (CONSTANT FALSE ALARM RATE) TECHNIKA

A jövő járműve 2006/3-4. számában a radar statisztikai elméletét kezdtük el tárgyalni (1. rész). Ebben a részben foglalkoztunk a küszöbérték fogalmával és jelentőségével. Ekkor a küszöbérték statikus változatát alkalmaztuk, ami nem használható a mai korszerű gépjárművek közelradarjainál (NDS–Near Distance Radar néven is), illetve távolradarjainál (FDS–Far Distance Radar néven is), illetve távolradarjainál (LRR–Long Range Radar néven is).

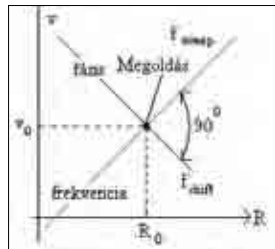


20. ábra: CFAR általános felépítése

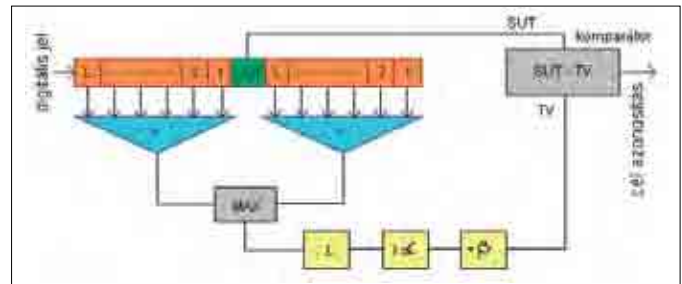
Ez a megállapítás vonatkozik a tolató- és oldalradarokra is. A felsorolt radartípusok az ACC (Adaptive Cruise Control, vagy Adaptive/Active/Autonomus Cruise Control – Automatikus/Adaptív Szélesség vagy Távolság Szabályozó Rendszer) fontos részei, ezért nagy biztonsággal kell működniük. A küszöbérték jelképzése tehát nem lehet statikus, mert figyelembe kell venni a környezet által okozott természetes zajokat, illetve ipari zajokat stb. és ennek megfelelően adaptív módon a külső környezethez alkalmazkodva dinamikusan kell meghatározni különböző algoritmusok alapján a küszöbértéket. A 20. ábra a CFAR általános felépítését mutatja, ahol minden adat becslése során egy ablakot, cellát használnak, amelynek száma függ a háttérzajok és zavarok paramétereitől. Ezek értéke más és más gépjárműforgalomnál, légiforgalomnál, hajóforgalomnál, pl. légiforgalomnál az $N = 16 \dots 32$ db cella.



18. ábra: távolság és sebesség egyidejű meghatározása



19. ábra: távolság és sebesség értékének optimális meghatározása



21. ábra: CAGO-CFAR blokkvázlata

Gépjárművek esetében ez valamivel kevesebb. Első közelítésben tételezzük fel, hogy a statisztikai modell sorcelláin belül a független változók rendelkezzenek exponenciális jelleggel. Nemlineáris chirpek gyakran exponenciális jellegűek. Ekkor a sűrűségfüggvény:

$$f_0(x) = \frac{1}{\mu} \exp\left(-\frac{x}{\mu}\right) \quad x \geq 0$$

A hamis riasztás valószínűsége függ a zajok és zavarok jellemzőitől, továbbá legyen $\sigma^2 = \mu^2$ ekkor a hamis riasztás valószínűsége:

$$P_h = \int_S f(x) dx$$

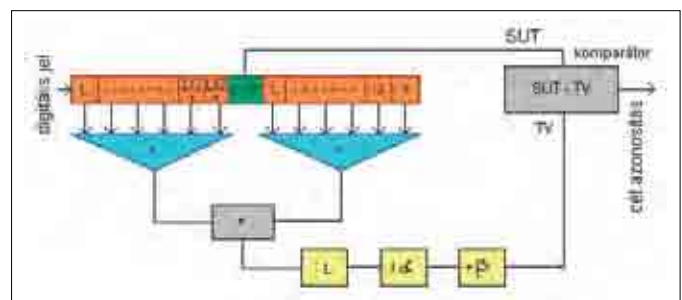
$$S = T \cdot \mu$$

Ha a célpont amplitúdója nem fluktuál, akkor az amplitúdó sűrűségfüggvénye leírható a Rician-képlettel.

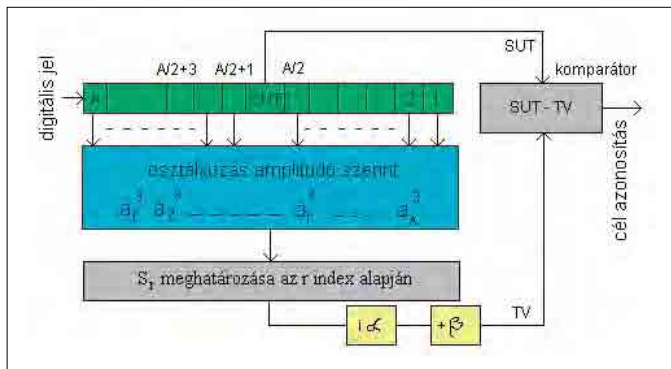
$$f_1(x) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma_0^2} \cdot \exp\left(-\frac{x^2 + c^2}{2\sigma_0^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{x \cdot c}{\sigma_0^2}\right) & \text{ha } x \geq 0 \\ 0 & \text{minden más esetben} \end{cases}$$

A céljelek érzékelésének valószínűsége (P_d) nem fluktuáló homogén zaj esetén:

$$P_d = \int_S f_1(x) dx$$



22. ábra: CA-CFAR blokkvázlata



23. ábra: az OS-CFAR blokkvázlata

Korszerű, a napjaink gépjárműveiben alkalmazott CFAR-technika azonosítja a háttérzavarokat, és ezeket írja le különböző CFAR-eljárások szemléltetésével. A valós radaroknál az átlagos zaj és a zavarok kezdő szintjét (μ) nem ismerjük, így ezt mindig meg kell becsülni. Az érzékelési küszöbszint becslése helyi paraméterek alapján történik, de a CFAR-módszerek eredményei eltérhetnek a statisztikai becslés paramétereitől. A CFAR-eljárások kidolgozásában jelentős szerepet játszottak Neumann és Pearson munkái.

Megjegyzés: Neumann János eredeti dolgozatának adatai: Distribution of the ratio of the mean – square successive difference to the variance – Az egymás utáni különbségnégyzetek átlaga és a variancia közti aránynak az eloszlása.

Minden CFAR-technika több esetre is alkalmazható a radar-technikában.

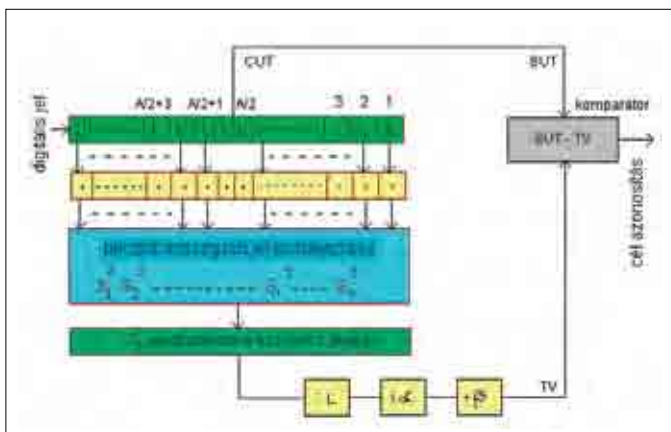
A módszerek tartalmazzák a tiszta zajt, a helyi zavarokat, egy célpontot a zajban és két céltárgyat. A következőkben vizsgáljuk meg a CFAR-algoritmusok típusait.

a. CAGO-CFAR (Cell Averaging Greater of – CFAR)

A 21. ábrán a CAGO-CFAR felépítése látható. Eszerint az áramkör tartalmaz egy léptetőregisztert, az két alregisztert, amelyek N tárolóelemet foglalnak magukba. A két alregisztert az ún. CUT (Cell Under Test) köti össze. Mindegyik alregiszternek saját összegző áramköre van. A két összeg közül a nagyobbat (MAX) normalizálják az alregiszter celláinak (N) számával történő osztással az alábbiak szerint:

$$Z = \text{Max} \left[\left(\frac{2}{L} \sum_{i=1}^L x_i \right), \left(\frac{2}{L} \sum_{i=\frac{L}{2}+1}^L x_i \right) \right]$$

ahol Z = becsült érték.



24. ábra: a CAOS-CFAR blokkvázlata

Az α szorzótényező a lineáris, β a logaritmusos erősítővel történő feldolgozásra használatos, így kiszámítható a küszöbérték (TV-treshold volue). Végezetül a SUT (Signal Under Test) áramkörben a jelet összehasonlítjuk a küszöbértékkel, amelyből a célpont vagy kiemelkedik, vagy nem.

A CAGO-CFAR előnye, hogy kis jelfeldolgozási energiát igényel, és alacsony a CFAR-veszteség is. Hátránya viszont, hogy a küszöbérték módszer nem mindig célra vezető, amelynek oka, hogy a célpontok közelsége esetén a küszöbérték megemelkedik, így az egymáshoz közeli célpontok álcázhatják egymást. Ezen kívül a MAX-eljárás miatt a CAGO küszöbérték nem tudja követni a hirtelen zavar szintváltozást, pl. zivatarfront esetén így a zajszint követésében holtidő mutatkozik, amely célpont-veszteséget okozhat.

b. CA-CFAR

Amennyiben a CAGO-CFAR módszerben az összegző folyamatot felcseréljük a MAX-eljárással (osztás kettővel), akkor CA-CFAR-ról beszélünk (CA = Cell Averaging – cella átlagérték) (22. ábra).

Ezen módszer szerint a zavar és a zaj háttérjelei a detektor által mért, statisztikailag független és azonosan kiosztott exponenciális eloszlású véletlen változásokból áll (nemlineáris chirp egyik típusa). Egy fontos kérdés azonban felmerül, amely zavarok és zajok kezdő szintjének ismeretlen voltával függ össze.

Ebben az esetben az optimális jelfeldolgozási módszer több aritmetikai jelet is felhasznál a cellák segítségével, az alábbi kifejezés felhasználásával:

$$Z = \left[\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L x_i \right]$$

ahol Z = becsületes érték

N = cellák száma

X_i = cellák jeleinek amplitúdói

Ez a jel amplitúdójának számtani átlagolását jelenti, ami a gyakorlatban jól becsülhető.

Nitzberg ezt a módszert 1978-ban fluktuáló céljelekre alkalmazta. Hátránya, hogy két célpont esetén mindkét céljel együttesen nem mindig detektálható, továbbá legnagyobb a téves riasztás. Általában homogén zavarok jelenléte esetén használják.

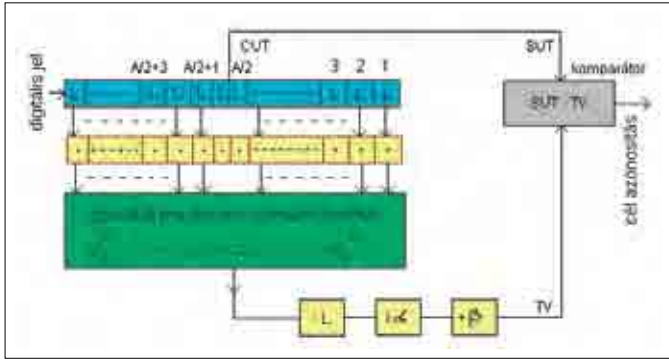
c. OS-CFAR

Az OS-CFAR (Order Statistic – rendezett statisztika) ábrája a 23. ábrán látható.

Az áramkör a cellákból álló léptető regisztert és CUT-ot foglalja magába. Egy rendező algoritmus csökkenő sorrendbe állítja a tárolócella amplitúdókat.

A kiválasztási folyamat, az „r-th” a legnagyobb amplitúdót választja ki, mint a zavarra jellemző értéket. A TV számítása az α szorzótényező és β addíciós tag alapján a CAGO-CFAR részről említett módon történik. Az OS-CFAR előnye, ellentétben a CAGO-CFAR-ral, hogy a határos küszöbérték meghatározása lehetővé teszi a pontos küszöbérték-illesztést a zavar szinthez, viszont nem alkalmazható szélső zavar szintek esetén. Ha $r \leq A/2$, akkor ez a küszöbszint ingadozását eredményezi anélkül, hogy túlzott változás lenne a zavar szintben. Másrészt a küszöbérték csak kiterjedt célpontok esetében felel meg, ha az r értékét megfelelően nagyra választották.

Az OS-CFAR az érzékelés során valójában a CAGO-CFAR-t használja azokon a területeken, ahol a zavarok nagy kiterjedésűek, ugyanakkor nem feltétel, hogy csak homogén zavarok legyenek. Ez a magyarázata annak, hogy az ablakok száma növel-



25. ábra: a CASH-CFAR blokkvázlata

hető, így pl. OS-CFAR-nál $N = 24$ esetén a feldolgozás minősége azonos, mint a klasszikus CA-CFAR-nál $N = 16$ esetén. Ez fontos előnye az OS-CFAR eljárásnak. Az átlagos zaj és egyéb zavarok becslése befolyásolja a mindenkor x_k értékeket, ezért a feldolgozás során statisztikai módszereket alkalmaznak az aritmetikai átlagolás helyett. Mivel közötti alkalmazásban gyakorlatilag szinte mindig több céltárgy van (minimum 2...3 db), ezért általában a küszöbérték nagysága befolyásolja a feldolgozás minőségét, kivéve az OS-CFAR alkalmazást. Itt ugyanis a küszöbérték nagysága csak elhanyagolható mértékben befolyásolja a feldolgozás minőségét. Amennyiben nagyobb pontosságra van szükség, akkor a cellákban az amplitúdókra vonatkozóan teljesülnie kell a következő feltételnek:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N$$

$$Z = x_k$$

A helyes becslés statisztikai módszer esetén, az alábbi módon adható meg:

$$P_{x_k}(x) = p_k(x) = k(N) [1 - P_x(x)]^{N-k} [P_x(x)]^{k-1} p_x(x)$$

Ezért a becslés statisztikai feldolgozás esetén az exponenciális jelek variációját adja:

$$P_{x_k}(x) = p_k(x) \frac{k}{\mu} (N) (e^{-x/\mu})^{N-k+1} (1 - e^{-x/\mu})^{k-1}$$

Végezetül a hamis riasztás valószínűsége a következő módon írható:

$$P_h = k \binom{N}{k} \frac{(k-1)! (T_{OS} + N - k)!}{(T_{OS} + N)!}$$

Az eredményt mérő faktor T_{OS} teljes mértékben μ -tól függ. Nadav Levanon alkalmazta először az OS-CFAR-t Weibull eloszlású jelsorozatra, és analitikusan körülírta az eredményeket. Fluktuáló zavarok esetére Blake analizálta az OS-CFAR-t és Haykin pedig kiterjesztette az OS-CFAR lehetőségeit 77 GHz frekvencián működő járműbiztonsági radarokra.

d. CAOS-CFAR

A CAGO-CFAR-t alacsony feldolgozási energia igény, de gyakran nem megfelelő küszöbérték alkalmazása jellemezte, míg az OS-CFAR-t hatásos, jól működő küszöbérték, de magas energiaigény. E kettőt azonban lehet egyesíteni az előnyök alapján. Ekkor az új áramkörnek a neve CAOS-CFAR (Cell Averaging Orderer Statistic) (24. ábra).

Az áramkör olyan léptető regisztert foglal magában, amely N tárolócellával rendelkezik, és ezek mindegyike A db alregisztert tartalmaz. Minden alregiszternek saját összeadó része van. Ezután már a normál OS-CFAR algoritmus vonatkozik az A összegre.

A CAGO-CFAR és az OS-CFAR között még további változatok lehetségesek.

e. CASH- CFAR

A CASH-CFAR (Cell-Averaging Statistic Hofele - Hofele féle elemátlagolási statisztika) egy olyan cserélhető regisztert tartalmaz, melyben alregiszterek vannak kialakítva, és ezek is N darab cellát tartalmaznak, és saját összegzőjük van. Egy speciális, maximum-minimum eljárás segítségével S_1-S_a értékek közül kiválasztunk egy jellemző S_r zavar értéket. Ezután a határérték számítása multiplikátor $(\alpha/L$ és/vagy egy adott értékű $\beta/L)$ használatával történik. A maximum-minimum eljárásnak számtalan változata lehetséges. A CASH-CFAR-ban egy ún. speciális maximum-minimum kört használnak, amelynek megvan az óriási előnye a többivel szemben, hogy elkerüljük a célpontok kölcsönös takarását, illetve a célpontok felhalmozódását. A speciális maximum-minimum körnek van olyan kedvező tulajdonsága is CASH-CFAR alkalmazásban, hogy kihagyja a vételben zavart egységeket (pl. esős területek), amelyek értéke $\geq A \cdot \frac{N}{2} + N - 1 = b$ és teljesen illeszkedik a pontszerű és kiterjedt célpontok számához $A \cdot \frac{N}{2} - 2N + 1 = a$

További előny, hogy a küszöbérték nagy ugrásokkal követi a zavarások változásait, gyakorlatilag időkésedelem nélkül, és az energiafelhasználás is kevesebb.

Az áramkör felépítése a 25. ábrán látható.

f. MAMIS-CFAR

A MAMIS-CFAR (Maximum-Minimum Statistic) (26. ábra) alapvetően megegyezik a CASH-CFAR-ral leszámítva, hogy a speciális maximum-minimum körben M helyettesíti a CASH-CFAR összegzőjét.

A CFAR interferenciaegységek, továbbá a pontszerű és kiterjedt célpontok kezelése hasonló a CASH-CFAR-hoz, ahol $a = A \cdot \frac{N}{2} - N - 1$ és $b = A \cdot \frac{N}{2} - 1$.

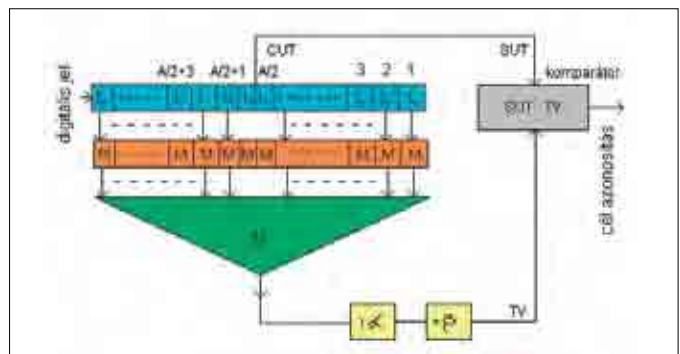
g. Censored-CFAR

Richard és Dillard tervezett egy CFAR-eljárást, amelynek kiindulópontja a CA-CFAR volt, amely módosította az utóbbi érzékenységet. E módszernél a téves riasztás valószínűsége független a zajszinttől és az alábbi kifejezéssel számítható:

$$P_h = (N-1) \cdot \left\{ \frac{N}{N-1} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} \binom{N-1}{k} \cdot (-1)^{k+1} \cdot (1+k+T)^{-1} \right\}^{N-1}$$

h. WCA-CFAR

Bizonyos módszerekkel csökkenteni lehet az adaptív küszöbértéket. A WCA-CFAR eljárást súlyozott CA-CFAR-nak is nevezik. Ezt az eljárást alkalmazta Barkat, Himonas és Varshney.

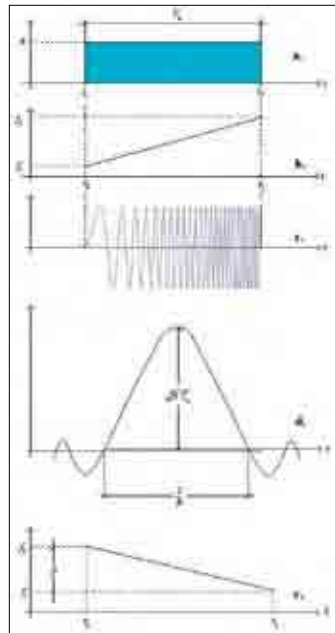


26. ábra: MAMIS-CFAR áramkör

Az eljárásban átlagolt értékeket használnak, majd ezeket súlyozzák az α és β tényezőkkel, amelyek értékei függenek az interferencia értékeitől.

5. IMPULZUSTÖMÖRÍTÉSI ELJÁRÁSOK

Az impulzustömörítés olyan eljárás, amely egy, az egyébként a zajban eltűnő hasznos jelet kiemel a zajból és így az láthatóvá, illetve feldolgozhatóvá válik. Ahhoz, hogy tömörítést tudjunk végezni, széles impulzust kell alkalmazni. Az impulzus sáv szélességét valamilyen moduláció segítségével tudjuk növelni. Ez rontaná a távolsági felbontóképességet tömörítés nélkül, de annak alkalmazása ezen is jelentősen javít. A modulációt alkalmazó kódolási eljárásokat két nagy csoportba osztjuk: bifázisú (BiPhase) és polifázisú (PolyPhase) kódokra. Az előbbibe tartoznak a Barker kódok, az MPS (Minimum Peak Sidelobe), pszeudorandom és a CBC (Combined Barker Codes), az utóbbiba pedig a Frank, a P4 és Velti kód. Megjegyezzük még azt, hogy minden Barker kód egyben MPS kód is. Vizsgáljuk meg azokat az eseteket, amelyek a gépjárművek radarjainál is alkalmazhatók.

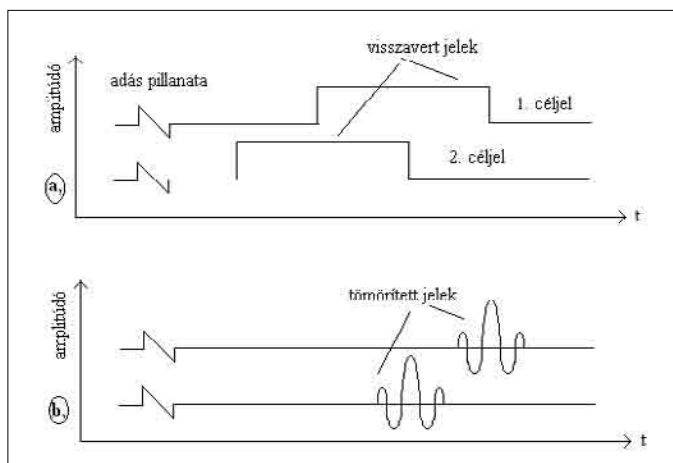


27. ábra: impulzuson belüli frekvenciamoduláció

5.1. Impulzuson belüli lineáris frekvenciamoduláció alkalmazása impulzuskompresszióra

A kompresszió folyamata jól látható a 27. ábrán.

A kimenő jel a 27. c ábrán látható időfüggvény szerint alakul. A vett jelet a 27. d ábra mutatja. A kompresszió azért következik be, mert diszpergáló (frekvenciafüggő késleltetést biztosító) szűrőt (napjainkban főként felületi szűrőket) alkalmaznak. Az elsőként érkező alacsonyabb frekvencia az f_1 , t_1 ideig van késleltetve, a magasabb frekvencia f_2 pedig t_2 ideig. A szűrőn a különböző frekvenciájú jelek úgy vannak késleltetve, hogy az energiájuk egy időben kerüljön összegzésre. A kimenő jel



28. ábra: a szomszédos célpontok jelei tömörítés előtt és után

ekkor kiemelkedik a 27. d ábra szerint, ahol a jel matematikai alakja:

$$g(t_0) = \sqrt{\frac{2b}{\pi}} \cos(\omega_0 t_0) \frac{\sin\left[\frac{b-t_0}{2}(t_k - |t_0|)\right]}{\frac{b-t_0}{2}}$$

ahol: $b = \frac{2\pi \cdot \Delta f}{t_k}$ és t_k = késleltetési idő

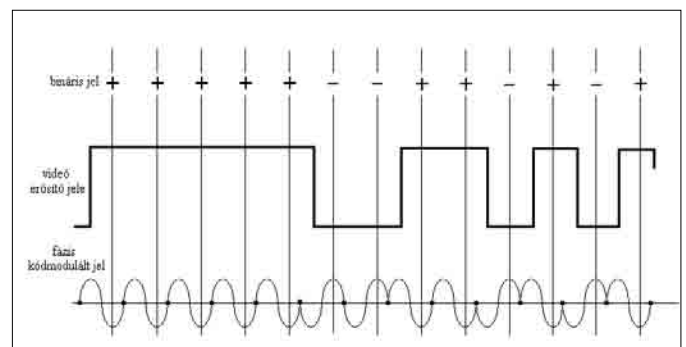
5.2. Felbontóképesség növelése tömörítési eljárással

Mint korábban említettük, hogy az alkalmazott impulzus idejét megnövelik, hogy a kompresszió érdemlegesen létrejöhessen. Ez rontja a felbontóképességet. A közutakon azonban a járművek gyakran tartósan, vagy ideiglenesen meglehetősen közel haladnak egymáshoz, illetve részben, vagy egészen takarásban vannak. Ha ez bekövetkezik, akkor a célok összemosódnak, vagyis nem lehet pl. két célt egymástól megkülönböztetni. A kompressziós eljárás ebben is segít. Két cél szétválasztásának folyamatát vizsgáljuk a 27. a ábrán, amelyen jól látható, hogy a tömörítés előtt két cél nem különböztethető meg egymástól, de a 27. b ábrán már igen.

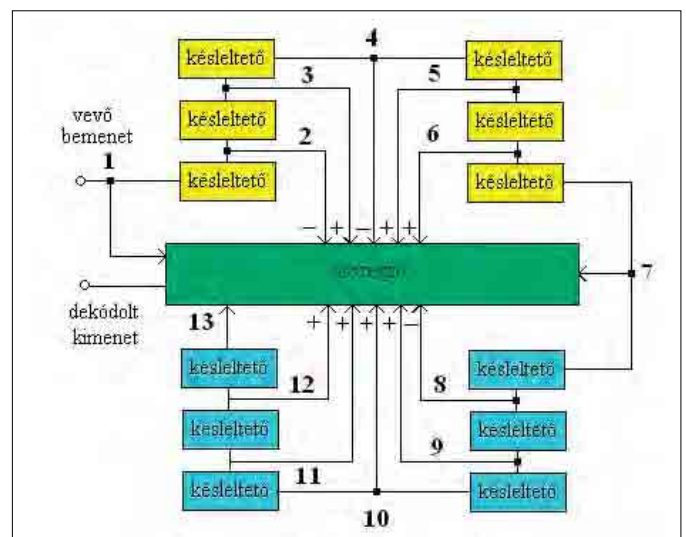
5.3. Kompresszió végrehajtása Barker kóddal

A Barker kód egy fáziskód-modulációs sorozat, amelyet a 29. ábra szemléltet.

Az ábrán jól látható, hogy a jelek 180°-os fázisváltáson mennek keresztül, ahol az impulzus le- és felfutó élei változnak. A folyamat t_k késleltetési idő alatt zajlik le. Egy Barker dekódoló felépítését mutatja a 30. ábra.



29. ábra: 13 lépéses Barker kód eljárás



30. ábra: Barker dekóder N=13 esetén

N	Cn	Kiemelés [dB]
2	++	6,0
2	-+	6,0
3	++-	9,0
4	++-+	12,0
4	+++-	12,0
5	+++-+	14,0
7	+++--+-	16,9
11	+++--+-+--	20,8
13	++++-+-+--+-	22,33

1. táblázat

A Barker kód jellegzetessége, ha az $N=13$, akkor a kimenet $2N$ elemet tartalmaz a 31. ábra szerint.

Amennyiben a jelek t_k idejű késleltetést szenvednek, akkor az összegző kimenetén jól látható kiugrás jön létre (32. ábra).

A Barker kód speciális tulajdonságai: az impulzuskompresszió mértéke megegyezik a kód hosszával, egyenletes a melléknyalábok hullámmérete, és a melléknyaláb szintje a Barker kód hosszától függetlenül egy elemi impulzus szintjének felel meg. Hátrányos tulajdonsága viszont, hogy a leghosszabb ismert Barker kód hossza csak 13. Az ismert Barker kódokat az 1. táblázat mutatja.

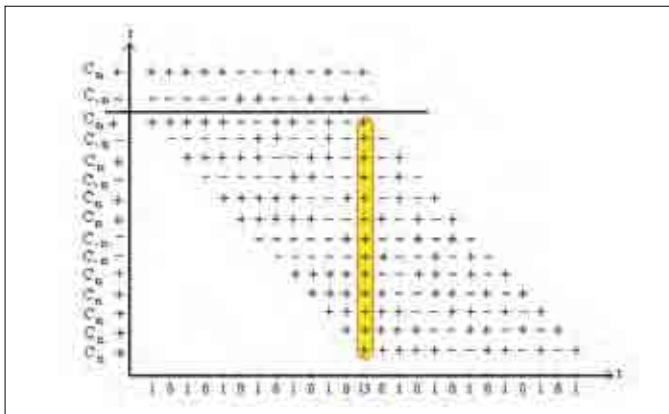
Meg kell még említenünk a Combined Barker Codes-t, vagy az M sorozatú Barker kódot. Ennek a formának az alapötlete egy adott Barker kód egymás utáni alkalmazása, egy másik Barker kóddal súlyozva. Pl.

$N = 5$ Barker kód: + + + - +

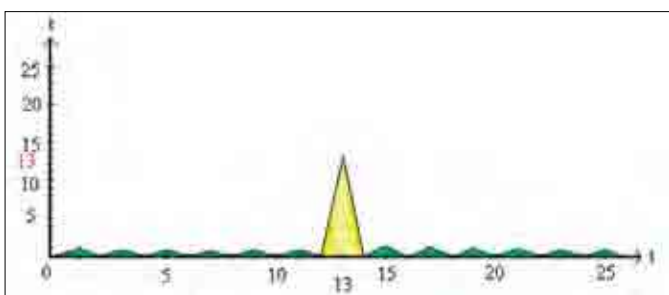
$N = 4$ Barker kód: + + - +

Akkor az 5×4 -es Barker kód:

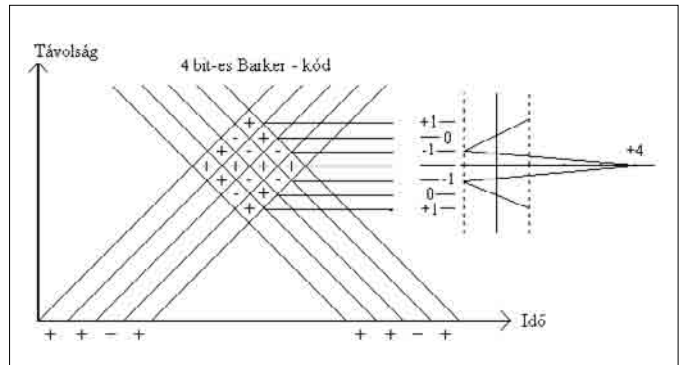
+ + - + + + - + + + - - - - + + - +
+ + + + + - - +



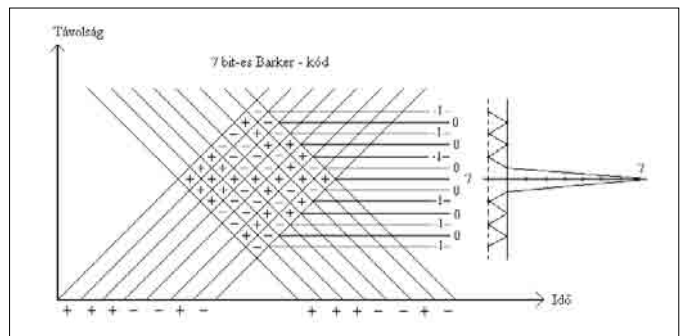
31. ábra: Barker dekóder összegzőjének jelei



32. ábra: dekódolt Barker kód $N=13$ esetén



33. ábra: Barker kód szerkesztése $N=4$ esetén



34. ábra: Barker kód szerkesztése $N=7$ esetén

Ezt az eljárást tovább folytatva, az $N_1 \times N_2$ -es csomagot is tovább lehet egy újabb Barker kóddal modulálni, és így tovább. A 33. és 34. ábrán olyan Barker kódok szerkesztése látható, amelyek $N=4$, illetve $N=7$ bitet tartalmaznak.

ÖSSZEFOGLALÁS

A jövő járműve c. folyóirat korábbi számaiban a járművekbe épített radarok statisztikai elméletét tárgyaltuk. Ez a cikk valójában ennek az anyagnak a folytatása, de gyakorlatibb szemléletmódot alkalmazva. Itt tárgyaljuk részletesebben a folytonos üzemi radarok elméletét, azok felépítését, vizsgálva a jelalakokat. A tárgyalásmód kiterjed a radarjelek modulációjára és kompressziójára, amelyen belül foglalkozik a gyakran alkalmazott Barker kódokkal, azok dekódolásával, illetve a Kálmán-sűrítéssel. A járművek radartechnikájában fontos szempont az adaptív küszöbjel előállítása, ezért kitérünk ennek ún. CFAR-technikájára és azok típusainak az ismertetésére.

Irodalom

- [1] Dr. Tamási Ferenc: Rádiólokátorteknika – Zrínyi Katonai Kiadó – Műszaki Kiadó, 1968
- [2] Dr. Oláh Ferenc: Válogatott fejezetek a navigációs berendezésekhez – Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- [3] S. Slater, (Jaguar), A. Sjögren (Volvo), A. Beutner (Volvo), W. Bullinger (DC), K. Möhle (DC), D. Maier (BMW), A. Saroldi (CRF), H. Rohling (TUHH), U. Lübbert (TUHH) M. Schiementz (TUHH), A. Garrod (RMR), B. Rickett (RMR), D. Pycokk (Uni Bham) E. Hoare (Uni Bham), F. Castanie (INPT) R. Doerfler (Siemens VDO), M. Brandt (Siemens VDO), A. Hoess (Siemens VDO): MULTIFUNCTIONAL AUTOMOTIVE RADAR NETWORK (RadarNet) – Deliverable D40 Final Report, 2004.
- [4] Lecture Script: Radar System Engineering – Edition WS 2005/2006

- [5] Skolnik, M: Introduction to Radar Systems – McGraw Hill Text. 2000.
- [6] Detlefsen J: Radartechnik – Springer-Verlag, 1989.
- [7] R, Mende: Radarsysteme zur automatischen Abstandsregelung in Automobilen – Dissertation, 1999
- [8] Stove, A. G: Linear FMCW Radar Techniques – IEE Proceedinds-F. 1992 No. 5.
- [9] H. Rohling: Some Radar Topics. Waveform Design Range CFAR and Target Recognition 2005.
- [10] Levanon, N. : Detection loss due to interfering targets in ordered statistic CFAR – IEEE Transactions on AES. 11/1988.
- [11] Di Vito, A. – Galati, G. – Mura, R.: Analysis and comparison of two order statistic CFAR system – IEE Proceedings 4/1994
- [12] Levanon, N. – Shor, M.: Order statistic CFAR for Weibull background – IEE Proceedings. 6/1990.
- [13] Blake, S. OS –CFAR theory for multiple targets and nonuniform clutter – IEEE Transactions on AES. 11/1988.
- [14] D. Oprisan and H. Rohling: Tracking system for Automotive Radar Networks – IEE Radar 2002.
- [15] M. Ezekiel – K. Fox: Korreláció és regresszió analízis – Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1970
- [16] <http://itl7.elte.hu/html/jelfel/node32.htm>
- [17] <http://itl7.elte.hu/html/jelfel/node33.htm>
- [18] Florian Fölster: Erfassung ausgedehnter Objekte durch ein Automobil – Radar Dissertation. 2006.
- [19] F.X. Hofele, CELL Averaging Statistic Hofele (CASH) CFAR Impulshöhenanalyse (IHA) und Pulskompressions- – Nebenzipfel – Maske (PNM) – Report of Daimler Benz Aerospace AG, Ulm February 11, 1997.
- [20] Richard, V. G. – Dillard, G. M. : Adaptive Detection Algorithms for Multiple Target Situations – IEEE Transactions on AES, 1977.
- [21] Barkat, M. – Himonas, S. D. – Varshney, P. K.: CFAR detection for multiple target situations – IEE Proceedings, 136, 5(10/1989)
- [22] Dr. Oláh Ferenc: Kálmán-szűrő és a GPS – Közlekedéstudományi Szemle. 2004. 4. sz.

IMPRESSZUM

A jövő járműve • Járműipari innováció

II. évfolyam, 2008/1–2. szám • Alapítva: 2006 • Megjelenés: negyedévente • HU ISSN 1788-2699

ALAPÍTÓK:



ELEKTRONIKUS JÁRMŰ
ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI
TUDÁSKÖZPONT



JÁRMŰIPARI
REGIONÁLIS EGYETEMI
TUDÁSKÖZPONT
GYŐR



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem – Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (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:

Palatia Nyomda és Kiadó Kft. • 9026 Győr, Viza utca 4.

PÉLDÁNYSZÁM: 1500



A projekt a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

Közép-Európa legnagyobb presztízzsel bíró haszonjármű-, alkatrész- és garázsberendezés-kiállítás és vására

Az AUTOTEC egyike Európa négy legfontosabb haszonjárművásárának, a közép-európai piacon pedig vitathatatlanul az első.

Regisztrálja magát
2008. március 1. és
május 31. között
a www.autotec.cz
honlapon

A www.autotec.cz honlapon regisztrált látogatók kedvezményes belépőjegyre jogosultak az Autotec kiállításon.



AUTOTEC nagy- és kishaszonjárművek

Csehországi és nemzetközi nagy- és kishaszonjármű-gyártók új termékei és innovációi, modern kiállítási csarnokokban



AUTOTEC alkatrészek

Járműalkatrészek és -tartozékok – OEM és aftermarket



AUTOTEC autóbuszok

Közép-Európa legnagyobb tömegközlekedési jármű bemutatója



AUTOTEC üzemanyagok

A kenőanyagok és motorhajtóanyagok, valamint a hozzájuk köthető szolgáltatások területén a legújabb trendeket bemutató speciális kiállítás



AUTOTEC utánfutók és pótkocsik

A régióban elérhető vontatmányok széles választéka



AUTOTEC konferenciák

Egyedülálló alkalom autóiipari szakértők számára, kitűnő lehetőség a kapcsolatfelvételre és a véleménycserére



AUTOTEC szerviz

Járműkarbantartás- és javítástechnológia, a legújabb trendek a járműjavításban





Tech4Auto 2008

Regionális K+F Konferencia és Járműgyártás-technológiai Szakkiállítás

2008. szeptember 25–26.
Széchenyi István Egyetem, Győr

Program

Regionális Kutatás-Fejlesztési Konferencia

- Hazai és nemzetközi járműipari kutatás-fejlesztési konferencia

Nyitott laborbemutatók

Járműgyártás-, labortechnológiai szakkiállítás

Részvételi feltételek

A **látogatóknak** a részvétel ingyenes, de előzetes vagy helyszíni regisztrációhoz kötött.

A kiállítói megjelenés költségei és feltételei, laborbemutatóknál történő részvétellel kapcsolatos további információ: 96/613-680, www.tech4auto.eu, jret@sze.hu.

Kiállítói jelentkezési határidő: 2008. július 15.

Várjuk további kiállítók jelentkezését!

Kiállítás – tematika

járműgyártás-technológia

szimuláció

CAD-tervezés

méréstechnológia

anyagtechnológia

műanyagipari technológia

szerszámgyártás, -tervezés

K+F technológiatranszfer

minőségfejlesztés

gyártási rendszerek

ipari automatizálás



www.tech4auto.eu