

Systems Engineering funkcionális rendszerarchitektúra jelentősége és alkalmazása FSAE járműfejlesztési modellkörnyezetben

1. BEVEZETÉS

A járműfejlesztés, illetve autóiipari termékfejlesztés, vevői igényeknek kutatói, a terület vezető döntéshozói egyaránt egyetértenek abban, hogy a hagyományos autógyártó óriásvállalatok jelentős változásokkal, új kihívásokkal szembesülnek a változó környezeti elvárások, stakeholder-igények következtében. Az autóiipar a globalizáció, a környezeti normák, és főként az informatika fejlettségi szintje és egyre növekvő relevanciája, a járműipari termékek szoftverorientáltsága miatt komoly átalakulásokkal járó időszakban van.^[2] Maga az autó mint termék felé támasztott vevőigények módosulnak, amely folyamatokra az autóiipari cégek eltérőképpen reagálnak. A változó terméktartalom egyértelmű jeleként megfigyelhető az autómegosztó rendszerek elterjedése, autonóm járművek dinamikus fejlődése, elektromos hajtás térnyerése a hagyományos hajtásokkal szemben. Az autó egyre inkább a fizikai termékből egy innovatív közlekedési szolgáltatássá alakul.^[3] Funkciók tekintetében a termék olyan összetetté vált napjainkra, hogy a változó elvárásokra azonban nincs széles körben elfogadott stratégiai válasz. A különböző konsernek és vállalatok eltérő módon igyekeznek alkalmazkodni és átalakulni az aktuális kihívásoknak megfelelően.^[4] Ez a tanulmány a Systems Engineering (SE) módszertan és gondolkodásmód egyik kulcselemének tartott funkcionális architektúra rendszerszintű kidolgozását és a gyakorlatban való alkalmazhatóságát mutatja be a járműfejlesztés egy kijelölt tesztkörnyezetének, a Formula SAE-nek példáján keresztül.

[1] SZE Doktori képzés, Doctoral Studies in Business Administration, Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola. Témavezető: Dr. Feszty Dániel, egyetemi tanár, SZE-Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Járműfejlesztési Tanszék.

[2] SCHULZE, A. – MACDUFFIE, J. P. – Täube, F. A.: Introduction: knowledge generation and innovation diffusion in the global automotive industry. Change and stability during turbulent times, in: *Industrial and Corporate Change*, 2015/24/3. szám, 603–611.

[3] DONADA, C. – ATTIAS, D.: Food for thought: which organisation and ecosystem governance to boost radical innovation in the electromobility 2.0 industry?, in: *Int. J. Automotive Technology and Management*, 2015/15/2. szám.

[4] STOLFA, J. – STOLFA, S. – BAIQ, C et al.: DRIVES–EU blue print project for the automotive sector. A literature review of drivers of change in automotive industry, in: *J. Softw. Evol. Proc.*, 2019/2222 szám.

2. SZAKIRODALOM ELEMZÉS

Az SE egy interdiszciplináris terület, amely a műszaki szempontok mellett szervezeti összefüggéseket is vizsgál és fő céljaként a komplex rendszerek hatékony irányításával és működésével foglalkozik.^[5] Hatékonyságát bizonyította Elm, amely tanulmány az SE módszertan és a „Systems Thinking” megközelítés alkalmazásának tulajdonít különböző fejlesztési projektek során elért jobb teljesítményt.^[6] Ez utóbbi megfigyelést megerősíti Vanek et al. is, akik „új termékek fejlesztésében” vizsgálták az SE-módszertan hatékonyságát.^[7] Feltételezhető tehát, hogy az SE a járműipari termékfejlesztés kihívásaira is megfelelő választ ad, rövidíti a piacra kerüléshez szükséges időt, olcsóbb fejlesztési folyamatokat és jobb terméket eredményez. Az SE járműipari alkalmazhatóságát Fischeris vizsgálja, bemutatva különböző szervezeti struktúrákat érintő megoldásokat elemez, amelyek az SE bevezetését segíthetik.^[8] A releváns irodalmak áttekintése és elemzése után azonban kijelenthető, hogy egy SE-alapú új szervezeti modell bevezetését, egy gyakorlatban megvalósított transzformáció kimenetét, nehézségeit még nem vizsgálták. Az ipari járműfejlesztés számára releváns, annak karakterének, körülményeinek megfelel egy Formula SAE (FSAE) szervezet, amely így modellkörnyezetként szolgálhat más vizsgálatok mellett a jelen kutatáshoz is.^[9]

2.1. Az RFLP struktúrák jelentősége

Ez a kutatás az SE terület egyik központi elemének számító Requirement-Functional-Logical-Physical (RFLP) modell funkcionális struktúráinak gyakorlati megvalósítását mutatja be egy validált modellkörnyezetben, az FSAE-ben. A modell szerint végzett fejlesztési folyamat négy fő rétegre épül és választ ad az RFLP szempontjaira az alábbiak szerint:^[10]

- Requirements/Elvárások (R): Miért fejlesztik a terméket, melyek a ve-vői- és stakeholder igények?

[5] FALK, K. – MULLER, G.: Embedded Master’s Students Conduct Highly Relevant Research Using Industry’s Their Laboratory, in: *Technology Innovation Management Review*, 2019/9/5. szám, 54–73.

[6] ELM, J.: *A Study of Systems Engineering Effectiveness, Initial Results in Sys Con – IEEE International Systems Conference*, 2008.

[7] VANEK, F. – JACKSON, P. – GRZYBOWSKI, R. – WHITING, M.: Effectiveness of Systems Engineering Techniques on New Product Development, in: *Result from Interview Research at Corning Incorporated in Modern Economy*, 2017/8. szám, 141–160.

[8] FISCHER, R. – VORBACK, S. – HICK, H. – BAJZEK, M.: Systems Engineering Organizational Constraints and Responsibilities, in: HICK, H. – KÜPPER, K. – SORGER, H. (eds.): *Systems Engineering for Automotive Powertrain Development*, Powertrain, Springer, Cham, 2020, 1–23.

[9] KOLOSSVÁRY, T. – DÖRY, T. – FESZTY, D.: Formula SAE as a Model Environment to Innovate Automotive Product Development, in: *58th International Scientific Conference on Economic and Social Development – Budapest, 2020. szeptember 4–5., Book of Proceedings*, 283–293.

[10] BAUGHEY, K.: Functional and Logical Structures: A Systems Engineering Approach, in: *SAE Technical Paper*, 2011.

- Functional/Funkcionális (F): Mit valósítanak meg egy bizonyos megoldással, és mit valósít meg majd a végtermék?
- Logical/Logikai (L): Hogyan teljesítik ezeket a funkciókat és milyen módon végzik ezt?
- Physical/Fizikai (P): Ezek maguk a gyártott vagy megvásárolt fizikai alkatrészek, amelyek végül a végfelhasználó rendelkezésére állnak.

Hosseini&Welo hasonló módszertant alkalmazott, amikor egy komponens fejlesztésére alkalmazott SE elemeket, azonban nem érintette a „rendszerek rendszerének” szintjét.^[11] Komplex, több szakterületen és iparágan átívelő termékek fejlesztése esetében az elvárások és funkciók működési alapelvek, illetve alrendszerek teljes termék szintjén való összehangolásához nélkülözhetetlen már egy egységes termékmodell használata.^[12] Tekintve, hogy napjaink járműfejlesztése jelentős mértékben virtuális terekben történik, előnyt jelenthet, hogy a CATIA™ V6 szoftver lehetőséget kínál arra, hogy az RFLP alapú tervezésfilozófiai modellt összekapcsolja a koncepció műszaki terveivel, így igyekezve a tervezési folyamat hatékonyságát fejleszteni. Ennek az integrációnak a verifikációs folyamatokra gyakorolt hatását vizsgálja Meíja-Gutiérrez&Carvajal-Arango, és jelentik, hogy az RFLP megbízható módszert jelenthet a tervek verifikálására már korai tervezési szakaszban is.^[13] Dumitrescu et al. bemutatja a funkcionális struktúrák alkalmazását járműiparban, azonban a termelésre fókuszál a fejlesztés helyett.^[14]

2.2. Funkcionális architektúrák

A funkcionális architektúra tehát a termék teljes rendszerének a megvalósított funkciók szempontjából történő lebontását jelenti. Az SE módszerrel végzett járműfejlesztésnek fontos részét képezi a többi RFLP struktúrával együtt, és jelentős technikai segítséget nyújt a fejlesztőknek abban, hogy hatékonyan teljesíthessék a stakeholderek igényeit koncepcióalkotástól kezdve a sorozatgyártás megkezdéséig a Vee modell mentén.^[15]

[11] HOSSEINI, H. N. – WELO, T.: A framework for integrating reliability and systems engineering: proof-of-concept experiences, in: *26th Annual INCOSE International Symposium*, 2016.

[12] KLEINER, S. – KRAMER, C.: Model based design with systems engineering based on RFLP using V6, in: *Smart Product Engineering*, 2013, 93–102.

[13] MEÍJA-GUTIÉRREZ, R. – CARVAJAL-ARANGO, R.: Design Verification through virtual prototype in g technique based on Systems Engineering, in: *Research in Engineering Design*, 2017/28/4. szám, 477–494.

[14] DUMITRESCU, C. – MAZO, R. – SALINESI, C. – DAURON, A.: Bridging the gap between product-lines and systems engineering. An experience in variability management for automotive model-based systems engineering, in: *SPLC ,13: Proceedings of the 17th International Software Product Line Conference*, 2013, 254–263.

[15] HASKINS, C. – FORSBERG, K. – KRUEGER, M.: *INCOSE Systems Engineering Handbook*, 2007, INCOSE, Seattle, 3.6/20.

Lind&Heldal megerősíti, hogy az elektronikus architektúrák alkalmazása kulcsfontosságú az autópárhban is, különösen az innovatív, eddig még nem alkalmazott, gyakran szoftveres funkciók megtervezéséhez.^[16] Ezen struktúra megalakításához javasolnak és mutatnak be egy újfajta fejlesztési folyamatot. A funkcionális szemléletet különösképpen akkor szükséges alkalmazni, ha hálózati topológiát fejlesztünk vagy viselkedést modellezünk.

Behere&Törngren autonóm járművek funkcionális architektúrái kidolgozásának a leghatékonyabb módját keresi, és maga is bemutat erre vonatkozó megközelítéseket, amelyeket három különféle járműfejlesztési projekten a gyakorlatban is tesztelnek.^[17] (i) önvezető képességgel rendelkező nehézgépjármű;^[18] (ii) önvezető személyautó; (iii) drive-by-wire rendszerű elektromos önvezető gépjármű koncepció.^[19]

3. KUTATÁSI CÉLOK

A releváns szakirodalmak áttekintésével jól látható, hogy bár többen foglalkoztak funkcionális architektúrák kidolgozásával és implementálásával a járműfejlesztés területén is – különösen Behere&Törngren tanulmánya^[20] jelentős –, az FSAE környezetben való vizsgálat leírása még hiányzik. Jelen kutatás elsődleges célja, hogy bemutasson egy Systems Engineering szemlélettel meghatározható, az FSAE környezetre specifikusan jellemző funkcionális rendszerarchitektúrát, amely a termék RFLP modelljének egyik fő pillérét adja.

4. FUNKCIONÁLIS ARCHITEKTÚRA LÉTREHOZÁSA FSAE KÖRNYEZETBEN

4.1. Módszertan

A kutatás adatgyűjtése „participatory action research”, azaz a modellkörnyezet működésében való részvétel módszerével zajlott.^[21]

[16] LIND, K. – HELDAL, R.: Automotive System Development using Reference Architectures, in: *IEEE 35th Software Engineering Workshop*, 2012, 42–51.

[17] BEHERE, S. – TÖRNGREN, M.: A functional architecture for autonomous driving, in: *IEEE First International Workshop on Automotive Software Architecture*, 2015, 3–10.

[18] MARTENSSON, J. – ALAM, A. – BEHERE, S.: The Development of a Cooperative Heavy-Duty Vehicle for the GCDC 2011: Team Scoop, in: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2012/13/3., 1033–1049.

[19] WALLMARK, O. – NYBACKA, M. – MALMQUIST, D. – BURMAN, M. – WENNHAGE, P. – GEOREN, P.: Design and implementation of an experimental research and concept demonstration vehicle, in: *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2014, 1–6.

[20] BEHERE – TÖRNGREN: i. m. 3–10.

[21] JOHNSON, M.: Innovation Enablers and Their Importance for Innovation Teams, in: *Blekinge Institute of Technology Doctoral Dissertation Series*, 2016/7. szám.

A kutatás kezdetekor egy innováció csapat került felállításra a tesztkörnyezetként kiválasztott FSAE szervezetben. Az innovációs team a háromtagú vezetőségéből (csapatvezető, csapatvezető helyettes és konstrukciós vezető), valamint két befolyásos részlegvezető bevonásával alakult meg. Az SE módszertan megismerése és a gondolkodásmód kulcspontjainak elsajátítása megkezdődött. Ezen folyamat során az innovációs csapat tagjait folyamatosan, iteratív módon vontuk be az SE elméleti háttérének FSAE-re való adaptálásába, így ennek részeként elemeztük az RFLP struktúrák alkalmazhatóságát is. A bevezetés kezdetétől fogva részt vettünk a csapat megbeszélésein, heti egy alkalommal, illetve ezen kívül az innovációs team részvételével külön workshop alkalmakat szerveztünk az új modell bevezetését segítve. Minden egyeztetés dokumentálásra került hangjegyzetes formában, illetve írásos módon.

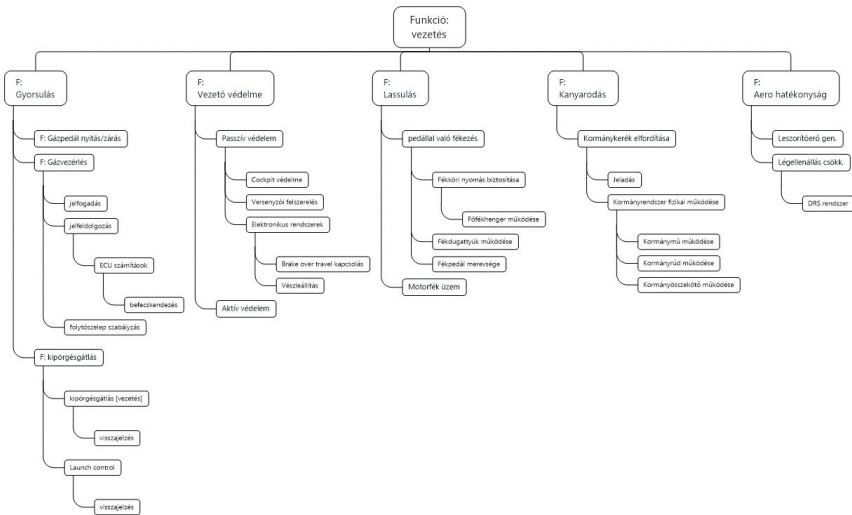
Az SE vezetői szerepek kijelölését, illetve a pontos feladatkörök kijelölését követően egyértelmű volt, hogy más SE vezetői struktúrákhoz hasonló módon az FSAE környezetben is az Architect (építész) feladata a végtermék, azaz a versenyautó RFLP struktúráinak megalkotása, majd a projekt teendőinek lebontása és allokálása az alrendszerek szintjéig.

5. A FUNKCIONÁLIS ARCHITEKTÚRA BEMUTATÁSA ÉS ALKALMAZÁSA

5.1. FSAE versenyautó funkcionális struktúrája

Ezen szakasz célja, hogy az FSAE környezetben releváns funkcionális struktúra létrehozásának logikai menetét bemutassa, és a teljes rendszer egy kiválasztott részletének példáján szemléltesse is azt. A funkcionális struktúra elemeinek – amint az egy korábbi szakaszban már említésre került – elsődleges célja, hogy választ adjon arra a kérdésre, hogy „mit valósít meg?” az adott komponens vagy alrendszer.

1. ábra: FSAE funkcionális struktúra (részlet)



Az 1. ábra az FSAE versenyautó fontosabb rendszereinek funkcionális meghatározását, és azok strukturális lebontását ábrázolja. Megfigyelhető, hogy a termék elsődleges funkciója a vezetés, azaz, hogy a teljes funkciókészletével a vezető rendelkezésére álljon bármely időpillanatban. A teljes funkciórendszer bemutatására annak kiterjedtsége miatt jelen tanulmányban nincs mód, azonban a „gyorsulás” funkció példáján keresztül a felépítési elv bemutatható az alábbiak szerint:

- Gyorsulás: elemi feladata a versenyautónak, ezáltal tud a szükséges mértékben és ideig haladni előre, de megannyi komplex feladat tartozik ezen funkcionális rendszer alá.
- Gázvezérlés: egy FSAE versenyautó is komplexebb rendszer annál, hogy egyszerűen gáznyitás és -zárás megfelelően szabályozza a gyorsulás funkciót.
- Jelfogadás: az elektronikus gázpedálállás jelét a központi vezérlőegység fogadja és ennek megfelelően változtatja meg az aktuális fojtószelep nyitásszögét.

5.2. A struktúra gyakorlati alkalmazása

A koncepcióalkotást, illetve teljes termékszintű cél meghatározását követően az elvárásokért felelős vezető output információi alapján az „Architect” koordinálja a termék RFLP struktúráinak kidolgozását. Az alrendszerek (pl. hajtáslánc) esetében szintén kijelölésre került egy architektúráért felelős részlegrészintű vezető, tehát a legfelső szint „Architectjének” az általa koordinált alrendszerek ösz-

szehangolását kell elvégeznie elsődlegesen. A funkcionális architektúra elemei – ahogyan az 1. ábra is mutatja – nem minden esetben követik a diszciplináris struktúrát vagy éppen az elvárások rendszerének felépítését. Ez utóbbi sajátosság szükséges megteremteni az RFLP struktúrák mint önálló dimenziók közti kapcsolatokat egy-egy komponens szintjén. Pl. a „break-over-travel switch”, azaz a fékpedál esetleges üzemképtelenségét visszajelző kapcsoló bár a funkcionális architektúrán a „vezető védelme” funkció alatt helyezkedik el, egy diszciplináris rendszerarchitektúrán vagy akár az elvárások struktúrájában is érintve lehet (jellemzően) az elektronikai rendszer oldaláról a kapcsolódó komponensek miatt.

Az egyéb RFLP struktúrák mellett a funkcionális architektúra is alapjaiban meghatározza a szervezeti folyamatokat, különösen az aktuális projektciklus tervezés és verifikáció fázisaiban. Egy-egy alrendszer fejlesztői, tervezői ezen struktúrák mentén kell, hogy megfelelő komponenseket alkossanak, amelyeket szintén a struktúrák kapcsolatai mentén hatékonyan integrálni is lehet. Az FSAE SE rendszerében az „Architect” végzi az integrációt is, azonban az ellenőrzésekért már a „Verificationsmanager” felelős. Más szóval, a funkcionális architektúrák legalább olyan mértékben befolyásolják a verifikációért felelős vezetők és tagok munkáját, mint azokét, akik a megalkotásával foglalkoznak.

6. ÖSSZEGZÉS

Az SE működési modell FSAE-ben való bevezetésének egyik fő pontját adja az RFLP struktúrák kidolgozása az aktuális projektciklus termékére, az adott versenyszezonra tervezett versenyautóhoz kapcsolódó elvárásokhoz és funkciókhoz igazodva. Az ipari járműfejlesztés modellkörnyezetében a szervezeti változás megkezdéseként innovációs csapat alakult meg, és ennek tagjainak bevonásával, folyamatban való részvétel adatgyűjtési módszerével alkottuk meg a jelen tanulmányban vizsgált funkcionális architektúrát. Megállapítható, hogy a funkcionális architektúra az FSAE termékre is létrehozható, és a várakozások, illetve az innovációs csapat tagjainak visszajelzése szerint segíthet a hatékonyabb munkaszervezés megvalósításában a fejlesztési folyamatok terén. Az egyik vezető nyilatkozata szerint „várható, hogy az új rendszernek köszönhetően jobb autót építsünk kevesebb pénzből, és a termék minőségét és funkcióit visszajelző „Design” pontokban 10-15% javulást érjünk el”.

A bemutatott funkcionális architektúra felépítésének logikája és a modellkörnyezet vezetőinek várakozásai segíthetik az iparág szereplőinek a változó stakeholder igényeknek való hatékonyabb megfelelés elérésére irányuló törekvéseit. A teljes kutatás célja és várható kimenetele, hogy az RFLP struktúrákat így a funkcionális struktúrát is teljes rendszerszinten alkalmazza és annak eredményességét ellenőrizze. Ennek megalapozó lépéseit sikerült elérnünk a kutatás aktuális szakaszának lefolytatásával, amely a körülmények tekintetében – limitációk szakaszban kifejtve – a terveknek megfelelően zajlott.

7. LIMITÁCIÓK ÉS KITEKINTÉS

A bevezetés sikerességének mérésére a várakozásokhoz képest kevesebb adat állt rendelkezésre, mivel a rendszerarchitektúrák gyakorlatban való mélységi, azaz teljes szervezetben való alkalmazását a Covid-19 világjárvány okozta korlátozások jelentős mértékben akadályozták. A járványügyi intézkedések értelmében a csapattagok nem, illetve korlátozott mértékben látogathatták a műhelyüket és jellemzően home-office rendszerben végezték munkájukat. Egy FSAE szervezet működésében ez különösen nagy változást jelentett, mivel a motivációs tényezők nagy mértékben függenek a közös munkavégzéstől, a közös céloktól és a csapat-szellem érzékelésétől. Az indikátorokkal való mérést és az eredmények összehasonlítását a fentebb említett okok, valamint a 2020-ban elmaradó versenyszezon miatt célunk, hogy a 2019-es és 2021-es eredmények összevetésével végezzük el.

„Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3-II kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BAUGHEY, K.: Functional and Logical Structures: A Systems Engineering Approach, in: *SAE Technical Paper*, 2011.
- BEHERE, S. – TORNGREN, M.: A functional architecture for autonomous driving, in: *IEEE First International Workshop on Automotive Software Architecture*, 2015, 3–10.
- DONADA, C. – ATTIAS, D.: Food for thought: which organisation and ecosystem governance to boost radical innovation in the electromobility 2.0 industry?, in: *Int. J. Automotive Technology and Management*, 2015/15/2. szám.
- DUMITRESCU, C. – MAZO, R. – SALINESI, C. – DAURON, A.: Bridging the gap between productlines and systems engineering. An experience in variability management for automotive model-based systems engineering, in: *SPLC ,13: Proceedings of the 17th International Software Product Line Conference*, 2013, 254–263.
- ELM, J.: *A Study of Systems Engineering Effectiveness, Initial Results in Sys Con – IEEE International Systems Conference*, 2008.
- FALK, K. – MULLER, G.: Embedded Master’s Students Conduct Highly Relevant Research Using Industry as Their Laboratory, in: *Technology Innovation Management Review*, 2019/9/5. szám, 54–73.
- FISCHER, R. – VORBACK, S. – HICK, H. – BAJZEK, M.: Systems Engineering Organizational Constraints and Responsibilities, in: HICK H. – KÜPPER K. – SORGER H.(eds.): *Systems Engineering for Automotive Powertrain Development, Powertrain*, Springer, Cham, 2020, 1–23.
- HASKINS, C. – FORSBERG, K. – KRUEGER, M.: *INCOSE Systems Engineering Handbook*, 2007, INCOSE, Seattle, 3.6/20.

- HOSSEINI, H. N. – WELO, T.: A framework for integrating reliability and systems engineering: proof-of-concept experiences, in: *26th Annual INCOSE International Symposium*, 2016.
- JOHNSON, M.: Innovation Enablers and Their Importance for Innovation Teams, in: *Blekinge Institute of Technology Doctoral Dissertation Series*, 2016/7. szám.
- KLEINER, S. – KRAMER, C.: Model based design with systems engineering based on RFLP using V6, in: *Smart Product Engineering*, 2013, 93–102.
- KOLOSSVÁRY, T. – DÓRY, T. – FESZTY, D.: Formula SAE as a Model Environment to Innovate Automotive Product Development, in: *58th International Scientific Conference on Economic and Social Development – Budapest*, 2020. szeptember 4–5., Book of Proceedings, 283–293.
- LIND, K. – HELDAL, R.: Automotive System Development using Reference Architectures, in: *IEEE 35th Software Engineering Workshop*, 2012, 42–51.
- MARTENSSON, J. – ALAM, A. – BEHERE, S.: The Development of a Cooperative Heavy-Duty Vehicle for the GCDC 2011: Team Scoop, in: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2012/13/3., 1033–1049.
- MEJÍA-GUTIÉRREZ, R. – CARVAJAL-ARANGO, R.: Design Verification through virtual prototyp in g technique based on Systems Engineering, in: *Research in Engineering Design*, 2017/28/4. szám, 477–494.
- SCHULZE, A. – MACDUFFIE, J. P. – TÄUBE, F. A.: Introduction: knowledge generation and innovation diffusion in the global automotive industry. Change and stability during turbulent times, in: *Industrial and Corporate Change*, 2015/24/3. szám, 603–611.
- STOLFA, J. – STOLFA, S. – BAIO, C et al.: DRIVES–EU blue print project for the automotive sector. A literature review of drivers of change in automotive industry, in: *J. Softw. Evol. Proc.*, 2019/2222 szám.
- VANEK, F. – JACKSON, P. – GRZYBOWSKI, R. – WHITING, M.: Effectiveness of Systems Engineering Techniques on New Product Development, in: *Result from Interview Research at Corning Incorporated in Modern Economy*, 2017/8. szám, 141–160.
- WALLMARK, O. – NYBACKA, M. – MALMQUIST, D. – BURMAN, M. – WENNHAGE, P. – GEOREN, P.: Design and implementation of an experimental research and concept demonstration vehicle, in: *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2014, 1–6.