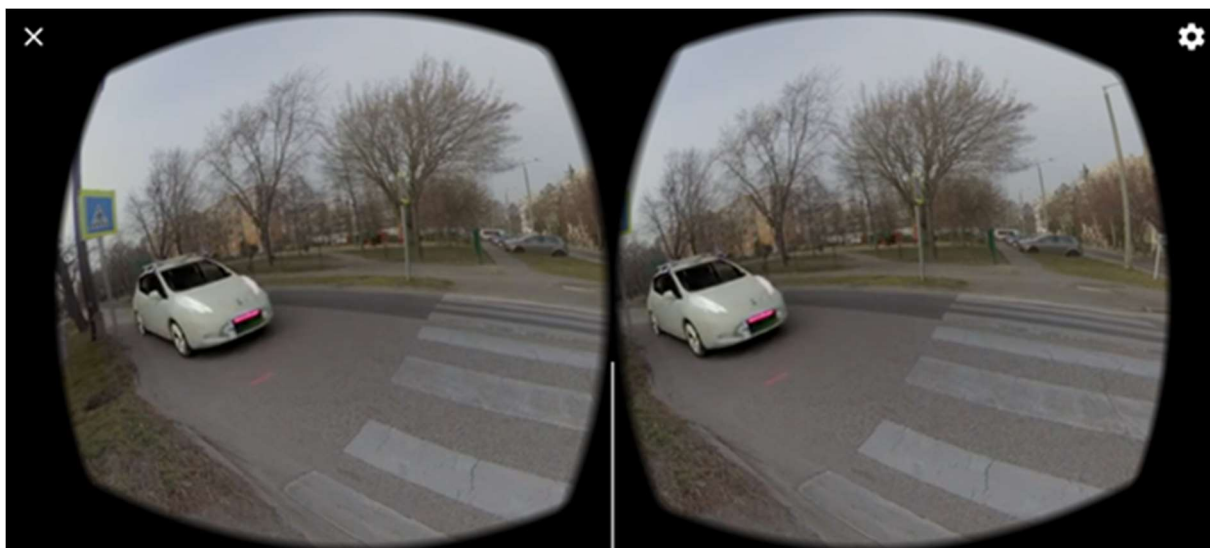


Gyalogosok és autonóm járművek kommunikációjának vizsgálata VR térben



Szerző:

Karácsony Dávid, építőmérnök BSc szakos hallgató

Társszerző:

Sándor Ágoston Pál, mérnökinformatikus BSc szakos hallgató

Konzulens:

Dr. Makó Emese, egyetemi docens

Győr, 2022

Tartalom

1.	Absztrakt	- 3 -
2.	Bevezetés	- 4 -
	Gyalogosok a közlekedésben	- 4 -
	Gyalogos átkelőhely	- 5 -
	Az önvezető autók	- 5 -
	Az önvezető autók előnyei	- 6 -
	Az önvezető autók hátrányai	- 7 -
3.	Korábbi hasonló kísérletek	- 10 -
4.	A kísérlet előkészítése	- 11 -
	A kísérlet helyszíne	- 12 -
	Valóság-hű tér létrehozása	- 12 -
	A kísérletben modellezett önvezető Nissan LEAF a valóságban	- 15 -
	Nissan LEAF modellezése	- 16 -
	Renderelés	- 17 -
5.	A kísérlet végrehajtása	- 18 -
	A kísérlet eszközei	- 19 -
6.	A kísérlet lefolytatása	- 22 -
7.	A kísérlet kiértékelése	- 23 -
8.	Irodalomjegyzék	- 28 -

1. Absztrakt

Napjainkban egyre elterjedtebbek a vezetéssegítő technológiák a gépjárművekben, az autonóm, önvezető autók térnyerése fokozatosan érzékelhető lesz a következő évtizedekben.

A közúti közlekedésben a gyalogos balesetek aránya nagy arányú, a gépjárművezetők és a gyalogosok kommunikációja elengedhetetlen az esetleges balesetek elkerülése érdekében. Ezek főként a kijelölt gyalogátkelőhelyeken történnek, ezért is fontos, hogy kommunikálni tudjon a jármű(vezető) a gyalogossal.

A gyalogosok és a gépjárművezetők a kijelölt gyalogátkelőhelyek környezetében sokféle módon kommunikálhatnak egymással. Az elsőbbségadási szándékot a járművezetők gyakran bólintással, kézzel vagy fényszóró villantással erősítik meg a járókelők számára. A jövőben az önvezető autók elterjedésével ez a fajta kommunikáció megszűnik és a helyét átveszi egy teljesen másfajta jelzés. Az egyik ilyen lehetőség a gépjárművekre szerelt LED kijelző, ami fénnel jelzi a gyalogosnak az elsőbbség megadását.

A dolgozat elkészítése során egy VR térben modellezett gyalogátkelőhelyen kelnek át a résztvevők, amely során egy LED kijelző által kapnak üzenetet arról, hogy a jármű megadja nekik az elsőbbséget. A kísérletet során azt vizsgáljuk, hogyan reagálnak az gyalogosok a gépjárműre szerelt LED kijelző jelzéseire, értik-e azt, megbíznak-e benne. Eközben egy a lábra szerelt elmozdulás-mérő segítségével rögzítjük, hogy a résztvevő mikor kelne át az úttesten. Az adatok rögzítése után az eredményeket elemezzük és kiértékeljük, majd következtetéseket vonunk le.

Az eredményekből arra következtetünk, hogy a gyalogosok rövid tanulási, helyzetfelismerési idő után gyorsan felismerik a jelzés szándékát és megbíznak benne, bátran átkelnek a gyalogátkelőhelyen.

2. Bevezetés

Gyalogosok a közlekedésben

Amikor kilépünk az udvarból, a lakásból, vagy a házból, a közlekedés résztvevői vagyunk. A gyalogosok köztudottan a közúti közlekedés legveszélyeztetettebb résztvevői közé tartoznak. Közúti balesetben érintettségük esetén szinte mindig személyi sérülést szenvednek, valamint a gyalogosok esetében az átlagnál jóval magasabb a halálos balesetek aránya, ezért elengedhetetlen követelmény a szabályos, figyelmes, megfontolt közlekedés a részükről is. [1]

Jellemző, hogy sok gyalogos figyelmen kívül hagyja a közúti jelzéseket, illetve nem a kijelölt gyalogos-átkelőhely fokozott védelmében próbál átkelni az úttesten.

A gyalogosok sokszor túlságosan bíznak védettségükben, figyelmetlenül lépnek az úttestre, vagy egyszerűen rosszul mérik fel a közeledő jármű távolságát és sebességét, illetőleg másik jármű vagy tereptárgy takarásából féktávolságon belül lépnek az úttestre, esélyt sem hagyva a járművezetőknek az időben történő megállásra. [2]

Másik részről a gépjárművezetők nem mindig tartják be a sebességkorlátozásokat és a KRESZ szabályait. Sokszor elmulasztják az elsőbbség megadását.

Fontos, hogy a járművezetők a kijelölt gyalogos-átkelőhelyeket, buszmegállókat, illetve azokat a helyeket, ahol gyalogosok jelenlétére számítani lehet, mindig fokozott óvatossággal, a sebesség jelentős csökkentésével közelítsék meg, valamint mindig az időjárási-, látási- és útviszonyoknak megfelelően vezessék gépjárművüket.

A közlekedésben a gyalogos a gépjárművezető egyik gyakori partnere.

Ezért szükséges, hogy a járművezetők ismerjék, és pontosan értelmezzék a gyalogos-közlekedés szabályait. Például, hogy ha nincs járda akkor a gyalogos hol közlekedhet, hol haladhat át az úttesten és hol van elsőbbsége a járművekkel szemben. [3]

Gyalogos átkelőhely

Az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről szóló 20/1984 (XII.21.) KM rendelet (továbbiakban: KM rendelet) I. függelékének b/ pontja alapján a kijelölt gyalogos-átkelőhely az úton a gyalogosok áthaladására szolgáló, útburkolati jellel jelölt terület, ahol a KRESZ 21. § (7) bekezdés értelmében a gyalogosoknak elsőbbsége van a járművekkel szemben. [5] [6]

Gyalogos-átkelőhelyet az úttesten csak olyan helyen szabad kijelölni, ahol az azon áthaladó gyalogosokat az úton közlekedő gépjárművezetők legalább 50 méter távolságból felismerhetik. [7]

Annak ellenére, hogy az ókorban, valamint a múlt évszázad első felében is voltak törekvések olyan helyek, területek kijelölésére, melyek a gyalogosan közlekedők úttesten való áthaladására szolgáltak, a gyalogos-átkelőhely fogalmát először az 1949. szeptember 19-én kiadott, Genfben aláírt Közúti Közlekedési Egyezmény vezette be.

Az önvezető autók

Az önvezető autó olyan jármű, amely érzékelők, kamerák, radar és mesterséges intelligencia kombinációját használja az utazáshoz, emberi kezelő nélkül.

Ahhoz, hogy a jármű teljesen autonómnak minősüljön, képesnek kell lennie arra, hogy emberi beavatkozás nélkül eligazodjon egy előre meghatározott célíg, olyan utakon, amelyeket nem alakítottak ki a használatra. [10]

Könnyű azt gondolni, hogy a vezető nélküli autók a közelmúlt találmányai.

Pedig az emberek már nagyon régóta álmodoznak önvezető autókról.

Az 1900-as évek közepén többen is kitűzték célként azt, hogy az országúti közlekedés kényelmét egyesítsék a vasúti közlekedés biztonságával. [11]

Sokak számára 1986-ban született meg az első önvezető autó, amely a fogalom valódi megértését eredményezte. Ebben az évben egy német feltaláló, Ernst Dickmanns a müncheni Bundeswehr Egyetemen egy Mercedes furgont használt, az első olyan járművet, amelyet teljes egészében számítógéppel vezettek (1. ábra). [12]



1. ábra. Az első önvezető autó [12]

Később több hagyományos autógyártó, illetve techcég is beszállt az önvezető autók fejlesztésébe. Az autonóm, önvezető autó kifejlesztésén egymástól függetlenül több cég, így a Google, a Nissan, a Mercedes Benz és a Tesla Motors is dolgozott.

A Tesla 2014-ben minden új Teslában bevezette az Autopilot technológiai szabványt. 2015 októberében hozzáadott egy vezeték nélküli szoftverfrissítést, amely lehetővé tette a Teslák számára az önálló navigációt és a párhuzamos parkolóhelyeken való parkolást. Automata módban az autó számos érzékelőt használ, beleértve a radart és a 360 fokos kamerát.

Az önvezető autók előnyei

A 360°-os látásnak és a járművek egymáshoz kapcsolódó és folyamatos kommunikációjának köszönhetően jelentősen csökken a balesetek száma.

Az önvezető autók fontos előnye, hogy az emberrel ellentétben a gépek nem fáradnak el. Évente sok balesetet okoz az a tény, hogy a sofőrök elalszanak

autójuk vezetése közben. Így az autonóm autók használatával a sofőrök ténylegesen elaludhatnak anélkül, hogy ez bármiféle gondot okozna, mivel a gép irányítja a járművet. Az önvezető autók használatának gazdasági előnyei is vannak.

Mivel az autóbalesetek száma jelentősen csökkenthető, a rendőrségre és a mentőkre fordított állami kiadások is jelentősen mérséklődhetnek.

Ezzel viszont rengeteg adófizető pénzt takarítana meg.

Ezen kívül az autonóm járművek mellett szól az is, hogy a gépnek nem terelődik el a figyelme, ezáltal kevesebbet vagy szinte egyáltalán nem is hibáznak.

Sok baleset történik útjainkon azért is, mert az emberek ittasan vagy kábítószer hatása alatt vezetnek.

Javítják a mobilitást, különösen azok számára, akik nem tudnak vezetni, az önvezető autók nagyszerű alternatívát jelenthetnek.

Képzeljünk el egy nyugdíjast, aki egészségügyi vagy egyéb problémák miatt már nem tud biztonságosan autót vezetni.

Ennek a személynek az autonóm autó használata nagyszerű módja annak, hogy független maradjon, mivel ez az autó el tudja vinni egyik pontból a másikba.

Így az önvezető autók növelik azoknak az embereknek a mobilitási szintjét is, akiknek egyébként gondjuk lenne a közlekedéssel.

Mivel az önvezető autókhoz nincs szükség sofőrre, enyhíthetik a parkolási gondokat a sűrűn lakott területeken. Például egy utas kiszállhat a célállomáson, és ha nem áll rendelkezésre parkolóhely, az autó megkerülheti a háztömböt, amíg az utas készen nem áll az indulásra. Mivel az autók képesek koordinálni a forgalom áramlását, ez várhatóan csekély hatással lesz a forgalmi torlódásokra.

Ez rendkívül hasznos szempont lehet a vezetők számára a belvárosi utcákban.

Az önvezető autók hátrányai

A sikeres programozás hihetetlen dolgokat tesz lehetővé, ellenben mindig fennáll a kockázata annak, hogy váratlan hiba bukkanjon fel. Még ha egy önvezető autó eleinte hibátlanul teljesít is, előfordulhat, hogy az autót üzemeltető programozást az autógyártó cég egy hibakóddal frissíti. Az ehhez hasonló hibák számítógépeinken és mobileszközeinken legfeljebb bosszúságot okoznak, de önvezető autóknál ez könnyen balesethez vezethet.

Más kérdés, hogy sokan nem tudnak többé manuálisan vezetni.

Amíg az autonóm jármű megfelelően működik, ez nem nagy probléma.

Ha azonban az önvezető rendszer bármilyen probléma felmerül, fontos lehet, hogy biztonságosan, manuálisan navigálhassuk az autót.

Ha az önvezető autók használata felváltja a mai manuális vezetést, akkor is ügyelnünk kell arra, hogy az emberek minimális rendelkezzenek a kézi vezetés készségével, ha az autonóm rendszer meghibásodik.

Annak ellenére, hogy az autonóm járművek mögött meghúzódó technológia meglehetősen ígéretes, még mindig rengeteg pénzt kell befektetni annak érdekében, hogy biztonságossá tegyék a mindennapi közlekedéshez.

Amíg ez a fajta technológia eléggé kiforrott, rengeteg pénzt kell elkölteni, és rengeteg kutatást kell még végezni.

Még egy évtizedbe telhet, amíg képesek leszünk nagy léptékben áttérni az autonóm autókra.

Főleg kezdetben az önvezető autók meglehetősen drágák lesznek. Szakértők becslése szerint egy önvezető autó több százezer dollárba kerülhet. Ez azonban a legtöbb technológia újdonság esetében is igaz. Az első pár évben elég drágák. Amint telik az idő, és a technológia javul, az ár jelentősen csökkenhet. Így, bár az önvezető autók kezdetben a legtöbb ember számára nem lennének megfizethetők, idővel valószínűleg megengedhetné magának a legtöbb középosztálybeli család is.

Az időjárás is az önvezető autók működését befolyásolhatja.

Az autonóm autók érzékelői érzékenyek a rossz időjárás viszonyokra. Például heves esőzés vagy hóvihár esetén az autonóm autók nehezen tudnak megfelelően navigálni, mivel előfordulhat, hogy az érzékelők nem működnek megbízhatóan. Így a kutatóknak ezt a kérdést is meg kell oldaniuk, mielőtt az autonóm autókat a nagyközönség széles körben használhatná.

Az önvezető járművek másik nagy hátránya és egyben veszélye a hackeléssel kapcsolatos problémák. Ha a hackerek meg tudják támadni az önvezető autók megfelelő működéséhez szükséges rendszereket, az számos súlyos balesethez vezethet.

Ezért az autógyártóknak gondoskodniuk kell a mögöttes adatrendszerek megfelelő védelméről a hackertámadások leküzdése és az autonóm autók biztonsága érdekében.

Sokan még mindig nagyon kritikusan viszonyulnak az autonóm autókhoz. Ez teljesen logikus, mivel az emberek gyakran nem akarják elveszíteni az irányítást a dolgok felett.

Így az autógyártó cégek nehezen tudják meggyőzni az embereket arról, hogy jó ötlet önvezető autót használni a hagyományos autó helyett. [14] [15]

Az autók önvezető képesség szerint jelenleg öt szintre sorolhatók, amit az Autóipari Mérnökök Társasága (SAE) határozott meg. A nulladik szinten parkolnak a 80-as évek kocsijai: ezekben az autókban még semmilyen vezetéstámogató rendszer nem működött.

Az egyes szint azt jelzi, hogy az autóban csak egyetlen rendszer autonóm, ilyen például a radaros tempomat – ezeknek a szerkezeteknek a fejlesztése körülbelül a kilencvenes években kezdődött.

Az irányítás oroszlánrészét még itt is a sofőr végzi.

A kettes szinten vannak azok az autók, amikkel manapság széles körben találkozunk, és amiket a legtöbbet használunk. Ezekben a kocsikban már chipek vezérlik az összetett rendszereket, témérdek adatot elemezve, és összehangolva. Ide sorolható a sebességtartó-sávtartó tempomat, ami már nem csak fékezni vagy gyorsítani tudja a kocsit, de az iránytartást is megoldja, vagy akár az automata parkolási rendszerek is.

A harmas szint elérése mára belátható távolságba került, ez a feltételes automatizáció szintje. Ha ezt sikerül megvalósítani, akkor a vezetőnek már csak felügyelő szerepe lesz az autóban, ugyanakkor mindig készen kell állnia arra, hogy bármikor beavatkozhasson, ha a szituáció megkívánja.

A negyedik szint a teljes automatizálás szintje, amikor már feleslegessé válik a sofőr aktív részvétele a kocsi irányításában, ugyanakkor az autó még csak ellenőrzött, szabályozott körülmények között tud biztonságosan autonóm módon közlekedni.

Az ötös szint az önállóság csúcsa, amikor az autók már tisztán saját vezérlésükre támaszkodva közlekednek változó, nem ellenőrzött körülmények között – magyarul úgy, ahogy ma bármelyik sofőr megteszi. [16]

3. Korábbi hasonló kísérletek

A Ford Motor Company azon dolgozik, hogy mindenkivel, aki a közlekedésben részt vesz, megismertesse velük az önvezető autókat, illetve az azokkal való kommunikációt és bizalmat keltsen az emberekben. Ahhoz, hogy a technológia sikeres legyen, oly módon kell hozzászoktatni az embereket ehhez az újdonsághoz, hogy az minél kevésbé tűnjön ismeretlennek a számukra.

A gyalogosok, a kerékpárosok és a közlekedés összes többi résztvevőjének alkalmazkodnia kell az autonóm járművekhez. Nem tartózkodhatnak el attól, hogy egy nap majd szembejön velük egy önvezető autó, vagy épp pont egy ilyen jármű engedi át őket a zebrán. Mindehhez nélkülözhetetlen egy univerzális kommunikációs forma, amit az emberek kortól és földrajzi elhelyezkedéstől függetlenül megértenek és elsajátítanak.

2018 –ban a Ford Motor Company a Virginia Tech Transportation Institute–tal együttműködve egy tanulmányt készített egy Ford Transit Connect szélvédőjére szerelt fénysávról. Első lépésként egy hasonló virtuális térben, mint a mi esetünkben tesztelték az embereket, hogy megértik-e az autón található fényjelzéseket.

A kísérlet azt mutatta, hogy az embereknek többször megkellett nézni mire valóban megértették annak jelentését. Ami még ennél is tovább tart az az, hogy mire ezek a jelek beépülnek a köztudatba és az emberek ténylegesen használják majd a mindennapokba.

A tesztelések során a Fordnál arra a következtetésre jutottak, hogy ezek a jelek egy olyan elfogadott vizuális nyelvvé válnak, ami megoldást jelent az emberek és önvezető járművek közötti kommunikáció problémájára. Fontos, hogy mindezeket azelőtt kell létrehozni, mielőtt az első autonóm járművek beépülnének a mindennapjainkba.

Ezt a prototípust kivitték az utcára és megnézték hogyan reagálnak rá az emberek. Jelen esetben szükség volt egy sofőrre, akit ülésnek álcázott ruhába öltöztettek, hogy úgy tűnjön senki nem ül az autóban (2. ábra). Ezáltal a reakciók teljes mértékben olyanok voltak mintha egy önvezető autó közlekedne a városban. A szélvédőre szerelt LED fénysáv lassan jobbra balra villog amikor jelzi a gyalogosnak vagy kerékpárosnak, hogy megadja az elsőbbséget. Elindulás előtt a fényjelzés gyorsan kezd villogni és menet közben pedig folyamatos fehér fényt bocsájt ki. Több mint 2000 mérföldön keresztül figyelték az emberek reakcióit. Arra a következtetésre jutottak, hogy ez a fajta jelzés egy jó kiindulási alap lehet a későbbiekben. [20]



2. ábra: A Ford önvezető járműve

Egy másik esetben a University of Central Florida hallgatói végeztek el egy hasonló kísérletet. Ők is az ember és gép kommunikációját vizsgálták VR térben. Összesen hat szituáció volt tesztelőnként. Alapvetően kettő fő variáció volt, hasonlóan, mint a mi kísérletünkben. Egy amikor az autó megállt és átkívánta engedni a gyalogost, illetve egy amikor nem. Mindkét esetben belül elkülöníthetünk három eltérő esetet. Volt, amikor az autó teljesen autonóm járműként viselkedett sofőr nélkül, volt amikor ült az autóban egy sofőr és volt egy eset amikor a járműben ülő virtuális ember a gyalogosra nézett, ezzel is felhívva a figyelmét arra, hogy érzékelte őt. A kísérlet során figyelték a tesztalanyok reakcióját, melyik esetben voltak bátrabbak az átkelést illetően.

A tesztelők véleménye alapján jobban részesítették előnyben azt a szituációt, amikor egy sofőr ült a kormány mögött. Mindezek alapján megállapítható, hogy az emberek nem teljesen vannak még felkészülve arra, hogy a való életben egy ilyen helyzetet tapasztaljanak. [21]

4. A kísérlet előkészítése

A kísérlet helyszíne

A kísérletben egy valóságos helyszínt modelleztünk a virtuális térben. A kiválasztott helyszín a Győr városában található Lomnitz utca és Nagy Imre utca kereszteződésében található. A városban számtalan olyan választási lehetőség található, ami potenciális kísérleti alany lehetett volna. Azért erre esett a választás mert itt a gyalogos-átkelőhely olyan útszakaszt keresztez, ahol viszonylag nagy a jármű illetve gyalogos forgalom. Itt az autók viszonylag nagy sebességgel haladnak, mely a gyalogosokat akadályozza az átkelés folyamatában.

A fent megnevezett kereszteződésben a sebességkorlát be nem tartása miatt az autósoknak nehezebbre esik a gyalogosokkal folytatott sikeres kommunikáció, mely hozzájárul balesetek kialakulásához.

A helyszínről készített fotókat a 3. ábrán láthatjuk.



3. ábra: A helyszínről készített fotók

Valóságghű tér létrehozása

A kísérlet első fázisához szükséges fotók elkészítéséhez használt eszköz a Széchenyi István Egyetem Közlekedéscsapat és Víztechnológiai Tanszék által biztosított KanDao Obsidian GO 360° 3D VR kamera volt. Ez a készülék azért volt hasznos számunkra, hogy ne kelljen megmodellezni az egész kísérleti környezetet. Ugyan ez is egy megoldás, de ahhoz, hogy a legélethűbb képet tudjuk nyújtani a tesztalanyoknak érdemes fotó realisztikus környezetet használni.

Ez a kamera hat darab szinkronizált, magas felbontású, nagylátószögű halsszem objektívvel rendelkezik. Képes akár 8K felbontású videók és képek rögzítésére (4. ábra). [22]

4. ábra: KanDao Obsidian GO 360° 3D VR kamera



A helyszínen a kora délelőtti órákban lettek elkészítve a felvételek a legnagyobb zavaró tényező, a nagy forgalom elkerülése érdekében. Ugyanis nem lett volna előnyös, ha valamelyik fényképen megjelent volna egy autó vagy gyalogos, ez a későbbiekben a fotók összefűzésénél gondot okozott volna. Egy üres letisztult útszakaszra volt szükség, hogy csak a modellezett autó legyen látható majd a tesztelés alatt. Hat darab 180° -os fénykép készült a kamerával a gyalogos-átkelőhely több pontjában is.

Az elmentett képek a KanDao saját programjával a KanDao Studioval lettek összefűzve. Exportálva a képeket a program elkészíti a valósághű, 360°-os 8K felbontású képet. Ez a fotó biztosította számunkra a virtuális tér létrehozásához szükséges textúrákat a modellezési folyamat során.



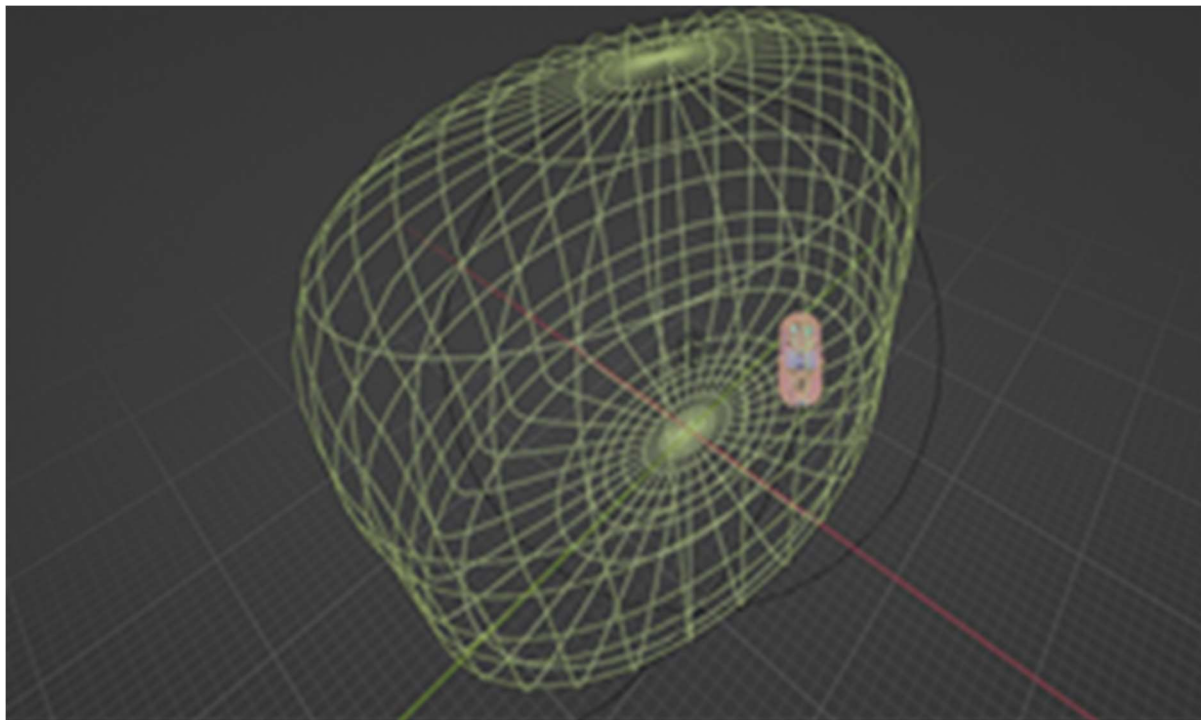
5. ábra: Valósághű, 360°-os 8K felbontású kép

Következő lépésként ez az elkészített fotó a Blender 3D nyíltforráskódú modellező szoftverben egy shadow catcher félgömbre textúraként lett felhúzva méretezés és formázás után. A Blender 3D szoftver 2022 eleje óta nyilvánosan elérhetővé tette a felhasználóknak a VR és az XR kiegészítőt is, melyek kimondottan 3D terektervezésére lettek kifejlesztve. [18] Az alkalmazás gond nélkül kompatibilis a SteamVR alkalmazással, amivel egyszerűen játszhatók az animációk. Az alkalmazáson belül testreszabható volt a tesztalanyok magasságához viszonyítva a kamera magassága, a kamera helyzete, elfordulási szögét, helyzetét és minden olyan tulajdonsága, amit fontos volt beállítani, hogy a tesztelő realisztikusnak érezze a szituációt.

A megfelelő alakzat megtalálása fontos szerepet játszott az élethű tér megalkotásában. Meg kellett találni azt a térbeli alakzatot, amely nem torzítja a néző perspektívájából a képet és tökéletesen kompatibilis az előzetesen készített fotóval. Az alakzatot úgy kellett torzítani és módosítani különböző modifier parancsokkal, hogy egy pontban lehessen összefűzni a ráhúzott fotót az alsó és felső felén is. Az alsó pontban helyeztük el a tesztalany kameraállásának pontját a felső összefűzésből pedig a világítási funkciók kerültek megoldásra. Azért kellett a világítási funkciók, hogy a shadow catcher tulajdonság révén a térbeli objektumok valós árnyékolási hatást keltsenek, ezzel is méginkább egy valós helyzetet reprezentálhassunk.

A tesztalany a későbbiekben ennek a virtuális félgömbnek (6. ábra) a középpontjában áll és a VR

szemüvegen keresztül valós képet kap vissza.



6. ábra: Virtuális félgömb

A kísérletben modellezett önvezető Nissan LEAF a valóságban

A Járműipari Kutatóközpont (JKK) 2011 óta működik a Széchenyi István Egyetemen. Az ő fejlesztésük alatt áll az az autonóm jármű ami képes tudatában lenni a környezetének és érzékelni az előtte sétáló járókelőket a rászertelt LIDAR (Light Detection and Ranging) lézer és nagyfelbontású kamerák segítségével. Ez alapján háromdimenziós térben is megjeleníti a tereptárgyakat és a gyalogosokat. A környezet érzékeléséhez a kamera és a LIDAR szenzor egy rendszerként használható, amivel a jármű az emberi látáshoz hasonlóan képes érzékelni, hogy milyen tereptárgy található a környezetében.

A gépilátás-alapú mesterségesintelligencia-rendszer képes megállapítani, hogy a kamera által látott kép mely képpontjai tartoznak az egyes objektumtípusokhoz

A fejlesztők elsősorban a sávfelület, a gyalogosok, illetve a többi közlekedési eszközre fektették a hangsúlyt. Ezek az információk olyan formában állnak rendelkezésre, hogy az további algoritmusokkal értelmezhető és feldolgozható legyen például útvonaltervezéshez vagy

valamilyen akadály elkerüléséhez.

A Széchenyi István Egyetem Autonóm Kompetenciaközpontjának szakmai vezetője, Kőrös Péter tájékoztatása szerint jelenleg nem az a cél, hogy a kamerakép alapján centiméter-pontosan megállapítsák a látott tárgy vagy gyalogos távolságát a járműhöz képest. Erre a feladatra az emberi látás sem képes, csak egy olyan becslést ad, ami elegendő ahhoz, hogy az ember viszonylagos biztonsággal tudjon közlekedni (7. ábra). [19]



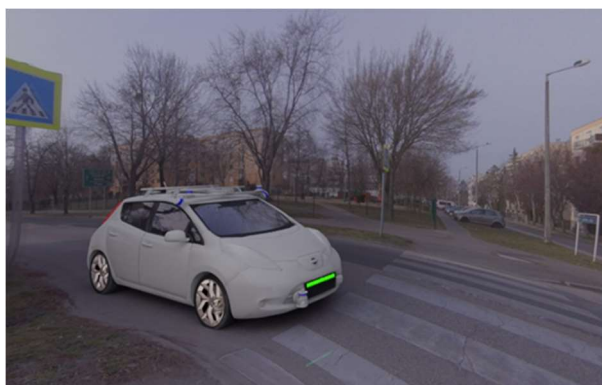
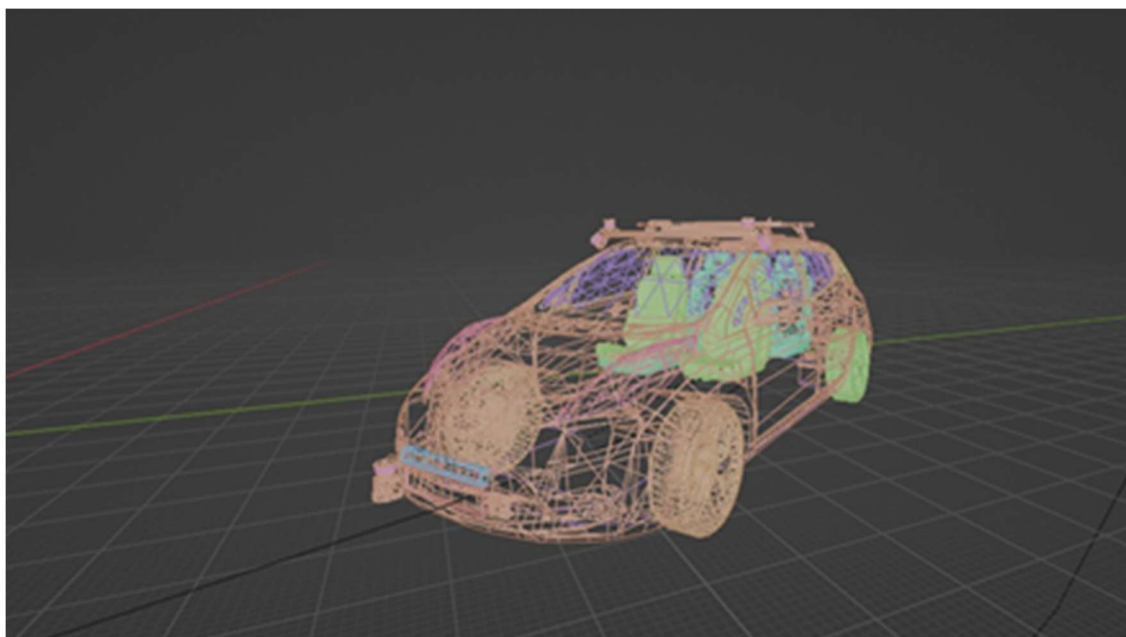
7. ábra: A Széchenyi István Egyetemen autonóm
járműve és a rászerezelt LIDAR kamera képe

Nissan LEAF modellezése

A virtuális jármű a GitHub projektjében megtalálható alaprajzok és modellek alapján készült el a már korábban említett Blender 3D modellező szoftverben.

A modellezés részeként az elkészült modell fotórealisztikus textúrákkal és animációkkal lett ellátva. Mindezek után a szimuláció különböző elemei egyesítve lettek és egy azonos modelltérbe lettek illesztve. Szemléltetésképp készült pár virtuális fotó, hogy a későbbiekben a tesztelő hogyan látja a környezetet és a járművet egy és ugyanazon térben. A modell animációkon esett át, hogy a későbbi tesztek folyamán a tesztalanyok reakcióit valóság-hű helyzetekben lehessen szimulálni.

Az autó kerekei és teste mozgási animációkkal lettek ellátva. Az autó fényjelzései ugyancsak animálásra kerültek, hiszen a fényeknek az autó helyzetétől függően változni kellett annak érdekében, hogy jelezze a járókelőknek az elsőbbség megadását.



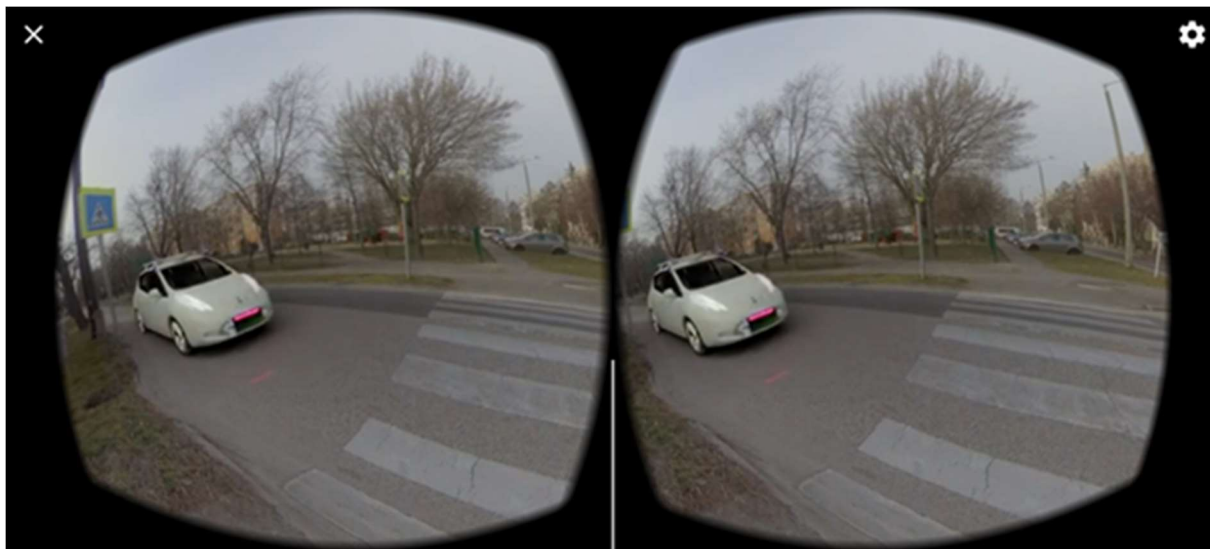
8. ábra: A Nissan LEAF modellezése

Renderelés

A renderelés egy fotó realisztikus, háromdimenziós kép létrehozása árnyékokkal és tükrözéssel. Jelen esetben ez több mint 1000 magasfelbontású virtuális kép elkészítését jelenti. Ahhoz, hogy később a VR szemüvegben egy nagy felbontású, élethű képet láthassunk, közel fél napot kellett renderelni még egy jól felszerelt számítógépes konfigurációval is.

Ezek a később elkészült .png formátumú képek végül Sony Vegas 13 Pro segítségével lettek videóvá alakítva, amit szintén renderelni kellett.

Ez a dupla renderelés önmagában még nem VR szemüveg kompatibilis. Ezeket a videókat egy python injector kóddal konvertálni kellett. A kód lefuttatása után a videó összes pixelét egy koordinátával látja el, így később a videót VR szemüveggel szemlélve, azon belül a tesztalanyok szabadon tudnak forgolódni a virtuális valóságban.



9. ábra: A renderelés, a háromdimenziós kép létrehozása

5. A kísérlet végrehajtása

LED fényjelzés alkalmazása

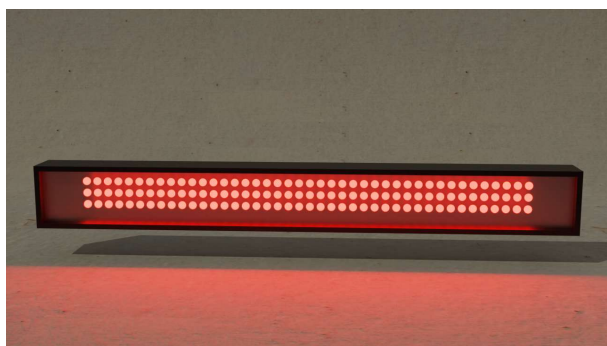
A kísérlet a gyalogos és a jövőben valószínűsíthetőleg elterjedő autonóm járművek kommunikációját hivatott szemléltetni és megvizsgálni egy kereszteződésben.

A rendszámtábla fölé erősített LED kijelző jelzi a gyalogosnak, hogy épp az adott szituációban a jármű megadja-e az elsőbbséget. Ezt zöld illetve piros színű fényjelzéssel teszteltük le. Többfajta alternatív ötlet született, hogy milyen jelzés lenne a legegységesebb és legkézenfekvőbb a gyalogosok számára, amit könnyen megértenek és a mindennapjuk részévé válhat.

A Ford Motor Company például egy olyan fehér színű LED kijelzőt alkalmaz ami a szélvédőn jobbra-balra villog, ha elengedi az úttesten áthaladni készülő gyalogost, gyorsan villog ha elindulni készül a jármű és menet közben pedig folyamatos fehér fényt ad ki, ami az elsőbbség megtagadását

jelenti. A mi esetünkben azért esett a zöld és piros színre a választás mivel ez a két szín alpból az „Állj!” és „Mehetsz!” utasításokat adják a közlekedésben és ezek kevésbé lesznek ismeretlenek az embereknek.

A 10. képpáron a virtuális LED kijelző piros és zöld színű fényben látszik. A kijelző mérete megegyezik a rendszám tábla hosszával. A virtuális térben a rendszám tábla felé került elhelyezésre. A zöld jelzés a pirossal ellentétben nem folyamatos, hanem zöld futó nyilakat mutatott.



10. ábra: A virtuális LED kijelző piros és zöld színű fényben

A kísérlet eszközei

A teszt legfontosabb kelléke a Széchenyi István Egyetem Közlekedéscsapat és Vízmérnöki Tanszék által biztosított HTC Vive Pro VR szemüveg volt. A készülékben található kijelző éles, késleltetés nélküli képet biztosít a felhasználónak. A kijelző 4896 x 2448 képpontos felbontással rendelkezik és ez oszlik el kétfelé egy-egy szem számára, ami azt jelenti, hogy szemenként 2448 x 2448 képpontos felbontást kapunk. A 120 fokos látószög lehetővé teszi, hogy a 100 fokos közvetlen látótérrel rendelkező emberi szem számára élethű legyen a látott kép. A szemüveg viselése közben más kísérletekben előfordult, hogy valaki rosszul lett, ami teljesen normális reakció. A tünetek közé sorolható a hányinger, szédülés, szemmozgási zavarok. Ezek a szemmozgató ideg megerőltetéséből fakadnak, de szerencsére nem érezhetők hosszú távon és percekben belül elmúlnak. A mi kísérletünkben csak egy szemüveges hallgató jelezte, hogy nem

komfortos neki. A komfortérzetet javította, hogy az élességet manuálisan mindenki magának



állíthatta be (11. ábra).



11. ábra: A VR szemüveg és a kísérlet lefolytatása

Ahhoz, hogy pontosan mérni és a későbbiekben rögzíteni tudjuk a résztvevők úttesten való átkelési szándékát, egy elmozdulásmérő szenzort rögzítettünk a tesztalanyok lábára (12. ábra). Ehhez egy Arduino UNO mikrovezérlőt használtunk, ami rendelkezik gyorsulásmérővel és giroszkóppal. A tesztalany lábára való felhelyezést mutatja a következő ábra.



12. ábra: Elmozdulásmérő szenzor

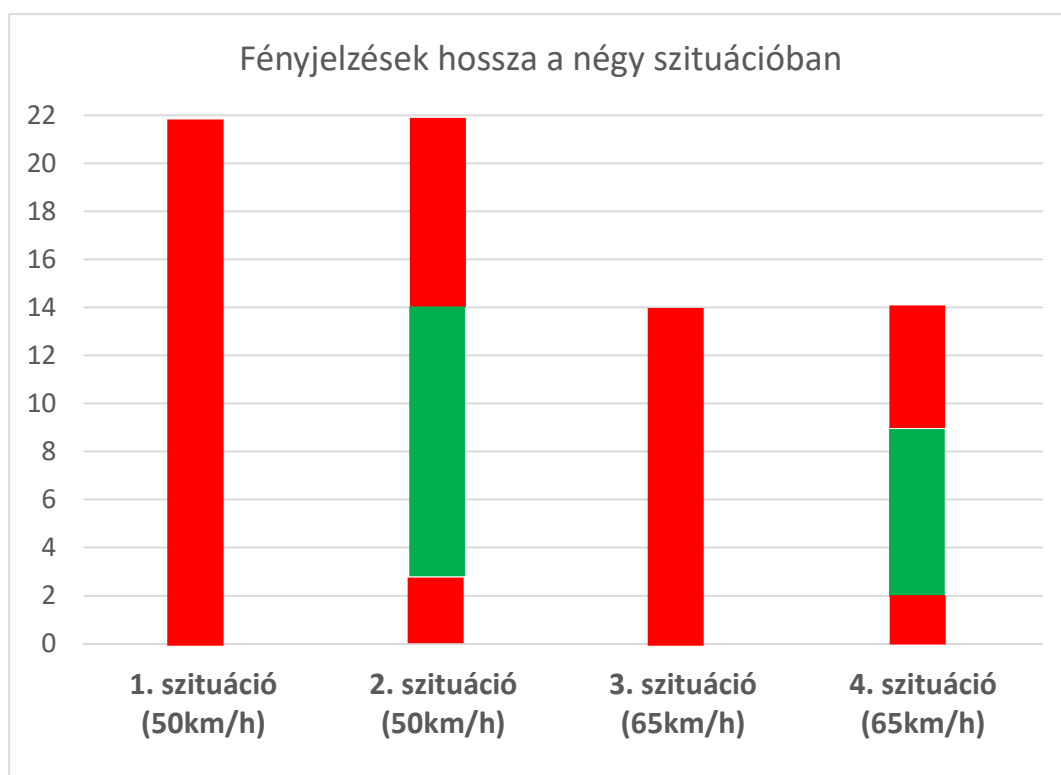
6. A kísérlet lefolytatása

A teszt végrehajtásához 26 önkéntest kértünk fel, akik szívesen álltak a rendelkezésünkre. A kísérlet során a fentiekben említett Arduino UNO mikrovezérlő ideiglenesen az emberek lábára lett rögzítve, és amikor a szimulációban biztonságosnak érezték az átkelést, a lábukat megemelve az érzékelő jeleket küldött a számítógép felé, amik elmentésre kerültek. Körülbelül egy ember letesztelése 15 percet vett igénybe. Instrukciónak csak annyi információt kaptak a tesztalanyok, hogy egy kereszteződésben fognak állni, és saját maguk ítélik meg, hogy áthaladnak-e a gyalogos-átkelőhelyen és mikor.

Négy szituációt szimuláltunk le (13. ábra). Az első minden esetben az volt, amikor a jármű 50 km/h sebességgel haladt és nem adta meg az elsőbbséget. A második szituációban ugyanúgy 50 km/h-val haladt a jármű, viszont itt már megadta az elsőbbséget. A harmadik szituáció már 65 km/h-val történt, és először újfent nem adta meg a gépjármű az elsőbbséget, a negyedik szituációban viszont ismét megállt a gyalogos-átkelőhely előtt.

Az első két felvétel kb. 22 másodpercig tartott. A másodikban a zöld jelzésre a jármű a gyalogátkelőhöz közeledve, a 3. másodpercben váltott, kb. 20 méterrel a gyalogátkelőhely előtt. A tesztalanyok a 14. másodpercig volt ideje átkelni a kereszteződésen.

A harmadik és negyedik szituációban a gépjármű sebessége 65 km/h volt, emiatt a szituáció időtartama rövidebb lett, kb. 14 másodperc. A negyedik szituációban a gyalogos a közeledő jármű LED kijelzőjén csak 2 másodpercig látott piros jelzést, aztán átváltott zöldre. Ezután a jármű megközelítette az átkelőhelyet és megállt. A gyalogosnak a 9. másodpercig volt ideje átkelni a zebrán. A négy szituáció szemléltetését a következő ábra mutatja.



13. ábra: A fényjelzések hossza a négy szituációban

7. A kísérlet kiértékelése

Az elmozdulásmérő szenzor segítségével megállapítottuk a résztvevők szándékát, mikor kelnének át a valóságban a gyalogátkelőhelyen. A következő táblázatban látszik, hányadik másodpercben mutatja a legnagyobb értéket a szenzor. Ekkor mozdította meg a lábát a tesztalanyunk, 9,6 másodperc elteltével (14. ábra).

Time stamp	acelo X	acelo Z	gyro X	gyro Z
13:32:07.043	-2075	-410	-6	-10
13:32:08.012	-2072	-420	-3	-10
13:32:08.965	-2089	-423	-5	-13
13:32:09.934	-2066	-411	-4	-12
13:32:10.902	-2060	-421	-4	-10

13:32:11.856	-2077	-424	2	-10
13:32:12.825	-2077	-419	-7	-12
13:32:13.778	-2074	-423	-7	-14
13:32:14.746	-2068	-379	-8	22
13:32:15.715	-4893	558	-20	-908
13:32:16.668	-4563	131	151	-1323
13:32:17.637	-2128	-608	-1	-15
13:32:18.606	-2124	-560	-1	-11
13:32:19.559	-2120	-546	8	-31
13:32:20.528	-2084	-523	-11	-15

14. ábra: Elmozdulásmérő szenzor eredményei

Az összes résztvevő reakcióidejét rögzítettük mind a négy szituációban, Excel táblázatban. A táblázatos forma segít abban, hogy jól szemléltethető legyen a 26 különböző adatsor (15. ábra).

eset száma	1. szituáció (50km/h)	2. szituáció (50km/h)	3. szituáció (65km/h)	4. szituáció (65km/h)
1	16	9	8	7
2	15	7	6	4
3	15	1	9	7
4	16	3	0	7
5	17	5	8	5
6	14	6	8	6
7	16	8	8	7
8	14	8	6	2
9	14	8	8	5
10	15	8	9	6
11	8	13	0	6
12	0	6	1	5
13	15	7	8	6

14	13	6	7	6
15	0	5	0	7
16	15	1	8	8
17	14	7	7	6
18	14	7	9	6
19	0	12	0	7
20	6	6	9	5
21	7	8	4	4
22	17	4	8	7
23	15	8	8	7
24	14	7	8	4
25	3	7	9	3
26	0	14	0	7

15. ábra: Az összes résztvevő reakcióidejét

A kísérlet során azt tapasztaltuk, hogy az első szituációkban kissé bizonytalanul, láthatólag hosszabb ideig tartott megítélni az embereknek a biztonságos átkelést miután elhaladt az autó. Volt, aki a teszt végéig nem is haladt át az úttesten, és volt, aki túl korán akart lelépni a járdáról. Ez betudható annak, hogy az egész szimuláció viszonylag ismeretlen volt számukra és nem tudhatták, hogy pontosan mire számítsanak. Viszont így van ez a valóságban is, amikor átkívánunk kelni az úttesten és egy gépjármű közeledik nem lehetünk biztosak abban, hogy mikor enged át minket vagy egyáltalán megadja-e az elsőbbséget a számunkra.

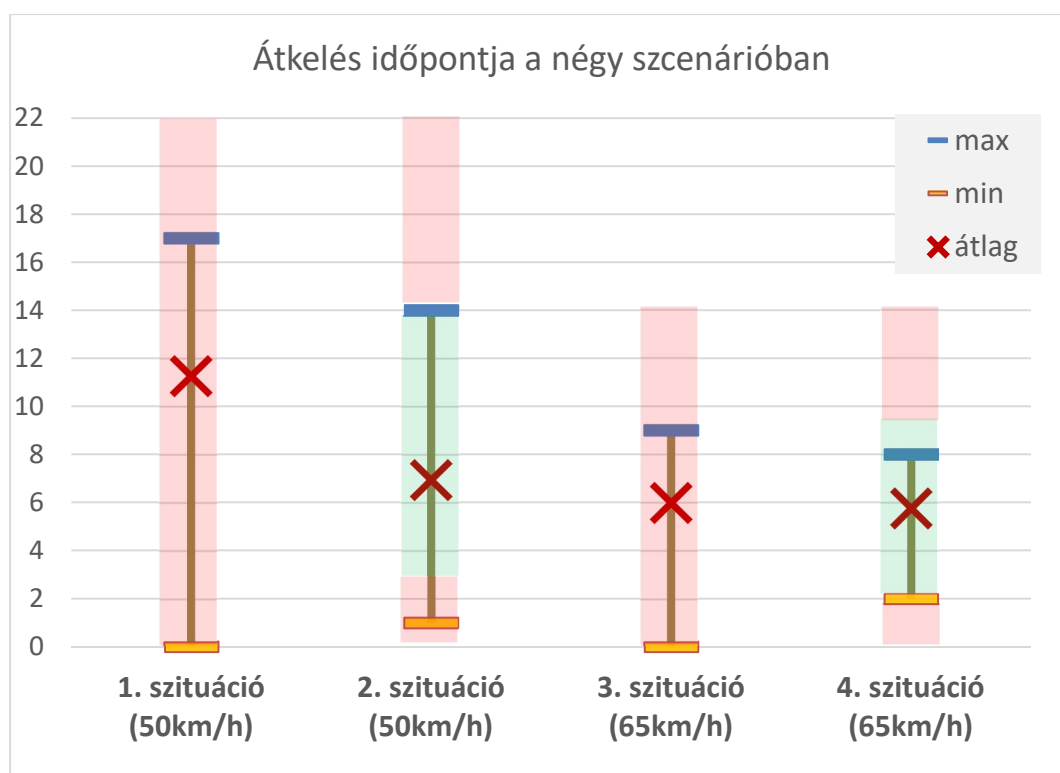
A fent leírtaknak megfelelően négy szituáció került szimulálásra majd kiértékelésre.

Az 1. és 2. szituációban a jármű 50km/h sebességgel közlekedett, ami ezen az útszakaszon a megengedett sebesség. A 3. és 4. szituációban 65km/h-t modelleztünk, mivel korábbi méréseink szerint ezen az útszakaszon ez az a sebesség (v_{85}), amelyet a gépjárművezetőknek csak 15 százaléka lép túl.

Az adatsorok átlagát a következő táblázatban találjuk.

	1. szituáció (50km/h)	2. szituáció (50km/h)	3. szituáció (65km/h)	4. szituáció (65km/h)
max	17	14	9	8
min	0	1	0	2
átlag	11,27	6,96	6,00	5,77

Az alábbi diagramon látszik, hogy az egyes szituációkban mennyi ideig tartott az embereknek mire elindulási szándékukat jelezték.



16. ábra: Az átkelés időpontja a négy szituációban

Jól látható, hogy ez egyénenként változik, ki mikor érzi biztonságosnak az átkelést. A minimum és a maximum érték mellett átlagot is számoltunk, ami majdnem minden esetben közelebb volt a maximum értékhez, ami alapján elmondható, hogy a legtöbb tesztalany kellő időt várt az átkeléssel. Minden gyalogosban van egyfajta bizalmatlanság a járművekkel szemben, hiszen ők a

legsebezhetőbbek a közlekedésben. Amikor egy gyalogos-átkelőhelyhez érünk mindig megvan a kockázat, hogy egy esetleges elsőbbség meg nem adás következtében baleset következik be. Ennek elkerülése érdekében fontos, hogy körütekintőek legyenek a gyalogosok és minden esetben meggyőződjenek arról, hogy biztonságban vannak.

Az első szituációban a legmagasabb a várakozási idő, mielőtt átkelnek a résztvevők a virtuális gyalogátkelőn. Itt a legnagyobb a szórása is az értékeknek. A legkorábban és legkésőbb elinduló gyalogos közötti nagy különbséget az is magyarázhatja, hogy itt találkoznak először a virtuális térrel, és a jármű is végig piros jelzést mutat.

A második szituációban ez elsőhöz hasonlóan 50 km/h a közeledő jármű sebessége. A LED itt azonban zöldre vált. Láthatjuk, hogy a gyalogosok már ebben a helyzetben felismerték, hogy a zöld jelzés az elsőbbségadást jelentheti, hiszen rövidebb időbe telt eldönteni a résztvevőknek, hogy átkeljenek a zebrán. Ez azt bizonyítja, hogy értették a jelzést és megbíztak benne.

A harmadik helyzetben a sebességet 65 km/h-ra növeltük. A LED kijelző végig piros jelzést mutatott. A gyalogosok vagy akkor keltek át, amikor még kellő távolságban volt a jármű vagy akkor, mikor már elhaladt előttük.

A negyedik szituációban ez előzőhöz hasonló, városi közlekedésben viszonylag magad volt a jármű sebessége, viszont itt zöldre váltott a kijelző megadva az elsőbbséget a gyalogosnak. Ebben a helyzetben volt a legalacsonyabb a reakcióidők számtani átlaga, és a szórásuk is a legkisebbnek bizonyult.

Mindezekből arra tudunk következtetni, hogy a kísérlet azt bizonyítja, a gyalogosok rövid tanulási, helyzetfelismerési idő után gyorsan felismerik a jelzés szándékát és megbíznak benne, bátran átkelnek a gyalogátkelőhelyen.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Wu, Yifei; Li, Hansong (2022). Signalling security: An observational and game theory approach to inter-pedestrian psychology
- [2] Laureshyn A., Svensson Å., Hydén C. (2010). Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: theoretical framework and first implementation.
- [3] Schuette S. (2019). Pedestrian Safety
- [4] Holló P. (2018). A közúti közlekedésbiztonság komplex rendszere, Közúti közlekedésbiztonság
- [5] 20/1984 (XII.21.) KM rendelet I. függelék
- [6] KRESZ 21. § (7) bekezdés
- [7] 20/1984. (XII. 21.) KM rendelet 23.1 pont
- [8] Bradley Pamela (2013). Cities of Vesuvius: Pompeii and Herculaneum (2nd ed.).
- [9] Ishaque, Muhammad M.; Noland, Robert B. (2009) Making Roads Safe for Pedestrians or Keeping them Out of the Way? - An Historical Perspective on Pedestrian Policies in Britain
- [10] Taeihagh, Araz; Lim, Hazel Si Min (2019). Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks
- [11] Wallace, Richard (1985). First results in robot road-following
- [12] Janosch Delcker (2018). The man who invented the self-driving car
- [13] Jeff Sabatini (2014). 2014 Tesla Model S 60 Full Test
- [14] Andreas M. (2020). Advantages & Disadvantages of Self-Driving Cars
- [15] Ben Lutkevich (2020) Self-driving car (autonomous car or driverless car)
- [16] <https://digitrendi.hu/a-jovo-mar-koztunk-jar-tiz-evet-kesve-de-jonnek-az-onvezeto-autok/>
- [17] <https://www.vive.com/>
- [18] <https://www.blender.org/>
- [19] Eötvös Lóránd Kutatási Hálózat (2021). Működés közben tekinthették meg az érdeklődők a SZTAI és a SZIE Járműipari Kutatóközpontjának közös fejlesztésű autonóm járművét az MI Koalíció kiállításán
- [20] John Shutko (2018) Seeing the Light: Our Call for a Standard Self-Driving Car Language to Communicate Intent
- [21] Hiroshi F., Kangsoo K., Gerd B., Pamela J., Greg W. (2021) Autonomous Vehicle Visual

Embodiment for Pedestrian Interactions in Crossing Scenarios

[22] <https://www.kandaovr.com/>