

Tesztteszköz hordozó platformjának tervezési tapasztalatai járműipari környezetben

Magai Róbert¹, Molnár Balázs², Pekk Leticia³, Dr. Háry András⁴

¹Széchenyi István Egyetem (e-mail: magai.robort@sze.hu)

²Széchenyi István Egyetem. (e-mail: molnar.balazs@sze.hu)

³ZalaZONE Kutatási és Technológiai Központ (e-mail: leticia.pekk@tc.org.hu)

⁴ZalaZONE Tudományos Park Kft. (e-mail: andras.hary@apnb.hu)

Absztrakt: A publikáció célja a jármű ADAS tesztekhez kapcsolódó tesztelési eszköz tervezéséhez kapcsolódó módszertani kihívások feltérképezése, elemzése. Emellett külön figyelmet kap a tervezési igényeken belül a radarkeresztmetszeti vizsgálatok a jelentősége a megvalósítást megelőzően. Ennek érdekében különböző empirikus tesztek alapján kerülnek feltárásra azok a paraméterek, amelyek döntően befolyásolják a radarkeresztmetszeti értékeket, ezzel nagymértékben meghatározva a végső konstrukció kialakítását.

1. BEVEZETÉS

A technológiai fejlődés új irányokba tereli a jármű konstrukciókat és kihívások elé állítja a járműipari szereplőket. Különösen az alternatív meghajtás és az autonóm jármű fejlesztési trendek hatnak ezen ágazatra. A járművek ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) tesztelése döntő szerepet játszik a járművek biztonságos közúti közlekedésében. Ezeket a rendszereket úgy tervezték, hogy segítsék a vezetőket figyelmeztetésekkel és automatizált funkciókkal, amelyek javítják a vezetési biztonságot. A megbízhatóságuk és hatékonyságuk biztosítása érdekében azonban elengedhetetlen ezen rendszerek alapos tesztelése. A tesztelési protokoll során a megfelelő tesztelési eszköz használata is nagy szerepet kap, így ezek fejlesztése is külön figyelmet igényel.

A közlekedést, mobilitást gyakran a társadalmak jólétének eszközeként említik, bár bizonyos kockázatokat hordoz és külső költségeket vagy externáliákat jelent, amelyek közvetve jelentkeznek. (Parry et al., 2007; Link et al., 2016) Ezen kihívásokra az autonóm mobilitás jelentheti a megoldást. Ennél fogva a technológia fejlődése az autóiipari szoftvertervezés oldalán szintén kihívásokkal teli, hiszen különböző komplex igényekre szükséges megoldásokat fejleszteni, amelyeknek valószínűleg már részét fogja képezni az új technológiák közül az MI (Mesterséges Intelligencia) is. (Ebert és Favaro, 2017) A kutatások szerint jövőben várhatóan egyre nagyobb teret nyernek az összekapcsolt járművek (connected vehicle), amelyekhez nem csak a járművet, hanem a teljes közlekedési infrastruktúrát és környezetet is fejleszteni kell. Ennek megvalósításával a járművek képesek kommunikálni a közeli járművekkel, illetve az infrastruktúrával és a környezettel, ezzel lehetőséget adva

többek között az adaptív útvonaltervezésre és valós idejű navigációra. (Abdelkader et al., 2021)

A járműipar és a közlekedés új irányainak törekvései folyamatos fejlődés alatt vannak, amelyeket azonban biztonsági tényezőknek is le kell tudni követni. Az újfajta rendszerek tesztelése sok téren továbbra sem szabványosított, ezen esetekben csak néhány elfogadott protokollon keresztül vizsgálható az adott rendszer. A validáláshoz és a jármű rendszerének teszteléséhez ennél fogva megfelelő célszükségesek. Az ehhez szükséges eszközök/termékek fejlesztésének esetében különösen fontos a módszeresség, a körültekintő és megalapozott megközelítés. Ennek kapcsán vizsgálni szükséges nem csak a jármű rendszerek működését, de azoknak a fejlesztendő teszt-támogató eszközzel kapcsolatos hatásait, viszonyát is. Ugyanakkor a termékfejlesztés során az igények kielégítéséhez továbbra is elengedhetetlen az agilitás és az iteráció. (Pfeiffer et al., 2016). Másrészt a szigorúbb módszeresség elve mellett fontos megtartani a kreativitás lehetőségét a sikeres termékfejlesztéshez. Egy komplexebb termék esetében kulcsfontosságú tényező még a tudásmegosztás is (Stock et al., 2021).

A tanulmány a jármű tesztelések során használatos humán, azaz embert mintázó bábu (dummy) hordozó platformjának tervezési kihívását kívánja bemutatni. A tervezés során fontos megismerni a járművek kapcsolódó ADAS rendszerének működését, illetve a termékre ható tényezőket. Ennek mentén a célzott radar keresztmetszeti tulajdonságok vizsgálati eredményét szükséges értékelni és ennek alapján javaslatot tenni a lehetséges konstrukciós irányokra.

2. KITEKINTÉS

Az önvezető technológiák számos rendszerének használata egyre szélesebb körben terjed a járművekben, és ez a tendencia folyamatosan erősödik (Skeete, 2018). Ezen rendszerek közé tartoznak az asszisztált parkolás, a sebességtartó automatika, a vészfék és a szenzortechnológia (Bloom et al., 2017). Ezen kívül Davidson és Spinoulas (2015) azt azonosította, hogy olyan technológiák, mint a felhőkapcsolat és a kamerák, pozitív szerepet játszottak az általános teljesítmény javításában, amelyeket az önvezető járművekben is fel lehet használni. A számítástechnika és érzékelés technológiájának területén elért kutatási eredmények az önvezető járművek (AV) fejlesztését is erősítik (Campbell et al., 2010). Ahogy a gyártási alkalmazásoktól a járműalkalmazásokig történő átmenet zajlik, az önvezető technológia a globális kutatás középpontjában áll, hangsúlyt fektetve a kockázat csökkentésére és az üzembiztonság növelésére (Helle et al., 2016; Pandey et al., 2018) Az autonómia az autóiipari alkalmazásokban azt ígéri, hogy a felhasználók számára csökkenti az ingázás terhét, csökkenti a közlekedési dugókat, javítja az útbiztonságot és csökkenti a szén-dioxid kibocsátást (Bernhart és Winterhoff, 2014). Az autonóm rendszerek fejlesztéséhez kapcsolódóan számos kutatás zajlott és zajlik, ennek ellenére jelentős erőfeszítések vannak a verifikáció és validáció (V&V), azaz a termék helyes működésének és követelményeknek való megfelelőségének vizsgálata terén is (Tallant et al., 2006). Az NCAP (New Car Assessment Program) tesztprogram a világ számos részén használatos, például Európában (Euro-NCAP), az Egyesült Államokban (US-NCAP) és Dél-Koreában (KNCAP), hogy előmozdítsa a tömeggyártású járművek újonnan kifejlesztett biztonsági rendszereinek alkalmazását azzal, hogy objektív biztonsági értékelést ad a járművek számára. A biztonsági értékelést a vizsgált járműveken végzett tesztek alapján határozzák meg, amelyeken keresztül a járművek ADAS rendszereit vizsgálják, tehát a hagyományos tesztekkel ellentétben itt a hibák megelőzésére helyeződik a hangsúly. Emellett az ADAS biztonsági tesztjéhez új tesztberendezésekre is szükség van az NCAP-ben (Park et al., 2019). A tesztelesekhez használt eszközök esetében figyelembe kell venni a jármű érzékelőinek működési elvét, hiszen például egy a radar alapvetően frekvencia-modulált folyamatos hullám technikát használ a statikus vagy mozgó objektumok észlelésére. A radarjel majdnem minden felületről visszaverődik, így, ha pontosan ismerjük a kimenő jel tulajdonságait (frekvencia, amplitúdó), és megvizsgáljuk őket a visszaverődött áramban, akkor sok adatot kaphatunk a céltárggyal kapcsolatban (Abdelkader et al., 2021; Singht et al., 2021). A radar visszaverődés meghatározásához az ún. radarkeresztmetszeti értéket kell meghatározni (Radar Cross Section – RCS), amely a céltárgy visszaverőképességét méri, és a radar észlelés mechanizmusából ered. Az RCS értéket számos tényező befolyásolja, például a céltárgy anyaga, méretei a radar hullámhosszához viszonyítva, a radar sugár becsapódási szöge, a visszaverődési szög és a sugárzás polarizációja a célpont orientációjához viszonyítva.

A termékfejlesztés sikerességének egyik meghatározó indikátora a vállalatok számára az innováció, amely növeli a profitot (Artz et al., 2010). A hatékonyabb folyamat kialakítását erősíti az egyetem-ipar együttműködése is, hiszen ösztönző a tudás és technológia csere a felsőoktatás és az üzleti élet között. Az új termékek prototípusainak tervezése egy olyan terület, ahol az ipar értékes új ismereteket és technológiai megértést szerezhet, míg a felsőoktatási intézmények fejleszthetik a résztvevők készségeit és kompetenciáit, ösztönözve őket az autentikus valós problémákon való munkára. A "design thinking" szempontjából a gyors termékfejlesztést azzal lehet meghatározni, hogy új termékeket hoznak létre a lehető legrövidebb idő alatt, amelyek megfelelnek a kívánatosság, megvalósíthatóság és életképesség kritériumainak (Jussila et al., 2020).

Összeségében elmondható, hogy a fejlesztendő termékre ható tényezők megismerése fontos lépés, illetve a hiányzó tudás kiegészítése elengedhetetlen. A járművek ADAS tesztjeihez szükséges lehet újfajta tesztelési eszközök fejlesztése is. A jelen elemzésben példaként bemutatásra kerülő, tervezendő teszteszköz hordozó platform konstrukciójának megtervezéséhez figyelembe kell venni a jármű radarkeresztmetszeti értéket, hiszen ez a tesztelés hitelességének egyik meghatározója.

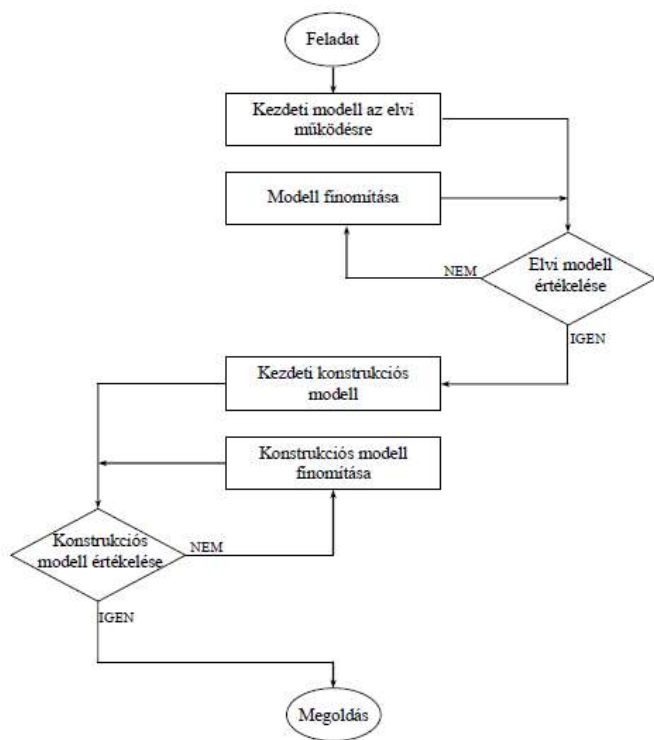
3. MÓDSZERTAN

A tervezőmérnök feladata, hogy egy meglévő műszaki problémára az adott keretek között megtalálja az optimális megoldást. A mérnöki tudomány fejlődése során a fellelt problémák jellege időről-időre formálódik, de a tervezői módszeresség iránti igény folyamatosan jelen van. A tervezéshez ezért érdemes mindig valamilyen módszertani megközelítést alkalmazni, amelyeket Kamondi et al. (2011) is kiemelnek módszeres termékfejlesztés könyvükben.

Az intuitív módszertanoknak körében az elmúlt évtizedben rengeteg szabadalom és eszköz született, és ezeket a várhatóan egyre szélesebb körben alkalmazzák. A megközelítés legfontosabb jellemzője, hogy a tervező annyiszor tér vissza a folyamat kezdeti szakaszához, a brainstorming szakaszhoz, ahányszor nem sikerül az optimális koncepció elérése. Ez a fajta módszertan nem egy folyamatos, irányítható folyamat, hanem egy rugalmasabb szemléletet igénylő eljárás.

A kognitív módszertanok (1. ábra) alapja nem az újrakezdés,

illetve nem a kezdő pontra való visszalépés minden ötlet után, ez egy irányított folyamat mentén megvalósuló tervezési megközelítés. Az eljárás fő célja a termék részegységekre való bontása, valamint ezen elemek tételes kiértékelése és olyan szintre való finomítása, hogy a legjobb megoldás keletkezzen. Az intuitív eljárással ellentétben a folyamat szigorúan irányított, emellett a lépések előre meghatározott sorrendet követnek.



1. ábra Kognitív módszertan
(Kamondi et al., 2011)

Azonban bármiféle módszertan használata előtt az elsődleges feladat a különböző elvárások, igények meghatározása. A követelménysor felállítása nélkül szinte lehetetlen a tervezési folyamatot precízen elvégezni, mivel a tervező mérnöknek tudnia kell a határokat. A következő fejezetben kerülnek bemutatásra azok a kikötések, amelyek a jelen cikkben példaként használt platform fejlesztési feladat során definiálásra kerültek.

4. TERVEZÉSI KÖVETELMÉNYEK

A tervezési folyamat kezdő lépéseként kiírásra kerültek azok a szempontok, amelyeknek meg kell, hogy feleljen az eszköz. Ezek az igények azon felhasználókkal egyeztetve kerültek meghatározásra, akik a jövőben az ADAS tesztek során egyaránt használni fogják a dummy-t, valamint az azt hordozó platformot.

A példában elsődlegesen statikus tesztesetekhez használható konstrukció elkészítése volt a cél, vagyis a platformnak statikus tesztek során jelen esetben nem kell mozgást végeznie, csupán a dummy fix rögzítéséről gondoskodik. Viszont fejlesztési teret kell hagyni a későbbi dinamikus felhasználáshoz is. Ezért a tervezés során indokolt figyelembe venni, hogy a platformnak megoldható legyen a lineáris pályán történő maximum 5 km/h sebességgel való vontathatósága egy következő fejlesztési szakaszban.

A következő igény a piaci benchmark termékekhez viszonyítva jóval kedvezőbb költségvetésű megoldás elkészítése. Ebből kifolyólag a platform várhatóan nem fog teljeskörűen ugyanazon tulajdonságokkal rendelkezni, mint egy kereskedelmi termék, azonban az elkészítésének és javításának költségei is töredéke a piacon fellelhető platformokhoz képest, miközben a meghatározó standard funkcionális tesztes elvárásokat mégis tudja teljesíteni.

Negatív kimenetelű ADAS teszt során a jármű elütheti a dummy bábút, illetve ezzel egyidejűleg áthajthat a platformon is. Ennek érdekében a platformnak egy masszív szerkezetet kell alkotnia, hogy a gépjármű egy kerékre jutó terhelését elviselje. Tehát megfelelő stabilitást kell biztosítani a személygépjárművel való áthajtás esetén.

A teszteset megelőzően a tesztesszközt egyszerűen és kevés időfelhasználással üzembe kell tudni helyezni, valamint bizonyos alkatrész/alkatrészek meghibásodása esetén a komponensek gyors javítását elérhetővé kell tenni.

A kompakt méret szintén alapvető elvárás az eszközzel szemben, mivel ez szükséges ahhoz, hogy a rendelkezésre álló tesztjárműben könnyen szállítható legyen, illetve a platform teljes magassága a tesztjármű has magassága alatt helyezkedjen el.

Az előző ponthoz szorosan kapcsolódva törekedni kell az egyszerűen megoldható mozgásra. Így a cél maximum 2 személy számára megfelelő tömegű és ergonómiájú konstrukció tervezése, figyelembe véve a kényelmes hordozhatóságot.

Üzembehelyezést követően jó mobilitással kell rendelkeznie a platformnak, ezzel biztosítva a teszthez való könnyű pozicionálást. Vagyis fontos, hogy A pontból B pontba való jutását akadálymentesen végre lehessen hajtani.

Alapvető elvárásként elmondható, hogy a platformra tervezett csatlakozás a dummy-val kompatibilis, stabil pontot jelentsen. Szabványos csatlakozó használata előnyt jelenthet, mivel így a platform adott esetben a saját tesztesszközünkön túl, többfajta próbabábút is képes lehet megbízhatóan rögzíteni.

Végül talán a legfontosabb és legkritikusabb szempont a teszteseteket illetően az ideális radarkeresztmetszeti értékek biztosítása. Ugyanis a platformnak a dummy-val együttesen egy valódi személynek az RCS értékeit kell megközelítenie, hiszen a teszteset során a radarnak „emberként” kell detektálnia az adott esetben előtte elhaladó tesztbábút.

A fentebb leírt kritériumok alapján elkészítésre került egy úgynevezett tervezési mátrix (2. ábra), amely mankóként szolgál a konstrukció megalkotása során, hiszen egyértelműen tartalmazza azokat a jellemzőket és értékeket, amelyeknek kötelezően meg kell felelni a termékfejlesztés során.

FUNKCIÓ	Várható igények	Működési paraméter			Működési körülmény	Működési mód	Működési idő	Működési hely	Működési mód	Működési mód
		Állapot	Időtartam	Érték						
Üzemeltetői felület	Az üzemeltetői felület az alkalmazás során azonosítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Üzemeltetői felület	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Adatgyűjtés	Az adatgyűjtés során az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Adatgyűjtés	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Adatfeldolgozás	Az adatfeldolgozás során az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Adatfeldolgozás	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Működési mód	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Működési mód	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Állapot	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Állapot	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Időtartam	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Időtartam	Időtartam	2	2	2	2	2	2	2
Érték	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Érték	Érték	2	2	2	2	2	2	2
Működési mód	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Működési mód	Működési mód	2	2	2	2	2	2	2
Állapot	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Állapot	Állapot	2	2	2	2	2	2	2
Időtartam	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Időtartam	Időtartam	2	2	2	2	2	2	2
Érték	Az alkalmazás a célterületre irányítja a célterületet, és a célterületet a célterületre irányítja.	Érték	Érték	2	2	2	2	2	2	2

2. ábra Tervezési mátrix

A tervezési igények felmérése során az is bebizonyosodott, hogy az optimális radarkeresztmetszeti értéknek megfelelően tervezni igencsak nehéz feladat, hiszen meglehetősen sok tényező befolyásolja azt. A cikk a továbbiakban a kívánatos radarkeresztmetszeti értékek meghatározásának folyamatát mutatja be.

5. RADARKERESZTMETSZET

Mindenekelőtt fontos tisztázni a radarkeresztmetszet fogalmát. A radarkeresztmetszet egy fontos fogalom a radar technológiában, amely a célpontok radarhullámokkal való visszaverődését jellemzi (Koncz, 2007). A radarkeresztmetszet méretét és alakját a céltárgy által visszaverődő radarhullámok jellemzői határozzák meg, amelyek befolyásolják a céltárgy észlelhetőségét a radaron.

A radarkeresztmetszet a céltárgy fizikai mérete és geometriája alapján változik. Egy kisebb, sík felületű objektum kevesebb radarhullámot ver vissza, így kisebb RCS-t mutat. Ezzel szemben egy nagyobb, szögletes vagy szögletes részletekkel rendelkező objektum nagyobb RCS-t eredményezhet.

A céltárgyak radarkeresztmetszetének optimalizálása gyakran azzal a céllal történik, hogy befolyásolják a visszaverődő radarhullámok méretét, erősítve ezzel a céltárgy észlelhetőségét.

A radarkeresztmetszet méretét és alakját több tényező is befolyásolhatja, mint például a céltárgy anyagminősége, alakja, mérete. Az RCS fontos szerepet játszik többek között a radarrendszerek tervezésében és a hadászati alkalmazásokban is, mivel befolyásolja a céltárgy észlelhetőségét, az észlelési távolságot és az azonosítást a radaron.

A radarkeresztmetszet mértékegysége a m^2 vagy dBm^2 , ami megegyezik a gyakran használt $dBsm$ -rel (deci Bell négyzetméter). Ebben az esetben logaritmikus alapon

viszonyítják a visszavert jel erejét az $1 m^2$ felületű cél által visszavert referenciamennyiséghez képest.

6. ELŐZETES MÉRÉSEK

Az első teszt helyszínül egy normál térköves parkoló környezet szolgált. A mérés célja a platform megfelelő alapanyagának a kiválasztása volt, ezért a vizsgálat során eltérő anyagok értékelésére került sor.

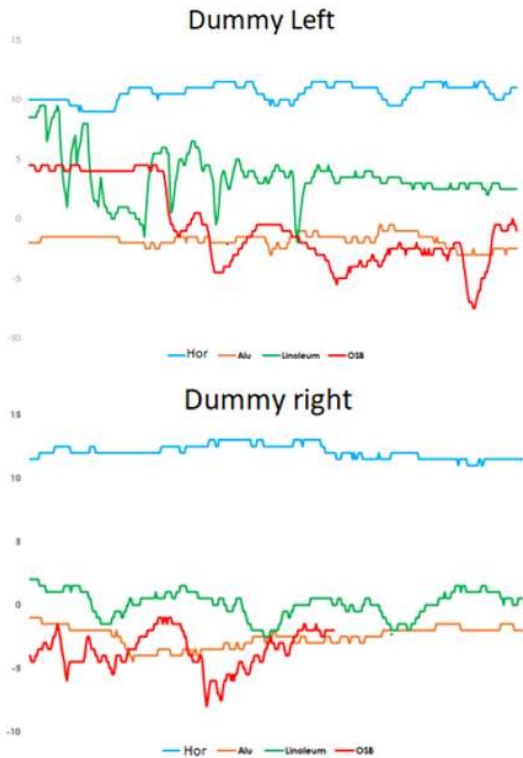
A mérés során egy Nissan Leaf-re szerelt Continental ARS 408-21 típusú távolsági radart, illetve egy korábbi projekt eredményeként született prototípus dummy bábút alkalmaztunk (3. ábra). Az adatok rögzítését, majd kiértékelését egy Jetson Xavier NX típusú mikroszámítógép segítette.



3. ábra Felszerelt Continental radar

A vizsgálat során a radartól 5 méterre felállított prototípus bábú elé különböző anyagtipusok lettek elhelyezve: OSB lap, műanyag lap, alumínium lap, illetve egy régebbi generációs platform, amely horganyzott lemezzel burkolt. Ezt követően a radar 30 másodpercig mérte a teljes szerkezet keresztmetszetét.

Összesen 33 darab eset került rögzítésre 3 nézetből, (bal, jobb, illetve elől nézet) majd a kapott eredményeket diagramon ábráztuk. A függőleges tengely az RCS [dBsm] értékeket, míg a vízszintes tengely az eltelt időt [s] jelöli. A 4. ábrán láthatóak a dummy bábú bal, illetve jobb oldaláról mért adatok a különféle anyagok szerint.



4. ábra Az előzetes mérési eredmények

Az első statikus tesztek eredményének elemzését követően két anyag típusra lehetett szűkíteni a platform anyagát, alumíniumra, valamint műanyagra. A döntést nagymértékben befolyásolták a mért radarkeresztmetszeti érték mellett az anyagok szilárdságtani tulajdonságai is, hiszen amellet, hogy a járművel történő áthajtás esetén a platformnak bírnia kell a ránehezülő súlyt, még az időjárási viszontagságokkal szemben is ellenállónak kell lennie.

7. GEOMETRIAI VIZSGÁLAT

A fejlesztendő platform termék geometriájával kapcsolatos tesztek végrehajtására a ZalaZONE Járműipari Tesztpálya K+ pályamodulján került sor.

A geometriai vizsgálat már egy dinamikus teszteset volt, ahol a jármű 30 méter távolságból közelítette meg a célpontot. Ebben az esetben is a Continental radart alkalmaztuk, viszont anyagként csak a korábban kiszűrt alumíniumot és műanyagot használtuk, folyamatosan változtatott szögbeállítások mellett. A mozgó teszt fő célja a rámpa rész geometria kialakításának, a megfelelő szög érték meghatározása volt, amely kritikus a tervezési szakaszban mind a konstrukció, mind a funkcionalitás szempontjából. Feltételezve, hogy nem várható releváns különbség minden egyes szög eltérés esetén, az 1-es táblázat szerint került felépítésre a mérési módszer.

Táblázat 1. A mért nézetek és tartományok

Nézet	Alsó szögtartomány	Középső szögtartomány	Felső szögtartomány
Bal	8°- 11°-ig (4 mérés)	14°- 16°-ig (3 mérés)	20°- 21°-ig (2 mérés)
Jobb			
Szemből			

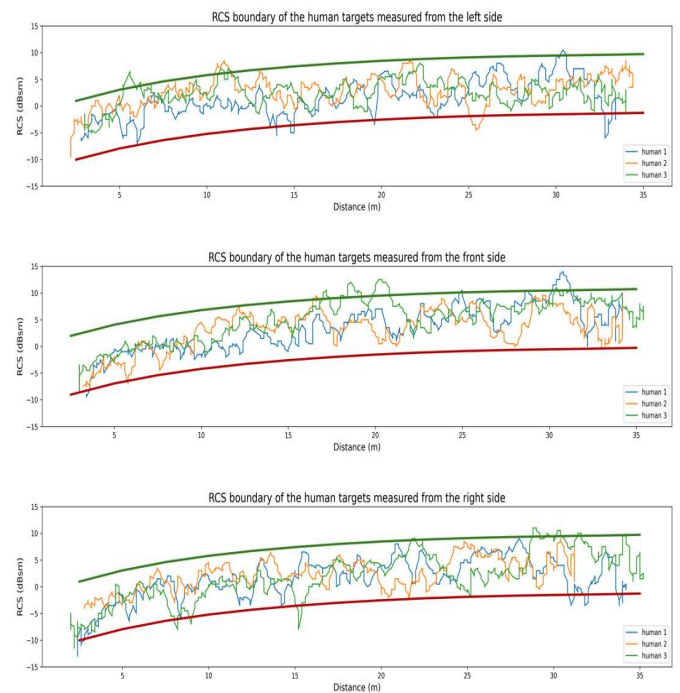
A táblázatból látható, hogy anyagonként 27, összesen 54 eset került kivizsgálásra különböző szög értékek mentén. A szögeket három tartományra bontottuk (alsó, középső, felső), illetve ezeket az eddigiekhez hasonlóan három nézetből vizsgáltuk (bal, jobb, szemből).

A vizsgált szögsáv az a biztonságosnak ítélt tartomány, amely még nem okoz kárt az esetleges áthajtáskor a járműben. A tesztjármű legfeljebb 10 km/h sebességgel haladt a bábu irányába és az 1-2 méterre kijelölt sávban állt meg.

Az optimális összehasonlítás érdekében 3 valós személy mérésére is sor került az egyes nézetekből. A mérés legfőbb célja, meghatározni az átlagos személy radar keresztmetszeti értékét, amely ezt követően összevethető a tesztbábuval és a különféle szögekben megdöntött anyagokkal. A személyek elé semmilyen anyagot nem helyeztünk, hiszen a nyers, valódi emberi RCS értékeket szeretnénk volna megkapni.

8. EREDMÉNYEK

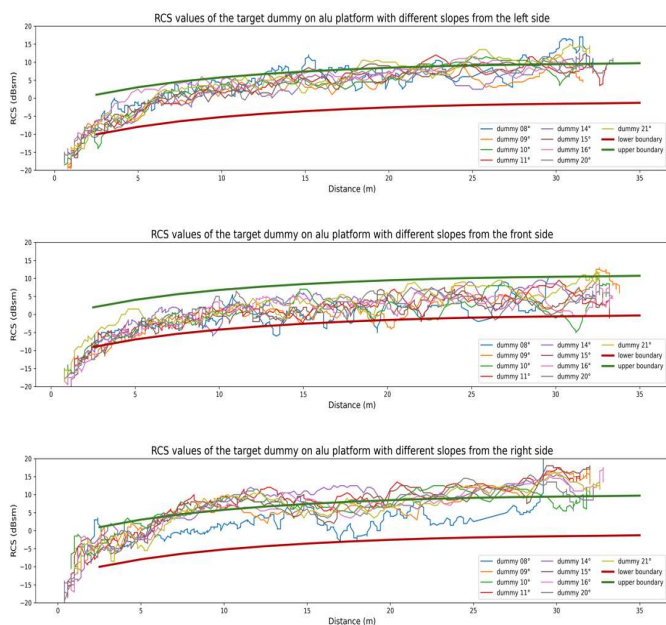
A tesztek követően a mért adatok kiértékelése következett, elsőként a valós személy értékek vizsgálatával, amely az 5. ábrán látható.



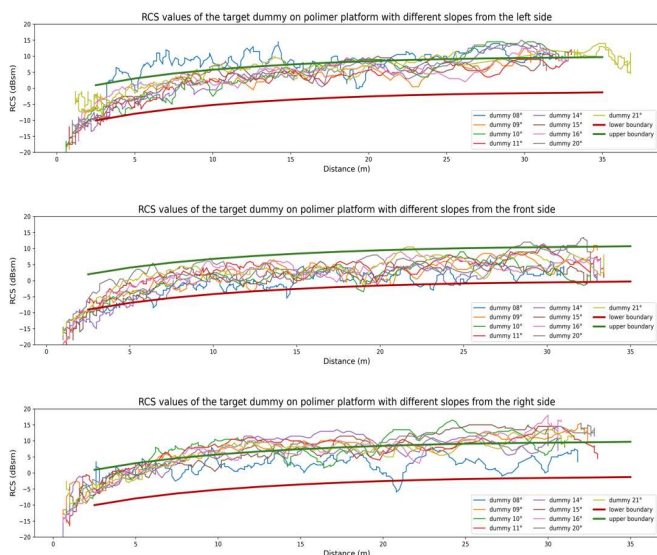
5. ábra A való személy mérések diagramjai

Külön diagramokon kaptak helyet az eltérő nézetek, ahol a függőleges tengelyen az RCS [dBsm] értékek láthatóak a különböző távolságok [m] függvényében (vízszintes tengely). Annak érdekében, hogy a valós személy mérések összevethetőek legyenek a próbabábu eredményeivel, egy trendgörbe került meghatározásra az átlagok maximum és minimum értékei alapján. A maximumot zöld, a minimumot piros színnel jelöltük.

A következőkben az alumínium és a műanyag esetében is ezen görbék segítségével vizsgáltuk, hogy mennyire valóságközeliek a dummy bábu és a szögben elhelyezett anyagok eredményei a humán referenciánkhoz képest.



6. ábra Szögértékek összehasonlítása alumínium esetén



7. ábra Szögértékek összehasonlítása műanyag esetén

A 6. ábrán az alumíniummal történő vizsgálatok diagramjai láthatóak. Jól látható módon a szemből mért adatok 3 méteres távolságot követően szinte tökéletesen beilleszkednek a trendgörbék közé, viszont a bal, illetve jobb oldali eredmények a maximum értékek felé tolódtak el. A jobb oldali nézet esetében nagyjából 7 méteres távolságot követően végig meg is haladta a kapott érték a maximum valós személy értékeket.

A 7. ábrán a műanyag borítású platform vizsgálatának különböző szögvariánsai szerepelnek. Összességében nagymértékű a hasonlóság az alumíniumhoz képest, vagyis a szemből zajlott mérések követik a korábban felrajzolt trendet. Az oldalnézetek közül a baloldali néhány kiugrást figyelmen kívül hagyva, szintén hasonló karakterisztikát mutat. A jobboldalra néző dummy esetében egy szög került a minimum alá 22 méternél, a többi érték szintén hasonló az alumínium borítás esetén kapott értékekhez.

9. KONKLÚZIÓ

Tervezési szempontból, a radar visszaverődésre érzékeny ADAS tesztekhez legrelevánsabbak az oldalnézeti mérések, hiszen negatív kimenetelű tesztek esetén többnyire oldalirányból ütik el a dummy bábut. Viszont, szemből nézve, a radar valószínűleg nagyobb felületet lát a bábuból, ezáltal a valós személy mérési értékeiből rajzolt trendgörbébe tökéletesen illeszkednek a nyert adatok. Ezzel szemben az oldalnézetek esetében a maximum felé tolódott el a karakterisztika, amely adódhat mérési pontatlanságból is.

Az összehasonlítás eredményei alapján meghatározható, hogy a tervezendő platform anyagának jó választás lehet az alumínium és a műanyag egyaránt. Emellett, a megvizsgált szögtartományok esetében néhány kiugró értéket leszámítva nem tapasztalható kimagaslóan eltérő érték az egyes szögek között, tehát 8°-os platform szögtől a 21°-ig nincs az általunk mértek alapján szembevetendő különbség, így ezen tényező kevésbé kritikus a tervezés során.

A vizsgálat eredményei alapján vissza lehet csatolni a felhasználói igények, NCAP protokoll elvárások és korábbi generációs platform termékek tapasztalati alapján meghatározott előzetes konstrukciós kritériumrendszer finomítása érdekében. Ennek eredményeként, a tervezés tárgyát képező, a jelen cikkben bemutatott platform szabványos használatához elengedhetetlen megfelelő radarkeresztmetszet értéket befolyásoló konstrukciós paraméterek meghatározhatók. A fejlesztés eredményeként, a módszeres tervezés végigvitelével így létrejöhet egy olyan tesztelést támogató eszköz, amely a funkcionális elvárásokat kedvező költség szinten képes kielégíteni, ezzel hozzájárul egyes tesztek versenyképességének javításához.

10. HIVATKOZÁSOK

1. Abdelkader, G.; Elgazzar, K.; Khamis A. (2021): Connected Vehicles: Technology Review, State of the Art, Challenges and Opportunities Sensors 21, 7712
2. Alawadhi, M., Almazrouie, J., Kamil, M. et al. (2020): A systematic literature review of the factors influencing the adoption of autonomous driving. Int J Syst Assur Eng Manag 11, 1065–1082
3. Artz, K. W., Norman, P. M., Hatfield, D. E., & Cardinal, L.B. 2010. A Longitudinal Study of the Impact of R&D, Patents, and Product Innovation on Firm Performance. Journal of Product Innovation Management, 27(5): 725-740
4. Bernhart, W., Winterhoff, M. (2014). Autonomous Driving: Disruptive Innovation that Promises to Change the Automotive Industry as We Know It. In J. Langheim, Energy Consumption and Autonomous Driving - Proceedings of the 3rd CESA Automotive Electronics Congress, Paris, 2014 (pp. 3-10). Springer.
5. Bloom C., Tan J., Ramjohn J., Bauer L. (2017): Self-driving cars and data collection: Privacy perceptions of networked autonomous vehicles. In: Thirteenth symposium on usable privacy and security (SOUPS) 2017, pp 357–375
6. Campbell M., Egerstedt M., How JP., Murray RM. (2010): Autonomous driving in urban environments: approaches, lessons and challenges. Philos Trans R Soc Math Phys Eng Sci 368(1928):4649–4672
7. Davidson P., Spinoulas A. (2015): Autonomous vehicles: what could this mean for the future of transport. In: Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM) National Conference, Brisbane, Queensland
8. Ebert C., Favaro J. (2017): Automotive Software, IEEE Software, vol. 34, no. 3, pp. 33-39, May-Jun
9. Helle P., Schamai W., Strobel C. (2016): Testing of autonomous systems—challenges and current state-of-the-art. In: INCOSE international symposium, vol 26, no. 1, pp 571–584
10. Jussila, J., Raitanen, J., Partanen, A., Tuomela, V., Siipola, V., Irma Kunnari, I. 2020. Rapid Product Development in University-Industry Collaboration: Case Study of a Smart Design. Technology Innovation Management Review, 10(3): 48-58
11. Kamondi L., Sarka F., Takács Á. (2011): Fejlesztés-módszertani ismeretek pp. 10-12
12. Koncz M. T. (2007): Luneberg reflektor radarkeresztmetszetének mérése összehasonlító FDR módszerrel pp.102-104
13. Li, X. and Deng, W. (2017) "Real-Time Estimation of Radar Cross Section for ADAS Simulation," SAE Technical Paper 2017-01-0028
14. Link H., Nash C., Ricci A., Shires J. (2016): A generalized approach for measuring the marginal social costs of road transport in Europe. Int J Sustain Transp 10(2):105–119
15. Pandey P., Shukla A., Tiwari R (2018): Three-dimensional path planning for unmanned aerial vehicles using glowworm swarm optimization algorithm. Int J Syst Assur Eng Manag 9(4):836–852
16. Park, Y., Lee, S., Park, M. et al. (2019): Target robot for active safety evaluation of ADAS vehicles. J Mech Sci Technol 33, 4431–4438
17. Parry IW., Walls M., Harrington W. (2007): Automobile externalities and policies. J Econ Lit 45(2):373–399
18. Pfeiffer T., Hellmers J., Schön E.-M., Thomaschewski J. (2016): Empowering User Interfaces for Industrie 4.0, Proceedings of the IEEE. 104 986–996
19. Skeete JP. (2018): Level 5 autonomy: the new face of disruption in road transport. Technol Forecast Soc Change 134:22–34
20. Stock, G.N., Tsai, J.C.-A., Jiang, J.J., Klein, G. (2021): Coping with uncertainty: Knowledge sharing in new product development projects. Int. J. Proj. Manag., 39, 59–70
21. Tallant, G. S., Buffington, J. M., Storm, W. A., Stanfill, P. O., & Krogh, B. H. (2006): Validation & Verification for emerging avionic systems.
22. Singh, R.; Saluja, D.; Kumar, S. R-Comm (2021): A Traffic Based Approach for Joint Vehicular Radar-Communication. IEEE Trans. Intell. Veh, 58, 672–704.10. Malik, R.; Janowska, A.A. (2018): Megatrends and their use in economic analyses of contemporary challenges in the world economy. Res. Pap. Wroc. Univ. Econ. 2018/523, 209–220.

Appendix A. FIRST APPENDIX

Appendix B. SECOND APPENDIX