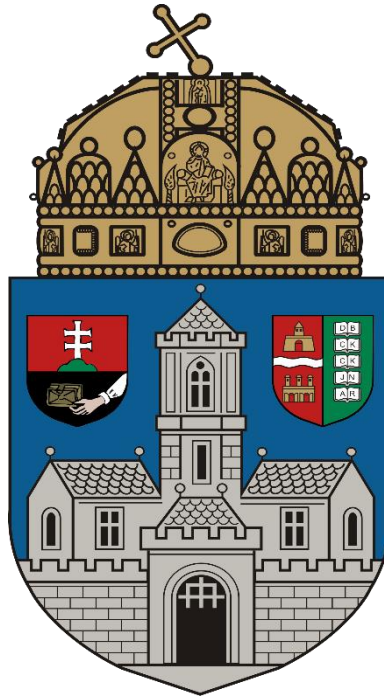


Óbudai Egyetem  
Doktori (PhD) értekezés  
tézisfüzete



**Gépjárműrendszerek megbízhatóság- és termékbiztonság  
szempontú előzetes kockázat elemzése**

**Ványi Gábor**

*Témavezető: Pokorádi László C.Sc.*

**Biztonságtudományi Doktori Iskola**

Budapest, 2019



## **Tartalomjegyzék**

1	Summary .....	4
2	A kutatás előzményei .....	5
3	Célkitűzések .....	7
4	Vizsgálati módszerek .....	8
5	Új tudományos eredmények.....	11
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége .....	13
7	Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék.....	14
8	Publikációk.....	16
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények.....	16
8.2	További tudományos közlemények .....	17

# 1 Summary

*Modern vehicle systems are containing more advanced intelligent features than a decade before. Complexity reached a level, where one feature might requires cooperation of multiple domains and suppliers. Vehicle manufacturers and developers used to design mechanical components rather than highly computed electrical devices including extreme long lines of software codes. Likewise not only traditional car manufacturers are presenting in the automotive market, but also IT 'high tech' companies are entering in that market. Although, the technology has started to revolutionize the Automotive Industry, the constraints of process background is remained. New process or analytical method usually result high opposition, but optimizing existing solution can be found open mind easier. Quality of the product must be ensured and guaranteed even in that extended supplier background. Technical reliability and product safety are key aspect for both customer and authority. Thus, participants in automotive industry are obligated to estimate and reduce the risk arising from the use of their product. The use of preliminary risk estimation analysis is the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), but higher level of automotive safety integrity level (ASIL) requires Fault Tree Analysis as well.*

*Therefore, I have started to examine the existing methods and processes to find weak points of preliminary risk estimation in FMEA. Both academic and industry resources are improving this method, but not the hot problems. Therefore, I have started to research solutions for common modeling of multidisciplinary engineering fields (Hardware, Software and Mechanics). Modeling complex systems and highly computed software modules are made conclusion to divide software functions in three levels instead of two levels as Haapannen did. Due to interfacing and communication makes more relevance nowadays.*

*I have improved process development and optimization with fault tree analysis, using Linear Fault Tree Sensitivity Analysis (LFTSM). Optimizing risk estimation is essential, to have deeper understanding existing risks, thus I have to introduce sensitivity analyses of FMEA to refine risk estimation and prioritizing together with graphical representation of it.*

## 2 A kutatás előzményei

A gépjárművekkel szembeni elvárásaink mára átformálódnak, amely a környezetvédelmi előírások szigorodásán túl az új, intelligens technológiák elterjedése is eredményez. A hagyományosan gépészeti háttérre épülő járműrendszergyártóknak mára jelentős szoftvertartalommal rendelkező, bonyolult funkciókat megvalósító megoldásokat kell szállítaniuk. A bonyolultsághoz komplexitás is társul, hiszen több al-beszállító termékét kell összeintegrálni egy rendszerré, amely egy jármű alkatrészévé, illetve funkciójává válik. A minőséget kiterjedt, különböző nemzetközi székhelyű vállalatok között kell biztosítani. A műszaki megbízhatóságot és termékbiztonságot tervezni lehetséges és szükséges is. Ehhez a termék használatából eredő kockázat felmérése és kezelése szükséges. A legelterjedtebb és széles körben alkalmazott módszerek a hibamód és –hatáselemzés (FMEA<sup>1</sup>), amely 1949 óta [11], míg a hibafa (FTA<sup>2</sup>) 1962 óta ismert [1]. A beszállítók mind gyártási, úgy termék fejlesztési FMEA elemzés elkészítését elvégzik. Az azonosított hibákat és súlyossági (S) pontokat a vevő (ez esetben járműrendszerintegrátor) részére át kell adniuk, mert a vevőnek ismernie kell ezeket. A járműrendszerintegrátor ezeket felhasználva értékeli ki a saját rendszerét, megvizsgálva és kezelve a fejlesztendő rendszer funkcióinak feltételezett meghibásodásából eredő kockázatokat.

Az FMEA felépítése lehet egy szintű- vagy egymásba épülő, többszintű (kaszkád) elemzés. Egy-egy rendszer lentről-felfelé (bottom-up) haladva kerül analízisra elméletileg, amelyet lehet funkciókra, vevői elégedettségre vagy az alkatrészekre támaszkodva elemezni. Az egyszeres hibákat kell kiértékelni attól függetlenül, hogy valóban bekövetkezik-e [16]. Az előírások alapján kerül alkalmazásra egy közösen alkalmazott kiértékelő katalógus (ranking catalogue). Ez a katalógus egy-egy szabvány vagy ajánlás által javasolt szempontrendszer szerinti pontozás, azonban egy vállalatnak a saját tapasztalataikkal kiegészített belső használatú kidolgozása és alkalmazása a jellemző. Általánosan elterjedt az

---

<sup>1</sup> Failure Mode and Effects Analysis: elemzés során a vizsgált termékről vagy rendszerről egy leíró jellegű analízis készül. Felírják a funkciókat, a hozzá tartozó lehetséges hibákat és azok hatásait, valamint az azt kiváltó okot írják fel egy táblázatos formába rendezve, majd értékeli ki Súlyosság (S), Előfordulás (O) és észlelhetőség (D) alapján. E három paraméter szorzata a Kockázati Szám (RPN).

<sup>2</sup> Fault Tree: A legfelső (TOP) főeseményből kiindulva a Boole-algebra szabályai és szimbólumain keresztül jut el az elemi eseményekig a gráfelméletet alkalmazva. Az egyes átmenetek valószínűségi értékekkel írhatók le. A vizsgálat eredménye egy hiba kialakulási mechanizmusának megismerése, illetve a hiba bekövetkezésében legjelentősebb elem vagy elemek azonosítása.

autóiparban használt SAE J1749 [14] alkalmazása, de a VDA<sup>3</sup> és AIAG<sup>4</sup> ajánlásai is jelen vannak hasonló tartalommal.

A kaszkádba rendezett elemzést külön-külön szinteken, eltérő tárgyú és mélységű logikai elemzésre alkalmazzák. Az adott szintek értelmezésében eltérés van az autóiipari szabványok között. Az egyik ilyen a VDA szerinti rendszer (system), konstrukciós (design) és gyártási folyamat (process) FMEA [17], míg a AIAG külön ír fel konstrukciós (design), és gyártási folyamat (folyamat) FMEA-t [4]. Ezek általános összekapcsolódását, egymásra épülését a hiba-hatás, ok-hiba mód-effekt, mód-hatás láncolatok alkotják [10].

Az utóbbi évtizedekben fogalmazódott meg, hogy a mechanika mellett az eltérő fejlesztési módszerekkel fejlesztett elektronikus hardver- és szoftver modelleket is együttesen elemezzék [9]. A megfelelő FMEA nyomtatvány kitöltését és kiértékelését számos szoftver támogatja, de egy új modell felépítése a kezdetektől fogva már teljes mértékben a moderátor tapasztalatától függ [9].

Az FMEA témakörében 1975 és 2016 között megjelent akadémiai és ipari publikációkat és szabadalmi bejegyzéseket megvizsgálva négy nagy problémaosztály állapítható meg [15]:

- Alkalmazhatóság (tárgyilagosság, időigény, módszerek integrálhatósága, információmenedzsment, komplett rendszerek kezelése, stb.).
- Hiba- és hatás (másodlagos hatás felderítése, ok-hatás láncolati modell, hatások és hibamódok leírásának színvonala).
- Kockázatelemzés (tárgyilagosság, kockázat mérése, eredmények megbízhatósága).
- Probléma megoldás (eredmények kiértékelése, megoldás reprezentálása, felhasználhatóság a termék fejlesztéshez).

Az akadémiai szereplők elsősorban az elemzések információ tartalmára fókuszálnak, illetve egyre jobban megjelenik a Fuzzy elmélet alkalmazása probléma megoldás területén. Az ipari szereplők viszont az automatizálhatóságon, az emberi tényező hatásának csökkentésén, az ok-hatás reprezentálásának javításán és a hibamódok felismerésén dolgoznak. Sprefico [15] megjegyzi cikkében, hogy nem jellemző az általános, égető problémák

---

<sup>3</sup> Verband der Automobilindustrie e.V.: A német autóiipari gyártók és beszállítók szövetsége. A központja Berlinben van, szabványokat, és ajánlásokat tesznek közzé. [18]

<sup>4</sup> Automotive Industry Action Group: Észak-amerikai Autóiipari Szövetség, amelynek tagjai között vannak az amerikai gyártók mellett a Japán autógyártók is. Szabványokat, ajánlásokat dolgoznak ki és oktatásokat szerveznek. [2]

megoldása: az erőforrásigény mérséklése vagy éppen az anyagjegyzék (Bill of Material) kiértékelésének javítása [9].

A disszertáció tartalmával kapcsolatos publikációk a rendszermodellezés tekintetében elsősorban a szoftver területen jelennek meg [12] [6], illetve a kockázatelemzés és kiértékelés témakörében [13]. Ezen témakör ismertetése az ide vonatkozó fejezetekben található.

A hibafa alapú rendszerelemzés alkalmazása szintén jelen vannak, de a vizsgálatot leginkább a biztonság, meghibásodási témakörök jelentették [3]. A gépjárműipari Funkcionális Biztonság (ISO 26262) előírásai kötelezővé teszik a hibafa elkészítését a magasabb kockázati szintű hibák esetén [8] [7]. Azt azonban nem részletezik, hogy egy követelményből eredő funkció hibájának felépülését vagy a kézzel fogható alkatrészekre alapuló meghibásodásokra készüljön-e az elemzés. Dolgozatomban a hibafa elemzést egy FMEA-ból kinyert adatok feldolgozására használok fel érzékenység vizsgálatára.

### **3 Célkitűzések**

A kutatásom célkitűzése az autóipar működési szabványai, szabályozásai által előírt, kötelezően használandó módszerek alkalmazási gyakorlatának optimalizálása és jobbítása formális módszerekkel a termékbiztonság- és megbízhatóság előzetes becslésének érdekében. A járműfejlesztés a vásárlótól kapott követelményeket funkciókba csoportosítva vizsgálja elsősorban. Ezek működését meghibásodási kockázatok megismerésével kívánja egy társadalmilag és üzletileg is elfogadott kockázati szintre optimalizálni egy-egy intézkedéssel vagy módosítással. Az egyre felgyorsuló gazdasági környezet és ezen keresztül a vevői igények változása jelentős kihívásokat generál az iparági szereplők számára folyamataik optimalizálása és gazdaságos működése tekintetében.

Az előírt és kötelezően alkalmazandó hibamód és –hatáselemzés (FMEA) egy nagyon időigényes kockázatelemzési eszköz, amelyben egy rendszer modellezésén keresztül vizsgálják meg az egyes funkciók által jelenlévő kockázatokat. A megoldandó probléma egyrészt az egységes, összefoglaló rendszermodell felállítása, amely magába foglalja az elektronikus hardver, mechanikai komponensek és szoftver összetevők közös modellben elemzését.

Másrészt a kockázatok és összetevőik tartalmának és súlyának helyes értelmezése. Az elemzési módszerek sajnos nem nyújtanak könnyű áttekinthetőséget a kockázatok tartalmára vonatkozóan. Ezért egy könnyen

áttekinthető és értelmezhető grafikus reprezentáció kidolgozása a céloom, amely a rendszer gyengepontjaira, azaz az érzékenységre enged következtetni.

Végül a számba vehető hibák kialakulásának további elemzését vizsgálom meg, mivel az FMEA egy-egy hibát definiál és elemez végig a rendszerben, amíg a hiba felépülését a hibafa módszer analizálja. Egy elkészült hibafa azonban további elemzésre szorulhat, amely a hibát felépítő elemi események legkritikusabb kombinációjának vagy részhalmazának a megtalálására fogalmaz meg kihívásokat. Ebben segít az érzékenységvizsgálat, amely a megfelelő elemek azonosításával javítja a rendszer robusztusságát, hiszen ismertté válnak azok az elemi események, amelyek bekövetkezésével a rendszer leginkább instabillá vagy hibássá válhat.

A prezentálható, grafikusán ábrázolt adatok betekintést adnak a rendszer aktuális állapotába, amely a specialistákon túl a döntéshozó menedzsereknek nyújtanak összehasonlítható információt. Az elemzést készítő munkáját tovább könnyítheti a tematikus kérdések alkalmazása, felkészülési stratégia és a formanyomtatványok alkalmazása. Ezek mind az emberi tényezőből eredő hibák csökkentésére szolgálnak, illetve a kapacitás gazdaságos kihasználásának növelésére. A disszertációmban egy-egy gyakorlati példát is bemutatok, amelyek az adott módszer alkalmazásai.

#### **4 Vizsgálati módszerek**

Disszertációmban a gépjárműipar fejlesztési szakaszában kötelezően elvégzendő hibamód és -hatáselemzés (FMEA) általam is megtapasztalt alkalmazási és modellezési problémájára dolgoztam ki megoldást. Személyesen tapasztaltam meg, hogy az egyre összetettebb és bonyolultabb járműirányítási rendszereket nagyon változatos minőségű modelleken keresztül elemzik. Nagyon nagy szó, ha egy közös szemléletmódot tud bevezetni a vállalat, amelyet a legtöbb szakember elfogad. Az analízis készítését moderáló munkatárs sokszor egy adminisztratív feladat elvégzésének és favágásnak érzi feladatát, nem törekszik egységesítésre és eredmények elérésére az előzetes kockázatelemzés elkészítésében. Az ilyen hozzáállás eredménye, hogy egy szükséges rosszként tekintenek az FMEA-ra, mert lényegi eredményt nem kapnak belőle és nem látható egy fejlesztő számára az eredmény, amely az ő közvetlen munkájához hasznos visszajelzéseket adhatna. Az elemzést azonban, mint említésre került - a minőségirányítási rendszer és az iparági „state of the art” szabványok követelik



meg. A bemutatott hierarchikus elrendezést elsősorban a funkcionális biztonsági szabvány írja elő, de módszerei alkalmazást vagy „best practice”-t nem ismertet.

A járműrendszerek egységesített modellezését korábbi tapasztalataim alapján dolgoztam ki, amelyet a megbeszélések alkalmával is sikeresen alkalmaztam. Az eredmények egyrészt követhetőséget adtak a gyártás számára, illetve csökkentették a készítési időt és olyan logikai kapcsolatok létrejöttét tették lehetővé, amellyel egyértelműen azonosíthatóvá vált egy-egy elem kapcsolódási pontja a rendszermodellben is. Ilyen lehetett például az ESP mint szoftvermodul helyének a meghatározása, hiszen egy jármű egészére van hatással, kapcsolatban áll a fékrendszer valamennyi elemével (utasítást ad és értékeket olvas be), gyártósor átadott konfigurációs paraméterek alapján működik és közvetlenül dolgoz fel szenzorról érkező jeleket, de mégis egy szoftver komponens fizikailag. Az elemzés eredményeként világosan kiderült, hogy ez a modul a járműrendszer alatt közvetlenül helyet foglaló funkció, amelyhez célszerű közvetlenül kapcsolni legyező- és kormányzó mérő szenzorokat. Ez a felismerés a funkcióbiztonsági elemzésekben nyújtott segítséget a Safety csoport számára is.

Azonban a magasabb szintű biztonsági kockázatok elemzésénél megfogalmazódott a hibák létrejöttének mélyebb megismerési igénye. Erre a hibafa elemzést írják elő, magasabb szintű biztonsági besorolásnál (ASIL C, ASIL D), így egyenesen kötelezve is vannak a fejlesztést végzők. A hibafa eredményeinek értelmezésében az egyik legfontosabb megtalálni azokat az elemi hibákat, amelyek közvetlenül vagy más elemi hibával együttesen veszélyeztetik a rendszert. Ehhez került alkalmazásra az érzékenységi vizsgálaton alapuló LFTSM módszer. Nagy előnye, hogy könnyen algoritmizálható, és mint számszerű ügy grafikus reprezentáló eredményeket nyújt. A szoftverkomponensek fejlesztési minőségének javítása is megfogalmazódott, amelyet a tesztek mellett robusztus fejlesztési folyamattal biztosítanak. A gyenge pontok megtalálása azonban nem triviális egy minőségirányítási mérnök számára, ezért a kérdést megfordítva a fejlesztésből kiindulva került felmérésre a szoftverfejlesztési folyamat sérülékenysége. Pontosabban, feltételezve, hogy egy hibát az adott folyamat betartásával lehet megelőzni. Az adódó hibát és előfordulást alapul véve került vizsgálat alá a fejlesztési folyamat érzékenységi vizsgálata.

A hibafa eredményeit tovább gondolva az FMEA érzékenységvizsgálata is felvetődött. Szembetűnő, hogy a kockázati szám a szorzás művelete miatt eltérő tartalmú lehet. Ezt a problémát maga a VDA is felismerte és elkezdtek mátrixok alapú térképekben gondolkodni, amely nem hozott egységes megoldást. A

dolgozatban bemutatott érzékenységi együttható vizsgálati módszerével azonban a rendszer egészéhez viszonyítva kerül egy-egy elem esetlegesen kiemelésre. A grafikus reprezentációt a jobb szemléltetés mellett az összehasonlíthatóság- és áttekinthetőség növelése miatt tartottam fontosnak bevezetni. A rendszerek vizsgálatában kirajzolódott, hogy a hierarchikus elrendezés tovább pontosítja az eredményeket az egyszintű, hagyományos elrendezésnél. A létrejött viszonyítási értékek segítségével az RPN kockázati szám mellett az egyes tényezők jelentős kiemelkedése jobban elkülönül. A tervezők könnyebben tudnak mérlegelni az adott kockázat kezelési stratégiájáról és hatásosabb intézkedéseket tudnak ezáltal megfogalmazni és bevezetni.

## 5 Új tudományos eredmények

Az értekezésemben bemutatott kutatómunka új tudományos eredményei az alábbi tézisekben foglalható össze:

1. Kidolgoztam a Hibamód- és Hatás Elemzés (FMEA) érzékenységi vizsgálatának egy új módszerét.
  - 1.a Bevezettem a  $K_{S_i}, K_{O_i}, K_{D_i}$  funkcionális érzékenységi együtthatók fogalmát.
  - 1.b Grafikus ábrázolási módszert dolgoztam ki, mely az elemzett rendszer összkockázati értékéhez viszonyítva áttekintést adn az elemek kockázati tényezőinek a rendszer megbízhatóságára gyakorolt hatásaira a bevezetett funkcionális érzékenységi együtthatók, illetve a súlyosság (S), előfordulás (O) és észlelhetőség (D) paraméterek függvényében.
  - 1.c Bizonyítottam, hogy az általam bevezetett funkcionális érzékenységi együtthatók alkalmazásakor azonos értékű RPN kockázati számmal bíró elemek kockázati határainak differenciálási lehetősége biztosítható.
  - 1.d A Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell (LFTSM) elemzés eredményeivel összehasonlítva igazoltam, hogy az általam kidolgozott elemzés áttekinthetőbb képet ad a vizsgálandó rendszer megbízhatóságának gyenge pontjairól.  
Kapcsolódó publikációim: [VG3], [VG4], [VG5], [VG6], [VG7]
2. Haapannen szoftver komponensek funkcionális Hibamód és –hatáselemzés modelljében definiált „system kernel” szintje és „application software” szintek közé egy „kommunikációs interfész” szintet vezettem be. Új, három, egymásra épülő logikai szintű FMEA modellt definiáltam.  
Kapcsolódó publikációm: [VG2]
3. Kidolgoztam a Hierarchikus Hibamód- és Hatáselemzés (H-FMEA) egy új, egységes modellezési módszerét.
  - 3.a Az elektronikus hardver, szoftver és mechanikai komponensek funkcióinak kockázat elemzését egy közös, átfogó rendszerbe foglaltam össze.

- 3.b A mechanikai alkatrészeket a termék működésében betöltött funkciójuk alapján csoportokba rendeztem. A csoportokat felsőbb szinten, Rendszer FMEA-kban, míg a funkciót megvalósító alkatrészeket Konstruktív FMEA-kban az alsóbb szinten helyeztem el, a két szint közötti hierarchikus logikai kapcsolatot leírva.
- 3.c Továbbfejlesztettem a gyártási minőségbiztosítás speciális karakterisztikáinak rögzítését az alkatrészeket csoportosító funkcióhoz rendeltem, hogy egyértelműen azonosítható legyen az adott karakterisztika létrehozásának indoka, illetve egy esetleges változtatást követően is látható maradjon a karakterisztika létrehozásának alapja.
- 3.d A meghibásodások okait tovább vezettem az elemzés ok (cause) szintjére, hogy az előforduló hibák okairól egy gyűjtemény készüljön. Így a későbbi elemzések fel tudják használni a korábban azonosított hibaokokat.

Kapcsolódó publikációm: [VG2]

## 6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

Értekezésemben bemutatott kutatási munka új tudományos eredményeinek hasznosítási lehetőségeit az alábbiakban foglalom össze:

1. A H-FMEA sablon kidolgozásával a Funkcionális Biztonsági Szabvány (ISO 26262) által is előírt hierarchikus elemzés kötelező alkalmazását könnyítem meg egy átlátható, mind a három diszciplína összekapcsolására alkalmas háttérrel.
2. A komplex szoftverkomponensek modellezésénél nehezen látható át, hogy a számos függvény közül mit emeljük ki funkciónak az elemzéshez, illetve ezek hogyan kapcsolódnak össze. Létezik ugyan szoftver architektúra tervezés, modellezési szabvány (AUTOSAR) és modellezési nyelv (UML), de az átláthatóságot és a lényegi funkciók kiemelését, valamint logikai kapcsolását növeli az általam kialakított három csoportosítási szint és értekezlet-vezetési stratégia.
3. A mechanikai rendszerek áttekinthetőségét növeli, ha nem csupán az alkatrészekre és azok fizikai paramétereire koncentrálnak kiértékelés készítésekor, hanem a termékben betöltött funkciójára is. Hasznosabb, ha a termék tervezési szempontjait igyekezünk kiértékelni és nem a tervezőjének a munkáját. Ez által egységessé vált elemzésben egy ellenőrzési listát alkalmazva – gyorsul a kiértékelés. A speciális karakterisztika jelölésére kidolgozott módszerrel a gyártás számára is követhetővé válik az egyes változtatások okának kiderítése.
4. A katalógus jellegű ok (cause) szint kidolgozásával a létrejövő katalógusok jó kiindulási alapot nyújtanak egy-egy tervezői (design) FMEA hiba okainak megállapításához. A korábbi FMEA-kból gyűjtött hibaokok jó gondolatébresztőként szolgálnak a megbeszéléseken, felgyorsítva az egyes jellemző hibaokok megfelelő szintű megfogalmazását.
5. A kockázati számok kiértékelésének egy új, grafikus reprezentálási módja támogatást nyújt az auditok és a menedzseri jelentések összehasonlíthatóságának elősegítésébe. A feldolgozás automatizálható, így hónapról-hónapra követhető az adott rendszer S, O, D paramétereinek eloszlása, illetve a rendszerben azonosított kockázatok súlyosságának méretére és mennyiségére is.

## 7 Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék

- [1] A hibafa története,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fault\\_tree\\_analysis#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Fault_tree_analysis#History)  
(Letöltve: 2018.04.07)
- [2] AIAG bemutatása, <https://www.aiag.org/about>  
2015 (Letöltve: 2018.04.07)
- [3] Dabboussi A., Kouta R., Gaber J., Wack M., Hassan B. E. and Nachabeh L., "Fault tree analysis for the intelligent vehicular networks," 2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM), Jounieh, 2018, pp. 1-6. doi: 10.1109/MENACOMM.2018.8371027
- [4] FMEA Handbook Version 4.2, Ford Motor Company, 2011 p19
- [5] Haapanen P., Helminen A.: Failure Mode and effects analysis of software based automation systems, STUK-YTO-TR190, 2002, pp 21-23.
- [6] Hecht H., Xuegao A. and Hecht M., "Computer aided software FMEA for unified modeling language based software," Annual Symposium Reliability and Maintainability, doi: 10.1109/RAMS.2004.1285455 2004 - RAMS, Los Angeles, CA, USA, 2004, pp. 243-248.  
(Letöltve: 2019.01.07)
- [7] Hillenbrand M: Funktionale Sicherheit nach ISO 26262 in der Konzeptphase der Entwicklung von Elektrik/Elektronik Architekturen von Fahrzeugen,  
KIT Scientific Publishing, ISBN:978-3-86644-803-2, 2012
- [8] ISO 26262:2011, Road vehicles – Functional Safety, ISO standard, 2011.
- [9] Kmenta S., Ishii K.: Advanced FMEA using meta behavior modeling for concurrent design of products and controls, in: Proceedings of the 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences, 1998.
- [10] Marshall J.: An Introduction to Failure Modes Effects and Criticality Analysis  
FME(C) A, The University of Warwick, 2011  
[http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/modules/modulelist/peuss/slides/section\\_10b\\_fmea\\_lecture\\_slides\\_compatibility\\_mode.pdf](http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/modules/modulelist/peuss/slides/section_10b_fmea_lecture_slides_compatibility_mode.pdf)  
(Letöltve: 2018.04.07)

- [11] MIL-STD-1629A, MILITARY STANDARD: PROCEDURES FOR PERFORMING A FAILURE MODE, EFFECTS, AND CRITICALITY ANALYSIS (24 NOV 1980)
- [12] Plósz S., Schmittner C., Varga P. (2017) Combining Safety and Security Analysis for Industrial Collaborative Automation Systems. In: Tonetta S., Schoitsch E., Bitsch F. (eds) Computer Safety, Reliability, and Security. SAFECOMP 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10489. Springer, Cham
- [13] Pokorádi L., Fülep T.: (2013) Reliability in Automotive Engineering by Fuzzy Rule-Based FMEA. In: SAE-China, FISITA (eds) Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 197. Springer, Berlin, Heidelberg
- [14] SAE J1739:2009, Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA), szabvány, 2009.
- [15] Spreafico C., Russo D., Rizzi C.: A state-of-the-art review of FMEA/FMECA including patents, Computer Science Review, Volume 25, August 2017, pages 19-28.
- [16] Stehpenson J.: System safety 2000, publisher: Van Nostrand-Reinhold, New York, NY 10003, 1991.
- [17] VDA 4 Quality Management in the Automotive Industry, Quality Assurance before series production, 1st edition, 1996, pp 12-16
- [18] VDA bemutatása, <https://www.vda.de/en/association/organization.html> (Letöltve: 2017.05.17)

## 8 Publikációk

### 8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [VG1] L. Palkovics, **G. Ványi**, A. Kovács,: Szoftver a jövő járművében, Jövő járműve, V. évfolyam, ISSN 1788-2699, 03/04sz, 2012
- [VG2] **G. Ványi**: Improving the effectiveness of FMEA analysis in automotive – a case study, Acta University Sapientiae, Informatica 8, 1, DOI:10.1515/ausi-2016-0005, 2016, pp82-95 (Scopus)  
*Idézetek száma: 2db*
- [VG3] L. Pokorádi, **G. Ványi**: Gépjármű fékrendszer szoftverfejlesztésének Hibafa elemzése, In: Péter T (szerk.) Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, IFFK 2016 . Konferencia helye, ideje: Budapest , Magyarország , 2016.08.29 -2016.08.31. Budapest: Magyar Mérnökakadémia (MMA), 2016. pp. 206-209.
- [VG4] L. Pokorádi, **G. Ványi**: Analyzing new generation brake system's software development process by LFTSM, Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2016 IEEE 17th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2016 (Scopus)
- [VG5] **G. Ványi**: OPTIMIZING TESTS AND RELIABILITY IN AUTOMOTIVE, In: Keresztes Gábor (szerk.), Tavaszi szél 2016: Nemzetközi multidiszciplináris konferencia: Absztraktkötet . 485 p. Konferencia helye, ideje: Budapest , Magyarország , 2016.04.15 - 2016.04.17. Budapest.  
Doktoranduszok Országos Szövetsége, 2016. p. 330.  
(ISBN:978 615 5586 04 0)
- [VG6] **G. Ványi**, L. Pokorádi: Sensitivity analysis of FMEA as possible ranking method in risk prioritization, Polytechnical University of Bucharest. Scientific Bulletin. Series D: Mechanical Engineering, 80:(3)pp 165-176. (2018) (Scopus)  
*Független idézetek száma: 2db*
- [VG7] L. Pokorádi, **G. Ványi**: Sensitivity Investigation of Failure Mode and Effect Analysis, Vehicle and Automotive Engineering 2, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-75676-9, 2018 (Scopus)



## 8.2 További tudományos közlemények

- [VG8] A. Skrabák, **G. Ványi**: AEBS interface EBS fékrendszerekben és funkcionális biztonsági vonatkozásai, MM MŰSZAKI MAGAZIN 2015/4: pp. 58-63. (2015)
- [VG9] **G. Ványi**: Elektronikus fékrendszerek fejlesztése haszongépjárművekre, pp. 12-13. Megjelenés: Chamion Truck&Bus 2014/1 (2014)  
*Független idézetek száma: 1db*
- [VG10] **G. Ványi**, N. Gut, J. Kretschmer, K. Moeller: Concept study of a nonlinear mechanical lung simulator, In: Balazs Benyo , David Feng , J Geoffrey Chase , Steen Andreassen , Ewart Carson , Levente Kovacs (szerk.), Proceedings of 8th IFAC Symposium on Biological and Medical Systems . 539 p., Konferencia helye, ideje: Budapest , Magyarország , 2012.08.29 -2012.08.31. New York: Curran, 2012. pp. 149-153. (ISBN:9781622763719; 978-3-902823-10-6) (Scopus)  
*Idézetek száma: 1db*
- [VG11] **G. Ványi**, N. Gut, J. Kretschmer, Z. Zhao, H. Zhu , K. Möller, Design of a mechanical lung simulator - A concept study: The 6th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2012), May 17 - 20, Shanghai, China, pp. 767-770. 2012  
*Idézetek száma: 6db*

