

A kommunikációs és digitális felügyeleti rendszerek szükségessége a veszélyes áruk biztonságos vasúti szállításához

Holicza Péter

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola
holicza.peter@rh.uni-obuda.hu

Tokody Dániel

Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola
tokody.daniel@mav.hu

Papp József

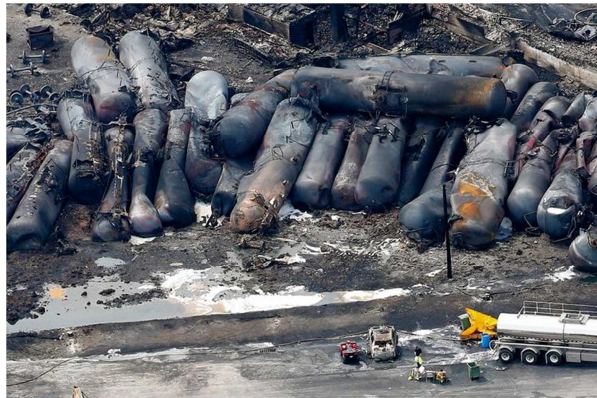
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
papp.jozsef@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: A jelentősebb vasúti balesetek alkalmával nem csak az pillanatnyi károk (emberi áldozatok, anyagi kár stb.) mértéke lehet hatalmas, hanem a hosszútávú kihatások (emberek mérgezése, környezeti károk) összessége is. Tanulmányunkban a veszélyes áruk szállítására vonatkozó információ hiányból származó problémát vetjük fel. A szállítás során gyűjthető információk koherens egységbe foglalásával egy komplex monitoring rendszer létrehozását javasoljuk. Hasonló pilot projektekre európai szinten is van pár példa [1;2;3], de Magyarországon [4] és még európai szinten nincs elfogadott egységes megoldás. Ugyanakkor a vasúti rendszer digitalizálódása abba az irányba vezet, hogy egyre több automatizmussal és intelligenciával növeljük a közlekedés biztonságát.

Kulcsszavak: Vasút, Európa, Vasúti balesetek, Balesetmegelőzés, Műszaki hibák, Vasúti infrastruktúra

1. Bevezetés

Az International Union of Railways megfogalmazása szerint "jelentősebb balesetnek" nevezzük azokat a baleseteket melyek legalább egy mozgó vasút szerelvény okoz, egy személy súlyos sérülésével vagy halálával jár, vagy jelentős károkat okoz a szállítmány, vasúti pálya, egyéb berendezések, vagy a környezet tekintetében, kiterjedt forgalmi zavarokat okoz [5; 6]. Az első ábrán egy ilyen jelentős vasúti balesetet látunk.



1. ábra: Vasúti katasztrófa - Lac-Mégantic, Quebec, Kanada, 2013.

Forrás: Mathieu Belanger/Reuter

Európában a vasúti balesetek 77,2%-a egy harmadik fél által, külső tényező hatására következik be. A második leggyakoribb kiváltó ok maga az ember, emberi mulasztás állt fenn a balesetek 7,3%-nál, ami vasúti szempontból belső faktornak számít [7]. A belső faktorok gyakoriságát leginkább az adott szervezet biztonsági kultúrája – illetve annak hiánya – befolyásolja [8;9]. Az International Union of Railways (IUR) nemzetközi szervezet biztonsági jelentésében foglaltak szerint, külső tényezőnek számítanak azok a balesethez vezető jelenségek, melyeket egy harmadik fél, az időjárás, vagy természetes környezeti hatások okoznak.

A külső tényező okozta balesetek 47,1%-a illetéktelen beavatkozás következménye, míg az esetek 24,8%-ában a vonatszerelvény járműnek ütközik (17,2%), vagy gyalogost üt el (7,6%). A belső kiváltó okok tekintetében az infrastruktúra, a szerelvények és az emberi tényező kerül megjelölésre, mely megkülönbözteti a vasúti személyzetet és a felhasználókat, vagyis az utasokat. Hozzávetőlegesen a balesetek 20%-áért felelősek ezek a tényezők, melyek a további bontásban a következők képpen alakulnak: emberi tényező (személyzet): 7,3%; gördülőállomány: 4%; utasok: 3,9%; infrastruktúra: 3,4%. számít [7].

Az adatokból megállapítható, hogy az emberi tényező gyakori kiváltója a vasúton bekövetkező baleseteknek (jogosulatlan átkelés, jelzőtáblák figyelmen kívül hagyása stb.). A technikai (indirekt emberi) okok 7,4%-os arányt jelentenek. Ebben az esetben a nem megfelelő emberi tevékenységek vezetnek balesethez, pl.: tervezés, kivitelezés, karbantartás stb.). A véletlen, vis maior események, vagyis az időjárás és környezeti viszonyok jelentik a legkisebb kockázatot 3,5%-os aránnyal. Véleményünk szerint az emberi tényező csökkentését kisebb kockázathoz és kevesebb balesethez vezet a teljes rendszer tekintetében [10].

Jelen tanulmányunk nem tárgyal harmadik fél által okozott eseteket, emberi erőforrás és technikai oldalról közelíti meg a rendszer sebezhetőségét az infrastruktúra, szerelvények és biztonsági felszerelések tekintetében.

A probléma Európán kívül sem ismeretlen, az Egyesült Államokban a vasúti balesetek 36%-a emberi hiba következménye (2013), 30%-ban a veszélyes anyagokat tároló szerkezetek meghibásodása, 30%-ban járművel való ütközés, és elenyésző arányban egyéb faktorok voltak felelősek. Hipotézisünk szerint a veszélyes anyagokat szállító

szerelvények biztonságát az emberi közreműködés, a technikai berendezések állapota, a szállított anyag minősége és mennyisége, valamint a megfelelő tárolás határozza meg [11].

A közlekedés digitalizálásával, intelligensé tételével (pl.: kooperatív intelligens multiágens rendszerek) nagyobb szolgáltatás minőséget, növelhető kapacitást és további megbízhatóságot érhetünk el. Nem csak vasúti ipari trend, hogy az egyes szektorális szereplők integrált digitális megoldásokat valósítanak meg. A vasúti szállítás esetében és annak rugalmassá és modulárissá tételére egyre több intelligens szenzort, nagy megbízhatóságú szélessávú átviteli technikát, intelligens vasútautomatizálási megoldásokat hoznak létre. A mobilitás digitalizálttá válása a vasúti közlekedést is átalakítja. A digitalizáció, az intelligens közlekedési rendszerek, valamint az okos városok létrehozásával előtérbe kerül a járművek (így a vasúti járművek) hálózatba kapcsolása és az egyes közlekedési ágazatok egy közös rendszerbe való integrálódása. A németországi tapasztalatok szerint 2022-re 16 milliárd eurós többlet eredményt fognak elérni az intelligens megoldások segítségével a közlekedésben [12;13]. Fontos azonban megjegyezni, hogy a digitalizációnak és gépesítésnek számos, jelenleg nehezen bejósolható következménye lesz az emberi tényezőre vonatkozóan [14;15;16].

2. Veszélyes anyagokat szállító tehervonatok baleseteinek következményei

A külföldi és hazai balesetek vizsgálatán keresztül teszünk kísérletet vasúti szállítás biztonságának fejlesztésére infokommunikációs (IKT) eszközök segítségével. Javaslataink szerint a biztonság növelhető a mobilitás digitalizálásával [17]. A közelmúlt egyik legsúlyosabb balesete a Queensland Rail Company (Ausztrália) egy veszélyes anyagot szállító tehervonatjával történt 2015 decemberében. A 26 kocsiból álló kénsvat szállító szerelvény kisiklott a Julia Creek nevű kistelepülés közelében. A helyi hatóságok 200 000 liter veszélyes anyag szivárgásáról beszéltek az ABC News-nak (2015) [18]. Hasonló esteknél a szállítmányon túl, a vonatot hajtó gázolaj (bár kisebb mennyiségű a szállítottéhoz képest) kiszabadulása is komoly veszélyt jelenthet, a környezetet károsító hatásokon túl, tűzhez és robbanáshoz is vezethet. A következmények és károk felbecsülhetetlenek, ha a baleset lakott területen történik.

Magyarországon, a miskolci vasúti pályamunkálatok alatt cseppfolyósított izobutént (UN 1969) szállító tehervonat siklott ki és borult fel, és két üresen álló kocsival is összeütközött 2015 áprilisában. A tároló nem sérült meg, de könnyen kiszabadulhatott volna a környezetbe a szállított anyag. Az Eperjeske és a Fényeslitke-Déli rendező pályaudvaron szerencsétlenebb helyzet alakult ki 2013-ban, szénhidrogén gázkeverék (UN 1965) szivárgott ki egy tehervagonból [19].

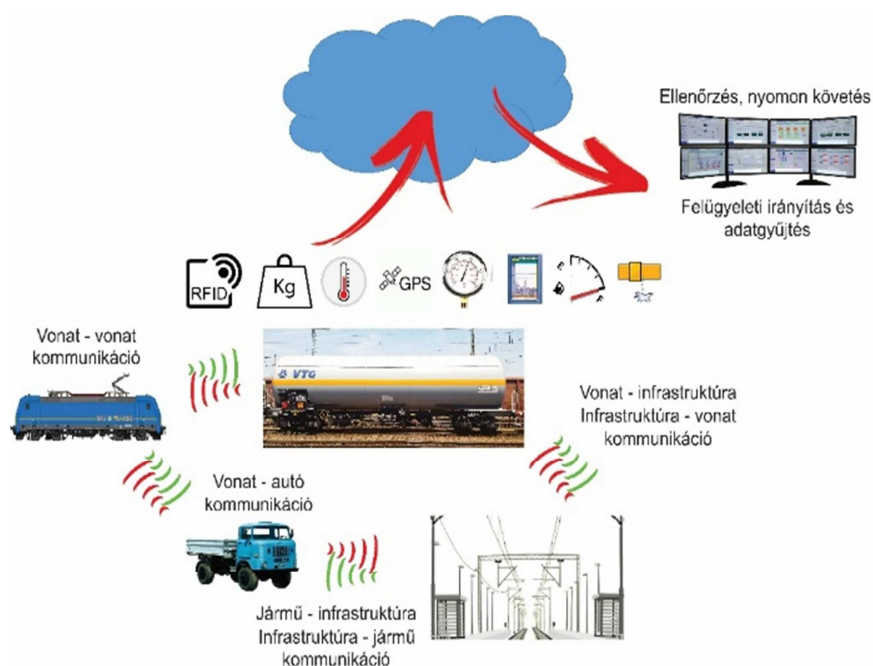
Almásfüzitő-felsőnél szintén ez az anyag szivárgott egy tankerből, ami az állomásról csökkentett sebesség mellett tovább irányításra került kirakodásra és szervizelésre. Máriabesenyő és Bag között 6 kocsi siklott ki és borult fel (2012), ezzel 200 millió forintot kárt okozva. A baleset oka sebességkorlátozás be nem tartása volt, de egyéb szabálytalanságok is közrejátszottak [17]. Bizonyos esetekben azonban számos tényező halmozott hatása vezethet súlyos károkat okozó balesethez. Ilyen tényezők lehetnek a vasúti infrastruktúra valamilyen hibája, vasúti járművek hibája, esetleges emberi mulasztás vagy hiba is.

A veszélyes áruk szállítmányozása során bekövetkező baleseteknek negatív hatásai jelentős rövid- és hosszú távú következményeket okozhatnak. Az ilyen balesetek megkövetelhetik a lakosság evakuálását, a helyi infrastruktúra, épületek vagy más járművek sérülésével járhatnak. A robbanásveszélyes anyagok szállítása további kockázatot is jelenthet, mivel az említett faktorokon túl akár terroristák eszközüvé is válhat, civilek halálát, vagy kritikus infrastruktúrák vesztét okozhatja [20;21;22]. Egy átlagos tartálykocsi 60 m³ (60 000 liter) kapacitással bír. Tekintve, hogy 1 liter gázolaj képes 1 millió liter víz beszennyezésére, egy sérült tartálykocsi 60 milliárd liter vizet tehet ivásra alkalmatlanná [23]. Így a környezeti károk meglehetősen nagyok lehetnek. A balesetek műszaki és ezzel kapcsolatos anyagi oldalát tekintve. Egyetlen sérült szerelvény tízmillió (HUF) nagyságrendű veszteséget eredményezhet, nem beszélve a közlekedési infrastruktúrának a használhatatlanságából fakadó károkról és az helyreállítási költségeiről. Mindezeket szemelőt tartva érdemes egy olyan rendszert kidolgozni, amivel a szállítási folyamattal kapcsolatos információk gyűjthetők majd ezek kiértékelésével és beavatkozások foganatosításával a közlekedés és ezáltal a szállítás biztonságosabbá tehető.

3. Biztonsági és Monitoring Rendszer prototípus - rendszer architektúra

Európában a veszélyes árut szállító vasúti járműveket a RID (International Carriage of Dangerous Goods by Rail) táblával látják el, melynek alapján azonosítható a tárolt anyag. Egy baleset alkalmával a járművön és rakományán túl, ez a jelzés is sérülhet. Veszélyes, kémiai anyagok esetében minden perc számít, emberi életek múlhatnak a szállítmányról szóló információn, a megfelelő és gyors reakció kulcsfontosságú,

további károsodás és veszélyhelyzet előzhető meg. Szükségesnek látjuk ezért egy egységes ellenőrző, nyomon követési rendszer használatát Európa szerte a veszélyes anyagokat szállító járművek körében. Szükség esetén ez a rendszer azonnali és pontos információval szolgálna a krízismenedzsment, katasztrófavédelem részére, valamint hozzájárulna a balesetet okozó körülmények azonosításához, a rendszer átláthatóságához és fejlesztéséhez. Vészjelzés küldésével (akár GSM-R hálózaton keresztül) figyelmeztetné a bevont személyzetet a pl.: a tartályokon belüli nyomás csökkenésére, a hőmérséklet emelkedésére, vagy a szállított anyag előre beállított, vagy optimális hőmérséklete. Minden vasúti jármű rendelkezne a saját (RFID) azonosítójával [24].



2. ábra: A veszélyes áruk szállításának kommunikációs és felügyeleti rendszere a biztonságosabb vasúti közlekedéshez.

Forrás: saját szerkesztés

További előnye egy ilyen rendszernek, hogy nem csak a veszélyes áruk szállítása válik biztonságosabbá, de javítja a teljes forgalom megbízhatóságát, biztonságát is. Az adatok összegyűjtésével és elemzésével bizonyos események megjósolhatók. Így minden közlekedésben résztvevő fél tájékozódhat az aktuális és várt eseményekről. Ez a rendszer az adatgyűjtésre, adatelemzésre és kommunikációra épül különböző rendszeres elemek között. A rendszerben megjelenő intelligencia azt jelenti, hogy a különböző rendszeres elemek képesek kommunikálni egymással, valamint a státuszuk, állapotuk és észlelt információk alapján képesek számításokat végezni, tájékoztatni és befolyásolni a rendszer résztvevőit.

4. Konklúzió

A veszélyes anyagok fizikai tulajdonságaiktól fogva potenciális veszélyforrást jelentenek a tárolásuk, szállításuk és felhasználásuk során is. Mi történhet, ha ezek az anyagok vasúton keresztül kerülnek szállításra, azon rendszeren keresztül melynek alapvető kockázataival is számolnunk kell? A nemzetközi vasúti áruszállítás esetében a szerelvények átlagsebessége 18 km/h, míg a fellelhető források szerint Magyarországon ez eléri a 20-40 Km/h sebességet [25], ami valójában csak töredéke az európai átlagnak. Indiában az áruszállító vonatok 14-25 km/h átlagsebességet teljesítenek [26], aminek az oka természetesen az út során sokszor fellépő várakozóidőből ered. A valós pillanatnyi sebesség sokkal magasabb lehet, ennek velejárója baleset esetén a nagyobb fizikai sérülés és anyagi kár, a szállított veszélyes áruk nagyobb területen szóródnak szét, tűz vagy robbanás esetén nagyobb területet érintenek. Következésképpen, ez nagyobb számú embert érinthet, lakott területen jelentősen nagyobb veszély áll fenn. A lassú nemzetközi forgalom is problémákat okozhat, ugyanis a veszélyes áruk szállítására használt vonatszerelvények több időt töltenek az egyes országok területén, ezzel további kockázatokat hordozva. Potenciális kockázatot jelent tehát a veszélyes anyagok szállítása, raktározása és kereskedelmi forgalmazása a vasúti személyzet vagy az utasok által is használt területeken.

A baleseteket okozó tényezők közé tartoznak a vasútvonalak és a járművek műszaki állapota, a szállítási folyamat résztvevőinek gondatlansága vagy helytelen munkavégzési gyakorlata. Előfordulhatnak azonban bizonyos váratlan események is, például a különböző jelek észlelésének elmulasztása (például közúti és vasúti átkelőhelyeknél), vagy a vasúti közlekedés résztvevőinek hibája (pl. mozdonyvezető, váltókezelő vagy vonat diszpécser).

Figyelembe véve a fent említett vasúti balesetek példáit, megállapítható, hogy a veszélyes anyagok környezetbejutását gyakran emberi okozza figyelmetlenség okozza, amit hosszú és költséges helyreállítási folyamat követ. A veszélyes áruk vasúti szállításának biztonsága elsősorban a szállítási előírások betartásától függ, melynek feltétele az alapvető közlekedési biztonság megfelelő szintje. Ennélfogva, a biztonság megvalósításának kérdése egy komplex kihívást jelent, ami csak egy széleskörű adatgyűjtő-elemző rendszer segítségével oldható meg.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció alapjául szolgáló kutatás a „Integrált Intelligens Vasútfelügyeleti Rendszer kifejlesztése” című projekt keretében zajlott. (Pályázati azonosító: GINOP-2.2.1-15-2017-00098)

Felhasznált irodalom

- [1] Casola, V., Esposito, M., Mazzocca, N., & Flammini, F. (2012). Freight train monitoring: A case-study for the pSHIELD project. In *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)*, 2012 Sixth International Conference, pp. 597-602. IEEE.
- [2] Flammini, F., Pragliola, C., & Smarra, G. (2016). Railway infrastructure monitoring by drones. In *Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC)*, International Conference, pp. 1-6. IEEE.
- [3] Priscoli, F. D., Giorgio, A. D., Esposito, M., Fiaschetti, A., Flammini, F., Mignanti, S., & Pragliola, C. (2017). Ensuring cyber-security in smart railway surveillance with SHIELD. *International Journal of Critical Computer-Based Systems*, 7(2), pp. 138-170.
- [4] Kiss Leizer, G. K., & Tokody, D. (2017). Radiofrequency Identification by using Drones in Railway Accidents and Disaster Situations. *Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS*, 15(2), pp. 114-132.
- [5] UIC (2016). *Safety Report - Significant Accidents occurred in Europe during the year 2015*, ISBN 978-2-7461-2510-0
- [6] Holicza, P., Tokody, D., & Papp, J. (2018). Európa Súlyos Vonatbalesetei: A Leggyakoribb Kiváltó Okok. In: Csizsárik-Kocsir, Ágnes; Garai-Fodor, Mónika (szerk.) *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században VIII./1.: Integrált vállalkozásfejlesztési megoldások*. Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar, (2018) pp. 116-123.
- [7] International Union of Railways (2013). *Safety Platform, Safety Database Report 2014 - Significant Accidents 2013*, old.uic.org/download.php/publication/545c_pub.pdf, ISBN 978-2-7461-2325-0
- [8] Lazányi, K. (2015). *A biztonsági kultúra Taylor: Gazdálkodás- és Szerveztudományi Folyóirat: A Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei*, 7(1-2), pp. 398-405.
- [9] Lazányi K. (2016). *A biztonsági kultúra szerepe a vezetői döntések támogatásában Taylor: Gazdálkodás- és Szerveztudományi Folyóirat: A Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei* 8(1) pp. 143-150.
- [10] Tokody, D., & Schuster, G. (2015). I2—Intelligent Infrastructure. Reviewed proceedings fifth international scientific videoconference of scientists and PhD. students or candidates: trends and innovations in E-business, education and security, 129, pp. 121-128.
- [11] Iantovics, L. B., Rotar, C., & Niazi, M. A. (2017). MetrIntPair—A Novel Accurate Metric for the Comparison of Two Cooperative Multiagent Systems Intelligence Based on Paired Intelligence Measurements. *International Journal of Intelligent Systems*.
- [12] Siemens Zrt. (2017). Digitális innovációk a Siemenstől az InnoTrans 2016 vásáron, *INNORAIL Mag.*, 9(1), pp. 20-24.
- [13] Montgomery, R., & Martin, W. F. (2000). *Transportation Safety*. In *Protecting Personnel at Hazardous Waste Sites (Third Edition)*, pp. 498-533.
- [14] Lazányi K. (2016). Stressed Out by the Information and Communication Technologies of the 21st Century *Science Journal Of Business And Management* 4(1-1), pp. 10-14.
- [15] Lazányi, K., & Hajdu, B. (2017). Trust in human-robot interactions In: Valerie Novitzká, Štefan Korecko, Anikó Szakál (szerk.) *INFORMATICS 2017: 2017*

IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics Proceedings.
Košice: IEEE Hungary Section, 2017. pp. 216-220.

- [16] Lazányi, K., & Marácz G. (2017). Dispositional trust – Do we trust autonomous cars? In: Szakál Anikó (szerk.) IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: SISY 2017. New York: IEEE, 2017. pp. 135-140.
- [17] Tor, M., Holicza, P., & Tokody, D. (2019). Európai Vasúti Kutatás, Fejlesztés és Innováció. In: Almádi, Bernadett; Lajos, Attila; Morauszki, Kinga Szilvia (szerk.) Folyamat - Kapcsolat - Menedzsment: PRM: Process Relationship Management, Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó, pp. 166-173.
- [18] ABC NEWS (2015). A freight train carrying approximately 200,000 litres of sulphuric acid has derailed east of Julia Creek in north-west Queensland, 2015. december 27., [Online]. Available: <http://www.abc.net.au/news/2015-12-27/a-freight-train-carrying-approximately-200,000-litres-of-sulphu/7055862>, (09.11.2017)
- [19] MÁV (2015). The Director-General of Railway Safety: safety and accidents information, manuscripts, In Hungarian (2012-2015)
- [20] Batta, R., & Kwon, C. (2013). Handbook of OR/MS models in hazardous materials transportation. Berlin: Springer, DOI 10.1007/978-1-4614-6794-6
- [21] Garbolino, E., Tkiouat, M., Yankevich, N., & Lachtar, D. (Eds.). (2012). Transport of Dangerous Goods: Methods and Tools for Reducing the Risks of Accidents and Terrorist Attack. Springer Science & Business Media.
- [22] Vamanu, B. I., Gheorghe, A. V., & Katina, P. F. (2016). Critical Infrastructures: Risk and Vulnerability Assessment in Transportation of Dangerous Goods: Transportation by Road and Rail (Vol. 31). Springer.
- [23] Zákányi, B. (2017). The protection of surface waters. Slide show, Miskolc, 2011, [Online]. Available: http://www.hidrotanszek.hu/Eloadasanyagok/Zakanyi_Balazs-Kornyezetvedelem_alapjai/IV_ea.pdf, (09.11.2017)
- [24] Yu, M., Deng, T., & Fu, J. (2012). Application of RFID and GPS technology in transportation vehicles monitoring system for dangerous goods. In Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2012 2nd International Conference, pp. 1-4. IEEE.
- [25] Jacobs, L. (2009). European rail network for competitive freight, Strasbourg 2009. április 22., [Online]. Available: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=//EP//TEXT+CRE+20090422+ITEM-021+DOC+XML+V0//EN>, (08.11.2017)
- [26] Government of India (2017). Average speed of goods train, [Online]. Available: <https://data.gov.in/catalog/average-speed-goods-train>, (08.11.2017).
- [27] Pokorádi, L. (2016). Modellek a műszaki biztonság tudományban. Gradus, 3(2), pp. 92-100.
- [28] Czifra, Á., & Horváth, S. (2011). Complex microtopography analysis in sliding friction of steel-ferodo material pair. Meccanica, 46(3), pp. 609-616.
- [29] Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2015). Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons.