

## Intelligens jármű szabályozása a járművezetői reakciók figyelembe vételével

Dr. Nagy Vince<sup>1</sup> - Szauter Ferenc<sup>2</sup> - Horváth Ernő<sup>3</sup> – Pup Dániel<sup>4</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens <sup>2</sup> PhD hallgató <sup>3</sup> Msc hallgató <sup>4</sup> Msc hallgató  
Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék

**Abstract:** Az ember vezette gépjárművek fejlesztése egyre inkább a biztonságra koncentrál és emellett a távlati célként kitűzött teljes automatizálás irányába halad. A vezetést támogató jelenlegi és fejlesztés alatt álló intelligens rendszerek eszközei a járművezetés biztonságát növelik, ezen felül a vezetés komfortérzetét is fokozzák. A tanulmány áttekinti a fejlett járműszabályzó rendszereket, majd, ahol ez lehetséges, kitér ezen rendszerek új, eddig még nem használt rendszerekkel való kiegészítésére, helyettesítésére. Sorra veszi a megvalósítandó rendszerek felépítéséhez szükséges lépéseket, az ott felmerülő nehézségekkel, kockázatokkal és lehetőségekkel együtt.

### 1. BEVEZETÉS

Az egyes járművek intelligens szabályzását olyan rendszerek végzik, amelyek a vezető döntéseit segítik, felhívják figyelmüket a megváltozott forgalmi, környezeti vagy veszélyhelyzetekre és szükség esetén beavatkoznak helyette.

Megkülönböztetünk olyan rendszereket, melyek aktiválásához a vezető közvetlen beavatkozása szükséges, emellett olyanokat is, melyek ezektől függetlenek. Célunk ezek közül kiválasztani azon intelligens rendszereket, melyek beavatkozásánál az emberi reakciókat figyelembe véve történhet meg a jármű szabályzása.

Kísérletezésünk legnagyobb súllyal az agyi hullámok felfogására és felhasználására alkalmas eszközökre és ezek járműipari felhasználására koncentrál. Kísérleteink során célunk megismerni és elkülöníteni az ember különféle agyi tevékenységeit, ezekhez különböző parancsokat illeszteni, majd ehhez kapcsolni az egyes rendszerek szabályzását. A tanulmány az emberi idegállapot változásai és a reakcióidő összefüggéseinek kutatására is kitér, mint további járműiparhoz kapcsolódó kutatási területre.

### 2. INTELLIGENS JÁRMŰSZABÁLYZÓ RENDSZEREK NAPJAINKBAN

Felmérések szerint az összes baleset több mint 60%-a vezetői figyelmetlenség miatt, további tíz-tizenegy százalék a túlságosan kis követési távolság, kilenc-tíz százaléka forgalmi torlódás miatt következik be. Ezekben a forgalmi helyzetekben az intelligens járműrendszerek segítenek felismerni a veszélyhelyzeteket, hozzájárulnak a balesetek számának és azok súlyosságának csökkenéséhez. Napjainkban számtalan intelligens járműszabályzó rendszer tevékenykedik járműveinkben. Egyes rendszerek jelzéseket

adva lépnek működésbe, más rendszereknél olykor nem is érzékelhető, hogy beavatkoznak a jármű szabályzásába.

	Vezető közvetlen beavatkozása szükséges	A vezető közvetlen beavatkozásától független
A jármű mozgásállapotát mérő, közvetlen a járműre szerelt szenzorok	<ul style="list-style-type: none"><li>• ABS, TCS (hajtásszabályzó rendszer)</li><li>• 4WWD, 4WS</li><li>• Kerékelfüggesztés szabályzása</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ESP</li><li>• ROP</li></ul>
A járműre szerelt szenzorok a jármű környezetéről gyűjtenek információt	<ul style="list-style-type: none"><li>• Holttér figyelő rendszer</li><li>• Éberség felügyelet</li><li>• Járműkörnyezet megfigyelése</li><li>• Éjjellátó</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Városi vészfékasszisztens</li><li>• Adaptív tempomat</li><li>• Sávartás figyelő automatika</li></ul>
Külső forrásból származó információ	<ul style="list-style-type: none"><li>• Navigációs rendszer</li><li>• Kanyarsebesség figyelmeztetés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Teljesen automatizált járműirányítás</li></ul>

Intelligens járműszabályzó rendszerek [5]

Kísérleteink során azon rendszerekben való alkalmazhatóságra helyezük a hangsúlyt, melyeknél a járműre szerelt szenzorok a jármű környezetéről gyűjtenek információkat, valamint azokra, melyek működése külső forrásból származó információkon alapszik. Közülük választottuk ki azon intelligens rendszereket, melyeket kísérleteink során illeszteni szeretnénk az elektorenkefalográfhoz.

#### Holttér figyelő rendszer:

Számos baleset oka, hogy a vezető irányt vált úgy, hogy nem veszi észre, a holtterében másik jármű tartózkodik, mert az már nem látható középső és még nem látható az oldalsó visszapillantó tükrökben. A látási viszonyok

javitása érdekében az intelligens figyelőrendszerének kamerái folyamatosan figyelik a kocsni melletti és mögötti területet. Amennyiben másik jármű lép be erre a területekre, jelzőfény gyullad ki a megfelelő oldali külső tükör mellett. Ez jelzi a vezető számára, hogy másik jármű tartózkodik autója közvetlen közelében. A rendszer a hátulról érkező autók, illetve az éppen leelőzötteket is észleli.

A rendszer működésének lényege, hogy mindkét külső tükörbe digitális kamerákat építettek, melyek másodpercenként adott számú fényképet készítenek. A képek összehasonlítása révén a rendszer észleli, ha egy idegen jármű hajtott a járművünk holt zónájába. A rendszer kis, általában 10 km/óra sebességnél lép működésbe, és olyan járművekre reagál, melyek sebessége az alapértelmezett értékekhez viszonyítva eltér a járműhöz képest. Az rendszer a parkoló autókra, utakadályokra, lámpaoszlopokra és más statikus tárgyakra nem reagál.

Kísérleteink során a holtteret figyelő rendszerben a nem szükséges beavatkozások gyakoriságának csökkentése a célunk.

#### **Éberség felügyelet:**

A súlyos autópálya balesetek jelentős hányada a járművezető elalvása, illetve fáradtsága miatt következik be. Ez az intelligens rendszer nemrég került közúti alkalmazásba a Mercedes vállalat találmányaként. A rendszer először megfigyeli a vezetőt, annak reakcióit és alkalmazkodik a járművezető normál vezetési stílusához. Majd a későbbiekben a járművezetés során 70 különböző paramétert vizsgálva dönti el és jelez, ha a gépjárművezető fáradtnak ítéli a vezetéshez. Az értékelésnél nemcsak a reakciókat, mimikát figyel, hanem fizikai és környezeti hatásokat és paramétereket is figyelembe vesz, mint például a kormányreakciók és az oldalszél. Ha a gépjárművezető fáradtnak ítéli a vezetéshez, akkor figyelmeztető hanggal hívja fel a figyelmet, hogy pihenőt szükséges beiktatni.

Kísérleteink során célunk, hogy rendszer figyelje a sofőr reakciót kiegészítve még az agyi tevékenység nyomon követésével is, és így időben pontosabban be tud avatkozni, mely hatására még biztonságosabbá válhat a jármű vezetése.

#### **Városi vészfék asszisztens:**

Mára rengeteg gyártó alkalmazza, bár egyelőre még csak a felső közép kategóriában és a prémium szegmensben elterjedt. A városi vészfék asszisztens rendszere kis, 30-35 km/h alatti sebességnél aktivizálódik, és a rendszer lelke a szélvédőn elhelyezett lézer technológián alapuló távolságmérő (LIDAR), amely egy fejlett szoftverrel együttműködve a jármű előtt akár 10-15 méter távolságban mozgó, leginkább valamelyik részével visszatükröző tárgy vagy jármű relatív helyzetét meghatározni képes. A szoftver milliszekundumok alatt a rendelkezésre álló információk, mint jármű sebesség, közeledés sebessége és egyéb befolyásoló paraméterek segítségével szükség esetén beavatkozik.

A rendszer beavatkozása két lépcsős. Az első lépcsőben a rendszer növeli a féknyomást, készenlétbe áll, és a fékbetétek ráállnak a féktárcsákra. A második lépcsőben, ha a vezető nem reagál a veszélyre, akkor fékez, és csökkenti a motor forgatónyomatékát. Ez akkor következik be, ha az ütközés elkerülése máshogy a rendszer számításai alapján már nem lehetséges. Az első lépcső után beavatkozó vezető azt fogja tapasztalni, hogy a fékhatás gyorsabban épül fel, így a fékkesedelmi idő mérhetően csökken, a jármű kisebb távon megáll.

Alapvetően a rendszer sok esetben a jármű fékezésével már csak a baleseti károkat tudja csökkenteni, viszont elkerülni nem tudja azt.

A balesetek elkerülése miatt szeretnénk kísérleteket végezni, hogy az agyi tevékenység nyomon követése mily módon könnyítheti és gyorsíthatja meg a jármű intelligens rendszerének a reakcióidejét és ezzel együtt a jármű reagálását a veszélyhelyzetre.

#### **Sávtartás figyelő automatika:**

A sávellahagyásra figyelmeztető rendszer nemzetközileg használt angol megnevezése Lane Departure Warning, rövidítése: LDW. Működésének alapja egy sávfelismerő számítógépes algoritmus, melynek segítségével meghatározzák a gépjármű pillanatnyi helyzetét a forgalmi sávhoz képest. Ezután egy kiértékelő program elemzi a képet, és ha a megengedettnél nagyobb mértékben megközelítette a jármű a sáv szélét, jelez a vezetőnek. Ez a jelzés lehet akusztikus jelzés, ilyenkor egy a műszerfalba beépített hangszóróból sípoló vagy csipogó jelzés hívja fel a sofőr figyelmét a veszélyhelyzetre.

Léteznek olyan megoldások ahol a kormány vagy az ülés rezgetésével figyelmeztetik a jármű vezetőjét.

Az olyan gépjárműveknél ahol a kormányzás nem tisztán mechanikus, hanem elektromechanikus rendszerű, megoldható az aktív visszakormányzás is. Ennek a lehetőségnek azonban az a feltétele, hogy a sofőr is próbálja a sávbán tartani az autót, azaz fejtsen ki erőt a kormánykerékre.

Célunk, hogy a kísérleteink során a járművezető agyi reakcióiból következtetni tudjunk a sávellahagyás tudatosságára, ezzel segítve a rendszer megbízhatóbb működését és a jelzés-beavatkozás pillanatának pontosabb meghatározását.

#### **Adaptív tempomat:**

A rendszer feladata a vezető által rögzített sebesség megtartása. Ez különösen hosszú távon hasznos, a sofőrnek nem kell mindig figyelnie a megfelelő sebesség megtartását. Ez azonban veszélyes is lehet akkor, ha a sofőr fárad, figyelme lankad és sokszor csak késve veszi észre az előtte haladó járművet.

Az adaptív tempomat távolságmérő szenzor segítségével méri az előttünk haladó jármű távolságát és a sebesség függvényében kritikus értéket észlelve lelassítja a járművet. A jármű kikerülése után pedig visszaállítja a korábban beállított sebességet.

Kísérleteink során a rendszer a tempomat működését befolyásolja. Azokat a lehetséges szükségtelen beavatkozási eseteket szűrné ki, mikor a sofőr azért kerül túl kicsit követési távolságra az előtte levőhöz, mivel előzni készül, és tudatosan nem lassít le, de még nem kezdi el használni a gázpedált.

### Automatizált járműirányítás:

A jövő a teljesen automatizált járműirányítás felé halad, egyre több intelligens rendszer jelenik meg napjainkban, melyek ezt segítik. Az egyre fejlettebb rendszerek és szenzorok hamarosan képesek lesznek biztonsággal vezérelni majd komplett járműveket. Mára számtalan cég és kutató foglalkozik a kérdéssel, az USA-ban DARPA futam néven évente meg is mérkőznek egymással városi környezetben az automata autók. Ez egy nagyon komplex kérdés és eddig nem látott bonyolultságú és biztonságú rendszereket követel a járművekben. A haladás töretlen, gátat csak a törvényi szabályozás szabhat egy ideig a teljesen automatizált járművek elterjedésével szemben. Egyelőre erre egy kivétel USA Kalifornia állama, ahol kísérleti rendszerben közlekedhetnek ezek a járművek. Természetesen megfelelő engedélyezés után és csak fizikai emberi felügyelettel.

Amíg a törvényi szabályozás és a rendszerek komplexitása és költsége nem teszi lehetővé, hogy egyik napról a másikra teljesen automata járművekkel utazzunk, a rendszert nagyszerűen alkalmazható lehetne tenni arra, hogy mozgássérült emberek járműveket irányítsanak vele tudatuk segítségével. Kísérleteink során ezzel a kérdéssel szeretnénk foglalkozni.

## 3. AZ ÚJ ESZKÖZ MINT LEHETSÉGES INPUT BEMUTATÁSA

Hans Berger, osztrák pszichiáter volt az első, aki 1924-ben az agy elektromos hullámain a fej felszínéről képes volt rögzíteni, ám szkepticizmusa miatt eredményeit csak öt évvel később publikálta. Ma úgy tekintünk rá, mint az elektorenkefalográf feltalálójára [3]. Az EEG gyakorlatilag a neuronok közötti ionok töltésáramlás által generált feszültségváltozásait képes mérni. Az Emotiv Eloc egy az, agyi hullámokat, jeleket gyűjtő és feldolgozó, vezeték nélkül a számítógéphez kapcsolható elektorenkefalográfként fogható fel, ami kereskedelmi forgalomban 2009 óta kapható. Az eszközhöz egy szoftver-fejlesztői csomag (SDK) is tartozik, ennek három üzemmódját különböztethetjük meg: az expresszív, az affektív és a kognitív üzemmódot.[1]



Az eszköz működése teljesen megegyezik a modern EEG működési elveivel, azzal a különbséggel, hogy a három üzemmóddhoz kapcsolható agyi területek intenzitását figyeli.

### Expresszív üzemmód

Ebben az üzemmódban a headset arckifejezéseket képes megállapítani, amiket headset által mért agyi jelek interpretálása révén észlel. Ez például számítógépes játékokban alkalmazható, az ottani karaktereinek adhat arckifejezéseket.

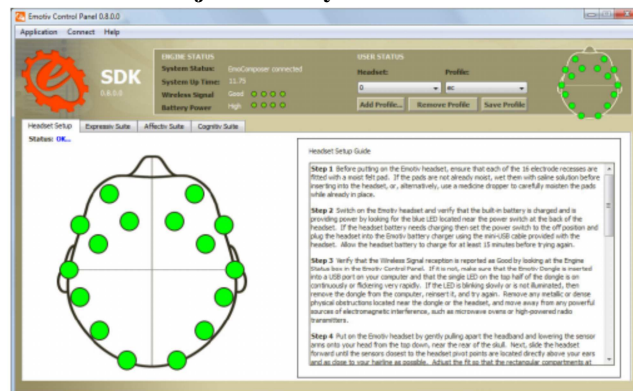
### Affektív üzemmód

Ebben az esetben nem az arc által is kifejezett érzéseket, hanem a belső érzelmeket (düh, ijedtség, vidámság) alakíthatunk át feldolgozható, egyértelmű jelekké. Elképzelhető ezzel kapcsolatban olyan alkalmazási terület, amely egyes idegállapotok és a vezetési stílus, a vezetés közben fellépő reakciók között fed fel összefüggéseket.

### Kognitív üzemmód

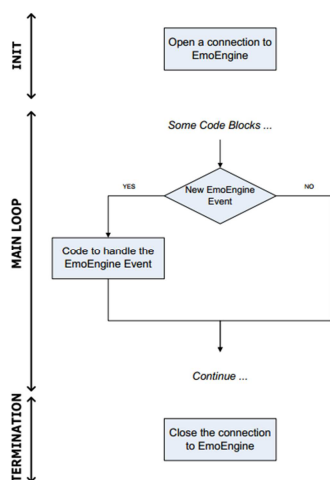
Közlekedésbiztonság-kutatási szempontból az affektív üzemmódon kívül a kognitív üzemmód alkalmazása kecsegtethet tudományos eredményekkel. Ez az üzemmód gyakorlást, tréninget követel meg attól, aki az eszközt először használja, hiszen minden egyes agy máshogy működik, a rendszernek adaptálnia kell ezekhez a különbségekhez. A tréning program során a számítógép programja felismeri az egyes személyiségek eltéréseiből adódó különbségeket, és megfelelteti az agyban fellelhető parancsot egy gépi parancsnak. Járművezetés során a lehetséges ilyen parancsok az állj, indulj, gyorsíts, lassíts, kanyarodj és ezek kombinációi is lehetnek. Ezekkel a parancsokkal aztán elvárásaink alapján megbízhatóan lehet majd irányítani a járművet.

### Az eszköz és a fejlesztőkörnyezet bemutatása



Az Emotiv egy saját szoftverfejlesztői környezetet (SDK) kínál, amellyel el lehet érni szintén a cég által biztosított alkalmazásfejlesztői interfészt (API). A programozás maga C++ nyelven történhet a Microsoft dotnetes fejlesztőkörnyezetében a Visual Studioban. Az API egy ANSI C interfész, amely 3 hedaer fájlból (edk.h, EmoStateDLL.h, edkErrorCode.h) és 2 dinamikus csatolású könyvtárból (edk.dll és edk\_utils.dll) áll. [7]

Az EmoEngine azoknak a funkcióknak a logikai absztrakcióját jelenti, amelyeket az edk.dll nyújt. Az EmoEngine a kommunikál a headsettel, megkapja az előzetesen feldolgozott EEG és giroszkóp jeleket, valamint kezeli a felhasználó-specifikus és alkalmazás-specifikus adatokat, majd ezeket a detektált jeleket egy struktúrába, az úgynevezett EmoState struktúrába rendezi. A struktúrákat és eseményeket az API kezelőivel (pl. EmoStateHandle, vagy EmoEngineEventHandle) lehet lekezelni. [6]



Az API és az EmoEngine kommunikációja

#### 4. TERVEZETT KÍSÉRLETEK

Tervezett kísérleteinket bonyolultságuk, kivitelezhetőségük és a megvalósíthatóságuk feltételei alapján kategóriákba rendeztük, majd a következő végrehajtási sorrendet állapítottuk meg:

- **Tréning** – a kognitív üzemmódban alkalmazott eszközt mindig az aktuális felhasználóhoz kell állítani, hiszen mindenki különböző agyhullámokkal rendelkezik. Elkülöníthető ilyen módon több különböző tevékenység, amire a felhasználó gondolhat (előre, hátra, balja, jobbra, forgat, stb.)
- **Reflexjátékok:** Az affektív üzemmód lehetőségeit kihasználva célunk egy olyan kísérlet kialakítása, amely a közlekedés-biztonság egy eddig kevesek által kutatott területére fókuszálna, mégpedig összefüggések keresésére az emberi idegállapot változásai és a reakcióidő, a reakciók helyessége között. Ez fontos lehet baleset-megelőzési szempontból, lehetőség lenne konkrét és mérhető értékeket nyújtani, arról, hogy egyes emberek

mennyire fáradtak, idegesek vagy éppen vidámak. Az állapotuk értékéhez konkrét reakcióidőket is lehet mérni.

- A kognitív üzemmód használata során a számítógép által felismert jelekkel képesek lehetünk járműveket irányítani. Ez rengeteg új kérdést vet fel, azonban a konkrét alkalmazást számos tesztnek kell megelőznie. Tapasztalatot kell gyűjteni a megbízhatósággal kapcsolatosan és azzal, hogy mennyire kényelmesen irányítható így egy jármű, valamint számos egyéb kérdéssel merül fel. Mivel a majdani rendszert több felhasználóra szükséges tervezni, lehetőséget kell biztosítani arra, hogy a rendszer adaptívan alkalmazkodjon a felhasználó vezetési stílusához, az addig gyűjtött információk alapján. Ez az alkalmazási mód egy új megközelítése a vezető-jármű interakciónak.
- A jármű irányítás megvalósítását tehát több lépésben tervezzük, a rendszer bonyolultsága és a biztonságkritikus mivolta miatt. Tervünk, hogy első lépésben egy egyszerű távirányítós autót irányítunk egy laptop segítségével vett jelekkel. Ez egy viszonylag gyorsan és könnyen kifejleszthető rendszer, ami viszont rengeteg tapasztalatgyűjtésre alkalmas. Következő lépésként tervezzük egy kerekesszék irányítását, itt a vezérlést már egy beágyazott FPGA alapú rendszer végezné. Ennek kifejlesztése nagyságrendekkel több időbe fog kerülni.



RC autó irányítási modellje



Kerekesszék irányítási modellje

A teljes járműirányítást egyelőre a törvényi szabályozás nem engedélyezi, így itt a lehetőségek is korlátozottak. Viszont az RC autó és a kerekesszék irányítása után célként tűztük ki, hogy a komplex járműirányítással is foglalkozzunk. Ennek első lépéseként az eszközt először a járművek egyes intelligens rendszereinek kiegészítéseként szeretnénk alkalmazni a korábban felsorolt módon. Tehát kapcsolódva a jármű CAN rendszeréhez kísérleteznénk a holttér figyelő rendszer, éberség felügyelet, városi vészfék asszisztens, sávtartás figyelő automatika és adaptív tempomat fejlesztésével.

## 5. AZ ÚJ ESZKÖZ ÉS A JELENLEGI JÁRMŰ-INFORMATIKAI RENDSZEREK EGYÜTTMŰKÖDÉSE

A rendszer úgy lehetne a jövőben a leghatékonyabb, hogy a jármű irányítása is az agyhullámokkal történne, ekkor már az EEG a vezetőn lenne, de az irányítás mellett a megfigyelési folyamatokat is ellátná. Ehhez viszont több komplex irányító rendszer és rengeteg szenzor együttműködésének és kommunikációjának megvalósítása lesz szükséges.

Ahhoz, hogy a jövőben biztonságosan vezérelhessünk komplett járműveket, először kisebb bonyolultságú rendszerekhez kell tudnunk biztonságosan kapcsolódni és vezérelni őket, majd ezek után térhetünk át korábban felsorolt intelligens jármű rendszerek használatára. Az eszköz alapvetően bluetooth (IEEE 802.15) vezeték nélküli technológia segítségével kommunikál a számítógéppel. Rc modell esetén a legegyszerűbb módon megvalósított irányítás azon az elven alapul, hogy a számítógép által feldolgozott jeleknek megfelelő parancsokat a számítógép továbbítja Wifi (IEEE 802.11g) technológia segítségével. Ehhez a rendelkezésre álló SDK elégnek bizonyulhat, így a programozás is relatív egyszerűen kivitelezhető. [6] Ehhez képest kihívást jelenthet, amikor az eszköz olyan járműveken szeretnénk használni, ahol már a számítógépet ki kell hagyni az irányításból, a determinisztikusság illetve a helyigény miatt. Ennek megvalósításához több lehetőség adott, jelenleg a National Instruments által gyártott cRIO-9004 típusú valós idejű beágyazott ipari vezérlő áll rendelkezésünkre, mint lehetséges eszköz. Az eszköz az FPGA technológia miatt újraprogramozható és képes kommunikálni különböző szabványokkal, ezek közül számunkra a legfontosabb a CAN BUS szabvány, amely különböző járművek egy protokoll alapú irányítását és adatgyűjtését szolgálja. A vezeték nélküli technológiák csatlakoztatására a német SEA GBH CRIO moduljai adhatnak választ, a CAN buszhoz való csatlakozást pedig a National Instrumentstól lehet beszerezni. A CAN BUS szabványon keresztül adhatunk a járműnek olyan parancsot, aminek hatására a jármű gyorsít, lassít, megáll, vagy épp elindul.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérletek távlati, központi célja a járművezetés biztonságosabbá tétele, hiszen évente rengeteg baleset és haláleset történik, melyek nagy része elkerülhető lenne intelligens rendszerek használatával.

Célunk kezdetben az EPOC eszköz megismerése lesz. Először az eszköz különféle üzemmódjait szeretnénk biztonságosan használni és tapasztalatainkon alapuló döntést hozni, hogy mely agyi tevékenységet milyen feladattal

tudunk kellő megbízhatósággal elvégezni. Ehhez rengeteg kísérletre és természetesen több kísérleti alanyra is szüksége lesz, hiszen céljaink közt szerepel a különböző emberek agyi tevékenységeik közti eltéréseket is azonosítása is. Ebből következtetéseket tudunk levonni a rendszer korlátaira, használhatóságára és ily módon alkalmazhatóságának létjogosultságára. A következő lépésnek egyszerű rendszerek vezérlését tűztük ki feladatunkként.

Kezdetben RC autóval, majd mozgássérült kerekesszékekkel végzünk majd kísérleteket. Ezek megismerésén és biztonsággal való használatán keresztül célunk eljutni a későbbiekben először az EPOC intelligens járműszabályzó rendszerekkel való kiegészítéséhez és fejlesztéséhez. A végcél természetesen egy jármű irányítása lesz, mely segítheti és kielégítheti a mozgássérült emberek mobilitási igényeit. A kísérletek során rengeteg kihívással fogunk szembesülni, ilyen lesz a rendszerekhez való csatlakozás illetve a rendszerek közti interfész megteremtése, mely kihívásokból reményeink szerint rengeteg új és hasznos tudást szerezhetünk. A végső megpróbáltatást a rendszer számos különféle körülmény közti tesztelése és működési helyességének igazolása jelenti majd.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1]. Rajesh Rajamani: *Vehicle Dynamics and Control* Mechatronical Engineering Series (2008)
- [2]. Finn, W.E., LoPresti, P.G. (eds.): *Handbook of Neuroprosthetic Methods*, Biomedical Engineering Series, CRC Press (2003)
- [3]. Niedermeyer E., da Silva F.L. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0-7817-5126-8. (2004)
- [4]. Esfahni, E., Sundararajan: *V.Using Brain Computer Interfaces to detect human satisfaction in human-robot interaction*, IJHR Volume: 8, Issue: 1 (2011) pp. 87-101
- [5]. Dr. Palkovits László: *Intelligens Járműrendszerek előadás*, Mindentudás egyeteme (2005)
- [6]. André Hoffmann: *EEG Signal Processing and Emotiv's Neuro Headset*, Bachelor Theseis (2010)
- [7]. Emotiv Software Development Kit: *User Manual for Release 1.0.0.3*  
<http://emotiv.com/developer/SDK/UserManual.pdf>
- [8]. Dr. Barsi Árpád, Dr. Lovas Tamás, Siegler Ádám, Dr. Schuchmann Gábor: *Intelligens Közlekedési Rendszerek és Járműnavigáció*, tantárgyi segédlet (2011),
- [9]. Petrók János: *Vezetői asszisztensek*, Autótechnika (2004)