

Egy folyamatban lévő tudományos kutatás áttekintése a nagybonyolultságú járműrendszerek megbízhatósági kérdéseiről

Lázár-Fülep Tímea*

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

Kivonat: Cikkünk szorosan kapcsolódik az EFOP-3.6.2-16 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” címet viselő projekthez, amelynek kutatási feladataiban a Széchenyi István Egyetem, a Neumann János Egyetem, a Dunaújvárosi Egyetem és az Óbudai Egyetem konzorciuma vesz részt.

Kutatásunk 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 járművekben alkalmazott szenzorhálózatok megbízhatóságának, illetve a hozzájuk kapcsolódó kockázatok vizsgálati eljárásainak kidolgozása, továbbfejlesztése. Jelen cikk a teljesség igénye nélkül összegzi egy folyamatban lévő tudományos kutatás megközelítéseit és elméleti betekintést ad a projekt során megjelent, szorosan idekapcsolódó publikációkba.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az egyik legfontosabb társadalmi probléma a biztonság, a megbízhatóság és kockázat kérdése. Ez nagymértékben érinti a műszaki szakembereket, akik szakmai specifikumuknak megfelelően különböző technikai rendszereket terveznek, építenek és üzemeltetnek.

A szerzők kutatási célja különböző matematikai eszközök és jól algoritmizálható modellek kidolgozása és alkalmazási lehetőségeinek tanulmányozása a komplex kapcsolatú járműrendszerek – mint például a járművek szenzorhálózatai – műszaki megbízhatóság és biztonság tudomány területéhez kapcsolódó döntéshozatalok támogatására.

A publikáció célja, a projekt rövid ismertetésén túl a teljesség igénye nélkül összegezni egy tudományos kutatás megközelítéseit és elméleti betekintést adni a projekt során megjelent, szorosan idekapcsolódó publikációkba.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet az EFOP-3.6.2-16 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” projektet mutatja be röviden. A 3. fejezet fókuszában a biztonság és a projektben használt megközelítések állnak a teljesség igénye nélkül. A tanulmány az 4. fejezetben következtetésekkel és ajánlásokkal zárul.

2. A PROJEKT RÖVID BEMUTATÁSA

Pályázati projektünkben meghatározó célkitűzésünk, hogy a kutatás-fejlesztés feltételrendszerének javítása a kutatásokhoz szükséges humán-erőforrás-, és szolgáltatásfejlesztéssel, illetve a kutatási eredmények felhasználásának és a kutatási tevékenységek hosszú távú finanszírozásának megalapozása

érdekében a gazdasági szférával való együttműködést erősítjük és elősegítjük.

A konzorciumi partnerek hosszú távú célja a projektben tervezett közös 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 kutatócsoportokat hoznak létre, amelyek szinergikus hatása sokszorosa lehet a jelenleg egyénileg működő intézményi potenciáloknak.

A kutatások konkrét célja az, hogy a partnerintézmények 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 fősoportba 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 egybevágó véleménye szerint az autonóm módú közlekedés megvalósulásának technológiai előfeltételeit a következő felsorolás szerinti rendszer elemek megfelelő működési pontosságot megbízható módon teljesíteni képes, egymással harmonikusan együttműködő rendelkezésre állása alkotja:

- Járműfedélzeti környezetérzékelési technológiák, amelyek megfelelő információval látják el a fedélzeti irányítórendszereket bármilyen megvilágítási, út és időjárási körülmények között.
- 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.
- Kommunikációs technológiák, amelyek információs kapcsolatot teremtenek a közlekedés szereplői és az őket magába foglaló infrastruktúra, illetve általánosan a befoglaló környezet elemei között.
- 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.
- Alacsony szintű járműirányítási algoritmusok, amelyek 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.
- 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.
- 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.

2. FÓKUSZBAN A BIZTONSÁG – MEGKÖZELÍTÉSEK

2.1 Szenzortopológia elemzése

Napjaink járművei egyre összetettebbé, egyre bonyolultabbá válnak annak érdekében, hogy kielégítsék az egyre növekvő biztonsági és kényelmi követelményeket. A legtöbb ember számára a személygépkocsi az első eszköz, ahol új intelligens számítástechnikai technológiával, mint az adaptív irányítás, hangfelismerés stb. találkozunk. Ennek érdekében, már a hét-

köznap életben fellelhető személygépkocsik is nagymértékben tartalmaz intelligens szenzorokat, melyek valamilyen hálózatban kapcsolódnak egymáshoz, illetve a fedélzeti processzorhoz.

Az elektromos autók érzékelő rendszere belső érzékelőkre (pl. inkrementális kódolók, keréksebesség-érzékelők) és külső érzékelőkre (pl. kamerarendszer, GPS) osztható. A hálózat elosztott mintavételi rendszerként működik, ahol az érzékelők rendszeres időközönként megvizsgálják a kívánt fizikai jelenségeket, pl. hőmérséklet, sebesség. Az autók számára a folyamatos biztonság, teljesítmény növelése, a környezeti hatások csökkentése, kényelem növelése érdekében folyamatosan növelni kell az autó elektronikus vezérlőegységei (ECU) közötti kommunikáció sebességét, mennyiségét és megbízhatóságát. Fejlett vezérlési és biztonsági rendszerek – több érzékelőt, működtetőt és elektronikus vezérlő egységet kombinálva – olyan szinkronizálást és teljesítményt igényelnek, amik felülmúlhatják a jelenlegi sínrendszerek teljesítőképességét.

A kommunikációs hálózatban a topológia kifejezés azt jelenti, hogy az eszközök milyen módon vannak összekapcsolva a hálózatban. A hálózati topológiák alapvető típusai: Sín (Busz) Topológia, Csillag Topológia, Gyűrű Topológia, Háló Topológia és Fa Topológia. A szenzoros rendszer elektromos eszközei többnyire a fa topológiát és a háló topológiát kombinálják, így a hibadiagnózis egyszerűbb lehet.

2.2 Gráfelméleti megközelítés

A rendszerelmélet gyakorlati alkalmazásaiban, a megoldás lehetőségének megítélésében a vizsgált rendszer mérete – a rendszerben szereplő elemek száma – az egyik legfontosabb tényező. Ekkor az elemeket „intuitív” értelemben kell definiálnunk.

A diszkrét állapotterű – vagy matematikailag így leírt – technikai (például karbantartási) folyamatok ábrázolása a lehetséges állapotok, és az állapotváltások alkotta gráfok segítségével történhet.

Egy integrált vagy komplexkapcsolatú rendszer elemzése során először azt diszkrét gráffal (vagy hálózattal) kell reprezentálni. Ez számos járműtechnikai (például elektromos, hidraulikus, szenzor) rendszer esetén megtehető. Sőt, parciális differenciálegyenletekkel leírt rendszerek gráf-modellje is meghatározható.

Egy nagyméretű, lineáris rendszer gráf-reprezentációjának meghatározása után a gráfot jelképes értelemben „fel kell vágni” kisebb részgráfokra, majd a részgráfok egyenleteinek megoldása után az egyes részek megoldásait „össze kell kapcsolni” (ha szükséges, akár több lépésben is), ami az eredeti rendszer megoldásához vezet.

A gráf egyrészt fontos állomás az eredeti, teljes rendszer egyenleteinek felállításában, másrészt a vágási eljárás megtervezéséhez nyújt segítséget. A gráfelméletnek és mérnöki alkalmazásának kiterjedt matematikai és műszaki szakirodalma található.

A defektoszkópia egy adott rendszer vagy rendszerelem műszaki állapotának meghatározása, valamely kijelölt vagy

megengedett minőségi szinthez történő hasonlítás alapján. Defektószkópiai rendszervizsgálat során a különféle elemek, aggregátok állapotáról csak bináris (jó – hibás) információkat, illetve azok hatásait elemezzük.

A járművek és a közlekedés biztonságának növelése érdekében az európai szintű kooperatív közlekedési rendszer létrehozása és az ezzel kapcsolatos kommunikációs hálózatba való kapcsolás megvalósítása folyamatban van. A hálózatosodás új kihívások elé állítja a teljes iparágat. Így a járművek kiberbiztonságának növelése az elmúlt pár évben egyre nagyobb hangsúlyt kap.

A koncepció fázisban végrehajtott megbízhatósági vizsgálat alapvetően befolyásolja a megfelelő rendszerarchitektúra kiválasztását figyelembe véve a különböző forrásból érkező követelményeket, legyen az törvényi, ill. jogszabályi, vevői vagy a cég által meghatározott, ún. belső előírás. A rendszertervezés mindig a követelmények meghatározásával kezdődik, majd a specifikáció folyamán ezek lefordításra kerülnek a rendszer paramétereinek szempontjából. Minden potenciális és ismert hibamód, azok okai és következményei azonosíthatók a hibamód- és hatáselemzés (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis) módszerének alkalmazásakor.

2.3 Kvalitatív megbízhatósági elemzési megközelítés

Az eljárás előzetes gondolkodás által megelőző módon biztosítja a lehetséges gyenge pontok megtalálását, azok jelentőségének felmérését, kiértékelését és megfelelő időben megfelelő intézkedések bevezetését azok elkerülését, illetve felismerését segítő céllal. A gyenge pontok szisztematikus elemzése és a kiváltó okok megszüntetése a kockázat minimalizálásához vezet, amely által csökken a hiba által okozott költség, valamint megnő a megbízhatóság. A módszer sajátossága, hogy mindig csak egy pillanatnyi hibát elemez, nem hibakombinációkat, amelyek kezelése a kvantitatív megközelítésű hibafa-elemzéssel lehetséges.

Az elemzés, mintegy mellékhatásaként, segíti a rendszert, a folyamatokat leírni és általa jobban megérteni, miközben egy dokumentumot eredményez mindarról, amivel foglalkoztunk, arról, ahogy a rendszer vagy folyamat működik (tudásbázis felépítése).

2.4 A funkció- és rendszerstruktúra felépítése

Ahhoz, hogy az adott architektúra elemzése szisztematikus és strukturált legyen, szükséges mind a funkciók, mind a rendszert felépítő alrendszerek és komponensek megfelelő felbontása, amely támogatja a rendszer teljes körű vizsgálatát, anélkül hogy bármelyik alkotóelem kimaradna. Egy úgynevezett mátrix FMEA felépítésének előnye, túl azon, hogy a rendszert, mint faszterkezetet mutatja be, hogy lehetséges a funkció- és a rendszerstruktúra párhuzamos kibontása, amely magában a mátrixban kapcsolódik utána össze.

A legfelső szinten csak a rendszerrel szemben támasztott törvényi, vevői, belső követelmények rendszerezése szerepel, amelyek a későbbiekben kapcsolódnak az alrendszerekhez. Komponensek nem szerepelnek a rendszerszintű funkcióösszeköttetésekben. A mátrix rendszerének felépítése a következő három kérdéson alapul:

- Mi az elemzendő rendszer vagy termék?
- Milyen előírásoknak, szabványoknak, vevői elvárásoknak kell a rendszernek megfelelnie (funkciók és/vagy követelmények)
- Melyek a rendszert vagy terméket felépítő alrendszerek és ezekhez milyen funkciók rendelhetőek hozzá (közvetlenül vagy közvetetten)?

Ezt a megközelítést használva az elsődleges követelmények és a rendszert felépítő alrendszerek kapcsolatait X jelöli, amelyek a funkciók esetén közvetlen, a hibák szempontjából közvetett hozzárendelést jelentenek.

A komponensek alkotják azt a felületet, ahol a System FMEA és a Design FMEA látható módon összekapcsolódik. Ez egyben jelenti a két elemzés szétválasztását és összekapcsolását is. A hibalánc a hibaok – hiba(mód) – hibahatás sorozatát szemlélteti.

Terméktervezés (Design) FMEA során a lehetséges hibákat, amelyek a rendszer egyes komponenseinél léphetnek fel, a D-FMEA segítségével lehet szemügyre venni és előrelátó módon elkerülni. A hibaokokat itt elsődlegesen a konstrukció okozhatja, de a gyártás milyenségétől is függhetnek azok.

Ilyen módon tehát lehetséges a különböző FMEA-k párhuzamos lefutása a fejlesztési folyamat bizonyos fázisában, amely a koncepció FMEA (a komponensek rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata) kivitelezését teszi lehetővé.

A már említett előnyökön kívül további haszonnal számolhatunk egy ilyen elemzés elvégzésekor, beleértve egy szisztematikus megközelítést a hardverhibák csoportosítására, a fejlesztési idő, költség és tervváltozatok csökkenését, könnyen érthetőségét, hatékonyabb tesztervezést, a biztonságra való nagyfokú odafigyelést, illetve a növelt vevői elégedettséget. Hatékony eszköz kis, nagy és komplex rendszerek elemzésére is, hasznos módszer költséghatékony megelőző karbantartó rendszerek fejlesztésekor, biztosíték a jövőben újra felbukkanó hibák ellen, összehasonlíthatóak általa elemzett rendszerek, megjelenítése segítség a vezetőnek, továbbá a részletezett szinttől felfelé halad és fejleszti a kommunikációt a design elemzés területével.

A kanonikus rendszerek lényegi tulajdonsága az, hogy az egyes elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg: üzemképes, vagy üzemképtelen. Egyszerű felépítésű kanonikus rendszerek megbízhatóság-elemzésének egyik legelterjedtebb módja a Hibafa-elemzés.

A hibafa-elemzés során egy feltételezett rendszerhibából, az úgynevezett főeseményből (top event) indulunk ki, és fokozatosan derítjük fel azokat az alkotóelem és/vagy részrendszer meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek vagy vezethetnek.

Az elemző munkát fastruktúrájú gráf megjelenítés segíti, amit különböző, például megbízhatósági számításokkal is ki lehet egészíteni.

Egy (nem elemi) esemény bekövetkezési valószínűsége meghatározható az azt kiváltó események – melyek lehetnek elemi vagy alacsonyabb szintű közbülső események – bekövetkezési valószínűségeinek, illetve a köztük lévő logikai

kapcsolat ismeretében az a rendszer tekinthető komplex rendszernek, amely nem csak egyszerű kölcsönös kapcsolatokkal bír.

A komplex kapcsolatú kanonikus rendszerekben az elemek közt található összetett kapcsolatok következtében a hibafa elemzés során a közbülső események nem tekinthetőek független eseménynek, azaz a hibafa elemzési eljárás nem megfelelő. Az ilyen struktúrájú rendszer vagy hálózat megbízhatóságának meghatározására egyik megoldásként a Boole-féle igazságtáblázatot célszerű alkalmaznunk.

A módszer hátránya, hogy a rendszer lehetséges állapotainak száma exponenciálisan növekszik az elemek száma függvényében. Ez viszont azt jelenti, hogy ez a Boole-féle igazságtáblázat módszer egy nagy kiterjedésű járműszenzor-hálózat – amely egyértelműen komplex kapcsolatú – nehézkesen alkalmazható.

3. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AJÁNLÁSOK

Tanulmányunk bemutatta az EFOP-3.6.2-16 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” projektet. A projekten belül az Óbudai Egyetem Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet a szenzorrendszer-hálózatok feltérképezésére, majd megbízhatóság-, és biztonság szempontú elemzésére.

A szerzők célja az autonóm járművekben, közlekedési rendszerekben megjelenő komplex kapcsolatú rendszerek és rendszer elemek tervezését a működési biztonság támogató matematikai módszerek, eljárások kidolgozása. Ezek közé tartozik a járművekben alkalmazott szenzorhálózatok megbízhatóságának, illetve a hozzájuk kapcsolódó kockázatok moduláris érzékenység-vizsgálati eljárásainak kidolgozása, továbbfejlesztése.

Az eddigi tapasztalatok alapján a korábbi „egyszerűbb” módszerek nem igen használhatóak, inkább a szakértői intuíciónkat figyelembe vevő eljárások (pl. FMEA, fuzzy FMEA) szükségesek.

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

Tuloki Szilárd, Nagy István (2018). Elektromos gépjárművek szenzorhálózatának feltérképezése és biztonsági elemzése: Mapping and Security Analysis of Sensor Network for Electric Vehicles In: Bitay Enikő (szerk.) A XXIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI: PROCEEDINGS OF THE XXIII-RD INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS. 256 p. Kolozsvár; Cluj-Napoca, Románia, Erdélyi Múzeum-Egyesület (EME); Óbudai

Egyetem, 2018. pp. 243-247. (ISBN:978-963-449-077-7) [3355549]

Pokorádi, László (2018). Járműrendszerek gráf-modell elemzése In: Péter, Tamás (szerk.) IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Budapest, Magyar Mérnökakadémia, p. 5. [3414166]

Tokody, Dániel, Rajnai, Zoltán, Attila, Albini, Ady, László, Temesvári, Zsolt Marcell (2018). Kiberbiztonság az autópárhán BÁNKI KÖZLEMÉNYEK 1 : 3 pp. 71-77., 7 p. [30323478]

Boucetta S.I., Johanyák, Zs.Cs. és Pokorádi, L. (2017) Survey on software defined VANETs GRADUS 4:(1) pp. 272-283.

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.

Koncz Annamária, A Hibamód- és Hatáselemzés alkalmazása napjaink autópárhán, Bánki Közlemények (megjelenés alatt)

Myers, A. (2010). Complex System Reliability, Springer-Verlag.

Pályázati felhívás a felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelésére: Tematikus kutatási hálózati együttműködések – EFOP-3.6.2-16.

Pokorádi L. és Fülep T. (2012). Reliability in Automotive Engineering by Fuzzy Rule-Based FMEA Proc. of the FISITA 2012. pp. 793-800.

Pokorádi László, Ványi Gábor Gépjármű fékrendszer szoftverfejlesztésének Hibafa elemzése, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, IFFK 2016. 206-209.

Pokorádi, L. (2008). Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen.

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. (2016). Modellek a műszaki biztonság tudományban, GRADUS 3:(2) pp. 92-100.

Szili T. és Pokorádi L. (2014). Igazságtábla alkalmazása rendszer megbízhatóság elemzésére XIX. FMTÜ, 377-380.

Tuloki, Sz., Nagy, I. (2018). Elektromos gépjárművek szenzorhálózatának feltérképezése és biztonsági elemzése, Műszaki Tudományos Közlemények. 9. 243-247.

Zentai, D. (2017). Gráfelméleti módszerek a kritikus infrastruktúra védelemben, Hadmérnök, 2. 341-347.