

Pokorádi László, Lázár-Fülep Tímea

KOMPLEX KAPCSOLATÚ JÁRMŰRENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁGI KÉRDÉSEI

DOI: 10.32560/rk.2019.1.7

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.)

Kulcsszavak: megbízhatóság, biztonság, járműrendszer, komplex kapcsolat

BEVEZETÉS

Napjainkban az egyik legfontosabb társadalmi probléma a biztonság, a megbízhatóság és kockázat kérdése. Ez nagy-mértékben 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 biztonságtudomány területéhez kapcsolódó döntéshozatalok támogatására. A publikáció célja, a projekt rövid ismertetésén túl, az előzőekben leírt témakör főbb kérdéseinek bemutatása.

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. A 3. fejezet a tervezés és a megbízhatóság együttes kérdéseit írja le. A 4. fejezetben a komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatóság érzékenységeinek vizsgálati eljárása kerül bemutatásra. A tanulmány az 5. fejezetben összegzéssel zárul.

A KUTATÁSI PROGRAM 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 erősítsük és elősegítsük [6].

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 főcsoportba rendezve művelnek. Alapvető módszer a területek integrált szemléletmódú kezelése és a kapcsolódó problémák kölcsönhatásának figyelembevétele, amelynek fontos eleme az egymás erősségein alapuló együttműködés, valamint a közös humánerőforrás-fejlesztés.

A különböző szempontok szerint készült műszaki-gazdasági elemzések egybevágó 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:

- járműfedélzeti környezetérzékelési technológiák, amelyek megfelelő információval látják el a fedélzeti irányítórendszereket bármilyen megvilágítási, út és időjárési 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 percepciós rendszer számára előkészíteni;
- kommunikációs technológiák, amelyek információs kapcsolatot teremtenek a közlekedés szereplői és az őket magába foglaló infrastruktúra, illetve általánosabban a befoglaló környezet elemei között;
- percepciós 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 percepciós 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 teljeskörű automatizáltság igényeihez jobban alkalmazkodni képes innovatív anyag-szerkezetek, jármű hajtások és energiahordozók alkalmazása.

Célunk a fentiekben felsorolt, egymással szorosan összefüggő kutatási területek szinergiáinak három fő feladatba szervezett kutatása a területek integrált szemléletmód alá helyezése és a kapcsolódó problémák kölcsönhatásának figyelembevétele révén. A célok meghatározása a

kiírásban meghatározott projektelemek mentén történt és egyértelműen, részletesen meghatározásra kerültek, valamint a felhívásban meghatározott konkrét célokhoz is illeszkednek.

TERVEZÉS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

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, úgynevezett belső előírás. A rendszer-tervezés 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 azonosíthatóak a hibamód- és hatáselemzés (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis) módszerének alkalmazásakor [2].

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).

A funkció- és rendszerstruktúra felépítése

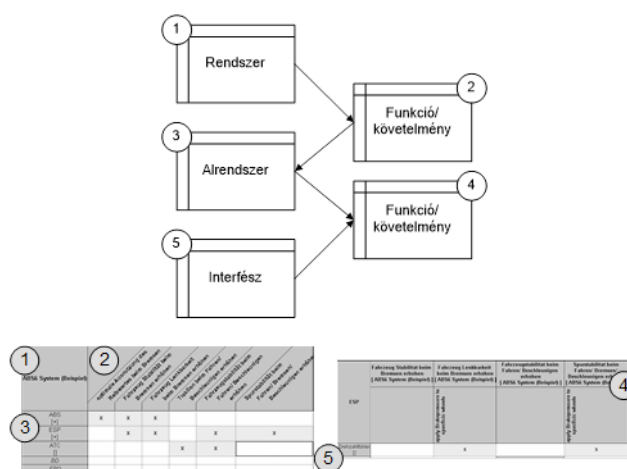
Ahhoz, hogy az adott architektúra elemzése szisztematikus és strukturált legyen, szükséges mind a funkciók, mind a rendszert felépítő alrendszerek és komponensek megfelelő felbontása, amely támogatja a rendszer teljes körű vizsgálatát anélkül, hogy bármelyik alkotóelem kimaradna. Egy úgynevezett mátrix FMEA felépítésének előnye, túl azon, hogy a rendszert, mint faszerkezetet mutatja be, hogy lehetséges a funkció- és a rendszerstruktúra párhuzamos kibontása, amely magában a mátrixban kapcsolódik utána össze [3].

A legfelső szinten (1. ábra) csak a rendszerrel szemben támasztott törvényi, vevői, belső követelmények rendszerezése szerepel, amelyek a későbbiekben kapcsolódnak az alrendszerekhez.

Komponensek nem szerepelnek a rendszerszintű funkció-összeköttetésekben. A mátrix rendszerének felépítése a következő három kérdésemre 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.



1. ábra Rendszerszintű funkciófelosztás (részlet)

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 hibák – 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 [7]. A hibákat 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.

KOMPLEX KAPCSOLATÚ RENDSZEREK MEGBÍZHATÓSÁGA

A kanonikus rendszerek lényegi tulajdonsága az, hogy az egyes elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg: üzemképes, vagy üzemképtelen [3]. Az ilyen rendszerek esetében az elemeket az alábbi két paraméterrel jellemezzük:

- az r_i megbízhatóságukkal, azaz a hibamentes működésük valószínűségével;
- a p_i meghibásodási valószínűségükkel.

Mivel e két állapot alkotja a teljes eseményteret (mivel a rendszer kanonikus), az alábbi egyenlőség írható fel:

$$p_i = 1 - r_i \quad (1)$$

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 rész-rendszer meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek vagy vezethetnek.

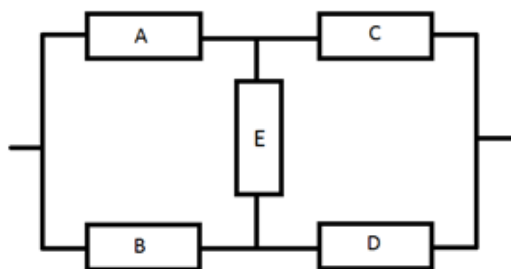
Az elemző munkát fastruktúrájú gráf megjelenítés segíti, amit különböző, például megbízhatósági számításokkal is ki lehet egészíteni. Egy (nem elemi) esemény bekövetkezési valószínűsége meghatározható az azt kiváltó események – melyek lehetnek elemi vagy alacsonyabb szintű közbülső események – bekövetkezési valószínűségeinek, illetve a köztük lévő logikai kapcsolat ismeretében Myers megfogalmazása szerint az a rendszer, amely nem csak egyszerű kölcsönös kapcsolatokkal bír, tekinthetőek komplex rendszereknek [5].

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

A korszerű gépjárművekben egyre nagyobb mértékben alkalmazott szenzorok alapvetően híd struktúrával rendelkeznek. Az úgynevezett hídmódszerrel való mérés az egyik legpontosabb mérési módszer úgy egyenáramú, mint váltakozó áramú áramkörökben. A leggyakrabban használt híd a Wheatstone-híd, mellyel nem csak ellenállásokat, hanem ellenállás-változásra visszavezethető nem-elektromos mennyiségeket (hőmérsékletet, erő, deformáció, nyomás, nyomaték vagy elmozdulás) is lehet mérni [8].

Általában a híd négy ellenállásból áll, melyeket egy négyzet oldalai mentén helyezünk el; a hidat az egyik átló mentén tápláljuk egyenfeszültséggel, a másik átlójára pedig egy galvanométert kötünk. A Wheatstone-híd elvi megbízhatósági rajza a 2. ábrán látható.



2. ábra Wheatstone-híd elvi megbízhatósági rajza

A teljes rendszer lehetséges állapotait, illetve ezen állapotok bekövetkezési valószínűségeinek meghatározását szemlélteti a 2. táblázat, ahol az állapotokat jelző oszlopokban az 1 üzemképes, a 0 pedig hibás, működésképtelen állapotot jelöl.

Mivel a rendszer az 1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10; 13; 17; 18; 19; 20; 21; 25 és 29 rendszerállapotok esetén üzemképtelen, így annak valószínűsége a

$$P_{rendszer} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_7 + Q_9 + Q_{10} + Q_{13} + Q_{17} + Q_{18} + Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{25} + Q_{29} \quad (2)$$

összeggel határozható meg. Az 1. táblázat a rendszer üzemképtelenségének valószínűségeit tartalmazza különböző elem meghibásodási valószínűségek esetén.

p_i	$P_{rendszer}$
0,10	$2,15 \cdot 10^{-2}$
0,05	$5,20 \cdot 10^{-3}$
0,01	$2,02 \cdot 10^{-4}$

1. táblázat Az éves üzemanyag költség

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

ÖSSZEGZÉS

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 szenzorok és szenzorrendszer-hálózatok feltérképezésére, majd megbízhatóság-, és biztonság szempontú elemzésére. Például ez utóbbi problémakört vizsgálja a [8] publikáció.

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

j	Elem					Rendszer	Q_j
	A	B	C	D	E		
1	0	0	0	0	0	0	$P_A P_B P_C P_D P_E$
2	1	0	0	0	0	0	$r_A P_B P_C P_D P_E$
3	0	1	0	0	0	0	$P_A r_B P_C P_D P_E$
4	1	1	0	0	0	0	$r_A r_B P_C P_D P_E$
5	0	0	1	0	0	0	$P_A P_B r_C P_D P_E$
6	1	0	1	0	0	1	
7	0	1	1	0	0	0	$P_A r_B r_C P_D P_E$
8	1	1	1	0	0	1	
9	0	0	0	1	0	0	$P_A P_B P_C r_D P_E$
10	1	0	0	1	0	0	$r_A P_B P_C r_D P_E$
11	0	1	0	1	0	1	
12	1	1	0	1	0	1	
13	0	0	1	1	0	0	$P_A P_B r_C r_D P_E$
14	1	0	1	1	0	1	
15	0	1	1	1	0	1	
16	1	1	1	1	0	1	
17	0	0	0	0	1	0	$P_A P_B P_C P_D r_E$
18	1	0	0	0	1	0	$r_A P_B P_C P_D r_E$
19	0	1	0	0	1	0	$P_A r_B P_C P_D r_E$
20	1	1	0	0	1	0	$r_A r_B P_C P_D r_E$
21	0	0	1	0	1	0	$P_A P_B r_C P_D r_E$
22	1	0	1	0	1	1	
23	0	1	1	0	1	1	
24	1	1	1	0	1	1	
25	0	0	0	1	1	0	$P_A P_B P_C r_D r_E$
26	1	0	0	1	1	1	
27	0	1	0	1	1	1	
28	1	1	0	1	1	1	
29	0	0	1	1	1	0	$P_A P_B r_C r_D r_E$
30	1	0	1	1	1	1	
31	0	1	1	1	1	1	
32	1	1	1	1	1	1	

2. táblázat Wheastone-híd üzemképtelen állapotának igazságtáblája

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Boucetta, Sara Imene - Johanyák, Zsolt Csaba - Pokorádi, László: Survey on software defined VANETs GRADUS 4:(1) pp. 272-283.
- [2] Koncz Annamária, A Hibamód- és Hatáselemzés alkalmazása napjaink autóiiparában, Bánki Közlemények (megjelenés alatt)
- [3] Koncz, Annamária: A 8D problémamegoldó technika, REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2015/3 pp. 7-17.
- [4] Koncz, Annamária: A lean szemlélet eszköztára, Gradus 4: 1 pp. 229-241
- [5] Myers, Albert: Complex System Reliability, Springer-Verlag, London, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-414-2>
- [6] Pályázati felhívás a felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelésére: Tematikus kutatási hálózati együttműködések – EFOP-3.6.2-16.
- [7] Pokorádi László - Fülep Tímea: Reliability in Automotive Engineering by Fuzzy Rule-Based FMEA Proc. of the FISITA 2012. pp. 793-800. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-33805-2_64
- [8] Tuloki, Szilárd - Nagy, István: Elektromos gépjárművek szenzorhálózatának feltérképezése és biztonsági elemzése, Műszaki Tudományos Közlemények. 9. pp. 243-247. DOI: <https://doi.org/10.33895/mtk-2018.09.56>
- [9] Zentai, Dániel: Gráfelméleti módszerek a kritikus infrastruktúra védelemben, Hadmérnök, 2018/2. pp. 341-347.

RELIABILITY ISSUES OF VEHICLE SYSTEMS WITH COMPLEX INTERCONNECTIONS

This paper is closely connected to EFOP project called Dynamics and Control of Autonomous Vehicles meeting the Synergy Demands of Automated Transport Systems (EFOP-3.6.2-16-2017-00016), in which the following research consortium is taking part: Széchenyi István University, John von Neumann University, University of Dunaujváros and Óbuda University. The aim of the research is to elaborate mathematical methods and procedures which support design of technical systems and system elements with increasing complexity introduced in autonomous vehicles and transportation systems taking into operational safety and maintenance risk factors into account. This includes investigation of reliability and development of the joint risk assessment methods of vehicle sensor networks.

Keywords: *reliability, safety, vehicle system, complex interconnection*

Dr. Pokorádi László (CSc)
egyetemi tanár Óbudai Egyetem
Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu
orcid.org/0000-0003-2857-1887

László Pokorádi Dr. (CSc)
Full professor Óbuda University
Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu
orcid.org/0000-0003-2857-1887

Lázár-Fülep Tímea (PhD)
egyetemi adjunktus Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki
Kar
lazarfulep.timea@bgk.uni-obuda.hu
orcid.org/0000-0003-1164-9828

Tímea Lázár-Fülep (PhD)
assistant professor Óbuda University
Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering
lazarfulep.timea@bgk.uni-obuda.hu
orcid.org/0000-0003-1164-9828



<http://journals.uni-nke.hu/index.php/reptudkoz/article/view/86/36>