



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Téradatok rögzítése járműfedélzeti szenzorok segítségével

Készítette: Tar László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

2018

Konzulensek:

Dr. Barsi Árpád

egyetemi tanár

Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

Dr. Somogyi József Árpád

adjunktus

Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

Összefoglalás

Dolgozatomban a járműfedélzeti szenzorok által rögzített adatok felhasználási lehetőségeit vizsgálom meg. Az önvezető járművek térhódításával jelentősen fejlődnek a mára már nagy tömegben használt érzékelők. A biztonsági és kényelmi szempontok kielégítésére egyre több ilyen eszközt helyeznek el a gyártók a járműveken. Ilyenek például a kamerák, lézerszkennerek, radarok, inerciális mérőegységek és a GNSS (Global Navigation Satellite Systems) vevők. Az eszközök által rögzített adatok általában rövid időn belül felhasználásra kerülnek valamilyen közlekedési helyzetekben való döntés meghozatalánál (pl.: sávváltás). Munkám során saját méréseket végeztem, amelyek alapján arra kerestem a választ, hogy milyen információk nyerhetők ki a rögzített adatokból, azokat milyen módon lehet felhasználni a döntéshozatalokon túl.

Abstract

In my research, I would like to examine the possible ways to use the recorded data by vehicle sensors. The uses of sensors will drastically increase due to autonomous driving, but apart from that we use more and more of them on our vehicles. Such as cameras, LIDAR systems, and GNSS sensors. The data recorded by these devices are usually used within a short period of time, for example decisions made in traffic situations, or navigation. During my research I will analyze my own similar recorded data, and look for the answer of what kind of information can be gained, and the possibility of usage.

1 TARTALOM

2	Bevezető.....	- 4 -
3	Az önvezető álom.....	- 5 -
3.1	Szükséges új technológiák.....	- 5 -
3.1.1	Szenzorok	- 5 -
3.1.2	Számítási teljesítmény	- 5 -
3.1.3	Kommunikációs technológiák	- 6 -
3.2	Az automatizálás szintjei.....	- 8 -
3.3	Platooning	- 9 -
4	A járműveken használt szenzorok.....	- 10 -
4.1	Kamera rendszerek.....	- 11 -
4.2	Helymeghatározó rendszer	- 11 -
4.3	Inerciális mérőegység.....	- 12 -
4.4	Ultrahangos érzékelők.....	- 12 -
4.5	Radar rendszerek.....	- 13 -
4.6	Lidar rendszer.....	- 14 -
4.7	Odométer.....	- 15 -
5	Téradatok építőmérnöki felhasználása	- 15 -
5.1	Gépi látás.....	- 16 -
5.1.1	Képelemzés.....	- 16 -
5.1.2	Mesterséges intelligencia alkalmazása	- 17 -
5.2	Adatkezelés	- 19 -
6	Biztonságtechnikai kérdések.....	- 20 -
6.1	Fejlesztési körülmények	- 20 -
6.2	Felhasználói tájékoztatlanság	- 21 -
6.3	Vegyes közlekedés	- 22 -
6.4	Informatikai sérülékenységek.....	- 23 -
6.5	Személyiségi jogok	- 24 -
7	Saját mérés	- 24 -
7.1	Felhasznált eszközök.....	- 25 -
7.2	Kamera elrendezések.....	- 26 -
7.3	Adatgyűjtés helyszínei	- 28 -
7.4	Feldolgozás.....	- 28 -
7.5	Jövőbeli tervek	- 29 -
8	Összefoglalás	- 30 -
9	Irodalomjegyzék.....	- 30 -
10	Linkgyűjtemény a képekhez.....	- 32 -

2 BEVEZETŐ

A jelenleg is tartó ugrásszerű technikai fejlődésnek köszönhetően egyre több olyan eszköz és technológia valósul meg, amelyek korábban csak a tudományos fantasztikum szülöttei voltak. Ezen technológiák egy része lehet meg sem született volna, ha anno nem látjuk azt a sci-fi zsánerben, másik része pedig eleve azért került oda, hogy azt a reális jövőt predesztinálja, amit az adott kor technikai fejlettsége még nem tett lehetővé. Az, hogy ezek a technológiák mikor valósulnak meg ténylegesen, rengeteg dologtól függenek. Ilyenek lehetnek például a jogi akadályok, vagy a társadalmi igények és trendek változásai. De a technika magas fokú, mégis korlátozott fejlődése ugyan úgy határt szabhat, mint más külső tényezők.

Az egyik rengeteget érintett téma a közlekedés jövője. Sokféle feldolgozásban láttunk sokféle jövőképet, a repülő autóktól kezdve az automatizált közlekedésig. Még ha előbbi távolinak is tűnik (ami egyébként nem is olyan biztos, már léteznek működő prototípusok), az önállóan működő járművek már belátható időn belül megvalósulni látszanak, sőt részben már most is jelen vannak. Ez tehát egy tipikus példája a megjósolt jövőnek (1. ábra), ami ha nem is teljes mértékben, de részben mindenképpen valóra válik.



1. ábra: Az 1980-as években indult Knight Rider című tévé sorozat egyik főszereplője K.I.T.T., a mesterséges intelligenciával rendelkező "önvezető autó" [<http://www.darkhorizons.com>]

3 AZ ÖNVEZETŐ ÁLOM

Már a 2000-es évek elején is versenyeztek az Egyesült Államokban, hogy olyan önvezető autókat építsenek, amelyek sofőr nélkül képesek megtenni egy bizonyos távolságot A és B pont között. Ezek a versengések bizonyos fokig ellenőrzött körülmények között zajlottak, amelyek során valós élethelyzeteket modelleztek. Ezekkel a kihívásokkal ugyan úgy keresték a feladat során felmerülő akadályokat, mint az azokra adott lehetséges megoldásokat. Az informatika fejlődése aztán olyan új eszközöket, vagy már meglévő, de korszerűsített technológiákat biztosított a mérnökök számára, amelyek segítségével időszerű megoldásokat kereshettek, vagy a létező ötleteket tökéletesíthették, optimalizálhatták.

3.1 SZÜKSÉGES ÚJ TECHNOLÓGIÁK

3.1.1 Szenzorok

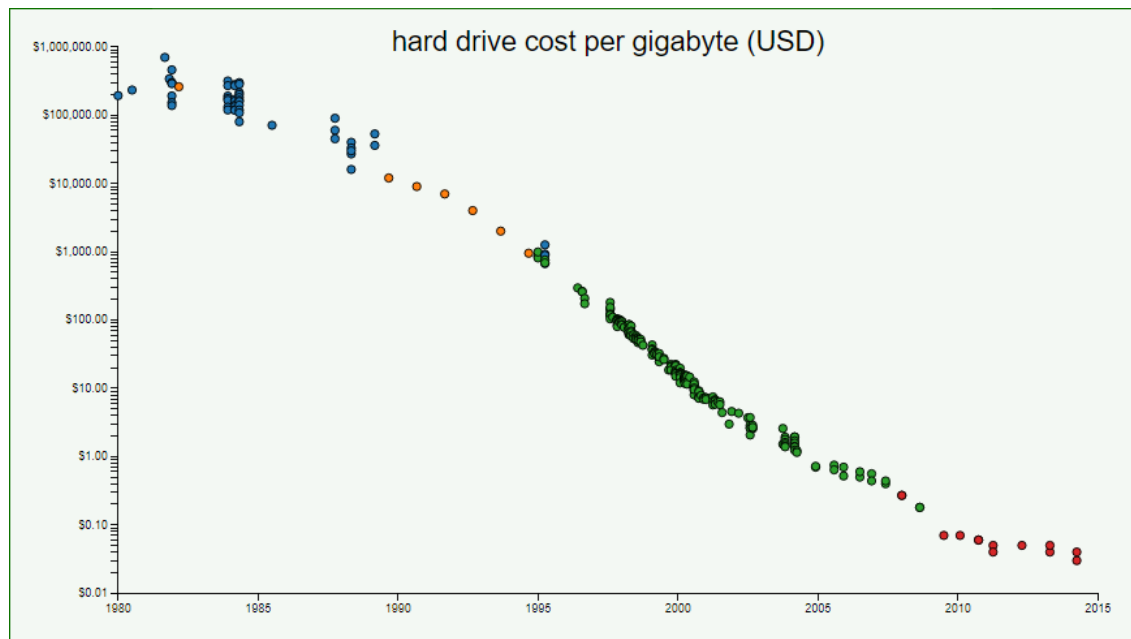
Szenzorok segítségével valamilyen mérendő tulajdonságtól függő információt tudunk gyűjteni a környezetünkről. Napjainkra olyan mértékben tért hódítottak, hogy tulajdonképpen folyamatosan körül vesznek minket. Az emberek mobilitási és kényelmi igényeinek következtében - pl. a mobiltelefonok szerepe megváltozott, különböző plusz szenzorokkal egészültek ki – az érzékelők egyre kisebb, olcsóbb és kezelhetőbb formában állnak rendelkezésre. Ezeket az önvezető autók fejlesztésénél is alkalmazzák. Ilyenek például a kamerák, vagy a helymeghatározásban segítő eszközök (GNSS vevők).

A témában használt egyéb szenzorok fejlődése is szükségszerű volt a fejlesztések nagyfokú megindulásához. A lézerszkennerek például egyre korszerűbbek, megbízhatóbbak és kisebbek lettek. Bár ezek ma még magas áron érhetőek el, az általuk nyújtott információ mégis szükségszerű volt a korai a fejlesztésekben. A radarok terén pedig jelenleg zajlik egy olyan fejlesztési folyamat, mely során részletes és pontos adatokat szolgáltatathatunk olyan körülmények között is, amikor más megoldások nem működnek (pl.: köd).

3.1.2 Számítási teljesítmény

Az általános fejlődés mellett ismét csak a mobil eszközök térnyerésének, és az azokkal szemben támasztott egyre nagyobb követelmények számlájára is írható az informatika jelenkori jelentős fejlődése. Az egyre nagyobb tömegű, és különböző típusú adatok (pl.: képek, videók, hang- és tér adatok) kezelésére az informatikusoknak és szakembereknek hatékony eszközökkel, valamint feldolgozási és elemzési eljárásokkal kellett felelniük.

A bonyolult számítási feladatok elvégzésére a 2000-es évektől széleskörűen kezdték el alkalmazni a grafikus processzorokat, amelyeket korábban elsősorban a megjelenítéshez használtunk. A hagyományos processzorokkal szemben sokkal hatékonyabban alkalmazhatók az összetett mesterséges intelligenciák alapját képző neurális hálózatok létrehozására és kezelésére. Az adatok feldolgozását mára gyorsabb meghajtók támogatják, egyre nagyobb tárolási-képesség és alacsonyabb költségek mellett (2. ábra).



2. ábra: A merevlemezek árának gigabájtra vetített alakulása [<http://www.mkomo.com>]

3.1.3 Kommunikációs technológiák

A mobil eszközök villámgyors terjedése és fejlődése azonban nem csak az informatika számára állított kihívásokat. A kommunikációs technológiák, és azok infrastruktúrájának is nagyfokú fejlődésen kellett keresztülmennie. Nemcsak, hogy lehetővé tette, hogy bárki bármikor és bárhol elérhető legyen, hanem manapság ez már szinte elvárás. Továbbá a felhasználók számára fontos a gyors és hatékony adatátvitel. A mobilinternet fejlődése következtében, mára vezeték nélkül is képesek vagyunk nagyméretű adatmennyiséget mozgatni, nagyobb távolságokon keresztül.

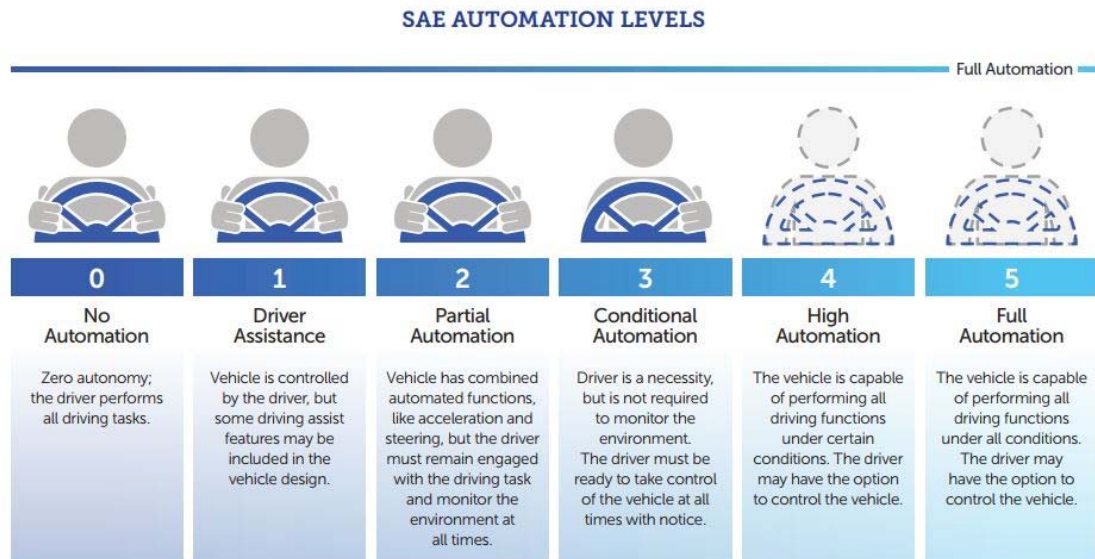
Az 5G megjelenése a következő lépcsőfok a kommunikáció fejlődésében. A technológia megjelenésével nem csak a sebesség nő, hanem a kommunikációhoz való hozzáállás alap gondolata is változik. Az 5G-s hálózaton minden informatikai eszköz kommunikál egymással, és akár funkciókat vesz át a másiktól. Képzeljük el, hogy pár év múlva hazaérve az úgynevezett „okos otthonunkba” egy bejövő hívást a tévén, vagy akár a hűtőn is fogadhatunk.

A technológia alapvető gondolata nem csak az, hogy a fejlett szenzorok és algoritmusok segítségével például egy autó jól tud tájékozódni, hanem az is, hogy ezek a rendszerek kommunikálnak egymással és környezetükkel. Ha egy közlekedési helyzetben az egyik autó hirtelen fékezésre kényszerül, akkor az alacsony késleltetési időnek köszönhetően ezt szinte azonnal megosztja a mögötte haladóval, aki így időben képes reagálni. A ma már létező V2X technológia e működési elvet igyekszik követni. A rövidítés arra utal, hogy a jármű (V – vehicle) több felé is kommunikálhat (V2V-vehicle azaz jármű, V2I- infrastructure azaz infrastruktúra, V2P-pedestrian, azaz gyalogos). Az ilyen rendszerek a világon többféle szabványon keresztül kerültek kifejlesztésre, így ma azzal a problémával nézhetünk szembe, hogy míg az egyes fejlesztések önmagukban jól működnek, a különböző szabványok közötti kommunikáció nem valósul meg.

Az okos otthonok nagyobb léptékű változata az okos város, ahol új infrastrukturális eszközök megjelenésével alakul át a városkép, és a környezeti elemek funkcionalitása is bővíthet. Ilyen új elem például az intelligens villanyoszlop. Egy biztos, az infrastruktúra elemei információval látják el a felhasználókat, és ehhez a kommunikációhoz elengedhetetlen a nagy átviteli képességű és sebességű hálózat. A jövőben talán a jelzőablák és jelzőlámpák szerepe is lecsökken, csupán biztosítékként szolgálnak majd, ha valamiért vissza kell térni a hagyományos megoldásokhoz. Előbbieket felváltja az a digitális adatbázis, amit a jármű elér, így amennyiben tudja a saját helyzetét, azt is tudni fogja milyen közlekedési körülmények veszik körül. Utóbbit pedig a közlekedők közötti kommunikáció teszi feleslegessé, mivel ha tudom a többi jármű helyzetét és viselkedését, nincs szükségem a külső irányításra.

3.2 AZ AUTOMATIZÁLÁS SZINTJEI

Az „önvezető autó” fejlesztés térnyerésével, és magának a kifejezésnek a terjedésével szükségessé vált a téma szabályozása, és kontrollált keretek közzé szorítása. Ennek megfelelően megállapításra kerültek az önvezetés szintjei (3. ábra), amik körvonalazzák, hogy mégis milyen mértékben képes a jármű (jellemzően autó) az önálló közlekedésre.

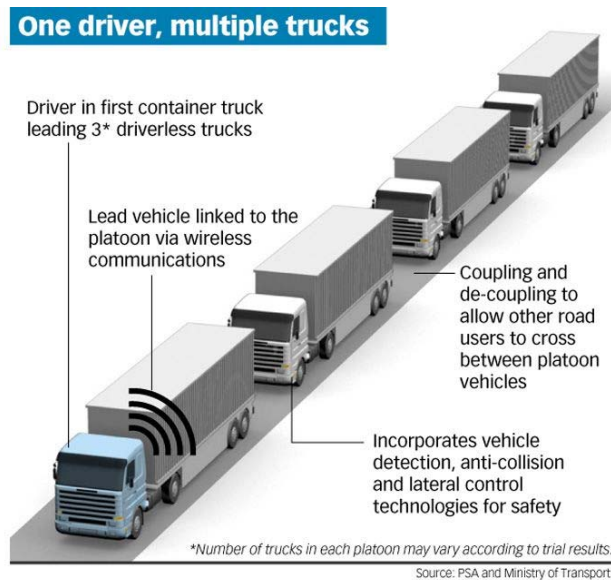


3. ábra: Az önvezetés szintjei [<https://cleantechnica.com>]

Jelenleg a kettes szinten álló járművekkel már találkozhatunk az utakon. Bizonyos képességek, mint a sávtartás vagy a tempómat, már évek óta elérhetők egyes típusokban. Különbséget kell tennünk „önvezető” és „vezetést támogató” rendszerek között. Az ilyen vezetést támogató rendszerek segítik a sofőrt az irányításban, és kényelmesebbé teszik az utazást, azonban semmilyen formában nem helyettesítik az emberi figyelmet. Még egy olyan manővert is figyelemmel kell kísérni, mint az automata parkolás. A szintek ismerete nem csak a fejlesztők számára ad tehát iránymutatást, hanem a felhasználóknak is információval szolgál, hogy tisztában legyenek járműjük korlátaival.

3.3 PLATOONING

Egy másik automatizálási technológia az úgynevezett „platooning” (4. ábra), ami konvojba rendezett járművek irányítását takarja. A főleg gyorsforgalmi környezetben (például autópálya), és elsősorban a teherforgalomban használni kívánt technológia alapelve az, hogy a konvoj első járművében tartózkodó sofőr gondoskodik az emberi felügyeletről, míg a többi jármű automatikusan követi az elől haladót. Ez a módszer több előnnyel is jár, a befektetett humán erőforrás lényegesen lecsökken, azonban az első járműben ülő sofőr személyében mégis jelen van ember, így meghozhatók azok a döntések, amiket eddig is szívesebben bízunk az emberre. Ezen kívül az egymást követő, egymással kommunikáló járművek követési távolsága minimalizálódik, mivel azonnal értesülnek az előtte haladó viselkedéséről, így azonnal tudnak reagálni is. A szélárnyék miatt üzemanyaghatékony a megoldás, valamint helytakarékosági szempontból is előnyös.

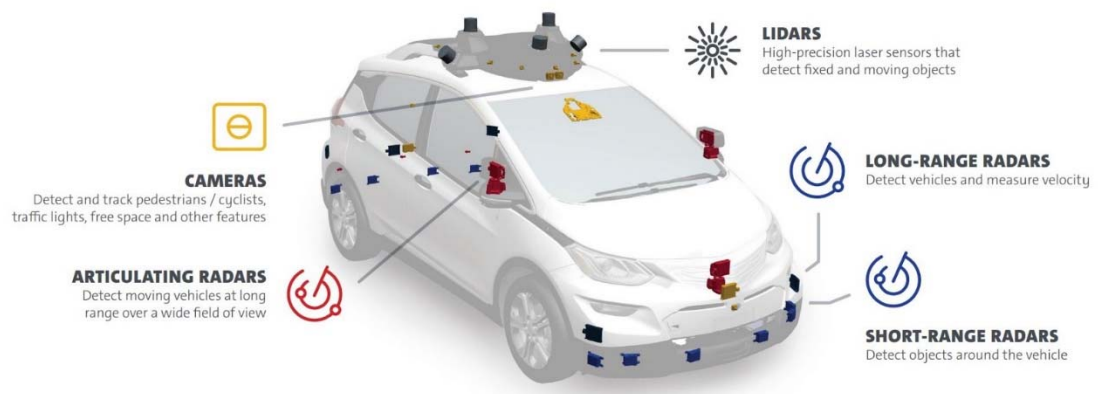


4. ábra: A platooning technológia elve [https://www.businesstimes.com.sg]

A platooning technológiát a Volvo Trucks és a Waberer's 2017-ben magyarországi autópályaszakaszon is tesztelte. Azonban a társadalmi elfogadottság, az egyes országok hozzáállása, valamint az infrastruktúra alkalmassá tétele gátat szabhat az terjedésnek.

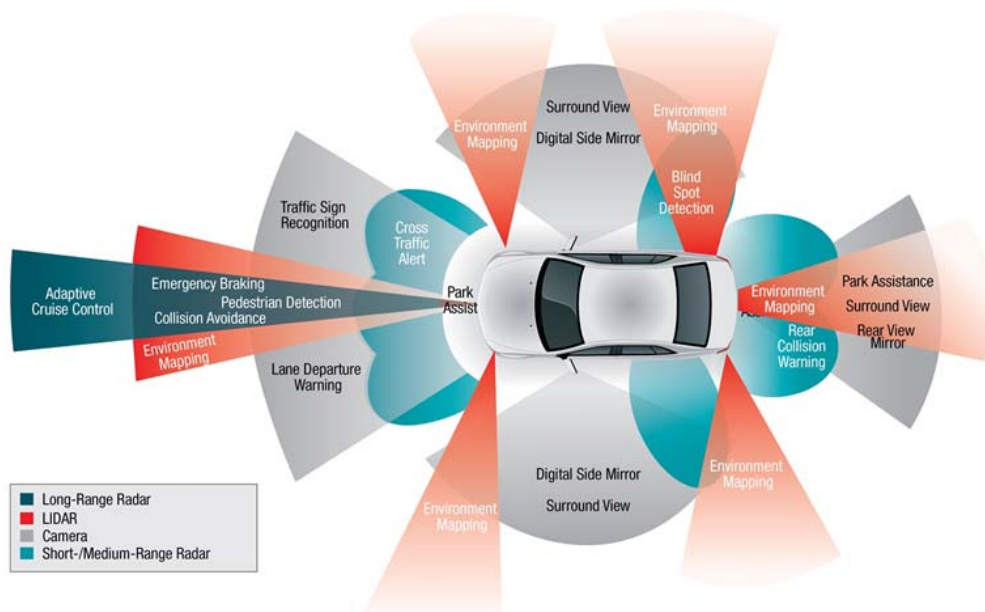
4 A JÁRMŰVEKEN HASZNÁLT SZENZOROK

Ahhoz, hogy a jármű tisztában legyen a körülötte lévő világgal, a már említett különböző szenzorok adataira van szüksége. Az esetleges meghibásodások és az eltérő karakterisztikák figyelembevételével a biztonságos működéshez minél többféle információt nyújtó szenzort alkalmazunk (5. ábra).



5. ábra: Az önvezető rendszerek által használt szenzorok [<http://image-sensors-world.blogspot.com>]

A különböző irányba néző, és változó távolságot pásztázni képes eszközök segítségével az egész autó körül megfigyelhető a környezet. Ezen kívül a változó körülményekre is felkészülve a szenzorok kiegészítik egymást, például a kamerának gondot okoz a köd, míg a radar gond nélkül „átláthat rajta”. A 6. ábrán látható, jellemzően mi milyen feladatot lát el, illetve, hogy milyen irányba és távolságra képes érzékelni.



6. ábra: Az autón elhelyezett szenzorok észlelési feladatai, és azok iránya [<https://www.machinedesign.com>]

4.1 KAMERA RENDSZEREK

Az emberi érzékelés fő eszköze a szem. Hasonló mondható el a jövő önvezető járművére, melynek legfőbb szenzora az a kamera rendszer, ami az egész autót körbe veszi. Ezen érzékelők környezetről gyűjtött adatai szolgálnak jelenleg legtöbb információval. A képeket többféleképpen hasznosíthatjuk. Az alkalmazás céljának függvényében függ, milyen elvárásokat támasztunk a képek minőségével (geometriai, radiometria, időbeli) szemben. Amennyiben a környezet modellezése is fontos szempont a képek alapján, fontos, hogy nagy geometriai felbontású képekkel dolgozzunk. Gyors beavatkozáshoz (például úttestre lelépő gyalogos) nagy mintavételezési frekvencia lehet szükséges. Fontos azonban, hogy több és nagyobb felbontású kép kezelése lassabb, erőforrásigényes művelet, így optimalizálni kell az adatgyűjtést, a helyes paraméterek megtalálása érdekében.

4.2 HELYMEGHATÁROZÓ RENDSZER

A navigáció fontos része, hogy tudjuk, hol vagyunk a világban. Ennek a feladatnak az ellátására alkalmazzák az egyre modernebb GNSS vevőket, mely több műholdas helymeghatározó rendszerből származó adatokat is képes kezelni, így még hatékonyabb pozicionálás érhető el.

Fontos különbséget tennünk a helymeghatározással szemben támasztott pontossági követelmények között (7. ábra).

pontossági kategória	ponthiba	
tízméteres	> 10,0 m	Navigációs vevők
többméteres	1,50-10,0 m	
méteres	0,50-1,50 m	Térinformatikai vevők
szubméteres	0,20-0,50m	
deciméteres	0,05-0,20m	
centiméteres	5mm – 50mm	Geodéziai vevők
milliméteres	< 5mm	Geodinamikai vevők

Forrás: ACSM (American Congress on Surveying and Mapping)

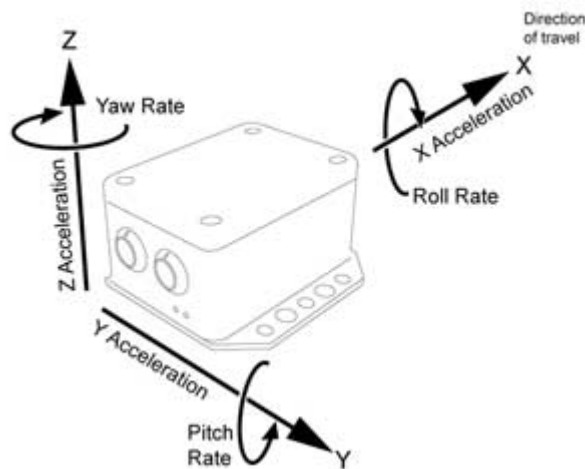
7. ábra: GNSS vevők pontossági osztályozása [GNSS elmélete és alkalmazása című tantárgy előadás dia - Dr Rózsa Szabolcs - BME]

Az önvezető jármű tájékozódásához cm – dm nagyságrendű pontosságra van szükség. Egy navigációs rendszerrel a pár méteres pontosság is elegendő volt, mert a térképi információk (utak helye) segítségével tovább javíthattuk az eredményt. A kiinduló és a cél állomások között a jármű megtervezhette útvonalát, és felkészülhetett a nagyléptékű fixen megoldandó közlekedési feladatokra (pl. kereszteződések milyensége, várható útviszonyok).

Manapság már rengeteg részletes világtérképpel rendelkezünk, amiket felhasználva a jármű számításba veheti a lehetséges útvonalakat utca szinten. Ezt bővítendő, az önvezető rendszerekbe célszerű betáplálni egy ennél részletesebb térképet, ami egy úgynevezett bejárhatósági felületmodellt ad meg a járműnek. Ezen a modellen szerepelnek a számára járható, vagy nem járható területek, így biztosítva azt, hogy a jármű tényleg csak ott haladjon, ahol ez megengedett. A nagyságrendileg deciméter pontosságú térképen a járműnek szintén hasonló mértékben kell tudnia a helyét. Ehhez a feladathoz tehát már pontosabb vevők alkalmazására van szükség.

4.3 INERCIÁLIS MÉRŐEGYSÉG

A navigációmegvalósításához nem csak az fontos, hogy tudjuk, hol (hely), de az is hogy milyen irányban (helyzet) vagyunk a világban. Erre a feladatra az úgynevezett IMU-t (Inertial Measurement Unit) alkalmazzuk (8. ábra). Az eszköz elhelyezésének függvényében megtudhatjuk, a jármű tengelyek körüli elfordulásait. Ezekből a szögekből adható meg, milyen helyzetben áll a jármű, illetve következtethető arra, hogy milyen irányba fog haladni.



8. ábra: Az inerciális mérőegység működése [<https://www.autosportsensors.com>]

4.4 ULTRAHANGOS ÉRZÉKELŐK

A parkolássegítő rendszer (téves köznyelvi neve a „tolatóradar”) már több éve jelen van a járművekben. Ez a technológia ultrahang segítségével működik. A modernebb autóknál a hátsó szenzort kiegészítették más irányokba néző ultrahangos érzékelőkkel is, amelyek visszaverődéséből következtethetünk egy tárgy közelségére. Ezek segítségével az autó azokat a területeket is „látja”, amit a sofőr nem képes. Így váltakozó frekvenciájú hangjelzéssel figyelmeztet a rendszer az egyre közelebb kerülő tárgyakra (9. ábra).



9. ábra: Tolatóradar működése [<http://www.vezetesorome.com>]

4.5 RADAR RENDSZEREK

A rádióhullámok használatával működő radar rendszerek fontos szerepet töltenek be az önvezető rendszerekben. Különböző feladatokra eltérő hatótávolságú radarokat alkalmazhatunk. Míg az ütközés megakadályozására szolgáló LRR (Long Range Radar) szenzor 80 – 200 méterig is képes érzékelni, addig a MRR (Mid Range Radar) pár méteres látótávolságával városi körülményekben megfelelő. A radarképek felbontása igaz ma még alacsony (10. ábra), de arra elegendő, hogy felismerjük, mekkora tárgyak vesznek körül, és azok milyen messze találhatóak. A radar további előnye, hogy mostoha időjárási körülmények között is működőképes. Így akár csak az ember, az autó is képes a látásra, igaz rosszabb minőségben. Ekkor az emberi viselkedést alapul véve az autó csökkenti a sebességet, és lassabban, körültekintőbben közlekedik tovább.



10. ábra: A jármű környezetében a radar által érzékelt objektumok [<https://www.autonomousvehicletech.com>]

4.6 LIDAR RENDSZER

A LiDAR (Light Detection and Ranging) rendszerek működésének alapelve, hogy lézersugár segítségével végeznek távmérést a műszerhez képest. Ezek a lézersugarak visszaverődnek a környezet elemeiről, és vissza jutnak a műszerbe. A lézersugarak megtett útja alapján a műszer kiszámolja a visszaverődés távolságát, és tárolja az egyes lézersugarakhoz tartozó irányt. Beállítástól és szkennertípustól függően percenként akár több millió pont is megmérhető. Az ilyen mérési eredmények az úgynevezett pontfelhők, amik a letapogatott környezet virtuális másai. Ez részletesebb az emberi szem számára könnyebben értelmezhető képet szolgáltat a radarnál (11. ábra). A lézerszkennerek többféleképpen szolgáltathatnak információt a környezetünkről. Míg a TLS (Terrestrial Laser Scanning) feladata a körülötte lévő teljes terület nagy sűrűségű lefedése, addig a profilszkennerek feladata a tér egy részének ritkább, de folyamatos, nagy frekvenciájú megfigyelése.



11. ábra: Az autó környezetének pontfelhője, és az abban azonosított egyéb közlekedésben szereplők
[<https://www.smallworldsocial.com>]

A mobil lézerszkennelés során egy mozgó platformra (pl. hátizsák, hajó, autó) helyezük a műszert. Az önvezető járművek esetén is erről beszélhetünk. Az autóra szerelt szkennerek többféle funkciót láthatnak el. Fejlesztési fázisban elengedhetetlen a teljes környezetet pásztázó szkennert, aminek fő feladata, hogy validálja a kamerák által alkotott környezetmodellt. A kész, már ma is működő önvezető megoldások esetén is láthatunk ilyen megoldást, jellemzően az autó tetején. Ilyet használ például a Google önvezető autója a Waymo. A technológia újszerűsége és felépítése miatt azonban ezek az eszközök még nagyon drágák. Az új járművek esetén a költségek csökkentésére a megoldást a kisebb teljesítményű és látószögű profilszkennerek jelentik. Ez a megoldás megfelelően átgondolt szenzor elhelyezéssel akár teljes mértékben kiválthatja az előző megvalósítást, valamint aerodinamikailag és esztétikailag is előnyösebb, ugyanis nem kerül egy nagy „doboz” az autó tetejére.

4.7 ODOMÉTER

Az odométer, vagy másnéven kerékfordulatszám-mérő egy fontos kiegészítő szenzor. Az általa biztosított adatokból, és a kerekek geometriájának ismeretében kiszámítható a jármű haladási sebessége. Ez azon túl, hogy egy redundáns megerősítése például a helymeghatározó rendszer által számolt értéknek, egy biztonsági eszköz is arra az esetre, ha előbbi valamilyen okból meghibásodna. Ismert példa az alagút, ahol a GNSS vevő nem képes adatokat gyűjteni, így ebből a forrásból nem ismert a jármű helye. Ebben az esetben azonban az IMU és az odométer adataiból kiszámítható az utolsó ismert pozíció óta megtett útvonal. Ez az eredmény igaz kisebb pontosságú, mint a deciméter pontosságú műholdas helymeghatározás, azonban mégis egy lehetséges alternatívával szolgál arra az időre, míg vissza a másik rendszer újra működőképes nem lesz.

5 TÉRADATOK ÉPÍTŐMÉRNÖKI FELHASZNÁLÁSA

Az eddigiekből látható, hogy az önvezető járművek hányféle módon gyűjtenek információkat környezetükről. Ezen információk azonban a fejlesztési stádium teszt adatitól eltekintve nem kerülnek tárolásra. A továbbiakban azt kívánom vizsgálni, hogy a navigáción túl milyen felhasználási lehetőségeket rejt magában a technológia.

Elsősorban építőmérnöki szempontokat figyelembe véve több féle megközelítéssel állhatunk a szenzoradatokhoz. Az egyik ilyen lehetőség az állapotfelmérés. Ha képesek lennénk kiszűrni az infrastruktúra egyes elemeit (felfestések, jelzőtáblák, stb.), akkor nyomon követhetnénk azok állapotát. Egy új kátyú keletkezésénél az automatikusan bejelentésre kerülne egy megfigyelő rendszer által és nem kellene, arra várjunk, míg valaki bejelenti. Így a javítás is hatékonyan valósulhat meg. Hasonló a helyzet az felfestésekkel, amennyiben túlságosan megkopott a festés, a jármű ezt észlelheti, és javítást kérhet a helyszínre. Ez a probléma az önvezető rendszer működését is befolyásolhatja, sávok nélkül a hagyományos sávtartás nem valósul meg.

Egy másik jellegű feladat lehet a nyilvántartott elemek (pl. jelzőtáblák) regisztrálása. A táblafelismerés a jelenlegi fejlesztéseknél fontos feladat. Egy már létező tábla adatbázis esetén a jármű összeveti a terepen észlelt táblákat az adatbázissal, így jelezhető az eltűnt, megrongálódott, de akár az oda nem illő új táblák.

A harmadik példa a környezet monitorozása. A Google által pár évente végzett felmérés a Street View lehetőség részleges frissítésére gyakrabban elvégezhető lenne, ha az közlekedésben részt

vevő járműfedélzeti adatokból kinyerhető lenne hasonló információ. A közlekedők által készített felvételek alapján rövidebb időn belül frissíthető lenne az utcanézet, azonban az adat jellege más lenne, mint az erre a célra kialakított felmérő berendezésből származók. Hasonló célra tehát más forrás adatból más féle technikát kell, alkalmazunk, amik nem feltétlenül válthatják ki teljes értékben egymást (pl. panoráma kamerák híján a járműfedélzeti kamerák képeinek mozaikolása panoráma képekké).

A fenti példákon túl még rengeteg lehetőség rejlik a széles körű és nagy tömegű szenzorhasználatban. A feladat nehézsége ezeknek az adatoknak a kezelése, és a másodlagosság figyelem előtt tartása. Az adatgyűjtés ilyen formája semmilyen módon nem akadályozhatja az önvezető rendszer működését, nem lassíthatja a számítási és kommunikációs folyamatokat.

5.1 GÉPI LÁTÁS

A gépi látás egy általános gyűjtőfogalom. Olyan feldolgozási eljárásokra és adatgyűjtő rendszerekre használatos, amelyekkel a jellemzően kép alapú adatgyűjtés és kiértékelés után vagy annak hatására valamilyen vezérlési, szabályozási vagy gépi értelmezési mechanizmus indul be. Tehát a gépi látás az önvezető rendszerek fő eszköze. A képalkotó szenzorok segítségével gyűjtött adatokat különböző szempontok alapján kiértékelünk. Az eredményeket a jármű értelmezi, majd ezek függvényében döntést hoz, és annak függvényében folytatja a vezérlést.

5.1.1 Képelemzés

A kamerarendszerek által szolgáltatott képek, az embernél a látáshoz hasonlóan az információ szerzés legfőbb formája jelenleg az önvezető járművek számára. Ezen képek hagyományos képelemzési technikákkal történő feldolgozása (12. ábra) megfelelő alapot szolgáltat arra, hogy azokból információt tudjunk kinyerni. Egy éldetektálással például megvalósítható a sávok felismerése, míg egy színek elemzés a jelzőtáblák detektálásában és kategorizálásában segíthet.

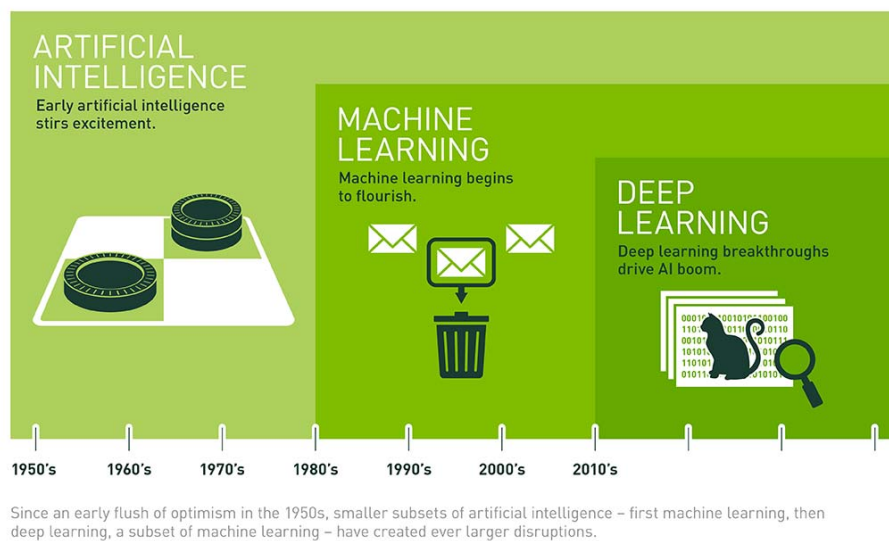


12. ábra: Képelemzési példák a híres Lena mintaképen [<http://visionexperiments.blogspot.com>]

Ennek a módszernek azonban több hátránya van. A képek elemzése számítás igényes lehet, valamint a változó viszonyok (pl. fény erőssége) nagyban befolyásolhatják a kapott eredményt. Ezen felül az algoritmus megírása túl nagy erőbefektetéssel járhat, és túl sok változót kell figyelembe venni.

5.1.2 Mesterséges intelligencia alkalmazása

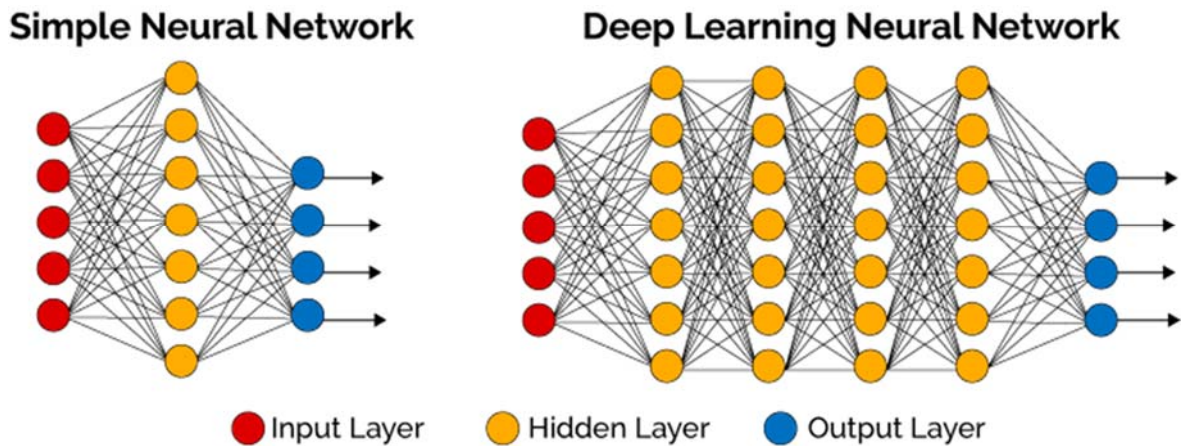
A hagyományos képelemzésnél hatékonyabb megoldás a manapság szintén nagy fejlődésen áteső mesterséges intelligenciák alkalmazása (13. ábra).



13. ábra: A mesterséges intelligenciák fejlődése [<https://blogs.nvidia.com>]

A hagyományos mesterséges intelligencián (Artificial Intelligence) túllépve, ahol beprogramozott szituációk alapján volt képes a gép döntéseket hozni, két modern megközelítés létezik. Az úgynevezett „machine learning” azt jelenti, hogy a gépet felruházzuk a tanulás lehetőségével. A különféle bemenő adatok (jelen esetben jellemzően képek, de akár pontfelhő részletekkel is működhet) segítségével tanítható a gép. A tanulási folyamat alatt a gép kapcsolatokat állít fel az egyes bemenő elemek között, így például ha van egy mintánk jelzőtáblákról, majd megmutatunk akár több ezer utcaképet, előbb-utóbb az megtanulja megtalálni azokat. A kulcs azon van, hogy a számítógép állítja fel a kapcsolatokat, valamilyen ismeretlen, saját logika és szempontrendszer alapján. A folyamat hatékonysága a bemenő adat minőségétől és mennyiségétől egyaránt függ. Minél több tanuló adatot biztosítunk a számára, az annál jobban megtanulja az adott feladatot. A tovább tanításra utólag is van lehetőség, így akár a működő éles rendszer képeit felhasználva még hatékonyabbá tehetjük a felismerést.

Egy ennél is hatékonyabb módszer az úgynevezett „deep learning” megközelítés. Ez a módszer az emberi agy működését igyekszik szimulálni, és ilyen módon végrehajtani a machine learning folyamatát. Az emberi agyhoz hasonlóan digitális neuronokat alkalmaznak, azonban a biológiai működéstől eltérően, itt nem képes minden neuron kommunikálni egymással. A neurális hálózatok rétegekből épülnek fel és meghatározott adatterjesztési iránnyal rendelkeznek. Egy kép elemzésénél például úgy képzelhetjük el a működést, hogy azt kis kockákra bontjuk, majd azokat betápláljuk az első rétegre. Ekkor a feladat ismerő neuronok megvizsgálják a réteget, majd tovább adják az információt a következő rétegre, és így tovább. Minden neuron felállít egy súlyt, hogy az adott feltétel szerinte mennyire teljesül az egyes rétegeken. A végeredmény ezeknek a súlyoknak a függvénye, így tudja például eldönteni, hogy egy adott képen van-e jelzőtábla vagy nincs. A deep learning előnye a hagyományos neurális hálózatokkal szemben, hogy sok rétegből épül fel, ennek következtében még mélyebb értelmezés, pontosabb eredmény születhet (14. ábra).



14. ábra: A mesterséges neurális hálózatok felépítése [<https://becominghuman.ai>]

5.2 ADATKEZELÉS

Az internet világa óta a keletkező adatmennyiség ugrásszerű növekedésnek indult, és a mai napig növekszik. Hogy ezzel lépést tartson, az adattárolás módjai is nagy változásokon mentek keresztül. A különböző féle adathordozókon lokálisan tárolt adatot kezdi felváltani a „felhőbe felküldött” adatcsomag. Bár néha ez a lehetőség végtelennek tűnik, valójában a szerverek száma határt szabhat a tárhelyünknek. Az önvezető rendszerek adatainak utólagos felhasználása tehát nehezen kivitelezhető, de nem lehetetlen feladat. A navigáción túli feladatokból tehát célszerű lenne minél többet szintén a járműre bízni, ami csak az eredményt továbbítja a megfelelő adatbázisba. Ezen feladatokra akár érdemes lenne egy független feldolgozó egységet építeni a járművekbe, hogy az önvezetésért felelős rendszer teljes mértékben a saját feladatára tudjon koncentrálni. Meghibásodás esetén ezek a másodlagos rendszerek akár át is vehetik az irányítást, így egy teljesen kihasznált tartalékkal rendelkezne minden jármű.

6 BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉRDÉSEK

A közlekedési formák közül a közúti közlekedés tekinthető a legveszélyesebbnek. Az önvezetés elsődleges célja, hogy az embert, mint bizonytalansági tényezőt kivegye az egyenletből, és biztonságosabbá tegye a közlekedést. A kényelmi funkció és a hasznosan eltöltött utazási idő lehetősége csak kellemes vonzata a technológiának. Ahhoz, hogy ez sikerüljön, igyekeztem néhány szempontból megvizsgálni azt a kérdést, hogy milyen biztonságtechnikai körülmények merülhetnek fel az önvezető rendszerek fejlesztésétől az alkalmazásukig.

6.1 FEJLESZTÉSI KÖRÜLMÉNYEK

Egy olyan új technológia fejlesztése, ami ennyire alapvetően kívánja megváltoztatni életünk egy részét rengeteg időbe telik, és sok tesztelésre van szüksége. Az önvezető rendszerek legbiztonságosabb körülmények közötti tesztelése a virtuális térben való kipróbálás. Itt a szimulált környezetben kell teljesítenie a rendszernek, szimulált szenzoradatok segítségével. Ezt a módszert főleg a mesterséges intelligenciák tanítására alkalmazzák. Az egyszerű feladatoktól kezdve, mint a sávtartás egyre változatosabb, de életszerű helyzetben kell, helytálljon.

A virtuális tesztelések után a valóságba kilépve folytatódik a fejlesztés, azonban biztonságtechnikai okokból ellenőrzött körülmények között. Kiváló példa erre a Zalaegerszegen épülő önvezető tesztpálya, ahol a szimulátorhoz hasonlóan valósághű tesztkörülmények várják az önvezető rendszert, de egy elzárt teszt területen. A ZalaZone több szekcióból áll. Többek között rendelkezik egy menettulajdonságokat vizsgáló részleggel, egy okos várost szimuláló környezettel, de direkt autópályás kapcsolata is van. Ezzel tovább is léphetünk a következő lépcsőfokra, az éles forgalomban való tesztelésre. Szintén itthoni példánál maradva az AIMotive önvezető szoftvert fejlesztő cég már rendelkezik forgalomban való teszteléshez szükséges engedélyekkel, így ezekkel az autókkal akár már személyesen is találkozhatunk az utakon. Különbséget kell, azonban tegyünk a valós körülmények között is. Egy modern városszerkezet (párhuzamos és merőleges utcák, tipikusan amerikai példa) vagy egy autópálya (egyhangú környezet, jól előre jelezhető szituációk) nem hasonlítható össze egy történelmi belvárossal (európai nagyvárosok többsége), ahol a szabálytalan utcák, a rengeteg akadály, és a sok váratlan szituáció még jobban megnehezíti az önálló rendszer működését. Ezek a körülmények megkövetelik a kellő óvintézkedéseket, így például az AIMotive megoldása a következő. A tesztjárműben minimum két személy tartózkodik. Egyikük egy kellő tapasztalattal és képzettséggel rendelkező sofőr, aki baj, vagy veszélyesnek ítélt szituáció esetén

azonnal át tudja venni az autó felett az irányítást. A másik személy egy fejlesztő, aki az önvezető rendszer működését kíséri figyelemmel, és irányítja azt amennyiben szükséges.

Az USA-ban több cégnek is van éles tesztelési engedélye, és hasonló felügyelő személyzettel számos önvezető tesztautó rója az utakat. A biztonsági sofőr jelenlétének ellenére történt halálos baleset az Uber által fejlesztett rendszer, és egy gyalogos között 2018-ban. Az eset nagy port kavart, és az Uber rögtön le is állította minden éles tesztüzemét. A nyilvánosságra hozott biztonsági felvételeken jól látható, hogy az áldozat szabálytalanul és kivilágítatlanul tolt át kerékpárját éjszaka egy forgalmas úttesten. Egy ilyen szituációban egy ember által vezetett autót is nehéz lett volna időben megállítani, azonban kérdéses, hogy a jármű olyan szenzorai, amik a sötétben is működnek miért nem jelezték az akadályt. Az ilyen esetek által keltett társadalmi felháborodás nagyban hátráltathatja a fejlesztéseket, és veheti el a bizalmat az új technológiáktól. Meg kell értenünk, hogy az önvezető rendszerek nem tökéletesek, és lehet, hogy sosem lesznek azok. Azonban a közúti balesetek túlnyomó része emberi hibából adódóan történik. Ebből kifolyólag egy teljesen gép által irányított jármű balesetének valószínűsége olyan kicsi lesz – még ha a fejlesztési szakaszban ez bizonytalanabb is -, amit a felhasználók legtöbbje hajlandó lesz felvállalni.

6.2 FELHASZNÁLÓI TÁJÉKOZATLANSÁG

Korábban már szó volt a felhasználó felelősségéről, arról, hogy tisztában kell lennie mindenkinek a saját járművének képességével. Az „önvezető” kifejezés általános használata a laikusok számára megtévesztő lehet, és a már korábban taglalt vezetést támogató rendszerekbe fektetett túl nagy bizalom életveszélyes szituációkat szülhet. Nem egy baleset történt már hasonló okból kifolyólag, a leghíresebb példa az a tragédia, ahol egy Tesla Model S karambolozott egy kanyarodó teherautóval. A fedélzeti számítógép adatait elemezve megállapítható volt, hogy a sofőr az autó figyelmeztetései ellenére sem tette vissza kezét a kormányra. Valószínűsíthető, hogy az aktív „auto pilot” módba vetett bizalom túl nagy volt, illetve az illető nem ismerte a rendszer korlátait. A szerencsétlen körülményeknek köszönhetően az autó tévesen következtetett környezetére, és lassítás nélkül haladt át a kanyarodó teherautó pótkocsija alatt, ezzel a teljes utasteret megsemmisítve (15. ábra). Az elemzésekből az derült ki, hogy radar rendszer tisztának feltételezte az utat, mivel átlátott a pótkocsi alatt, a kameraképek alapján az algoritmusok pedig égnek nézték a fehér pótkocsit, ami ráadásul sok napfényt is visszavert.



15. ábra: A Joshua Brown által vezetett Tesla Model S a baleset után [<https://www.theregister.co.uk>]

Ez a példa jól demonstrálja, hogy milyen fontos a felhasználó tájékozottsága az általa használt jármű képességeiről. Másik kérdés a gyártó felelőssége, ugyan az autó útmutatójában kiemelten szerepel, hogy az auto pilot mód nem biztosít teljes önvezetést és folyamatos figyelmet igényel, a megtévesztő reklámok és az átlagfelhasználó értelmezésében félrevezető lehet. A felelősség kérdése az egyik legtöbbször feltett kérdés a témában. A technológia újszerűségére miatt még a jogi rendszer sem áll feltétlenül készen, pillanatnyilag kidolgozás alatt van. A legmagasabb szintű önvezetésnél azonban egy dolog teljesen biztos lesz, a sofőrt hibáztatni nem lehet majd, mivel nem is lesz sofőr.

6.3 VEGYES KÖZLEKEDÉS

Egy ilyen új technológia teljes körű bevezetéséhez idő kell. Az önvezető járműveket fejlesztők leggyakoribb érve a rendszer mellett, hogy sokkal biztonságosabbak lesznek, mint az emberek által vezetett járművek, az autók kommunikálnak egymással, így kisebb valószínűséggel történhet baleset. Figyelembe kell azonban venni azt a tényt, hogy a kezdeti időszakban átfedés lesz az önállóan, és a hagyományosan ember által irányított járművek között az utakon. Ekkor a régebbi autók még nem részei az összekapcsolt rendszernek, így azok mozgásáról továbbra sem tudunk biztosat.

Erre a problémára több megoldás is létezhet. Amennyiben a városszerkezet engedi, a buszsávokhoz hasonlóan az önvezető járműveknek is kialakítható lenne egy saját közlekedési felület, amit a hagyományos manuális irányítással rendelkezőknek tilos használniuk. Ez azonban, ahogy írtam a városszerkezettől is függ, és amennyiben a technológia véglegesen elterjed, az időszak átmenetiségét figyelembe véve nem biztos, hogy kifizetődő. Másik megoldás lehet a régebbi autók korszerűsítése. Jelenleg is zajlik egy olyan projekt, ami 2021-

ig kötelezi pótolni azt az eszközt az elektromos autókba, amit 2019-től tettek kötelezővé. Az új technológia utakra engedése után jöttek rá, hogy a hangtalanul suhanó elektromos járművek veszélyesebbek, mert nehezebb őket érzékelni halkságuk miatt. Ezért egy fehér zajt kibocsájtó eszközt kell utólag beépíteni a korábbi modellekbe, hogy azok biztonsággal forgalomban maradhassanak. Egy hasonló logikát követve az önvezetésre képtelen autókban is kötelező lehetne egy utólagos eszközbeépítés. Nem reális, hogy egy teljes önvezető rendszert telepítsünk minden autóba, de kisebb léptékben gondolkodva akár egy monitoring rendszer elhelyezése megoldás lehet. Ez képes lehet megfigyelni a hagyományos jármű telemetriáit, és biztosítani a kapcsolatot a többi autóval, így igaz nem maga az autó dönt, de a sofőr döntései eljutnak a körülötte lévő modern gépjárművekbe

A fenti eszmefuttatással ellentétben persze az is lehet, hogy teljesen felmenő rendszerben, mindenféle intézkedés nélkül kerülnek az utakra ezek az autók. A régebbi autók betiltása nem tűnik reális döntésnek, azonban azok mozgásának korlátozása egy hihető jövőkép, ha csak arra gondolunk, hogy manapság a bizonyos szintű károsanyag kibocsájtás feletti értéket produkáló járművek nem közlekedhetnek akármikor, vagy drasztikusabb példát véve ugyan van rá példa, de ma már nem mehetünk akárhol lovaskocsival, vagy lóháton.

6.4 INFORMATIKAI SÉRÜLÉKENYSÉGEK

Mint minden informatikai rendszer, az önvezető rendszerek is több szempontból sérülékenyek lehetnek. Míg egy meghibásodás ellen a redundáns rendszerekkel és vészforgatókönyvekkel viszonylag könnyű védekezni, addig egy nem várt külső hatás nagyobb problémát is okozhat. Kicsi a valószínűsége, de elképzelhető, hogy egy elektromágneses impulzus (pl. egy napkitörés okán, ami eltalálja a Földet) teljesen megbénítja az önvezető jármű minden rendszerét. Igaz ez a példa már a mai modern autóknál is problémát okozna, valószínűleg az a legbiztonságosabb megoldás, ha ilyenkor minden jármű egyszerűen megáll.

Egy másik informatikai sérülékenységi tényező, a rendszer kívülről történő feltörése. A „minden kapcsolatban van mindennel” elv legnagyobb problémája, hogy túl sok fronton kell ügyeljünk arra, hogy külső behatásra ne legyen érzékeny a rendszer. Elég egy gyenge láncszem, és a rosszakaró azon keresztül mindenhez hozzáfér, rosszabb esetben módosításokra is képes. Ezért fontos a kiber védelem, egy olyan biztonsági óvintézkedésekkel ellátott infrastruktúra létrehozása, amiben a felhasználók teljes mértékben megbíznak, és jelen esetben nem csak személyes adataikat, de életüket is rá merik bízni.

6.5 SZEMÉLYISÉGI JOGOK

Egyre érzékenyebb téma a személyiségi jogok, személyes adatok védelme. Az Európai Unió által 2016-ban elfogadott, és 2018. május 25-től kötelezővé tett GDPR (General Data Protection Regulation) adatvédelmi rendelet bizonyítja, hogy a személyes adatok védelme mennyire fontossá vált napjainkra. A helyenként már szinte túlszabályozottnak és nevetségesnek érzett rendeletekből következtethetünk, hogy ez a téma az idő múlásával akár még nagyobb figyelmet kaphat. Ezt erősíti meg a 2018-ban kirobbant Facebook-os adatvédelmi botrány, ahol megkérdőjeleződött, hogy mennyit is tud a cég felhasználóiról. Az önvezető járművek szempontjából ez azért fontos, mert ahogyan azt többször leírtam, a rengeteg szenzor rengeteg adatot gyűjt környezetéről, melynek a többi közlekedő is részese. Róluk egy nap megszámlálhatatlan mennyiségű információ gyűjthető. Ez a közlekedő, amennyiben egy kerékpáros, vagy akár egy gyalogos (de pl. rendszám alapján bármelyik autó) amennyiben jól azonosítható, megfigyelve érezheti magát. Sokszor találkozunk manapság leragasztott kamerájú és mikrofonú laptopokkal, amivel az emberek védekezni kívánnak a vélt vagy nem vélt megfigyeléssel szemben, azonban az önvezető szenzorokkal szemben ez nem megoldás. Alkalmazott technika például a Google Street View készítésénél az arcok, rendszámok és egyéb személyiségi jogokat sérthető elemek kisatírozása, azonban lehet, hogy valaki számára még ez sem megnyugtató, még akkor se, ha ezek a felvételek az utcanézegetőtől eltérően nem is kerülnek nyilvánosságra.

7 SAJÁT MÉRÉS

A különböző autógyártókon, és a független önvezető szoftvereket fejlesztő cégeken túl már a kezdetektől szervesen foglalkoztak az egyetemek és kutatócsoportok is az önvezető járművekkel. Mivel előbbieik eredményeit többnyire üzleti titokként kezelik, így ezekhez szinte lehetetlen hozzáférni külső feleknek. Az egyetemeken folytatott kutatások anyagai azonban egyszerűbben hozzáférhetők. A BME (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) több kar bevonásával fejleszti saját önvezető rendszerét, de például a Karlsruhe Institute of Technology által fejlesztett KITTI rendszer működéséről is részletes leírást találhatunk. Például a KITTI által használt Velodyne lézerszkennerek mintadatai is elérhetők az interneten.

Egy teljes értékű önvezető rendszer rengeteg féle és mennyiségű adatot generál. A kezelhetőség kedvéért ezt megkerülve saját méréseket készítettem. Így olyan adatgyűjtést végeztem, ami csupán a témám számára érdekes megközelítéssel vizsgálja a környezetet.

7.1 FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK

Az adatgyűjtés során két darab SJCAM Black SJ4000+ típusú akciókamerát használtam (16. ábra). Ezek a kamerák képesek a 2k 30FPS-es videók felvételére. Szót ejtettem már róla, hogy az adat minősége befolyásolja az eredményt, azonban a feldolgozás kezelhetősége miatt én 720p 30FPS beállításon használtam az eszközöket. Tapasztalatból tudom, hogy egyes képelemzési feladatokhoz ez a beállítás is elegendő.



16. ábra: SJCAM Black SJ4000+ akciókamera [<https://www.ft.com>]

A dupla kamerás kialakításnak több oka van. Egyes vizsgálni kívánt feladatokhoz szerencsésebb, ha sztereó képpel rendelkezünk, ilyen lehet például a képek alapján való környezet előállítása pontfelhő formájában. Ezen kívül a 170°-os látószög ellenére bizonyos elrendezéseknél egy kamera nem látta volna be azt a teret, amire én kíváncsi voltam.

Lehetőségeimhez mérten igyekeztem a helymeghatározással is foglalkozni. Mobiltelefon segítségével NMEA (National Marine Electronics Association) adatokat rögzítettem (17. ábra), melyekkel ugyan nem biztosítható az önvezetéshez szükséges pontosság, a vizsgálat szempontjából elegendő. Az NMEA adatsorokat főleg tengeri eszközök kommunikációjánál használják, de minden olyan eszköz, ami valós idejű helymeghatározásra képes fogadni tudja ezeket az üzeneteket. Az adatsorok tartalmazzák a GNSS vevők által számított PVT megoldásokat (Position Velocity Time). Ezekből az adatokból tehát rekonstruálható a vevő mozgása.



17. ábra: NMEA adatok rögzítése mobiltelefon segítségével

7.2 KAMERA ELRENDEZÉSEK

A fejlesztett rendszereket tanulmányozva és lehetőségeimhez mérten arra jutottam, hogy két féle kamera elhelyezést próbálok ki. A mai modern autókban tipikus elrendezés, a belső tükör mögé épített kamera. Ezt szimulálva igyekeztem a lehető legjobb pozíciót megtalálni a szélvédő mögött (18. ábra). Az elhelyezés előnye, hogy a két közeli kamera képe nagy átfedésben van egymással, így egyaránt validálják egymást, valamint biztosítják a sztereo képek meglétét az ehhez szükséges feladatoknál. Hátránya viszont, hogy a szélvédő tisztasága befolyásolja működésüket, valamint az üveg torzítását is figyelembe kell vennünk. További hátrány lehet, hogy a nagy látószög ellenére az oldalirányú szakasz megfigyelése nem biztos, hogy lehetséges. Több szenzor esetén utóbbi nem feltétlenül akadály, az oldalirányba néző kamerák elláthatják ezt a feladatot.



18. ábra: Utastérben, szélvédő mögött elhelyezett kamerák

Egy másik, szintén a menetirányba néző kameraelrendezést is készítettem, ezúttal azonban az autón kívül. A rögzítési lehetőségek szűkossége miatt ezt egy másik autón kellett megtenni (19. ábra). Igaz az önvezető autókön a szélső tükrök funkciójukat veszítik, jelenleg jó lehetőséget biztosítottak a kamerák rögzítésére. Igaz az autó rezonanciáját nem tudtam kiküszöbölni, a rögzítés tökéletlenségéből adódó rezgést egy a szorító elem és a tükör között anyag darabbal igyekeztem minimalizálni.



19. ábra: Oldalsó visszapillantó tükrökön elhelyezett kamerák

Utóbbi elrendezéssel jobban beláthatók az oldalsó területek, de még mindig kellő átfedés érhető el a két kamerakép között. Ezen kívül a szélvédő torzításával sem kell foglalkoznunk, cserébe a kamera jobban ki van téve a környezeti hatásoknak. A két elrendezés elemzéséből kiderül, hogy a kamerák optimális pozícionálása mennyire fontos. (20. ábra).



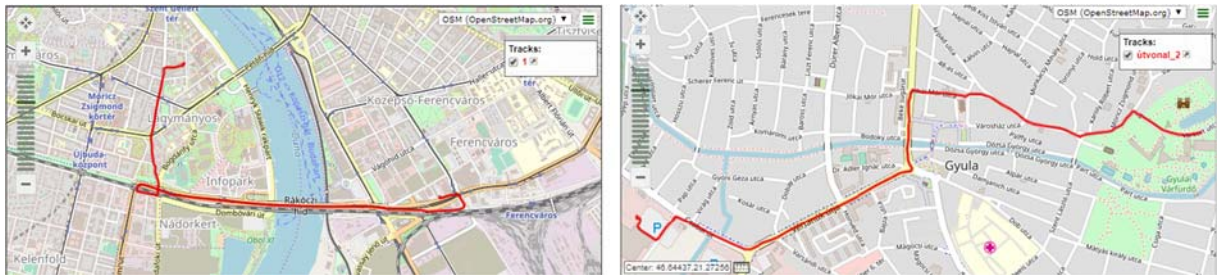
20. ábra: A szélső elhelyezésből adódóan a kamerák látómezője növelhető

7.3 ADATGYŰJTÉS HELYSZÍNEI

A kamerás mérések két helyszínen végeztem, Budapesten és Gyulán. A két helyszín kétféle környezetet reprezentál, ami szintén befolyásolhatja az adatgyűjtést. Budapesten a nagyvárosias környezetben a sűrű forgalom, és a megszámlálhatatlan parkoló autó rengeteg értékes információt kitakarhat. Ezzel szemben Gyula vidéki tempója nyugodtabb körülményeket biztosított a kevesebb közlekedő jármű miatt. Másik szempont a környezet felépítése. A nagyvárosokban több a kihelyezett jelzőtáblák száma, és esetleg olyanokkal is találkozunk, amikkel vidéken nem (pl. villamos). Továbbá az egyéb táblák is zavaró tényezők lehetnek a vizsgálat során. Egy másik különbség, ami a városfelépítésből általában adódhat, hogy mennyire láthatók a homlokzatok. A sűrű növényzet, mint az út melletti fasorok vagy sövények gyakrabban fordulnak elő a kisebb városokban, így ott a kitakarás miatt a homlokzatok megfigyelése akadályozott, míg például Budapest belvárosában ez nem jellemző.

7.4 FELDOLGOZÁS

Első lépésként a rögzített NMEA adatokból rekonstruáltam a bejárt útvonalakat. Ehhez egy webes felületet használtam, ami a feltöltött NMEA fájllokból térképre rajzolja a bejárt útvonalat (21. ábra). Ennek a helymeghatározásnak a pontossága méteres nagyságrendű, így lehetnek térképi elemekbe metsző részek. Az önvezetéshez ez a pontosság kevés ugyan, azonban ahhoz, hogy egy meglévő adatbázissal összevessük a terepen észlelt objektumokat elegendő lehet.



21. ábra: A bejárt útvonalak közül kettő példa, baloldalon Budapest, jobb oldalon Gyula

A Matlab szoftver számtalan kész megoldása jó lehetőséget biztosít az elkészített videók elemzésére. Bár a valós önvezető rendszerek nem ezt a megoldást alkalmazzák, a neurális hálózatokat is kezelni képes szoftverkörnyezet a minta adatok elemzésére megfelelő lehet. Az elkészített felvételeken lefuttattam egy jármű felismerő algoritmust, ami vélt találat esetén megjelöli a megtalált objektumot (22. ábra). A módszer nem tökéletes, de a téves találatok szűrésére több lehetőség is van (pl. csak egy érdeklődési területen belül engedünk keresni, vagy akár a találatokra rajzolt doboz mérete alapján szűrni). A módszer az autókön túl kiterjeszhető

egyéb útbútorokra is (pl. jelzőtáblák), amennyiben megfelelő minőségű és mennyiségű tanuló adat segítségével betanításra kerül egy másik hálózat.



22. ábra: Járműfelismerő algoritmus futtatása az egyik minta adaton

7.5 JÖVŐBELI TERVEK

A járművek felismerésén túl igyekszem megoldásokat keresni és tesztelni egyéb fontos infrastruktúra elemeken.

A felsorolt önvezető rendszer szenzorok közül még lehetőségem lesz egy profilszkennelvel történő kísérlet elvégzésére. A szenzor járműre illesztése azonban egy olyan feladat, amit eddig nem sikerült megoldani. Amennyiben ezt a problémát áthidaltuk, már lézerszkenneres mérési adat is rendelkezésemre fog állni. Ezzel az adattal például meg kívánom vizsgálni, hogy alkalmas-e a mért pontfelhő az út állapotának felmérésére. Ezen kívül az elérhető KITTI adatokkal is szeretnék foglalkozni, valamint igyekszem beszerezni a BME-n fejlesztett jármű adatait.

Ezen kívül a témát MSc diplomatervként kívánom folytatni olyan módon, hogy az eleve a környezet felmérésére kifejlesztett mobiltérképező rendszerek adataival összevetem az általam szimulált, vagy akár más elérhető önvezető jármű adatokat. Igyekszem megvizsgálni, hogy utóbbi például kiválthatja-e a dedikált rendszereket, vagy esetleg csak egy jó kiegészítésként szolgálhat. Ehhez például új kameraelrendezéseket is tervezek kipróbálni, amiből újféle adatot állíthatok elő (pl. panorámakép, pontfelhő).

8 ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban az önvezetés témakörével, annak formáival foglalkoztam. Megvizsgáltam milyen új technológiák fejlődésére volt szükség, hogy ezek a rendszerek ugrásszerű fejlődésnek induljanak. Sorra vettem a használt szenzorokat és számítógépes feldolgozási módszereket, valamint kitértem az új technológia veszélyeire is. A fő gondolatmenet az önvezető technológia által generált adatok másodlagos felhasználásának lehetősége volt, főleg építőmérnöki szempontból. Minta mérést végeztem, mellyel szimulálni kívántam a rendszer egyes elemeit, és ezeken próba feldolgozást hajtottam végre. Terveim között szerepel a téma bővebb kibontása, több szenzor használata, új elemzési formák kipróbálása, valamint az eredmények összehasonlítása a dedikáltan környezetet térképező mobil térképező rendszerekkel.

9 IRODALOMJEGYZÉK

<https://www.datacenterdynamics.com/analysis/the-playstation-supercomputer/>

<http://www.mkomo.com/cost-per-gigabyte-update>

https://index.hu/techtud/2018/08/22/intelligens_lampaoszlopokat_adtak_at_budapesten/

https://index.hu/tech/2018/07/13/repulo_autot_mutattak_be_kaliforniaban/

<http://www.origo.hu/auto/20160921-igy-mukodik-az-autok-halozata-a-v2v.html>

Járműfedélzeti szenzorok alkalmazása a helymeghatározásban – Ferenczi Andrea (2017 – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

https://index.hu/tech/2017/09/15/onvezeto_kamionokat_teszteltek_a_magyar_autopalyan/

<http://flottamagazin.hu/technika/eljenek-a-soforsegedek/>

<https://www.hwsz.hu/hirek/58575/facebook-scl-cambridge-analytica-pszichografikus-profilozas.html>

https://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9pi_1%C3%A1t%C3%A1s

https://www.theregister.co.uk/2017/06/20/tesla_death_crash_accident_report_ntsb/

https://www.youtube.com/watch?v=nkIGYcYEZA0&feature=share&fbclid=IwAR31YWUHGN0O1CwGAIZSzBkOvLO0PA1ud_uKPsuG6S8KJhFmJpTmHhkCZ8U

http://epa.oszk.hu/00700/00775/00001/1999_01_09.html

http://www.kozszemle.hu/index.php?o=emberi_tenyezo&cikk=45

<https://zalazone.hu/>

http://www.vezetesorome.com/hu_hu-products.parking-assistance.operation-2.html

<https://www.sensorsmag.com/components/lidar-vs-radar>

Önvezető autót támogató térkép készítése – Tar László (2018 – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

Az Ivánkay-kastély felmérésére lézerszkenneléssel – Tar László (Bsc diplomamunka 2017 – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

<https://waymo.com/>

<https://player.hu/tech-3/magyarok-fejlesztik-a-jovo-okosautoit/>

<https://alapijarat.hu/nagyvilag-bulvar/nagyvilag/2019-tol-kotelezo-lesz-hangot-kiadniuk-az-elektromos-autoknak>

<https://adatvedelmiszolgáltato.hu/gdpr-attekinto>

https://index.hu/tech/2018/04/12/teljesen_sarokba_szoritottak_zuckerberget_a_szenatorok/

<https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>

https://index.hu/tech/2018/03/22/kiadtak_a_gyalogost_halalra_gazolo_onvezeto_uber_felveteleit/

<http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/index.php>

<https://velodynelidar.com/downloads.html>

<http://gpstakarok2.wixsite.com/gpstakarok/nmea-s-gga>

http://www.gpsvisualizer.com/map_input?form=google

10 LINKGYŰJTEMÉNY A KÉPEKHEZ

1. ábra - <http://www.darkhorizons.com/cena-hart-wanted-for-knight-rider-reboot/>
2. ábra - <http://www.mkomo.com/cost-per-gigabyte-update>
3. ábra - <https://cleantechnica.com/2017/12/02/autonomous-driving-levels-0-5-implications/>
4. ábra - <https://www.businesstimes.com.sg/transport/scania-toyota-come-on-board-to-test-bed-truck-platooning-system>
5. ábra - <http://image-sensors-world.blogspot.com/2018/01/gm-self-driving-car-has-5-lidars-and-16.html>
6. ábra - <https://www.machinedesign.com/motion-control/saved-sensor-vehicle-awareness-self-driving-age>
7. ábra - GNSS elmélete és alkalmazása című tantárgy előadás dia - Dr Rózsa Szabolcs – BME
8. ábra - <https://www.autosportsensors.com/2011/01/racelogic-launch-ip66-sealed-vbox-inertial-measurement-unit/>
9. ábra - http://www.vezetesorome.com/hu_hu-products.parking-assistance.operation-2.html
10. ábra - <https://www.autonomousvehicletech.com/articles/494-continental-introduces-the-fifth-generation-of-its-short--and-long-range-radar-sensors>
11. ábra - <https://www.smallworldsocial.com/how-autonomous-cars-map-the-environment/>
12. ábra - <http://visionexperiments.blogspot.com/2010/06/story-of-lenna-famous-test-image.html>
13. ábra - <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>
14. ábra - <https://becominghuman.ai/deep-learning-made-easy-with-deep-cognition-403fbe445351>
15. ábra - https://www.theregister.co.uk/2017/06/20/tesla_death_crash_accident_report_ntsb/
16. ábra - <https://www.ft.com/content/2a8941a4-1625-11e8-9e9c-25c814761640>