

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



## Autonomní vozidla

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Autor práce: Petr Hřídel

PRAHA 2022

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Hříděl

Technika a technologie v dopravě a spojích  
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Autonomní vozidla**

Název anglicky

**Self-driving cars**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku autonomních vozidel. Hlavním cílem práce bude vytvořit přehled problematiky autonomních vozidel. Dílčím cílem bude problematika upřednostňování lidského života při nehodě.

### Metodika

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce se bude věnovat zkoumání upřednostňování lidského života při nehodě. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 4 Praktická část práce
- 5 Závěr
- 6 Seznam použitých zdrojů
- 7 Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

25-40

**Klíčová slova**

Autonomní vozidla, lidský život, bezpečnost

---

**Doporučené zdroje informací**

Akční plán autonomního řízení, Ministerstvo dopravy

<https://www.autonomne.cz/>

Ondruš, J., Kolla, E, Vertal, P, Šaric, Ž. How Do Autonomous Cars Work? Transportation Research Procedia  
Volume 44, 2020, Pages 226-233

Průzkum k informovanosti a postojům obyvatel České republiky k tématu autonomních vozidel,  
Ministerstvo dopravy

VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonomika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize :  
struktura : materiály. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2021

**Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2022

### **Čestné prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Autonomní vozidla vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 30.3.2022

  
\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí bakalářské práce paní Ing. Veronice Hartové, Ph.D., za poskytnutí odborných rad, ochotu pomoci a milý přátelský přístup.

## **Autonomní vozidla**

**Abstrakt:** Práce se zabývá problematikou autonomních vozidel. Výsledkem práce je přehled této problematiky. Obsahuje její historii, průzkum veřejného mínění, SAE, popis funkce, klasifikaci, výhody, překážky a výzvy, spjaté technologie a legální výzvy. Praktická část práce se zabývá programem Moral Machine a problematikou upřednostňování lidského života při nehodě.

**Klíčová slova:** Samořídící auta, lidský život, bezpečnost, veřejné mínění, SAE, moderní technologie, budoucnost

## **Self-driving cars**

**Summary:** The thesis deals with the issue of autonomous vehicles. The result of the thesis is an overview of this issue. Contains its history, opinion poll, SAE, function description, classification, benefits, obstacles and challenges, related technologies and legal challenges. The practical part of the work deals with the Moral Machine program and the issue of prioritizing human life in an accident.

**Key words:** Self-driving cars, human life, safety, public opinion, SAE, modern technology, future

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
2.1. Cíl práce .....	2
2.2. Metodika .....	2
3. Přehled řešené problematiky.....	3
3.1. Historie.....	3
3.2. Informovanost a názor obyvatel České republiky na autonomní vozidla .....	4
3.2.1. Výhody autonomních vozidel .....	6
3.2.2. Obavy z používání autonomních vozidel.....	7
3.2.3. Výsledek průzkumu .....	7
3.3. SAE .....	8
3.4. Jak autonomní vozidla fungují .....	11
3.5. Klasifikace Autonomních vozidel .....	12
3.6. Potenciální výhody .....	13
3.7. Potenciální překážky .....	14
3.8. Výzvy .....	14
3.9. Technologie autonomních vozidel .....	14
3.9.1. LIDAR .....	15
3.9.2. RADAR .....	15
3.9.3. Ultrazvukové snímače.....	16
3.9.4. Videokamery.....	16
3.9.5. GPS .....	16
3.9.6. IMU (Inertial Measurement Unit).....	16
3.9.7. CPU (Central Processing Unit) nebo počítač .....	17
3.10. Legální výzvy .....	17
3.10.1. Právní důslednost .....	18
3.10.2. Závazná regulace.....	19
3.10.3. Nezávazná regulace.....	19
3.10.4. Udělování výjimek .....	22

4.	Praktická část práce .....	23
4.1.	Moral Machine .....	23
4.2.	Výsledky .....	28
4.2.1.	Vyhodnocení softwaru .....	29
5.	Závěr .....	30
6.	Seznam použitých zdrojů.....	31



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf Autonomní vozidla a každodenní mobilita (Zdroj: [1]).....	5
Obrázek 2: Graf proč lidé nechtějí používat autonomní vozidla (Zdroj: [1]).....	6
Obrázek 3: SAE J3016 Úrovně automatizace jízdy (Zdroj: [7]) .....	8
Obrázek 4: Moral Machine Judge (Zdroj: [18]) .....	25
Obrázek 5: Moral Machine Design (Zdroj: [18]) .....	26
Obrázek 6: Moral Machine Browse (Zdroj: [18]) .....	27
Obrázek 7: Výsledky 1 (Zdroj: [18]) .....	28
Obrázek 8: Výsledky 2 (Zdroj: [18]) .....	28

## **Seznam zkratek**

3-D (Three-Dimensional)

ALV (Autonomous Land Vehicle)

BRAiVE (BRAIn-drIVE)

CPU (Central Processing Unit)

D.C. (District of Columbia)

GPS (Global Positioning System)

IMU (Inertial Measurement Unit)

ISO (International Organization for Standardization)

LIDAR (LIght Detection And Ranging)

ML (Machine Learning)

NAVLAB (NAViigation LABoratory)

NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)

PROMETHEUS (PROgraMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety)

RADAR (RAdio Detection And Ranging)

SAE (Society of Automotive Engineers)

USA (United States of America)

# 1. Úvod

Autonomní vozidla v současnosti nejsou běžnou částí dopravního provozu České republiky. Reakce českých občanů na budoucí možnost jejich začlenění do provozu se různí od nadšení přes skepsi až k obavám. Autonomní vozidla bezpochyby probouzejí v lidech nemalý zájem, a to nejen v České republice, ale i po celém světě. Významnou roli zde hraje lidská psychologie, od které se odvíjí postoj a důvěra k novým typům technologií, kterou autonomní vozidla bezpochyby jsou. To pak zásadně ovlivňuje ochotu lidí si je osvojit a následně případně i pořídit. S autonomními vozidly přicházejí i nové otázky, možnosti a problémy. Například použití autonomních vozidel pro cestu do práce, možné výhody jako méně dopravních kolon, nebezpečí útoků hackerů, nebo volný čas vzniklý uvolněním řidiče od řízení vozu. [1, 2, 3]

Ministerstvo dopravy České republiky ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu provedlo v roce 2017 studii zaměřenou na informovanost a názory české veřejnosti k tomuto tématu. [1]

Slovo autonomní je odvozeno z řeckých kořenů. Autonomní = autos (sám) + nomos (řídít). Autonomní auto je tedy vozidlo, které se může samo řídit z jednoho bodu do druhého bez pomoci řidiče. Jinými slovy se systémem autopilota. Jiná definice říká, že autonomní automobil je vozidlo, které je schopné vnímat své okolí a navigovat bez lidského zásahu. [4]

Osobní mobilita se chystá zažít bezprecedentní revoluci motivovanou technologickými změnami v automobilovém průmyslu. Zavedení automatizovaných vozidel, ve kterých alespoň některé řídicí funkce probíhají bez přímého zásahu řidiče, zcela změní způsob pohybu lidí. Přijetí automatizovaných navigačních systémů má potenciál dramaticky snížit dopravní zácpy, nehody a současně vytvořit podstatná zlepšení v celkovém zážitku z cesty a také poskytnout lepší příležitosti pro přístupnost lidem se sníženou pohyblivostí. [5]

## **2. Cíl práce**

### **2.1. Cíl práce**

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku autonomních vozidel. Hlavním cílem práce bude vytvořit přehled problematiky autonomních vozidel. Dílčím cílem bude problematika upřednostňování lidského života při nehodě.

### **2.2. Metodika**

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce se bude věnovat zkoumání upřednostňování lidského života při nehodě. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce. Byly nastudovány materiály na literární rešerši a podle nich se bude postupně postupovat při zpracování bakalářské práce.

Praktická část práce bude provedena v následujících krocích. Průzkum a studium programu Moral Machine a přiřazených materiálů. Moral Machine je platforma pro sběr lidské perspektivy na morální rozhodnutí učiněná umělou inteligencí, jako jsou například samořídící auta. Program a veškeré jeho funkce budou detailně popsány. Tři hlavní funkce softwaru jsou judge = souzení, design = návrh, browse = prohlížení. Nakonec bude provedeno měření a vyhodnocení naměřených výsledků a jejich porovnání s ostatními uživateli softwaru. Měření bude probíhat v jedné z hlavních funkcí programu: judge. Měření spočívá v tom, že software postaví uživatele před morální dilemata, kde si autonomní vozidlo musí vybrat mezi menším a větším zlem. Ne vždy je rozhodnutí jednoznačné a hranice mezi tím, co je menší nebo větší neštěstí, jsou často nejasné, tenké a subjektivní. Jako vnější pozorovatel uživatel určuje, které rozhodnutí je více přijatelné.

### 3. Přehled řešené problematiky

Autonomní vozidlo představuje vysokou (úroveň 4) až úplnou (úroveň 5) úroveň automatizace podle SAE (Society of Automotive Engineers). To znamená, že systém přebírá kontrolu nad všemi úkony spojenými s řízením vozidla. [1]

#### 3.1. Historie

Experimenty byly prováděny na automatizačních autech přinejmenším od 20. let 20. století. Slibné zkoušky proběhly v 50. letech 20. století a od té doby práce pokračují. První soběstačná a skutečně autonomní auta se objevila v 80. letech, s projekty NAVLAB (NAVigation LABoratory) a ALV (Autonomous Land Vehicle) Carnegie Mellon University v roce 1984 a Mercedes-Benz a Bundeswehr University Mnichov s projektem Eureka PROMETHEUS (PROgramMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety) v roce 1987. Od té doby řada významných společností a výzkumných organizací vyvinula funkční prototypy autonomních vozidel, včetně Mercedes-Benz, General Motors, Continental Automotive Systems, Autoliv, Bosch, Nissan, Renault, Toyota, Audi, Hyundai Motor Company, Volvo, Tesla Motors a Peugeot. Od roku 2010 vyvíjí společnost Google své autonomní vozidlo. V červenci 2013 Vislab předvedl BRAiVE (BRAin-drIVE), vozidlo, které se autonomně pohybovalo po smíšené dopravní trase otevřené pro veřejný provoz. V roce 2013 vláda Spojeného království povolila testování autonomních vozů na veřejných komunikacích. Předtím bylo veškeré testování robotických vozidel ve Spojeném království prováděno na soukromém pozemku. Společnost Tesla Motors od roku 2014 instaluje do všech svých vozidel autopilota, což je semiautonomní asistent řízení. V roce 2014 francouzská vláda oznámila, že testování autonomních vozů na veřejných silnicích bude povoleno v roce 2015. V Evropě plánují provozovat dopravní systémy pro auta bez řidiče města v Belgii, Francii, Itálii a Spojeném království. Německo, Nizozemsko a Španělsko povolily testování robotických aut v provozu. V roce 2015 pět států USA (United States of America) společně s Washingtonem, D.C. (District of Columbia) umožnilo testování plně autonomních vozů na veřejných komunikacích. [4]

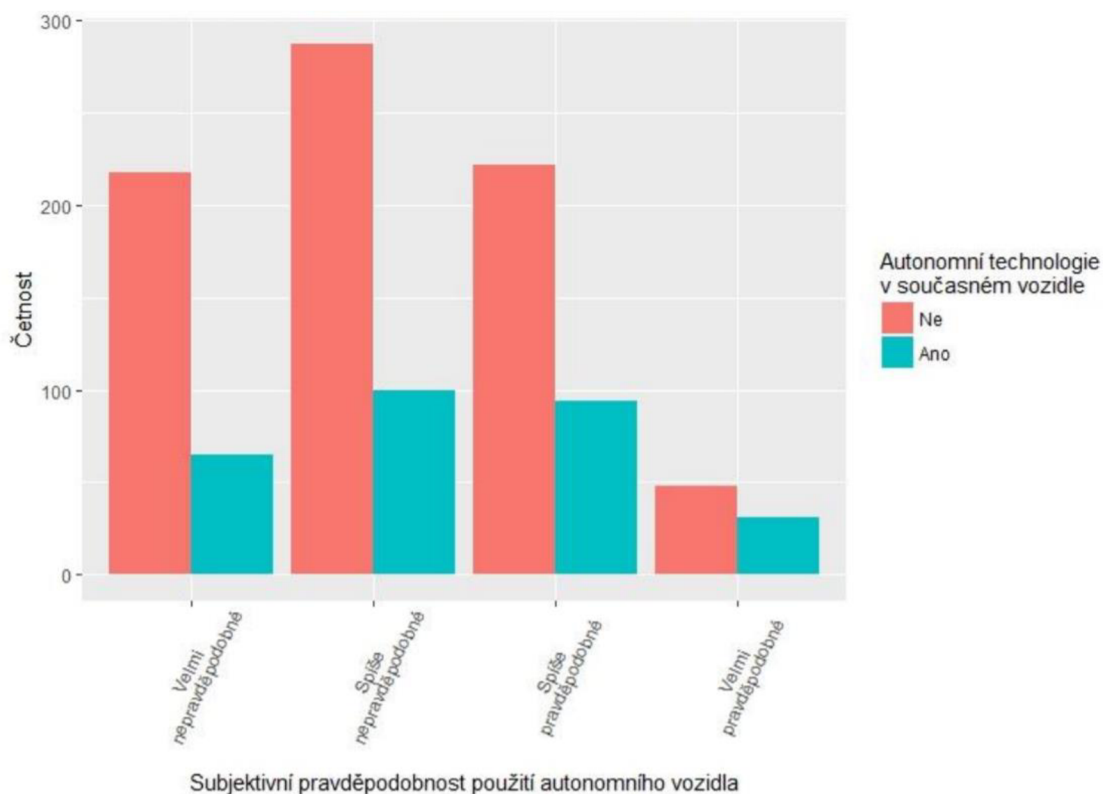
### **3.2. Informovanost a názor obyvatel České republiky na autonomní vozidla**

Bylo dotázáno 1065 osob nad patnáct let, z čehož bylo 542 mužů a 523 žen a jejich průměrný věk byl padesát let. Většina dotázaných měla středoškolské vzdělání ukončené maturitou nebo výučním listem celkem 811 lidí a 693 dotázaných mělo před průzkumem povědomí o autonomních vozidlech. [1]

Celkové hodnocení průzkumu ukázalo, že 40 % dotázaných vnímá autonomní vozidla spíše pozitivně, dalších 40 % neutrálně a 20 % negativně. Průzkum také prokázal, že respondenti, kteří neměli o autonomních vozidlech povědomí už před průzkumem, tíhli více k jejich negativnímu vnímání než respondenti, kteří o autonomních vozidlech už něco věděli z dřívějšíka. Většina dotázaných, kteří vnímali autonomní vozidla negativně, byla vyššího věku a měla průměrně nižší úroveň dosaženého vzdělání. [1]

Účastníkům průzkumu byla také položena otázka, zdali si myslí, že je pravděpodobné, aby v případě jejich větší dostupnosti v budoucnu, byla autonomní vozidla jejich hlavním způsobem dopravy na denní bázi. Zhruba 60 % z nich odpovědělo, že to je nepravděpodobné. Skoro 30 % dotázaných však řeklo, že jejich současné vozidlo či vozidla disponují alespoň jedním prvkem autonomní technologie, jako je udržování vozidla v jízdním pruhu. [1]

Obrázek 1: Graf Autonomní vozidla a každodenní mobilita (Zdroj: [1])



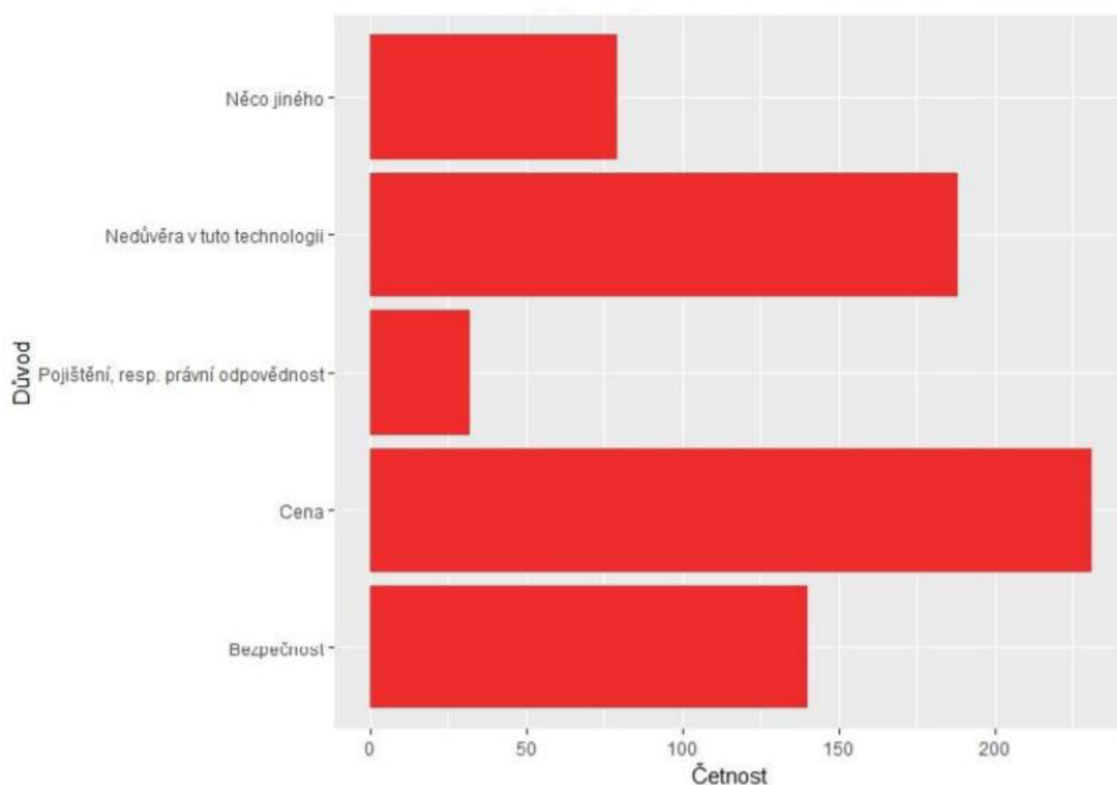
Obrázek 1 ukazuje, že dřívější zkušenosti s autonomními technologiemi zvyšují osobní pravděpodobnost využití autonomních vozidel jakožto způsobu dopravy na denní bázi. Tento závěr se shoduje i se zahraničními průzkumy. [1, 6]

Ochota budoucího použití autonomních vozidel u českých respondentů je podobná jako v Německu a Nizozemsku. Z tamních dotázaných lidí je dle průzkumů 40 % ochotno používat autonomní vozidla jakožto jejich hlavní způsob dopravy na denní bázi. Pro porovnání v Indii to je 40 %, v Číně 75 % a v Japonsku 36 % dotázaných. [1]

Jedním z možných důvodů, proč se od sebe procenta lidí ochotných používat autonomní vozidla v různých zemích značně odlišují, je rozdílné očekávání benefitů autonomních vozidel ve srovnání s běžnými vozidly. Dále to také může ovlivňovat hodnocení aktuálního dopravního systému, který se ve zmíněných zemích různí. [1]

Dotázaní, jež odpověděli, že použití autonomních vozidel coby jejich hlavního způsobu dopravy na denní bázi, je nepravděpodobné, dále uvedli své důvody pro tuto volbu. Výši předpokládané pořizovací ceny uvedlo 34 % z nich, 28 % vyjádřilo nedůvěru v technologii autonomních vozidel, 21 % udalo strach z bezpečnosti a 5 % uvedlo právní důvody. Toto shrnuje graf na obrázku 2. [1]

Obrázek 2: Graf proč lidé nechtějí používat autonomní vozidla (Zdroj: [1])



### 3.2.1. Výhody autonomních vozidel

Více než polovina dotázaných uvedla vyšší bezpečnost dopravního provozu nebo efektivní provoz vozidla. Pod bezpečnějším provozem se rozumí méně dopravních nehod a jejich menší závažnost, rychlejší reakce záchranářů, větší bezpečnost pro chodce a cyklisty. Pod efektivním provozem se rozumí nižší spotřeba paliva nebo méně emisí. [1]

Podle dotázaných příchod autonomních vozidel také přinese lepší spoje do míst se špatnou dostupností hromadné dopravy. [1]



### **3.2.2. Obavy z používání autonomních vozidel**

Zvyknout si na používání autonomních vozidel a s jejich schopností řídit na lidské úrovni nemá většina dotázaných žádné, či jen minimální obavy. Velké obavy nadpoloviční většinou působí následky selhání systému, vzájemné působení v provozu s neautonomními vozidly a neschopnost adekvátní reakce v nepředvídatelných situacích. Dále má zhruba půlka dotázaných obavy o soukromá data, například možnost sledování trasy jejich jízdy, a také obavy co se týče spolehlivosti autonomních vozidel, například během nevlídného počasí, interakcích s chodci a cyklisty a s plněním potřeb řidiče. V tomto ohledu se čeští respondenti značně odlišují od svých protějšků v USA. Tam výrazně převyšují obavy spjaté s právním hlediskem používání autonomních vozidel, soukromím dat a schopností autonomních vozidel řídit stejně kvalitně jako lidé. [1]

### **3.2.3. Výsledek průzkumu**

Majoritně bylo hodnocení autonomních vozidel účastníků pozitivní až neutrální. Většina z nich o autonomních vozidlech slyšela už před průzkumem. Přesto si většina z nich nedokáže představit, že by autonomní vozidla používali na denní bázi. Za hlavní výhody dotázaní považují vyšší bezpečnost a efektivitu dopravy. Největší obavy působí možnost a následky selhání systému, korespondence s normálními vozidly a schopnost reakce na nepředvídatelné situace. Výsledky průzkumu se velmi podobají výsledkům naměřeným v kulturně podobných zemích. [1]

### 3.3. SAE

Definice schopnosti autonomního řízení je spektrum funkcí, které začínají základní funkcí podpory řidiče až po nejvyšší úroveň, kterou je úplná autonomie řízení. Při objasňování různých úrovní je jedním z nových přírůstků do tabulek to, že SAE a ISO (International Organization for Standardization) definují první tři úrovně L0, L1 a L2 jako systémy podpory řidiče, zatímco L3, L4 a L5 se používají pro skutečné automatizované systémy řízení. Jednotlivé úrovně SAE jsou vidět na obrázku 3. [7]

Obrázek 3: SAE J3016 Úrovně automatizace jízdy (Zdroj: [7])

**SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™**  
 Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016\\_202104](http://sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You <b>are driving</b> whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You <b>are not driving</b> when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You <b>must constantly supervise</b> these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you <b>must drive</b>	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are <b>driver support features</b>			These are <b>automated driving features</b>		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering <b>OR</b> brake/acceleration support to the driver	These features provide steering <b>AND</b> brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatic emergency braking</li> <li>• blind spot warning</li> <li>• lane departure warning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering <b>OR</b></li> <li>• adaptive cruise control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering <b>AND</b></li> <li>• adaptive cruise control at the same time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• traffic jam chauffeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• local driverless taxi</li> <li>• pedals/steering wheel may or may not be installed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions</li> </ul>

Copyright © 2021 SAE International.

Netřeba dodávat, že žádná společnost zabývající se autonomním řízením dosud nedosáhla autonomie SAE úrovně 5 a mnozí pozorovatelé z oboru se domnívají, že autonomie úrovně 5 může být ještě desítky let daleko od toho, aby se stala realitou. Průmysl však věří, že asistence při řízení na dálku se stane důležitým krokem na cestě k autonomii úrovně 5, a proto nová revize tabulky SAE odráží tuto nevyhnutelnost. [7]

Tabulka SAE J3016 je oficiální šesti úrovněová definice schopnosti autonomního řízení a byla vydána v roce 2014 prostřednictvím organizačních orgánů SAE International a Mezinárodní organizací pro standardizaci ISO. Tabulka byla vylepšena, aby obsahovala jasnější definici funkcí podpory řidiče, včetně centrování jízdních pruhů, podpory brzdění/zrychlení a adaptivních tempomatů. Stojí za zmínku, že člověk vždy řídí v úrovních SAE 0 až 2. Automatizované řízení není funkcí, dokud se nedostane na úroveň SAE 3. Ve skutečnosti všechny spotřebitelské automobily, které jsou v současné době na cestách, včetně Tesly, jsou pouze na úrovni automatizace řízení 2. Tesla musela nedávno ustoupit od tvrzení Elona Muska, že bude na úrovni 5 autonomie do konce roku 2021. [7]

Většina výrobců automobilů vyvinula a komercializovala určitou formu autonomie SAE úroveň 0-2 jako možnosti u svých vozidel modelového roku 2021. Tato technologie je nyní nabízena v podobě volitelných doplňků, jako je inteligentní tempomat, inteligentní řízení jízdního pruhu, systém udržování v jízdním pruhu nebo jednoduše adaptivní tempomat. Všechny tyto funkce pomáhají řidičům udržet bezpečnou kontrolu nad vozidlem nebo rychleji reagovat na hrozící nehodu. Tato technologie úspěšně zachraňuje životy. Navíc mnoho výrobců automobilů nyní dodává tuto funkci jako standardní vybavení, nikoli jako doplněk. [7]

Waymo je jedním z poskytovatelů autonomie, který v současnosti provozuje taxislužbu bez řidiče na úrovni 4 autonomie SAE. Vozidlo s podporou Waymo Driver si však zatím veřejnost nemůže koupit. Waymo One je její plně veřejná, plně autonomní služba přivolání jízdy. Služba Waymo One a vozidla s podporou Waymo Driver jsou stále ve vývoji, ale nyní může kdokoli absolvovat plně autonomní jízdy, kdykoli se nachází na území Arizony v Metro Phoenix. Společnost si nárokuje více než 20 milionů mil zkušeností na veřejných komunikacích. Systémy jsou však velmi pečlivě monitorovány a fungují v části světa, kde téměř stále svítí slunce a nikdy nesněží. To vytváří ideální provozní podmínky a pomáhá snižovat rizika pro cestující Waymo. [7]

Dosažení úrovně autonomie 5 bude vyžadovat, aby vozidlo bylo schopno řídit v kteroukoli denní dobu, za každého počasí a na všech typech silnic. Jsou to právě poslední dvě podmínky, které představují největší výzvu pro autonomní systémy. Povětrnostní podmínky jako déšť, plískanice a sníh snižují účinnost palubních senzorů. Ve skutečnosti mohou některé povětrnostní podmínky senzor zcela zaslepit, takže je pak k ničemu. Pokud se na přední části jednotky LIDAR (LIght Detection And Ranging) nahromadí padající sníh, nemůže již vrátit 3-D (Three-Dimensional) data pro motor vnímání vozidla. [7]

Stejně tak jízda po silnicích bez značek představuje různé výzvy pro umělou inteligenci na palubě. Od uvedení prvního vozidla Tesla na trh, její řidiči bezděčně učí řídit model Tesla ML (Machine Learning). Pomocí zpětné vazby dat ze senzorů a vstupů lidských řidičů využívá Tesla své lidské vlastníky jako vstup do modelů ML pomocí každodenních dat na silnici. Z tohoto datového toku se model Tesla ML učí z voleb, které lidští řidiči učinili v jakékoli dané jízdě situaci. [7]

Je pozoruhodné porovnat typy senzorů na vozidle vybaveném ovladačem Waymo Driver s vozidlem Tesla. Automobil vybavený řidičem Waymo má kolem vozidla 29 kamer a dalších senzorů, které všechny poskytují překrývající se pohled na svět kolem. Pomocí fúze senzorů může Waymo Driver identifikovat, vyhybat se překážkám a zároveň vypočítat správnou dráhu vozidla. Typy senzorů zahrnují kamery LIDAR a RADAR (RAdio Detection And Ranging). V porovnání s Teslou s 8 prostorovými kamerami a 12 ultrazvukovými senzory, navíc s radarem směřujícím dopředu. Tesla nepoužívá LIDAR a Elon Musk ve skutečnosti věří, že LIDAR je bezvýznamná záležitost. Dodatečné schopnosti snímání vozidla s konfigurací Waymo Driver jsou jen jednou z věcí, které mu umožňují dosáhnout autonomie SAE úrovně 4. [7]

Revidované úrovně SAE automatizace řízení pomáhají vylepšit milníky na silnici počínaje bez automatizace až po úplnou autonomii v osobních vozidlech. S každým automobilovým výrobcem a poskytovatelem technologie autonomních vozidel, kteří se ucházejí o vedoucí roli na trhu, jsou spotřebitelé zmateni tím, co pro vozidlo znamená být zcela autonomní. [7]

### 3.4. Jak autonomní vozidla fungují

Automobilový průmysl je jedním z nejdůležitějších průmyslových odvětví v Evropě. Toto odvětví je zodpovědné za 14 % z celkového počtu výroby a kapitálových investic v evropském výrobním sektoru. Následující nárůst vozidel bez řidiče bude mít velký dopad na podniky a odborníky. Automatizovaná vozidla by mohla nahradit firemní vozové parky, například při rozvozu nebo přepravě zaměstnanců. Pracovníci by mohli získat produktivní hodiny během dne tím, že budou pracovat místo řízení během každodenního dojíždění. Inovace v této oblasti jsou také připraveny zcela změnit odvětví pojištění automobilů snížením nehodovosti. Nová zpráva předpovídá, že nehodovost klesne do roku 2040 o 80 %. Propojení a synchronizace radarových a ultrazvukových senzorů a optických kamer umožňuje zcela autonomní řízení. [4]

Řidič nastaví cíl a software auta vypočítá trasu a nastartuje auto na cestu. Otočný senzor LIDAR na střeše monitoruje v šedesáti metrovém dosahu kolem vozu a vytváří dynamickou 3-D mapu aktuálního prostředí vozu. Senzor na levém zadním kole monitoruje pohyb do stran, aby zjistil polohu vozu vzhledem k 3-D mapě. Radarové systémy v předním a zadním nárazníku počítají vzdálenosti od překážek. Software umělé inteligence v autě je propojen se všemi senzory a má vstup Google Street View a videokamer. Umělá inteligence simuluje lidské vnímání a procesy rozhodování a řídí systémy řízení, jako je řízení a brzdy. Software vozu konzultuje Mapy Google, aby předem upozornil na věci, jako jsou orientační body, dopravní značky a světla. K dispozici je funkce potlačení, která umožňuje člověku převzít kontrolu nad vozidlem. Jednotlivá vozidla mohou těžit z informací získaných od ostatních vozidel v okolí, zejména informací týkajících se dopravních zácp a bezpečnostních rizik. Automobilové komunikační systémy využívají vozidla a silniční jednotky jako komunikační uzly v síti peer-to-peer, které si navzájem poskytují informace. [4]

### 3.5. Klasifikace Autonomních vozidel

Klasifikační systém J3016 založený na šesti různých úrovních byl publikován v roce 2014 SAE International orgánem pro automobilovou normalizaci. Taxonomie a definice termínů souvisejících s automatizovanými řídicími systémy silničních motorových vozidel. Tento klasifikační systém je založen na množství požadovaných zásahů a pozornosti řidiče spíše než na schopnostech vozidla, i když spolu velmi úzce souvisí. Dne 30. září 2016 SAE aktualizovala standardní klasifikaci pro úrovně automatizace řízení. Kromě nastavení těchto vzájemně se vylučujících úrovní automatizace řízení, tato technická zpráva určuje standardní terminologii pro nápady týkající se vozidel obsahujících automatizované systémy. Tato norma odpovídá úrovním definovaným Německým federálním institutem pro výzkum dálnic a zhruba odpovídá National Highway Traffic Safety Administration. [4]

**Úroveň 0** (žádná automatizace): Zde se dnes nachází naprostá většina osobních a nákladních automobilů. Celý úkol dynamické jízdy je prováděn lidským řidičem. Řidič řídí řízení, plyn a brzdění, sleduje okolí, naviguje a určuje, kdy použít blinkry, změnit jízdní pruhy a odbočit. Mohou však existovat některé varovné systémy. [4, 8]

**Úroveň 1** (asistence řidiče): Vozidla v této úrovni zvládnou řídit řízení nebo plyn a brzdění, ale ne za všech okolností. Řidič musí být připraven převzít tyto funkce, pokud je vyzván vozidlem. To znamená, že řidič musí dávat pozor, co auto dělá, a být připraven v případě potřeby zakročit. [4]

**Úroveň 2** (částečná asistence): Vůz zvládá řídit řízení, plyn a brzdění, ale okamžitě nechá řidiče převzít řízení, pokud detekuje předměty a události, na které vůz nereaguje. V těchto prvních třech úrovních je řidič zodpovědný za sledování okolí, provozu, počasí a stavu vozovky. [4]

**Úroveň 3** (podmíněná asistence): Vůz monitoruje okolí a zcela jistě se stará o řízení, plyn a brzdění v určitých prostředích, jako jsou dálnice. Řidič ale musí být připraven zasáhnout, pokud si to auto vyžádá. [4]

**Úroveň 4** (vysoká automatizace): Vůz zvládá řídit řízení, plyn a brzdění a monitorování okolí v širším spektru prostředí, ale ne ve všech, jako je nepříznivé počasí. Řidič zapíná automatickou jízdu, až když je to bezpečné. Poté není řidič vyžadován. [4]

**Úroveň 5** (plná automatizace): Řidič musí pouze nastavit cíl a nastartovat auto. Vozidlo zvládne všechny ostatní úkoly samo. Vůz může dojet do jakéhokoli legitimního místa určení a sám se na cestě rozhodovat. Výše uvedené úrovně jsou důležité, protože slouží jako obecné vodítko pro to, jak technologicky vyspělé auto je. Největší rozdíl je v tom, že počínaje úrovní 3 je systém automatizovaného řízení schopen monitorovat jízdní prostředí. [4]

### **3.6. Potenciální výhody**

Větší využívání autonomních vozidel by umožnilo mnoho výhod. Méně dopravních nehod a dopravních kolizí. Zvýšenou kapacitu vozovky a snížené dopravní zácpy v důsledku snížené potřeby bezpečnostních mezer a schopnosti lépe řídit dopravní tok. Vyšší rychlostní limity pro autonomní vozy. Redukce fyzického prostoru potřebného pro parkování vozidel. Snížení potřeby dopravní policie a pojistného na pojištění vozidel. Snížení počtu krádeží automobilů díky zvýšené informovanosti o vozidle. Odstranění volantů. Úsporu paliva a energie. Osvobození cestujících od řízení a navigace, což jim umožní dělat jiné úkoly nebo odpočívat během jejich dlouhé a intenzivní dopravní cesty. Minimalizaci rozdílů rychlosti mezi vozidly. Automatickou redukci plynu a řízení brzd. Redukce fyzického dopravního značení a plynulejší jízdu. Nebylo by potřeba složit řidičské zkoušky nebo získat řidičský průkaz, protože by mohl řídit každý. Zvýšenou mobilitu pro děti, seniory, postižené a lidi z nižší socioekonomické vrstvy. Sdílení komerčních vozů. V neposlední řadě by mělo dojít ke snížení hluku a množství emisí skleníkových plynů vzniklých kvůli agresivnímu řízení lidských řidičů. [4, 9, 10, 11]

### **3.7. Potenciální překážky**

Navzdory různým výhodám zvýšené automatizace vozidel existují některé předvídatelné překážky. Odpovědnost za škodu. Ztráta pracovních míst souvisejících s řízením. Ztráta soukromí. Samořídící auta by mohla být potenciálně naložena výbušninami a použita jako bomby. Náchylnost navigačního systému automobilu na různé typy počasí. Dočasné stavební zóny, které nejsou uvedeny v žádných mapách nebo databázích. Určení závažnosti překážek v jízdním pruhu, jako v otázce bezpečného překonání výmolu nebo úlomků. Současná gesta a neverbální nářky policie a dalších chodců nejsou přizpůsobeny autonomnímu řízení. V případě poruchy hlavního senzoru a záložních senzorů může vozidlo vytvořit možnost nehody. Spolehlivost softwaru, protože selhání nebo chyba v systému může vést ke smrtelným nehodám a ztrátám na životech. Kybernetická bezpečnost a riziko útoku hackerů. Implementace právního rámce a stanovení vládních nařízení pro samořídící automobily. Spoléhání na autonomní řízení vytváří méně zkušené řidiče pro případy, kdy je potřeba ruční řízení. Odpor pro jednotlivce, aby ztratili kontrolu nad svými vozidly. Omezení používání veřejné dopravy. Umělá inteligence stále není schopna správně fungovat v chaotických městských prostředích. Etické a morální aspekty přicházejí v úvahu při programování softwaru, který rozhoduje o tom, jakou akci auto udělá v případě nevyhnutelné nehody. [4, 11, 12]

### **3.8. Výzvy**

Budoucnost dopravy a lidstva. Náchylnost navigačního systému automobilů na různé typy počasí, například sněhové podmínky. Detekce dopravních signálů. Legální problémy. Vysoké náklady na výrobu. [4]

### **3.9. Technologie autonomních vozidel**

Autonomní auta používají k detekci svého okolí různé techniky, jako je radar, laserové světlo, GPS (Global Positioning System), počítadla kilometrů a počítačové vidění. Pokročilé řídicí systémy interpretují senzorické informace k identifikaci vhodných navigačních cest stejně jako překážek a příslušných značek. Autonomní auta mají řídicí systémy, které jsou schopny analyzovat senzorická data k rozlišení mezi různými auty na silnici, což je velmi užitečné při plánování cesty k požadovanému cíli. [4]



### **3.9.1. LIDAR**

Jedná se o technologii dálkového průzkumu Země, která měří vzdálenost osvětlením cíle světelným paprskem a analyzuje odražené světlo. Je namontován na střeše vozidla na válcovém krytu, který se otáčí o 360° a je nejdůležitějším zařízením v autonomních vozidlech. LIDAR se skládá z vysílače, zrcadla a přijímače. Mapuje 3-D strukturu prostředí a umístění na silnici v 360°. K zobrazení objektů využívá laser, ultrafialové, viditelné světlo nebo infračervené světlo. Vysílač vysílá laserový paprsek, který se odráží od zrcadla, které se otáčí spolu s válcovým pouzdem rychlostí 10 otáček za minutu. Po odrazu od objektů se laserový paprsek vrací do zrcadla a je odražen zpět k přijímači, kde jej lze interpretovat do dat. Tato data jsou přiváděna do počítače, který generuje vysoce přesnou 3-D mapu okolního prostředí. Vozidlo se může pomocí mapy vyhýbat objektům. Přesnost této mapy je v centimetrech, protože vlnová délka použitého světla je velmi malá a je schopna odrážet všechny typy povrchů a malých objektů. [4]

### **3.9.2. RADAR**

Toto zařízení dokáže odhadnout vzájemnou rychlost objektu a vozidla pomocí elektromagnetických vln. Během měření vyšle signál, poté čeká na jeho odeslání zpět. Frekvence vysílaného zpětného signálu je v případě vzájemného pohybu mírně změněna, proto je možné okamžitě vypočítat rychlost čelního vozidla. Radar ve srovnání s Lidarem využívá větší vlnovou délku a nižší energii signálu. Není však schopen popsat tvar snímaného prostoru. Problém může mít také s nekovovými předměty nebo předměty, které mají specifický tvar. Většina radarů pracuje v rozsahu přibližně 77 GHz a skenovací paprsek je poměrně směrový. Radar snímá vozovku před vozidlem až do vzdálenosti přibližně 200 m. Některá vozidla používají dva radary s různým dosahem. Radarové systémy jsou instalovány na přední a zadní nárazník vozidla. Radar detekuje okolní prostředí a centrální počítač kombinuje tento výsledek s výsledkem systému Lidar. Radarový systém se používá pro detekci protijedoucích vozidel, jejich rychlosti, jiných překážek, pro samo parkování, detekci mrtvého úhlu, asistenci při změně jízdního pruhu, adaptivní tempomat, varování před bočním nárazem, upozornění na křížový provoz atd. [4, 13]

### **3.9.3. Ultrazvukové snímače**

Ultrazvukové snímače jsou namontovány na různých stranách vozidla, aby detekovaly objekty velmi blízko vozidla nebo měřily polohu jiných vozidel během parkování. Tyto senzory mimo jiné poskytují asistenci při parkování, varování před kolizí a opuštěním jízdního pruhu. [4]

### **3.9.4. Videokamery**

Jsou instalovány v horní části předního skla, poblíž zpětného zrcátka a vytvářejí v reálném čase 3-D obrazy silnice před vozidlem. Používají se k detekci semaforů, dopravních značek, neočekávaných věcí, jako jsou zvířata nebo chodci atd. Detekují také různé dopravní značky, jako jsou značky „STOP“, přechody pro chodce, tabule atd. Videokamery také pomáhají rozpoznávat určitá gesta, které jiné senzory nemohou pochopit, například mávnutí rukou nebo dopravní kužely. [4, 14]

### **3.9.5. GPS**

Jedná se o vesmírný satelitní navigační systém, který poskytuje informace o aktuální poloze a čase kdekoli na Zemi, kde je nerušená viditelnost čtyř nebo více satelitů. Je základem všech map, které vozidlo na cestách používá. Všechny satelity vysílají na stejných dvou frekvencích, 1,57542 GHz a 1,2276 GHz. GPS využívá satelity ke shromažďování informací o aktuální poloze vozidla. GPS udržuje vozidlo na zamýšlené trase s přesností 30 cm. Pomocí GPS se do centrálního počítače nahraje mapa oblasti. S GPS se k určení kompletní polohy používají jiné systémy. [4]

### **3.9.6. IMU (Inertial Measurement Unit)**

Samotná data z GPS jsou méně přesná. Tato data jsou proto kombinována s výstupy z IMU. IMU využívá kombinaci akcelerometrů, gyroskopů a magnetometrů. IMU je elektronické zařízení, které měří a poskytuje informace o rychlosti vozidla, orientaci, gravitačních silách atd. IMU pomáhá systému GPS fungovat, když jsou signály nedostupné, například v tunelech, za špatných povětrnostních podmínek a při elektromagnetickém rušení. [4, 14]

### **3.9.7. CPU (Central Processing Unit) nebo počítač**

Všechna data získaná z každého senzorového systému jsou vedena do centrálního počítače, který tato data zpracovává vysokou rychlostí. Centrální počítač je velmi výkonná procesorová jednotka namontovaná na vnitřní straně vozidla. Pomocí vysoce sofistikovaného softwaru provede požadované rozhodnutí a odešle výstup do elektromechanických jednotek, jako jsou automatické řízení, plynové a brzdové systémy. Tento počítač je také připojen k internetu a systému GPS, který umožňuje sledování a aktualizace v reálném čase. [4]

### **3.10. Legální výzvy**

Auta bez řidiče neboli autonomní vozidla se stala tématem debat jak pro vlády, tak pro akademickou sféru. Mnoho výzkumů se zaměřuje na technické aspekty zabývající se tím, jaké technologie budou potřeba k úplnému dosažení provozu bez řidiče. Méně prozkoumané jsou účinky, které tato technologie bude mít na naše města a budoucí mobilitu. Autonomie spolu s elektrifikací pravděpodobně v příštích třech desetiletích změní tvář individuální i městské dopravy. [15, 16]

Samořídící auta a samořídící technologie jsou ve velkém měřítku testována na veřejných komunikacích v několika zemích. S tímto vývojem vyvstávají nejen technické, ale i právní otázky. Zákodárci stojí před otázkou, jak lze regulovat testování samořídících vozů. Všechny diskutované jurisdikce volí jiný přístup. K regulaci testování samořiditelných aut se používají různé právní nástroje jako závazná regulace, nezávazná regulace a udělování výjimek. Jak tato technologie dospívá, samořídící auta budou v určitém okamžiku dostupná široké veřejnosti. Pokud jde o tuto fázi testování, vyvstávají dva naléhavé problémy. Způsob vypořádání se s nepřítomností lidského řidiče a jak nepřítomnost řidiče ovlivní odpovědnost a pojištění. Vídeňská úmluva o silničním provozu z roku 1968 a Ženevská úmluva o silničním provozu z roku 1949, stejně jako vnitrostátní dopravní zákony, jsou založené na představě, že auto může řídit pouze člověk. Když se samořídící auto stane realitou, současné režimy povinného ručení mohou selhat. Odpovědnost za dopravní nehody se může přesunout z řidiče nebo vlastníka na výrobce automobilu. To by mohlo mít negativní vliv na vývoj samořiditelných aut. [8]

V květnu 2016 došlo na silnici na Floridě v USA ke srážce osobního auta a návěsu traktoru, při které zemřela osoba v autě. Podobné nehody se stávají každý den, tato nehoda je ale výjimečná tím, že se jednalo o vůz Tesla Model S, vybavený takzvaným „autopilotem“, technickou funkcí, která vozu umožňovala řídit se sama pod dohledem konvenčního řidiče. Autopilot byl v době nehody zapnutý. Osoba v autě přehlédla nákladní auto, ale autopilot také. Tato smrtelná nehoda rozpoutala diskusi o bezpečnosti samořídící technologie. [8]

### **3.10.1. Právní důslednost**

Protože se bezpečnost silničního provozu s největší pravděpodobností výrazně zlepší díky samořiditelným vozům, země chtějí být v čele tohoto vývoje. Obecný pohled na právní vývoj v různých jurisdikcích odhaluje, že soudní pravomoc volí svou vlastní cestu k budoucnosti samořiditelných aut. Jak Evropská unie, tak federální vláda USA to uznávají jako nechtěný vývoj. Výrobci a spotřebitelé by neměli být konfrontováni s různými právními požadavky v různých jurisdikcích, protože by to mohlo bránit inovaci. Politika modelového státu americké federální politiky pro automatizovaná vozidla by měla zabránit vzniku takové směsice různých právních předpisů v různých jurisdikcích. Za předsednictví Nizozemska členské státy EU podepsaly Deklaraci o větší spolupráci v oblasti propojeného a automatizovaného řízení. Touto deklarací členské státy uznávají význam koordinovaného přístupu s cílem usnadnit přeshraniční používání propojených a automatizovaných vozidel. Jedním z cílů členských států je pracovat na soudržném evropském rámci pro zavádění interoperabilního propojeného a automatizovaného řízení. Bude podporována právní soudržnost s uznáním důležitosti dostatečné flexibility právního rámce, aby se usnadnilo zavádění a přeshraniční používání automatizovaných a propojených vozidel. [8]

### **3.10.2. Závazná regulace**

Jedním ze států USA, který je v čele právního vývoje, je Kalifornie. Od roku 2012 má Kalifornie legislativu, která se přizpůsobuje testování samořídících automobilů. Divize 16.6, oddíl 38750 Kalifornského zákona o vozidlech je věnována autonomním vozidlům. Tato část obsahuje definice, požadavky na pojištění, provozovatele, jak postupovat v případě poruchy atd. Z Kalifornského kodexu předpisů vyplývá, že pro testování samořídících vozidel na veřejných komunikacích je potřeba tzv. zkušební povolení výrobce. Povolení ke zkoušce bude vydáno pouze tehdy, když jsou splněny všechny požadavky stanovené v Kalifornském kodexu předpisů a Kalifornském kodexu vozidel a všechny zkoušky jsou dokončeny tak, aby ministerstvo pro motorová vozidla usoudilo, že vozidla jsou bezpečná pro provoz na veřejných komunikacích. Formulář, který je třeba odevzdat odboru pro motorová vozidla, obsahuje údaje o zkoušejícím vozidle/vozidlech, která mají být testována, a řidiči/provozovateli. Ve formuláři však nejsou požadovány silnice, na kterých bude vozidlo testováno, ani povětrnostní podmínky, za kterých bude vozidlo testováno. Sousední stát Nevada omezuje testování samoříditelných aut na určité silnice. Pro získání zkušební povolení v Nevadě žadatel musí dále prokázat, že takové autonomní vozidlo nebo vozidla žadatele ujela za různých podmínek určitý počet mil, což prokazuje bezpečnost vozidla nebo vozidel za těchto podmínek. Mezi takové podmínky patří bez omezení provoz autonomního vozidla za různých povětrnostních podmínek na různých typech silnic a v různých denních a nočních dobách. [8]

### **3.10.3. Nezávazná regulace**

Flexibilitu, tedy schopnost držet krok s technologickým vývojem, může nabídnout nezávazná regulace. Pokud se objeví nová technologie, lze nezávaznou regulaci upravit, aniž by procházela často časově náročným legislativním procesem. Jak federální vláda Spojených států, tak vláda Spojeného království prozatím tuto cestu upřednostňuje. [8]

### 3.10.3.1. Spojené státy: federální úroveň

Ministerstvo dopravy USA a Národní úřad pro bezpečnost silničního provozu formulovaly Federální politiku pro automatizovaná vozidla. Tato politika je rozdělena do čtyř částí. První část se skládá z NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), který je určen pro fázi návrhu, vývoje a testování automatizovaných vozidel před nasazením. Ačkoli pokyny NHTSA nejsou povinné, měli by je vzít v úvahu všichni, kdo se podílejí na výrobě, navrhování, testování a případně prodeji samořídících vozidel. Pokyny NHTSA stanoví očekávání pro výrobce vyvíjející a nasazující technologii automatizovaných vozidel. Je určen pro testování a nasazení automatizovaných vozidel na veřejných komunikacích. Tento pokyn NHTSA by měl zajistit, že když samořídící auto přejede z Ohia do Pensylvánie, jeho cestující si mohou být jisti tím, že ostatní vozidla budou stejně zodpovědně nasazena a stejně bezpečná. Pokyny NHTSA nastiňují 15 oblastí hodnocení bezpečnosti. Toto patnácti bodové hodnocení bezpečnosti pokrývá různá témata týkající se automatizovaného řízení při poruchách, odolnosti proti nárazu, soukromí, kybernetické bezpečnosti atd. Výrobci mohou dobrovolně poskytovat zprávy o tom, jak byly splněny pokyny NHTSA. To spolu s veřejnými příspěvky může vést k revizi pokynů. [8]

Druhou částí Federální politiky pro automatizovaná vozidla je Politika modelového státu. Vzhledem k tomu, že několik států již přijalo zákony týkající se automatizovaných vozidel, měla by tato politika modelového státu zabránit nárůstu spleti nekonzistentních zákonů a předpisů mezi všemi zúčastněnými jurisdikcemi. Ačkoli by mohlo být příliš pozdě na zabránění takovému vývoji vzhledem k legislativnímu úsilí, které již vynaložilo více států. Opět je vyžadována veřejná zpětná vazba za účelem upřesnění zásad. Stanovuje povinnosti státu a federální odpovědnosti týkající se automatizovaného řízení a poskytuje modelové postupy a požadavky pro státní zákony. Modelová státní politika pokrývá několik témat, včetně registrace vozidel, úvah o vymáhání práva, odpovědnosti a pojištění a administrativních záležitostí. Modelová státní politika také doporučuje každé jurisdikci, aby prozkoumala svou legislativu a identifikovala možné překážky bezpečného testování, nasazení a provozu samořídících automobilů. Mezery v zákonech a předpisech by měly být identifikovány a řešeny státem. [8]

Další dvě části Federální politiky pro automatizovaná vozidla pokrývají regulační nástroje NHTSA, a to jak současné regulační nástroje, tak potenciální nové nástroje. Jedním ze stávajících regulačních nástrojů je výkladový dopis. V takovém dopise NHTSA poskytuje svůj názor na význam stávajícího nařízení. Tento nástroj již byl na žádost společnosti Google použit k výkladu některých federálních norem pro bezpečnost motorových vozidel. [8]

### **3.10.3.2. Spojené království**

Ministerstvo dopravy Spojeného království vydalo Kodex praxe, který poskytuje pokyny pro každého, kdo chce provádět testování automatizovaných vozidel na veřejných komunikacích. Co se týká odpovědnosti, nezaručuje imunitu vůči odpovědnosti v soudním řízení. Stejně jako pokyny NHTSA se Kodex postupů zabývá varováním při selhání, soukromím a kybernetickou bezpečností. Kodex však také řeší požadavky týkající se testovacího řidiče. Federální politika USA tyto požadavky na řidiče postrádá, protože to spadá do pravomoci států, nikoli federální vlády. Státy jsou odpovědné za dopravní zákony a vymáhání, licence a registraci vozidel a pojištění motorových vozidel a režimy odpovědnosti, zatímco federální vláda USA nese odpovědnost za stanovení a vymáhání dodržování bezpečnostních norem, vzdělávání veřejnosti o otázkách bezpečnosti motorových vozidel a vydávání návodů k dosažení národních cílů. [8]

### 3.10.4. Udělování výjimek

Nizozemci volí jinou cestu. Namísto navrhování rozsáhlých nových zákonů nebo formulování nezávazných předpisů dostal nizozemský úřad pro vozidla pravomoc udělovat výjimky z určitých zákonů, pokud jsou tyto výjimky užitečné pro testování automatických funkcí vozidla. Výjimky lze udělit ohledně kapitol 3 a 5 Regulace vozidel a v případě potřeby Předpisy o dopravních pravidlech a dopravních značkách 1990. Kapitoly 3 a 5 Regulace vozidel obsahují pravidla pro schvalování typu a určité technické požadavky, zatímco Předpisy o dopravních pravidlech a dopravních značkách 1990 uvádí pravidla provozu. Nizozemský úřad pro vozidla rozhodne, kde a za jakých okolností lze testování provést. Nejprve Nizozemský úřad pro vozidla analyzuje aplikaci, plán testování a výsledky testů, které jsou v té době k dispozici. Pokud je tato analýza uspokojivá, budou všechny funkce, které chce žadatel otestovat na veřejných komunikacích, otestovány na uzavřené zkušební dráze. Výjimka bude udělena pouze v případě, že projdou i tyto testy. O podmínkách výjimky rozhodne Nizozemský úřad pro vozidla. Možné podmínky jsou typ vozovky a povětrnostní podmínky, za kterých je testování povoleno, ale podmínkou výjimky může být i připojištění. [8]

V roce 2016 zveřejněný návrh „experimenteerwet“, tj. zákon týkající se pokusů nebo experimentů, by rozšířil rozsah stávajících výjimek Nizozemského úřadu pro vozidla. Návrh otevírá možnost udělovat výjimky ze Zákona o provozu na pozemních komunikacích 1994. Zákon o provozu na pozemních komunikacích 1994 ukládá řidiči určité úkoly, např. neopouštění místa nehody. Udělování výjimek ze Zákona o provozu na pozemních komunikacích 1994 je proto nezbytné, aby bylo možné testovat autonomní vozy bez řidiče ve voze. Cílem bylo, aby „experimenteerwet“ vstoupil v platnost od 1. ledna 2018. [8]

„Experimenteerwet“ vstoupil v platnost od 1. července 2019. Tento zákon umožňuje testování samořídícího vozidla bez řidiče v autě. Řidič je na dálku například v dispečinku. [17]



## 4. Praktická část práce

Praktická část se skládá z několika dílčích kapitol. Jsou zde probrány principy fungování programu Moral Machine, a to zejména jeho hlavních tří funkcí: judge = souzení, design = návrh a browse = prohlížení. V neposlední řadě tato část zahrnuje provedené měření, vyhodnocení softwaru a porovnání s ostatními uživateli programu Moral Machine.

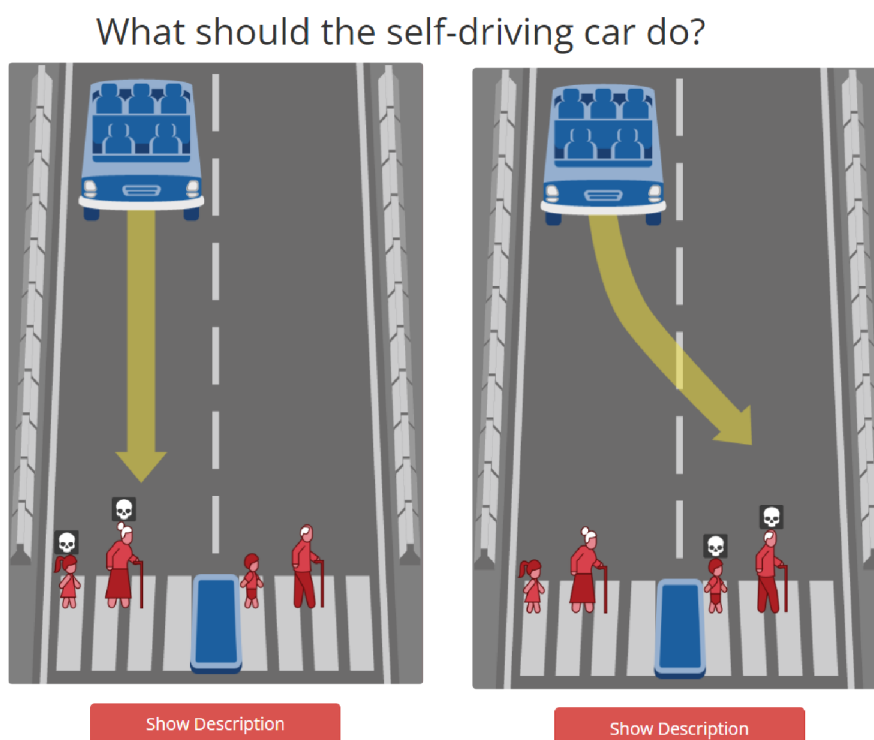
### 4.1. Moral Machine

Od samořídících aut na veřejných komunikacích až po bezpilotní opakovaně použitelné rakety přistávající na samoplachetních lodích, strojová inteligence podporuje nebo zcela přebírá stále složitější lidské činnosti neustále zrychlujícím se tempem. Větší autonomie dané strojové inteligenci v těchto rolích může vést k situacím, kdy musí činit autonomní rozhodnutí týkající se lidského života. To vyžaduje nejen jasnější pochopení toho, jak lidé dělají taková rozhodnutí, ale také jasnější pochopení toho, jak lidé vnímají strojovou inteligenci, která taková rozhodnutí činí. [18]

Nedávné vědecké studie o strojové etice zvýšily povědomí o tomto tématu v médiích a veřejném diskurzu. Webová stránka Moral Machine si klade za cíl posunout diskusi dále tím, že poskytuje platformu pro vytvoření davového obrazu lidského mínění o tom, jak by se stroje měly rozhodovat, když čelí morálním dilematům. Dalším cílem Moral Machine je dělba práce pro shromáždění a diskusi o potenciálních scénářích morálních následků. Moral Machine má tři hlavní funkční rozhraní, která jsou přístupná z panelu nabídek. [18]

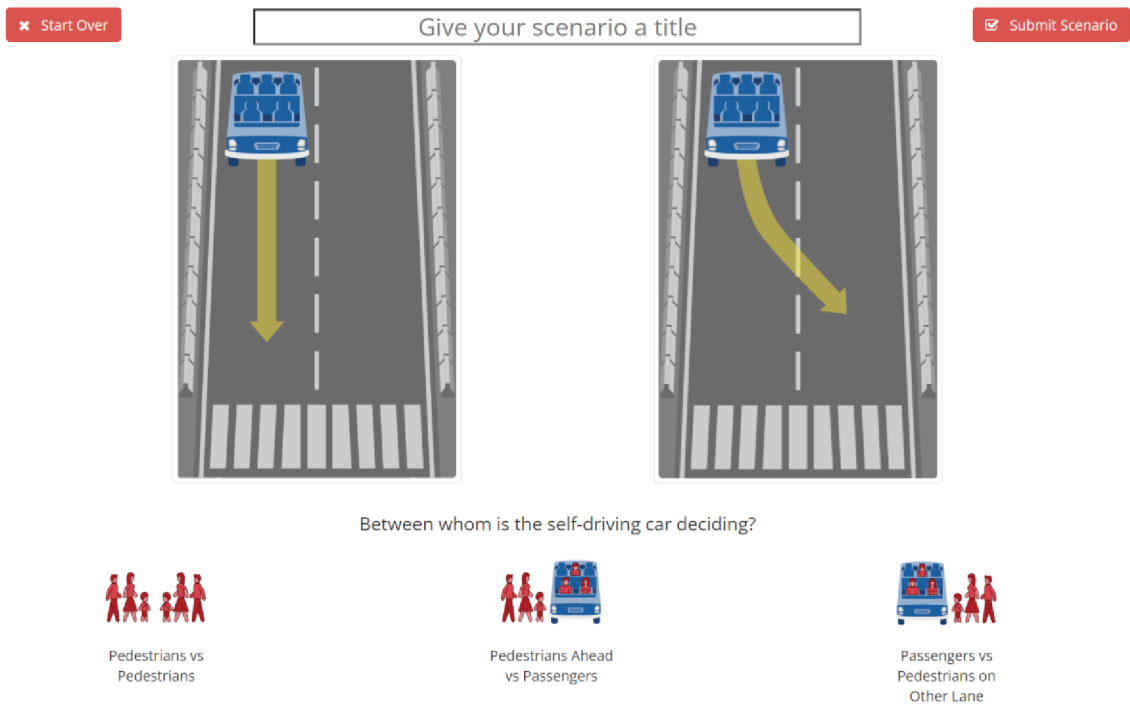
**Judge** = souzení: Postaví uživatele Moral Machine před náhodná morální dilemata, kterým stroj čelí. Například samořídící auto, ve kterém nemusí být cestující. Vůz dokáže detekovat přítomnost a přibližnou identifikaci chodců na silnici před sebou, stejně jako všech cestujících, kteří mohou být ve voze. Auto také detekuje, že selhaly brzdy, takže má dvě možnosti: pokračovat a srazit chodce před sebou nebo vybočit a srazit chodce ve druhém jízdním pruhu. Některé scénáře zahrnují případ neprázdného vozu, v těchto případech má jeden ze dvou pruhů bariéru, do které lze narazit, což má dopad na všechny cestující na palubě. V daném scénáři mohou být také zahrnuty jeden nebo dva signály pro chodce, které mění legálnost polohy chodců v jejich perspektivním pruhu. Uživatel je mimo scénu a sledujete ji shora. Uživatel má kontrolu nad výběrem toho, co má auto dělat. Svou volbu může vyjádřit kliknutím na jednu ze dvou možností před sebou. V každém ze dvou možných výsledků budou postižené postavy vizuálně označeny symbolem lebky, lékařského kříže nebo otazníkem, který signalizuje, co se s danou postavou stane, což odpovídá smrti, zranění nebo nejistému výsledku. Uživatel může postupovat od scénáře ke scénáři výběrem výsledku, který je pro něj nejpříjemnější. To lze provést kliknutím na požadovaný výsledek, který se zvýrazní, když na něj uživatel najede kurzorem. Tlačítko pod každým zobrazením výsledku uživateli umožní přepínat zobrazení textového shrnutí výsledku, které si může přečíst. Počítadlo vpravo nahoře uživatele informuje o postupu v sekci scénářů. Po dokončení scénářů uživatel uvidí souhrn a porovnání výsledků s ostatními uživateli. Své výsledky může uživatel sdílet nebo propojit pomocí odpovídajících tlačítek anebo přehrát další sekvenci scénářů kliknutím na více. Funkce judge je vidět na obrázku 4. [18]

Obrázek 4: Moral Machine Judge (Zdroj: [18])



**Design** = návrh: Uživatel se může pokusit vytvořit novou scénu. Nejprve bude požádán, aby si vybral, zda chce mít dilema mezi dvěmi skupinami chodců nebo mezi chodci a cestujícími, zda bude muset samořídící vůz uhnout, aby zachránil cestující nebo chodce. Následně může zvolit přidání právních komplikací v podobě signálů pro chodce. Nakonec si může vybrat postavy, které přidá do všech možných míst ve scénáři. Výchozím osudem postav, které havarují nebo jsou sraženy, je smrt, ale uživatel to může změnit pomocí rozevírací nabídky pro každé místo. Osudy postižených postav lze nastavit nezávisle pro každou postavu, dokonce i na stejném místě. Rozhraní pro vytváření scénářů může uživatel kdykoli resetovat kliknutím na tlačítko „Začít znovu“ vlevo. Jakmile uživatel vytvoří scénář a dá mu název, může jej odeslat kliknutím na tlačítko „Odeslat“ vpravo. Jakmile tak učiní, bude jeho scénář přidán do databáze scénářů vytvořených uživateli platformy. Funkce design je vidět na obrázku 5. [18]

Obrázek 5: Moral Machine Design (Zdroj: [18])

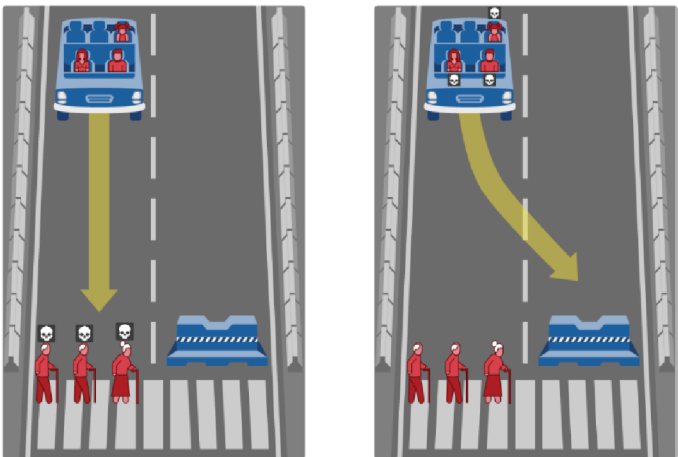


**Browse** = prohlížení: Rozhraní umožňuje uživateli zobrazit scénáře, které vytvořil on a ostatní uživatelé platformy. Scénáře jsou uspořádány chronologicky, kliknutím na „<“ nebo „>“ se může uživatel v tomto uspořádání pohybovat dopředu nebo dozadu. Případně může uživatel kliknout na tlačítko „náhodný“, aby se dostal do libovolného náhodného scénáře na časové ose. Stejně jako u rozhraní pro rozhodování může přepínat zobrazení textových popisů pro každý výsledek pomocí tlačítka pod příslušným výsledkem. Kliknutím na tlačítko „To se mi líbí“ může uživatel vyjádřit své uznání pro zvláště zajímavé scénáře a pomocí příslušných tlačítek může takové scénáře sdílet nebo poslat. Pod vyobrazením scénáře je zobrazeno diskusní vlákno pro každý scénář. Funkce browse je vidět na obrázku 6. [18]

Obrázek 6: Moral Machine Browse (Zdroj: [18])

test

Share Link 0 Likes Random



Show Description Show Description

0 Comments Moral Machine Disqus' Privacy Policy Login

Favorite Tweet Share Sort by Best

Start the discussion...

LOG IN WITH OR SIGN UP WITH DISQUS

D f t G Name

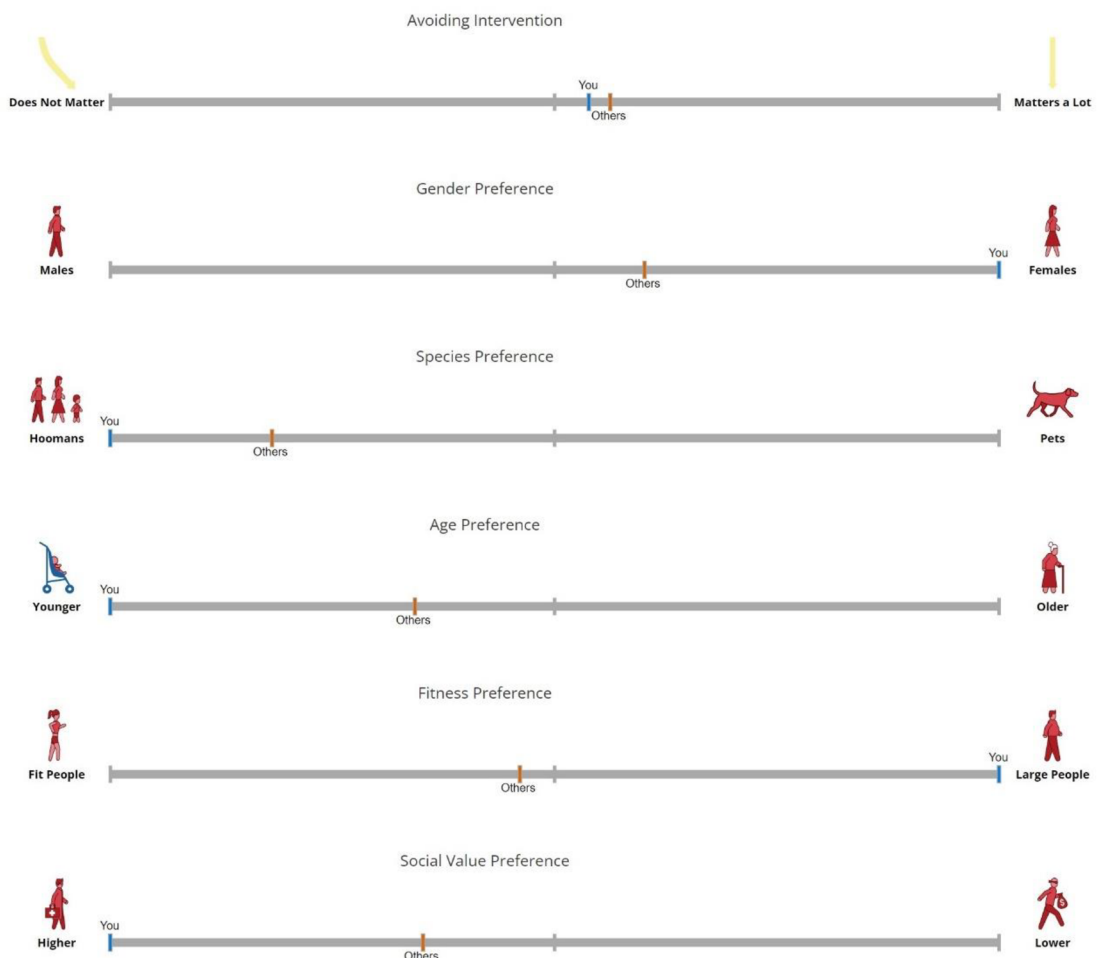
## 4.2. Výsledky

Výsledky ukazují výstup provedeného měření na obrázcích 7 a 8. Dále tato část obsahuje vyhodnocení softwaru, popis výsledků a porovnání měření s ostatními uživateli programu Moral Machine.

Obrázek 8: Výsledky 1 (Zdroj: [18])



Obrázek 7: Výsledky 2 (Zdroj: [18])



#### **4.2.1. Vyhodnocení softwaru**

Na obrázcích 7 a 8 jsou výsledky provedeného měření. Software vyhodnotil, že na základě provedeného měření je nejčastěji zachráněná postava holčička a nejčastěji zabitá postava pes. V porovnání s ostatními uživateli v provedeném měření více záleží na záchraně více lidských životů, ochraně pasažérů vozidla, záchraně žen, preferenci záchrany lidských životů oproti zvířecím, preferenci záchrany mladších osob, velkých lidí a společensky hodnotnějších lidí. V porovnání s ostatními uživateli v provedeném měření méně záleží na dodržování zákona a vyhýbání se kolizím.

## 5. Závěr

Uvedená bakalářská práce se zaměřuje na problematiku autonomních vozidel. Zahrnuje jejich historii, průzkum veřejného mínění, SAE, popis jejich funkce, klasifikaci, výhody, překážky a výzvy, přidružené technologie a legální výzvy.

Hlavním cílem práce bylo vytvořit přehled problematiky autonomních vozidel. Rozsah, kvalita a obsah informací obsažených v této bakalářské práci odpovídá požadavkům hlavního cíle. Dílčím cílem práce byla problematika upřednostňování lidského života při nehodě. Splněním tohoto cíle se zabývá praktická část bakalářské práce a program Moral Machine.

Software Moral Machine z provedeného měření vyhodnotil, že nejčastěji zabitá postava je pes a nejčastěji zachráněná postava je holčička. Software porovnal výsledky provedeného měření s výsledky měření ostatních uživatelů programu. Porovnání ukazuje, že ostatní uživatelé méně dbali na záchranu více lidských životů, ochranu pasažérů vozidla, záchranu žen, preferenci záchrany lidských životů oproti zvířecím, preferenci záchrany mladších osob na úkor osob staršího věku, preferenci záchrany velkých lidí na úkor sportovců a záchranu společensky hodnotnějších lidí, čímž se dle programu rozumí doktoři a zdravotníci. Naopak porovnání ukazuje, že ostatní uživatelé více dbali na dodržování zákona, tedy přecházení na červenou/zelenou, a vyhýbání se kolizím s neživými objekty, čímž se dá rozumět prevence většího poškození způsobené vozidlu a jeho posádce v porovnání s kolizí s živými objekty, tedy lidmi a zvířaty.

Díky dosaženým výsledkům praktické části práce se tedy i dílčí cíl dá považovat za splněný. Problematika upřednostňování lidského života při nehodě způsobené autonomními vozidly je však na míle daleko od svého vyřešení. Snaží se o to právě programy jako je Moral Machine, kde má každý uživatel internetu možnost zdarma se podílet na tomto průzkumu a obohatit tak svým výstupem databázi softwaru, která do budoucna potenciálně může být použita jako inspirace pro programátory vyvíjející software autonomních vozidel, a tedy pomoci budoucím autonomním vozům rozhodovat se na bázi široké škály názorů reálných lidí. Samotné provedené měření však ukazuje, a zároveň je důkazem, že ani samotní lidé a jejich názory nejsou dokonalé a takřka nikdy se vzájemně neshodují. Proto bude opravdu náročné vyvinout program, který si vyslouží respekt a uznání jak veřejností, tak zákona.



## 6. Seznam použitých zdrojů

- [1] GABRHEL, Vít. *Průzkum k informovanosti a postojům obyvatel České republiky k tématu autonomních vozidel*. 2018.
- [2] ZMUD, Johanna, N., Ipek SENNER and Jason WAGNER. *Consumer Acceptance and Travel Behavior Impacts of Automated Vehicles*. 2016.
- [3] BECKER, Felix and Kay W. AXHAUSEN. Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation* [online]. 2017, **44**(6), 1293–1306. ISSN 0049-4488. Available at: doi:10.1007/s11116-017-9808-9
- [4] ONDRUŠ, Ján, Eduard KOLLA, Peter VERTAĽ and Željko ŠARIĆ. How Do Autonomous Cars Work? *Transportation Research Procedia* [online]. 2020, **44**, 226–233 [accessed. 2021-11-20]. ISSN 2352-1465. Available at: doi:10.1016/J.TRPRO.2020.02.049
- [5] DAZIANO, Ricardo A., Mauricio SARRIAS and Benjamin LEARD. Are consumers willing to pay to let cars drive for them? Analyzing response to autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* [online]. 2017, **78**, 150–164. ISSN 0968090X. Available at: doi:10.1016/j.trc.2017.03.003
- [6] KYRIAKIDIS, M., R. HAPPEE and J. C.F. DE WINTER. Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* [online]. 2015, **32**, 127–140 [accessed. 2021-10-21]. ISSN 1369-8478. Available at: doi:10.1016/J.TRF.2015.04.014
- [7] OITZMAN, Mike. *SAE clarifies autonomous driving level definitions*. 11. May 2021.
- [8] VELLINGA, Nynke E. From the testing to the deployment of self-driving cars: Legal challenges to policymakers on the road ahead. *Computer Law & Security Review* [online]. 2017, **33**(6), 847–863. ISSN 02673649. Available at: doi:10.1016/j.clsr.2017.05.006
- [9] COELHO, Margarida C. and Claudio GUARNACCIA. Driving Information in a Transition to a Connected and Autonomous Vehicle Environment: Impacts on Pollutants, Noise and Safety. *Transportation Research Procedia* [online]. 2020, **45**, 740–746. ISSN 23521465. Available at: doi:10.1016/j.trpro.2020.02.103
- [10] MORIARTY, Patrick and Stephen Jia WANG. Could automated vehicles reduce transport energy? *Energy Procedia* [online]. 2017, **142**, 2109–2113. ISSN 18766102. Available at: doi:10.1016/j.egypro.2017.12.613

- [11] LI, Mengfan, Zhongxiang FENG, Weihua ZHANG and Shunying ZHU. What affects drivers' satisfaction with autonomous vehicles in different road scenarios? *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2021, **100**, 103048. ISSN 13619209. Available at: doi:10.1016/j.trd.2021.103048
- [12] TOWNSEND, Rebecca M., Carol ATKINSON-PALOMBO, Fabian TERBECK and Norman GARRICK. Hopes and fears about autonomous vehicles. *Case Studies on Transport Policy* [online]. 2021, **9**(4), 1933–1942. ISSN 2213624X. Available at: doi:10.1016/j.cstp.2021.11.001
- [13] SARKAN, Branislav, Ondrej STOPKA, Jozef GNAP and Jacek CABAN. Investigation of Exhaust Emissions of Vehicles with the Spark Ignition Engine within Emission Control. *Procedia Engineering* [online]. 2017, **187**, 775–782. ISSN 18777058. Available at: doi:10.1016/j.proeng.2017.04.437
- [14] YUN, Hyeong-Seok, Tae-Hyeong KIM and Tae-Hyoung PARK. Speed-Bump Detection for Autonomous Vehicles by Lidar and Camera. *Journal of Electrical Engineering & Technology* [online]. 2019, **14**(5), 2155–2162. ISSN 1975-0102. Available at: doi:10.1007/s42835-019-00225-7
- [15] AGRIESTI, Serio, Fausto BREVI, Paolo GANDINI, Giovanna MARCHIONNI, Rahul PARMAR, Marco PONTI and Luca STUDER. Impact of Driverless Vehicles on Urban Environment and Future Mobility. *Transportation Research Procedia* [online]. 2020, **49**, 44–59. ISSN 23521465. Available at: doi:10.1016/j.trpro.2020.09.005
- [16] AOYAMA, Yuko and Luis F. ALVAREZ LEON. Urban governance and autonomous vehicles. *Cities* [online]. 2021, **119**, 103410. ISSN 02642751. Available at: doi:10.1016/j.cities.2021.103410
- [17] RDW (NIZOZEMSKÝ ÚŘAD PRO VOZIDLA). *Experimenteerwet voor zelfrijdende voertuigen van kracht* [online]. 2019 [accessed. 2021-12-06]. Available at: <https://www.rdw.nl/particulier/nieuws/2019/experimenteerwet-voor-zelfrijdende-voertuigen-van-kracht>
- [18] RAHWAN, Lyad. *Moral Machine* [online]. [accessed. 2021-12-28]. Available at: <https://www.moralmachine.net/>