



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT



OE-KVK
2023.

Hegedűs Béla Márk
T009221/F112904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hegedűs Béla Márk

Szakedolgozat száma: SZD2309040923405212

Törzskönyvi száma: T009221/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Műszer-automatika specializáció
Automatizálási specializáció

A dolgozat címe: Vezetéstámogató rendszerek validációját segítő szoftvermodul fejlesztése
A dolgozat címe angolul: Development of a software module for the validation of driving support systems

A feladat részletezése: Készítsen vezetéstámogató rendszerek validációját segítő szoftvermodult, amely az EURO NCAP 2023-ban érvényes, és 2025-re várható, hivatalos C2C és VRU szcenárióinak implementálása a fejlesztőket támogató segédsoftverben A szcenáriókhoz tartozó konkrét számítások implementálása és eredményeik kiértékelése, ezek látványos vizualizálása.

Intézményi konzulens neve: Sándor Tamás

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 12. 31.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

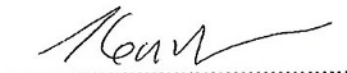
Kiadva: Budapest, 2023. 10. 24.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens


külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTÉCHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20.23.12.03.....

Kandó Kálmán
.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Tartalmi összefoglaló.....	7
2. Bevezetés	8
3. Euro NCAP	9
3.1. Az Euro NCAP története és célkitűzései	9
3.2. Az Euro NCAP Értékelési Rendszere.....	9
3.3. Értékelési osztályok és pontozási rendszer	11
3.3.1 Definíciók	11
3.3.2 A csillagbesorolás	11
3.4. Az értékelési folyamat lépései.....	12
3.4.1 <i>”Felnőtt utasok védelme protokoll”</i>	12
3.4.2 <i>”Gyermekek utasok védelme protokoll”</i>	14
3.4.3 <i>”Gyalogos védelem protokoll”</i>	14
3.4.4 <i>”Biztonsági asszisztens protokoll”</i>	14
4. Euro NCAP Jármű Tesztek és Protokollok.....	18
4.1. <i>”Felnőtt utasvédelem tesztek”</i>	18
4.1.1 <i>”Fej- és nyaksérülés tesztek”</i>	18
4.1.2 <i>”Mellkassérülés tesztek”</i>	19
4.1.3 <i>”Has- és medencesérülés tesztek”</i>	19
4.1.4 <i>”Térd- és combcsontsérülés tesztek”</i>	19
4.1.5 <i>”Alsó láb tesztek”</i>	19
4.1.6 <i>”Láb és boka tesztek”</i>	20
4.1.7 <i>”Ülés elmozdulások”</i>	20
4.1.8 <i>”Szerkezeti sérülések”</i>	20
4.2. <i>”Gyermekek utasvédelem tesztek”</i>	21

4.2.1 "Jármű alapú értékelés"	21
4.2.2 "Gyermekbiztonsági rendszerek problémamentes beszerelése"	23
4.2.3 "Dinamikus teljesítmény teszt"	24
4.3. "VRU tesztek"	25
4.3.1 C2P – "Car to Pedestrian"	26
4.3.2 C2B – "Car to Bicyclist"	29
4.3.3 C2M – "Car to Motorcyclist"	33
4.3.4 C2PWBB: Car to Pedestrian With Babby Buggy.....	35
4.3.5 C2PR: Car to Pedestrian In Robe	35
4.3.6 C2S: Car to Scooter	36
4.4. C2C – "Car To Car tesztek"	36
5. Szenzorok és kamerák	41
5.1. ADAS - Fejlett vezetőtámogató rendszerek.....	41
5.1.1 Hátsó kamera	41
5.1.2 "Park Pilot"	41
5.1.3 "Multi purpose camera"	42
5.1.4 Elülső/hátsó radar szenzor.....	43
5.1.5 Oldalsó radar szenzor	44
5.1.6 Közeli hatótávolságú kamera.....	44
5.1.7 Ultrasonic szenzor.....	45
5.1.8 Többkamerás rendszer	45
6. Implementáció.....	46
6.1. VRU	46
6.1.1 C2PWBB – Car to Pedestrian With Babby Buggy.....	46
6.1.2 C2PR – Car to Pedestrian In Robe.....	47
6.1.3 C2S – Car to Scooter.....	48

6.2. C2C	50
6.2.1 CCRX – Car to Car Revert Parking	50
6.2.2 CCRW – Car to Car with Weather.....	51
6.2.3 CCRF & CCRR – Car to Car Rear Breaking & Car to Car Front Moving ...	52
6.3. Tesztadatok és vizualizáció	52
7. Szcenáriók szimulálása Carla szimulátorral és Excellel való kiértékelés.....	55
7.1. CCRW	55
7.2. CCRF & CCRR	56
8. Felhasznált technológiák.....	58
8.1. NCAP Tool.....	58
8.2. Carla Simulator.....	58
8.2.1 Unreal Engine	59
8.2.2 Scenario Runner.....	59
9. Összefoglaló	67
10. Summary	68
11. Hivatkozások.....	69

1. Tartalmi összefoglaló

A szakdolgozatom témája a Bosch által fejlesztett NCAP Tool továbbfejlesztése, új scenáriók implementálása, illetve az ehhez tartozó vizualizáció Excelben.

Elsősorban meg kellett ismernem az NCAP szervezet működését. A szervezet a járművek és a forgalomban részt vevő egyéb személyek biztonságát szeretné javítani, ezért azok a járműgyártó cégek, akik szeretnének egy megbízható minősítést kapni, felkérlik az NCAP-et, hogy vizsgálják ki és vessék különféle tesztek alá az éppen forgalomba hozni kívánt járműveiket. A tesztekben az adatokat kinyerik, feldolgozzák, kiértékelik, és ezek alapján pontozzák a járműveket, hogy mennyire biztonságosak.

A szakdolgozatomban hat új scenáriót hoztam létre. Háromat Car to Car tesztekhez¹ és háromat Vulnerable Road User tesztekhez². Ezek az új scenáriók csak elképzelések, hogy mik várhatóak a jövőben a mai trendek alapján. Ehhez dolgozatomban az új teszteseteket implementáltam az eredeti programba és kitalált adatokkal kiértékeltem majd következő feladatként a kiértékelő lapon implementáltam a változtatásokat. A munkám legvégén pedig az előbb említett kiértékelő lapon vizualizáltam az új eredményeket.

Végezetül az implementált új tesztekben néhányat megvalósítottam Carla Simulator-ban, majd a programból kinyert adatokat kiértékeltem az NCAP Tool-hoz hasonlóan. Az új scenáriókat egy virtuális környezetben szimuláltam, ahol megfigyelhető volt, hogyan is viselkednének ezek a tesztesetek egy valóságos helyzetben.

¹ Két jármű közötti tesztesetek

² Egy jármű és egy másik forgalomban lévő egyén közötti tesztesetek

2. Bevezetés

Az utóbbi években a technológia olyan fejlődéseken esett át, amelyek hatással vannak a mindennapi életünkre. Az önvezető járművek folyamatos fejlődése arra készíti a gépjárműgyártóiparágot és a társadalmat, hogy még nagyobb prioritást adjanak az utak biztonságának és a járművek további fejlesztésének.

A mostani helyzetben az önvezető járművek megbízhatósága és teljesítménye létfontosságú tényező. A technológia rohamos változása miatt azonban ezeknek a járműveknek számos kihívással kell megbirkóznuk. A valós életben felmerülő váratlan helyzetek megkívánják, hogy a gépjárművek a lehető legjobban fel legyenek készítve a legtöbb körülményre. Az utakon történő helyzetek, például időjárási viszonyok, forgalom vagy váratlan események, sokszor nem jósolhatók meg előre, így a járműveknek fel kell tudniuk ismerni és kezelni ezeket a szituációkat, alkalmazkodniuk kell a megfelelő módon.

A járművek tesztelése és fejlesztése kiemelkedően fontos a biztonságos közlekedés szempontjából. Ezek a tesztek nem csak az utakon észlelhető valós kihívásokra kondicionálják a járműveket, hanem hozzájárulnak ahhoz is, hogy a járókelők szempontjából is biztonságosabbá váljon a közlekedés. A mai modern járművek számos szenzorral és kamerával fel vannak szerelve, amelyek segítenek észlelni és reagálni a környezetükben lévő helyzetekre.

Fontos leszögezni azonban, hogy még a legfejlettebb szenzorokkal és kamerákkal felszerelt gépjárműveknek is vannak korlátaik. Például ködös időjárás vagy hózápor mellett még ezek az eszközök sem elegendők a biztonságos közlekedéshez. Éppen ezért az utakon szerzett tapasztalatok kiemelkedő fontosságúak a járművek fejlesztéséhez és a vezetési élmény javításához.

3. Euro NCAP

A mindennapokban egyre fontosabbá válik a biztonságos közlekedés, ezért szükséges, hogy a járműveinket egy egységes pontrendszer alapján ki tudjuk értékelni és össze tudjuk hasonlítani. Az Euro NCAP ebben segít, a szervezet egy európai egyezményes számítási módszert alakított ki, ami folyamatos mérések és kiértékelések alapján készül el. Ennek a rendszernek a továbbfejlesztésében vettem részt a szakdolgozatom készítése során. [13]

3.1. Az Euro NCAP története és célkitűzései

1970-es évektől számos európai ország szeretett volna kialakítani egy egységes, különböző szempontok alapján működő értékelési rendszert. A töréstesztokra helyezték a fő hangsúlyt, ezeken belül a front- illetve oldalütközéseket, valamint fontos szempont volt a gyalogosvédelem is. 1994-ben alakult meg az NCAP az Egyesült Királyságban, majd terjeszkedni kezdett. 1996-ban csatlakozott a szervezethez a Svéd Nemzeti Útügyi Hatóság (SNRA), a Federation Internationale de l'Automobile (FIA) és az International Testing, majd ebből a négy tagból alakult meg az Euro NCAP. [5]

3.2. Az Euro NCAP Értékelési Rendszere

Az Euro NCAP egy öt csillagos biztonsági pontozási rendszert hozott létre, ami segíti a fogyasztókat abban, hogy össze tudják hasonlítani a mindennapokban használt járműveket. A szervezet által tervezett és végrehajtott tesztek alapján a vásárlók meg tudják találni az igényeiknek és a költségvetésüknek a legmegfelelőbb járművet. A tesztek olyan forgatókönyveken alapulnak, amik a valós életben is előfordulhatnak, és akár emberi életek is múlhatnak azon, ha nem tudjuk elkerülni a veszélyt. A teszteknek hála megtudhatjuk, hogy a mindennapokban használt járműveink mennyire biztonságosak. Az NCAP a biztonságosság szintjének meghatározására öt osztályos besorolást alkalmaz csillag megjelenítési formában, amelyek száma megmutatja, hogy az adott gyártó adott modellje milyen jól teljesített a tesztek során. Minél több csillaggal rendelkezik egy jármű annál jobb és több biztonsági felszereléssel rendelkezik és ez által a teszteken is jobban teljesített.

Ahhoz, hogy egy jármű a forgalomba bekerüljön, nem kell átesnie ezeken a teszteken. Egyes országokban a gépjárművekre vonatkozó jogi követelmények alacsonyabbak, mint

az NCAP által előírt tesztek, így egy újonnan megjelent modell nem feltétlenül kaphat csillagot. Ez azonban nem azt jelenti, hogy ne lenne biztonságos az adott modell, csak a jogszabályi követelmények alacsonyabbak, mint az NCAP által előírt tesztek.

A technológia fejlődése napról napra változik, ezáltal az értékelés is elavulhat. Az elévülési idő hat év, amely idő alatt a modelleket felül lehet vizsgáltatni, hogy a besorolás megmaradjon vagy egyáltalán megfelel-e még az eredeti besorolásnak. Sok esetben egyes modelleknél a kifutási idő felénél szoktak lenni úgynevezett modellfrissítések (facelift). Ezek a módosítások sok esetben akár biztonsági javulást is eredményezhetnek. Ilyen esetekben általában külön táblázat jelzi az új frissített modellnél, hogy miben különböznek az eredetihez képest, ami módosíthatja az adott jármű biztonsági értékelését.

A ma forgalomban lévő gépjárműveknek biztonsági szempontból két típusa van. Az egyik, amely az EU-ban az értékesítéshez szinte elengedhetetlen biztonsági eszközökkel van felszerelve. A másik, amelyet a fogyasztók opcionálisan tudnak megvásárolni. [12]

A 3.1-es ábrán figyelhető meg hogyan is néz ki a pontozási rendszer.

	5 csillagos biztonság : Összességében kiváló teljesítmény az ütközésvédelem terén, és jól felszerelt átfogó és robusztus ütközés elkerülő technológiával
	4 csillagos biztonság : Összességében jó teljesítmény ütközésvédelemben és minden körben ; további ütközés elkerülő technológia is jelen lehet
	3 csillagos biztonság : legalább átlagos utasvédelem , de nem mindig a legújabb ütközés elkerülő tulajdonságokkal
	2 csillagos biztonság : Névleges ütközésvédelem, de hiányzik az ütközés elkerülési technológia
	1 csillagos biztonság : marginális ütközésvédelem és csekély mértékben az ütközések elkerülésére szolgáló technológia
	0 csillagos biztonság : megfelel a típus-jóváhagyási szabványoknak, így legálisan értékesíthető, de hiányzik a kritikus modern biztonsági technológia

3.1 NCAP csillag alapú pontozási rendszere [12]

3.3. Értékelési osztályok és pontozási rendszer

A következőkben azokat a tesztek és protokollokat mutatom be, amelyeket a fent említett tesztek során be kell tartani. A fejezetben a megértéshez szükséges definíciók mellett olyan szcenáriókat és követelményeket fejték ki, amelyekre nekem is figyelnem kellett az új tesztek megvalósításánál.

3.3.1 Definíciók

”Eredeti értékelés” vagy *”Eredetileg értékelt jármű”*: ezek olyan járművek, amelyeket eddig nem az Euro NCAP minősített.

”Változat”: egy olyan jármű verzió, amelynek az eredeti típusát már bevizsgálta az Euro NCAP. Ezen változatok az alábbi specifikációkban hasonlítanak az eredetileg bevizsgált járművel: gyártó, modell, olyan berendezések, amelyek a biztonsági követelményekben szerepet játszanak, fontos szerkezeti elemek és egyéb olyan adatok, amelyek szükségesek a hasonlóság összevetéséhez.

”Partner”: ugyanolyan, mint a Változat csak más modellnévvel rendelkezik a vizsgált modell.

”Corporate Twins”: ebben az esetben már nem csak a modellnévben különbözik az eredetileg tesztelt járműhöz képest, hanem a márkája is más, viszont minden egyéb szempont megegyezik.

3.3.2 A csillagbesorolás

A hivatalos besorolást a járművek minősítéséről az Euro NCAP hivatalos oldalán teszik közzé. A járművek biztonsági szintjének besorolása legfeljebb hat évig van érvényben. A technológia ezen 6 év alatt az utóbbi évek tendenciája alapján biztosan változni fog. Ez a változási ütem azt a problémát vonhatja maga után, hogy egy régebbi értékelés összetévesztheti a fogyasztókat. Ennek kiküszöbölésére minden évben kiadnak egy úgynevezett ráncfelvarrást, hogy jobban követhető legyen az értékelési rendszer és annak változásai. Ezeket általában olyan biztonsági követelmények elavulása vagy új szempontok megjelenése okozza, amelyek fontos szerepet játszanak a pontozási

rendszerben. Miután letelik a hat év a járművek úgynevezett VIN³ állapotba kerülnek. Ha időközben nem vonták ki a járműveket a forgalomból, a járműveket előzetesen újra lehet teszteltetni. Ennek a VIN állapotnak leginkább a használt autó piacon van jelentősége, ahol is a vásárló utána tud nézni, hogy pontosan mi változott, mióta kivonták az adott típust a forgalomból, illetve milyen volt a jármű akkori felszereltsége.

A szervezet nem vizsgál be minden egyes járművet. A gépjármű gyártóknak minden esetben küldeniük kell egy alap modellt, ami minden technológiával fel van szerelve, amivel a vásárló csak teheti. Ezután következik az a folyamat, amit VSSTR⁴-nek neveznek. Bizonyos esetekben a besorolás átvihető egy újabb modellre vagy annak egy változatára, ha nincs túl nagy különbség a két modell között. Ezekben az esetekben minden olyan adatra szükség van, ami bebizonyítja, hogy nincsen semmilyen olyan változtatás a két modell között, ami a tesztek során különbséget okozna. A Változat modelleknél könnyen átvihető a csillagbesorolás, míg a Partner modelleknél ez nem tehető meg. Amennyiben az eredetileg tesztelt alap modell, ami öt csillagot kapott a tesztek során és a Partner modell ugyanazzal a felszereltséggel bír, akkor legalább négy csillagos értékelést kell kapnia. A Corporate Twins modelleknél mivel sem a márka, sem a modell név nem egyezik meg az eredetileg bevizsgált modellhez képest, így csak akkor vihető át a pontja az eredetinek, ha minden biztonsági szempontban megegyezik a két modell.

3.4. Az értékelési folyamat lépései

Ahhoz, hogy a csillag besorolást megkaphassák a járművek, bizonyos protokolloknak meg kell felelniük és teszteken kell átesniük. A következőkben azokat a követelményeket mutatom be, amelyek megléte létfontosságú a tesztek során.

3.4.1 *”Felnőtt utasok védelme protokoll”*

- A karosszéria ugyanannyi oldalsó ajtóval rendelkezik. Egy vízszintes átlós síkot határoznak meg, amely a vezető oldali első ülés biztonsági öv rögzítési pontjától 500

³ Vehicle Identification Numbers: járműazonosító számok

⁴ Vehicle Specification, Selection, Testing and Retesting: Járműspecifikáció, kiválasztás, tesztelés és ismételt tesztelés

mm-re hátrafele található meg. Ezen sík előtt a két oldalnak meg kell egyeznie, hogy ütközésbiztonsági szempontból megfeleljenek.

- A karosszéria nem ugyanannyi oldalsó ajtóval rendelkezik. Ennél a szempontnál nem egyeznek meg az ajtószámok az alapmodellhez képest, amit már bevizsgáltak, de az átlós sík előtti részben mindenben egyéb specifikáció ugyanolyan.
- Az offset mass-ben⁵ $\pm 10\%$ -kal lehet eltérés az alapmodellhez képest, ha ezt meghaladja további vizsgálatok, szükségesek.
- Motor konfigurációjánál a következőkre kell figyelni: lökettérfogat, henger konfiguráció, aspiráció, blokkméret és az üzemanyag típus. A négy hengeres motorokat nem lehet összehasonlítani a V6-os vagy a V8-as motorokkal. Az egyéb módosítások, mint például a turbó feltöltő vagy LPG átalakítók megengedettek, ha az elfér a megadott helyen. Ezen felül a lábtérben fontos szempont, hogy nem szabad törésnek lenni benne, ami akadályozná a sofőrt a vezetésben. Ha az eredetileg vizsgált járműben belsőégésű motor volt és most egy elektromos vagy hibrid jármű változatot tesztelnek, további offset mass vizsgálatok szükségesek.
- Kézi és automatikus váltó is lehetséges.
- A kerék meghajtás lehet első-, hátsó- vagy összkerék meghajtású, viszont ezek eredményei nem cserélhetők fel az offset mass teszt miatt.
- Menetmagasság⁶ esetén $\pm 50\text{mm}$ -es eltérés a megengedett. Ha ettől eltér, akkor offset mass tesztet és AE-MDB⁷ tesztet szükséges a továbbiakban végezni.
- Tengelytáv $\pm 10\%$ -os eltéréssel fogadható el.
- A vezetői oldal helyénél meg kell bizonyosodni, hogy mindkét oldal ugyanolyan biztonságos és egyenértékű biztonsági szempontból.
- Az ülések típusai lehetnek kárpittal, bőrrel vagy egyéb más anyagokkal bevontak. Ezen felül az ülésben van-e süllyedésgátló rész, illetve egyéb kényelmi funkciók, mint például elektromos vezérlés.
- Nyakrándulás elkerülése érdekében figyelni kell az ülések geometriájára, rögzítéspontjára.

⁵ Elülső szerkezet tömege

⁶ Kerékív teteje és gumibroncs átmérője

⁷ Ez egy mozgatható akadály, amelyet ütközési tesztek során használnak fel

- Harmadik sorú üléseknél a következő szempontokat veszik figyelembe: nyakrándulás, gyermekülés telepíthető-e és az SBR⁸.
- AEB⁹ megléte esetén azt figyelik, hogy ugyanazokkal a szerkezeti elemekkel vannak-e felszerelve (radar, lidar, kamerák), ugyanazzal a szoftverrel és minden adóvevő ugyanabban a pozícióban van-e.

3.4.2 "Gyermek utasok védelme protokoll"

- A hátsó ülésor formáját kell megvizsgálni, illetve hogy telepíthető-e gyerekülés.
- Előfeszítők és terheléskorlátozók megléte.
- Harmadik sorú ülések: lásd: Felnőtt utasok védelme.

3.4.3 "Gyalogos védelem protokoll"

- Fejütközési zónáknál arra kell figyelni, hogy az 50 mm-nél kisebb motorháztető alatti tér nem megfelelő. Ezen felül további szempont, hogy a fejütközési zónákban a komponensek merevségében van-e eltérés vagy, hogy van-e aktív gyalogos védelmi rendszer beépítve, mint az alapmodellben.
- Felső lábütközési zónáknál a jármű elejének a geometriáját figyelik, van-e változás, vagy a komponensek merevsége eltér-e az előírt zónában.
- Alsó lábütközési zónáknál, ha az első lökhárító geometriája változik, vagy a komponensek merevsége nagyobb lesz az előírt zónában, akkor nem megfelelő.
- AEB VRU¹⁰: lásd: Felnőtt utasok védelem protokollnál.
- A tesztelt jármű hasmagasságától, nem térhet el ± 50 mm-nél többel.

3.4.4 "Biztonsági asszisztens protokoll"

- Sebességasszisztens rendszerek típusai:
 - Sebességkorlátozásra figyelmeztető, kamera alapú információs rendszer¹¹
 - Digitális térképen alapuló, sebességkorlátozásra figyelmeztető információs rendszer
 - Kombinált kamerás és digitális térképen alapuló rendszer

⁸ Oldalsó légzsák

⁹ Autonóm városi vészfékező rendszer

¹⁰ Gyalogosfelismerő automatikus vészfékrendszer

¹¹ SLIF: Speed Limit Information Function

- Manuális sebességfigyelő rendszer¹²- például hangjelzés
- Manuális sebességkorlátozó rendszer
- Intelligens sebességfigyelő rendszer¹³
- AEB Inter-Urban: lásd: Felnőtt utasok védelem protokoll
- Sávtartó rendszer típusai:
 - LDW¹⁴: Ez a rendszer figyelmezteti a vezetőt, ha a jármű véletlenül elhagyja a sávot anélkül, hogy a vezető jelezte volna a sávváltást.
 - LKA¹⁵: Ez a rendszer aktívan beavatkozik a jármű irányításába, hogy azt az adott sávban tartsa, ha a vezető a sávhatárok közelébe kerül, még akkor is, ha nincs jelzés a sávváltásra.

A fent bemutatott protokolloknak súlyozása is van az alapján, hogy mennyire fontosak a csillagok kialakításában. Ennek az utóbbi években történt alakulását a 3.2-es ábra mutatja be.

Weight factors		
Year	2020-2022	2023-2024
Box 1: Adult Occupant Protection	40%	40%
Box 2: Child Occupant Protection	20%	20%
Box 3: Pedestrian Protection	20%	20%
Box 4: Safety Assist	20%	20%

3.2 NCAP pontozási rendszer súlyozása az évek során [6]

Ezen protokolloknál az egyes testtájékok is fontos szerepet játszanak, amit az 3.3-as ábra mutat be. Itt megfigyelhető, hogy például a Frontal MPDB¹⁶ teszténél, a sofőrnél (Driver) a fej, nyak és a mellkas, az első ülésen lévő utasra is ugyan ezen szempontok vonatkoznak, míg a hátsó utasoknál csak a fej és a mellkas, ami lényeges szempont.

¹² MSA: Manual Speed Assist

¹³ ISA: Intelligent Speed Assistance

¹⁴ Lane Departure Warning

¹⁵ Lane Keeping Assist

¹⁶ Frontal Mobile Progressive Deformable Barrier: Elülső Mobil Progresszív Deformálódó Akadály

Tests and key body regions

Full Scale Test	Body Regions per Occupant		
	Driver	Front Passenger	Rear Passenger(s)
Frontal MPDB	Head & Neck Chest	Head & Neck Chest	Head Chest ¹
Frontal FW	Head Neck Chest	Head Chest	Head Chest
Side MDB	Head Chest Abdomen Pelvis		Head
Side Pole	Head Chest Abdomen Pelvis		
Sub-System Test	Body Regions per Stature		
	Pedestrian Adult	Pedestrian Child	Cyclist
Vulnerable Road User	Head Pelvis Femur Knee & Tibia	Head	Head

3.3 Testtájékok szerepe a pontozásban [6]

És végezetül a 3.4-es ábrán azok az adatok láthatóak, hogy az egyes protokolloknál hány százaléktól hány csillag adható az adott tesztelt járműnek.

Balance limits for years 2023 and 2024

2023-2024	Box 1: Adult Occupant	Box 2: Child Occupant	Box 3: Pedestrian	Box 4: Safety Assist
5 stars	80%	80%	70%	70%
4 stars	70%	70%	60%	60%
3 stars	60%	60%	50%	50%
2 stars	50%	50%	40%	40%
1 star	40%	40%	30%	30%

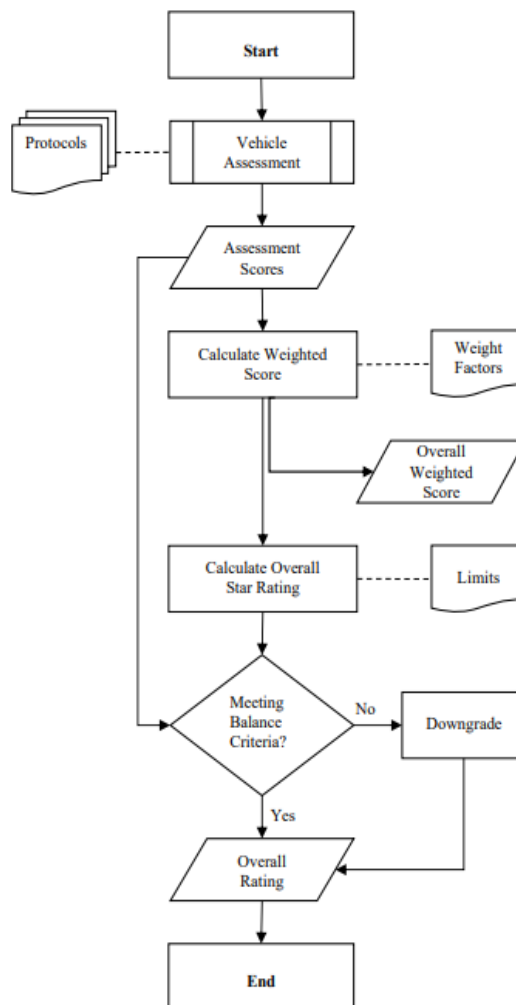
3.4 Százalékos arány a pontozási rendszer kialakításában [6]

Az előbb bemutatott százalékos értékek kiszámításánál az alábbi szempontokra kell figyelni. Először is az adatokat két tizedesjegy pontossággal kell bevinni. Köztes számításoknál nem kerekíthetünk. A testrészek számításakor három tizedesjegyre kell kerekíteni az így kapott eredményt. Ezután az összesített pontszám számításánál az így kapott számokat három tizedesjegyre kerekítjük, majd a százalékos kerekítés következik. Az adott mezőben lévő legnagyobb számot felfelé kerekítjük egész számmá, majd az

ebből kapott szám százalékos arányát lefelé kerekítjük, és ez adja meg az összesített pontszámot, amit az alábbi példa mutat be.

$$25,153 / 36,254 \rightarrow 25,153 / 36 * 100 \% \rightarrow 69,869 \% \rightarrow 69 \% \text{ [6]}$$

A végső súlyozott pontszámnál az összesített pontszámot 3 tizedesjegyre kerekítjük. Ezt a számot a továbbiakban az adott mezőben lévő legnagyobb számmal elosztjuk, és százalékos formává alakítjuk. Az így kapott számot két tizedesjegyre kerekítjük és súlyozzuk, majd az eredménynek vesszük az alsó egész részét és ezt hasonlítjuk össze, hogy pontosan hány csillagot is ér az adott százalék. Ezt az egész számítási metódust a 3.5-ös ábra mutatja be. [6][8]



3.5 Végő pontszám kialakításának számítási menete [6]

4. Euro NCAP Jármű Tesztek és Protokollok

Ebben a fejezetben részletesen bemutatom az NCAP által előírt különféle teszteket, amelyek a való életben előforduló helyzeteket reprezentálják. Ezeket a teszteket úgynevezett dummy¹⁷-kal szokták vizsgálni, illetve egyéb műanyag vagy alumínium szerkezetes tesztjárművekkel.

4.1. *”Felnőtt utasvédelem tesztek”*

A tesztnél egy dummy-t használnak, aminek a testrészeit pontozzák és súlyozzák. A frontális ütközéseknél csak a vezető oldali dummy-t veszik figyelembe, valamint azt, hogy történt-e valamilyen deformáció a vezető oldal körül. Ha oldalsó vagy szalagütközés történt, akkor az adott oldalon lévő dummy-k sérülését értékelik, ugyanakkor a hátulsó ütközésnél minden utast figyelembe vesznek.

4.1.1 *”Fej- és nyaksérülés tesztek”*

Az egyik legveszélyesebb az agysérülés és ez nagyban csökkenti az elérhető maximális pontszámot is, amit egy jármű elérhet a teszt során. Ilyen sérülés akkor keletkezhet, ha az első légzsák rosszul funkcionál. Az ilyen eseteknél több probléma is adódhat. Az egyik, ha nem a középpontba kerül a fej az ütközés során, hanem lecsúszik a légzsákról, vagy ha az aljával érintkezik. Az értékelés során a pontszámokat csökkentheti az is, ha a légzsák rosszul nyílik ki és az utas arcát felsérti, vagy ha hátrafele nyílik ki. Ugyanezek a szempontok vonatkoznak az oldalsó és a térdlégzsákokra is. Egy másik probléma lehet a kormánykerék deformációja. Az EEVC¹⁸ szerint ez maximálisan 100 mm hátrafelé, 80 mm felfelé és 100 mm oldalirányú elmozdulást enged meg. Azokat a járműveket, amelyek ezeket az értékeket meghaladják, forgalomba se lehet hozni.

A nyaksérülésnél a fejtámla a legfőbb szempont. Itt figyelni kell, hogy megfelelően legyen beállítva a fejtámla, illetve, hogy van-e benne aktív helyzetbeállító funkció. Ezeknél a teszteknel két fontos vizsgálat van a High Severity Pulse¹⁹ és a Medium

¹⁷ Próbabábú

¹⁸ Európai Biztonsági járműértékelési Bizottság

¹⁹ Erős súlyosságú impulzus

Severity Pulse²⁰. Ezek a fejtámla és a fej közötti rázkódás intenzitását mutatják be a tesztek során.

4.1.2 *"Mellkassérülés tesztek"*

Az egyik legfontosabb az „A” oszlop integritása, ami abban az esetben nem megfelelő, ha a hátsó ablaknyílás legalacsonyabb szintjétől 100 mm-rel elmozdul. Ezen felül az utastér épségénél az alábbi szempontokra kell figyelni, amelyek ugyanúgy megsérthetik a mellkast. Ajtózár vagy zsanértörést érintő hibák, ajtó meghajlása, kereszt facia rúd és az „A” oszlop közötti elválasztódás vagy annak közelsége és az ajtónyílás súlyos szilárdságvesztése. További sérüléseket okozhat a kormánykapcsolati probléma, ami akkor lép fel, ha a kormánykerék nyomja, vagy éppen deformálja a mellkast. Végül egy utolsó szempont a vállsúly terhelése, ami 6,00 kN feletti értéket nem érhet el.

4.1.3 *"Has- és medencesérülés tesztek"*

Ez akkor következik be, amikor ütközésnél a dummy besüllyed az ülésbe és megsérül a medencéje.

4.1.4 *"Térd- és combcsontsérülés tesztek"*

A tesztek során a térdkapcsolat körüli 50 mm-es síkban figyelik meg a tesztbábút és plusz 20 mm-es behatolási mélységet vizsgálnak. Ezeknél a vizsgálatoknál a tesztbábú térdére nem érhet több mint 3,8 kN erő. Változó körülmények léphetnek fel valódi utasoknál. Nem minden ember egyforma és ebből kifolyólag nem mindenkinek van ugyanott a kontaktpontja a járművel. Eltérő testtartás, üléspozíció is befolyásolja az ütközések által okozott sérüléseket.

4.1.5 *"Alsó láb tesztek"*

Itt a pedál felfelé való mozdulása okozza a problémát. 90%-os elmozdulás még megengedett.

²⁰ Közepes súlyosságú impulzus

4.1.6 "Láb és boka tesztek"

Ha egy blokkolt pedál 175 mm-nél nagyobb előre mozgást végez és 200 N erőt fejt ki a dummy lábára, akkor súlyos sérüléseket okozhat egy valós emberben.

A 4.1-es ábra mutatja be, hogy az egyes testrészeknél kapott pontszámok milyen eredményt vonnak maguk után.

Green	'Good'	4.000	points
Yellow	'Adequate'	2.670 - 3.999	points
Orange	'Marginal'	1.330 - 2.669	points
Brown	'Weak'	0.001 - 1.329	points
Red	'Poor'	0.000	points

4.1 Testrészek sérülésének pontozása [7]

4.1.7 "Ülés elmozdulások"

Az üléseknek viszonylag kis mozgástere van egy adott balesetben. Ahhoz, hogy ne sérüljön se az első, se a hátsó ülésen tartózkodó egyén, ezért legfeljebb 32°-os első üléselhajlás a megengedett. A hátsó üléseknél 2,5 mm a megengedett elmozdulás mind függőleges, mind vízszintes irányban, ami $\pm 0,5^\circ$ -os dőlésszöget jelent. Ezeken felül minden automatikus ülés pozíció rendszert be kell állítani a tesztek előtt a megfelelő pozícióba. A 4.2-es és 4.3-as ábrák mutatják be ezeknek a teszteknek a kiértékeléséhez szükséges adatokat.

Green	'Good'	2.250 – 3.000 points
Orange	'Marginal'	1.125 – 2.249 points
Red	'Poor'	0.000 – 1.124 points

4.2 Első ülés elmozdulás pontozás [7]

Green	'Good'	0.667 – 1.000 points
Orange	'Marginal'	0.333 – 0.666 points
Red	'Poor'	0.000 – 0.332 points

4.3 Hátsó ülés elmozdulás pontozás [7]

4.1.8 "Szerkezeti sérülések"

További problémát okozhat, ha az ütközés során az ajtó kinyílik, vagy éppen deformálódik és ennek hatására a dummy megsérül. Nagyobb ütközések során, amikor nem feltétlenül egy másik autóval ütközünk, hanem egy objektummal, annak behatolása

az utastérbe, valamint az erőhatás következtében fellépő szerkezeti deformálódások a dummy további sérüléseit okozhatják.

4.2. "Gyermek utasvédelem tesztek"

Ennél a protokollnál Q6 (6 éves gyermeket reprezentáló) és Q10 (10 éves gyermeket reprezentáló) dummy babák kerülnek a tesztek célkeresztjébe. Hasonló tesztek hajtanak itt is végre, mint a Felnőtt utasvédelem tesztek során csak más a célcsoport.

4.2.1 "Jármű alapú értékelés"

A legfontosabb a hárompontos biztonsági öv megléte. A második a kézikönyvek, amiben mindent fel kell tüntetni hogyan, lehet biztonságosan egy gyerekülést beszerezni és rögzíteni. A harmadik a légzsák kikapcsolásának a lehetősége, ami kiemelkedően fontos a gyermek védelme érdekében.

Gabarit ülésrendszer (4.4 ábra) telepítése akkor lehetséges, ha a második sor ülései megfelelnek az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának 16. számú előírásában szereplő 17. mellékletének [1] követelményeinek. Az ülésrendszer telepítéséhez további szempont, hogy plusz 150 mm övvásznat lehessen még kihúzni a tekercsből, valamint a felnőtt biztonsági öv képes legyen átkapcsolni egy vészhelyzeti zárási refraktorból ²¹ egy automatikus zárási refraktorba²².

²¹ ELR: Emergency Locking Retractor

²² ALR: automatic locking retractor



4.4 Gabarit ülés telepítése [15]

Az i-Size ülések telepítésénél megfelelő alsó és felső rögzítési pontokra van szükség, illetve, ha található padlótároló rekesz nem szabad, hogy akadályozza az ülések beszerelését.

Ha a gyerek dummy a teszt során elől helyezkedik el a műszerfalnak háttal, akkor a légszákokat minden esetben ki kell kapcsolni. Ehhez megfelelő jelzést kell, hogy feltüntessenek a gyártók. Többféle kikapcsolási opció lehetséges. Az első a manuális kapcsoló, aminél általában a kulccsal lehet az ON/OFF módokat kiválasztani. A kapcsoló közvetlen közelében kell lennie egy piktogramnak, ami jelzi, hogy épp melyik állapotba kapcsoljuk át. Egy másik megoldás lehet a hardware-es kikapcsolási megoldás, ami általában a kesztyűtartóban található. Az utolsó megoldás a szoftveres, amit a központi vezérlő panelon lehet ki és bekapcsolni. Minden esetben nagyon fontos, hogy egyértelmű legyen a jelölés. További fontos szempont, hogy a jármű elindításakor a légszák bekapcsolt állapotát a műszerfalán egy felvillanó ikon jelzi, ami kis idő múlva elhalványul. Ugyanakkor, ha a légszák ki van iktatva, ez a jelzés folyamatosan világít, jelezve a sofőrnek az aktuális légszák állapotot. Mindezen túl gyermekérzékelő rendszerek²³ is be lehetnek szerelve a járművekben.

²³ CPD: Child Presence Detection

A 4.5-ös ábra mutatja be, hogy milyen székelrendezésnél milyen a pontozási rendszer a Jármű alapú értékelésnél.

Sensing	Warnings and intervention	Points	
		All seats	Without front row
Direct sensing only Coverage of Scenario 1, 2 & 3	Initial and escalation warnings	3	1.5
	Initial, escalation and Intervention	4	2

Sensing	Warnings and intervention	Points	
		All seats (excluding driver)	Without front passenger seat(s)
Direct sensing only Coverage of Scenario 1, 2	Initial and escalation warnings	2	1
	Initial, escalation and Intervention	3	1.5

4.5 Pontozási rendszer Jármű alapú értékeléshez [10]

4.2.2 "Gyermekbiztonsági rendszerek problémamentes beszerelése"

A legtöbb gyártó saját maga ajánlhat integrált ülést mivel ők már több ülést is leteszteltek a járműeikhez és pontosan tudják melyik az, amelyik a legnagyobb biztonságot adhatja a gyermekek számára. Ezeket a gyártó is biztosítani tudja vagy a kereskedőknél is meg lehet vásárolni. Gyermekeknek két típusa van, a Q6, amit 6 éves korig és a Q10, amit 10 éves korig használhatnak a gyermekek. Ezeket az ülés típusokat úgyszintén dummy-kal tesztelik. A Q10-es típusú ülésnek nem szabad, hogy legyen háttámlája, ha esetleg mégis van, akkor levehető kell, hogy legyen, és anélkül kell tesztelni. Az 4.6-os ábra mutatja be, hogy az első, második és harmadik ülésorba milyen típusú gyermeküléseket teszteltek dummy magasság szerint és ezek hogyan teljesítettek a tesztek során.

CRS Installation Assessment					SEATING POSITION									SCORING			
					Front			2nd row			3rd row			Pass	Fail	Exempt	Score
					Left	Centre	Right	Left	Centre	Right	Left	Centre	Right				
					N/A	Belt	Belt	i-Size	Belt	i-Size	ISOFIX	Belt	ISOFIX				
1	< 83cm	Maxi Cosi Pebble 360	B _ _ _	ISO/R2	N/A	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	P Fail	Pass	7	1	NA	87.5%
2	135cm	Britax Kidfix i-Size	B _ _ _	ISO/B2	N/A	Pass	Pass	Pass	Fail	Pass	Pass	P Fail	Pass	6	2	NA	75.0%
3	150cm	Cybex Solution Z i-Fix	B _ _ _	ISO/B3	N/A	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Fail	Pass	7	1	NA	87.5%
4	135cm	Cybex Solution Z i-Fix	B I _ _	ISO/B3	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Pass	N/A	Pass	4	0	NA	100.0%
5	150cm	Cybex Solution Z i-Fix	B I _ _	ISO/B3	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Pass	N/A	Pass	4	0	NA	100.0%
6	40-105cm	Maxi Cosi Pearl 360 & FamilyFix 360	_ I L _	ISO/R2	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Exempt	N/A	Exempt	2	0	2	100.0%
7	150CM	Maxi Cosi Pearl 360 & FamilyFix 360	_ I L _	F2X	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Exempt	N/A	Exempt	2	0	2	100.0%
8	61-105cm	BeSafe iZi Kid X2 i-Size	_ I L _	ISO/R2	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Exempt	N/A	Exempt	2	0	2	100.0%
9	76-105cm	Britax Römer Trifix ² i-Size	_ I _ S	F2X	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Pass	N/A	Pass	4	0	NA	100.0%
10	100-135cm	BeSafe iZi Flex FIX i-Size	B I _ _	ISO/B2	N/A	N/A	N/A	Pass	N/A	Pass	Pass	N/A	Pass	4	0	NA	100.0%
	< 83cm	Maxi Cosi Pebble 360	B _ _ _	ISO/R2													
	76-105cm	Britax Römer Trifix ² i-Size	_ I _ S	F2X													1.000
	< 135cm	Cybex Solution Z i-Fix	B I _ _	ISO/B3				Pass		Pass				2	0		
	< 150cm	Cybex Solution Z i-Fix	B I _ _	ISO/B3				Pass		Pass				2	0		1.000

4.6 Pontozási rendszer Gyermekbiztonsági rendszerek problémamentes beszereléshez [10]

4.2.3 "Dinamikus teljesítmény teszt"

A dinamikus teljesítmény teszt során azt vizsgálja az NCAP, hogy a gyerek dummy mennyire marad stabil helyzetben, ha bármilyen módon a biztonsági ülésről vagy a gyerekről elmozdul a rögzítés, illetve, ha az öv nem rögzít megfelelően és előre mozdul. Egyéb problémákat okozhatnak a hibásan működő ülések például, eltörhetnek vagy megrepednek az alkatrészek, amik mind megsérthetik a gyermekeket. Úgy kell kialakítani az üléseket, hogy a fejnek maximum 550 mm-rel lehet elmozdulni ütközéskor. A 4.7-es ábra mutatja be, hogy mekkora gyorsulási erő, illetve kontaktus hat egy próba során a fejre, nyakra és a mellkasra és ez milyen pontszámot eredményez.

	Criteria	Performance limits			Available points
		Higher	Lower	Capping	
Head Score	HIC ₁₅ (with hard contact)	500	700	800	2 points
	Resultant acceleration 3ms	60g	80g	80g	
Upper Neck	Resultant Force			NA	1 point
	Q6 Q10	NA NA	2.4kN 2.2kN		
Chest (T4)	Resultant acceleration* 3ms		67g	NA	1 point
TOTAL					4 points/dummy

4.7 Fej elmozdulás kiértékelő táblázat [10]

Ezen tesztek után jön a kiértékelés, melyet a következő ábra mutat be. Itt az előbbieken felsorolt minden teszt kap egy bizonyos pontot és ezeket összegzik. [10]

Category	Total points 49
Dynamic Assessment	(24)
Frontal Impact	16
Side Impact	8
Vehicle Based Assessments	(13)
Gabarit Installation on all Passenger Seats	2
i-Size and TopTether Marking & Two or more ISO/B2 Positions, or i-Size and TopTether Marking & Two or more ISO/B2 & R3 Positions	2 or 3
Passenger Airbag Warning Marking and Disabling	4 or 2
Child Presence Detection	4
Installation of Child Restraints	(12)
TB 012 CRS	10
OEM Recommended seats	2

4.8 Gyermek utasvédelem tesztek pontozási rendszere [10]

4.3. "VRU tesztek"

Az előbbi tesztek a szakdolgozatom lényegi részében nem vettek részt, ugyanakkor fontosnak tartottam megvizsgálni ahhoz, hogy pontosabb képet kapjak és tudjam azokat a scenáriókat modellezni és implementálni, ami a szakdolgozatom lényegi témája, amit Bosch által kialakított programban az NCAP Tool-ban valósítottam meg.

A teszteknek vannak előkészületei, amiket azért szükséges elvégezni, hogy csökkentsük a hibázási lehetőségeket, és a lehető legkevesebb hibafaktor zavarja meg a tesztelési folyamatot. Minden tesztet megelőzően a járművekből el kell távolítani az üzemanyagot és meg kell mérni a jármű üres tömegét. Ezek után mindent feltöltenek (üzemanyag tartály, olaj, ablakmosó tartály), két felnőtt dummy-t helyeznek az első ülésekre, majd futóműbeállítást és keréknyomás ellenőrzést végeznek a járművön. Ezeknél a vizsgálatoknál több különböző dummy-val történhetnek meg a tesztek. A tesztek során 6 éves korú gyerek, illetve férfi és női alakú dummy-kat használnak 5%-, 50%-, 95%-os méretekben, amelyek a járműveken kívül helyezkednek el. A szenzoroknak érzékelni kell a dummy-kat, hogy ne történjen ütközés. Itt a lökhárítón lévő szenzorokból és a dummy-ból kivont adatok alapján vizsgálják meg, hogy mekkora erő hatott a becsapódás pillanatában a vizsgált dummy-ra. A 4.9-es ábrán látható képlettel számítható ki ez az erő.

M_e = Effective mass (kg)
 F = Force (N)
 Δv = Change in Velocity (m/s)
 dt = Time increment (s)
 t_1 = Time of first contact (s)
 t_2 = Time of peak force (s)

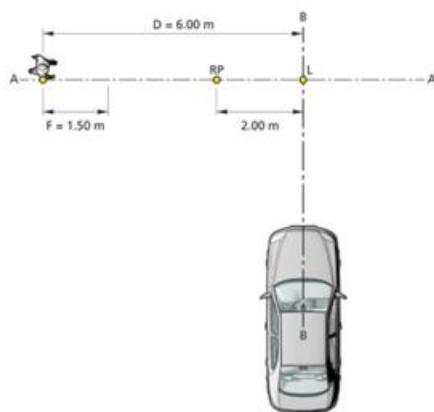
4.9 A gyalogost érő erő kiszámítása [14]

Ezekén felül motoros és kerékpáros ütközések is léteznek ebben a tesztsorozatban. Több különböző szcenáriót mutatok be a következőkben, köztük azokat is, amelyeket én próbáltam megvizsgálni, hogy vajon bekerülnek-e a következő, 2026-ban megjelenő NCAP frissítésbe.

4.3.1 C2P – “Car to Pedestrian”

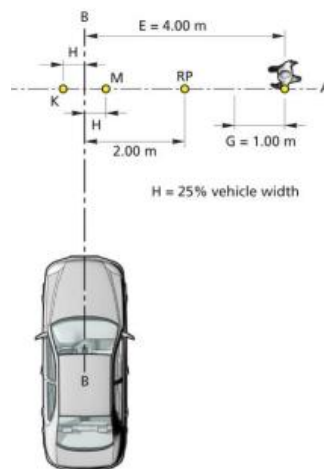
Az egyik leginkább előforduló baleset az utakon, mikor egy gyalogost elütnek. Ezeket a tesztek az NCAP-nél C2P-nak rövidítik. Ennek több válfaja is van, amiket itt mutatok be.

”*Car to Pedestrian Farside Adult (CPFA)*”: A gyalogos a jármű elejével ütközik, aki a jármű távolabbi oldaláról érkezik. Ez a 4.10-es ábrán figyelhető meg.



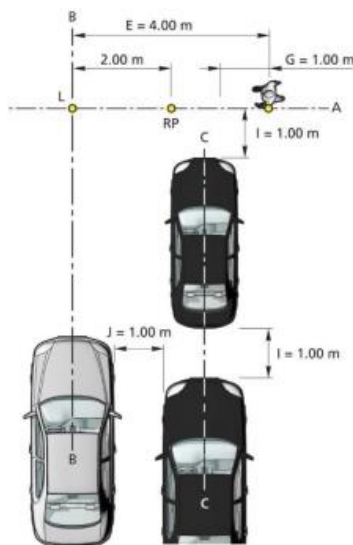
4.10 CPFA szcenárió [14]

”Car to Pedestrian Nearside Adult (CPNA)”: A gyalogos a jármű elejével ütközik, aki a jármű közelebbi oldaláról érkezik. Ez a 4.11-es ábrán figyelhető meg.



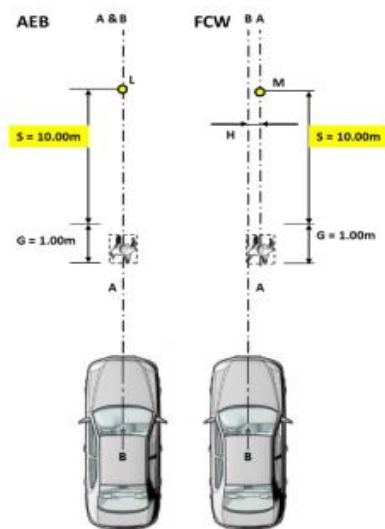
4.11 CPNA szcenárió [14]

“*Running Child from Nearside from Obstruction (CPNCO)*”: A gyermek gyalogos a jármű elejével ütközik, aki a jármű közelebbi oldaláról érkezik. Ez a 4.12-es ábrán figyelhető meg.



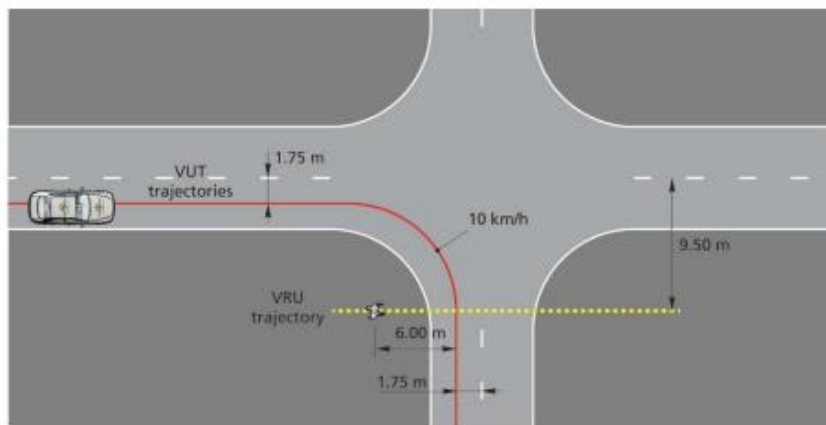
4.12 CPNCO szcenárió [14]

“*Car to Pedestrian Longitudinal Adult (CPLA)*”: A gyalogos a jármű elejével ütközik, aki a jármű eleje előtt halad előre felé. Ez a 4.13-as ábrán figyelhető meg.



4.13 CPLA szcenárió [14]

“Car to Pedestrian Turning Adult (CPTA)”: A gyalogos a jármű elejével ütközik, aki épp áthalad egy zebrán és a jármű ráfordul erre a kereszteződésre. Ez a 4.14-es ábrán figyelhető meg.



4.14 CPTA szcenárió [14]

“Car-to-Pedestrian Reverse Adult stationary (CPRA)”: A jármű tolat, és egy gyalogost üt el a jármű hátsó részével, aki épp átkel az úttesten.

“Car-to-Pedestrian Reverse Children stationary (CPRCs)”: A jármű tolat, és egy gyermek gyalogost üt el a jármű hátsó részével, aki a jármű mögött áll. A CPRA és CPRCs szcenáriók a 4.15-ös ábrán figyelhető meg.



4.15 CPRA és CPRCs szcenáriók [14]

A tesztekhez tartozó forgatókönyvekben minden olyan tényező fel van sorolva, amelyek az eset kimenetelét meghatározhatják, például milyen sebességgel ment a gyalogos és az autó, volt-e akadály vagy sem, illetve, hogy mekkora volt az érintkezés a két objektum között. További fontos szempont, hogy reggeli vagy esti szcenárióról volt-e szó, vagy volt-e közlekedési lámpa vagy közvilágítás a teszt során. Ez a szempontrendszer a 4.16-os ábrán figyelhető meg.

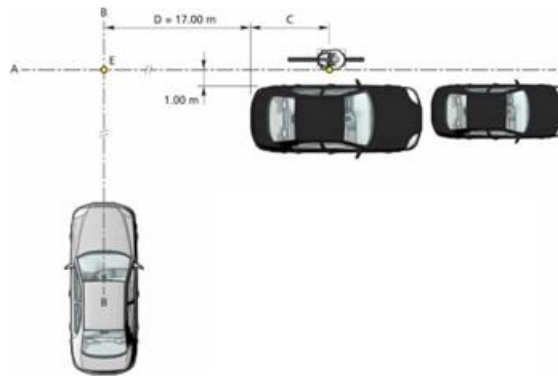
	CPFA	CPNA	CPNCO	CPLA		CPTA				CPRA/CPRC	
Section	7.2.1	7.2.2	7.2.3	7.2.4		7.2.5				7.2.6	
Type of test	AEB			AEB	FCW/ESS	AEB				AEB	
VUT speed [km/h]	10-60			20-60	50-80	10,15,20		10		4,8	
VUT direction	Forward			Forward		Farside turn		Nearside turn		Rearward	
Target speed [km/h]	8	5		5	5	5				0	5
Target direction	Farside	Nearside		Forward		Opposite direction	Same direction	Opposite direction	Same direction	Farside	Farside/Nearside
Impact location [%]	50	25,75*	50	50	25	50				25,50,75	50
Dummy Articulation	Yes – as per test speed			Yes		Yes				Articulated dummy in 'off' position	Yes
Lighting condition	Day/Night			Day/Night		Day				Day	
Vehicle lights (night)	Low beam			High beam		N/A				N/A	
Streetlights (night)	Streetlights			No streetlights		N/A				N/A	

4.16 C2P tesztekhez tartozó körülmények táblázatos formátumban [14]

4.3.2 C2B – "Car to Bicyclist"

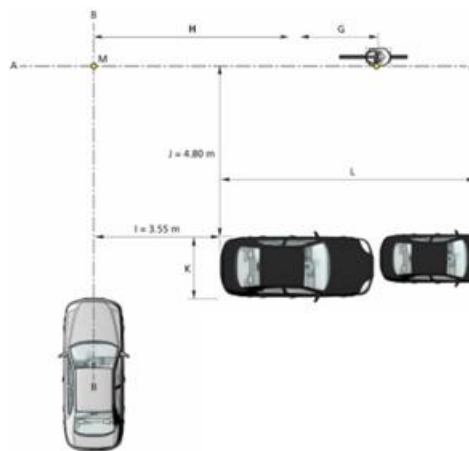
Egyre többen választják a kerékpárt a jó időben közlekedési eszköznek és ezáltal a kerékpárosokra is fokozottan ügyelniük kell az autósoknak. A továbbiakban ezeket a teszteket részletezem.

“*Car to Bicyclist Nearside Adult (CBNA)*”: A kerékpáros a jármű közelebbi oldala felől közelít és ütközni fog a jármű elülső oldalával. Ez a 4.17-es ábrán figyelhető meg.



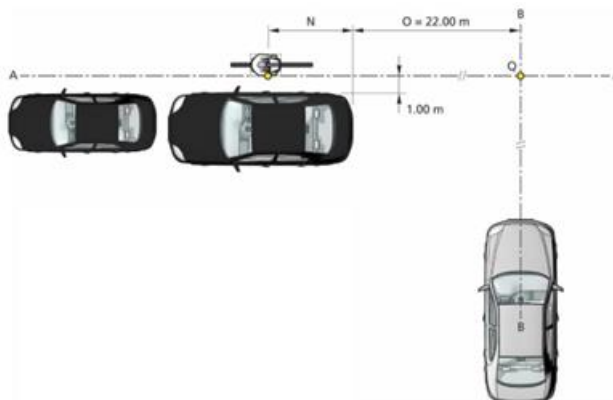
4.17 CBNA szcenárió [14]

“*Car-to-Bicyclist Nearside Adult Obstructed (CBNAO)*”: A kerékpáros a jármű közelebbi oldala felől közelít egy objektum mögül és ütközni fog a jármű elülső oldalával. Ez a 4.18-as ábrán figyelhető meg



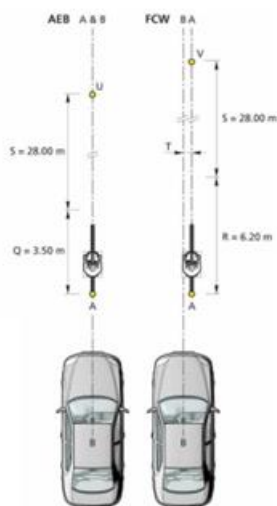
4.18 CBNAO szcenárió [14]

“*Car to Bicyclist Farside Adult (CBFA)*”: A kerékpáros a jármű távolabbi oldala felől közelít és ütközni fog a jármű elülső oldalával. Ez a 4.19-es ábrán figyelhető meg.



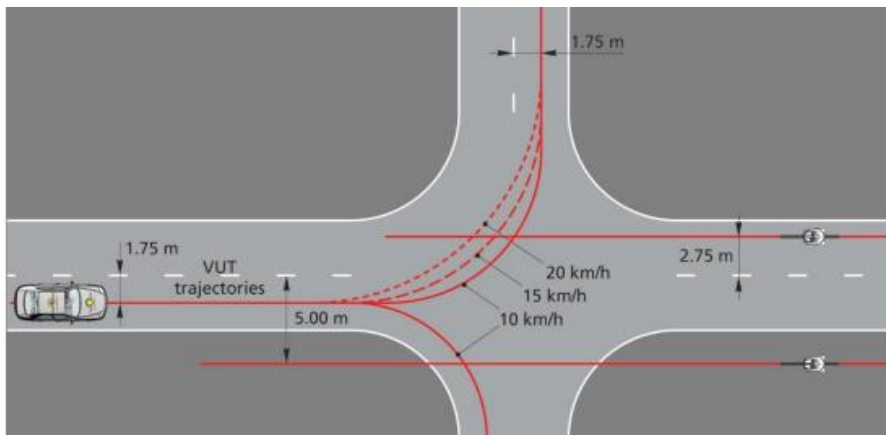
4.19 CPFA szcenárió [14]

“*Car to Bicyclist Longitudinal Adult (CBLA)*”: A kerékpáros a jármű előtt halad előre felé és ütközni fog a jármű elülső oldalával. Ez a 4.20-as ábrán figyelhető meg.



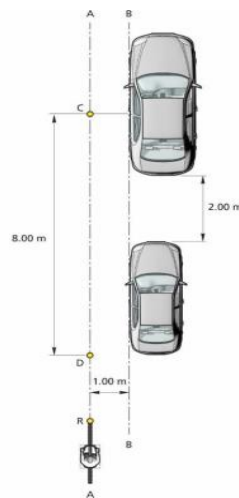
4.20 CBLA szcenárió [14]

“*Car to Bicyclist Turning Adult (CBTA)*”: A kerékpáros egy kereszteződés felé halad és átkel a kereszteződésen egyenesen. A jármű erre a kereszteződésre kanyarodik rá és a jármű elülső részével ütközik a kerékpáros. Ez a 4.21-es ábrán figyelhető meg.



4.21 CBTA szcenárió [14]

“Car-to-Bicyclist Dooring Adult (CBDA)”: Abban az esetben figyelhető meg ez a szituáció, amikor párhuzamosan parkolnak a járművek és egy kerékpáros éppen egy olyan jármű mellett halad el, ahol a jármű sofőrje éppen kinyitja az ajtót és annak ütközik neki a kerékpáros. Ez a 4.22-es ábrán látható.



4.22 CBDA szcenárió [14]

A tesztekhez tartozó forgatókönyvekben minden egyes részlet fel van tüntetve ugyanúgy, mint a gyalogos szcenárióknál. Milyen sebességgel ment a kerékpáros és az autó, volt-e akadály vagy sem, illetve mekkora volt az érintkezés a két objektum között. További szempont, hogy reggeli vagy esti szcenárióról van-e szó, illetve, hogy volt-e közlekedési lámpa vagy közvilágítás a teszt során. Ez a 4.23-as ábrán látható.

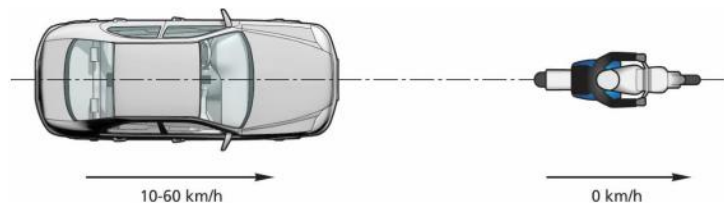
	CBFA	CBNA		CBLA		CBTA		CBDA
Paragraph	7.3.1	7.3.2 & 7.3.3		7.3.4		7.3.5		7.3.6
Type of test	AEB	AEB		AEB	FCW/ESS	AEB		
VUT speed [km/h]	10-60	10-60		25-60	50-80	10,15,20	10	0
VUT direction	Forward	Forward		Forward		Farside turn	Nearside turn	Stationary
Obstruction	No	No	Yes	No		No		Yes
Target speed [km/h]	20	15	10	15	20	15		15
Target direction	Farside	Nearside		Forward		Opposite direction		Forward
Impact location [%]	50	50		50	25	50		Most rearward point of closed driver door
Lighting condition	Day	Day		Day		Day		Day

4.23 C2B tesztekhez tartozó leírás [14]

4.3.3 C2M – "Car to Motorcyclist"

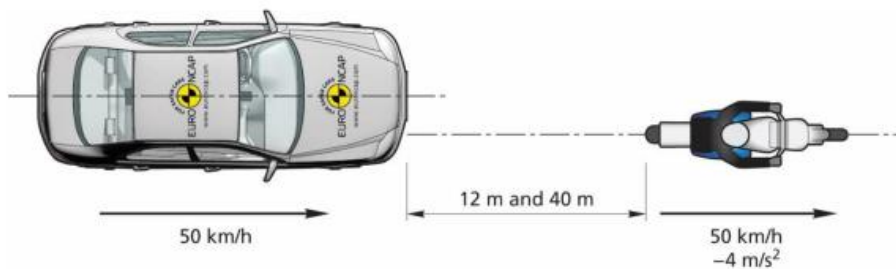
Az utakon egyre többen járnak motorkerékpárral a kisebb költségek és helytakarékoság érdekében, így ezekre a járművekre is fokozottan ügyelni kell.

"Car-to-Motorcyclist Rear Stationary (CMRs)": Az ütközés során az autó előre felé halad egy motoros felé, aki álló helyzetben van, és az autó neki ütközik a motornak. Ez a 4.24-es ábrán látható.



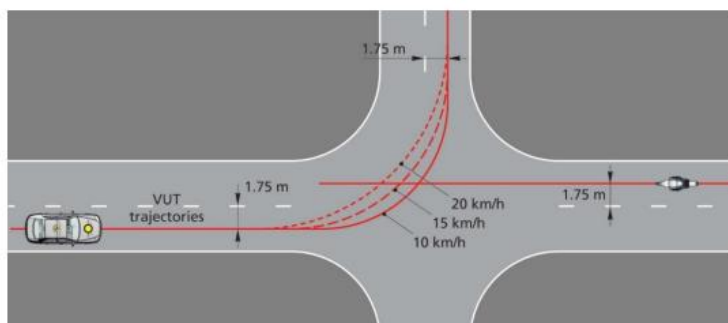
4.24 CMRs szcenárió [14]

"Car-to-Motorcyclist Rear Breaking (CMRb)": Az ütközés során az autó előre felé halad egy motoros felé, aki szintén előre felé halad, majd a motoros elkezd lassítani vagy fékezni és az autó neki ütközik a motornak. Ez a 4.25-ös ábrán látható.



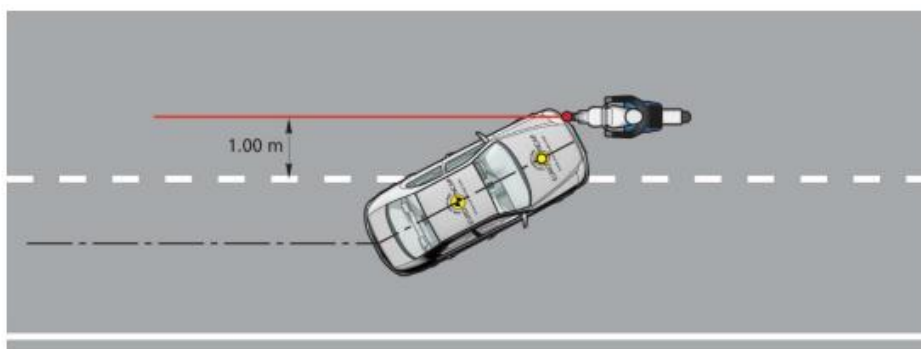
4.25 CMRb szcenárió [14]

“Car-to-Motorcyclist Front Turn Across Path (CMFtap)”: Az ütközés során az autó kanyarodik egy kereszteződésben és keresztezi egy azonos sebességgel haladó motoros útját. Ez a 4.26-os ábrán látható.



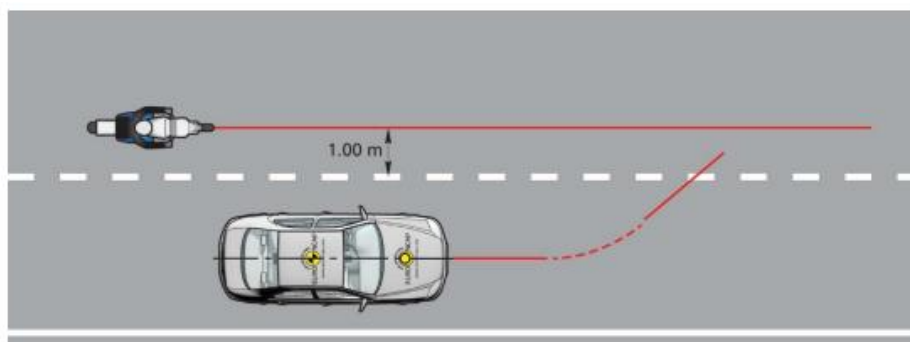
4.26 CMFtap szcenárió [14]

“Car-to-Motorcyclist Oncoming (CMoncoming)”: Az ütközés során az autó kisodródik a saját sávjából és ütközik egy olyan motorossal, aki vele szemből érkezik az ellentétes sávban. Ez a 4.27-es ábrán látható.



4.27 CMoncoming szcenárió [14]

“Car-to-Motorcyclist Overtaking (CMovertaking)”: Előzés során a jármű kisodródik és ütközik a mellette haladó motorkerékpárral. Ez a 4.28-as ábrán látható. [14]



4.28 CMOvertaking scenárió [14]

Az 4.29-es ábra mutatja be az motoros scenáriókhoz tartozó tesztparamétereket.

	CMRs		CMRb	CMFtap	CMoncoming	CMOvertaking	
Paragraph	7.4.1		7.4.2	7.4.3	7.4.5	7.4.6	
Type of test	AEB	FCW	AEB/FCW	AEB	LSS	LSS	
VUT speed [km/h]	10-60	30-60	50	10,15,20	72	50	72
Target speed [km/h]	0		50	30,45,60	72	60	80
VUT direction	Forward		Forward	Farside turn	Forward	Forward	
Impact location [%]	50		25	50	10	EMT front wheel to VUT rear wheel	
Lighting condition	Day		Day	Day	Day	Day	

4.29 C2M tesztekhez tartozó leírás [14]

A következőkben a saját tesztjeimet mutatom be.

4.3.4 C2PWBB: Car to Pedestrian With Babby Buggy

A babakocsis személyek az utakon problémát okozhatnak a járművezetőknek. Sok esetben ezek a személyek akár futhatnak is a babakocsival és bármelyik pillanatban előbukkanhatnak egy objektum mögül.

Ennek az alapját és a teszteket a gyalogos tesztek szolgáltatták csak más paraméterekkel, mint például a sebesség és a pontozási rendszer mivel itt egynél több személyről van szó.

4.3.5 C2PR: Car to Pedestrian In Robe

Egy szoknyás egyén kiterjedése elég nagy lehet, amit a szenzor akár két személynek is érzékelhet és erre is fel kell készíteni a rendszert, hogy ezzel is meg tudjon birkózni

Ennek az alapját és a teszteket a gyalogos tesztek szolgáltatták csak más paraméterekkel.

4.3.6 C2S: Car to Scooter

A mai világban szinte mindenhol csak elektromos rollereket látni. Sokkal több van belőlük, mint a kerékpárokból. Sajnos nem ugyanolyan egy Scooter-es egyénnek a felépítése, mint egy kerékpáron ülőnek, így a kamerákat erre a lehetőségre is fel kell készíteni.

Ennek az alapját és a tesztek a kerékpáros tesztek szolgáltatták csak más paraméterekkel.

Elsősorban e három utolsó scenárión dolgoztam munkám során, azzal a céllal, hogy belekerülnek-e az NCAP 2026-ban megjelenő frissítésébe. Mint kiderült, az általam végzett fejlesztés kidolgozása alatt az elektromos rolleres scenáriót Kínában már majdnem létre is hozták és már tesztek is készítettek hozzájuk.

4.4. C2C – *”Car To Car tesztek”*

Ezeknél a scenárióknál két járművel történő ütközések lesznek bemutatva. Itt is három újat kellett kitalálnom, ami a 2026-os új verzióban nagy valószínűséggel meg fog jelenni. Mivel mindegyik mostani scenárió csak előre felé történő mozgást mutatott be, úgy gondoltam érdekes lenne megfigyelni egy tolatási teszt is, mivel a valódi életben nagyon sok tolatás történik. Illetve nem volt egy olyan eset sem, ami különleges időjárási körülményeket szimulálna, ezzel is nehezítve a kamerák és szenzorok működését. Ezen felül mindegyik esetet csak két autóval szimulálták, viszont nagyon sok esetben, mint az autópályákon is, előfordulnak olyan esetek, amikor hirtelen befékeznek előttünk, de a mögöttünk lévő ezt nem látja. A járműveket erre az esetre is fel kell készíteni.

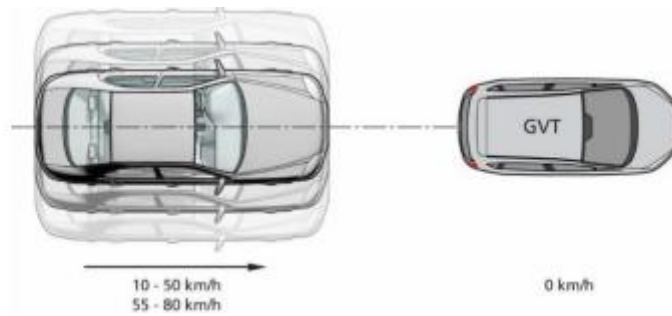
A következő képeken a VUT²⁴ az a jármű, amit az tesztek során tesztelünk és vezetjük, a GVT²⁵ pedig a másik jármű. CCFhol scenárióknál és CCRF & CCRR-nél van egy harmadik jármű is, ami az SOV²⁶.

”Car to Car Rear Stationary (CCRs)”: Az egyik autó előre felé halad és beleütközik az előtte álló járműbe. Ez a 4.30-as ábrán látható.

²⁴ Vehicle under test: Teszt alatt lévő jármű

²⁵ Global Vehicle Target: Globális járműcél

²⁶ Secondary Other Vehicle: Másodlagos Egyéb jármű



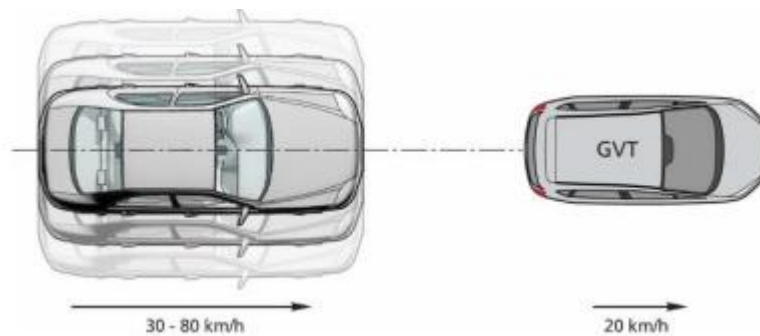
4.30 CCRs szcenárió [9]

A 4.31-es ábra mutatja be az adott szcenárióhoz tartozó tesztesebségeket.

	AEB + FCW combined		AEB only	FCW only
	AEB	FCW		
AEB CCRs	10-50 km/h -50% to 50%	55-80 km/h -50% to 50%	10-80 km/h -50% to 50%	55-80 km/h -50% to 50%

4.31 CCRs tesztesebségek [9]

“Car to Car Rear Moving (CCRm)””: Az egyik autó előre felé halad és beleütközik az előtte állandó sebességgel haladó járműbe. Ez a 4.32-as ábrán látható.



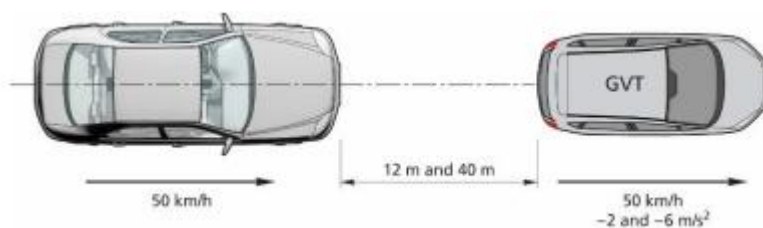
4.32 CCRm szcenárió [9]

Az 4.33-as ábra mutatja be az adott szcenárióhoz tartozó tesztesebségeket.

	AEB + FCW combined & AEB Only
	AEB
AEB CCRm	30-80 km/h -50%-50%

4.33 CCRm tesztesebségek [9]

“Car to Car Rear Breaking (CCRB)””: Az egyik autó előre felé halad és beleütközik az előtte állandó sebességgel haladó járműbe, aki lassít, vagy épp hirtelen fékez. Ez a 4.34-es ábrán látható.



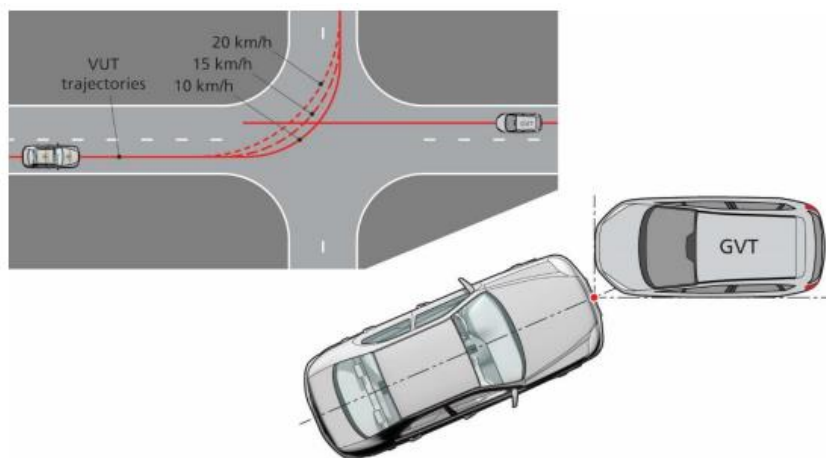
4.34 CCRb szcenárió [9]

Az 4.35-ös ábra mutatja be az adott szcenárióhoz tartozó tesztssebességeket.

		AEB+FCW combined & AEB only	
		-2 m/s ²	-6 m/s ²
AEB CCRb	12m	50 km/h	50 km/h
	40m	50 km/h	50 km/h

4.35 CCRb tesztssebességek [9]

“Car to Car turn-across-path (CCFtap)”: a jármű kanyarodik, és frontális ütközést szenved egy kanyarodó másik járművel. Ez a 4.36-os ábrán látható.



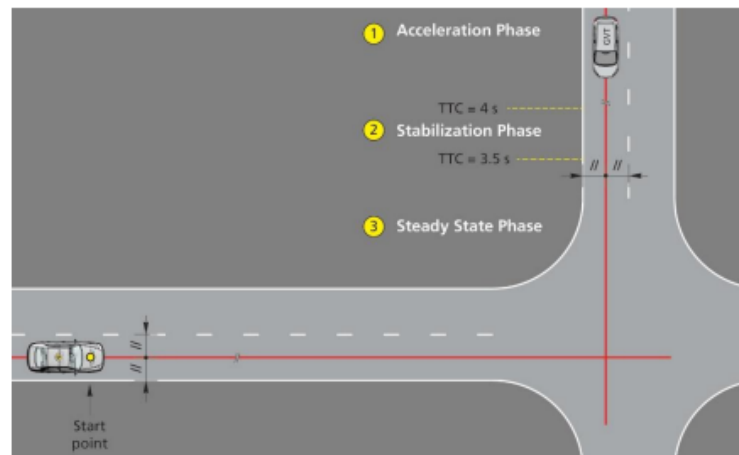
4.36 CCFtap szcenárió [9]

Az 4.37-es ábra mutatja be az adott szcenárióhoz tartozó tesztssebességeket.

Test speed	Part 1 (clothoid)			Part 2 (constant radius)			Part 3 (clothoid)		
	Start Radius R1 [m]	End Radius R2 [m]	Angle α [deg]	Start Radius R2 [m]	End Radius R2 [m]	Angle β [deg]	Start Radius R2 [m]	End Radius R1 [m]	Angle α [deg]
10 km/h	1500	9.00	20.62	9.00	9.00	48.76	9.00	1500	20.62
15 km/h	1500	11.75	20.93	11.75	11.75	48.14	11.75	1500	20.93
20 km/h	1500	14.75	21.79	14.75	14.75	46.42	14.75	1500	21.79

4.37 CCFtap tesztssebességek [9]

„Car-to-Car Crossing Straight Crossing Path (CCCscp)”: Egy jármű egy kereszteződés felé halad, amibe belelép és ott egy másik autónak az első oldalával ütközik, aki egyenesen haladt. Ez a 4.38-as ábrán látható.



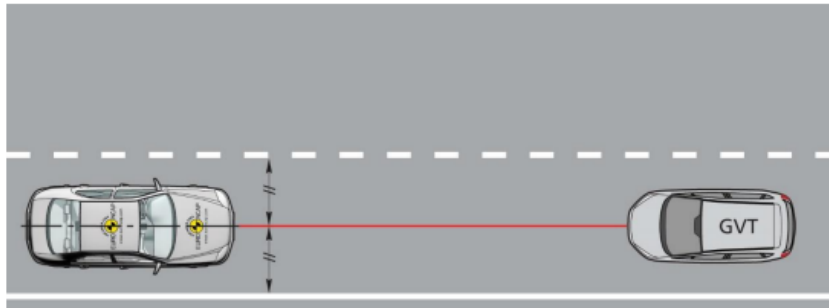
4.38 CCCscp szcenárió [9]

A 4.39-es ábra mutatja be az adott szcenárióhoz tartozó tesztssebességeket.

VUT	GVT				
	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h
<i>Start from stop</i>	AEB	AEB	AEB	AEB	AEB
<i>20 km/h</i>	AEB	AEB	AEB	AEB	AEB
<i>30 km/h</i>	AEB	AEB	AEB	AEB	AEB
<i>40 km/h</i>	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW
<i>50 km/h</i>	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW
<i>60 km/h</i>	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW	AEB/FCW

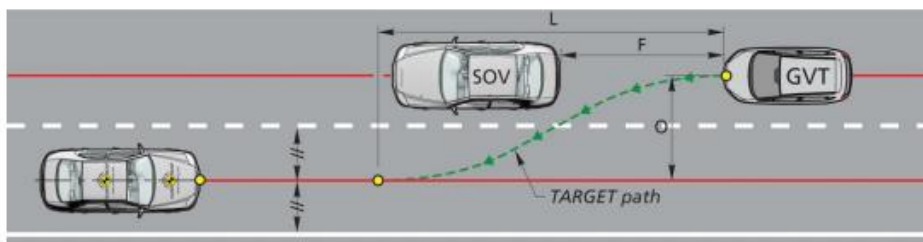
4.39 CCCscp tesztssebességek [9]

„Car-to-Car Front Head-On Straight (CCFhos)”: Az egyik autó a saját sávjában halad és egy másik jármű átsodródik a szemközti sávba, ahol frontálisan ütköznek. Ez a 4.40-es ábrán látható.



4.40 CCFhos szcenárió [9]

”Car-to-Car Front Head-On Lane change (CCFhol)”: Előzési szándékot jelez az egyik autó, majd kisodródik és nekimegy a szemből érkező járműnek. Ez a 4.41-es ábrán látható. [9]



4.41 CCFhol szcenárió [9]

CCRX: Car to Car revert parking: Ennél a szcenáriónál egy parkolóházban vagyunk, ahol két autó hátrafelé tolat és összeütközik a két autó hátulja.

CCRW: Car to Car with Weather: Ennél a tesztnél azok a körülmények lesznek implementálva, ahol a járműveknek rossz látási viszonyok között, csúszós úton kell közlekedni.

CCRF & CCRR: Car to Car Rear Breaking & Car to Car Front Moving: Ez a szcenárió legtöbb esetben autópályán következik be, amikor három jármű ütközik össze. Ebben az esetben az első jármű hirtelen lefékezik, a második jármű hátulról érkezve belecsúszik, végül a harmadik jármű, aki nem tartja a követési távolságot, szintén belecsúszik a második jármű hátuljába.

5. Szenzorok és kamerák

A következőkben azokat a kamerákat és szenzorokat mutatom be, amelyeket Boschhoz köthető járművekbe szerelnek be. Ezeknek az eszközöknek köszönhetően nagyon sokat fejlődött az önvezető technológia, illetve biztonságosabb lett a közlekedés.

Ezek az eszközök a Bosch által létrehozott IoT cloud-ba küldenek adatokat, melyeket feldolgozzák és a járművekbe visszaküldve, azok központi térképen jelennek meg, mint például egy oszlop, bukkanó, vagy egyéb útburkolati hiba. Ezáltal is segítve a vezetőket az utakon, illetve az önvezető technológia fejlődését.

5.1. ADAS ²⁷ - Fejlett vezetőtámogató rendszerek

5.1.1 Hátsó kamera

Ez a kamera lehetővé teszi, hogy nagyobb legyen a látómező a jármű mögött ezáltal csökkentve a holttereket. Lényegében a gépkocsi hátulja mögötti teret tükrözi a megjelenítőre. Az 5.1-es képen látható a kamera felépítése. [24]



5.1 Hátsó kamera [24]

5.1.2 "Park Pilot"

Ultrahangos tolatásérzékelő szenzor, amely érzékelik, ha valamilyen tárgy van a jármű mögött, és figyelmezteti az járművezetőt. Az 5.2-es képen látható a szenzor felépítése. [23]

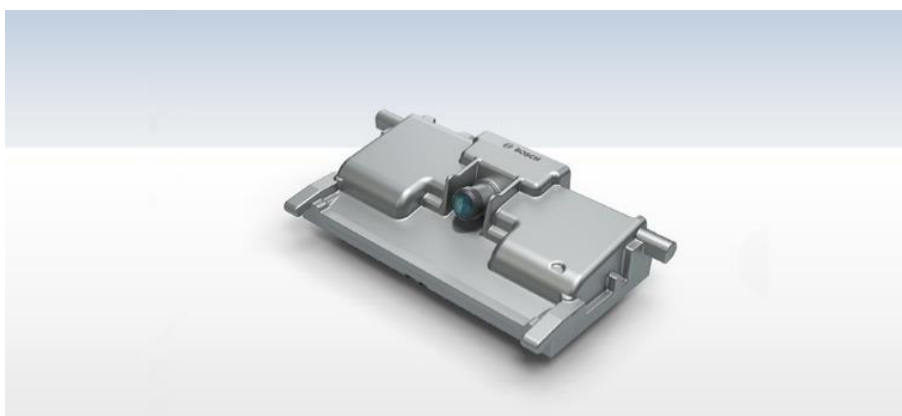
²⁷ Assisted Driving Gradings



5.2 Park Pilot [23]

5.1.3 "Multi purpose camera"²⁸

Ezt a kamerát használja minden Bosch által fejlesztett jármű, mivel fejlett mesterséges intelligenciával és képfeldolgozó rendszerrel van felszerelve. Az 5.3-as ábrán látható a kamera felépítése.



5.3 Multi purpose camera [21]

A kamera több, különböző módon dolgozza fel a bemenő jeleket és képeket. Elsősorban algoritmusokkal kiértékeli az objektumkategóriákat, majd optikai mozgásból származó szerkezeti elemekből felismeri a tárgyakat. Az 5.4-es ábra mutatja be, a rendszert működés közben.

²⁸ Többcélú kamera



5.4 Multi purpose camera működés közben [21]

Képes detektálni az útburkolati jeleket, illetve azok hiányában az út szélét jelző tárgyakat, mint például korlátokat vagy kavicsokat, aminek a segítségével képes a járművet az úton tartani. Ezeken kívül a jelzőlámpákat, jelzőtáblákat is felismerni, ezáltal vezérelni a járművet. [21]

5.1.4 Elülső/hátsó radar szenzor

Az érzékelő pontosan követi a tárgyak helyzetét, sebességét és mozgási irányát. Városi forgalomban számos tárgyat és embert kell észlelnie és megkülönböztetnie a rendszernek. A radar képes működni rossz látási viszonyok között is, ami nagyban segíti a kamerák munkáját is. Az 5.5-ös ábrán látható a szenzor működés közben, illetve az 5.6-os ábrán látható a szenzor felépítése. [19]



5.5 Szenzor működése animáció formájában [19]



5.6 Elülső/hátsó radar szenzor [19]

5.1.5 Oldalsó radar szenzor

A szenzor kiemelkedő hatótávolságával, szögfelbontásával és széles sugárzási szögével gyorsan és megbízhatóan észleli a tárgyakat és az embereket. A sarokradar-érzékelő segíti a járművezetőt a holtér érzékelésében, sávváltásoknál és parkolási helyzetekben. Ezen felül érzékeli a jármű mögötti forgalmat parkoláskor, emellett az autó kilépésére figyelmeztető rendszer megjósolja a hátulról közeledő járműveket, amikor az ajtót kinyitják. A szenzor az 5.7-es ábrán látható. [18]



5.7 Oldalsó radar szenzor [18]

5.1.6 Közeli hatótávolságú kamera

A kamera széles látómezővel rendelkezik, az alap 137 fokos vízszintes látómezőt akár 192 fokig lehet bővíteni és akár 140 fokos függőleges látómező is elérhető. A kamera és az ultrahangos érzékelő adatainak összesítésével, valamint hatékony képfeldolgozás segítségével lehetővé teszi olyan vezetéstámogató rendszerek kifejlesztését, amelyek csökkentik a parkolást okozó problémákat. A kamera az 5.8-as ábrán figyelhető meg. [22]



5.8 Közeli hatótávolságú kamera [22]

5.1.7 Ultrasonic szenzor

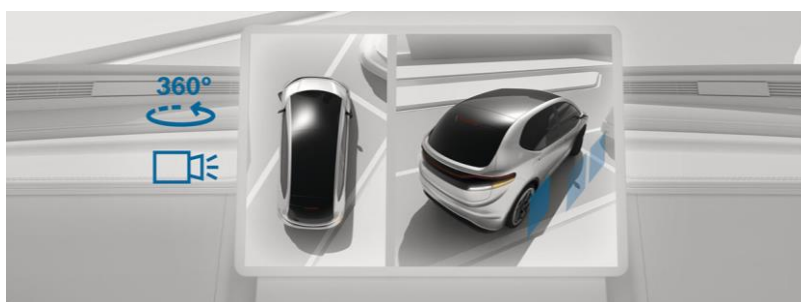
Ultrahang elven működő szenzor, ami például a korlátok helyzetének meghatározásában segít. A szenzor az 5.9-es ábrán látható. [16]



5.9 Ultrasonic szenzor [16]

5.1.8 Többkamerás rendszer

Ez a rendszer a közeli hatótávolságú kamerák és ultrahangos szenzorok kombinációja, aminek a segítségével egy 3D-s modellt hoz létre, a jármű környezetéről. Támogatja parkolási funkciókat, valamint az utánfutó támogatást is, ezáltal megkönnyítve a parkolást és a manőverezést is. A kamerarendszer működése az 5.10-es ábrán látható. [20]



5.10 Többkamerás rendszer [20]

6. Implementáció

A következőkben azokat az új scenáriókat mutatom be, amiket a mindennapi közlekedés során figyeltem meg és ezek alapján fel lehetne készíteni a járműveinket az ilyen esetekre. A feladatom a meglévő NCAP Tool program bővítése volt az általam kreált újdonságokkal és ezek vizualizációja Excelben.

Az implementációt Python [25] nyelven végeztem, ezt követően adatbázis kezelést végeztem az általam létrehozott úgymond „hamis” adatokkal, és ezekből az adatokból kinyert eredményekkel készítettem el az új Excel oldalakat.

6.1. VRU

6.1.1 C2PWBB – Car to Pedestrian With Babby Buggy

A mai világban egyre több szülőt láthatunk a környezetünkben, akik babakocsival futnak, így jó ötletnek tűnt ennek a tesztnek a kivitelezése, mivel itt a kameráknak már nem csak egy objektumra kell figyelniük.

Az alapját a gyalogos scenáriók adták, ahol egy gyalogos sebessége általában 5 km/h, ezért a babakocsis személy sebességét kibővítettem 5, 10 és 15 km/h-ra, ami futás közben lehet jellemző. A másik fontos dolog, hogy itt már nem csak egy célpont volt, hanem akár kettő vagy több is, így a súlyozást is módosítottam. Ketté kellett választani, hogy ki sérülhet meg. Lehet ez a felnőtt vagy a babakocsiban tartózkodó/tartózkodók vagy akár mindkettő, ezáltal az értékelés is megváltozott. Ha csak a felnőttel történik a baleset, ugyanúgy fogunk pontozni, mint egy sima gyalogos scenáriónál, ha viszont a babakocsiban lévő egyén sérül meg, súlyosabb pontvesztés jár, mivel ebben az esetben akár halálos kimenetel is lehetséges. Ha mindkettő megsérül, a teszt akár el is bukhat.

Másik fontos szempont az objektumok általi takarásból érkezőkkel kapcsolatos scenáriók. Ha egy babakocsi felbukkan egy másik objektum mögül, a szenzor tévesen azt feltételezheti, hogy nem történt semmilyen mozgás, ugyanúgy a másik objektum része a babakocsi és emiatt nem történne akkora fékezés, amekkorát a helyzet valóban megkívánna. Sajnálatos módon, itt is a szenzorokra vagyunk utalva, mivel a gyalogos, aki vezeti a babakocsit, ő sem feltétlenül látja a teljes útszakaszt, ha takarva van egy tárgy által.

A következő dolog, amit meg kellett oldani a tesztjárművek sebességének módosítása, mivel ilyen esetek leginkább csak városokban, falvakban, községekben fordulhatnak elő.

A teszteket esti és éjszakai körülmények között is meg kellett vizsgálni, mivel éjszaka a kamerák se látnak olyan mértékben a fényhiány miatt, illetve a fényszórók által kijelölt terület sem tart végtelenségig. Ezáltal itt minden egyes kis sérülés mind a babakocsin, a gyermekeken/gyermekeken és/vagy a felnőtt erőteljesebb levonást von maga után.

Az 6.1-es ábra mutatja be pontosan, hogy milyenek a tesztkörülmények.

	CPWBBNA-50	CPWBBNA-25	CPWBBNA-75	CPWBBNC-50	CPWBBLA-50	CPWBBLA-25
VUT speed	10-60 km/h	10-60 km/h	10-60 km/h	10-60 km/h	20-60 km/h	50-80 km/h
Ped WBB Speed	5-15 km/h					
Obstruction	No	No	No	Yes	No	No
Impact point	50%	25%	75%	50%	50%	25%
AEB/FCW	AEB	AEB	AEB	AEB	AEB	FCW/ESS
						
Points	0.25	0.25	0.25	1.0	0.5	0.5

6.1 C2PWBB tesztekhez tartozó leírás

6.1.2 C2PR – Car to Pedestrian In Robe

A szenzorokat arra is fel kell készíteni, hogy ne csak egy átlagos emberre figyeljenek. A mai trendeket követve sokan viselnek szoknyát, akár a mindennapokban vagy akár esküvőre menvén. Országoként is változhatnak a különböző viseletek, például a skótoknál, jellemző a viselése vagy az egyes arab országokban mindkét nemnél jellemző a hosszú ruházat. Ezért nem lehet csak egy féle dummy-val vizsgálni ezt a szituációt, szükség van egy férfi és egy női tesztbábúra is mivel más a testfelépítésük és a szoknya is módosíthatja ezt.

Itt különösebb változtatás nem történt az alap gyalogos szcenárióhoz képest. A fő cél az volt, hogy a kamera észre tudja-e venni, hogy nem egy objektum van előttünk vagy mögöttünk, hanem egy gyalogosról van szó. Ennél a tesztnél, ha nem történt ütközés csak

a szoknyát éri a találat, ugyan úgy kell eljárni, mintha történt volna. Itt a szoknya bizonyos pontjaira jeladókat kell helyezni és megvizsgálni, hogy az adott magasságban milyen testrész szerepelne és ez által végezni a pontozást. Tételezzük fel, hogy egy nagy szoknyát visel az illető, ami a bokája alá ér és a jármű a térd közelében találja el a szoknyát. Ebben az esetben ugyanúgy kell figyelembe venni a szoknyával történő ütközést mintha a térdét találta volna el.

Úgyszintén a takaró objektum mögüli előbukkanásra is figyelni kell, mivel ha nem találja el a gyalogost, csak a szoknyáját, ugyanaz vonatkozik, mint a fentebb említett példánál, vagyis úgy kell értékelni az esetet, mintha a gyalogos térdét találta volna el a jármű. Az esti vizsgálat is fontos, mivel nagyobb a kiterjedése a dummy-nak és itt is nehezebb lesz felismernie a szenzornak a közeledő objektumot.

A következő ábra mutatja be pontosan, hogy milyenek a tesztkörülmények ennél a szcenáriónál.

	CPIRMA-50	CPIRMA-25	CPIRMA-75	CPIRNC-50	CPIRLA-50	CPIRLA-25
VUT speed	10-60 km/h	10-60 km/h	10-60 km/h	10-60 km/h	20-60 km/h	50-80 km/h
Ped speed	8 km/h	5 km/h	5 km/h	5 km/h	5 km/h	5 km/h
Obstruction	No	No	No	Yes	No	No
Impact point	50%	25%	75%	50%	50%	25%
AEB/FCW	AEB	AEB	AEB	AEB	AEB	FCW/ESS
						
Points	0.25	0.25	0.25	1.0	0.5	0.5

6.2 C2PIR tesztekhez tartozó leírás

6.1.3 C2S – Car to Scooter

Ez egy viszonylag új jelenség, és mint látható, nagyon gyorsan el is terjed a világon. Új szabályozások jelentek meg az elektromosrollerek használatára világszerte, ezért különösen fontos, hogy ezeket a helyzeteket is kezelni tudják az járművek.

Én csak azokra a roller típusokra összpontosítottam, amik 20 és 25 km/h sebességgel tudnak legfeljebb menni, mivel ezeknek a használata terjedt el leginkább. Azok a rollerek,

amelyek ennél nagyobb sebességet is el tudnak érni, ugyanazok a scenáriók, vonatkoznak, mint egy motorosra. Két scenáriót összegyúrva alkottam meg ezt az újat, és mint kiderült a kínai fejlesztők is hasonló képpen oldották meg. Ez a kettő a motoros és a kerékpáros, mivel nem látható lábmozgás (tehát nincs pedálozás), ezen felül képes akár gyorsabban is menni, mint egy kerékpáros. Gyorsulása is jelentős lehet, akár egy motoroséhoz hasonlóan, mindemellett ugyanazok a közlekedési szabályok vonatkoznak rá, mint egy kerékpárosra. Három testsebességre bontottam ezt a scenáriót: 15, 20 és 25 km/h-ra, mivel ekkora sebességre vannak korlátozva ezek a járművek. Az egyik testben, amit a motoros scenáriók példájából merítettem, egy rolleres fékez az autós előtt és ennek hatására az autónak meg kell állnia. A másik, amikor a rolleres a testjármű előtt áll, aminek le kell fékeznie. Az éjszakai vizsgálat itt is fontos szerepet játszik, mivel az éjszakában nagyon sokszor használják ezeket a járműveket közlekedésre a fiatalok. Ezeknek a járműveknek a világítása nem elégséges, így különösen figyelni kell, hogy időben érzékelje az autó ezeket a személyeket. Az éjszakai vizsgálat során arra is figyelni kell, hogy egy gyalogosátkelőn nem feltétlenül tolják ezeket a járműveket, hanem akár át is száguldhatnak rajta.

Mivel itt nincsen se elől, se hátul plusz védelem, mint egy motorosnál vagy kerékpárosnál, értem itt a kerekeket, amelyek némely esetben megvédhetik a vezetőt, hogy ne közvetlenül őket érje ütközéskor az erőhatás, sokkal komolyabban kell venni a sérüléseket. A pontozás a kerékpáros és a gyalogos kombinációján alapszik. Itt az ütközési találatok értékelése ugyanúgy történik, mint a gyalogos teszteknel.

A következő ábra mutatja be a fent említett tényezőket és tesztkörülményeket.

	CSNA	CSNAO	CSFA	CSLA-50	CSLA-25	CSTA-I	CSTA-II	CSDA
VUT speed	10-60 km/h	10-60 km/h	10-60 km/h	25-60 km/h	50-80 km/h	10-20 km/h	10 km/h	0 km/h
Cyclist speed	20 km/h	15 km/h	25 km/h	20 km/h	25 km/h	20 km/h	20 km/h	20 km/h
Obstruction	No	Yes (fixed)	No	No	No	No	No	Tbd.
Impact point	50%	50%	50%	50%	25%	50%	50%	-
AEB/FCW	AEB	AEB	AEB	AEB	FCW/ESS	AEB	AEB	FCW/Retention
								
No. of points	1.0	1.0	2.0	2.0		2.0		1.0

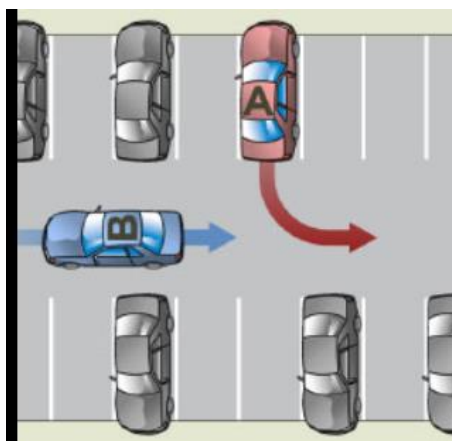
6.3 C2S tesztekhez tartozó leírás

6.2. C2C

A kamerák és a szenzorok leginkább az előttünk lévő dolgokra összpontosítanak, kisebb hangsúlyt fektetnek a mögöttünk lévő objektumokra, személyekre. Ezért olyan új szcenáriókat alkottam meg, amelyek ezekre is figyelnek.

6.2.1 CCRX – Car to Car Revert Parking

Ennél a szcenáriónál egy parkolóházat kell elképzelnünk, ahol egy kocsi épp tolatva akar beparkolni egy helyre. A mellette lévő helyről épp kitolat, vagy épp előrefele jön ki egy másik jármű és ennek következtében összeütköznek. Itt a lényeg, hogy a parkolóhelyre tolató jármű érzékelje a mozgást, amikor előrefele jön ki a másik jármű vagy a lámpák színét, ha tolató járműről van szó. A tesztet tekintve a sebességet csökkentettem, a VUT maximum -5 vagy -10 km/h-val képes haladni, ugyan úgy, mint a másik is, ezért ezzel a két sebességgel történhet a teszt. A tesztet két részre lehet bontani. Az első, amikor a parkolóhelyről érkező jármű nem tolatást végez, ilyenkor a mozgást kell figyelni. A másik, amikor az GVT hátrafelé halad ilyenkor mozgás és fehér szín is megfigyelhető. Itt további nehezítés lehet akkor, ha az GVT jármű takarásból lép elő. A teszt a 6.4-es ábrán figyelhető meg.



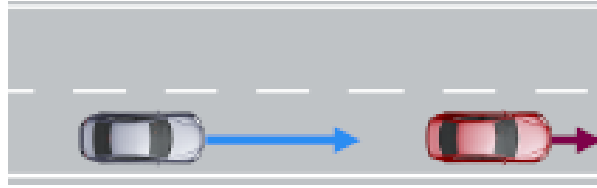
6.4 CCRX szcenárió

6.2.2 CCRW – Car to Car with Weather

A mai tesztek leginkább laboratóriumokban és tesztpályákon történnek, illetve tiszta időben, a szabadban, ahol szinte minden adott, hogy véghez lehessen vinni egy ilyen tesztet. Ám a valóság nem ilyen egyszerű, mivel sok különböző befolyásoló tényező van az utakon. Én ezekre a tényezőkre fókuszáltam ebben a tesztben.

Nézzünk egy esős időszakot, amikor több tényező is jelen lehet. A hirtelen lezúduló eső miatt a járművek tapadása romlik, mert a friss eső, illetve az utakon a por és/vagy szennyeződések olyan filmréteget képezhetnek, amin a járművek hirtelen meg tudnak csúszni. Az eső a látási viszonyokat is ronthatja és a kamerát is össze tudja zavarni, ezáltal később veszi észre a célpontokat. A másik eset ősszel vagy tavasszal lehet jellemző, amikor sűrű köd száll alá és úgyszintén a kamera nem tud megfelelően működni, de ugyanez a helyzet lehet nagy havazásban is. Nem csak az eső miatt történhet megcsúszás, hanem télen, a jeges utakon is. Ezeket a tényezőket vizsgáltam meg ebben a tesztben. Ezenfelül, ugyanúgy figyelembe kell venni az esti időszakot is, mint a többi tesztnél.

A tesztek során mivel általánosan elmondható, hogy ilyenkor a legtöbb sofőr lassít, így a tesztsebességet 20 és 60 km/h-ról 10 és 50 km/h-ra csökkentettem. A teszt a 6.5-ös ábrán figyelhető meg.



6.5 CCRW szcenárió

6.2.3 CCRF & CCRR – Car to Car Rear Breaking & Car to Car Front Moving

Ez a teszt nagy sebességeknél figyelhető meg, mint például autópályákon vagy autóutakon, amikor is a követési távolság betartása nagyon fontos. Két jármű között található a VUT jármű, ami betartja a követési távolságot viszont a mögötte haladó nem biztosan. A VUT előtt haladó EGO hirtelen befékez, és erre kell reagálni. Ezen kívül figyelni kell a mögöttünk lévőre is, hogy ne hogy belénk jöjjön, ezért az ütközés elkerülése a fő cél.

Mivel ez tesztszituáció többféle helyen is megtörténhet, így a tesztssebességet 90 és 130 km/h között tekintetem a legideálisabbnak. Két részre kell bontani ezt a tesztet, először is figyelni kell, hogy mi hogyan tudunk reagálni az előttünk lévő történésekre. Ha az előbbit elkerültük, akkor próbáljuk megakadályozni a mögöttünk lévő ütközést is. Ha az előttünk lévő ütközést nem tudjuk elhárítani, próbáljuk a mögöttünk lévő. Az elkerülés több módszerrel is történhet. Az egyik, ha van mellettünk hely és kilépünk a saját sávunkból ezzel elkerülve, hogy mi ütközzünk. Ez a mi szempontunkból előnyös lehet, viszont a másik kettő jármű ettől függetlenül még ütközhet. A másik módszer, ha megpróbálunk a két jármű között maradni és így próbáljuk ütközés nélkül ezt kivitelezni, például fékezéssel vagy lassítással. A teszt a 6.6-os ábrán figyelhető meg.



6.6 CCRF & CCRR szcenárió

6.3. Tesztadatok és vizualizáció

Miután a teszteket implementáltam az alap programban, egy kiértékelő lapnak a módosítása és feltöltése volt a cél Excelben. A VRU szcenáriók külön lapokon vannak

feltüntetve, ezeket el kellett készítenem és az eredeti kiértékelő laphoz hozzáfűzni, hogy az új értékek is beleszámítsanak az Overall Score-ba²⁹. A C2C scenáriók egy lapon helyezkednek el, ezért itt csak hozzá kellett raknom az eredetihez az új teszteket.

Hogy ez mind megtörténhessen új „hamis” adatokat kellett kreálni, mivel ilyen teszteket még nem futtattak sehol sem a világon. Itt minden egyes paramétert meg kellett adni, amelyek a következők:

- Scenárió név
- EGO abszolút sebesség
- EGO relatív sebesség
- VUT abszolút sebesség
- VUT relatív sebesség
- Volt-e ütközés
- Ütközési sebesség
- Két/három jármű közötti távolság
- TTC (Time To Collision)

Ahhoz hogy a kiértékelés működjön, az alap programot úgy kellett módosítani, hogy felismerje az új scenáriókat és a megfelelő Excel táblába töltsse fel az új adatokat. A módosítás után már csak tesztelni kellett a kész programot a „hamis” adatokkal és figyelni, hogy az általam vélt módosítások hogyan értékelődnek ki. A 6.7-es ábrán látható a CCRX scenárió új kiértékelő lapja a tesztsebességekkel együtt.

CCRX			
Testpoints CCRb		Impact Speed	Points
12m headway	-2m/s ² EVT acceleration		0.000
	-6m/s ² EVT acceleration		0.000
40m headway	-2m/s ² EVT acceleration		0.000
	-6m/s ² EVT acceleration		0.000
CCRB RESULT		0.0%	

6.7 CCRX Excel kiértékelő lap

²⁹ Végleges pontszám

Az 6.8-as ábrán látható egy részlet az új Scooter-es tesznek a kiértékelő lapja az EGO tesztsebességekkel együtt, szcenáriókra bontva.

AEB Scooter											
SYSTEM DETAILS											
		System Name									
		Functionality									
		Speed range (km/h) - Minimum									
		Maximum									
PREREQUISITES											
		Default ON	YES								
		System switches off below 80 km/h	NO								
PREREQUISITES			PASS								
CROSSING			DAYTIME								
			CSFA-50			CSNA-50			CSNAO-50		
			OEM	Vimpact	Points	OEM	Vimpact	Points	OEM	Vimpact	Points
		10 km/h			0.000			0.000			0.000
		15 km/h			0.000			0.000			0.000
		20 km/h			0.000			0.000			0.000
		25 km/h			0.000			0.000			0.000
		30 km/h			0.000			0.000			0.000
		35 km/h			0.000			0.000			0.000
		40 km/h			0.000			0.000			0.000
		45 km/h			0.000			0.000			0.000
		50 km/h			0.000			0.000			0.000
		55 km/h			0.000			0.000			0.000
		60 km/h			0.000			0.000			0.000
RESULT			0.000			0.000			0.000		

6.8 C2S Excel kiértékelő lap

A 6.9-es ábrán pedig látható az új Overall Score kiértékelő lap módosítása.

 VULNERABLE ROAD USER 38%		 SAFETY ASSIST 2%	
Headforms	6.000	OSM	0.000
Pelvis	6.000	SAS	0.000
Femur	6.000	AEB Car-to-Car	0.500
Knee & Tibia	6.000	LSS	0.000
AEB Pedestrian	0.000		
AEB Cyclist	0.000		
AEB/LSS Motorcyclist	0.000		
AEB Ped In Robe	0		
AEB Ped With Baby	0		
AEB Scooter	0		

6.9 Új módosított Overall Score lap

7. Szcenáriók szimulálása Carla szimulátorral és Excellel való kiértékelés

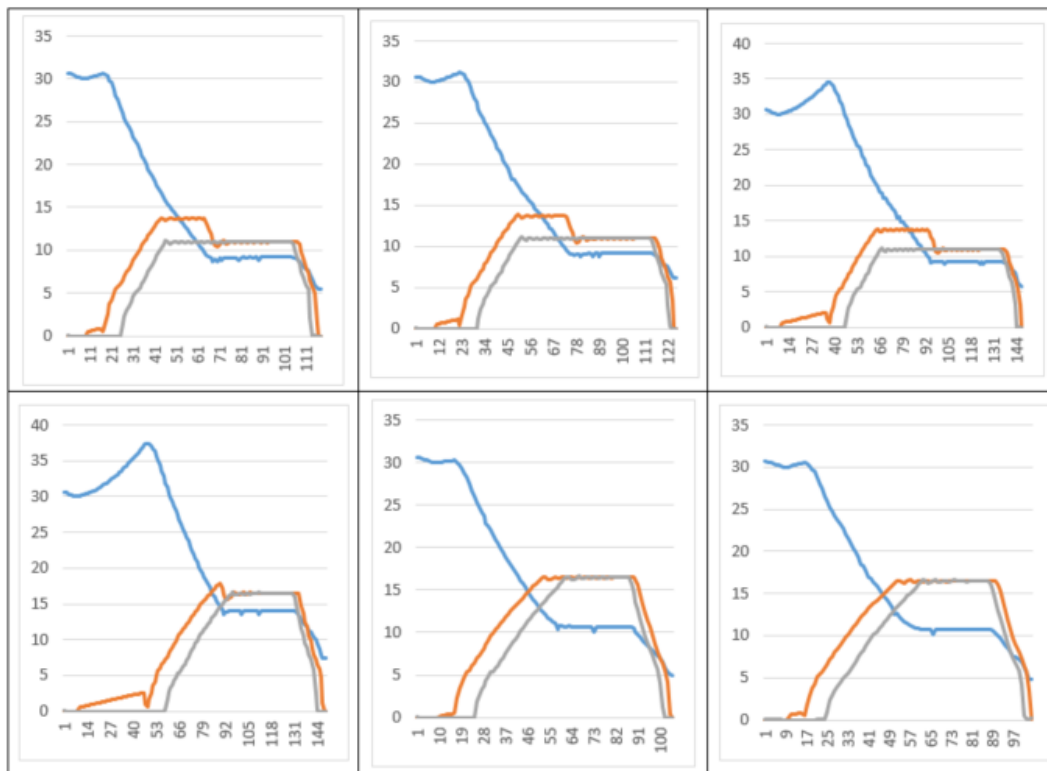
Mivel hiteles adatok nem álltak a rendelkezésemre az NCAP Tool teszteléséhez, így az új, általam létrehozott szcenáriókat a Carla Simulator segítségével valósítottam meg, annak érdekében, hogy egy reális képet kapjak ezekről a tesztekéről.

7.1. CCRW

Ennél a tesztnél kétféle testsebességet alkalmaztam, 40 km/h- és 60 km/h-át. Megfigyelhető a 7.1-es ábrán, hogy amint a normál útviszonyokból haladunk az egyre rosszabb útviszonyok felé, a két jármű közötti távolság csökken és olykor ütközés is megfigyelhető. Az eső is befolyásolta némileg a távolságot, illetve a köd is, azonban nem számottevően. Egyes esetekben a járművek nem voltak képesek megállni a jeges utakon, ami várható is volt és tovább csúsztak, ezáltal a tesztek kiértékelhetetlenné váltak.

A teszt az alábbiak szerint történt, amit a 7.1-es ábrán mutatok be. A két jármű között 30 m távolság volt alaphelyzetben, majd ezt a távolságot csökkentették 10 m-ig, amit a grafikonon látható kék görbe szemléltet. Miután elérték a meghatározott 10 méteres távolságot, egymás között, 40 km/h-s állandó sebességgel haladtak tovább, melyet a szürke és a narancssárga vonalak szemléltetnek. Ezután továbbhaladtak ezzel a sebességgel addig, míg az előttünk lévő autó hirtelen be nem fékez. Az ábrán ekkor a szürke vonal hirtelen csökkenésére kell figyelni, ami a fékezésből ered. Ilyenkor egy kis késés figyelhető meg a VUT járműnél ezzel szimulálva az emberi reakcióidőt. Ezután az EGO jármű is lefékez. Az előbbi két lépés úgy értelmezhető, hogy amikor az előttünk lévő jármű fékezni kezd (szürke vonal csökkenése), mi akkor is tovább folytatjuk a mozgást majd egy kis idő elteltével mi is elkezdünk fékezni (a narancssárga vonal egyenletes folytatása majd hirtelen csökkenése). Ezt vizsgáltam meg különféle időjárási körülmények között. Megfigyelhető, hogy 40 km/h-nál nem igazán történt ütközés, míg 60 km/h-nál már igen. Ez abból is ered, hogy nem volt kellően nagy a két jármű közötti távolság, illetve az útkörülmények sem voltak ideálisak.

Normál úttest (friction ³⁰ 1)	Csúszós úttest (friction 0.5)	Jeges úttest (friction 0.1)
Kék: két jármű közötti távolság (m)	Narancssárga: VUT sebessége (m/s)	Szürke: EGO sebessége (m/s)



7.1 CCRW szcenárió 40 km/h és 60 km/h teszteseesség szimulációs adatok

7.2. CCRF & CCRR

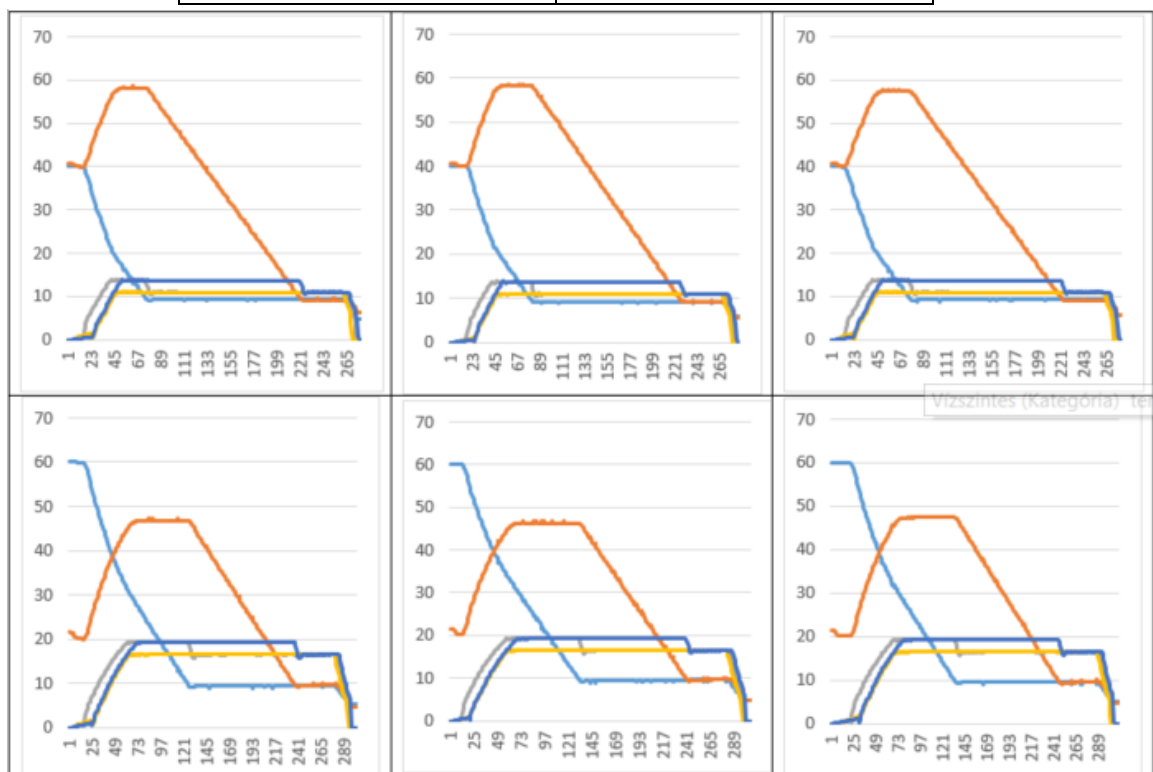
Ennél a szcenáriónál hasonlóképpen történt a tesztelés, mint az előzőekben. Két teszteseességet választottam, 40 km/h- és 60 km/h-át, mivel ezeknél a sebeségeknél könnyű volt megfigyelni, illetve kontrollálni a tesztek. Ez a teszt kicsit másképpen épült fel, amit a 7.2-es ábrán mutatok be. Itt is 30 m távolság van a járművek között. Először a VUT gyorsult (szürke vonal) addig, míg az előtte lévő EGO és a közte lévő távolság 10 m-re nem csökken (világoskék vonal). Ezután a VUT mögötti jármű növeli a sebeségét (sötétkék szín) és csökkenti a távolságot 10 m-ig (narancssárga vonal). A következő lépésben a három jármű tovább halad az adott 40 km/h- vagy 60 km/-val, míg az első autó hirtelen be nem fékez. Ezt a citromsárga vonal mutatja, ezután következik késéssel a

³⁰ Súrlódás

reakcióidőt jelezve a VUT szürke vonallal, majd szintén késéssel a VUT mögötti jármű sötétkék vonallal.

Itt is többféle időjárást és útviszonyt vizsgáltam meg a teszteknel, ahol is jól megfigyelhető, hogy amint növeljük a sebességet és az útviszonyok is romlanak, az ütközés szinte elkerülhetetlen.

Normál úttest (friction 1)	Csúszós úttest (friction 0.5)	Jeges úttest (friction 0.1)
Narancssárga: VUT és a mögötte lévő EGO közötti távolság (m)	Világoskék: VUT és az előtte lévő EGO közötti távolság (m)	Citromsárga: VUT előtti EGO sebessége (m/s)
Sötétkék: VUT mögötti EGO sebessége (m/s)		Szürke: VUT sebessége (m/s)



7.2 CCRF & CCRR szcenárió 40 km/h és 60 km/h tesztesebség szimulációs adatok

8. Felhasznált technológiák

Ennél a folyamatnál több nehézségbe ütköztem ugyanis az alap programot, az NCAP Tool-t, úgy kell módosítani, hogy az alap scenáriókat továbbra is fel tudja ismerni. Mivel, ez egy olyan program, amit már évekkel korábban készítettek és sok esetben a kódban vannak olyan részek, amik már nem is működnek ezért az implementálás kezdetben lassan haladt. Az új scenáriók nevének hasonlónak kellett lennie, mint az eredetieknek, mert egyébként nem ismerte fel őket az alap program. A másik fontos dolog az volt, hogy a program csak valódi adatokkal tudott dolgozni, így azt is meg kellett oldani, hogy az én hamis adataimat is érzékelni tudja.

8.1. NCAP Tool

Ez egy Bosch által fejlesztett szoftver, aminek az alapját az képezi, hogy a fentebb bemutatott szenzorokból és kamerákból beérkező adatokat feldolgozzuk. Ehhez egy tesztpályán a különféle scenáriókhoz tesztek végeznek és az innen beérkező adatokat kapjuk meg. Ezután történik meg az adatok feldolgozása és kiértékelése. A feldolgozás scenáriók szerint történik és megvizsgáljuk, hogy a mérés helyes volt-e vagy sem. Ha bármilyen probléma történt a tesztek során, akkor nem foglalkozunk a meréssel a továbbiakban. A következőkben az implementált scenárió beállításokon végig iterál a program és minden egyes adatot kiértékel. Ezután az előbb említett adatokból készítünk egy átlagot a szakdolgozat elején említett módszer alapján majd ezen adatokkal töltjük fel az Excelt. Az Excelben további macro³¹-k általi számítások folynak, majd végül megkapjuk a végleges változatot. Ezen adatok alapján kapják meg a vizsgált járművek a besoroláshoz szükséges csillagokat.

8.2. Carla Simulator

A Carla Simulator egy nyílt forráskódú, 3D-s szimulációs környezet, amelyben különféle járművek fejlesztése és tesztelése történhet. A szoftver valósághű városi környezetet kínál, amelyben tesztelhetjük a járműveket biztonságos és kontrollált körülmények között.

³¹ Egy művelet vagy műveletek halmaza, amelyet annyszor futtathatunk, ahányszor csak akarunk

Ebben a szoftverben a hatodik fejezetben említett scenáriókat valósítottam meg, hogy meg lehessen figyelni milyen is lenne egy valóságos környezetben egy ütközés vagy éppen annak elkerülése.

Könnyen konfigurálható szoftver, amiben szinte minden egyes paramétert be tudunk állítani egy ilyen teszthez, amik a következők:

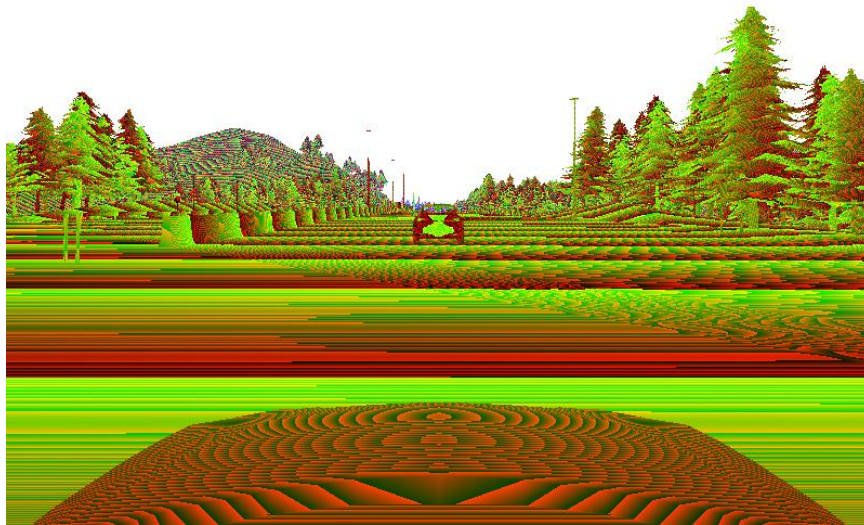
- Realisztikus környezetet tudunk vele létrehozni és módosítani, amelyben számos scenárió be tudunk mutatni, mint például a forgalom, különböző útviszonyok és a járművek típusai.
- Változtatni tudjuk az időjárást, a fényviszonyokat és egyéb más paramétereket.
- Szenzor szimulációja is lehetséges, például kamerák, lidarok és radarszenzorok.
- Mesterséges intelligenciával rendelkeznek a szimulációban résztvevő járművek és gyalogosok, így valósághű módon viselkednek és reagálnak a környezeti változásokra.[2]

8.2.1 Unreal Engine

Az Unreal Engine egy sokoldalú szimulációs motor, ami lehetőséget biztosít valósághű és magas minőségű 3D-s grafikák létrehozására. Ezt a szoftvert használja a Carla Simulator is.[4]

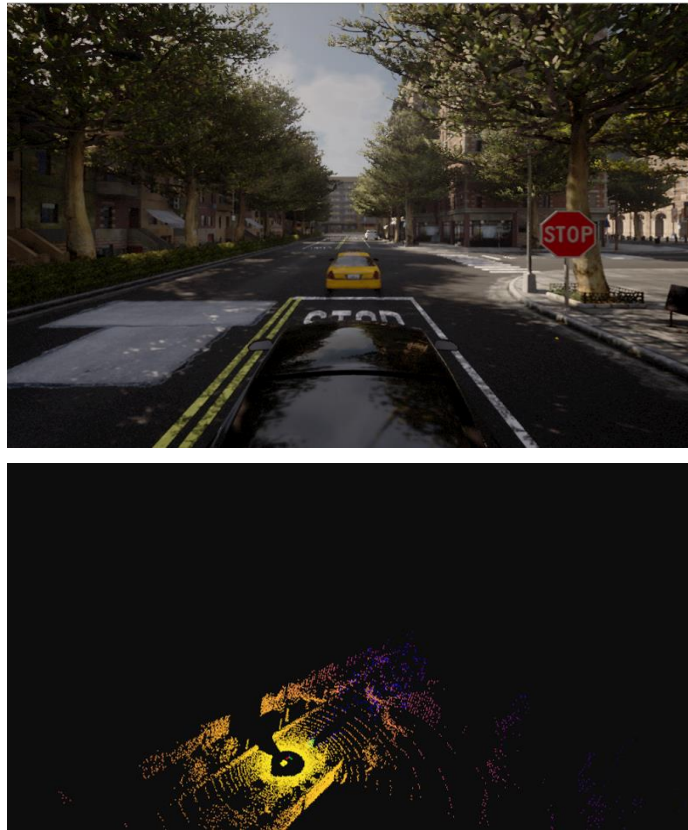
8.2.2 Scenario Runner

Carla Simulator egy alprogramja, amiben fellelhetők előre definiált scenáriók, amelyek segítettek, hogy jobban megismerjem hogyan is működik a rendszer. Ebben a programban hoztam létre a saját scenárióimat. Különbféle kamerákkal, szenzorokkal lehet dolgozni a programban, illetve ezek segítenek a kiértékelésben is. Lidart, radart és mélységérzékelő kamerát használtam a jobb megfigyelésekhez, illetve kiértékelésekhez. [3]



8.1 Mélységérzékelő kamera képe program futása közben [2]

A mélységérzékelő kamera egy olyan eszköz, amelynek a térbeli mélység információinak az összegyűjtése és érzékelése a feladata (8.1. ábra). Képes felismerni és megmérni a tárgyak helyzetét vagy mélységét. Legtöbbször infravörös sugárzással dolgozik az eszköz, hogy érzékelje és rögzítse a távolságokat vagy a térbeli szerkezeteket. A mélységérzékelő kamerák lehetővé teszik az eszközök számára, hogy pontosan érzékeljék és válaszoljanak a környezetükben lévő tárgyak távolságára és elrendezésére.



8.2 Lidar képe program futása közben [2]

A LIDAR³² egy olyan távolságmérő technológia, amely lézerfény segítségével méri meg a távolságokat (8.2. ábra). Ez a technológia a lézerpulzusok visszaverődését érzékeli, és az így kapott adatok alapján térképezi fel a környezetet. A LIDAR rendszerek rendszerint tartalmaznak egy lézersugarat kibocsátó egységet, valamint egy detektort, amely érzékeli a visszaverődő fényt. Az eszköz által kibocsátott lézersugarakat a környezetben található tárgyak visszaverik, és a visszatérési időtartam alapján határozza meg a tárgyak távolságát és helyzetét.

³² Light Detection and Ranging: Fényérzékelés és hatótávolság



8.3 Carla Simulator futás közben CCRW szcenáriónál [2][3]

A 8.3-as ábrán figyelhető meg a Carla Simulator működés közben. Az ábrán minden adat megfigyelhető, ami a VUT járműre vonatkozik. Bal oldalon látható a jármű típusa (Tesla model 3), sebessége ms/s-ban, pozíciója a szimulációban (x, y, z koordináták alapján), a gázpedál intenzitása (throttle), kormányzás (steer), fék használata (break), tolatás (reverse), kézfék (handbreak), autopilot³³-tal vagy manuálisan vezetjük-e kocsit (manual), mely sebesség fokozatban vagyunk (gear), az ütközés megléte, és intenzitása (collision), és legvégül a VUT és az EGO közötti távolság.

Hasonló adatokkal dolgozik az NCAP Tool is, és ezekből az adatokból álltjuk mi elő a végleges csillagokat a tesztjárművekhez. Mivel az új szcenáriók implementálását olyan adatokkal vizsgáltam, amik nem valós adatokon alapulnak, így szerettem volna szimulálni hogyan is néznének ki ezek a tesztek a valós életben.

A Carla Simulator-ban végzett tesztjeimet a következőképpen hoztam létre. Először is a rendelkezésre álló szimulációs világok közül választottam egy olyat, mely hosszú, egyenes útszakasszal rendelkezik, ezzel elősegítve a tesztek hatékony végrehajtását. Ezt követően a tesztek alapjául szolgáló programrészek kialakítását végeztem el, ahol a tesztparaméterek módosítására van lehetőség. Az előbbieken említett programrész a 8.4-es ábrán látható, ami a CCRW szcenárió egy kis részlete. Az időjárási viszonyokat a ChangeWeather, illetve az úttest tapadását a ChangeRoadFriction osztály konstruktor meghívásával van lehetőség beállítani. Alatta figyelhető meg az első fázis az „accelerate”,

³³ Önvezető technológia

ahol a VUT addig gyorsul, míg el nem éri a 10 m távolságot az előtte lévő EGO-hoz képest, amit az InTriggerDistanceToVehicle class-ban lehet beállítani. Itt meg kell adni a kiválasztott két járművet, amit szeretnénk figyelni, ezután a távolságot méterben. A pontosítás érdekében meg lehet adni, hogy pontosan mikor teljesüljön ez a feltétel az operátor szerint. Az implementációmban 10 m-nél kisebb operátort választottam, mert nem tudja megfelelően kezelni a program a kerekítést. A következő fázis a „moving”, mikor azonos sebességgel haladnak 5 másodpercig és ezután jön az első fékezés. Az EGO hirtelen befékez majd egy rövid késés után az VUT is befékez, ami a breaking fázisnál figyelhető meg.

```

phase('weather', 'ONE',
    ChangeWeather(Weather(carla.WeatherParameters.HardRainSunset))
    #ChangeWeather(Weather(carla.WeatherParameters.ClearSunset))
),
phase('friction', 'ONE', #ChangeRoadFriction(1.0)
    #ChangeRoadFriction(0.5)
    ChangeRoadFriction(0.1)
),

phase('accelerate', 'ONE',
    WaypointFollower(self.ego_vehicles[0], self.KM_H(50)),
    WaypointFollower(self.other_actors[0], self.KM_H(40)),
    InTriggerDistanceToVehicle(
        self.ego_vehicles[0],
        self.other_actors[0],
        distance=10,
        comparison_operator=operator.lt
    )
),
phase('moving', 'ONE',
    WaypointFollower(self.other_actors[0], self.KM_H(40)),
    WaypointFollower(self.ego_vehicles[0], self.KM_H(40)),
    TimeOut(5)
),
phase('first brake', 'ONE',
    StopVehicle(self.other_actors[0], 1),
    WaypointFollower(self.ego_vehicles[0], self.KM_H(40)),
    TimeOut(0.3)
),
phase('breaking', 'ALL',
    StopVehicle(self.other_actors[0], 1),
    StopVehicle(self.ego_vehicles[0], 1)
),

```

8.4 Carla Simulator program bemutatása [17]

Ahhoz, hogy az adatokat ki tudjam értékelni oly módon, mint ahogyan a 7.1-es és a 7.2-es ábrákon látható, módosítanom kellett a Scenario Runner-t. Mivel a fő program nem tud egyszerre két folyamatot párhuzamosan végezni, ezt a változtatást kétféle képpen tudtam megvalósítani. Az első módszerben, egy másik thread-et használok, ami a 8.5-ös ábrán látható. Itt egy új thread-et hozok létre és egy függvényt hívok meg benne, amiben az adatok kinyerése található. Ennek a lényege, hogy a fő szálon a szimuláció fut, és eközben a mellékszál az adatok kinyeréséhez szolgáló eljárás megy végbe.

```

self.thread_generate_data = Thread(target=self._generate_data_to_container)
self.thread_generate_data.start()

collision_blueprint = CarlaDataProvider.get_world().get_blueprint_library().find('collision_sensor')
self.collision_sensor = CarlaDataProvider.get_world().spawn_actor(collision_blueprint, transform)
self.thread_collision = Thread(target=self._generate_data_to_container)
self.thread_collision.start()

```

8.5 Thread használata [17]

Az adatok kinyeréséhez használható második módszer a socket megvalósítás elvén alapul (8.6 ábra). Az előző módszerhez képest itt egy különálló processzust hozunk létre ahol a megfelelő Port és Host értékek segítségével kapcsolódni tudunk a fő processzushoz. Ennek az első lépéseként kialakítjuk a socket kapcsolatot a szerver oldallal (8.6 ábra), majd pedig lekérjük a szimulációs világhoz tartozó adatokat. Itt több problémába ütköztem, mivel az egyes járművek elérése nehéznek bizonyult. Először is meg kellett találni a kódban ezeknek a járműveknek az ID-ját és ez alapján visszakeresni az adott járművek elérési útját majd pedig ez alapján kinyerni a járművekhez tartozó adatokat (8.7 ábra).

```

# Connect the client and set up bp library and spawn point
client = carla.Client('localhost', 2000)
world = client.get_world()

```

8.6 Socket használata [17]

```

actors = world.get_actors().filter('vehicle.*')

for actor in actors:
    print(f'{actor.id}\t{CarlaDataProvider.get_velocity(actor)}')

```

8.7 Adott jármű megkeresése [17]

Ezután következett az adatok kinyerése (8.8 ábra). Itt egyesével el lehetett érni az adott járművek sebességét, gyorsulását, illetve ezen felül a kiválasztott két jármű közötti távolságot is. Az így kinyert adatokat ez után egy dictionary-ba töltöttem fel, az adatok egyszerűbb szelektálása érdekében.

```

velocity_ego = CarlaDataProvider.get_velocity(self.ego_vehicles[0])
velocity_actor_0 = CarlaDataProvider.get_velocity(self.other_actors[0])
velocity_actor_1 = CarlaDataProvider.get_velocity(self.other_actors[1])

self._add_data('velocity_ego', velocity_ego)
self._add_data('velocity_actor_0', velocity_actor_0)
self._add_data('velocity_actor_1', velocity_actor_1)

# Relative velocities
rel_velocity_ego_vs_actor_0 = velocity_actor_0 - velocity_ego
rel_velocity_ego_vs_actor_1 = velocity_actor_1 - velocity_ego
rel_velocity_actor_0_vs_ego = velocity_ego - velocity_actor_0
rel_velocity_actor_0_vs_actor_1 = velocity_actor_1 - velocity_actor_0
rel_velocity_actor_1_vs_ego = velocity_ego - velocity_actor_1
rel_velocity_actor_1_vs_actor_0 = velocity_actor_0 - velocity_actor_1

```

8.8 Adatok kinyerése Scenario Runner-ből [17]

Az adatok kinyerését követően az adatok feldolgozása történt meg. A módszer megvalósításához a 8.9-es ábrán látható eljárás szolgál, mely a dictionary-ban lévő adatokat a kulcsok alapján az Excel megfelelő oszlopaiba exportálta. Végezetül a kimentett adatokat grafikonon ábrázoltam, amelyek a 7.1-es és a 7.2-es ábrákon figyelhetők meg.

```

output_file = f'D:/out/data_{datetime.today().strftime("%Y_%m_%d_%H_%M_%S")}.csv'
print(f'Exporting data to {output_file}')

with open(output_file, 'w') as f:
    column_names = f'{";".join(list(self.datas.keys()))}\n'
    f.write(column_names)

    first_data_key = list(self.datas.keys())[0]
    datas_length = len(self.datas[first_data_key])
    for i in range(datas_length):
        row_cells = []
        for data_key in list(self.datas.keys()):
            row_cells.append(str(self.datas[data_key][i]).replace(".", ","))
        f.write((";".join(row_cells))+"\n")

```

8.9 Adatok exportálása Excel-be [17]

Az imént bemutatott módszerek lehetőséget nyújthatnak a program tovább fejlesztésére ezáltal költséghatékonyabbá téve az NCAP tesztek kiértékelését. [25][26]

9. Összefoglaló

A szakdolgozatomban bemutatott scenáriókon keresztül már alaposabb bepillantást nyerhetünk abba, hogy miért is nélkülözhetetlenek ezek a tesztek, nem csupán a laboratóriumi környezetben végeztek. Az általam implementált tesztek még nem jelentek meg teljes mértékben a teszt pályákon, azonban örömmel vettem észre, hogy már az elektromos rolleres scenáriót megvalósították és jelenleg is tesztelik.

Érdekes volt megfigyelni, hogy habár az új tesztekhez még nincsenek megfelelő adatok az NCAP Tool megfelelő teszteléséhez, a Carla Simulator alkalmazásával képes voltam szimulálni ezen lehetséges végkifejleteket. Kiemelten fontos az ilyen tesztek további fejlesztése, mivel mindennap új scenáriók jelennek meg, melyek segítségével folyamatosan csiszolhatjuk és biztonságosabbá tehetjük a vezetési élményt. Nagy örömmel töltött el, hogy részt vehettem ebben a folyamatban, saját teszteket hozhattam létre és figyelemmel kísérhettem azok viselkedését a Carla Simulator segítségével.

Az általam gyűjtött adatokkal és a Carla Simulator-ral lehetőség nyílik az NCAP Tool tesztelésére, ami rendkívül hasznos lehetőség, hiszen nem kell költséges prototípus eszközöket alkalmazni egy rövid teszt során, ezáltal csökkentve az ilyen tesztek költségeit és időigényét is. A fejlődő technológiák és tesztelési módszerek segítenek abban, hogy biztonságosabb és hatékonyabb vezetési környezetet teremtsünk a mindennapokban.

10. Summary

Through the scenarios presented in my thesis, we can gain a deeper insight into why these tests are indispensable, not just those performed in a laboratory environment. The tests I implemented have not yet fully appeared on the test tracks, but I was happy to notice that the electric scooter has already been implemented and is currently being tested.

It was interesting to note that although there is not yet enough data for the new tests to properly test the NCAP Tool, I was able to simulate these possible outcomes using the Carla Simulator. The further development of such tests is extremely important, as new scenarios appear every day, with the help of which we can constantly refine and make the driving experience safer. I was very happy to be able to participate in this process, to create my own tests and monitor their behavior using the Carla Simulator.

With the data I have collected and the Carla Simulator, it is possible to test the NCAP Tool, which is an extremely useful option, since there is no need to use expensive prototype devices during a short test, thereby reducing the costs and time required for such tests. Developing technologies and testing methods help us create a safer and more efficient driving environment in everyday life.

11. Hivatkozások

- [1] Az Európai Unió Hivatalos Lapja. (2007.. 11. 30.). *Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának 16. előírása*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 09., forrás: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:42007X1130\(02\)&from=NL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:42007X1130(02)&from=NL)
- [2] CARLA. (dátum nélk.). *Carla Simulator*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 12., forrás: CARLA: <https://carla.org/>
- [3] CARLA. (dátum nélk.). *Scenario Runner*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 16., forrás: Carla Scenario Runner: <https://carla-scenariorunner.readthedocs.io/en/latest/>
- [4] Epic Games. (dátum nélk.). *Unreal Engine*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 11., forrás: Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/en-US>
- [5] EURO NCAP. (2023). *Ncap Timeline*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 10., forrás: Euro NCAP Launched: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/timeline/>
- [6] EURO NCAP. (2023). *Overall Rating*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 05., forrás: ASSESSMENT PROTOCOL – OVERALL RATING: <https://cdn.euroncap.com/media/67890/euro-ncap-assessment-protocol-overall-rating-v911.pdf>
- [7] EURO NCAP. (2023.). *Adult Occupant Protection*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 05., forrás: ASSESSMENT PROTOCOL – ADULT OCCUPANT PROTECTION: <https://cdn.euroncap.com/media/75471/euro-ncap-assessment-protocol-aop-v921.pdf>
- [8] EURO NCAP. (2023.). *Application of star Ratings*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 02., forrás: <https://cdn.euroncap.com/media/61290/euro-ncap-application-of-star-ratings-v181.pdf>
- [9] EURO NCAP. (2023.). *C2C Test Protocol*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 08., forrás: TEST PROTOCOL – AEB Car-to-Car systems: <https://cdn.euroncap.com/media/77302/euro-ncap-aeb-c2c-test-protocol-v42.pdf>
- [10] EURO NCAP. (2023.). *Child Occupant Protection*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 05., forrás: ASSESSMENT PROTOCOL – CHILD OCCUPANT

PROTECTION: <https://cdn.euroncap.com/media/77073/euro-ncap-assessment-protocol-cop-v80.pdf>

- [11] EURO NCAP. (2023.). *General*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 05., forrás: <https://www.euroncap.com/en/for-engineers/protocols/general/>
- [12] EURO NCAP. (2023.). *How to Read the Stars*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 05., forrás: How To Read The Stars: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars/>
- [13] EURO NCAP. (2023.). *NCAP The European New Car Assessment Programme*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 11., forrás: <https://www.euroncap.com/en>
- [14] EURO NCAP. (2023.). *Vulnerable Road User*. Letöltés dátuma: 2023.. 09. 05., forrás: VULNERABLE ROAD USER: <https://cdn.euroncap.com/media/77299/euro-ncap-aeb-lss-vru-test-protocol-v44.pdf>
- [15] Euro Ncap. (dátum nélk.). *Child Rear Seat crash test - Gabarit Seat*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 09., forrás: <https://euroncap.newsmarket.com/images-and-videos/image/kia-picanto-child-rear-seat-crash-test/a/1ee4fcbe-f6e2-4da5-9ea9-2609d5be192e>
- [16] GmbH, R. B. (2023.). *Ultrasonic sensor*. (Bosch Kft.) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 11., forrás: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/sensors/ultrasonic-sensor/>
- [17] Microsoft Corporation. (dátum nélk.). *Visual Studio Code*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 06., forrás: <https://code.visualstudio.com/>
- [18] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Corner Radar Sensor*. (Bosch Kft) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 1., forrás: Corner Radar Sensor: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/sensors/corner-radar-sensor/>
- [19] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Front Radar Sensor*. (Bosch Kft.) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 06., forrás: Front Radar Sensor: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/sensors/front-radar-sensor/>

- [20] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Multi Camera System*. (Bosch Kft.)
Letöltés dátuma: 2023.. 10. 09., forrás: Multi-camera system: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/assistance-systems/multi-camera-system/>
- [21] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Multi Purpose Camera*. (Bosch Kft.)
Letöltés dátuma: 2023.. 10. 05., forrás: Multi Purpose Camera: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/camera/multi-purpose-camera/>
- [22] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Near Range Camera*. (Bosch Kft.) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 05., forrás: Near-Range Camera: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/camera/near-range-camera/>
- [23] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Park Pilot*. (Bosch Kft.) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 05., forrás: Park Pilot: <https://www.boschautoparts.com/p/park-pilot>
- [24] Robert Bosch GmbH. (2023.). *Rear View Camera*. (Bosch Kft.) Letöltés dátuma: 2023.. 10. 5., forrás: Rear View Camera: <https://www.boschautoparts.com/p/rear-view-camera>
- [25] Rossum, G. v. (1991.. February 20.). *Python*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 24., forrás: <https://www.python.org/>
- [26] Tom Preston-Werner, C. W. (2008.). *GitHub*. Letöltés dátuma: 2023.. 10. 15., forrás: <https://github.com/>