



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Využití umělé inteligence pro autonomní řízení vozidel

Autor práce: Bc. Ondřej Tupý

Vedoucí práce: Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Bc. Ondřej Tupý

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá přínosem autonomního řízení pro rozvíjení dopravy. V práci jsou popsány a vysvětleny základní principy a myšlenky autonomního řízení jako jedné z řešení prostředí a zlepšení dopravních situací v České republice a i ve světě.

Klíčová slova: autonomní vozidla, sdílení automobilů, asistenti, automatizace, autonomní řízení

Abstract

The diploma thesis deals with the contribution of autonomous management to the development of transport. The work describes and explains the basic principles and ideas of autonomous management as one of the solutions to the environment and improve the traffic situation in the Czech Republic and in the world.

Keywords: autonomous vehicles, car sharing, assistants, automation, autonomous control

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Mgr. Zbyňku Havelkovi, Ph.D. za vedení, trpělivost a odborné rady při psaní diplomové práce.

Obsah

Úvod	6
1 Cíl a metodika	7
2 Autonomní řízení	8
2.1 Historie autonomního řízení	8
2.2 Dělení autonomního řízení	11
2.3 Pohled společnosti na autonomní řízení	12
2.3.1 Sdílení vozidel	13
3 Autonomní vozidla	15
3.1 Osobní vozidla	16
3.2 Nákladní vozidla	18
3.3 Zemědělská technika	21
4 Snímače	25
5 Problémy v rámci autonomního řízení	28
5.1 Legislativa	30
5.2 Isaac Asimov	31
5.2.1 Asimovovy zákony	32
6 Diskuse	35
Závěr	37
Seznam použitých zdrojů	38
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek	50

Úvod

V posledních letech dochází k rychlému pokroku ve vývoji a zavádění automatizace napříč celým spektrem průmyslového odvětví. Automatizace se tak nevyhýbá ani automobilovému průmyslu. Dochází k vývoji technologií pro automatizované řízení vozidel všech kategorií. V současnosti se lze již setkat s vozy s určitým stupněm automatizace, ale stále ještě se neblíží k poslednímu stupni automatizaci, ve kterém by bylo možné pohybovat se a řešit složité úlohy v provozu bez zásahu lidské obsluhy.

Autonomní řízení se postupně zavádí také do zemědělské techniky. Zde je nutno využívat speciálně vyvinutá softwarová řešení, která musí řešit specifické situace při pohybu techniky na poli.

Zavádění autonomního řízení vozidel není tak jednoduché jak se zdá. V mnoha státech se naráží na legislativní problémy a problémy s bezpečností provozu.

Při zavádění automatizace, robotizace potažmo umělé inteligence je nutné dbát také o různé zásady chování techniky. Jedny z nejznámějších jsou zákony robotiky, které ve své práci vyslovil Isaac Asimov. Základním prvkem těchto Asimovových zákonů je, že robot nesmí ublížit člověku. S tímto zákonem jdou ruku v ruce etické problémy, které nastávají v krizových situacích. Koho má technika v případě nutnosti připravit o život? Obsluhu nebo chodce? Starší osobu nebo mladší? I na tyto otázky je nutné nalézt odpověď.

1 Cíl a metodika

Cílem práce je rozpracovat problematiku autonomního řízení vozidel, ať již osobních, tak i nákladních, kdy je věnován prostor i automatizaci řízení zemědělské techniky, a vytvořit tak přehled o současném stavu tématu.

Práce je rešeršního typu, a tak k dosažení vytyčeného cíle bylo využito vědeckých databází typu Web of Science či Scopus, knih a dalších relevantních zdrojů. Pro přehlednost byla práce rozdělena do dílčích sekcí, které na sebe vzájemně navazují:

1. Autonomní řízení
2. Autonomní vozidla
3. Snímače
4. Legislativa

Každá z výše uvedených oblastí přispívá k lepšímu pochopení celé problematiky.

Dílčím cílem první oblasti je zasazení problematiky do historických souvislostí, dělení v rámci tématu a pohledu společnosti na zavádění této technologie do běžného života.

Druhá oblast si klade za cíl vytvořit přehled současného stavu a budoucího vývoje u konkrétních společností a představení konkrétních modelů a konceptů vozidel s autonomním řízením.

Dílčím cílem třetí oblasti je vytvoření stručného přehledu senzorů, které se využívají pro sběr dat během provozu autonomního vozidla. Jejich představení a vzájemné porovnání.

Poslední z oblastí má za úkol seznámit čtenáře s legislativními problémy zavádění automatizace do běžného provozu.

2 Autonomní řízení

Autonomizace řízení je jedna z inovací, která v blízké budoucnosti velmi ovlivní svět v oblasti automobilů. Lidé, řidiči se nebudou muset namáhat s řízením automobilu, které bude přenecháno stroji. Odpadne tak problém lidského faktoru. Řízení autonomního vozidla bude prováděno na základě dat z mnoha senzorů a čidel bez jakéhokoli zásahu obsluhy.

Kapitola si dává za cíl seznámit čtenáře s historií vývoje autonomního řízení, dělením autonomního řízení do jednotlivých sekcí dle stupně automatizace a krátkým přehledem současného pohledu společnosti na dané téma.

2.1 Historie autonomního řízení

V současné době se vývoji autonomního řízení hojně věnují přední světové technologické firmy (např. Tesla, VW, Google, Lexus aj.) a pro mnoho lidí tato technologie působí jako zcela nová, futuristická.

Historie autonomních vozidel se začíná psát již ve dvacátých letech minulého století. V tuto chvíli se nedalo ještě přímo mluvit o autonomních vozidlech, jako spíše o vozidlech na dálkové ovládání. Jeden z prvních vozů, který nepotřeboval obsluhu byl klasickým modelem od značky Pontiac 1935 (viz obrázek 2.1), který měl uvnitř sebe zakomponován dálkové ovládání. Vůz byl také někdy nazýván „Phantom Auto“. Takto inovovaný vůz vzbuzoval obrovskou pozornost, protože představoval technologickou budoucnost. Vznikaly protesty díky, kterým se o vozidlech více mluvilo. Z dostupných zdrojů bohužel nelze zjistit kolik takových vozů bylo vyrobeno (Lafrance, 2016).



Obrázek 2.1: Pontiac 1935 (Howstuffworks.com, 2002)

Vozidlo bylo možné pomocí patentovaného rádiového telegrafu ovládat až na vzdálenosti pěti mil (cca osmi kilometrů) buď z doprovodného vozidla, nebo z nízko letícího letadla. Zařízení rádiového telegrafu bylo přenosné a bylo možné jej tak nainstalovat do jakéhokoliv vozidla (Berk, 2017; Kröger, 2016).

Obrovský skok dopředu na poli autonomního řízení má na svědomí určité model vozidla Firebird III od světoznámé automobilky General Motors (GM), který spatřil světlo světa roku 1958 (viz obrázek 2.2). O velmi netradiční vzhled karoserie tohoto vozidla se postarala technologie využívající skelných vláken, kde si mnoho prvků vypůjčil z letadlového průmyslu. Jednou z inovací, která nebyla obvyklá tehdy a není ani dnes byla jeho pohonná jednotka, kterou tvořila plynová turbína. Firebird III měl v sobě ty nejmodernější technologie – tempomat, systém proti zablokování kol (ABS) či dokonce klimatizaci. Vozidlo disponovalo speciálním řešením brzd – vzduchové brzdy, které se pro zpomalení z vysoké rychlosti vyklápěly z karoserie, pro zpomalení z vysoké rychlosti, které vozidlo dosahovalo. Nejvíce zajímavý byl, ale díky svému autonomnímu řízení, které mělo za úkol zabránit nehodě – lze to přirovnat k dnešním asistentům. Ojedinělý byl především již zmíněným řízením, kde obsluha vůbec nepoužívala volant vozidla. Řízení vozidla bylo řešeno za pomoci joysticku umístěného mezi sedadly, což přidalo pocit budoucnosti a zajímavosti. Umístění joysticku mělo také simulovat zážitek z letadla. V praktickém použití to bylo tak, že byl plyn, brzdy i zatáčení řešeny nepřímými elektrickými motory. V této době však ještě neexistovaly technologie, které by zvládli plně autonomní řízení, kdyby totiž ano, tak Firebird by byl vhodným kandidátem (Kaltenhaeuser et al., 2020; Lafrance, 2016; Mahmud a Shanker, 2006).



Obrázek 2.2: GM-Firebird-III (Macmotorcitygarage.com, 2018)

Nápad na zmenšování podílu lidského prvku při obsluze vozidla automobilky zkoumají a vymýšlí již řadu let. Jedním z prvních velkolepých pokusů byl projekt německé firmy Robert Bosch, spol. s r. o., kdy ke konci minulého století, konkrétně roku 1993 představila vozidlo Mercedes-Benz 410, která byla koncepcí dodávkového automobilu (viz obrázek 2.3). Vozidlo disponovalo automatickou převodovkou spolu s elektronickou akcelerací, brzdou a ovládáním řízení.



Obrázek 2.3: MB-Bosch 410 (Glon, 2018)

Mercedes měl svůj testovací okruh, který byl soukromý a nacházel se nedaleko města Hildesheim v Německu. Vozidlo dokázalo dosáhnout maximální rychlosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, dokonce si zvládlo vyhledat nejvhodnější trasu do zadaného cíle a samo tam dojet. Svě okolí a situaci na vozovce hlídalo pomocí kamer, kdy záběry zpracovával počítač, který byl umístěn v nákladním prostoru. Na základě vyhodnocených dat bylo určeno jak se vozidlo bude chovat (akcelerace, změna směru atp.). Pro navigaci byly využívány dokonce i digitální mapy, díky kterým byla určována orientace vozidla.

Projekt byl pečlivě zdokumentován za pomoci kamer ve vozidle. Vozidlo se orientovalo v jízdním pruhu a vědělo, kam může a kam ne, stejně tak jako to zvládají současná vozidla akorát s pomocí asistenta. Na rychlostní silnici se samo zvládalo připojit do přípojovacího jízdního pruhu, přejet z jednoho jízdního pruhu do druhého nebo dokonce opustit dálnici odbočovacím pruhem. Svou pozici na digitální mapě si vozidlo zvládlo vypočítat ze své rychlosti a poloměrů zatáček, různé odchylky se poté zjišťovaly pomocí kamer. Na podzim roku 1994 při finálním testování zvládalo samo jízdu na dálnici v klasickém provozu, kde překonalo svou maximální rychlost z minulého testu a jelo až $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Změna jízdního pruhu byla jistější a také nebyla problémem stejně jako předjíždění (po schválení obsluhou). Proč zrovna dodávka? Z důvodu velikosti nákladního prostoru. Musela totiž vést, na tuto dobu zvláštní, obrovský super počítač, který musel zvládat spoustu výpočetních operací. Nákladový prostor dodávky byl zcela vyplněn různým příslušenstvím, v podobě potřebné elektroniky a zdrojů elektrické energie (Dang et al., 2015; Özgüner et al., 2011).

Inovativní projekt Eureka PROMETHEUS (PROgramme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety) byl pravděpodobně největší výzkumný a vývojový projekt autonomních vozidel. Na projektu spolupracovalo velké množství univerzit a výrobců automobilů. Projekt byl financován členskými státy organizace Eureka, kteří do něj vložily 749 milionu eur. Projekt byl započat 1. října 1986 a ukončen byl v roce 1994 (Matthews et al., 1998).

Výzkum byl rozdělen do dvou hlavních oblastí, a to na průmyslový a základní výzkum, které obsahovaly dílčí projekty. Viz následující přehled projektů.

Průmyslový výzkum

- PRO-CAR: asistence řízení pomocí počítačových systémů;
- PRO-NET: komunikace mezi vozidly;
- PRO-ROAD: komunikace mezi vozidlem a prostředím.

Základní výzkum

- PRO-ART: umělá inteligence;
- PRO-CHIP: hardware pro inteligentní zpracování ve vozidlech;
- PRO-COM: metody a standardy pro komunikaci;
- PRO-GEN: dopravní scénář pro hodnocení a zavedení nových systémů.

V roce 1994 se výzkumníci konkrétně zabývali například udržováním a jízdou vozu v jízd-
ním pruhu nebo vyhýbáním se kolizí, adaptivním tempomatem či dokonce automatickým
tísňovým voláním. Přišli, tak na velmi mnoho inovativních nápadů, které se dnes dají
využívat v současných moderních vozech. Klíčovou vlastností v projektech byla určitě
komunikace. Jelikož v roce 1994 bohužel nebyla možnost využívat družice a systém GPS
v běžném životě. Tento problém se snažily řešit podprojekty, které musely vytvořit komu-
nikaci mezi vozy a udělit jim možnost orientovat se v prostoru a vyhýbat se překážkám
(Dickmanns, 2002; Xie et al., 1993).

Obrovský milník pro autonomní řízení byl dosažen v roce 1995, kdy autonomní
Mercedes-Benz S-Class zvládl ujet v běžném provozu 1 600 kilometrů dlouhou trasu
z bavorského Mnichova až do dánské Kodaně a zpět. Systémy, které řídili vozidlo měli
k dispozici funkci počítačového vidění a vozidlo dokonce dosáhlo na německé dálnici ma-
ximální rychlosti $170 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Tento milník ukázal obrovské zrychlení vývoje v oblasti
výkonu počítačů i samotných technologií pro autonomní řízení. Zatímco dodávka od firmy
firmy Robert Bosch, spol. s r.o. vezla na dnešní poměry obrovský super počítač v nákla-
dovém prostoru, tak technologické zázemí Mercedesu už se již vešlo do malého prostoru
osobního vozidla. Mercedes-Benz s jeho Třídou S představoval obrovský pokrok směrem
ke zmenšování a následné sériové výrobě různých druhů asistentů, které z tohoto projektu
vzešly. Ačkoli se tedy na základě informací může zdát, že technologie autonomních vozidel
a řízení je záležitostí jen 21. století, pravda je taková, že první pokusy byly již minimálně
před 25 lety (Dang et al., 2015).

2.2 Dělení autonomního řízení

V roce 2014 vydala Společnost Automobilových Inženýrů (SAE) standard J3016 „Levels
of Automated Driving“ (SAE, 2014). Dle tohoto mezinárodně uznávaného standardu je
úroveň automatizace řízení dělena do stupnice od nuly do pěti. Stupnice jasně definuje do
jaké míry je vozidlo schopno samostatné jízdy.

0. stupeň – Nulová automatizace Řidič má za všech okolností nad automobilem plnou kontrolu. Vše ovládá sám. Vozidlo maximálně vydává výstražné signály nebo řidiči poskytuje okamžitou pomoc (automatické nouzové brzdění, kontrola mrtvého bodu, upozornění při opuštění jízdního pruhu). V tomto stupni se nachází většina současných vozidel.

1. stupeň – Podpora řízení Automatické systémy vozidla v konkrétních případech přebírají řízení, ale ne zcela. Příkladem je adaptivní tempomat, který ovládá zrychlování a brzdění vozidla, asistent udržování v jízdním pruhu aj. Tyto funkce ale nelze kombinovat.

2. stupeň – Částečná automatizace Vozidlo má komplexnější znalosti svého okolí a může tak plnit složitější funkce, jako je udržování v jízdním pruhu současně s adaptivním tempomatem.

3. stupeň – Podmíněná automatizace V tomto stupni se může řidič za určitých okolností přestat věnovat řízení. Příkladem je asistent při jízdě v dopravní zácpě, kdy se systém stará o zrychlování, brzdění a zatáčení. Vozidlo ale současně musí monitorovat řidiče, aby byl schopen kdykoli převzít řízení zpět, případně samo bezpečně zastavit.

4. stupeň – Vysoká automatizace Vozidlo je schopno samo plně převzít kontrolu nad řízením. Pouze ve specifických situacích (silné sněžení) může požadovat převzetí kontroly nad vozidlem řidičem. Vozidla v tomto stupni je možné využívat jako lokální taxi.

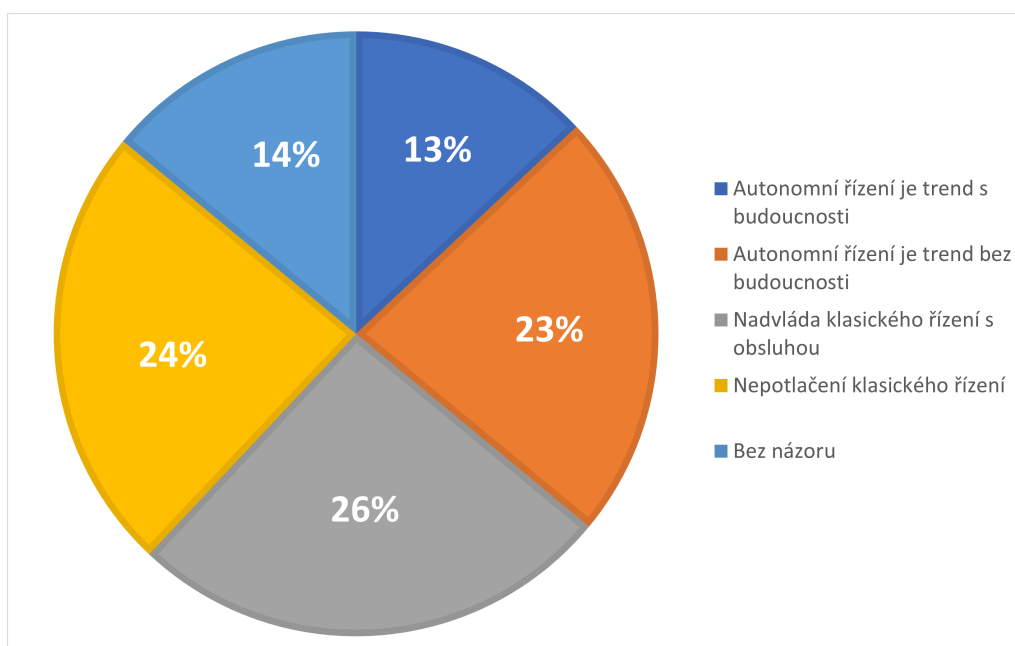
5. stupeň – Plná automatizace Zcela autonomní vozidlo provádí veškeré úkony spojené s obsluhou vozu za jakýchkoli podmínek. Obsluha jen nastoupí zvolí si cíl jízdy a nemusí se o nic starat.

2.3 Pohled společnosti na autonomní řízení

K uspokojení budoucích potřeb spotřebitelů v rámci mobility je určitě nejdůležitějším prvkem v automobilovém průmyslu autonomní řízení. Potřeby, které spotřebitelé požadují po autonomních vozidlech, jsou velmi důležité pro začlenění a přijetí autonomních vozů.

V Německu proběhl sběr dat od subjektů. Při sběru dat byla použita metoda „Analýzy prostředků“ a soustředila se na základní vnímání autonomního řízení (pátý stupeň automatizace), kdy výsledky poukazují na celkem tři velmi důležité motivy: bezpečnost, odpovědnost a seberealizace, která úzce souvisí s možností využívání občasného řízení, zlepšování kvality života a možnost sociálních kontaktů. Je zde ovšem také zastoupen strach z malé bezpečnosti v důsledku zcela autonomní jízdy, také je poukazováno na ztracení požitku z jízdy. Ochrana životního prostředí nebo etické aspekty subjektů upozadovaly a tolik je nezajímaly – přidělily jim druhořadý význam. Získané informace slouží k lepšímu pochopení mentality spotřebitelů a tak i snadnějšímu proniknutí autonomních vozidel na trh. Je potřeba si uvědomit, že autonomní i neautonomní vozidlo je možné zneužít tak, aby bylo velmi nebezpečné. V případě, že zabezpečení nebude dokonalé bude umožněn vzdálený chráněný přístup k vozidlu (Rashidi et al., 2020).

V rámci dalšího průzkumu, tentokrát pojišťovací společnosti z roku 2014 bylo zjištěno, že pouhých 8 % subjektů se autonomních vozidel nebojí, za to 60 % subjektů má velké starosti o spolehlivost a také bezpečnost autonomních vozidel (viz obrázek 2.4). Oslovené subjekty srovnávají autonomní vozidla s počítači a bojí se o „zamrznutí“ či dokonce spadnutí ovládacího softwaru, a proto by prý většina dotázaných raději zvolila vozidlo takové, nad kterým mohou plně převzít kontrolu. Dalších 56 % dotázaných uvedlo úplné zavrnutí koupě autonomního vozidla, z důvodu strachu o bezpečnost a jeho nepředvídatelnost. Ovšem část z nich podotkla, že pokud uvidí fakta jako jsou nezávislé testy o bezpečnosti a spolehlivosti autonomních vozidel, tak by popřemýšleli nad možností koupě (Hewitt et al., 2019; Merfeld et al., 2019; Thomas et al., 2020).



Obrázek 2.4: Pohled společnosti na autonomní řízení (Focus, 2016)

Část populace už je v současnosti připravena na koupi autonomního vozidla a mají různé plány, které by mohli uskutečnit v případě, že by se nemuseli věnovat řízení, např. vyřizování telefonických hovorů a zpráv, hraní her nebo sledování filmů. Je pozitivní, že rok od roku se zvedá informovanost a přehodnocení faktů vedoucích ke koupi autonomního vozidla. Například podle Americké Automobilové Asociace (AAA) se zvedla důvěra v autonomní vozidla o 2 %, oproti minulému roku. Tento výzkum je prováděn každý rok (ČTK, 2020; Dittrich, 2019).

2.3.1 Sdílení vozidel

Osobní automobil je již dlouhou dobu brán jako standardní způsob dopravy z bodu A do bodu B. Role vlastnictví osobního automobilu jako symbolu pomalu ustupuje. Osobní automobil se stává pouze předmětem užitku a je brán jako prostředek soběstačnosti a dobrý pomocník.

William Mitchell, Chris Borroni-Bird a Larry Burns ve své knize *Reinventing the Automobile* (Mitchell et al., 2019) odhalují fascinující vizi sdílených automobilů na objednání například přes aplikaci v telefonu nebo webové stránky společnosti, která sdílení

automobilů provozuje. Sdílené automobily na vyžádání jsou dnes jedním z nejrychleji rostoucí možností dopravy po městě, přesto je většinou sdílené vozidlo často stejně neúčinné jako soukromé. Otázka sdílení versus vlastnictví méně závisí na plánování, technologiích a provozu, jak podotýkají autoři knihy, a více na kontextových faktorech, jako je městská forma, distribuce využití a uživatelské chování (Papanikolaou, 2019).

Sdílení vozidel nabízí flexibilní možnost k uspokojení rozličných dopravních potřeb po celém světě a snižuje tak negativní dopad na vlastnictví soukromých osobních automobilů a v případě sdílení plně autonomních vozidel bude tento dopad ještě nižší.

I přesto, že se sdílení vozidel v Evropě představilo již v 40–80 letech dvacátého století tak do širšího povědomí veřejnosti se dostalo až začátkem devadesátých let. A rok od roku se zvedá poptávka a popularita této služby. V současné době se můžeme se sdílením vozidel potkat již v 600 městech na celém světě celkem v 18 zemích na 4 kontinentech. Což znamená, že 348 000 lidí sdílí téměř 11 700 vozidel v rámci celosvětově organizovaných služeb, kdy se postupně do pilotních projektů přidávají další a další země. V roce 2007 to třeba byla Malajsie a od té doby se snaží přidat dalších 8 zemí.

Díky mezinárodnímu průzkumu bylo zjištěno uspořené nákladů, zaručené parkování ve velkých aglomeracích. Nabízí se i možnost v budoucnosti zrušení parkovišť a místo nich například vystavět městské parky, aby ve městech nebylo takové horko z rozpálených asfaltových ploch. Tyto výhody jsou motivací pro ještě větší rozšiřování sdílených vozidel. Budoucností carsharingu je další růst mezi novými subjekty, jako jsou výrobní podniky nebo univerzity. Kromě toho se snižují pro uživatele této služby náklady za parkování, jak z pohledu financí, tak časové náročnosti. Předpokládá se, že v rozvojových zemích se zvýší expanze a poptávka po této službě (Levinger et al., 2020; Shaheen a Cohen, 2007; Su et al., 2020).

3 Autonomní vozidla

Autonomní nebo také samořídící či samojízdné vozidlo je takové vozidlo, které nepotřebuje k výkonu své práce žádný zásah ze strany obsluhy. Je odkázáno na sběr dat snímači a na asistenty a umělou inteligenci, díky kterým se orientuje v okolí a reaguje na něj. Jedna z největších osobností tohoto odvětví v současných letech je bezpochyby Elon Musk v čele s jeho vizionářskou společností Tesla. Avšak je zde potřeba zmínit i firmu Google, která je v tomto odvětví také obrovským hráčem. Dopravní špičky, katastrofální dopravní nehody jsou určitě obrovský celosvětový problém, který je potřeba řešit. K zlepšení těchto problémů by mělo pomoci větší rozšíření autonomních vozidel (Amichai-Hamburger et al., 2020).

Nelze popřít, a společnost si to uvědomuje, že vozidla s nejvyšším stupněm automatizace (bez potřeby zásahu řidiče) jsou budoucností. S intenzivním výzkumem a zlepšováním těchto technologií by dokázalo velmi málo lidí zpochybňovat pravdu a filosofii ve snížení počtu nehod a celkové problémy, se kterými se potýkáme v dopravě. Odhady naznačují, že počet úmrtí v důsledku dopravních nehod by mohl klesnout o 90 % do roku 2050 a to hlavně zásluhou autonomních vozidel (Amichai-Hamburger et al., 2020).

Snižování počtu dopravních nehod je jen jedna z mnoha kladných vlastností pro vozidla bez nutnosti obsluhy. Druhů vozidel je velké množství a staly se obrovskou součástí každodenního lidského života. Lidé jsou mnohdy za volantem jako řidiči agresivní a rozlobení a možná se díky autonomním vozidlům nebudou tolik stresovat. V průmyslu tykajícího se vozidel bude autonomie určitě obrovská změna, a tak je možné, že pokud dojde k úplnému přijetí plně automatizovaných vozidel, velmi malé procento populace bude vlastnit vozidlo, a to z důvodů jeho finanční nákladnosti a celkové údržby. Plně autonomní vozidla bez nutnosti obsluhy tak přinesou levnou a velmi pohodlnou možnost přepravy nebo sdílení vozidla. Včetně kombinace s elektrickým, nebo alespoň hybridním pohonem na obnovitelnou energii by tak téměř nic nepotřeboval. Po přivolání a jeho následném příjezdu by Vás díky svému softwaru a umělé inteligenci zavezl do cíle nejrychlejší možnou trasou, a tak by poté nebylo třeba vlastnit své vozidlo. S největší pravděpodobností budou mít autonomní vozidla kladný vliv na snížení škodlivých emisí alespoň o několik procent, protože tato vozidla lze softwarově upravit k maximálnímu snažení se o ekologickou pomoc naší planetě. To je skvělá zpráva pro budoucnost populace a snížení emisí skleníkových plynů, což bude mít za minimální poškození naší planety. Také různé přepravní služby budou nejspíše vlastnit obrovské vozové parky plné autonomních vozidel bez nákladů na obsluhu, což by vedlo k obrovské úspoře nákladů takového autonomního vozového parku (Asgari a Jin, 2019; Booth et al., 2019; Gurumurthy et al., 2019; Han et al., 2019; Keszey, 2020; Novak, 2020).

Autonomní vozidla by mohla mít obrovský užitek ve městech, které jsou dnes přeplněny vozidly. Vozovky uvnitř měst jsou čím dál tím méně bezpečné. S větším rozšířením plně

autonomních vozidel by mohlo dojít k celkovému zvýšení bezpečnosti provozu, kdy vozidla bez obsluhy by byla daleko preciznější a díky tomu by mohly být konstruovány užší vozovky, což by se mohlo využít pro zvětšení prostoru pro cyklisty a chodce. Snížení počtu vozidel ve městě povede ke snížení dopravních omezení způsobených hustotou provozu a díky tomu snížení emisí. Řízení křižovatek bude jednodušší z důvodu umělé inteligence a okamžitého vyhodnocování dopravních situací (Gurumurthy et al., 2019; Han et al., 2019; Keszey, 2020; Novak, 2020).

Vývoj v oblasti dopravy u autonomních vozidel, jejich konektivita, elektromobilita a sdílení vozidel již v automobilovém směru vedou k zásadnímu přehodnocení těchto technologií. Sestavení těchto inovací v rámci dopravy pozitivně ovlivní vliv na životní prostředí a v příštích desetiletích může zlepšit kvalitu života velké části populace. Autonomní vozidlo již není futuristickým výstřelkem z budoucnosti. Existuje a může úspěšně fungovat v různých dopravních situacích. Autonomní vozidla se stále více a více zlepšují s technologickým vývojem, avšak legislativa a životní prostředí jsou také dost důležitým omezením. Ve vývoji jsou sice nejprve brány v úvahu hlavní dopady na životní prostředí, v podobě nižších emisí skleníkových plynů a oxidu uhličitého, a až později legislativní rámec, který může otevřít dveře vozidlům s autonomní technologií (Schoonmaker, 2016; Smith, 2018; Zoldy, 2019).

Autonomní vozidla by mohla být uživatelsky přívětivější pro osoby s handicapem, protože současná vozidla nejsou přizpůsobená handicapovaným osobám, nebo seniorům, kteří by také mohli mít zvýšené potíže s jízdou. Služby transitů na přepravu handicapovaných osob či seniorů a vozidla s Braillovými tlačítky budou běžná a nebude třeba domlouvání složitých transportů, kterých ani dnes není dostatečné množství pro uspokojení potřeb trhu. Inteligentní autonomní vozidlo bez obsluhy bude vědět, jak najít nejnadhnější místo a cestu pro cestující, z něhož mohou bez bariér nastupovat nebo vystupovat, což jim velmi usnadní život. Skutečnost, že existují osobní vozidla bez obsluhy, znamená, že dodávky, nákladní automobily, zemědělská technika a autobusy by mohly být také bez obsluhy. Lze využít autonomní vozidla jako své kanceláře nebo obchody. Může tak vzniknout velmi úspěšný obchodní model, kde si klienti například objednájí službu autonomní kanceláře. Tento nápad je ideální pro mnoho podniků. Vozidlo bez obsluhy by zaparkovalo před domem zákazníka třeba o hodinu dříve a poté by se přesunulo k dalšímu zákazníkovi. To by zcela změnilo způsob a styl podnikání. Potřeba krátkého dojíždění za prací je jedním z hlavních důvodů, proč lidé žijí v dosahu měst (Gurumurthy et al., 2019; Han et al., 2019; Keszey, 2020; Novak, 2020).

3.1 Osobní vozidla

Současnost a blízká budoucnost se převážně soustředí na vývoj autonomního osobního vozidla, které snímá své okolí a bezpečně jezdí s minimálním nebo žádným zásahem obsluhy. Je zde i potřeba řešení dodávek, které by mohly nahradit mikrovozidla, která jsou plně automatizována – ta by mohla být finančně velmi dostupná již v blízké budoucnosti. Momentálně je k městské logistice využíváno 39 typů plně automatizovaných mikrovozidel, které zjišťují co vylepšit či pozměnit. Využívají se na kurýrní služby a dodávají potraviny. Mají základní rozlišení, dle kterého se dělí na silniční a nesilniční. Momentálně se zjišťuje, jak moc jsou samostatné bez obsluhy pomocí testovacího provozu (Baum et al., 2019).

Volkswagen

Autonomní řízení je úžasnou technologií, která je velmi důležitá pro většinu automobilek na světě. A většina z nich začala spolupracovat se startupy z důvodu, že vlastní vývoj autonomního řízení je velmi nákladný. Toto právě VW group neudělala a rozhodla o vyvinutí svého řízení interně, kdy pod VW group patří firma Alphabet Inc. se svým autonomním řízením Waymo. Díky tomu, tak mají plnou kontrolu nad vývojem. Ovšem dále také mohou své autonomní řízení nabízet ostatním. Tuto svou vlastní technologii pouze zatím zkouší u svých osobních autonomních vozidel, které se od dubna roku 2020 projíždí ulicemi německého Hamburгу o celkovém počtu pěti elektrických Volkswagenů e-Golf s autonomním řízením Waymo. Každý e-Golf je vybaven velkým množstvím snímačů a kamer (7 radarů, 11 laserů, 14 kamer a 14 ultrasonických senzorů), kdy toto vše vyhodnotí 5 Gigabytů dat každou minutu. K přečtení záznamů je zapotřebí speciální počítač o výkonu 15 běžných počítačů (Hyatt, 2021; Mára, 2019).

Volkswagen testuje své e-Golfy v různých úrovních. Úroveň testů a úprav trvala vždy zhruba týden, kdy po tuto dobu musela vozidla projíždět testovací úsek o délce 3 kilometrů, kde se synchronizovali veškeré snímače. Technici však do vozidel musí nahrát různé dopravní scénáře se kterými by se mohlo vozidlo potencionálně na vozovce potkat. E-Golfy dokážou předvídat dopravní situaci až 10 sekund dopředu. V současné době žádná automobilka nedisponuje 4. a 5. stupněm autonomního vozidla. Volkswagen investuje obrovské částky do autonomního řízení a elektromobility. Chtěli by plně autonomní systém pro osobní vozidla nabídnout do roku 2025. Ačkoli je zajímavé, že u osobních vozidel chce VW group své technologie, tak u užitkových vozidel spolupracuje s firmou ARGO AI, což je americký startup zaměřující se na autonomní řízení, do kterého VW group zainvestovala 2,6 miliardy amerických dolarů (Hyatt, 2021; Mára, 2019).

Apple Car

Již od roku 2014 se společnost Apple snaží pracovat na projektu s názvem „Project Titan“, kdy více než 1 000 zaměstnanců pracuje na vývoji elektrického autonomního vozidla na tajném místě poblíž Apple sídla Cupertino. V průběhu posledních pár let ovlivnily projekt interní spory a problémy s vedením. V roce 2016 bylo dokonce navrženo, aby Apple odložil plány na své vozidlo, ale Apple překonal všechny překážky s vývojem a stále plánuje vyvinout své vozidlo cílené na potřeby zákazníka. Projekt Apple Car již několikrát pozměnil vedení a během vývoje byli propuštěny stovky zaměstnanců. Ovšem v roce 2018 přetáhl inženýra z firmy Tesla Douga Fielda a to vedlo ke spekulacím, že se Apple snaží znovu posunout v možnostech vývoje svého osobního autonomního vozidla. V prosinci 2020 se veřejnost dozvěděla, že Apple stále pokračuje na pracích na jeho plnohodnotném autonomním vozidle a plánuje, že vozidlo představí v roce 2024. Společnost se na výrobě vozidla podílí s výrobním partnerem ve vývoji na technologiích baterií nové úrovně pro zvýšení jízdního dosahu a efektivity. Bude schopen nabídnout „lepší integraci hardwaru, softwaru a služeb“ v porovnání se současnými konkurenty na automobilovém trhu s čipy vyvinutými přímo společností Apple. Věří, že vozidlo se stihne představit do roku 2025 (Nellis et al., 2020; Yang et al., 2019).

Apple se snaží nikdy nesdílet podrobnosti o tom, na čem momentálně pracuje, ale pokud se jedná o software pro autonomní vozidla, je díky předpisům těžší mlčet. Od začátku roku 2017 se snaží testovat společnost Apple na veřejných komunikacích v Kalifornii

autonomní osobní vozidla s využitím několika vozů SUV Lexus RX450h pronajatých od společnosti Hertz. Zatím není znám vzhled Apple car, ale měl by být futuristický a nadčasový. Apple testuje na vozidlech jiných značek své autonomní řízení, na které ani nevyvinul své snímače a kamery. Z tohoto důvodu bude výroba těžká a to hlavně vlivem závislosti na komponentech třetích stran. Apple se snaží v Silicon Valley vytvořit svou kyvadlovou autonomní dopravu za pomoci dodávek VW Transporter 6.1. Tato doprava by měla primárně sloužit pro zaměstnance firmy (Staff, 2020).

3.2 Nákladní vozidla

Při praktickém porovnání technologie autonomního řízení u osobních vozidel a nákladních, tak mezi nimi není v podstatě žádný velký rozdíl. Nákladní vozidla mají vysoké pořizovací náklady a díky tomu není položka za snímače a řídicí jednotky tak velká. Výhodou je i to, že nákladní vozidla si na sebe dokáží vydělat a náklady, které byly vyloženy ke koupi, se dokážou vracet zpět. Doprava nákladních dopravních vozidel je nejvíce využívána na začátku a konci dopravního řetězce logistiky. Evropská politika v oblasti ekologie a dopravy chce prosadit přesun ze silnice na jiné druhy dopravy. Momentálně je velkým tématem způsob zvaný „Track platooning“. Jedná se o inovaci, kdy konvoj nákladních vozidel následuje první vozidlo, které určuje trasu a rychlost. Tento projekt je pod hlavičkou organizace „European truck platooning challenge“, která uskutečnila první testovací jízdu takového konvoje, kterého se účastnilo celkem 6 nákladních vozidel (platoonů). Experiment se uskutečnil začátkem dubna roku 2016 v blízkosti Rotterdamu v Holandsku. Vozidlo, které jede v čele a určuje veškeré potřebné informace pro další vozidla v konvoji může mít jak lidskou obsluhu, tak i autonomní řízení, nebo může být dálkově řízeno z operačního centra, které by nad konvojem mělo dozor a mohlo tak zasáhnout do řízení. Následně by bylo nutné vybudovat kvalitní přenosový tok, při kterém by neměla nastat ztráta spojení. Lze to považovat za mezistupeň mezi plnou automatizací a současnou potřebou lidské obsluhy. Velkým bonusem platooningu je částečná legislativa pro jeho potřeby, pozvolný pokrok směrem k plné automatizaci, ale největším kladem je ekologie. Dochází ke snížení spotřeby paliva, které jde ruku v ruce s nižšími emisemi, a to také vlivem jízdy za sebou, při které nedochází k velkému snížení odporu vzduchu. Ovšem je třeba si uvědomit, že nakládku a vykládku bude potřeba provést pracovníkem, který by mohl být třeba externí (Abbott et al., 2017; ACEA, 2017; ALEC, 2017; BusPress.eu, 2016; Engström, 2016).

TEN-T

TEN-T je transevropská dopravní síť financovaná Evropskou unií, která se netýká pouze silniční dopravy, ale zahrnuje i letadlovou, železniční a lodní dopravu. Jedná se o jeden z prvních projektů, který se zabývá přímými a nepřímými účinky na hospodářském růstu nově vystavených hlavních koridorových vozovek TEN-T nacházejících se na východě Evropy. Je zde brán zřetel i na růst hrubého domácího produktu v konkrétním regionu. TEN-T přináší pozitivní účinky v daném regionu, hlavně pokud mají regiony přímý přístup na síť koridorů. Z daných, již vybudovaných případů můžeme vidět, že projekt TEN-T má za cíl zmírnění slabých míst uvnitř dopravní infrastruktury a ulehčit jim. Díky tomu pak může být snazší spolupráce mezi regiony (Goldmann a Wessel, 2020; Miltiadou et al., 2014).

V projektu je nejdůležitějším bodem analýza a ukázka faktorů, které mají vliv na účinnost a efektivitu. Dále fungování a rozvoj dopravních a logistických systémů ve státech, které jsou součástí Evropské unie. Jedná se o velmi důležitou a klíčovou infrastrukturu v rámci dopravy, která bude mít v budoucnu velkou roli v dopravě a logistice v rámci Evropské unie (Grzelakowski, 2018).

Hlavní dopravní sítě v projektu TEN-T se nazývají (CNC). Je zde začleněno velké množství států, které pro zakomponování (CNC) sepsali body pro jejich správu, které se dají nalézt v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1315/2013. Rozhodně je zde důležitá součinnost a kooperace všech účastníků. Dále je zapotřebí zapojení soukromých subjektů v dopravní oblasti a regionálních a místních stran, které nejsou v bezprostřední blízkosti daného koridoru. Tyto všechny oblasti by se mohli řešit v doplňkovém řízení. Na výstavbě (CNC) se v současnosti intenzivně pracuje (Oberg et al., 2018).

SAFE-10-T

SAFE-10-T je součástí projektu TEN-T, který je taktéž financovaný Evropskou unií, a čerpá inspiraci z projektu Horizont 2020 obsahující výzkum a inovace. Tvoří základní nástroj pro vývoj globálního rámce rizik v TEN-T síti. Cílí na železniční, silniční a také vnitrozemskou lodní dopravu, kdy zvažuje jejich možnosti a infrastrukturu, aby nenadešlo k narušení dopravy. Zákazníci využívající projektu SAFE-10-T jsou vládní orgány a majitelé infrastruktury. Ti budou moci čerpat cenné informace pro zvolení vhodné dopravní strategie, jako je vhodná trasa z pohledu překážek, které by se na ní mohly objevit. Vývoj projektu započal v květnu roku 2017 a od tohoto data poskytuje přehled v dopravě (Clarke et al., 2018).

Ekologie a řešení

Německo chce pomocí svého akčního plánu dosáhnout neutrality skleníkových plynů do roku 2050 a jsou tak jedním z prvních průkopníků tohoto odvětví. Jsou si vědomi jejich velkého příspěvku emisí do ovzduší a i tím, že jsou největším znečišťovatelem. V roce 2019 začátkem ledna začalo měření emisí, ze kterého se zjistilo, že 99,7 % nákladních vozidel, která jsou registrovaná v Německu, jsou na naftu. Oproti tomu osobní vozidla na alternativní paliva jsou na vzestupu. Ovšem emise vznikající spalováním fosilních paliv nejsou jediným problémem, se kterým se v rámci dopravy setkávají. Je jím i nedostatek kvalitní obsluhy nákladních vozidel, proto vyvstává otázka nad využíváním autonomních nákladních vozidel s alternativním pohonem. Jedním z nejdůležitějších faktorů v rámci alternativního využití u nákladních vozidel je maximální jízdní dosah. Dokonce i majitelé spedičních společností jsou velmi nakloněni přechodu z klasických spalovacích vozidel na emisně méně náročné alternativní a autonomní nákladní vozidla. V tomto případě je velmi důležitá kooperace uživatelů a výrobců nákladních vozidel a také politiky, aby se co nejrychleji dokázalo přejít na autonomní a alternativní nákladní vozidla (Anderhofstadt a Spinler, 2020; Hoppe a Trachsel, 2018).

Embark Trucks

Cílem společnosti Embark Trucks se sídlem v americkém San Francisku je automatizovat dálniční cesty nákladních vozidel. Společnost byla založena v roce 2016 a je prozatím

určena k řízení z pohledu technologií na jednodušších víceproudových silnicích zvaných rychlostní komunikace. Díky tomu může místní obsluha dodávek odvézt obsah svého nákladového prostoru, který naložila ve městě, na odpočívadlo rychlostní komunikace, kde na ně čeká nákladní vozidlo společnosti, které ho doveze na další místo předání a odtud se odveze cílovým zákazníkům. Využívají svou technologii k řízení nákladních vozidel po celé Americe, a to za nepříznivých povětrnostních podmínek jako je déšť nebo mlha. Nejdelší úsek, který nákladní vozidlo podniklo měřil 3 860 km z Los Angeles až do Jacksonville. Cestu podniklo nákladní vozidlo s druhou úrovní automatizace. Tuto vzdálenost zvládlo vozidlo zdolat za 5 dní, ovšem jsou v tom i započítány nucené přestávky, které musí obsluha dodržovat, jelikož vozidlo nedisponovalo plně autonomním řízením. I v Americe se potýkají s nedostatkem obsluhy nákladních vozidel. Postrádají přibližně 50 000 pracovníků a do budoucna je předpoklad, že se tento počet několikrát znásobí. S dalšími stupni automatizace by se mohl tento problém snižovat a i se zkracovat doba trasy, kdy počítač nepotřebuje spát nebo odpočívat na povinných zastávkách, proto by hlavně našlo autonomní řízení využití na dlouhých trasách (Charlton, 2020; Novinky.cz, 2018).

Tesla Semi

Průkopník v odvětví autonomního řízení společnost Tesla odhalila své autonomní nákladní vozidlo již na podzim roku 2018 s vizí výroby prvních kusů v roce 2019, které chtěli doručit prvním majitelům ještě v tomto roce. Ovšem tato vize byla velkolepá a nesplnitelná, a tak automobilka přišla s novým termínem na rok 2020, který také nebyl dodržen, a tak si na první kusy bude ještě muset chvíli počkat. To nutně nemusí znamenat problémy jak s výrobou, tak s vývojem. Podle sdělení firmy má totiž automobilka velké množství předobjednávek (v řádu tisíců) na jejich autonomně elektrické tahače. Nejspíše se budou vyrábět v továrně v Nevadě, které se posléze budou zvětšovat kapacity. Tesla by měla mít v každém kole jeden elektromotor a díky tomu, tak obrovské zrychlení z 0 na 100 km · h⁻¹ za 5 sekund, ale i dojezd okolo 1 000 km s maximálním naložením 36 tun. Deset kusů tahačů od Tesly si přobjednala i známá firma ve světě elektrifikace nesoucí název NFI, která udělala zakázku i u Daimleru s cílem otestování jejich tahače (Lambert, 2018; Tesla, 2021).

Daimler

Daimler vlastní svůj koncept tahače nesoucí název eCascadia, který by před plánovaným prodejem v roce 2021 chtěl nechat ozkoušet společností NFI. Tahač by měl mít jízdní dosah až 403 km a měl by obsahovat autonomní řízení druhé úrovně. Firma vyjádřila, že se budou snažit vyvinout autonomní tahač na čtvrté úrovni a již do tohoto plánu investovali 500 milionu eur. V plánu je do konce roku 2030 vlastnit plně autonomní tahač. Pohon tahačů by měl být v alternativních palivech. Velké investice Daimler vkládá do dceřinné společnosti Freightliner sídlící v Severní Americe. V Portlandu již vyrobili první dva kusy jejich elektrického tahače, které budou brzy předány novým majitelům. Mají 544 kW a jen jeden elektromotor a baterii o kapacitě 550 kWh (Lambert, 2018; Sedláček, 2019).

3.3 Zemědělská technika

V současné době zemědělský průmysl prochází fází automatizace, díky které nebude potřeba tolika lidských pracovníků a přinese zvýšení efektivity a produktivity práce. Výhodou, kterou bude farmář mít, je lepší kontrola produkce, kdy může přesně zjistit, kolik sklídl pomocí svého smartphonu s internetovým připojením a aplikací. Přesněji to funguje tak, že stroje využívají své snímače jak pro určení trajektorie, tak i pro správné sklizení, kdy vše musí mít maximální účinek. Po sběru dat je počítač ve stroji odešle do aplikace, která je vyhodnotí a přesné výsledky zobrazí farmáři (Eaton et al., 2008; Rekow a Ohlemeyer, 2007; Roshanianfard et al., 2020).

RTK-DGPS

Real Time Kinematic Differential Positioning system – je navigační autonomní systém. Vyvinutý pro automatizované otáčení se na souvrati, aby bylo možné využít mapování řádků plodin. Systém používá snímače, zejména kamery a softwarové plánování trajektorie pohybu, který se vypočítává ze střední, minimální a maximální boční odchylky. K výpočtu slouží point-in-polygon algoritmus, který se ukázal jako nejschopnější pro orientaci na pracovní ploše, kde pracuje s přesností 1 cm (Bakker et al., 2011).

Ke správnému používání autonomního navigování je zapotřebí dvojitý přijímač RTK-DGPS, ovladač, sledování navigace, inteligentní ovládací terminál, snímač úhlu řízení, skupinu regulačních ventilů autonomního řízení a ještě z dalších drobných věcí. Systém využívá operační systém Linux pro jeho nekonečné uživatelské rozhraní, který funguje na vývojové desce ARM. Ta zvládá veškeré potřebné funkce v řízení stroje, bezdrátovou komunikaci, display a sledování trasy, ukládání dat a dalších ne tolik podstatných funkcí (Maoli Wang et al., 2016).

Autonomní traktor

V současnosti je velmi obtížné sestavit řídicí algoritmus využívající pouze jeden snímač, a to ještě pro zemědělský stroj, který by se dokázal orientovat pouze pomocí bodů. K tomu byl vyvinut dálkový laseroměr (LRF), který slouží jak pro detekci překážek, tak i pro navigaci autonomního traktoru. Vždy, když snímač detekuje orientační bod, který byl na základě vzdálenosti vypočítán, tak si vypočítává postupně svou trasu až k vytouženému cíli. Testovací jízdy byly úspěšně prováděny na vybraných trasách bez jakýchkoli problémů. K porovnání tras autonomního a jednosnímačového řízení byl použit systém RTK-DGPS, který vyhodnotil výsledky, kdy jednosnímačové vozidlo mělo odchylky od 0,2 m až po 0,5 m. Z toho vyplývá, že pokud by se RTK-DGPS navigační systém sjednotil s jednosnímačovou technologií snížila by se nákladovost na snímače vozidla a zároveň by se zlepšila orientace v prostoru, která by ušetřila pohonné hmoty (Thanpattranon et al., 2015).

Autonomní traktory využívají řazení úloh, které je definováno v algoritmech jako je plánování cesty, doba výkonu práce, činnosti mezi destinacemi. Musí také počítat se zpožděním nebo poruchou jak traktoru, tak i jeho příslušenství, kdy je potřeba na to být připraven a mít záložní plán. Tomuto se v automatizaci přezdívá přeplánování, ve kterém jsou uvedeny účinné algoritmy pro okamžitě řešení nastalých problémů. Pracují s daty, které posbíraly při plnění své práce (Gutman a Ioslovich, 2013).

Úspěšnou možností autonomního řízení je Fuzzy. Jedná se o logické řízení, které se řadí k nejinteligentnější řídicí technologii. Využívá se hlavně takzvané „fuzzifikaci“, která pomocí postranního offsetu a offsetu azimutu, které jsou získány pomocí kamery vozidla, se navrhne Fuzzy logický řadič (FLC), který hlídá trajektorii vozidla pomocí virtuální navigace (Fengyan a Shumao, 2008).

Další možností řízení u autonomních traktorů je plánovač operací, který pro konkrétní operaci má přesně dáno, co má vykonávat v souboru ve formátu XML (programovací jazyk), který se do traktoru nahraje pomocí uživatelského rozhraní. Pomocí stromové hierarchie je určeno, jaké operace má vozidlo vykonávat, a které body má sledovat včetně přesně daného místa otáčení a manévrování po dosažení určitého bodu, kdy je myšleno i na příslušenství, které traktor potřebuje k vykonání své činnosti. K vytvoření XML souboru je zapotřebí programu MATLAB, který pracuje s veškerými faktory-trajektorie, rozměry, pracovní naplň (sečení, postřik aj.), začátek a konec výkonu práce a orientaci v prostoru (Bochtis et al., 2009).

Valtra H202

Koncept autonomního traktoru Valtra H202 navrhl italský designer Lorenzo Mariotti pocházející z Milána. Svým designem velmi připomíná Monster truck (viz obrázek 3.1), avšak Valtra má v sobě řadu velmi inovativních nápadů. Vzhledem je velmi futuristický. Karoserii má podobnou současným traktorům, avšak všechna čtyři kola má obrovská. Umožňuje jak autonomní řízení, tak i řízení lidskou obsluhou. Traktor by měl využívat alternativních paliv, konkrétně elektřiny, narozdíl od ostatních elektrifikovaných strojů získané z vodíkových palivových článků, které by si vozil sebou. Díky tomuto druhu pohonu by byly plodiny čistší a zdravější a traktor by měl pracovat nepřetržitě (Curmei, 2020).



Obrázek 3.1: Valtra H202 (Mariotti, 2018)

Autonomní sklízecí mlátička

Sklízecí mlátičky jsou nedílnou součástí dnešního moderního zemědělce a mají spoustu částí, bez kterých nelze stroj uvést do pracovního stavu. Jedná se o mláticí a separační ústrojí, čistidlo a různé asistenční systémy. Tyto části se ještě dále rozdělují na různé typy. Důležité jsou však přídatné adaptéry – vyměnitelné součásti sklízecí mlátičky, která se připojuje zavěšením na stroj (Berk, 2017).

John Deere

Společnost John Deere představila světu svou autonomní sklízecí mlátičku na veletrhu Agritechnica 2019. Jedná se o nové produktové řady nesoucí označení John Deere X9. První sezona, kdy mlátičky budou v provozu bude tento rok (2021) ve dvou provedení X9 1000 a X9 1100. Měly by zajistit velkou sklíditelnost a rychlost oproti konkurenci a to i v případě, kdy se budou v rámci dne měnit podmínky pro sklizeň. Mlátičky na ně musí vždy umět zareagovat a upravit parametry sklizně tak, aby sklizeň byla efektivní a výkonná. To zvládnou s pomocí svého softwaru.

Pohon mlátičky je na fosilní palivo. Disponuje nejnovější motorem s objemem 13,6 litrů. Výkon bude v rozmezí od 639 koní do 700 koní v závislosti na typu provedení. Maximální výkon mlátiček se například využívá při vysypání zásobníku. Na jednu nádrž dokážou při sklizni pracovat až 14 hodin v kuse. Inovaci dostala i převodovka ProDrive XL, která přenese až o 30 % více točivého momentu oproti jejímu staršímu modelu pracuje se dvěma čerpadly. Nejdůležitějším prvkem tohoto stroje je bezpochyby Dual Series X Separator (XDS). S největším mláticím a separačním ústrojím jaké John Deere vytvořil. Její velikost se oproti klasické mlátičce zvětšila o 23 %, ovšem zachovává si takovou velikost, díky které se bude moci pohybovat po evropských komunikacích. K mlácení používá celkem dva podélné rotory. Tyto rotory, které se nachází v nových mlátičkách jsou již starší technologii avšak ozkoušenou, která pochází z modelové řady S. Modely řady X9 jsou konstruovány do různých podnebních destinací. Při testech se zjistilo, že mlátičky sklídí 100 tun za hodinu a to jen se ztrátou 1 %. Pro tuto novou mlátičku byly zcela nově vyvinuty i adaptéry doplněné o nové kvalitnější materiály pro zlepšení přichycení zrna nebo semena. Bude možnost výběru mezi polopásovým nebo kolovým pohonem (Jedlička, 2020; Strompraha.cz, 2020).



Obrázek 3.2: John Deere X9 (Strompraha.cz, 2020)

Ve stroji je integrovaná technologie na monitorování sklizně se shromažďováním dat. V mlátičkách bude navigační systém s integrovaným přijímačem, který zajistí velkou přesnost při výkonu práce (Jedlička, 2020).

Rostselmash

Výrazného zpřesnění stroje a zlepšení kvality mlácení zrna se docílilo díky autonomním systémům. S jejich aplikací do praxe se zvýšila produktivita o 15–20 %. Kdy firma Rostselmash pracuje na projektu autonomní farmy jehož výsledkem bude zvýšení automatizace

zemědělství, proto zahájil výrobu autonomních mlátiček s názvem TORUM, které by měly zcela být ovládány umělou inteligencí (Grigorev a Chubukov, 1976; Potatosystem.ru, 2020).



Obrázek 3.3: *Rostselmash 181 (Grain Central, 2017)*

Skřízečí mlátička by měla dodržovat trajektorii s přesností maximálně 10 cm. Za řešení problémů je zodpovědný RSM Explorer Plus. Algoritmy, na kterých pracuje systém RSM routeru, pracuje s charakteristikou dané destinace, optimálním pohybem a plodin, které se budou sklízet. Mlátička není zcela autonomní a na některé úkony je stále potřeba obsluha. Torum disponuje řadou senzorů a snímačů třeba, které hlídají hladinu v zásobníku (Grigorev a Chubukov, 1976; Potatosystem.ru, 2020).

Velmi důležitý aspekt je monitorování výtěžku. Monitoruje se, tak sklizeň v každé části pole a následně se z dat generuje mapa výnosu. Tyto data se přes GSM kanál přenesou na počítačovou platformu Agrotronic, kde se provádí analýza dat, což je velmi efektivní pomocník třeba při hnojení. V modelové situaci, při které se změní výnos, to systém přepočítá a předá informaci vozidlům, které čekají na nakládku, že dojde ke změně a novému místu vykládky. Rostselmash podotýká, že jeho mlátičky můžou být zařazeny do pracovního procesu, kdekoli na světě. Díky jejich systému mlácení a čištění jsou co nejmenší možné ztráty (Chernykh, 1977; Potatosystem.ru, 2020).

4 Snímače

Autonomní vozidla využívají řadu asistentů a snímačů, kterými mohou být například kamery, radary, lidary, GPS aj. Tyto snímače autonomní vozidlo potřebuje pro svou orientaci v prostoru, a protože jsou jeho nedílnou součástí, tak jsou v této kapitole popsány.

Kamery

Kamera je asi nejznámější a nejvíce využívaný snímač, taktéž nazývaný jako stereokamera. Funguje na principu záznamu statických, ale i pohyblivých snímků. Jedná se o optický přístroj, kdy získaná data z něj jsou ukládány na disk ve formě fotografického filmu. Kamera má několik potřebných částí, které zajišťují její správnou funkčnost – snímač, který převádí zachycený obraz do digitální podoby, objektiv usměrňuje tok světla na snímač a pomocí něho kamera vidí své okolí, dále obsahuje tělo, které drží veškeré části pospolu. Jsou vedeny debaty, který snímač je pro využívání v autonomních vozidlech nejvhodnější. Nejvíce převládají názory o vhodnosti kamer a druhým názorem je používání lidarů. Inovátor, vizi-onář a majitel Tesly Elon Musk zastává názoru, že kamery mají mnohokrát větší potenciál oproti lidarům. Ovšem aktuální používání lidarů je z pohledu bezpečnosti zajímavější i proto, že laser je velmi přesný a dokáže pracovat i za velmi snížených viditelnostních podmínek, díky tomu je i spolehlivější. Bezpečnostní systém, který by aktuálně pracoval na lidarů, je možné zkonstruovat, ale má velkou nevýhodu a tou jsou naměřená data, kterých z něho bohužel moc nedostaneme. Kamery nám dodají velké množství informací, a proto jsou velmi vhodným uchazečem pro umělou inteligenci, která s informacemi získaných z kamer dále pracuje. Zatím to vypadá, že je to jen otázka budoucnosti, ovšem je to pouze otázka času, kdy bude tato technologie dostupná. Dostupnost se očekává v horizontu 5–20 let (de Moraes et al., 2020).

Radary

Radio detection and ranging je rádiové rozpoznávání a zaměřování. Zařízení bylo vyvinuto k vyhledávání a identifikaci cílů. Funguje na principu vysílání mikrovlnné energie v impulzech s určitým výkonem a frekvencí (na krátkou trasu v řádu gigahertzů a pro dlouhé trasy v jednotkách megahertzů). Mikrovlny, které jsou vyslány do prostoru, se odráží od objektů, které mohou být překážkou nebo třeba dopravním prostředkem. Vzdálenost je vyhodnocována z časového vztahu vyslaného a přijímaného signálu (Jung et al., 2020).

Lidary

Light detection and ranging měří pomocí pulzujícího laseru vzdálenost k cíli, od kterého se odrazí. Pomocí rozdílu v časovém návratu a změny délek vln lze vytvořit digitální 3D model. Lidar je také znám pod názvem 3D scan nebo laser scanning. Má své místo při využití v autonomních vozidlech pro detekci a vyhnutí se překážkám tak, aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost přepravovaného zboží nebo osob. Software vyhodnocuje z 3D dat, které poskytl lidar, možné nástrahy a překážky v okolí vozidla. Ve vývoji a zdokonalování se velmi snaží v Singapuru tamější aliance SMART, která do této technologii vkládá velké naděje (El-Hassan, 2020; Jung et al., 2020; Liu et al., 2021; Zhou et al., 2021).

Sonar

South navigation and ranging pracuje pomocí zvukové navigace a zaměřování. Funguje na podobném principu jako radar, akorát s tím rozdílem, že místo radiových vln pracuje s ultrazvukem. Mohl by být využíván jako záložní senzor pro autonomní vozidla, který vysílá ultrazvukové vlny, které po odražení přijímá zpět. Je velmi spolehlivý, jen bohužel na krátkou vzdálenost a to přibližně 6 metrů. Jeho účelem je, tak detekce bezprostřední překážky jakou může být dítě, které nečekaně vběhne do vozovky. V ten moment je potřeba okamžité reakce a aktivace brzdících manévrů, na kterou by lidská obsluha reagovala s časovou prodlevou a nemuselo by tak dojít k zamezení nehody. Pokud jsou vzaty v potaz prodlužující se reakce v důsledku stárnutí lidské obsluhy, tak o to horší může být reakce na nastalou situaci. Zde má navrch autonomní vozidlo, které pomocí výpočtů z procesoru ihned ví jak zareagovat. Tento snímač je určen až pro případ poslední záchrany nebo při parkování. Momentálně je sonar hojně využíván jako parkovací senzor (Simon et al., 2020).

GPS

Global positioning system (GPS) je globální polohový systém, který byl vyvíjen a určen pouze pro vojenské účely Spojených států amerických. Přesnost tohoto systému je do 5 metrů a času s přesností nanosekund. Pokud se nenacházíme v nadmořské výšce vyšší než 18 kilometrů, tak je navigace přesnější, a to v řádu centimetrů, tedy za předpokladu, že se nepohybujeme rychleji než $2000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Do roku 2018 byl využíván pouze signál L1 poté byl představen nový čip, který již využívá signál L5 s přesností určení pozice do 30 centimetrů. Rušení a nabourávání se do signálu GPS je největším problémem a hrozbou pro všechny zařízení využívající tuto technologii pro řízení a plánování své trasy jako jsou drony a autonomní vozidla (Aryal a Baine, 2019; Avram et al., 2019; Moussa et al., 2020; Tan a Yeo, 2020).

IMU

Internal measurement unit (IMU) v překladu vnitřní měřící jednotka je elektrickým zařízením pro měření specifické síly, úhlové rychlosti a někdy také magnetického pole v kombinaci akcelerometru a gyroskopu a občasně i magnometru. Tyto veličiny se měří na třech osách a rotací kolem nich za pomoci lineární akcelerace. Typickou možností využití této

technologie je manévrování jak letounů s obsluhou, tak bezpilotních letounů, vesmírných lodí, kterými může být třeba satelit, a nebo řízení autonomních vozidel. Tam, kde není dostatečný signál GPS, je možno využít IMU například v tunelech, budovách s velkým poměrem železa/oceli ve stěnách nebo tam, kde je signál rušen. Varianta bezdrátového provedení IMU se může označovat zkratkou WIMU. Ve vozidlech se nevyužívá magnetometru kvůli lokálnímu magnetickému poli, které se nachází v těsné blízkosti ostatních vozidel. Lokalizační data, které IMU používá k řízení vozidla zajišťuje software, který vyhodnocuje veškeré informace ze senzorů na daném vozidle, které upozorňují na možné překážky v jeho blízkosti (Valverde-Moreno, 2020).

IMU je všestranný nástroj, který dokáže nahradit systém GPS, ale i ostatní senzory, při jejich možném výpadku. IMU využívané v autonomních vozidlech má největší přesnost v měření pod přetížením 1G pro své akcelerometry a méně než 10 stupňů za hodinu pro své úhlové snímače rychlosti. Tuto skutečnost lze popsat následujícím způsobem: IMU samo sleduje polohu vozidla podobu 10 sekund s přesností 30 centimetrů. Díky tomu zvládne reagovat na sebemenší nejasnosti v řízení vozidla a přesně určovat polohu (Ni et al., 2020).

Společnost Tesla má celosvětově nejlepší autopilotní systém „No lidar required“. Systémy kombinující velké a přesné lidary s mapami mající velké rozlišení jsou nejlepším nástrojem v cestě za úspěšným autonomním řízením 4. úrovně, kdy součástí tohoto systému je skenování lidarů upraveno k HD mapě v aktuálním čase pomocí dvou technik na zpracování signálu. Pomocí shody systém zjistí přesnou polohu a postavení vozidla. Toto řešení není celkově levné. V současnosti vozidla používají levné jednofrekvenční GPS přijímače, které bohužel jsou pro autonomní vozidla nedostačující (Johnson, 2011; King, 1998; Starlino, 2009; Teschler, 2018).

Pro srovnání jsou v tabulce 4.1 uvedeny jednotlivé druhy snímačů spolu s výhodami a nevýhodami, které mají.

Tabulka 4.1: Srovnání snímačů

Typ	Výhody	Nevýhody
Kamera	Velký dosah Pasivní senzor	Vytváří velký obsah dat, počítačově náročné zpracování Snížená funkčnost při špatném počasí či proti světle
Radar	Spolehlivé při různém počasí Měří i rychlost objektů	Nepřesnost v pozici identifikovaného objektu Neměří ve vertikální ose
Lidar	Přesné měření okolí Nejsou citlivé na světelné podmínky	Vysoká cena Snížená funkčnost při špatném počasí Necitlivost na objekty s nízkou odrazivostí
Sonar	Nízká cena	Malý dosah
GPS	Nízká cena	Menší přesnost Horší kvalita v tunelu, lesích

5 Problémy v rámci autonomního řízení

Jedním z velkých problémů autonomy je nedostatečný vývoj a výzkum spolu s chybějící legislativou. Většina zemí totiž nemá proces, který je potřeba k tvorbě zákonů, díky kterým by se zvyšovalo používání autonomních vozidel. Zajímavým kontextem v tomto tématu je i etika ve fungování algoritmu autonomních vozidel zejména při vypjatých situacích, ve kterých bychom mohli čerpat ze zákonů Isaaca Asimova. V budoucnosti autonomních vozidel je nejpokrokovější Německo, které už má směrnici pro algoritmus, ve kterém musí nejdříve upřednostnit lidský život a až poté majetek, nesmí nikoho znevažovat. Ve výsledcích připravenosti na autonomní řízení Česká republika skončila na 19. místě z celkového počtu 25 států. Vláda v České republice již schválila dokument Vize rozvoje autonomní mobility, akorát na schválení ještě momentálně čeká Akční plán autonomního řízení s návrhem konkrétně daných opatření v tomto směru. Pojišťovny odhadují, že díky stupňujícímu se nárůstu autonomních vozidel se velmi sníží do roku 2037 počet jak dopravních nehod, tak i škod na lidské populaci, kdy do zmíněného data by mělo být na vozovkách zastoupeno až 50% autonomních vozidel i přes velké pořizovací náklady. Také by bylo jednodušší zjistit identitu viníka nehody pomocí jízdních dat. V pojistce autonomního vozidla by měla být možnost možného odškodnění za kybernetický útok, při kterém by se odcizilo vozidlo a nebo byla ukradena osobní data (Brázdlová, 2017; ČTK, 2020; Windsor, 2015).

Virginia Tech Transportation uvedla, že první relevantní data byla již v lednu 2016, kde byla uvedena i nehodovost autonomních vozidel, která je o mnoho menší než nehodovost vozidel řízených lidskou obsluhou. Při pohledu na data o nehodách, které jsou velkým problémem, lze zjistit z pouhého odhadu nenahlášených nehod klasických vozidel v porovnání s daty nehod autonomních vozidel od společnosti Google, že 3 300 klasických vozidel po dobu jejich trasování ujeli vzdálenost přes 34 milionů silničních kilometrů. V případě, že jsou do celkového součtu zahrnuty nehody s tragickým koncem, tak průměrná nehodovost u klasických vozidel je 4,2 nehody na milion ujetých kilometrů, kdy u autonomních vozidel vychází 3,2 nehody na milion ujetých kilometrů. V průběhu tohoto experimentu nebyla ani jedna nehoda příčinou umělé inteligence vozidla (Leonard, 2016).

Velkou potíží elektromobility v rámci autonomních vozidel jsou baterie, kdy se vývojáři potýkají s malou kapacitou baterií. Ty nestačí pro autonomní řízení a jeho výpočetní výkon a zároveň pro pohon vozidla, kdy navíc řídicí jednotky apod. zabírají velké množství prostoru ve vozidle. Jedním z možných řešení je využití vícejadrových procesorů pro bezpečný provoz aplikací a neuronových sítí (Teslafan.cz, 2017).

Autonomní vozidla v 4. a 5. stupni automatizace budou využívat speciální 3D HD mapu, které jsou mnohem přesnější než ty současné. Na sklonku roku 2015 se rozhodli tři velké německé automobilky (BMW, Audi a Mercedes-Benz) zakoupit mapy od finského vývojáře mobilních technologií Nokie od dceřinné firmy HERE za 2,8 miliardy euro.

V polovině roku 2016 se k nim rozhodl přidat Ford spolu s několika menšími investory a podpořili startup nesoucí název Civil maps, který se specializuje na 3D mapy. Nejsou pozadu ani velké firmy jako Google, Apple nebo Baidu, které se rozhodly jít vlastní cestou, kdy si sami vytvoří své mapy pro své použití (Teslafan.cz, 2017; Yoshiki et al., 2018).

V Georgia Institute of Technology vyvinuli zajímavou technologii na rozpoznání odstínů pigmentů kůže, aby se nestalo například to, že vozidlo nerozpozná chodce jen kvůli barvě pleti, protože bude mít zavedenu jen jednu barvu spojenou s člověkem (Chang et al., 2017).

Mnoho automobilek si vyvinulo své autonomní vozidla a díky tomu zjistily jejich problémy a úskalí. Velmi často je zmiňovaná obava v bezpečnosti před kybernetickými útoky, kdy hackeři jsou velice vynalézaví a zvládnou proniknout do softwaru autonomního vozidla a poškodit jej, což je vnímáno jako obrovský problém, na kterém je třeba pracovat a vyřešit ho. Autonomní vozidla nabízejí obrovskou míru pohodlí a bezpečnosti (Pisarov a Mester, 2021).

Současná autonomní vozidla mají více než 100 milionů kódových řádků a využívají na provoz stovky elektronických řídicích jednotek, které si vypočítávají, přeměřují a vyměňují digitální data s ostatními vozidly a inteligentními dopravními sítěmi. Kvůli tomu je všude zřízená interní a externí komunikace, její součástí jsou různé ovládací prvky, data a příkazy, které zaručují bezproblémový ekosystém. V rámci kybernetické bezpečnosti, kdy jde o zranitelnost, musí být pevně daná striktní a účinná opatření. Není vytvořena systematická a komplexní literatura strategie pro boj s kybernetickými útoky, ani zmínka o budoucím výzkumu tohoto tématu. Rozděluje se velikost zásahu spolu s efektivním nasazením a snížením, tak útoků. Komunikační rámec je forma integrované komunikace mezi vozidly až po vozidla s vývojovým vizuálním diagramem, díky kterému je poskytován transparentní obraz rozhraní. Ten je možné lehce napadnout a zmocnit se daného vozidla. Předpokládá se, že kdyby vznikla literatura o kybernetických útocích na autonomní vozidla měla by pro vývojáře obrovskou cenu, protože díky ní by mohli opravit bezpečnostní trhliny jak na softwaru, tak i hardwaru svých autonomních vozidel (Khan et al., 2020).

Důvěra v autonomní řízení

Vize, kdy budou autonomní vozidla ovládána umělou inteligencí nepostradatelné v dopravě, je velmi zajímavou myšlenkou s velkým významem. S možností pomoci lineární algebry a důvěry v ní lze zjistit velmi zajímavá data. Důvěra má vliv na některé proměnné spolu s cíli akceptování některých technologií. V podobných hodnotách máme akceptování účinku důvěry v umělou inteligenci, na kterou to má velký vliv. Je zohledňováno i morální cítění, a to hlavně v prosazení většího dobra a citu. Důvěra v autonomní vozidlo byla měřena pomocí pocitů respondentů, které se vždy zapsali. Při vyhodnocení výsledků experimentu 1 se ukázalo, že důvěra v autonomní vozidlo silně ovlivnila sdílené city ku prospěchu autonomního řízení. V experimentu 2 a experimentu 3 se, ale nenašly žádné důkazy o tom, že by sdílené povinné city měly vliv na důvěru v autonomní vozidlo. Vyhodnocení výsledků experimentů naznačuje, že účinek sdílení morálních citů na důvěru se liší v závislosti na hodnotách, které autonomní vozidlo sdílí s populací. Plán na podporu začlenění autonomního řízení do běžného provozu se ještě musí tvůrci politik a vývojáři naučit lépe chápat, které hodnoty jsou sdíleny mezi autonomním vozidlem a populací, tak aby se zvětšila jejich vzájemná důvěra (Yokoi a Nakayachi, 2020).

Samostatně smyšlející umělou inteligenci, kterou autonomní vozidlo disponuje je stále více začleňovaná do dopravní infrastruktury měst. Je zde několik možností, jak uskutečnit autonomní dopravu uvnitř měst. Teoreticky by se zvýšení počtů autonomních vozidel rozšířilo na základě 3 důležitých faktorů – sociální postoj, politika a technologický vzestup. Ve skotském Dublinu uskutečnili sociální průzkum, ze kterého vycházejí fakta o veřejném zajmu o autonomní vozidla. Populaci sužují obavy, které mají k autonomním vozidlům, v jaké formě by se tato možnost dopravy dala využívat a jak se postupem doby bude tato změna implementovat do designu a udržitelnosti v městech. Představa ohledně autonomní dopravy v městech je taková, že by byla soukromá a sdílená autonomní vozidla (Cugurullo et al., 2020).

Problém v algoritmu řízení

Umělá inteligence má oproti člověku nespočetně velkou výhodu při vyhodnocování krizové situace, proto jsou autonomní vozidla stále hojně testována s cílem zjištění zda v tragických situacích dojde k nějakému tragickému pochybení v rámci inteligence autonomního vozidla. Má vždy na zvolení několik možností, kterými jsou principy pro užitek většího dobra a nebo druhé možnosti je principu ochrany sama sebe. Použití prvního principu má za následek ohrožení menšího počtu populace, kdy použití druhého principu jde nejdříve o ochranu sebe sama a poté až zájem o ostatní. Někteří jedinci jsou pro volbu koupě vozidel, která by obětovala raději svého pasažéra, ostatní a to většina, zase pro prioritu ochrany a záchranu pasažéra. Z toho lze soudit, že by populace nechtěla kupovat vozidla, která by nechránila pasažéra. Proto kdyby se prosadilo obětování pasažéra uvnitř vozidla, klesly by nejspíše prodeje a zvýšila by se nehodovost (Cao et al., 2020; Delpiano et al., 2020; Rashidi et al., 2020).

5.1 Legislativa

Ve vývoji autonomní technologie je stále tendence posouvat se ku předu. Pokrok není jen v osobních autonomních vozidlech, ale i u nákladních vozidel, který bychom brzy mohli vidět v praxi. To, kdy budou v provozu, není jen v režii automobilek. V současné době je zavádění této technologie brzděno legislativním rámcem, který prozatím počítá pouze s neautonomními vozidly. Lze tak předpokládat vznik jakéhosi mezistupně mezi klasickým a autonomním řízením, kdy by vznikla oblast s částečnou možností autonomní dopravy (Pöllänen et al., 2020; Toman, 2019).

Autonomní technologie je čím dál tím více součástí našich životů, které ovlivňuje a ulehčuje. S problémem legislativního procesu se setká nebo již setkala většina zemí. Velkým problémem je právě odpovědnost a sankcionování za havárie a problémy autonomních vozidel, kdy jsou problémem pro autonomní systémy vlivy přírody v podobě sněhu, deště aj., kvůli kterým může dojít k zakrytí snímače, a tak k potenciálnímu problému. Z tohoto důvodu by se mělo legislativně stanovit, za jakého počasí lze autonomní vozidla používat, a také zda se autonomní vozidla budou moci pohybovat v provozu spolu s klasickými vozidly, nebo jestli budou mít své vlastní jízdní pruhy. Dalším krokem je řešení autonomní městské dopravy. Úprava legislativy bude třeba i s ohledem na technickou způsobilost autonomních vozidel. I když už je v občanském zákoníku změna v odpovědnosti za škodu,

kteřou uskutečnilo vozidlo, a to taková, že za odpovědnost vozidla je povinný provozovatel daného vozidla (Evropa v datech , 2020; Stanila, 2020).

Dnešní moderní vozidla jsou stále více a více vybavována, které pomáhají obsluhu s řízením pomocí rozličných asistentů, které nahrazují nutnost ovládání vozidla obsluhou. V rámci silniční dopravy, která je z důvodu vysokých rizik pro své uživatele regulována, je důležité pozměnění současných předpisů více než kdy v minulosti. Mnoho zemí v Evropské unii a Spojených státech amerických usiluje o to, aby se změnili normy a legislativa. Zřetel se bere hlavně na dva aspekty, kterými jsou: ochrana osobních údajů a odpovědnost za občanskoprávní problémy při používání autonomních vozidel v rámci nehody. Ochrana osobních údajů je velmi důležitá, protože dochází ke sdílení dat v rámci provozu (Demiridi et al., 2019; Pöllänen et al., 2020).

5.2 Isaac Asimov

Rodným jménem Izák Judovič Ozimov, který se narodil v ruské vesnici Petrovič 2. ledna 1920. V roce 1923 se rozhodla jeho rodina pro emigraci do Ameriky, kde se občanem stal až v roce 1928. Za velmi zajímavé by se dala považovat jeho absence znalosti ruského jazyku a ani nenavštívil za svůj život Rusko. Své dětství prožil ve čtvrti Brooklyn, kde se během svých prvních pěti let naučil sám číst. První peníze si vydělal psaním a následný prodejem jeho článků do různých časopisů. Psát uměl už v jedenácti letech. V pozdějším věku nastoupil na Kolumbijskou univerzitu, kde úspěšně odpromoval v roce 1939. V průběhu 2.světové války sloužil Isaac Asimov na námořní základně ve Filadelfii. I přesto, že v armádě neměl sloužit a nechtěli ho tam ani přijmout kvůli jeho handicapu, kterým byla krátkozrakost, ale i přes ní do armády nastoupil roku 1945. Jeho jedinou povídku, kterou sepsal během výkonu služby v armádě nesla název Důkaz. Kvůli své disertační práci požádal o propuštění z výkonu služby, kterou ukončil s hodností desátníka. Po úspěšném ukončení studií se stal doktorem biochemie, v průběhu času pak profesorem také biochemie na Bostonské univerzitě. Jeho dalším úspěchem byla profesionální kariéra spisovatele roku 1958. Jeho jediným zdravotním problémem v životě nebyla jen krátkozrakost, ale i klaustrofílie, což je láska k uzavřeným prostorům. Ta se mohla najít i v některých Isaacova publikacích. Napsal přibližně 500 vědeckých či vědecko-populárních nebo science fiction knih, za které dostal velké množství cen, jako třeba ceny Hugo, Nebula nebo Locus a další. Jeho nejznámější dílo je ze série Nadace, kterou doplnil dalšími sériemi jako je Galaktická říše, a série o robotech. Tyto tři série popisují, jak Asimov viděl budoucnost, ve které je lidstvo rozmístěno po celé galaxii. Dalším jeho velmi známým dílem je povídková sbírka Já, robot, se kterou jsou spojeny jeho velmi známé tři zákony robotiky. Isaac Asimov dokonce přiznal, že slovo robot převzal z díla českého spisovatele Karla Čapka, a také se nestyděl za názor, že se mu Čapkovo dílo moc nelíbí. Mimo sci-fi ale psal i fantasy, detektivky a další. Společně s Robertem A. Heinleinem a Arthurem C. Clarkem jsou uznávaní jako nejvýznamnější autoři sci-fi. Isaac Asimov byl ženatý hned dvakrát nejprve v roce 1942 s Gertrude Blugerman, se kterou měl dvě děti a po rozvodu v roce 1973 si vzal americkou autorku sci-fi Janet O. Jeppson. Asimov zemřel v roce 6.4.1992 na následky onemocnění AIDS (Asimov., 1996).



Obrázek 5.1: *Isaac Asimov v roce 1979 (Gregersen, 2019)*

5.2.1 Asimovovy zákony

Tyto zákony jsou jakousi bezpečnostní pojistkou, která má chránit populaci před nežádoucím chováním stroje. A díky svým povídkám Asimov zmiňuje velmi důležité informace pro zvládnání určitých krizových situací spolu s důkladnějším nahlédnutím do problematiky strojů, které jsou snadněji pochopitelné. Akorát nejsou zcela plošně platné, ale tvoří jakýsi základ. Isaac Asimov nebyl filosofem, proto je jeho dílo spíše reakcí na historii po druhé světové válce. Nikdy nesdělil důvod vytvoření těchto zákonů (Warwick, 1997).

Tři zákony robotiky

- robot nesmí ublížit lidem;
- robot musí poslouchat příkazy lidí;
- robot musí chránit sám sebe a svoji existenci.

Asimovovy zákony robotiky, které popsal ve svém díle, velmi zásadně přibližují kodex chování, podle kterého se musí autonomní stroje řídit při začlenění do lidské populace. V praxi používáme Asimovovy zákony ke zkoumání částí v molekulárních strojích vyrobených z DNA. Úspěšně se tyto stroje naprogramovaly tak, aby se prostřednictvím interakcí mezi jednotlivými stroji ve velké populaci řídili vhodně vybranou variantou Asimovových zákonů a dokonce napodobovali důležitý průběh z Asimovova příběhu Runaround, ve kterém se vymyšlený stroj dostane do problémů i přesto, že dodržoval zákony. Zjištění ukazují, že abstraktní, komplexní chování lze kódovat a začleňovat ho v molekulárním měřítku, když strojům rozumíme na základě jejich zpětných reakcí (Kaminka et al., 2017).

Asimovy zákony jsou tři a i přesto, že jsou pouhou fikcí, tak by měly platit pro společnost, ve které budou roboti pomocníky populace. Jednotlivci, kteří věří v to, že se opravdu povede realizovat tyto pravidla, věří také tomu, že roboti budou naprogramováni jednoznačně, aby se do nich daly různé příkazy vložit. Poté bychom si mohli dovolit v klidu spát. Ovšem je třeba podotknout, že jednodušší roboti na linkách jsou přímo naprogramováni na určité úkony, kterých se drží. Roboti pro běžný život, ale budou mít mnohem více možností než průmyslový linkový roboti. Navíc inteligentní stroje se mohou samovzdělávat z toho, co se dozví nebo zjistí, potom můžou své chování upravit. Tudíž to vše závisí na tom, k jakým informacím se dostanou, a jaké budou mít fyzické vlastnosti (Iosa et al., 2016; Kaminka et al., 2017; Saur, 2016).

Je potřeba pravidel pro roboty, které úzce souvisí s jejich inteligencí a zda změní náš svět. V několika debatách na téma robotických strojů se v amerických státech a v jižní Africe pokládali důležité dotazy zda budou moci stroje samy rozhodovat o své budoucnosti a mají stroje dostat volební právo tyto dotazy se rozvíjeli na konferenci Robotix, která se konala v březnu roku 1996 na Univerzitě v Glasgowě. Tentokrát se zde velmi často ptali na příspěvní robotických strojů v příštích letech k lepšímu občanství. V tomto případě vycházejme z toho, že člověk má, nebo nemá politická práva. Také je potřeba si uvědomit zda to bude, tak jako v současnosti a nebo, jestli nastane společenství robotů. Teď máme nějaká měřítko a nějaké hodnoty a roboti je mohou mít zcela jiná. Navíc robot může brát populaci jako druhořadou (Dang et al., 2015; Gordon-Spears, 2003; Schurr et al., 2007).

Třeba se tato role otočí a budou nás brát roboti jako druhořadé. Pak by se naše populace musela nejspíše řídit podle měřítek a hodnot strojů, které by mohly být podobné těm lidským, přeci jen roboty stvořil člověk. Takže těžko říci, jaká bude lepší občanská společnost, jestli lidé v lidské společnosti nebo roboti ve společnosti ovládané roboty. Kdyby jsme se na toto téma zeptali lidí, dostaneme jinou odpověď než od robotů (Bekey, 1997; Clarke, 1994; Hogan, 2003; Neznamov, 2018).

Již v minulosti docházelo k rozdělování úloh do drobnějších částí, které na sebe navazují a ve výsledku tvoří celek. Takto dokáže velmi dobře pracovat robot. Lide si práci vybírají podle prostředí a nároků. To robot neřeší a udělá to, o co je žádán. Mohli by být třeba velmi nápomocni handicapovaným, kterým by usnadnili život a umožnili jim dělat věci, které by bez jejich pomoci nemohli. Pak by někteří lidé byli součástí světa strojů a jiní zase nikoli (Riener et al., 2016).

Ti lidé, kteří třeba nakonec nebudou chtít být součástí se nejspíše stanou druhořadými občany. Také to brzo dospěje k tomu, že některou práci kterou dělají lidé již nebude potřeba. Stroje ji zvládnou lépe a nebo doplní a nahradí chybějící profese. Roboti se rozhodují velmi rychle a jsou ve spoustě operací velmi přesní a důslednější. Dalším bonusem jsou finance, které robot ušetří a i vydělá (Blakely a Blakely, 2018).

Pokud by jsme byli my lidé byli inteligentnější a dokázali se třeba transformovat do robotického těla, ve kterém by jsme pokračovali dále, tak bychom nemuseli čelit nadvládě robotů. Časem bychom možná dokázali třeba vytvořit několik kopií naší osobnosti. To by akorát vyžadovalo velmi složitý přenos našeho mozku a synapsí. Díky tomu by se prodloužil náš život na dobu životnosti našeho robotického těla. Možná by se časem povedlo i navýšit výkon mozku za pomoci připojení zvláštní paměti ve formě silikonových čipů (Bilancia, 2014; Feitelson, 2007).

Než bychom se pustili do složitých operací, musíme ještě provést hodně výzkumů a načerpat z nich mnoho informací. Nejdůležitější bude podrobně vědět, co která část mozku dělá. Při složitých operacích čipů bychom mohly využívat přesné stroje, které by

je přímo implementovali a dávali by nám různé možnosti. Dali by se kombinovat některé by třeba mohly zvýšit paměť jiné zase sloužit pro naučení dovedností nebo pro promítání filmů přímo v hlavě. Čipy by si tak každý mohl vyměňovat podle toho, jak by se mu hodili jejich schopnosti. Nespornou výhodou těchto čipů by byla rychlost v podstatě by to byl nový smysl jako mají některé zvířata. Určitě by to bylo zajímavé, ale na druhou stranu i chaotické. Kdyby člověk přijímal spoustu signálů a i je zpracovával, kvůli tomu by se nejspíše museli změnit i některé naše neurony (Ashrafian, 2015; Iftimie et al., 2019; Moran, 2008; Murphy a Woods, 2009; Neznamov, 2018).

6 Diskuse

Na základě vysvětlení principu fungování a stejně tak na základě informací z veřejných zdrojů, se může mnoho lidem zdát, že autonomní vozidla již klepou na dveře, a že už jsou přítomna. Skutečně tomu tak je, ovšem jen do určité míry. Vytvořit vozidlo, které je schopno, kdekoliv zcela samo jet, tak to je na současný technický vývoj celkem oříšek. Jak je však v kapitole jedna popsáno, existuje několik stupňů autonomního řízení a zásadní věcí je, že mezi stupni jsou obrovské rozdíly. Vozidlo, které jede úplně samostatně není úplně zcela vším. Požadavky na plně autonomní vozidlo, jsou neskutečně obrovské a mnohonásobně vyšší, než jen „pouze“ na vozidlo, které zvládá autonomní jízdu na určitém úseku za určitých ideálních podmínek.

Možnost autonomní jízdy je příjemným bonusem. Plně autonomní vozidla bez volantu a pedálů, která nám ukazují výrobci, a o kterých slyšíme v médiích, jsou však o několik úrovní výše, to je potřeba si uvědomit. Je však uskutečnitelná samo jízda, pokud vozidlo jede v upraveném prostředí velkých měst, kde je k jejich provozu upravená infrastruktura, silnice jsou hladké s dobře viditelným dopravním značením. K tomu všemu se přidává funkční informační systém, který informuje o uzavírkách a aktuální dopravní situaci, takže trasu je možné propočítat tak, aby byla co nejsnáze průjezdná. To jsou optimální podmínky pro provoz autonomního vozidla. Navíc je to prostředí kam jsou autonomní vozidla cílena a kde najdou své uživatele. Představa je však taková, že by autonomní vozidlo mohlo být plnohodnotným soupeřem vozidel s lidským řidičem. V tom případě se požadavky značně zvyšují. Jízda po silnicích třetí třídy je často pro autonomní vozidlo značnou improvizací, vzdáleně připomínající podmínky podobným simulaci ideálního prostředí.

Vodorovné dopravní značení na silnicích třetí třídy velmi často chybí, okraj vozovky je bohužel špatně rozpoznatelný, dělicí čára také není jistotou. Jak má například takové vozidlo rozpoznat, kde končí asfalt a začíná štěrk při okraji vozovky? To vyžaduje dokonalé čtecí schopnosti. Pokud vozidlo jede po polní cestě, je potřeba přesných algoritmů, které určí, kde se v zcela přírodním prostředí cesta vůbec nalézá. Toto jsou podmínky, které dokáže počítač zvládnout, jsou však o dost složitější než například ty, kdy se již nejedná o přesně definovaný tvar vozovky a k orientaci je potřeba určitý lidský důvtip. Pokud má být takové vozidlo univerzálně použitelné, musí také znát rozdíly v dopravních předpisech různých zemí. A zcela komplikovaná je situace v méně rozvinutých zemích, kde je infrastruktura velmi špatná a zvyklosti místních řidičů nerespektují pravidla silničního provozu, nebo pak ve velkých přelidněných asijských velkoměstech. Výrobci podotýkají, že probíhá intenzivní testování vozidel ve všech částech světa, avšak skutečný stav vývoje nelze příliš odhadnout. Pokud je autonomní vozidlo představeno na předváděcí akci, tak jede po předem určené trase, která byla vybrána, otestována a je ideálním vyzkoušeným prostředím pro takový provoz.

Co se týká zemědělské autonomní techniky a jejího nasazení do svého prostředí je to o něco jednodušší než u autonomních osobních vozidel, tedy pokud se bavíme o jejich práci na poli. Různých problematických situací je tu také celkem dost, ale nejsou tak složité na řešení jako u autonomních vozidel na silnicích. Zemědělské stroje dnes dokáží autonomně jezdit samy na poli, kde mohou vykonávat svůj pracovní úkol, avšak problémem je také výskyt určitých nečekaných překážek. Klasicky jsou to neočekávané překážky v podobě zvěře, skruží či kamenů a nebo v poslední řadě nepředvídatelné reakce asistentů v důsledku poškození nebo zašpinění senzorů, a tak znemožnění jejich fungování.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo teoretické seznámení s problematikou autonomního řízení včetně souvisejících témat, jako jsou historická fakta, technické údaje a i trochu nahlédnutí do elektromobility. Za jednu z nejzajímavějších pasáží považuji legislativní část, kdy je velkou překážkou chybějící legislativní rámec v EU a zatím pouze částečně vytvořená legislativa v USA. V Asii a Austrálii je situace podobná, v afrických zemích zatím otázka autonomního řízení není na pořadu dne. V rámci legislativního procesu bude nutné dořešení otázek jako odpovědnost za provoz autonomního vozidla, etika provozu, úprava dopravních předpisů (např. dopravní kontroly), státní regulace (kontroly funkčnosti a bezpečnosti, povolování provozu a dalších). Jako další zajímavá část je uveden i život a díla Issaca Asimova, spolu s jeho zákony robotiky.

Aby se vozidla na silnicích mohla pohybovat zcela autonomně, tak nesmí spoléhat jen na informace, které se k nim dostanou prostřednictvím jejich senzorů. Velkou část informací budou získávat i od okolních vozidel. Jak tato komunikace bude vypadat? Kolik informací spolu budou vozidla sdílet? A jak zajistíme, že tyto informace nebudou nijak zneužity nebo pozměněny? To jsou otázky, na které zatím neznáme odpověď.

Protože svět pokračuje v urbanizaci velmi rychlým tempem, města musí zajistit, aby jejich omezený prostor maximalizoval výhody pro jejich obyvatele. S příchodem autonomních vozidel a jejich vývoji se bude určitě muset uzpůsobit prostor měst.

Jak budou vozidla chytřejší, musí se technologie a infrastruktura vyvíjet společně. Modernizace výrobních a údržbových procesů zlepší bezpečnost a zmírní obavy spotřebitelů, když se autonomní vozidla dostanou do ulic měst.

Díky diplomové práci jsem hlouběji pronikl do tématu autonomního řízení a začal se o něj více zajímat. Dříve jsem vlastně zastával názor, že elektromobily a autonomní řízení jsou jen další marketingový tah výrobců, jak z lidí vylákat peníze skrze bezproblémovost a spotřební zboží. Ovšem v průběhu diplomové práce jsem změnil názor a líbí se mi celkově koncepce autonomního řízení, která půjde ruku v ruce s elektromobilitou a jinými alternativními palivy, kde jsou obrovské výhody v nízkých provozních a servisních nákladech. Akorát je ještě před námi obrovský kus ve vývoji autonomních vozidel i elektromobilů, ale vypadá to velmi slibně a můžeme se jen těšit, kam až se v budoucnosti vyvinou.

Seznam použitých zdrojů

- Abbott, J. D., Gaffar, A., a Bisht, M. (2017). Autonomous trucking: The interplay between design and business constraints. In *2017 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence Computing, Advanced Trusted Computed, Scalable Computing Communications, Cloud Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation*, pp. 1–5.
- ACEA (9.5.2017). Truck industry gears up for wide-spread introduction of semi-automated convoys by 2023. [online]. [cit. 2020-27-11]. Dostupné z: <https://www.acea.be/press-releases/article/truck-industry-gears-up-for-wide-spread-introduction-of-semi-automated-conv>.
- ALEC (23.6.2017). Vehicle Platooning for Safety and Efficiency Act. [online]. [cit. 2020-27-11]. Dostupné z: <https://www.alec.org/model-policy/vehicle-platooning-for-safety-and-efficiency-act/>.
- Amichai-Hamburger, Y., Mor, Y., Wellington, T., Landesman, T., a Ophir, Y. (2020). The Personal Autonomous Car: Personality and the Driverless Car. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 23(4):242–245.
- Anderhofstadt, B. a Spinler, S. (2020). Preferences for autonomous and alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 79:102232.
- Aryal, M. a Baine, N. (2019). Detection, Clasification, and Tracking of Objects for Autonomous Vehicles. In *Proceedings of the 2019 International Technical Meeting of The Institute of Navigation*, pp. 870–883, Reston, Virginia.
- Asgari, H. a Jin, X. (2019). Incorporating Attitudinal Factors to Examine Adoption of and Willingness to Pay for Autonomous Vehicles. *Transportation Research Record*, 2673(8):418–429.
- Ashrafian, H. (2015). AIonAI: A Humanitarian Law of Artificial Intelligence and Robotics. *Science and Engineering Ethics*, 21(1):29–40.
- Asimov., I. (1996). *Já, Asimov*. Český spisovatel, Praha. ISBN: 80-202-0608-6.
- Avram, A., Schwieger, V., a Gemayel, N. E. (2019). Experimental results of multipath behavior for GPS L1-L2 and Galileo E1-E5b in static and kinematic scenarios. *Journal of Applied Geodesy*, 13(4):279–289.

- Bakker, T., van Asselt, K., Bontsema, J., Müller, J., a van Straten, G. (2011). Autonomous Navigation using a robot platform in a sugar beet field. *Biosystems Engineering*, 109(4):357–368.
- Baum, L., Assmann, T., a Strubelt, H. (2019). State of the art – Automated micro-vehicles for urban logistics. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13):2455–2462.
- Bekey, G. (1997). On robots, war and Asimov's laws. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 4(2):4.
- Berk, B. (2017). The Untold History of the First Driverless Car Crash—Part 1. The Drive. [online]. [cit. 2020-08-10]. Dostupné z: <https://www.thedrive.com/vintage/6797/the-untold-history-of-the-first-driverless-car-crash-part-1>.
- Bilancia, L. F. (2014). Safe product design, forensic engineering, and Asimov's Laws of Robotics. In *2014 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering (ISPC)*, pp. 17–24.
- Blakely, C. a Blakely, M. (2018). Asimov's Laws of Robotics and their significance for the Prison. *International Journal of Criminal Justice Sciences*, 13(1):164–171.
- Bochtis, D. D., Vougioukas, S. G., a Griepentrog, H. W. (2009). A Mission Planner for an Autonomous Tractor. *Transactions of the ASABE*, 52(5):1429–1440.
- Booth, L., Norman, R., a Pettigrew, S. (2019). The potential implications of autonomous vehicles for active transport. *Journal of Transport & Health*, 15:100623.
- Brázdlová, M. (28.9.2017). Německo sestavilo etické pokyny pro samořídící auta, upřednostní lidský život před zvířecím. [online]. [cit. 2020-23-11]. Dostupné z: <https://www.objevit.cz/nemecko-sestavilo-eticke-pokyny-pro-samoridici-auta-uprednostni-lidsky-zivot-pred-zvirecim-t231103>.
- BusPress.eu (19.4.2016). „Truck platooning“ zlepšuje bezpečnost a plynulost provozu i životní prostředí. [online]. [cit. 2020-27-11]. Dostupné z: <http://www.buspress.eu/truck-platooning-zlepsuje-bezpecnost-a-plynulost-provozu-i-zivotni-prostredi/>.
- Cao, J., Song, C., Peng, S., Song, S., Zhang, X., a Xiao, F. (2020). Trajectory Tracking Control Algorithm for Autonomous Vehicle Considering Cornering Characteristics. *IEEE Access*, 8:59470–59484.
- Chang, C.-M., Toda, K., Sakamoto, D., a Igarashi, T. (2017). Eyes on a Car: An Interface Design for Communication between an Autonomous Car and a Pedestrian. In *AutomotiveUI 2017: Proceedings of The 9th International Conference on Automotive User Interface and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '17, pp. 65–73, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Charlton, A. (07.07.2020). These 8 companies are making the self-driving truck a reality. [online]. [cit. 2021-15-03]. Dostupné z: <https://www.gearbrain.com/autonomous-truck-startup-companies-2587305809.html>.
- Chernykh, Y. (1977). Computed-Assisted Monitoring at Rostselmash Plant. *Industrial Laboratory*, 43(11):1623–1624.

- Clarke, J., Doherty, P., Connolly, L., Gavin, K., van der Tuin, M., van Gelder, P., Wells, S., Hajdin, R., Kovacevic, M. S., Hartmann, T., Stipanovic, I., Ehlers, R., Bianchizza, C., Paliukaite, M., Sims, C., a Vinscak, D. (2018). SAFE-10-T: Safety of Transport Infrastructure on the TEN-T Network. In Lakusic, S, editor, *5th International Conference on Road and Rail Infrastructure – CETRA 2018*, pp. 1417–1423, Zadar, Croatia.
- Clarke, R. (1994). Asimovs Laws of Robotics – Implications for Information Technology 2. *Computer*, 27(1):57–66.
- ČTK (10.02.2020). Česko podle studie KPMG zaostává v připravenosti na autonomní vozidla, nejlépe jsou na tom USA. [online]. [cit. 2021-15-03]. Dostupné z: <https://auto.ihned.cz/c1-66718940-cesko-podle-studie-kpmg-zaostava-v-pripravenosti-na-autonomni-vozidla-nejlepe-jsou-na-tom-usa>.
- Cugurullo, F., Acheampong, R. A., Gueriau, M., a Dusparic, I. (2020). The transition to autonomous cars, the redesign of cities and the future of urban sustainability. *Urban Geography*, 0(0):1–27.
- Curmei, C. (17.11.2020). Autonomous and Modular Tractor Looks So Beastly It Could be a Monster Truck. [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/autonomous-and-modular-tractor-looks-so-beastly-it-could-be-a-monster-truck-151624.html>.
- Dang, T., Lauer, M., Bender, P., Schreiber, M., Ziegler, J., Franke, U., Fritz, H., Strauß, T., Lategahn, H., Keller, C. G., Kaus, E., Rabe, C., Appenrodt, N., Pfeiffer, D., Lindner, F., Stein, F., Erbs, F., Enzweiler, M., Knöppel, C., Hipp, J., Haueis, M., Trepte, M., Brenk, C., Tamke, A., Ghanaat, M., Braun, M., Joos, A., Mock, H., Hein, M., Petrich, D., Schneider, N., Kronjäger, W., Zeeb, E., Stiller, C., a Herrtwich, R. G. (2015). Autonomes Fahren auf der historischen Bertha-Benz-Route. *Tm - Technisches Messen*, 82(5):280–297.
- de Moraes, G. A., Marcos, L. B., Bueno, J. N. A., de Resende, N. F., Terra, M. H., a Grassi Jr, V. (2020). Vision-based robust control framework based on deep reinforcement learning applied to autonomous ground vehicles. *Control Engineering Practice*, 104:104630.
- Delpiano, R., Herrera, J. C., Laval, J., a Coeymans, J. E. (2020). A two-dimensional car-following model for two-dimensional traffic flow problems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114:504–516.
- Demiridi, E., Kopelias, P., Nathanail, E., a Skabardonis, A. (2019). Connected and Autonomous Vehicles – Legal Issues in Greece, Europe and USA. In Nathanail, EG and Karakikes, ID, editor, *Data Analytics: Paving the Way to Sustainable Urban Mobility*, volume 879 of *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 756–763. 4th Conference on Sustainable Urban Mobility (CSUM), Greece.
- Dickmanns, E. D. (2002). The development of machine vision for road vehicles in the last decade. In *Intelligent Vehicle Symposium, 2002. IEEE*, pp. 268–281.
- Dittrich, L. (18.03.2019). Chtějí zákazníci plně autonomní auta? Průzkum ukazuje, že se jich spíš bojí. [online]. [cit. 2021-15-03]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/chteji-zakaznici-plne-autonomni-auta-pruzkum-ukazuje-ze-se-jich-spis-boji/>.

- Eaton, R., Katupitiya, J., Siew, K. W., a Howarth, B. (2008). Autonomous Farming: Modeling and Control of Agricultural Machinery in a Unified Framework. In *2008 15th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice*, pp. 499–504.
- El-Hassan, F. T. (2020). Experimenting With Sensors of a Low-Cost Prototype of an Autonomous Vehicle. *IEEE Sensors Journal*, 20(21):13131–13138.
- Engström, R. (2016). The Roads' Role in the Freight Transport System. In *Transport Research Arena TRA2016*, volume 14, pp. 1443–1452.
- Evropa v datech (10.2.2020). Doprava budoucnosti. [online]. [cit. 2021-1-1]. Dostupné z: <https://www.evropavdatech.cz/clanek/41-doprava-budoucnosti/#article-content>.
- Feitelson, D. G. (2007). Asimov's Laws of Robotics Applied to Software. *IEEE Software*, 24(4):112–112.
- Fengyan, D. a Shumao, W. (2008). The Application of Fuzzy Control to the Autonomous Tractor. In Zhang, H and Zhao, RMH, editor, *Proceedings of 2008 International Conference on Informationization, Automation and Electrification in Agriculture*, p. 234, Zhejiang.
- Focus (2016). Autonomní řízení automobilů. [online]. [cit. 2011-13-03]. Dostupné z: <https://www.focus-agency.cz/aktuality/autonomni-rizeni-automobilu>.
- Glon, R. (04.12.2018). Journey: the picture history of the driverless car. [online]. [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.autocar.co.uk/slideshow/journey-picture-history-driverless-car#14>.
- Goldmann, K. a Wessel, J. (2020). TEN-T corridors – Stairway to heaven or highway to hell? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137:240–258.
- Gordon-Spears, D. F. (2003). Asimov's Laws: Current Progress. In Hinchey, M. G., Rash, J. L., Truskowski, W. F., Rouff, C., a Gordon-Spears, D., editors, *Formal Approaches to Agent-Based Systems*, pp. 257–259, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Grain Central (21.08.2017). Russians test driverless harvester. [online]. [cit. 2021-15-03]. Dostupné z: <https://www.graincentral.com/wp-content/uploads/2017/08/082117-Autonomous-harvester-Russia-pic.jpg>.
- Gregersen, E. (2019). Isaac Asimov. [online]. [cit. 2021-13-03]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Isaac-Asimov>.
- Grigorev, G. a Chubukov, A. (1976). Full Mechanization of Assembly and Welding Operations at Rostselmash Works. *Welding Production*, 23(3):17–19.
- Grzelakowski, A. S. (2018). Development of the TEN-T Corridors and Their Impact on the Transport and Logistics Systems of the EU Countries. In Cokorilo, O, editor, *International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE)*, Assoc Italiana Ing. Traffico & Trasporti Res Ctr, pp. 1118–1123, Belgrade, Serbia.

- Gurumurthy, K. M., Kockelman, K. M., a Simoni, M. D. (2019). Benefits and Costs of Ride-Sharing in Shared Automated Vehicles across Austin, Texas: Opportunities for Congestion Pricing. *Transportation Research Record*, 2673(6):548–556.
- Gutman, P.-O. a Ioslovich, I. (2013). Inter-field routes scheduling and rescheduling for an autonomous tractor fleet at the farm. In *2013 18th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, pp. 812–817, Miedzyzdroje, Poland.
- Han, M., Dean, M. D., Maldonado, P. A., Masungi, P., Srinivasan, S., Steiner, R. L., a Salzer, K. (2019). Understanding Transit Agency Perceptions about Transportation Network Companies, Shared Mobility, and Autonomous Transit: Lessons from the United States. *Transportation Research Record*, 2673(5):95–108.
- Hewitt, C., Politis, I., Amanatidis, T., a Sarkar, A. (2019). Assessing Public Perception of Self-Driving Cars: the Autonomous Vehicle Acceptance Model. In *Proceedings of IUI 2019*, pp. 518–527. Assoc Comp Machinery. 24th ACM International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI), Los Angeles, CA, Mar 16-20, 2019.
- Hogan, J. (2003). Asimov's laws. In Hinchey, MG and Rash, JL and Truszkowski, WE and Rouff, C and GordonSpears, D, editor, *Formal Approaches to Agent-Based Systems*, volume 2699 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pp. 260–263. IEEE Comp Soc; NASA Goddard Code 588, Software Engn Lab; NASA Goddard Code 581, Software Engn Lab; Naval Res Lab; CTA Inc. 2nd International Workshop on Formal Approaches to Agent-Based Systems (FAABS 2002), Greenbelt, Maryland, Oct 29-31, 2002.
- Hoppe, M. a Trachsel, T. (2018). Emerging Trends in Transport Technologies: The Potential for Transformation Towards Sustainable Mobility. In Cokorilo, O, editor, *International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE 2018)*, pp. 208–215. Italian Soc Transportat Infrastructures; City Net Sci Res Ctr Ltd; Univ Belgrade, Fac Transport & Traff Engn. International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE), Assoc Italiana Ingn Traffico & Trasporti Res Ctr, Belgrade, Serbia, Sep 27-28, 2018.
- Howstuffworks.com (2002). 1935-1936 Pontiac. [online]. [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://auto.howstuffworks.com/1935-1936-pontiac.htm/>.
- Hyatt, K. (2.2.2021). VW Group will handle self-driving car development in-house, report says. [online]. [cit. 2021-14-03]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/roadshow/news/vw-group-self-driving-development-in-house/>.
- Iftimie, I. A., Carayannis, E. G., a Iftimie, M. C. A. (2019). Laws about Laws: Lethality, Autonomy and Sovereignty in a 21st Century Perspective. In Griffiths, P and Kabir, MN, editor, *Proceedings of the European Conference on the Impact of Artificial Intelligence and Robotics (ECIAIR 2019)*, pp. 165–171. European Conference on the Impact of Artificial Intelligence and Robotics (ECIAIR), EM Normandie Business Sch, Oxford, England, Oct 31-Nov 01, 2019.
- Iosa, M., Morone, G., Cherubini, A., a Paolucci, S. (2016). The Three Laws of Neuro-robotics: A Review on What Neurorehabilitation Robots Should Do for Patients and Clinicians. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 36(1):1–11.

- Jedlička, M. (29.6.2020). Vysoká výkonnost, automatizace a konektivita, John Deere odhaluje nové sklízecí mlátičky X9. [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/vysoka-vykonnost-automatizace-a-konektivita-john-deere-odhaluje-nove-sklizeci-mlaticky-x9>.
- Johnson, R. C. (2011). GPS System With IMUs Tracks First Responders. [online]. [cit. 2020-11-2]. Dostupné z: <https://www.eetimes.com/gps-system-with-imus-tracks-first-responders/>.
- Jung, Y., Seo, S.-W., a Kim, S.-W. (2020). Curb Detection and Tracking in Low-Resolution 3D Point Clouds Based on Optimization Framework. *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, 21(9):3893–3908.
- Kaltenhaeuser, B., Werdich, K., Dandl, F., a Bogenberger, K. (2020). Market development of autonomous driving in Germany. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 132:882–910.
- Kaminka, G. A., Spokoini-Stern, R., Amir, Y., Agmon, N., a Bachelet, I. (2017). Molecular Robots Obeying Asimov's Three Laws of Robotics. *Artificial Life*, 23(3):343–350.
- Keszey, T. (2020). Behavioural intention to use autonomous vehicles: Systematic review and empirical extension. *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 119.
- Khan, S. K., Shiwakoti, N., Stasinopoulos, P., a Chen, Y. (2020). Cyber-attacks in the next-generation cars, mitigation techniques, anticipated readiness and future directions. *Accident Analysis and Prevention*, 148.
- King, A. D. (1998). Inertial Navigation – Forty Years of Evolution. [online]. [cit. 2020-11-2]. Dostupné z: http://www.imar-navigation.de/downloads/papers/inertial_navigation_introduction.pdf.
- Kröger, F. (2016). Automated Driving in Its Social, Historical and Cultural Contexts. In Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B., a Winner, H., editors, *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*, pp. 41–68. Springer, Berlin, Heidelberg. ISBN 978-3-662-48845-4.
- Lafrance, A. (29.6.2016). Your Grandmother's Driverless Car. [online]. [cit. 2020-16-11]. Dostupné z: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/06/beep-beep/489029/>.
- Lambert, F. (28.11.2018). Tesla Semi reservation holder says deliveries are expected in 2020. [online]. [cit. 2020-14-12]. Dostupné z: <https://electrek.co/2018/10/28/tesla-semi-reservation-holder-delivery-2020/>.
- Leonard, C. (11.1.2016). National crash rate for conventional vehicles higher than crash rate of self-driving cars, report shows. [online]. [cit. 2020-23-11]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2016-01-national-conventional-vehicles-higher-self-driving.html>.
- Levinger, C., Hazon, N., a Azaria, A. (2020). Human Satisfaction as the Ultimate Goal in Ridesharing. *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Escience*, 112:176–184.

- Liu, X., Sun, X., a Xia, X. (2021). LiDAR point's elliptical error model and laser positioning for autonomous vehicles. *Measurement Science and Technology*, 32(3).
- Macmotorcitygarage.com (17.07.2018). Engineering the 1958 Firebird III Turbine Dream Car. [online]. [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.macsmotorcitygarage.com/video-engineering-the-1958-firebird-iii-turbine-dream-car/>.
- Mahmud, S. M. a Shanker, S. (2006). In-vehicle secure wireless personal area network (SWPAN). *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, 55(3):1051–1061.
- Maoli Wang, Yongwei Tang, Huijuan Hao, Fengqi Hao, a Junfei Ma (2016). The design of agricultural machinery autonomous navigation system based on Linux-ARM. In *2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, pp. 1279–1282.
- Mariotti, L. (2018). Autonomous and Modular Tractor Looks So Beastly It Could be a Monster Truck. [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.lorenzomariotti.com/2017/07/22/valtra-h202-series-concept/>.
- Matthews, N., An, P., Roberts, J., a Harris, C. (1998). A neurofuzzy approach to future intelligent driver support systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D-Journal of Automobile Engineering*, 212(D1):43–58. Autotech 95, Natl Exhibit Ctr, Birmingham, England, Nov 07-09, 1995.
- Merfeld, K., Wilhelms, M.-P., a Henkel, S. (2019). Being driven autonomously – A qualitative study to elicit consumers' overarching motivational structures. *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 107:229–247.
- Miltiadou, M., Bouhouras, E., Taxiltaris, C., a Mintsis, G. (2014). Towards Maximizations of the Added Value of Strategic Infrastructure Projects in South East Europe Through Improvements at Border Crossing Points. In Lakusic, S, editor, *Road and Rail Infrastructure III*, Road and Rail Infrastructure, pp. 137–145. Univ Zagreb, Fac Civil Engn, Dept Transportat Engn; CEMEX; Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH; Tensar Int; Univ Zagreb; Minist Maritime Affairs, Transport & Infrastructure; Minister Sci, Educ & Sports; HZ Infrastruktura d o o. 3rd International Conference on Road and Rail Infrastructure (CETRA), Split, Croatia, Apr 28-30, 2014.
- Mitchell, W., Borroni-Bird, C., a Burns, L. (2019). *Reinventing the Automobile*. Mit Press (Hersteller), Seiten. ISBN: isbn978-0-262-28855-2.
- Moran, M. (2008). Three laws of robotics and surgery. *Journal of Endourology*, 22(8):1557–1560. 24th World Congress of Endourology, Cleveland, OH, Aug 17-20, 2006.
- Moussa, M., Zahran, S., Mostafa, M., Moussa, A., El-Sheimy, N., a Elhabiby, M. (2020). Optical and Mass Flow Sensors for Aiding Vehicle Navigation in GNSS Denied Environment. *Sensors*, 20(22).
- Murphy, R. R. a Woods, D. D. (2009). Beyond Asimov: The Three Laws of Responsible Robotics. *IEEE Intelligent Systems*, 24(4):14–20.

- Mára, O. (13.11.2019). VW chce nabídnout plně autonomní řízení již v roce 2025. [online]. [cit. 2020-15-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vw-chce-nabidnout-plne-autonomni-rizeni-jiz-v-roce-2025-132012>.
- Nellis, S., Shirouzu, N., a Lienert, P. (21.12.2020). Exclusive: Apple targets car production by 2024 and eyes 'next level' battery technology - sources. [online]. [cit. 2021-14-03]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/us-apple-autos-exclusive-idUSKBN28V2PY>.
- Neznamov, A. (2018). New Laws of Robotics: Towards the Future Regulation. In *Proceedings of International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RAE 2018) and International Conference on Advanced Mechanical and Electrical Engineering (AMEE 2018)*, pp. 91–95. International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering (RCAE) / International Conference on Advanced Mechanical and Electrical Engineering (AMEE), Beijing, Peoples R China, Dec 26-28, 2018.
- Ni, T., Li, W., Zhao, D., a Kong, Z. (2020). Road Profile Estimation Using a 3D Sensor and Intelligent Vehicle. *Sensors*, 20(13).
- Novak, T. P. (2020). A Generalized Framework for Moral Dilemmas Involving Autonomous Vehicles: A Commentary on Gill. *Journal of Consumer Research*, 47(2):292–300.
- Novinky.cz (2018). Autonomní nákladní auta křižují Spojené státy, zatím v rámci testů. [online]. [cit. 2020-14-12]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/autonomni-nakladni-auta-krizuji-spojene-staty-zatim-v-ramci-testu-40060137>.
- Oberg, M., Nilsson, K. L., a Johansson, C. M. (2018). Complementary governance for sustainable development in transport: The European TEN-T Core network corridors. *Case Studies on Transport Policy*, 6(4):674–682.
- Papanikolaou, D. (2019). To Share or Not? A Critical View on Personal Mobility. *Architecture and Culture*, 7(3):399–417.
- Pisarov, J. a Mester, G. (2021). The Future of Autonomous Vehicles. *Fme Transactions*, 49(1):29–35.
- Potatosystem.ru (30.7.2020). Rostselmash představí na veletrhu Agrosalon 2020 bezpilotní kombajnové systémy. [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://cs.potatosystem.ru/rostselmash-se-predstaví-na-agrosalonu-2020/>.
- Pöllänen, E., Read, G. J. M., Lane, B. R., Thompson, J., a Salmon, P. M. (2020). Who is to blame for crashes involving autonomous vehicles? Exploring blame attribution across the road transport system. *Ergonomics*, 63(5):525–537.
- Rashidi, T. H., Waller, T., a Axhausen, K. (2020). Reduced value of time for autonomous vehicle users: Myth or reality? *Transport Policy*, 95:30–36.
- Rekow, A. K. W. a Ohlemeyer, H. (2007). Automated headland turns - The next step in automated agricultural machines. In *Conference: Agricultural Engineering 2007*, volume 2001 of *Vdi Berichte*, pp. 199–209. VDI; MEG. Conference on Agricultural Engineering, Hannover, Germany, Nov 09-10, 2007.

- Riener, A., Jeon, M. P., Alvarez, I., Pfleging, B., Mirnig, A., Tscheligi, M., a Chuang, L. (2016). 1st Workshop on Ethically Inspired User Interfaces for Automated Driving. In Green, P and Pfleging, B and Kun, AL and Liang, Y and Meschtscherjakov, A and Frohlich, P, editor, *Automotivuvei 2016: 8TH International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, pp. 217–220. 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI), Univ Michigan Transportat Res Inst Driver Interface Grp, Ann Arbor, MI, Oct 24-26, 2016.
- Roshanianfard, A., Noguchi, N., Okamoto, H., a Ishii, K. (2020). A Review of Autonomous Agricultural Vehicles (The Experience of Hokkaido University). *Journal of Terramechanics*, 91:155–183.
- SAE (2014). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
- Saur, J. (2016). More to Asimov's First Law. *Communications of the Acm*, 59(9):8–9.
- Schoonmaker, J. (2016). Proactive privacy for a driverless age. *Information & Communications Technology Law*, 25(2):96–128.
- Schurr, N., Varakantham, P., Bowring, E., Tambe, M., a Grosz, B. (2007). Asimovian multiagents Applying laws of robotics to teams of humans and agents. In Bordini, RH and Dastani, M and Dix, J and Seghrouchni, AEF, editor, *Programming Multi-Agent Systems*, volume 4411 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, p. 41. AAMAS. 4th International Workshop on Programming Multi-Agent Systems, Hakodate, Japan, May 09, 2006.
- Sedláček, V. (13.8.2019). Daimler odstartoval dodávky svého elektrického tahače eCascadia. [online]. [cit. 2020-14-12]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/daimler-odstartoval-dodavky-sveho-elektrickeho-tahace-ecascadia-4146>.
- Shaheen, S. A. a Cohen, A. P. (2007). Growth in worldwide carsharing - An international comparison. *Transportation Research Record*, 1992:81–89.
- Simon, R., Rupitsch, S., Baumann, M., Wu, H., Peremans, H., a Steckel, J. (2020). Bio-inspired sonar reflectors as guiding beacons for autonomous navigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(3):1367–1374.
- Smith, B. W. (2018). Model Legislation for Automated Driving. In Meyer, G and Beiker, S, editor, *Road Vehicle Automation 4*, Lecture Notes in Mobility, pp. 79–88. Automated Vehicles Symposium (AVS), San Francisco, CA, Jul, 2016.
- Staff, M. (21.12.2020). Apple's vehicle project, focused on building an autonomous driving car. [online]. [cit. 2020-28-12]. Dostupné z: <https://www.macrumors.com/roundup/apple-car/>.
- Stanila, L. (2020). Living in the Future: New Actors in the Field of Criminal LAW - Artificial Intelligence. In Damberg, A, editor, *Legal Science: Functions, Significance and Future in Legal Systems II*, pp. 300–312. Univ Lativa; Univ Lativa, Fac Law.

- 7th International Conference of the Faculty-of-Law-of-the-University-of-Latvia on Legal Science - Functions, Significance and Future in Legal Systems, Riga, Latvia, Oct 16-18, 2019.
- Starlino (2009). A Guide to Using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications. [online]. [cit. 2020-11-2]. Dostupné z: http://www.starlino.com/imu_guide.html.
- Strompraha.cz (6.8.2020). První dojmy z nové X9ky. [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/novinky/prvni-dojmy-z-nove-x9tky>.
- Su, S., Chaniotakis, E., Narayanan, S., Jiang, H., a Antoniou, C. (2020). Clustered tabu search optimization for reservation-based shared autonomous vehicles. *Transportation Letters-the International Journal of Transportation Research*. Early Access: Sep 2020.
- Tan, S. H. M. a Yeo, C. K. (2020). GPS Location Spoofing and FM Broadcast Intrusion Using Software-Defined Radio. *International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking*, 12(4):104–117.
- Teschler, L. (2018). Inertial Measurement Units Will Keep Self-Driving Cars on Track. [online]. [cit. 2020-11-2]. Dostupné z: <http://https://www.microcontrollertips.com/inertial-measurement-units-will-keep-self-driving-cars-on-track-faq/>.
- Tesla (2021). SEMI. [online]. [cit. 2021-15-03]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/semi>.
- Teslafan.cz (16.3.2017). Autonomní auta mají problém! Potřebují zcela jiné mapy. [online]. [cit. 2020-23-11]. Dostupné z: <https://www.teslafan.cz/clanky/autonomni-auta-maji-problem-potrebuji-zcela-jine-mapy>.
- Thanpattranon, P., Ahamed, T., a Takigawa, T. (2015). Navigation of an Autonomous Tractor for a Row-Type Tree Plantation Using a Laser Range Finder—Development of a Point-to-Go Algorithm. *Robotics*, 4(3):341–364.
- Thomas, E., McCrudden, C., Wharton, Z., a Behera, A. (2020). Perception of autonomous vehicles by the modern society: a survey. *IET Intelligent Transport Systems*, 14(10):1228–1239.
- Toman, P. (9.1.2019). Překážkou nasazení autonomních vozů je hlavně legislativa a nejasná odpovědnost, technologie už většinu zvládnou. [online]. [cit. 2021-1-1]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66424030-prekazkou-nasazeni-autonomnich-vozu-je-hlavne-legislativa-a-nejasna-odpovednost-technologie-uz-vetsinu-zvladnou>.
- Valverde-Moreno, S. (2020). 3D sensors implementation for mobile robots and autonomous vehicles navigation. *Tecnologia en Marcha*, 33(SI):176–186.
- Warwick, K. (1997). *March of the machines, Why the new race of robots will rule the world*. Century books limited, London. ISBN: 0252072235.
- Windsor, M. (12.6.2015). Will your self-driving car be programmed to kill you? [online]. [cit. 2020-23-11]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2015-06-self-driving-car.html>.

- Xie, M., Trassoudaine, L., Alizon, J., Thonnat, M., a Gallice, J. (1993). Active and Intelligent Sensing of Road Obstacles - Application to the European Eureka-Prometheus Proect. In *Fourth International Conference on Computer Vision : Proceedings*, pp. 616–623. IEEE, Comp Soc, Tech Comm Patern Anal & Machine Intelligence; Gesell Informat; Fraunhofer Gesell Forderuungewandten forsch; European Vis Soc. 4TH International Conf on Computer Vision (ICCV 93), Humboldt Univ, Berlin, Germany, May 11-14, 1993.
- Yang, D., Zhu, L., Liu, Y., Wu, D., a Ran, B. (2019). A Novel Car-Following Control Model Combining Machine Learning and Kinematics Models for Automated Vehicles. *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, 20(6):1991–2000.
- Yokoi, R. a Nakayachi, K. (Jul 2020). Trust in Autonomous Cars: Exploring the Role of Shared Moral Values, Reasoning, and Emotion in Safety-Critical Decisions. *Human Factors*.
- Yoshiki, T., Kanji, T., a Naiming, Y. (2018). Scalable Change Detection from 3D Point Cloud Maps: Invariant Map Coordinate for Joint Viewpoint-Change Localization. In *2018 21ST International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems-ITSC, pp. 1115–1121. IEEE; IEEE Intelligent Transportat Syst Soc. 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI, Nov 04-07, 2018.
- Zhou, X., Sun, J., Jiang, P., Qiu, C., a Wang, Q. (2021). Improvement of detection probability and ranging performance of Gm-APD LiDAR with spatial correlation and adaptive adjustment of the aperture diameter. *Optics and Lasers in Engineering*, 138.
- Zoldy, M. (2019). Legal Barriers of Utilization of Autonomous Vehicles as Part of Green Mobility. In Burnete, N and Varga, BO, editor, *Proceedings of the 4TH International Congress of Automotive and Transport Engineering (AMMA 2018)*, Proceedings in Automotive Engineering, pp. 243–248. Int Federat Automot Engn Soc; Tech Univ Cluj Napoca; Soc Automot Engineers Int. 4th International Congress of Automotive and Transport Engineering (AMMA), Cluj-Napoca, Romania, Oct 17-19, 2018.
- Özguner, U., Acarman, T., a Redmil, K. (2011). *Autonomous ground vehicles*. Artech House, Boston. ISBN: 978-1-60807-192-0.

Seznam obrázků

2.1	Pontiac 1935 (Howstuffworks.com, 2002)	8
2.2	GM-Firebird-III (Macmotorcitygarage.com, 2018)	9
2.3	MB-Bosch 410 (Glon, 2018)	10
2.4	Pohled společnosti na autonomní řízení (Focus, 2016)	13
3.1	Valtra H202 (Mariotti, 2018)	22
3.2	John Deer X9 (Strompraha.cz, 2020)	23
3.3	Rostselmash 181 (Grain Central, 2017)	24
5.1	Isaac Asimov v roce 1979 (Gregersen, 2019)	32

Seznam tabulek

4.1 Srovnání snímačů	27
--------------------------------	----