

Jármű-irányítási rendszerek megbízhatósági és kockázatelemzési modellezése – Egy kutatási projekt beharangozója

Pokorádi László* Lázár-Fülep Tímea**

* Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, 1081 Budapest, Népszínház utca 8.
(e-mail: pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu)

** Óbudai Egyetem, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, 1081 Budapest, Népszínház utca 8.
(e-mail: lazarfulep.timea@bgk.uni-obuda.hu)

Kivonat: Közlekedési eszközeinkre is egyre inkább jellemző valamely szoftveres intelligencia integrálása, működésükben az úgy-nevezett „okos”, autonóm döntések jegyeit magukon viselő funkciójegyek megjelenése. Az ilyen rendszerek fejlesztésével foglalkozó szervezetek a folyamatosan éleződő versenyhelyzet következtében egyre jobban kénytelenek odafigyelni a minőség, biztonság, megbízhatóság és az ezeket átfogó gazdaságossági kérdésekre, illetve a tervezhetőségre.

A kutatási projektünk célja olyan matematikai módszerek, eljárások kidolgozása, amelyek támogatják az autonóm járművekben és közlekedési rendszerekben megjelenő és egyre nagyobb bonyolultsági fokot elérő technikai rendszerek és rendszerelemek tervezését a működési biztonság és üzemeltetési kockázati tényezőinek figyelembevételével. Ezek közé tartozik a járművek közti kommunikációs rendszerek, folyamatok megbízhatóságának, illetve a hozzájuk kapcsolódó kockázatok moduláris érzékenységvizsgálati eljárásainak kidolgozása, továbbfejlesztése.

1. BEVEZETÉS

Az operatív program – amelyben pályázatunk részt vesz – alapvető célja az alapkutatások nemzetközi beágyazottságának növelése a Horizont 2020 projektekben és az európai kutatási hálózatokban, programokban való magas arányú részvétel elérésével. Ennek fő eszköze, a hazai és európai kutatóhelyek közötti kapcsolatok erősítése tematikusan szerveződő konzorciumok keretében.

A tematikus kutatási hálózatok program egyrészt arra fókuszál, hogy a felsőoktatási intézmények a jelenleginél aktívabb és kezdeményezőbb szerepet vállaljanak a tudásalapú gazdaság kiépítésének felgyorsításában és a nemzetközi kutatás-fejlesztési programok szereplőivel való intézményes együttműködésre építve növekedjen a magyar felsőoktatás potenciálja a kutatás-fejlesztés és ezen keresztül az innováció terén. Másrészt, hogy mélyreható tartalmi, strukturális reformok kiteljesítése révén a felsőoktatási intézmények a jelenleginél aktívabb és kezdeményezőbb szerepet vállaljanak a tudásalapú gazdaság kiépítésének felgyorsításában. Cél, hogy a nemzetközi kutatás-fejlesztési programok szereplőivel való intézményes együttműködésre építve növekedjen a magyar felsőoktatás potenciálja a kutatás-fejlesztés és ezen keresztül az innováció terén.

Elérendő a felsőoktatásban történő kutatás-fejlesztés feltételrendszerének javítása a kutatásokhoz szükséges humánereforrás- és szolgáltatásfejlesztéssel, illetve a kutatási

eredmények felhasználásának és a kutatási tevékenységek hosszú távú finanszírozásának megalapozása érdekében a gazdasági szférával való együttműködés erősítése.

A konstrukcióban közvetlenül elősegítendő a felsőoktatási intézményekben jelenlévő kapacitásokra építve hálózatos formában a kapacitásokat összeszervezve működő kutatói csapatok közreműködésével megvalósuló komplex kutatási projektek előkészítése, a kutatások humánereforrásának megteremtése és bővítése, illetve a kapcsolódó kutatómenedzsment kapacitások fejlesztése. Olyan jól behatárolt, komplex kutatási témákban, illetve kutatási irányokon valósul meg a fejlesztés, amelyek egyaránt kapcsolódnak a hazai nemzetstratégiai célokhoz, valamint az Európai Unió által meghatározott kulcstechnológiákhoz, tématerületekhez.

1.1 Az EFOP-3.6.2-16 pályázat rövid ismertetése

Az „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” címet viselő projekt kutatási feladatainak ellátásában a Széchenyi István Egyetem, a Neumann János Egyetem, a Dunaujvárosi Egyetem és az Óbudai Egyetem konzorciuma vesz részt.

Meghatározó célkitűzésünk, hogy a kutatás-fejlesztés feltételrendszerének javítása a kutatásokhoz szükséges humánereforrás-, és szolgáltatásfejlesztéssel, illetve a kutatási eredmények felhasználásának és a kutatási tevékenységek

hosszú távú finanszírozásának megalapozása érdekében a gazdasági szférával való együttműködést erősítsük és elősegítsük.

A konzorciumi partnerek hosszú távú célja a projektben tervezett kutatások megvalósításával az, hogy közös erővel tudjanak aktívabb és kezdeményezőbb szerepet vállalni a tudásalapú gazdaság kiépítésében és a magyar felsőoktatás kutatás-fejlesztési potenciáljának erősítésében. A kialakított új tudásbázisok alapján kezdeményezik a nemzetközi hálózatokba való bekapcsolódást és együttműködést. Már rövidtávon elérhető célnak tekintik, hogy hálózatos formában együttműködnek, a kapacitásokat összehangolva közös kutatói teameket hoznak létre, amelyek szinergikus hatása sokszorosa lehet a jelenleg egyénileg működő intézményi potenciáloknak.

A kutatások konkrét célja az, hogy a partner intézmények jelentős eredményeket érjenek el az autonóm járművek és járműrendszerek irányításában és kommunikációjában. A pályázók hét, egymással szorosan összefüggő kutatási területet jelöltek ki, amelyeket három kutatási főcsoportba rendezve művelnek. Alapvető módszer a területek integrált szemléletmódú kezelése és a kapcsolódó problémák kölcsönhatásának figyelembe vétele, amelynek fontos eleme az egymás erősségein alapuló együttműködés, valamint a közös humán erőforrás-fejlesztés.

A különböző szempontok szerint készült műszaki-gazdasági elemzések egybevágyó véleménye szerint az autonóm módú közlekedés megvalósulásának technológiai előfeltételeit a következő felsorolás szerinti rendszerelemek megfelelő működési pontosságot megbízható módon teljesíteni képes, egymással harmonikusan együttműködő rendelkezésre állása alkotja:

1. Járműfedélzeti környezetérzékelési technológiák, amelyek megfelelő információval látják el a fedélzeti irányítórendszereket bármilyen megvilágítási, út és időjárási körülmények között.
2. Részben az előbbivel összefüggésben olyan nagy pontosságú helymeghatározó, lokalizációs technológiák, amelyek a döntési feladatok megoldása során a szenzor adatokat képesek geográfiai információval kiegészítve térbeli összetartozásuk szerint rendezni, szelektálni és a percepció rendszer számára előkészíteni.
3. Kommunikációs technológiák, amik információs kapcsolatot teremtenek a közlekedés szereplői és az őket magába foglaló infrastruktúra, illetve általánosabban a befoglaló környezet elemei között.
4. Percepció módszerek, amik lehetővé teszik a szenzorok és kommunikáció által szolgáltatott adatok alapján valós közlekedési szituációkban a döntési helyzetek valós időben történő elemzését és az adott helyzethez igazodó módon az irányítórendszer támogatását.
5. Alacsony szintű járműirányítási algoritmusok, amik az egyes járműpéldányok komplex, lokális irányítási feladatait látják el, ideértve a percepció algoritmusok

alapján a döntések valós időben való meghozatala

révén az aktuátorok működtetését annak érdekében, hogy a jármű számára meghatározott szállítási misszió biztonsággal és megkövetelt performanciával teljesíthető legyen.

6. Magas szintű járműirányítás, amely általános szempontok szerint járműcsoportok irányítását teszi lehetővé komplex közlekedésirányítási feladatok valós idejű megoldása, a misszióbiztonság megteremtése és globális optimum feltételek teljesítése révén, illetve érdekében.
7. A teljes körű automatizáltság igényeihez jobban alkalmazkodni képes innovatív anyagszerkezetek, jármű hajtások és energiahordozók alkalmazása.

Célunk a fentiekben felsorolt, egymással szorosan összefüggő kutatási területek szinergiáinak három főfeladatba szervezett kutatása a területek integrált szemléletmód alá helyezése és a kapcsolódó problémák kölcsönhatásának figyelembe vétele révén. A célok meghatározása a kiírásban meghatározott projektelemek mentén történt és egyértelműen, részletesen meghatározásra kerültek, valamint a felhívásban meghatározott konkrét célokhoz is illeszkednek.

Az Óbudai Egyetem kiemelt célja, hogy néhány kutatási területen országosan meghatározó intézménnyé váljon. Ezek egyik területe a járműipari felsőoktatási és kutatási együttműködések erősítése (az egyénre szabott egészségügyi informatikai alkalmazások, a „big data” kutatások, valamint smart city megoldások fejlesztése mellett). A főbb tematikus kapcsolódás a járműipari gyártástechnológiák kidolgozása, valamint a „smart megoldások” kidolgozása vezetéstámogató rendszerekhez.

- I. Kutatási főirány: Automatizált járművek és járműrendszerek dinamikája;
- II. Kutatási főirány: Anyagtudományi kutatások;
- III. Kutatási főirány: Rendszerintegrációs módszertan.

A III. kutatási főirányon belül található az 5. Alprojekt: *Környezetérzékelés, detektálás és adatfeldolgozás módszerei*, amelynek része az 5.3. Feladat: **Autonóm járműirányítási rendszerek megbízhatósági és kockázatelemzési modelljei.**

1.2 Autonóm járműirányítási rendszerek megbízhatósági és kockázatelemzési modelljei

Közlekedési eszközeinkre is egyre inkább jellemző valamely szoftveres intelligencia integrálása, működésükben az úgynevezett „okos”, autonóm döntések tulajdonságait magukon viselő funkciójegyek megjelenése. Az ilyen rendszerek fejlesztésével foglalkozó szervezetek a folyamatosan éleződő versenyhelyzet következtében egyre jobban kénytelenek odafigyelni a minőség, biztonság, megbízhatóság és az ezeket átfogó gazdaságossági kérdésekre, illetve a tervezhetőségre.

A kutatási projektünk célja olyan matematikai módszerek, eljárások kidolgozása, amelyek támogatják az autonóm

Járművekben és közlekedési rendszerekben megjelenő és egyre nagyobb bonyolultsági fokot elérő technikai rendszerek és

rendszerelemek tervezését a működési biztonság és üzemeltetés kockázati tényezőinek figyelembevételével. Ezek közé tartozik a járművek közti kommunikációs rendszerek, folyamatok megbízhatóságának, illetve a hozzájuk kapcsolódó kockázatok moduláris érzékenységvizsgálati eljárásainak kidolgozása, továbbfejlesztése.

Fontos kérdéskörként kell kezelni az ember-gép (esetünkben járművezető és jármű, illetve karbantartó és jármű) kapcsolat megbízhatóságának és kockázatainak matematikai modellekkel történő leírását és vizsgálatát, különös tekintettel a részlegesen automatizált járműirányításra. Kutatásaink során hasonlóan fontos szakmai területként kell kezelnünk a járművek karbantartásával, valamint a kockázatkezeléssel kapcsolatos emberi (szubjektív, interszjektív) szempontokat. A kutatás karbantartási és diagnosztikai adatok feldolgozásával és elemzésével prognózisokat állít fel a fejlesztés alatt lévő eszközök megbízhatósági mutatóira, és támogatja azok diagnosztikai szempontból optimális kialakítását.

2. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

A „közvetlen” kockázatkezeléssel, megbízhatóság elemzéssel kapcsolatos kutatásainkat korszerű rendszertechnikai, hálózatelméleti, valamint rendszer és folyamatmodellezési alapokra helyezve tervezzük elvégezni.

Pokorádi (2008) megfogalmazásában: Technikai rendszer az anyagi világ vizsgálatunk tárgyát képező része, amely egymással valamilyen kölcsönhatásban lévő elemek (berendezések és személyek) összessége. A rendszer állapota, illetve a benne lejátszódó folyamat a be- és a kimenő valamint a belső jellemzőkkel írható le. A környezet kölcsönhatásban lehet a rendszerrel és meghatározza működésének peremfeltételeit.

A modellek közül a mérnöki gyakorlatban leggyakrabban matematikai modelleket alkalmazunk. A matematikai modell a matematika szimbólumrendszerén keresztül teremt kapcsolatot a vizsgált rendszer be- és kimenő jellemzői között (Pokorádi, 2016). A matematikai modell valamilyen vizsgált rendszerben lejátszódó jelenség, folyamat vagy tevékenység a vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságai közötti összefüggések matematikai megfogalmazása. A matematikai modell egyrészt absztrakt matematikai objektumokból (például számokból, vektorokból), másrészt az objektumok közötti relációkból áll.

A műszaki gyakorlatban jelentős szerepet játszik a különböző rendszerek megbízhatósági vizsgálata. Egy helyesen megalkotott megbízhatósági modell segítségével gyakran előre kiszűrhetők az üzemeltetés során várhatólag fellépő műszaki hibák (Pokorádi & Fülep, 2012). A megbízhatósági elemzés lényeges tulajdonsága, hogy ezeket a modelleket vizsgálva megállapítsuk egy rendszer vagy folyamat várható élettartamát, illetve meghibásodási valószínűségét. A

kanonikus rendszerek és az elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg: üzemképes vagy üzemképtelen (Farkas & Pokorádi, 2016). Ekkor nem vizsgáljuk külön a lehetséges meghibásodások módját.

Myers (2010) szerint az a rendszer, amely nem csak egyszerű kölcsönös kapcsolatokkal bír tekinthető komplex rendszernek.

Myers megfogalmazásában a komplex kapcsolattal (SwCI – System with Complex Interconnections) rendszerek a többszörös, redundáns részeket tartalmazó hálózatok. Megállapítja, az úgynevezett egyszerű kapcsolatokkal bíró rendszerek megbízhatósági elemzése során előszeretettel használt modellezési módszerek közvetlenül nem alkalmazhatók a komplex kapcsolattal rendelkező rendszerek megbízhatósági elemzése során, viszont, ismeretük elengedhetetlen.

Barabási (2001) munkája nyomán vált fontos kutatási területté a hálózatok tanulmányozása. A hálózatokon belül az úgynevezett skálafüggetlen, kiegyenlítetlen kapcsolatos hálózatokat a természettudomány és szociológia legkülönbözőbb területein figyelhetünk meg. A skálafüggetlen hálózatok megjelenését Barabási a preferenciális kapcsolódás jelenségével magyarázza.

A hálózatok másik nagy csoportját képezik a komplex hálózatok, amelyek gyökerei két magyar matematikus, Erdős Pál és Rényi Alfréd munkájából erednek, akik 1959-ben (egy Debrecenben megjelent tanulmányukban), a kommunikációban és az élettudományokban látható hálózatok leírása érdekében azt javasolták, hogy a hálózatokat véletlenszerűen kellene építenünk (Erdős & Rényi, 1959). A komplex hálózatok olyan alapvető szerkezettel jellemezhetők, amelyet egyetemes alapelvek irányítanak.

Huang és szerzőtársai szerint a komplex hálózati rendszerek szorosan kapcsolódnak a komplex rendszerekhez. Komplex hálózati rendszert úgy lehet tekinteni, mint egy komplex rendszer, ha a csomópont megfelel a rendszer egy aggregátjának (Huang, Feng & Zhang, 2009).

Distefano (2009) a nagy, komplex rendszerek megbízhatóságát elemzi, a dinamikus megbízhatóság blokk diagramokból kiindulva részletezi, amely modellezési megközelítés interpretálja legjobban a komplex rendszerek megbízhatóságának dinamikus viselkedését. Efatmaneshnik és szerzőtársai megállapítják, hogy a rendszerek és hálózatok komplexitásának kezelése a XXI. Század műszaki tudományának legnagyobb kihívása (Efatmaneshnik, Nilchiani & Heydari, 2012).

A rendszerek egy speciális osztályával kapcsolatos ismereteket írja le Rosen (2012) könyvében, amely az anticipáló (más megfogalmazásban megelőlegező) rendszerek elméleteként ismert. Az anticipáló rendszerek elméletének vizsgálata jelentős tudományos háttérrel biztosít a napjainkban egyre jobban terjedő digitális irányítást (például az FPGA – Field Programmable Gate Array – szabályzókat) alkalmazó technikai rendszerek viselkedésének leírásához, szabályzó köreik szintéziséhez és analíziséhez.

Pokorádi (2014) tanulmánya egy moduláris megközelítésű megbízhatóság-érzékenységelemzési eljárást mutatott be, amely az alkalmas komplex kapcsolatú véges hálózatok és rendszerek megbízhatóságának, megbízhatóság-érzékenységének, valamint bizonytalanságának megfelelő minőségű leírására, elemzésére. Az elemzési módszer kidolgozása során szerzett tapasztalatok felhasználhatóak közlekedési, logisztikai hálózatok és rendszerek megbízhatóságának érzékenységi és parametrikus bizonytalanság elemzéseire.

Az Óbudai Egyetem Mechatronikai és Járműtechnikai Intézetében folyó rendszermodellezési, műszaki megbízhatósági kutató munkáknak jó kereteket biztosít a *Virtual Lab of Process & System Modeling* nevű virtuális laboratórium, amelyben alapvetően PhD hallgatók dolgoznak, valamint a *µβσ – Műszaki Biztonságtudományi Szakműhely*, amely a tudományos diákköri munkát folytató BSc hallgatóknak ad szakmai otthont. Az utóbbi keretében született eredményeket 10 TDK dolgozat (2 OTDK és 5 egyetemi díj), illetve 11 publikáció fémjelzi. Ezek közül a tervezett kutatáshoz kapcsolódik a (Farkas & Pokorádi, 2016), a (Farkas & Pokorádi, 2017) és a (Szili & Pokorádi, 2014) publikációk. A virtuális laboratóriumhoz köthető – a tervezett kutatási témánkhoz kapcsolódóan – például Szamosi és Pokorádi (2014) dolgozata, amely a kockázatbecslés emberi kérdéseivel foglalkozik, és jó alapot biztosít a további elemzéseinkhez.



1. ábra A Virtual Lab of Process & System Modeling és a Műszaki Biztonságtudományi Szakműhely µβσ logói

A műszaki eszközök karbantartása, javítása a mindennapi mérnöki tevékenységek egyik legfontosabb területe (Szabó, 2015). Technikai rendszerek üzemeltetése egy, a berendezésekre, azok üzemeltetését, karbantartását, előkészítését és javítását végző személyekre és eszközökre, illetve annak irányítására szolgáló utasításokra épülő összetett folyamat. Matematikai szempontból az üzemeltetés egy diszkrét állapotterű, utóhatásmentes sztochasztikus folyamat, így azt Markov-lánccal lehet matematikailag leírni (Pokorádi, 2016).



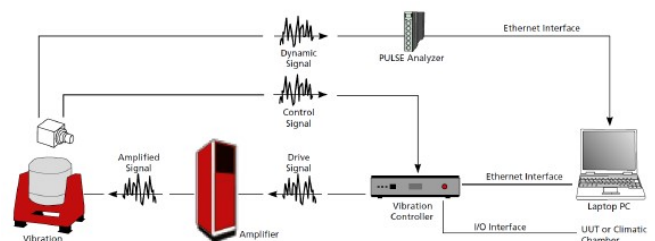
2. ábra A beszerzésre tervezett LDS V780-HPA-K Vibrációs teszrendszer berendezései

A korszerű karbantartás egyik eszköze a rezgésdiagnosztika. A megbízhatóság és a gépek állapottól függő karbantartása mind a magas szintű ipari termelő berendezések, mind a

közlekedési eszközök üzemeltetésének fontos területe. Az állapotfüggő karbantartást alkalmazó üzemeltetőknél az egyik leggyakrabban előforduló probléma a nem megfelelő tengelybeállítás. A tengely beállítási hiba egy berendezés két tengelye közötti párhuzamos, vagy szögeltérést jelent. Szabó (2012a) tanulmányában a tengelykapcsoló és tengely beállítási hibák típusait, valamint ezen hibák élettartamra gyakorolt hatásával foglalkozik.

Szabó (2012b) tanulmányában egy megelőző karbantartásban alkalmazott rezgésdiagnosztikai módszer, a mozgás-animáció elméleti és gyakorlati bemutatását végzi el. Véleménye szerint egy rezgés-analizátorral és a mozgás-animációs szoftverrel könnyedén láthatóvá tehető és megérthető az alkatrészek, illetve gépszerkezetek elmozdulásai, mechanikai rezgései. A kísérletek során az általam létrehozott mesterséges hibákat, az animáció a valóságnak megfelelően jelenítette meg. Saját mérési tapasztalatából vett példával igazolta, hogy a javasolt módszer gyakorlatban is hatékonyan alkalmazható.

Az Óbudai Egyetem Mechatronikai és Járműtechnikai Intézetében elért eddigi rezgésdiagnosztikával kapcsolatos eddig elért eredmények Szabó József Zoltán nevéhez köthetőek. Ezen eredményeket fémjelzi – a korábban hivatkozottakon túl – a (Szabó, 2006) és (Szabó, 2011) publikációk is.



3. ábra A LDS V780-HPA-K vibrációs teszrendszer elvi ábrája.

A technikai rendszerek üzemeltetése esetén bizonytalan paraméterek lehetnek a meghibásodási, valamint javítási idők. Ezen időket általánosságban a meghibásodások közti átlagidővel (MTBF – Mean Time Between Failures), illetve az átlagos javítási idővel (MTTR – Mean Time to Repair), vagy az átlagos megfordulási idővel (MRTT – Mean Repair Turnaround Time) jellemezzük.

A Monte-Carlo módszer egy igen széles körben (az alaptudományoktól a bonyolult rendszerek kockázatanalíziséig át a pénzügyi életig) alkalmazott eljárás, amely a vizsgált rendszer vagy folyamat bemenő jellemzői véletlen generálásán alapul (Farkas & Pokorádi, 2017).

Egy „fizikailag megfogható” technikai rendszer, illetve jármű-karbantartási vagy alkatrészek elhasználódási folyamat megbízhatósági modelljének bemenő jellemzői gyakran valamilyen valószínűségi eloszlásokkal jellemezhetőek. Ha ismerjük ezeket az eloszlásokat, a Monte-Carlo szimuláció véletlen mintavételezéssel végezhető el (Pokorádi, 2016a).

3. TERVEZETT KUTATÁSI MÓDSZEREK VÁRHATÓ EREDMÉNYEK

Kutatási módszerünk alapvetően modellek, módszerek kidolgozásából indul ki, és a járművek közti kommunikációs rendszerek, valamint járművezető és jármű közti kapcsolat kockázati és megbízhatósági elemzésére fókuszál. Vizsgálataink különös tekintettel moduláris megbízhatóság-érzékenységi módszerek továbbfejlesztésére és járművek közti kommunikációs rendszerek adaptációjának vizsgálatára; Monte-Carlo szimulációs megbízhatóság- és kockázatbecslő eljárások kidolgozására járművek, illetve járművezető és jármű közti kommunikáció elemzésére; járművezető és jármű közti kapcsolat kockázati modell leírására terjednek ki.

A kitűzött célokból adódóan általánosítható eredmények várhatóak különféle hálózatok, hálózati struktúrájú rendszerek megbízhatósági elemzési protokolljainak kialakításához.

Jármű-karbantartási, diagnosztikai adatok matematikai modellekre épülő feldolgozási eljárásainak kidolgozása kapcsán várható eredmények lesznek: járműalkatrész-megbízhatóság vizsgálati protokolljainak kidolgozása vibrációs tesztrendszer alkalmazásával; járműalkatrész-megbízhatóság vizsgálati protokolljainak kidolgozása termográfiai és rezgésdiagnosztikai módszerek alkalmazásával; adatgyűjtő, feldolgozó, valamint megbízhatóság-prognosztizáló eljárások kifejlesztése járműalkatrészek megbízhatósági vizsgálataihoz.

Az oktatásban a kidolgozott kockázatkezelési és megbízhatóság elemzési eljárások, mérési és a mérési eredményeket feldolgozó eljárások közvetlenül beépíthetőek a Karon folyó különböző szintű és szakú képzések tananyagába. A módszereket validáló gyakorlati elemzések, mérések és adatfeldolgozások jó alkalmat nyújtanak a tehetséges hallgatók bevonására a közeljövőben bevezetésre kerülő „Projektfeladat” tantárgy keretében.

A kutatásban az elvégzett fejlesztések, mérések tapasztalatai kiváló alapot adnak a Mechatronikai és Járműtechnikai Intézetben folyó további, az ipari elvárásokhoz is alkalmazkodó, tudományos kutatásokhoz, valamint a Biztonságtudományi Doktori Iskolában folyó tudományos képzéshez. Utánpótlás-nevelés szempontjából a kutatás során lehetőség nyílik a BSc, MSc és PhD képzésben résztvevő tehetséges hallgatók kiválasztására, a tudományos és felsőoktatási pályára irányítására úgy, hogy szakmai szemléletük és gondolkozásmódjuk az ipari elvárásokat is kielégíti. Egyben lehetőség nyílik az Óbudai egyetem ipari kapcsolatainak erősítésére, az iparban dolgozó fejlesztők támogatására a piaci elvárásoknak megfelelően.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmányunkban ismertettük a 2017. június 1-jén indult szakmai projektet, annak kitűzött céljait és az abból adódó általánosítható eredmények lehetőségét különféle hálózatok, hálózati struktúrájú rendszerek megbízhatósági elemzési eljárásainak, illetve a korszerű rezgésdiagnosztikai, vibrációs járműalkatrész elemzési protokolljainak kialakításához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló EFOP-3.6.2-16-2017-00016: „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Barabási A-L. (2001). *The Physics of the Web*. Physics World. 33–38.
- Boucetta S.I., Johanyák, Zs.Cs. és Pokorádi, L. (2017) *Survey on software defined VANETs* GRADUS 4:(1) pp. 272-283.
- Efatmaneshnik, Nilchiani és Heydari (2012), *From complicated to complex uncertainties in system of systems*, SysCon 2012, IEEE International.
- Erdős P. és Rényi A. (1959). *On random graphs* *Publicationes Mathematicae* Debrecen. 6, 290.
- Farkas L. és Pokorádi L. (2016). *A blokk-diagram és a hibafa elemzés kapcsolata*, XXI. FMTÜ. pp. 149-152.
- Farkas L., Pokorádi L. (2017). *Hibafa-elemzés Monte-Carlo-szimulációja* XXII. FMTÜ. pp. 143-146.
- Huang, Feng és Zhang (2009). *Research of complex system theory application on reliability analysis of network system*, ICRMS 2009.
- Myers, A. (2010). *Complex System Reliability*, Springer-Verlag.
- Pokorádi, L. (2008). *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen.
- Pokorádi L. és Fülep T. (2012). *Reliability in Automotive Engineering by Fuzzy Rule-Based FMEA* Proc. of the FISITA 2012. pp. 793-800.

- Pokorádi, L. (2014). *Sensitivity analysis of reliability of Systems with Complex Interconnections*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 32: pp. 436-442.
- Pokorádi, L. (2016a). *Karbantartási folyamat Monte-Carlo szimulációs elemzése*, Repüléstudományi Szemelvények. pp. 37-56.
- Pokorádi, L. (2016b). *Modellek a műszaki biztonság tudományban*, GRADUS 3:(2) pp. 92-100.
- Rosen, R. (2012). *Anticipatory Systems*, Springer New York.
- Szabó, J. Z. (2006). *Termográfia és rezgésmérés a megelőző karbantartásban – a komplex diagnosztika előnyei*, GÉP 1:(1) pp. 76-81.
- Szabó J. Z. (2011). *Modul rendszerű rezgésdiagnosztikai próbapad fejlesztése*, GÉP 1:(2) pp. 75-79.
- Szabó, J. Z. (2012a), *Rezgéscsökkentés tengelybeállítással*, Repüléstudományi Közlemények 2:(2) Paper 12. 10 p.
- Szabó, J. Z. (2012b), *Gép és vázszerkezet mozgások rezgésdiagnosztikai vizsgálata*, OGÉT 2012, Kolozsvár, pp. 421-425.
- Szabó, J. Z. (2015). *Műszaki diagnosztikai módszerek*, Budapest: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar.
- Szamosi B. és Pokorádi L. (2014). *A kockázatelemzés emberi kérdései*, XIX. MFTÜ, pp. 361-364.
- Szili T. és Pokorádi L. (2014). *Igazságtábla alkalmazása rendszer megbízhatóság elemzésére*, XIX. MFTÜ, 377-380.

