

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

Diplomová práce

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra kybernetiky Přírodovědecké fakulty

**Pozemní a letecké dopravní prostředky
s možností autonomního provozu z hlediska
kybernetiky a legislativy**

Diplomová práce

Autor:	Luboš Fedorovič
Studijní program:	Učitelství pro základní školy (2. stupeň)
Studijní obor:	Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - etická výchova Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - informatika
Vedoucí práce:	PhDr. Michal Musílek, Ph.D.

Univerzita Hradec Králové

Pedagogická fakulta

Zadání diplomové práce

Autor: **Luboš Fedorovič**

Studijní program: Učitelství pro základní školy (2. stupeň)

Studijní obor: Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - etická výchova
Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - informatika
(MZS2IN-MZS2EV)

Název závěrečné práce: Pozemní a letecké dopravní prostředky
s možností autonomního provozu z hlediska
kybernetiky a legislativy

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je zmapovat současný stav a nejbližší odhadnutelný vývoj dopravních prostředků s možností autonomního provozu a jejich použití v běžné pozemní a letecké dopravě osob i nákladu. Dále pak připravit pracovní listy pro výuku tématu "Dopravní prostředky s možností autonomního provozu" v rámci hodin informatiky (případně občanské nauky) na 2. stupni ZŠ.

Garantující pracoviště: Katedra kybernetiky, Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: PhDr. Michal Musílek, Ph.D.

Oponent práce: doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce:

Datum odevzdání závěrečné práce:

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

.....

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat panu PhDr. Michalu Musílkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté informace a cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Anotace

FEDOROVÍČ, L. *Pozemní a letecké dopravní prostředky s možností autonomního provozu z hlediska kybernetiky a legislativy*. Hradec Králové, 2019. Diplomová práce na Pedagogické fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí práce PhDr. Michal Musílek, Ph.D.

Diplomová práce si klade za cíl být použitelným zdrojem pro výuku a zmapování oblasti autonomní dopravy. V teoretické části se zaměřuje na fenomén autonomní dopravy, ať už pozemní, nebo letecké. Z tohoto důvodu bylo hlavním cílem praktické části připravit pracovní listy pro výuku tématu "Dopravní prostředky s možností autonomního provozu" v rámci hodin informatiky (případně občanské nauky). Pracovní listy poskytnou žákům velmi stručný, ale ucelený pohled na danou problematiku. Na praktickou část navázal jednoduchý empirický výzkum formou testu, který porovnal znalosti a postoje experimentální skupiny žáků, která absolvovala výuku s danými pracovními listy, se znalostmi a postoji kontrolní skupiny, která místo toho absolvovala běžnou výuku podle připraveného tematického plánu. Výsledky empirického šetření jsou zpracovány formou názorných grafů a tabulek a doplněny jednoduchou korelační analýzou.

Klíčová slova: drony, autonomní provoz, technologie, umělá inteligence, etický aspekt

Annotation

FEDOROVÍČ, L. *Land and Air Transport Instruments with Possibility of Autonomous Operation from the Point of View of Cybernetics and Legislation*. Hradec Králové, 2019. Diploma Thesis at Faculty of Education University of Hradec Králové. Thesis Supervisor PhDr. Michal Musílek, Ph.D.

The aim of this thesis is to be a useful source for teaching and mapping of autonomous transport. The theoretical part focuses on the phenomenon of autonomous transport, whether land or air. For this reason, the main goal of the practical part was to prepare worksheets for teaching the topic "Means of transport with the possibility of autonomous operation" within the computer science (or civics) lessons. Worksheets provide pupils with a very brief but comprehensive view of the issue. The practical part was followed by simple empirical research in the form of a test that compared the knowledge and attitudes of the experimental group of students who completed the instruction with the given worksheets, the knowledge and attitudes of the control group, which instead went through regular instruction according to the prepared thematic plan. The results of the empirical survey are processed in the form of graphs and tables and supplemented by simple correlation analysis.

Keywords: drones, autonomous operation, technologies, artificial intelligence, ethic point of view

Obsah

Úvod	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1 Autonomní vozidlo	10
1.1 Vývoj ARGO Vehicle	10
1.2 Stupně autonomie dle Society of Automotive Engineers	11
1.3 Výhody AP.....	14
1.4 Nevýhody AP	16
1.5 Krizové situace	17
2 Legislativa – pozemní	19
2.1 Vídeňská úmluva o silničním provozu	19
2.2 Česká republika.....	20
2.3 Spojené státy americké.....	22
2.4 Federal Automated Vehicle Policy	23
2.5 AV 3.0.....	24
2.6 Kamery	25
2.7 RADAR.....	27
2.8 LIDAR	28
2.9 DSRC	28
3 Legislativa – letecká	29
3.1 Doplněk X.....	30
PRAKTICKÁ ČÁST.....	33
4 Korelační analýza	44
4.1 Výpočet korelace pomocí programu MS Excel	46
Diskuse	51
Závěr	52
Seznam použité literatury	53
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek	56
Přílohy	57
Má osobní zkušenost s autonomním vozidlem z USA	58
Hrubá data experimentální skupiny	60
Hrubá data kontrolní skupiny	63

Úvod

Samořiditelná vozidla, samostatná letecká přeprava, záchranné drony či loď bez kapitána. Před několika lety by při vyřčení těchto odborných výrazů mnoho lidí pochybovalo o mentálním zdraví jedince, který je pronesl. V dnešní době se však jedná o přední téma zahraničních i českých médií. Dostali jsme se do doby, kdy většinu dříve lidmi vykonávaných rutinních úkonů přebírají stroje, lépe řečeno lidmi stvořená a naprogramovaná umělá inteligence. Tato práce se věnuje historii vývoje autonomních vozidel od prvního až do pátého stupně. Následuje rozdělení na pozemní a leteckou část, v rámci kterých poskytuje legislativní podklad pro provoz či implementaci do běžného provozu. Dále se věnuje porovnání České republiky se státy, kde je technologický vývoj napřed a kde je možné autonomní režim testovat.

Co se týče autonomního systému, k jeho implementaci do běžného provozu je třeba několika faktorů a věcí, od změny legislativy po vytvoření bezpečného softwaru, který bude vždy funkční a spolehlivý. V současnosti, s výjimkou UK (a dalších zemí, kde se jezdí vlevo), jsme schopni řídit téměř kdekoli. Je to díky tomu, že je vše založeno na takzvané „*vision base*“ a zákonech dopravy, které jsou v základu stejné, liší se pouze pár dodatky a speciálními zákony vlastních států.

Cílem teoretické části práce je zmapovat a rozšířit povědomí společnosti, respektive žáků 2. stupně základních škol, o autonomních vozech. Předložit názor obou stran, který na danou problematiku implementace těchto vozů do běžného provozu nahlíží s odstupem a poukazuje jak na záporné, tak i kladné stránky. V úvodních kapitolách práce bude vysvětlena základní definice a rozdělení stupňů autonomie. Nedílnou součástí nahrazení člověka, tj. řidiče, takzvanou AI, neboli umělou inteligencí, je vyřešení morálních a kritických situací, se kterými se vždy musí počítat. Právě proto má i tato oblast své místo v teoretické části práce. V další části jsou zmíněny legislativní dokumenty, které musejí projít úpravou, aby bylo možné vozy s tímto režimem v budoucnu do provozu plně zapojit. V druhé části je zveřejněna legislativa autonomních strojů z leteckého odvětví a její rozdělení. V příloze práce je přiložen esej o vlastní zkušenosti autora práce s autonomním provozem u automobilu značky Tesla, kterou získal během zhruba 8 měsíců na území několika států USA.

Cílem praktické části práce je vytvořit metodiku a pracovní list k dané problematice a experimentálně ověřit účinnosti výuky s těmito didaktickými nástroji.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Autonomní vozidlo

„Autonomní vozidlo (jinak samořídící nebo samoříditelné motorové vozidlo) je motorové vozidlo, které k vlastnímu provozu nepotřebuje řidiče a orientuje se pouze za pomoci počítačových systémů, jenž detekují okolí vozidla a určují jeho trasu. Detekce okolí může probíhat pomocí několika senzorů najednou a využívá systémy jako radar, lidar, GPS a počítačové vidění.“¹

Lidský faktor zde hraje pouze kontrolní, v pozdější fázi už žádnou, roli. Jde tedy o rapidní vývoj od fáze, kdy je řidič zodpovědný za veškeré jednání, k fázi, kdy se stává pouze pasažérem převáženým umělou inteligencí. Otázkou je, do jaké míry je umělá inteligence (dále jen AI) schopna lidský faktor nahradit či předčít.

1.1 Vývoj ARGO Vehicle

ARGO je osobní automobil, přesněji Lancia Thema, který je ovšem vybavený systémem, který umožňuje získávat a mapovat informace o cestě a okolí. Překážky na silnici jsou detekovány a lokalizovány pomocí stereofonního vidění, zatímco zpracování jediného monokulárního obrazu umožňuje vyjmout geometrii vozovky před vozidlem. Obecnost základního přístupu umožňuje detekovat obecné překážky (bez omezení tvaru, barvy nebo symetrie) a detekovat značení jízdních pruhů dokonce i ve tmě i ve stínu. Hardwarový systém se skládá z PC Pentium 200 Mhz s technologií MMX a board-grabber board, který dokáže získat 3 b / w obrazy současně; výsledek zpracování (poloha překážek a geometrie vozovky) se používá k manipulaci s volantem, zatímco informace o ladění jsou prezentovány uživateli na palubním monitoru a ovládacím panelu na bázi LED.²

Vývoj tohoto vozidla umožnil nespočet různých testování a následných řešení pro zlepšení autonomní navigace, kterými jsou především *Obstacle Detection* (detekce

¹ *Autonomní vozidlo* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, 2018, Datum poslední revize 10. 12. 2018, [cit. 1. 02. 2019] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Autonomn%C3%AD_vozidlo&oldid=16767756

² Brogi, A., Bertozzi, M., Fascioli, A., Conte, G., *Automated vehicle Guidance: the experience of the ARGO Autonomous vehicle*, World Scientific Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1999.

překážek) a Lane Detection (detekce čar). Nejlepší funkce byly integrovány do takzvaného GOLD systému (Generic Obstacle and Lane Detection system).³

Je všeobecně známo, že autonomní vozy se v blízké budoucnosti nestanou hlavním prostředkem na většině silnic.⁴ Nejpravděpodobněji se začnou užívat v uzavřených prostředích, jimiž jsou například letiště, univerzitní kampusy, golfová hřiště, areály a rekreační parky.⁵

1.2 Stupně autonomie dle Society of Automotive Engineers

Do běžného provozu se autonomie již dávno zařadila. Používáme ji každý den a ani o tom nemusíme vědět. Samotná autonomie se ovšem dělí do pěti stupňů, které nám říkají, do jaké míry je vůz schopen samostatného provozu či řízení. Společnost, jenž stupně definovala, se nazývá Society of Automotive Engineers, dále jen SAE. Jedná se o profesionály z oblastí dopravního, leteckého i automobilového průmyslu.

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Obrázek 1 - Stupně autonomie, Copyright ©SAE International. Standard J3016. (SAE)

³ Brogi, A., Bertozzi, M., Fascioli, A., Conte, G., *Automated vehicle Guidance: the experience of the ARGO Autonomous vehicle*, World Scientific Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1999.

⁴ R. Benenson, S. Petti, T. Fraichard, M.Parent. *Towards urban driverless vehicles* Int. J. Vehicle Autonomous Syst., 6 (1-2) (2008), s. 4-23,

⁵ C. Miralles-Guasch, E. Domene. *Sustainable transport challenges in a suburban university: the case of the Autonomous university of Barcelona*. Transp. Policy, 17 (6) (2010), s. 454-463

Žádná automatizace (stupeň 0)

Do stupně nula patří většina dnešních vozů, jenž se na silnici pohybují. Člověk, respektive řidič, má plnou kontrolu nad vozem a vše ovládá dle své vůle. Vůz může vydávat varování či upozornění, ale řídicí jednotkou rozhodování je řidič. Příkladem tohoto stupně je ukazatel námrazy na silnici, který upozorňuje na možnost nehody či smyku při teplotě okolo nuly.⁶

Podpora řidiče (stupeň 1)

Do prvního stupně spadají vozy, které mají adaptivní tempomat, jenž sám udržuje odstup a rychlost v závislosti na vozidlu jedoucím před ním. Elektronika reaguje a zasahuje do řízení, konkrétně zrychluje, zpomaluje, zatáčí dle aktuálních jízdních podmínek. Důležité ovšem je, že auto může vykonávat pouze jednu funkci, nikoli je kombinovat. Kromě výše uvedených jsou to také například Lane Assist pro udržování v jízdním pruhu či Front Assist zabráňující kolizím.⁷

Částečná automatizace (stupeň 2)

Hlavním rozdílem od předchozího stupně je možnost kombinování různých funkcí. Řídicí jednotka již není omezena používáním jedné funkce a může je tedy libovolně kombinovat. Příkladem je zrychlování či zpomalování a současně točení volantem. Řidič ale musí být vždy připraven okamžitě převzít řízení a kontrolu nad celým vozem. Typickým příkladem je třeba systém automatického parkování.⁸

Podmíněná automatizace (stupeň 3)

Za určitých podmínek může systém plně převzít kontrolu nad vozidlem. Jako například v případě, že je relativně rovná a široká dálnice s dobře vyznačenými jízdními pruhy. Řidič pak nemusí mít ruce na volantu a ani sledovat silnici. Vozidlo jízdu zvládá zcela samostatně. Řidič však musí být stále připraven na upozornění systému převzít řízení. Autopilot při jízdě po dálnici automaticky zrychluje, řídí, brzdí, a dokonce se i vyhýbá. S automatizací řízení na stupni 3 počítal například koncept VISION E z roku 2017.⁹

⁶ Pět stupňů k autonomnímu řízení. *Škoda-storyboard.com* [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/pet-stupnu-k-autonomnimu-rizeni/>

⁷ Tamtéž,

⁸ Tamtéž,

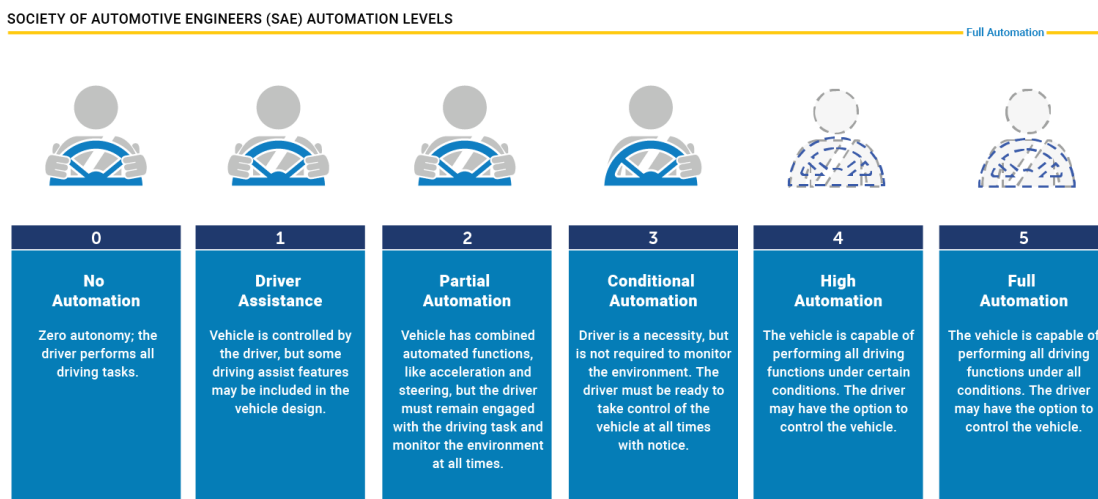
⁹ Tamtéž.

Vysoká automatizace (stupeň 4)

Vozidla této úrovně člověk může řídit sám, ale není to nutné. Až na výjimky, kterými může být velmi špatné počasí, husté sněžení apod., už auto zvládá všechno samostatně. Umí si poradit i v případech, kdy vyzve člověka k převzetí řízení, ale ten z nějakého důvodu nereaguje. V takovéto situaci automobil sám bezpečně zastaví.¹⁰ Řidič, nebo spíše člověk, se stává pouhým pasažérem, jeho dohled je však pro bezpečnost nezbytně nutný. Musí tedy smyslově vnímat a soustředit se na cestu z důvodu možného vyzvání k převzetí kontroly nad vozem v kritické situaci.

Plná automatizace (stupeň 5)

Automobil zvládá veškeré situace sám, volant pro řidiče již není vůbec potřeba. Člověk pouze nasedne, zadá cílovou destinaci a užívá si přepravu do zvoleného místa. Automobil veškeré funkce a úkony provádí samostatně bez lidského zásahu.¹¹ V poslední fázi automatizace tedy zcela mizí lidský prvek řízení a nastupuje plně schopná AI, která tímto přebírá i veškerou zodpovědnost.



Obrázek 2 - SAE stupně autonomie¹²

¹⁰ Pět stupňů k autonomnímu řízení. Škoda-storyboard.com [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/pet-stupnu-k-autonomnimu-rizeni/>

¹¹ Tamtéž.

¹² SAE International, J3016_201806: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (Warrendale: SAE International, 15 June 2018), https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/.

1.3 Výhody AP

The World Health Organization (WHO) v roce 2015 publikovala roční zprávu, ze které vychází, že na následky dopravních nehod zemřelo zhruba 1,2 milionu lidí.¹³ O 3 roky později ta samá zpráva čítala již 1,35 milionů obětí, k čemuž přibylo první místo v úmrtí dětí v rozmezí 5-14 let a mladistvých ve věku 15–29 let. Nejděsivějším zjištěním však je, že každých 24 sekund někdo zemře vlivem dopravní nehody.¹⁴ Tato děsivá fakta odhaluje poslední vyjádření organizace WHO z roku 2018. Autonomní vozidla jsou považována za důležitou technologii, díky které se sníží vliv lidského faktoru u nehodovosti v dopravě, kde lidský faktor zastupuje až 90% příčin nehod.¹⁵ Pokud se podíváme na studii firmy Škoda v České republice, tak její výsledky dokonce hovoří až o 99% u automobilů stejnojmenné značky.¹⁶

„V roce 2017 se v České republice stalo 103 821 nehod, 65 procent z nich způsobil nesprávný způsob jízdy, 17 procent nedání přednosti v jízdě. Nepřiměřená rychlost měla vliv na 16 procent nehod a nesprávně předjíždění na dvě procenta srážek.“¹⁷

Když se zaměříme na výzkum Indiana University v Bloomingtonu, tak jeho výsledky uvádí, že při 93% havárií, tedy zhruba v 2260 případech, byla lidská chyba příspěvkovým faktorem nehod.¹⁸ Jestliže se budeme zabývat aktuálnějšími studiemi, i ty vycházejí z výše zmíněných výzkumů. Advokáti a zástupci AV se právě o toto opírají. Pokud AV dokáže předejít všem chybám způsobeným lidským faktorem, zamezí tak dotyčným 90% všech havárií, kde by lidská chyba figurovala.¹⁹

Studie a metaanalýzy prokazují, že autonomní řízení má potenciál zredukovat přetížení provozu snížením *time headway (THW)* a zlepšením bezpečnostních rezerv.²⁰ Dále tyto

¹³ WHO, Global Status Report on Road Safety 2015, [online]. 4.4.2015 [cit. 2019-02-01], Dostupné z: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/

¹⁴ WHO, Global status report on road safety 2018 [online]. 2018 [cit. 2019-02-01], Dostupné z: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/infographicEN.pdf?ua=1

¹⁵ M. Kyriakidis, R. Happee, J.C. de Winter, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour (časopis) Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents, July 2015, s. 127-140, číslo 32

¹⁶ DVORÁK, František. *Lidský faktor může za 99 procent nehod, potvrzují čeští experti.* [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/vyskum-bezpecnost-nehoda-skoda.A180605_162116_automoto_fdv

¹⁷ Tamtéž,

¹⁸ Treat, J. Et al., Tri-level study of the causes of traffic accident, Institute for Research in Public Safety, Indiana University, Bloomington, 1979.

¹⁹ Fagnant, D.J. and Kockelman, K.M., Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations, Eno Foundation, 2013.

²⁰ Sheetal, R. D., *An autonomous driverless car: an idea to overcome the urban road challenges,* Journal of Information Engineering and Applications, v. 3, no. 13, 2013.

analýzy odhalují rozdíl mezi *conventional vehicle (CV)*, tj. automobil řízený člověkem a *autonomous vehicle (AV)*, tj. autonomní vozidlo, respektive AI. U AV byl THW o poznání nižší než u CV,²¹ což dokazuje, že kolony a zdržení na silnicích zapříčiňuje opět lidský faktor.

Autonomní vozy mají dle mikroskopické simulace provozu při testování vlivu AV na provozní výkonnost pozitivní účinky v *peak hours*, tedy v dopravní špičce, tj. doba, kdy jsou silnice nejvíce přeplněny. Pozoruhodné zlepšení převážně u dálničního segmentu bylo zjištěno i u průměrné rychlosti jízdy, která se u AV v dopravní špičce zvýšila téměř o 8,5%. V důsledku toho se celková doba zlepšila o 9%.²²

Co se týče dalšího výrazného zlepšení, oproti lidskému faktoru se u AV rapidně snižuje úroveň nebezpečí spojená s vnímáním a reakčním časem, který se bude blížit 0 sekundám.

Dalším problémem je přeplnění silnic. Mezi lety 1990–2010 se v USA ujeté míle zvýšily o 35%. Uveďme si názorný příklad charakteristický pro dnešní dobu. Modelová situace je zasazena do oblasti USA, kde daná studie proběhla. Pokud si vezmeme průměrnou dobu dojezdu do práce, která je okolo 50 minut, a vynásobíme ji 120 miliony pracujících lidí, vyjde nám okolo 6 miliard minut, které jsou promeškány pouze dopravou. Nyní vezmeme našich 6 miliard minut, vydělíme je průměrnou dobou dožití, což je 70 let (37 milionů minut), a vyjde nám 162 lidských životů denně promarněných pouze dojížděním do práce.²³

Takže pokud zde AS má možnost zachránit alespoň 90% z uvedených počtů mrtvých a zlepšit či zefektivnit čas, který trávíme za volantem pouze řízením, pak toto můžeme považovat za kladnou stránku celé problematiky.

²¹TRUBIA, Salvatore & Giuffrè, Tullio & Canale, Antonino & Severino, Alessandro. 2017. Automated Vehicle: a Review of Road Safety Implications as Driver of Change. [online]. 21.6.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321110582_Automated_Vehicle_a_Review_of_Road_Safety_Implications_as_Driver_of_Change

²² Aria, E., Olstam, J., Schweitering, C., *Investigation of Automated Vehicle Effects on Driver's Behavior and Traffic Performance*, Transport Research Procedia, č. 15, s. 761-770, 2016.

²³ Chris Urmsom: *How a driverless car sees the road*, In: Youtube [online]. 26.06.2015 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=tiwVMrTLUWg&t=95s>. Kanál uživatele TEDx

1.4 Nevýhody AP

Na každou technologii i její implementaci je vždy důležité pohlédnout z více úhlů, tedy zdůraznit její výhody i nevýhody. Co se týče autonomního provozu a jeho nevýhod, je důležité rozlišovat, do jakého provozu je zařadíme. Pokud se budeme pohybovat ve 100% CV provozu, výsledky i problémy budou diametrálně odlišné od zapojení AV do 100% AV provozu. Ve skutečnosti byly zjištěny tyto faktory možných slabin:

- Kyberútok „hacknutí“
- Technická nedostatečnost vozidla
- Nové situace (nepředprogramované)
- Selhání systému
- Nedostatečná databáze
- Povětrnostní podmínky

Všechny tyto rizikové faktory samozřejmě souvisí s elektronickou výbavou vozidla a budoucí výbavou silničních sítí.²⁴

Na jednu stranu vozy bez řidiče slibují, že přinesou mnoho výhod, klíčovou otázkou pro jejich přijetí však tvoří veřejná důvěra.²⁵ Ačkoli mohou přinést výhody v oblasti bezpečnosti a účinnosti, stále existují obavy z ochoty veřejnosti přijmout tuto technologii. Týkají se především bezpečnosti, důvěry, soukromí, spolehlivosti a odpovědnosti.²⁶

K přijetí této technologie povede ještě dlouhá cesta. Očekáváme vždy 100% spolehlivost. Pokud však budeme pojednávat o 90% redukci, která je mimo jiné zmíněna o kapitulu výše, co se stane s těmi 10%, které zbydou? To přece není 100%. Bude nám tedy k přijetí a zapojení této technologie stačit již jakýsi prototyp

²⁴TRUBIA, Salvatore & Giuffrè, Tullio & Canale, Antonino & Severino, Alessandro. 2017. Automated Vehicle: a Review of Road Safety Implications as Driver of Change. [online]. 21.6.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/321110582_Automated_Vehicle_a_Review_of_Road_Safety_Implications_as_Driver_of_Change

²⁵KAANWALDEEP, Kaur a Giselle RAMPERSAD. *Journal of Engineering and Technology Management: Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars* [online]. 2018, (48), s. 87-96 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923474817304253#bib0025>

²⁶D.J. Fagnant, K. Kockelman. *Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations*. [online] *Transportation Res. Part. A: Policy Practice*, 77 (2015), [cit. 2019-01-01] s. 167-181, Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804>

s 90% úspěšností? Pokud ale budeme čekat na celkové vyladění, které zabere například 50 let výzkumu, máme zde 60 milionů lidí z autonehod, kteří mohli být zachráněni. Proto celkové komplikace a časová dotace tohoto problému je asi největší nevýhodou.²⁷

1.5 Krizové situace

Autonomní vozidla se již v dnešní době pohybují po běžných silničních komunikacích. V některých státech USA už zcela svévolně nahrazují roli přepravce a umožňují lidem efektivněji trávit čas na cestách. Ačkoliv autonomní vozidla budou a již v současnosti jsou mnohem bezpečnější a šetrnější k prostředí než auta, která známe z běžného užívání, tak ani tyto vozy nedokáží zcela předejít nehodám. Způsob, jakým by se mělo auto v konkrétní krizové situaci zachovat, musí být součástí jeho naprogramování.²⁸

Pro názornou demonstraci a lepší představu je dobré si vše ukázat na konkrétní situaci, která opravdu nemá jiné východisko nežli nehodu. Řekněme, že jsme v ne tak vzdálené budoucnosti, jedeme v našem autonomním voze po dálnici a najednou se dostaneme do pozice, kdy jsme ze všech stran obklopeni vozidly. V tu chvíli začne padat z vozidla, které jede přímo před námi, velký a těžký objekt. Naše auto ovšem nestíhá zastavit včas, aby předešlo kolizi, tudíž se musí rozhodnout.²⁹

- 1) Jet rovně, narazit do padajícího objektu.
- 2) Zatočit vlevo a narazit do automobilu.
- 3) Zatočit vpravo a narazit do motocyklu.

Měl by automobil zvýhodnit bezpečnost své posádky před bezpečností řidiče motocyklu? Anebo minimalizovat škody a nebezpečí hrozící ostatním vozidlům tím, že nezatočí, přestože to bude znamenat, že narazí do padajícího objektu a bude muset obětovat sebe i svou posádku? Nebo by snad měl narazit do automobilu po levé straně, který má vyšší bezpečnostní prvky než motocykl?³⁰

²⁷ RAHWAN, Iyad. The Social Dilemma Of Driverless Cars. Tedx Cambridge. In: Youtube [online]. 28.11.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=nhCh1pBsS80>. Kanál uživatele TEDx Talks

²⁸ LIN., Patrick [The ethical dilemma of self-driving cars]. In: TED-Ed [online]. 01.12.2015 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: https://www.ted.com/talks/patrick_lin_the_ethical_dilemma_of_self_driving_cars#t-92881. Kanál uživatele TED-Ed

²⁹ Tamtéž, 00:21 – 00:29

³⁰ Tamtéž, 00:29 – 00:56

Pokud by byl automobil řízen člověkem v takzvaném *manual mode*, tedy v současném stavu většiny automobilů, kdy řidič je tím, kdo rozhoduje, tak vše, co řidič udělá, je hodnoceno jako *reakce* nikoliv jako *záměrné rozhodnutí*. Při ještě hlubším zamyšlení by byla reakce člověka považována za *Instinctual panicked move* (*instinktivní panický pohyb*) bez úmyslu či nějakého plánování. Pokud by však měl automobil od programátora zadané stejné řešení takovéto situace, bylo by na to v budoucnu nahlíženo jako na *Premeditated homicide* (*úmyslné zabití*).³¹

Danou problematikou se zabývá zajímavý výzkum, v kterém byla volba inspirována dvěma filozofy. Prvním byl *Jeremy Bentham* (B) a druhým *Immanuel Kant* (K).³²

(B) = vozidlo by se mělo zachovat dle utilitarismu, tj. zajistit minimální zranění.

(K) = vozidlo by se mělo chovat dle obecně známých a závazných principů a ochránit posádku vozu.

Jako příklad byl ve výzkumu použit přechod plný lidí. Jedoucí vozidlo buď mohlo srazit skupinku lidí na přechodě, anebo samo narazit do zdi a zabít posádku. Ve většině případů lidé zvolili možnost (B), tedy co nejmenší škodu a zranění. Jenže problém nastal v momentě, kdy přišla otázka: „*A koupili byste si takové vozidlo?*“ Odpověď zněla: „*Ne.*“ Dostáváme se tedy do situace, kdy lidé chtějí co nejmenší škodu a dodržování utilitarismu, ale pokud by se jednalo o jejich vozidlo, náhle svou odpověď změnil z (B) na (K), jelikož je v sázce jejich život.³³

Jelikož společnost není vždy za jedno a je důležité vědět, co jsme schopni priorizovat v kritických situacích, vznikl skvělý projekt studentů MIT pod vedením *Iyada Rahwana*. Společně se svými studenty (*Edmond Awad, Sohan Dsouza, Paiju Chang*) vytvořil *online survey* nazvanou *Moral machine*. Tato online stránka generuje náhodné scénáře nebo dilemata, kde respondent musí zvolit, co má vozidlo udělat. Od doby spuštění posbírali přes 5 milionů rozhodnutí od více než milionu lidí, kteří se do projektu zapojili. Výsledky jim pomáhají zjistit, co a v jaké situaci lidé priorizují.

³¹ LIN, Patrick. [The ethical dilemma of self-driving cars]. In: TED-Ed [online]. 01.12.2015 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: https://www.ted.com/talks/patrick_lin_the_ethical_dilemma_of_self_driving_cars#t-92881. Kanál uživatele TED-Ed.

³² RAHWAN, Iyad. The Social Dilemma Of Driverless Cars. Tedx Cambridge. In: Youtube [online]. 28.11.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=nhCh1pBsS80>. Kanál uživatele TEDx Talks,

³³ Tamtéž, 4:42 – 5:52

Podstatné je také zmínit fakt, že výzkum lidem dává možnost náhledu na složitost onoho rozhodnutí v případě nevyhnutelné kritické situace.³⁴

Na počátku bylo *etické dilema* – *Jak se má auto zachovat?* V rámci výše zmíněného výzkumu se však přišlo na to, že hlavním problémem je, jak přimět společnost, aby se dohodla, co je správné a důležité a co by se mělo priorizovat. Tím se dostáváme k *sociálnímu dilematu*.³⁵ Problém tedy bude hlavně v tom, jaká omezení ve spojitosti s autonomními vozidly přijdou a jak na ně zareaguje společnost jako celek.

2 Legislativa – pozemní

Ačkoli jde vývoj automobilového průmyslu rapidním tempem kupředu, je s ním spjaté regulování provozu převážně z hlediska legislativy. Jak je tedy řešen provoz autonomních vozidel na našem území? Kdo určuje vinu v případě nehody? Kdo je a kdo není řidičem? Autonomní provoz a jeho implementace se svým příchodem přináší mnoho otázek, na které v segmentu několika let budeme muset znát odpověď. Současné omezení se řídí *Vídeňskou úmluvou o silničním provozu* a na území ČR dále *zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích*.

2.1 Vídeňská úmluva o silničním provozu

Zapojení autonomních vozidel do provozu komplikuje ratifikovaná konference z roku 1968. Za účelem zvýšení provozního bezpečí a sjednocení standardů na komunikacích se zde sešlo a úmluvu podepsalo více než 70 států, včetně České republiky. Tato konvence uvádí v článku číslo **8** s názvem **řidiči**:

„Každé vozidlo v pohybu nebo každá souprava vozidel musí mít řidiče.“³⁶ Řidiče stejná listina definuje jako – „ výraz "řidič" znamená každou osobu, která řídí motorové vozidlo nebo jiné vozidlo (včetně jízdního kola) anebo která vede po silnici zvířata jednotlivá nebo ve stádech anebo řídí tažná, nákladní nebo jezdecká zvířata.“³⁷

Další body ze stejného článku, které přicházejí do konfliktu s definicí společnosti SAE a s provozem autonomních vozidel:

³⁴ RAHWAN, Iyad. The Social Dilemma Of Driverless Cars. Tedx Cambridge. In: Youtube [online]. 28.11.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=nhCh1pBsS80>. Kanál uživatele TEDx Talks, 10:12 – 11:47

³⁵ Tamtéž, 12:47 – 13:40

³⁶ Vídeňská úmluva o silničním provozu, článek 8, s. 8

³⁷ Tamtéž, článek 1, s. 3-4.

1) *„Každý řidič musí mít potřebné tělesné a duševní vlastnosti a být v potřebném stavu tělesném a duševním pro řízení.“³⁸*

Pokud budeme člověka považovat za řidiče i ve 4. stupni autonomie, nastává problém s definicí, neboť na člověka nahlíží jako na dozor, v případě selhání či kritické situace jako na bezpečnostní pojistku, která zasáhne a kontrolu nad vozem přebere.

2) *„Každý řidič vozidla poháněného motorickou silou musí mít potřebné znalosti a způsobilost k řízení vozidla; toto ustanovení však nebrání výcviku v řízení podle národního zákonodárství.“³⁹*

3) *„Každý řidič musí neustále ovládat vozidlo nebo mít možnost vést zvířata.“⁴⁰*

Tyto výroky jsou v rozporu s oficiální klasifikací čtvrtého a pátého stupně vydanou mezinárodní organizací SAE. Je tedy zcela jasné, že do doby, než se aktualizuje legislativní omezení a zodpovědnost se zcela přenesou na vozidlo jako takové, nebude možná plnohodnotná implementace samoříditelných vozů do běžného provozu.

2.2 Česká republika

Z hlediska legislativního omezení v České republice se vše řídí zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Při nahlédnutí do tohoto zákona najdeme několik překážek, se kterými se bude muset implementace autonomních vozidel do běžného provozu vypořádat. Pokud budeme vycházet z faktu, že autonomní vozidlo bude schopné přepravit kohokoliv, pak v níže vybraných bodech dojde ke střetu s legislativou a bude potřebná částečná nebo úplná novelizace vybraných paragrafů.

Soupis problematických paragrafů z výše zmiňovaného zákona začíná již **§ 3 odst. 1, který stanoví:**

„Provozu na pozemních komunikacích se nesmí účastnit osoba, která by vzhledem k věku nebo ke sníženým tělesným nebo duševním schopnostem mohla ohrozit bezpečnost tohoto provozu.“⁴¹

³⁸ Vídeňská úmluva o silničním provozu, článek 8, s. 8

³⁹ Tamtéž,

⁴⁰ Tamtéž,

⁴¹ Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu). In: *Sbírka zákonů*. § 3 odst. 1,

§ 3 odst. 2, stanoví:

„Řídit vozidlo nebo jet na zvířeti může pouze osoba, která je dostatečně tělesně a duševně způsobilá k řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a v potřebném rozsahu ovládá řízení vozidla nebo jízdou na zvířeti a předpisy o provozu na pozemních komunikacích.“⁴²

§ 5 odst. 1 písm. b) stanoví:

Řidič je povinen „věnovat se plně řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti a sledovat situaci v provozu na pozemních komunikacích.“⁴³

§ 5 odst. 2 písm. a) stanoví:

„Řidič nesmí požit alkoholický nápoj ani jinou látku obsahující alkohol (dále jen „alkoholický nápoj“) nebo užít jinou návykovou látku během jízdy.“⁴⁴ Přičemž 5., tedy nejvyšší, stupeň autonomie povoluje přepravu osob v jakémkoliv stavu. Stupeň číslo 4 dovoluje řidiči používat mobilní telefon, konzumovat nápoje i potraviny, což je zcela opačné tvrzení oproti znění zákona.

§ 5 odst. 2 písm. b) stanoví:

„Řidič nesmí řídit vozidlo nebo jet na zvířeti bezprostředně po požití alkoholického nápoje nebo užití jiné návykové látky nebo v takové době po požití alkoholického nápoje nebo užití jiné návykové látky, kdy by mohl být ještě pod vlivem alkoholu nebo jiné návykové látky.“⁴⁵

§ 5 odst. 2 písm. c) stanoví:

„Řidič nesmí řídit vozidlo nebo jet na zvířeti, jestliže je jeho schopnost k řízení vozidla nebo jízdě na zvířeti snížena v důsledku jeho zdravotního stavu.“⁴⁶

⁴² Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu). In: *Sbírka zákonů*. § 3 odst. 2,

⁴³ Tamtéž, § 5 odst. 1, písm b)

⁴⁴ Tamtéž, § 5 odst. 2 písm. a)

⁴⁵ Tamtéž, § 5 odst. 2 písm. b)

⁴⁶ Tamtéž, § 5 odst. 2 písm. c)

§ 7 odst. 1 písm. c) stanoví:

„Řidič nesmí při jízdě vozidlem držet v ruce nebo jiným způsobem telefonní přístroj nebo jiné hovorové nebo záznamové zařízení.“⁴⁷

Po porovnání definic z výše uvedených paragrafů s definicemi a možnostmi stupňů autonomie vozidel je patrné, že legislativní proces v ČR není stále na zapojení autonomních vozidel do běžného provozu připraven. Zajímavým faktem je, že na našem území jsou vozidla s částečným stupněm autonomie vyráběna a testována, ale to nejdůležitější, čímž je onen legislativní proces, se stále nemění, přičemž zavedení, upravení, či odhlasování změny může trvat i několik měsíců.

2.3 Spojené státy americké

Pro porovnání situace v naší zemi je dle vývoje legislativního procesu pro autonomní vozidla vhodná právě benevolentnější USA, která autonomní vozidla v některých státech povolila, v jiných na tom stále pracují. Plánuje se však celoplošné pokrytí a propojení všech autonomních vozidel. Jak je známo, legislativní proces a celkové rozhodování uvnitř jednotlivých států je zde velice komplikované a rozdílné, celá země se spíše chová jako 50 různých, menších, soběstačných a legislativně odlišných zemí. Americké zákonodárství je v oblasti vývoje autonomních vozidel o ohromný kus vepředu před zbytkem světa. Některé státy USA už samostatně vyhlásily lokace pro vývoj a testování aut. Vytvořily legislativu, která takový vývoj umožní, stanovily výhodné podmínky, které podporují tuto technologii a testovací centra s mnohamiliónovými dotacemi

Bývalý prezident USA, Barack Obama, o autonomním řízení a využití technologií hovoří takto: *„Bezpečnější a snadnější řízení. Méně přeplněné, méně znečištěné silnice. Tak může vypadat využití technologie pro dobrou věc.“⁴⁸*

⁴⁷ Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu). In: *Sbírka zákonů*, § 7 odst. 1 písm. c)

⁴⁸ Kar. Nechceme tu mít Divoký západ. Americká vláda přišla s pravidly pro robotická auta. In: *Věda*. [online]. 2016-09-22 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1913420-nehceme-tu-mit-divoky-zapad-americka-vlada-prisla-s-pravidly-pro-roboticka-auta>

Ředitel National Economic Council *Jeffrey Zients* o budoucnosti autonomních aut hovoří takto:

„Představujeme si, že v budoucnosti budete moci sundat ruce z volantu a vaše cesta se pak stane klidnou a odpočinkovou – místo frustrující a vyčerpávající.“⁵⁰

Vláda USA jako první udělala důležitý krok k tomu, aby se stala skutečným lídrem na poli autonomních vozidel. V jednom z posledních vydaných zákonů ještě pod vedením Baracka Obamy je uvedeno deset míst, kde se budou a mohou vozy testovat. Příkladem může být michiganské *Americké centrum pro dopravu (ACM)*, které je v současnosti lídrem na poli autonomního provozu.⁵¹

Zároveň s tímto zákonem vyšla i nepřehlédnutelná nařízení, která stanovují, že do roku 2021 v sobě budou muset mít všechna nová vozidla zabudovaný komunikační prostředek tzv. *vozdlo-vozdlo (V2V)*, který bude přenášet důležité informace o všem, co se děje. Například při nouzovém brzdění jednoho vozidla budou o tomto brzdění vědět všechna vozidla v okolí v řádu několika milisekund, přičemž budou moci ihned reagovat. Díky komunikaci V2V, která je jednou z klíčových vlastností automobilů s autonomním řízením, by se mohla rapidně snížit nehodovost na pozemních komunikacích.⁵²

2.5 AV 3.0

Přijetí dokumentu AV 3.0, jenž navrhla NTHSA s cílem připravit zákonný rámec pro provozování autonomních nebo také samořiditelných automobilů, je jedním z příkladů, v čem je USA v implementaci autonomních vozů napřed. Zmíněný dokument se snaží připravit s předstihem několika desetiletí základy pro legislativní začlenění zmíněného fenoménu.⁵³ NTHSA dokumentem povoluje provoz autonomních vozidel na území celých USA v případě, že s tím budou souhlasit místní zákonodárci. Doposud

⁵⁰ Kar. Nechceme tu mít Divoký západ. Americká vláda přišla s pravidly pro robotická auta. In: *Věda*. [online]. 2016-09-22 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1913420-nehceme-tu-mit-divoky-zapad-americka-vlada-prisla-s-pravidly-pro-roboticka-auta>

⁵¹ V USA vyhlásili 10 míst pro testování autonomních vozidel. In: *Automoto*. [online]. 2017-01-23, 8:02 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/427180-v-usa-vyhlasi-10-mist-pro-testovani-autonomnich-vozidel.html>

⁵² V USA vyhlásili 10 míst pro testování autonomních vozidel. In: *Automoto*. [online]. 2017-01-23, 8:02 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/427180-v-usa-vyhlasi-10-mist-pro-testovani-autonomnich-vozidel.html>

⁵³ URBÁNEK, Vladimír. V USA už mají zákon pro provoz autonomních aut. In: *AutoMoto* [online] 09.10.2018, [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/469373-v-usa-uz-maji-zakon-pro-provoz-autonomnich-aut/>

muselo jít celé kolečko opačným směrem. Zákonodárci museli žádat komisi o povolení a vyjednat vše potřebné na úrovni daného státu včetně řešení problémů s pojišťovnami, což bylo velmi zdlouhavé a pomalé. Dokument AV 3.0 také osvobozuje autonomní automobily od povinností klasických automobilů především s ohledem na klasickou povinnou výbavu vyžadovanou doposud platnými zákony. Dokument přesně stanovuje definované možnosti a výjimky zohledňující nové technologie a směry vývoje.⁵⁴ Dokument také uvádí, že celý problém autonomních vozidel je třeba pojmout komplexně a rozvíjet v tomto ohledu všechny druhy dopravy od osobní přes nákladní až třeba po tu železniční. Celý systém autonomně řízených "dopravních prostředků" by měl být schopen spolu náležitě komunikovat a spolupracovat.⁵⁵

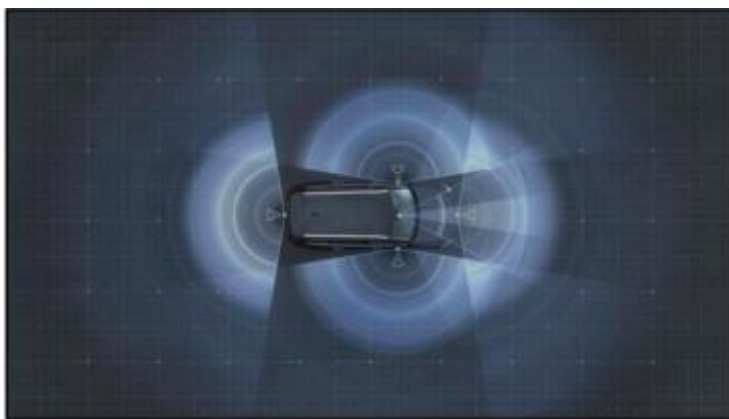
2.6 Kamery

Tak jako my se můžeme skrze kameru podívat a vidět čistý obraz krajiny okolo nás, tak i automobily budou schopny navádět své systémy dle stejného principu. Rozmístěním kamer do všech úhlů vznikne dokonce výhled 360 stupňů, což je daleko více, než zvládá člověk. Například Tesla vybavuje své vozy 8 kamerami, které jsou v různých úhlech okolo celého auta a vytvoří tak opravdu 360 stupňový výhled. Kamery vytváří 2D obrázky, které jdou přes počítač. Ten je v novém modelu Tesly dokonce 40krát výkonnější než jeho předchůdce. Vytváří 3D mapu celého okolí, což dovoluje autu navigovat a pohybovat se v prostředí.⁵⁶

⁵⁴ URBÁNEK, Vladimír. V USA už mají zákon pro provoz autonomních aut. In: *AutoMoto* [online] 09.10.2018, [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/469373-v-usa-uz-maji-zakon-pro-provoz-autonomnich-aut/>

⁵⁵ Tamtéž,

⁵⁶ QUINN, James. *Self Driving Cars: Cameras: The Eyes of Autonomous Vehicles* [online]. 2017 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://sites.tufts.edu/jquinn/2017/10/10/cameras-the-eyes-of-autonomous-vehicles/>



Obrázek 4 – KAMERY. Společnost Volvo cars.⁵⁷

3D kamery také dokáží poskytovat informace o hloubce obrazu. Tuto technologii známe například z herního průmyslu.⁵⁸ Generace těchto 3D informací může být například strukturovaným světlem⁵⁹ nebo takzvanou Time of Flight (*technologie časového průběhu*) metodou.⁶⁰ Obě metody jsou nákladově efektivní a poměrně jednoduché. Výsledkem přestavby geometrie objektu na základě konstrukce světla je, že značná část vnějších povrchů není zjištěna, jelikož vzniknou bílé plochy. To vede k chybějící geometrické informaci a špatné kvalitě modelu. Celá technologie je velice citlivá, pokud jde o odrazy světla. Tolerance geometrického rozpoznání nakloněných ploch je hrubá. ToF technologie poskytuje lepší výsledky geometrického rozpoznání díky tomu, že je zachycen nejen 2D obraz, ale také samotná vzdálenost od kamery k jednotlivým pixelům pomocí měření přechodného světla. Je také méně citlivá v případě různých světelných podmínek a odrazů. Kamerové systémy ToF mají pracovní rozsah až 40 metrů s přesností asi 0,01 m. Obnovovací frekvence snímku dosahuje 160 snímků za sekundu, což umožňuje aplikaci v reálném čase. ToF kamery se dnes používají v technologiích asistence řidičů, nouzových brzdových systémech a v rámci ochrany chodců.⁶¹

⁵⁷ Volvo Drive Me Autonomous Project Is On The Way And First Autonomous Cars Are On The Roads Right Now [online]. gearheads.org [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://gearheads.org/volvo-drive-me-autonomous-project-is-on-the-way-and-first-autonomous-cars-are-on-the-roads-right-now/>

⁵⁸ Zeng, W.: Microsoft Kinect Sensor and Its Effect, IEEE Multimedia, Univ. of Missouri, 2012

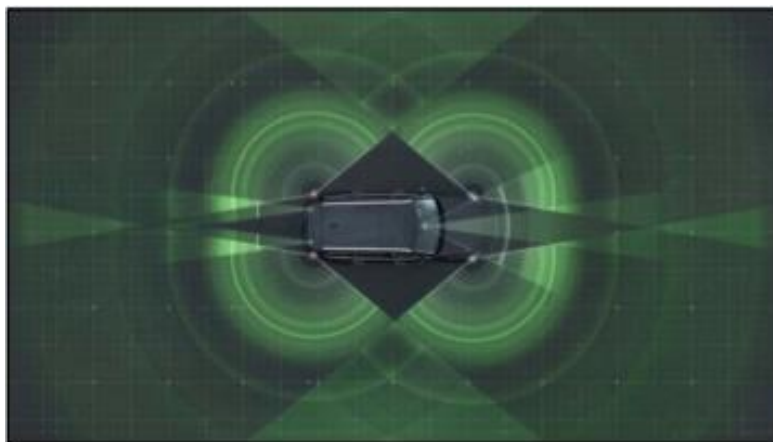
⁵⁹ Rocchini, C.; Cignoni, P.; Montani, C.; Pinci, P.; Scopigno, R.: A low cost 3D scanner based on structured light, EUROGRAPHICS 2001, Oxford, USA, 2001

⁶⁰ Hansard, M.; Lee, S.; Choi, O.; Horaud, R.: Time of Flight Cameras: Principles, Methods, and Applications, Springer, 2012, ISBN 978-1-4471-4658-2

⁶¹ HIRZ, Mario & Walzel, Bernhard. (2018). Sensor and object recognition technologies for self-driving cars. Computer-Aided Design and Applications, s. 5

2.7 RADAR

Tyto snímače dokáží měřit vzdálenost i relativní rychlost objektů s vysokou přesností. Velikou výhodou radarových systémů je spolehlivý provoz v různém prostředí. Jejich fungování tedy není závislé ani na prostředí, ani počasí. Ve srovnání s kamerovým systémem jsou zde patrně vyšší náklady a relativně hrubé zobrazení objektů. Tyto systémy se používají například v nouzových brzdových systémech, v automatickém tempomatu, při detekci kolizí nebo mrtvých bodů a dokonce i při změně jízdního pruhu. Aplikace pro účely rozpoznávání objektů je kvůli snímačům a podrobným obrazovým a geometrickým informacím omezená. Z tohoto důvodu jsou radarové sensorové systémy často kombinovány s rozpoznáním obrazu na základě kamer. Příkladné radarové senzory se používají k detekci překážek a měření relativní rychlosti, přičemž kombinovaný systém 2D kamer poskytuje informace o typu a třídě objektů. Využívá se to pro rozpoznávání chodců, identifikaci dopravních značek nebo poznávání jízdních pruhů.⁶²



Obrázek 5 – RADARY. Společnost Volvo cars.⁶³

⁶² Volvo Drive Me Autonomous Project Is On The Way And First Autonomous Cars Are On The Roads Right Now [online]. gearheads.org [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://gearheads.org/volvo-drive-me-autonomous-project-is-on-the-way-and-first-autonomous-cars-are-on-the-roads-right-now/>, s. 5-6.

⁶³ Tamtéž,

2.8 LIDAR

Pro získávání informací a komunikaci V2V a V2R využívají AV několik systémů s různými bezpečnostními mechanismy, které jsou nezbytné pro jejich správné fungování a bezpečnost. Mají například systém nazvaný LIDAR (*Light Detection and Ranging*),⁶⁴ který tím, že osvětluje svůj cíl světlem pomocí impulsů z laseru, získává a měří potřebnou vzdálenost. Využívá ultrafialové, viditelné nebo infračervené světlo pro vytvoření obrazové představy o objektech. Zajímavě se dá použít na nekovové předměty, horniny, déšť, chemické sloučeniny a dokonce i na jednotlivé molekuly. Tento laserový paprsek lze také použít ke zmapování s velmi vysokým rozlišením.⁶⁵



Obrázek 6 – LIDAR. Společnost Volvo cars.⁶⁶

2.9 DSRC

Dedicated Short-Range Communications, tedy *DSRC*, je bezdrátová služba převážně krátkého dosahu, tj. komunikace na vzdálenost menší než 1km. Je speciálně vytvořena pro bezdrátové propojení V2V, tedy vozidlo-vozdlo. Jedná se zejména o bezpečnostní podporu aplikací, vyhýbání se kolizím a očekávaným průsečíkům jejich trajektorií.⁶⁷

⁶⁴ Sheetal, R. D., An autonomous driverless car: an idea to overcome the urban road challenges, *Journal of Information Engineering and Applications*, v. 3, č. 13, 2013.

⁶⁵ TRUBIA, Salvatore & Giuffrè, Tullio & Canale, Antonino & Severino, Alessandro. 2017. Automated Vehicle: a Review of Road Safety Implications as Driver of Change. [online]. 18.6.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/321110582_Automated_Vehicle_a_Review_of_Road_Safety_Implications_as_Driver_of_Change

⁶⁶ Volvo Drive Me Autonomous Project Is On The Way And First Autonomous Cars Are On The Roads Right Now [online]. gearheads.org [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://gearheads.org/volvo-drive-me-autonomous-project-is-on-the-way-and-first-autonomous-cars-are-on-the-roads-right-now/>

⁶⁷ Anderson, J.M. et al., *Autonomous Vehicle Technology. A guide for policymakers*, Rand Corporation, Santa Monica, 2016

3 Legislativa – letecká

V současné době zaznamenáváme rapidní rozvoj bezpilotních, nebo lépe řečeno dálkově ovládaných létajících zařízení *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* s platným názvem dron. Jejich uplatnění a využití spadá do nejrůznějších oblastí života. Již nějakou dobu mají své právoplatné místo ve výzbroji armád, záchranářů a stále více se prosazují i v civilní oblasti. Drony jsou schopny provádět detekční či filmové práce, natáčet, fotografovat z veliké výšky a samozřejmě přenášet různé předměty. Proto jednou z možných sfér jejich využití v budoucnu může být právě logistika. Velké logistické společnosti, například firma Amazon, již vyvíjejí způsoby přepravy zboží zákazníkům pomocí dronů.⁶⁸

Základní legislativní pramen v oblasti letectví představuje *Úmluva o mezinárodním civilním letectví* sjednaná dne 7. prosince 1944 v Chicagu. První signatáři této úmluvy (mezi které patřilo i tehdejší Československo) byli odhodláni značně přispět k vytvoření, ale i zachování přátelství a porozumění mezi národy. Zasadili se také o to, aby mezi státy a národy ona spolupráce, na níž spočívá světový mír, fungovala. Úmluva vstoupila v platnost dne 4. dubna 1947. Ve stejném roce byla ustanovena *Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO)*. V době poválečného míru a vzniku mezinárodního leteckého práva bylo jasné, že za těchto podmínek dojde k velkému rozvoji letecké přepravy převážně v civilní sféře. Ke správné funkčnosti bylo ovšem nutné zajistit právní řešení, které by bylo pro všechny státy jednotné. Chicagská úmluva představuje základní platformu pro jakoukoliv další právní regulaci letectví. Právě na těchto legislativních základech spočívá fenomén dronů.

Pokud dronem rozumíme jakékoli bezpilotní letadlo, tak na něj Chicagská úmluva pamatovala již od samého počátku. Dle článku 8 měl být let "letadla řízeného bez pilota" nad územím smluvního státu podmíněn zvláštním zmocněním. Také český zákon o civilním letectví podmiňuje let letadla řízeného bez pilota nad územím České republiky speciálním povolením, konkrétně se jedná o §52 *zákona o civilním letectví*. Obě právní normy, tedy ta vnitrostátní i mezinárodní, se stávají z hlediska smysluplnosti úpravy překonanými jak v realitě, tak v masovosti jejich využívání. Globální a generální omezení provozu a letů bylo přijato za zcela

⁶⁸ GROŠPIC, Pavel. Právní aspekty provozu dronů v ČR I. *Droneweb.cz* [online]. 15.12.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>

jiných podmínek a za jiného stavu techniky, než jaké existují nyní. Navzdory těmto omezením jednotlivé státy přijímají vlastní vnitrostátní normy reglementující běžný provoz bezpilotních letounů, čímž se původní omezení stávají pozvolna obsoletními. Celková regulace leteckého provozu čelí problematickým výzvám převážně v oblasti jejich miniaturizace. Malé letouny se vyčleňují z dalekého a nedostupného vzdušného prostoru a přesouvají se do bezprostřední tělesné blízkosti lidí. Dostávají se do ulic, budov, nad obydlí, zkrátka kamkoliv. Letiště již končí v roli vstupní i výstupní brány vzdušného prostoru a samotný vzdušný prostor začíná pomyslně ihned za hranicemi našeho fyzického já. Do rozporu s tímto krokem přichází nejen zájem na bezpečnosti, ale také zájem na ochraně soukromí a životního prostředí. Zájem veřejného zdraví na straně jedné a zájem celospolečenského profitování z nových technologií na straně druhé. Jaké zájmy v různých zemích převáží, ukáže budoucnost.⁶⁹

Základem vnitrostátního letectví je *zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví*, ve znění pozdějších předpisů. Letadlo je zde v paragrafu 2 definováno jako *"zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu. Pro účely tohoto zákona se nepovažuje za letadlo model letadla, jehož maximální vzletová hmotnost (tedy hmotnost letadla včetně všech provozních kapalin a nákladu, při které je letadlo schopno uskutečnit let) nepřesahuje 20 kg."*⁷⁰ Pod takovým zařízením je třeba představit si nejen letadlo s křídly, jak jej známe (s motorem a vrtulí, turbínou, popř. kluzák bez motoru) ale také vrtulník. Letadlem však rozumí i létající zařízení lehčí než vzduch, například balóny a vzducholodě.⁷¹

3.1 Doplněk X

Provozu bezpilotních letadel a modelů se věnuje dokument s názvem *Doplněk X (Poznámka: viz Hlava 3, ust. 3.1.9 tohoto předpisu)* k obecným pravidlům létání L2. Tento dokument je českým doplňkem (odtud i tento název) jinak mezinárodního leteckého předpisu L2 (ukotveného v našem právním řádu na základě §102 odst. 2 *zákona o civilním letectví*). Ve skutečnosti doplněk X, který je vydaný Ministerstvem dopravy, působí bez výraznějšího normativního zmocnění

⁶⁹ GROŠPIC, Pavel. Právní aspekty provozu dronů v ČR I. *Droneweb.cz* [online]. 15.12.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>

⁷⁰ Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví

⁷¹ GROŠPIC, Pavel. Právní aspekty provozu dronů v ČR I. *Droneweb.cz* [online]. 15.12.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>

jako legislativní rámec principiálního zákazu, přičemž nahrazuje absenci podstatné změny zákona o civilním letectví, jež by dal právní základ povinnostem ukládaným provozovatelům dronů.⁷²

Let či provozování dronů jsou principiálně vázány na speciální povolení. Dron je považován za cizí či nežádoucí věc, pro kterou musí být vystavena výjimka na každý specifický případ. Dodržování Doplnku X má zaručit legální a beztrestný provoz. Při mimořádné události ve vzdušném prostoru bude nepochybně stěžejní posouzení dodržení doplňku a možné odpovědnosti za přestupek.⁷³

Doplňek třídí drony a bezpilotní letadla do čtyř kategorií dle jejich vzletové hmotnosti. Jde o kategorii **do 0,91 kg**, **od 0,91 kg až do 7 kg**, **mezi 7 až 20 kg** a **nad 20 kg**. V rámci jednotlivých kategorií jsou stanoveny různé podmínky a povinnosti, za kterých lze let uskutečnit. Zatímco veškerý komerční provoz vyžaduje povolení od *Úřadu pro civilní letectví České republiky (ÚCL)*, získání licence pro pilota i dron s platným pojištěním nebo rekreační létání s malými drony je omezeno pouze minimálně.⁷⁴

Z Doplnku X vyplývají například tato pravidla pro provoz bezpilotního letadla:

- 1) Let smí být prováděn pouze způsobem, při kterém nedojde k ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru, osob a majetku na zemi a životního prostředí.⁷⁵
- 2) Bepilotní letadlo musí být provozováno pouze v přímém dohledu jeho pilota.⁷⁶
- 3) Za bezpečné provedení letu je odpovědný vždy pilot.⁷⁷

⁷² GROŠPIC, Pavel. Právní aspekty provozu dronů v ČR I. *Droneweb.cz* [online]. 15.12.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>

⁷³ Tamtéž,

⁷⁴ Doplněk X - Bepilotní systémy. *ICAO Annex: L 2* [online]. 2014 [cit. 2019-1-10]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>

⁷⁵ Doplněk X - Bepilotní systémy. *ICAO Annex: L 2* [online]. 2014 [cit. 2019-1-10], ustanovení 3.1. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>

⁷⁶ Tamtéž, ustanovení 3.2,

⁷⁷ Tamtéž, ustanovení 5.1,

- 4) Provozovatel nebo vlastník musí na žádost Úřadu umožnit provedení kontroly letové způsobilosti a provozu bezpilotního systému v rozsahu dle požadavků stanovených stejným úřadem.⁷⁸
- 5) Informace o letu musí pilot zaznamenávat do deníku pilota.⁷⁹
- 6) Bepilotní letadlo musí pilotovi umožnit zásah do průběhu letu či let ukončit.⁸⁰
- 7) Bepilotní letadlo musí ve své výbavě mít vestavěný bezpečnostní systém, který při kritické situaci či poruše provede ukončení letu.⁸¹
- 8) Autonomní bepilotní letadlo nesmí být nikterak provozováno ve společném vzdušném prostoru.⁸²
- 9) Bepilotní letadlo nesmí přepravovat nebezpečné látky nebo zařízení.⁸³
- 10) Bepilotní letadlo nesmí shazovat předměty za letu.⁸⁴
- 11) Bepilotní letadlo nesmí pilot provozovat při současném vlastním pohybu pomocí technického zařízení.⁸⁵

⁷⁸ Doplněk X - Bepilotní systémy. *ICAO Annex: L 2* [online]. 2014 [cit. 2019-1-10], ustanovení 5.3. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>,

⁷⁹ Tamtéž, ustanovení 5.4,

⁸⁰ Tamtéž, ustanovení 6.1,

⁸¹ Tamtéž, ustanovení 6.3,

⁸² Tamtéž, ustanovení 7.6,

⁸³ Tamtéž, ustanovení 10,

⁸⁴ Tamtéž, ustanovení 11,

⁸⁵ Tamtéž, ustanovení 12.

PRAKTICKÁ ČÁST

Cíl práce

Cílem výzkumné části práce je zjistit znalosti a povědomí žáků na 2 stupni ZŠ a osmiletých gymnázií ze čtyř krajů o provozu autonomních vozidel, zmapování znalosti základních pojmů a funkcí těchto vozů a zároveň otevřít otázku morální odpovědnosti u krizových situací a nehod autonomních vozidel.

Hypotézy

H1: Předpokládáme, že v rámci daného vzorku respondentů výsledky žáků, kteří absolvovali specifickou hodinu zaměřenou na autonomní vozidla budou na vyšší úrovni než výsledky žáků, kteří tuto hodinu neabsolvovali.

H2: Předpokládáme, že korelační analýza prokáže, že odpovědi experimentální skupiny budou více konzistentní než u skupiny kontrolní, tj. že korelace mezi odpověďmi na jednotlivé postojové otázky bude u experimentální skupiny zpravidla silnější.

Výzkumná část

Pro diplomovou práci byl zvolen kvantitativní výzkum, který se odrážel od specifické hodiny a opíral se o základní znalosti získané během této hodiny. Výzkumnou metodou byl dotazníkový test, který byl předložen dvěma skupinám. Jedné, která absolvovala specifickou hodinu a druhé, která tuto hodinu neabsolvovala. Jelikož jde o kvantitativní výzkum, tak hlavním cílem bylo třídění údajů a vysvětlení příčin námy zvolených jevů, tedy dokázání či vyvrácení předem stanovených hypotéz.

Soubor a metodika

Charakteristika souboru

K testování byly vybrány 4 odlišné školy ze 4 krajů: Královehradeckého, Pardubického, Středočeského a kraje Praha. Osloveno bylo celkem 10 škol, ale bohužel se některé neozvaly nebo o výzkum neměly zájem, tudíž se výzkumu zúčastnily pouze školy

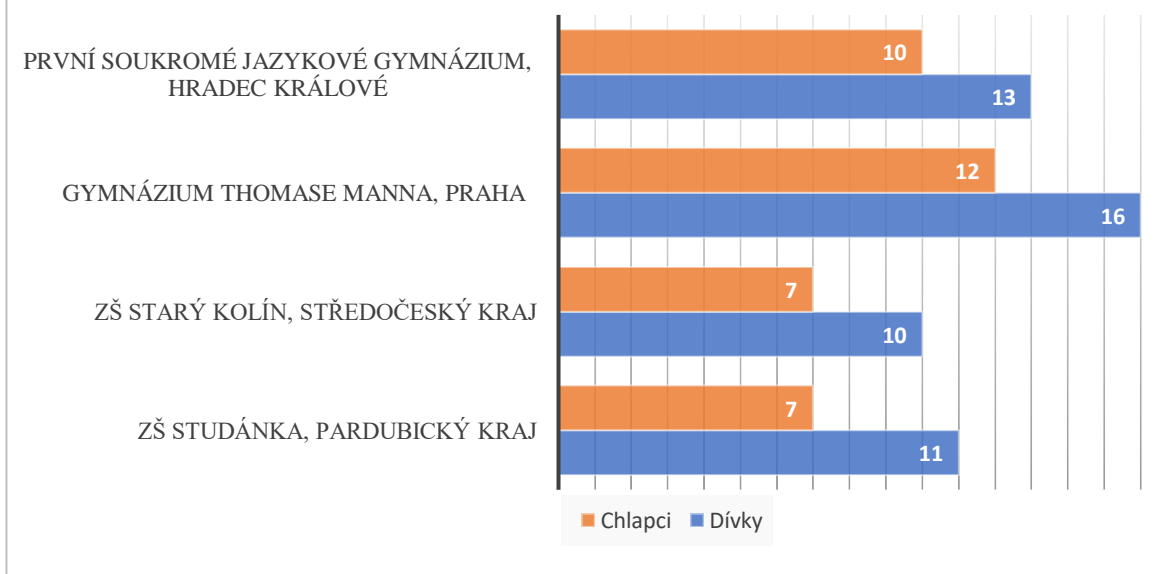
4. Z každé školy byla náhodně vybrána 1 třída, která neprošla specifickou hodinou o autonomních vozech a třída druhá, která toto školení podstoupila, ve stejném věku.

Celého výzkumu se zúčastnilo celkem **174 žáků**, v poměrovém zastoupení **96 dívek (55 %)** a **78 chlapců (45 %)** ve věku od **12 do 14 let**. Specifická hodina byla realizována vždy **1x** na každé škole, týkala se celkem **86 žáků (49 %)**, tedy **50 dívek (58 %)** **36 chlapců (42 %)** a trvala vždy 1 vyučovací hodinu, přesněji 45 minut. Žáci kteří absolvovali tuto experimentální výuku tvoří experimentální skupinu, zbývajících 88 žáků tvoří kontrolní skupinu.

Testování bylo prováděno autorem práce, popřípadě metodicky zaškolenými učiteli dané školy, na žácích vybraných škol, stejně tak i experimentální hodiny, které byly vedeny pouze autorem práce. Při zadávání testů byli žáci vždy poučeni o tom, že je testování anonymní, píší jej sami bez pomoci druhých a nebude nijak hodnoceno, jde pouze o sběr nutných dat.

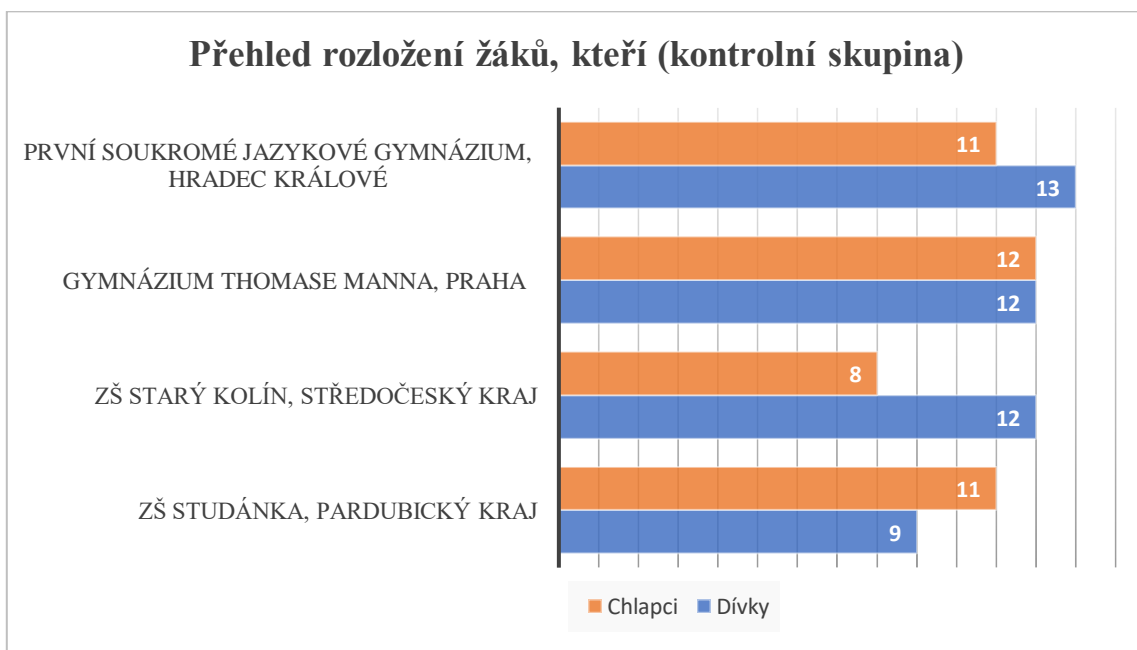
Testování u žáků s možností absolvování experimentální hodiny probíhalo následující hodinu, tudíž mezi odučenou hodinou a testem nebyla žádná markantní pauza. Vzorek byl vybírán tak, aby byl vyvážený mezi počty dívek a chlapců a mezi velikostí experimentální a kontrolní skupiny.

Přehled rozložení žáků (experimentální skupina).



Z prvního grafu je patrné, že ve skupince, která se zúčastnila plánované hodiny bylo 50 dívek a 36 chlapců. Dále jsou zde zastoupeny 4 různé školy, jak gymnázia, pak i základní školy ze 4 různých krajů. Nejvíce žáků ve třídě připadalo na GTM v Praze a nejméně na ZŠ Starý Kolín.

Přehled rozložení žáků, kteří (kontrolní skupina)



Na druhém grafu můžeme vidět poměr chlapců a dívek, kteří ovšem patřili do kontrolní skupiny. Jednalo se o stejné školy jako u experimentální skupiny, ovšem tentokrát zde neprobíhala žádná výuka, pouze vyplnění dotazníku. Celkem zde bylo 88 žáků, kteří byli seznámeni s průběhem a poučení, že každý vyplňuje dotazník sám za sebe.

Část první

Tabulka 1 - Co je to Artificial intelligence? (experimentální skupina)

N = 86	n	%
2 body	85	99
0 bodů	1	1

První tabulka ukazuje, jak úspěšli žáci, kteří absolvovali hodinu. Je zde vidět, že v 99% ví, co je AI, tedy *Artificial intelligence*, která je základním kamenem pro autonomní vozidla. U této otázky nás více budou zajímat studenti z druhé skupiny, tj. ti, kteří vyplňovali test bez přípravné hodiny.

Tabulka 2 - Co je to Artificial intelligence? (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
2 body	28	32
0 bodů	60	68

Zde je vidět pokles v procentuální úspěšnosti respondentů zhruba o 60%. Tento pokles byl očekávaný, protože s tímto pojmem se v běžném životě žáci nesetkávají. Je zde ale významná část respondentů, kteří správnou odpověď věděli.

Tabulka 3 - Vysvětlete zkratky (SAE, AV a CV) (experimentální skupina)

N = 86	n	%
0 bodů	3	3
1 bod	3	3
2 body	22	26
3 body	58	68

U otázky vysvětlování pojmů, jako je AV (autonomous vehicle) nebo CV (civil vehicle) byli žáci z 68% zcela úspěšní, pouze 3% se nepodařilo vysvětlit ani jednu zkratku.

Tabulka 4 - Vysvětlíte zkratky (SAE, AV a CV) (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
0 bodů	83	94
1 bod	4	5
2 body	0	
3 body	1	1

Naopak žákům, kteří dostali test bez jakékoliv přípravy dělalo vysvětlení aspoň jednoho problému velké potíže. Všechny 3 dokázal vysvětlit pouze jediný žák a naopak žádný pojem 94 % respondentů.

Tabulka 5 - Co je to takzvaný BLACK BOX? (experimentální skupina)

N = 86	n	%
2 body	84	98
0 bodů	2	2

Z této tabulky plyne, že s 98% přesností věděli všichni žáci, co černá skříňka je a k čemu slouží. Na výběr byly 4 možnosti, kde pouze jedna odpověď byla správná.

Tabulka 6 - Co je to takzvaný BLACK BOX? (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
2 body	23	26
0 bodů	65	74

Je velice zajímavé, že pojem black box, také zvaný černá skříňka si dokázalo spojit a správně označit pouze 26 % žáků. Přitom se tento pojem běžně objevuje například ve zprávách či televizi, když je řešena dopravní nehoda velkých i menších letadel.

Část druhá (postojová)

Tabulka 7 - Vinu u nehody AV nese vždy řidič. (experimentální skupina)

N = 86	n	%
Zcela nesouhlasím	39	46
Nesouhlasím	31	36
Nevím	12	14
Souhlasím	3	3
Zcela souhlasím	1	1

Při rozhodování se o vině při vážné dopravní autonehodě si 82 % žáků nemyslí, že by vinu nesl řidič, tudíž si myslí, že zodpovědnost s postupným vývojem přechází na vozidlo, či společnost, která vozidlo zkonstruovala.

Tabulka 8 - Vinu u nehody AV nese vždy řidič. (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
Zcela nesouhlasím	2	2
Nesouhlasím	7	8
Nevím	55	63
Souhlasím	13	15
Zcela souhlasím	11	12

Naopak u žáků druhé skupiny můžeme pozorovat větší rozptýlení mezi tím, kdo souhlasí a nesouhlasí. Pouze 10% respondentů nesouhlasí s vinou řidiče, naopak 27% s ní souhlasí. Velké procento si zde není jisto, možná z důvodu závažnosti problému se raději staví na neutrální pozici.

Tabulka 9 - Vinu u nehody AV nese vždy vozidlo. (experimentální skupina)

N = 86	n	%
Zcela nesouhlasím	0	0
Nesouhlasím	4	4
Nevím	12	14
Souhlasím	33	39
Zcela souhlasím	37	43

Na rozdíl od předešlé otázky je zde vina přenesena na opačnou stranu, tedy na vozidlo. S vinou vozidla souhlasí 82% procent respondentů z první skupiny, což je stejný poměr, jako u předešlé otázky, ale opačného rázu, tedy že nesouhlasí s vinou řidiče.

Tabulka 10 - Vinu u nehody AV nese vždy vozidlo. (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
Zcela nesouhlasím	28	32
Nesouhlasím	14	16
Nevím	41	46
Souhlasím	4	5
Zcela souhlasím	1	1

U druhé skupiny lze pozorovat znovu velká nerozhodnost až 46%. Dále si 48% myslí, že vinu nenese vozidlo. Pokud procenta proovnáme, u předešlé otázky nám vyšlo, že nesouhlasí 10%, zde pouze 6%, tudíž je zde vidět nepatrný rozdíl.

Tabulka 11 - V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon. (experimentální skupina)

N = 86	n	%
Zcela souhlasím	69	80
Souhlasím	13	15
Nevím	3	4
Nesouhlasím	0	0
Zcela nesouhlasím	1	1

Co se týče povolení mobilních zařízení u autonomních vozů, poslední stupeň má přímo ve svém popisu výhod a možností napsáno, že je možné se věnovat mobilnímu zařízení a ostatním pohodlným věcem, které se v běžném voze dělat nesmí. Tudíž vycházíme z této informace, kde by správnou odpovědí, nehledě na současnou legislativu, mělo být že ano, smí jej používat. Žáci z první skupiny tento fakt vědí, tudíž je jejich výsledek celých 95% pro povolení používání telefonu.

Tabulka 12 - V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon. (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
Zcela souhlasím	3	3
Souhlasím	9	10
Nevím	11	13
Nesouhlasím	28	32
Zcela nesouhlasím	37	42

Z odpovědí od kontrolní skupiny lze vidět, že na autonomní systém nahlíží dle legislativních nařízení a zákonů pro běžný provoz, neboť pouze 13% ví, že pasažér v plném autonomním režimu může svoji pozornost zaměřit i na takovou věc, jako

je mobilní telefon, což ovšem není možné v běžném vozidle. Celých 74% si myslí, že telefon používat nesmí.

Tabulka 13 - Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou. (experimentální skupina)

N = 86	n	%
Zcela souhlasím	6	7
Souhlasím	11	13
Nevím	8	9
Nesouhlasím	29	34
Zcela nesouhlasím	32	37

Z této tabulky vyplývá, že 71 % žáků si myslí o autonomních vozidlech, že mohou být určitou hrozbou. Je velice dobré na vše koukat trochu skepticky a nevidět pouze výhody, ale i možnosti hrozeb. Na druhou stranu 20 % AS za hrozbu nepovažuje.

Tabulka 14 - - Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou. (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
Zcela souhlasím	10	11
Souhlasím	7	8
Nevím	38	44
Nesouhlasím	15	17
Zcela nesouhlasím	18	20

U kontrolní skupiny můžeme narozdíl od experimentální skupiny vidět pokles zejména v prvním případě, ze 71% na 37%, více žáků je zde v pozici, kdy nevědí nebo si netroufají tipnout.

Tabulka 15 - Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná. (experimentální skupina)

N = 86	n	%
Zcela souhlasím	49	57
Souhlasím	24	28
Nevím	6	7
Nesouhlasím	3	3
Zcela nesouhlasím	4	5

Celých 85 % žáků z experimentální skupiny považuje autonomní vozidla za přínosná a pouze 8% z celé skupiny si myslí, že ne.

Tabulka 16 - - Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná. (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
Zcela souhlasím	17	19
Souhlasím	18	20
Nevím	27	31
Nesouhlasím	12	14
Zcela nesouhlasím	14	16

V kontrolní skupině je procentové rozložení více rozložené, například 39 % žáků souhlasí s tím, že jsou tato vozidla přínosná, 30 % nesouhlasí a 31 % neví.

Tabulka 17 - Spojte pojmy - GPS, AV, LIDAR, RADAR, AR (experimentální skupina)

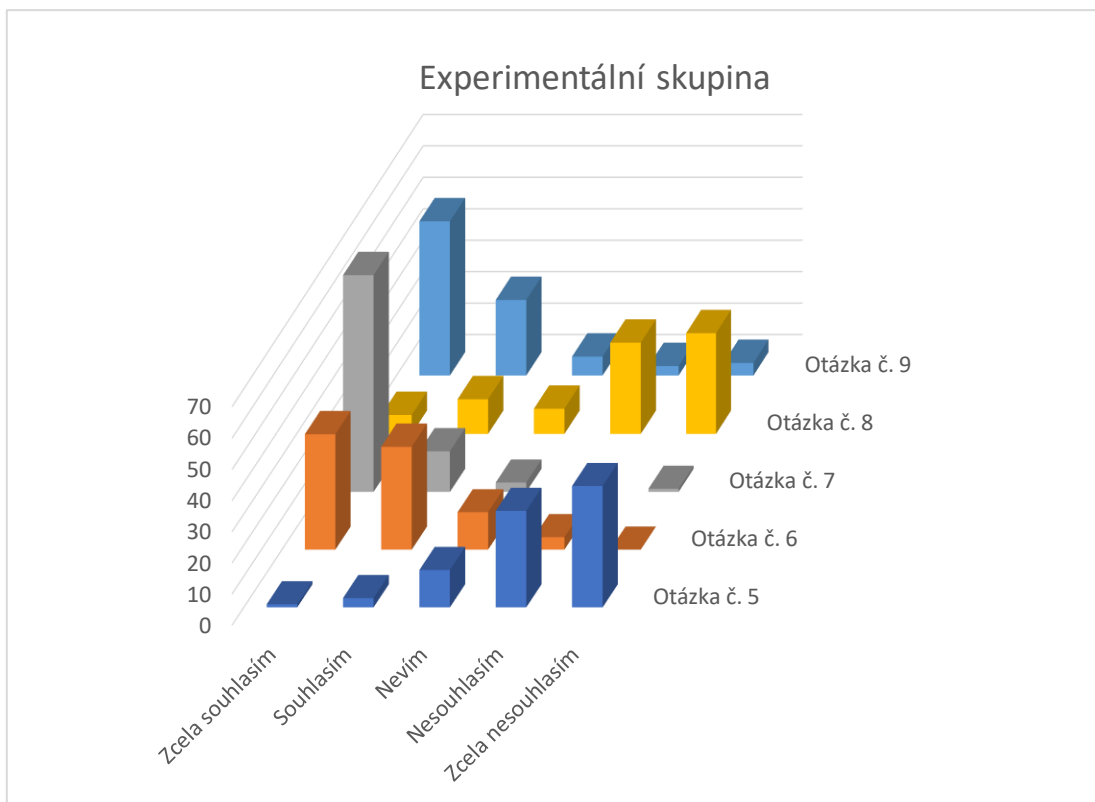
N = 86	n	%
0 bodů	12	14
1 bod	35	41
3 body	39	45

Z této tabulky vyplývá, že pouhým 14 % žáků se nepodařilo spojit ani jednu dvojici pojmů správně, naopak 45 %, tedy skoro 40 žákům se podařilo vše spojit správně. Jednalo se totiž o pojmy spojené s autonomním provozem a také byly probrány na připravené hodině.

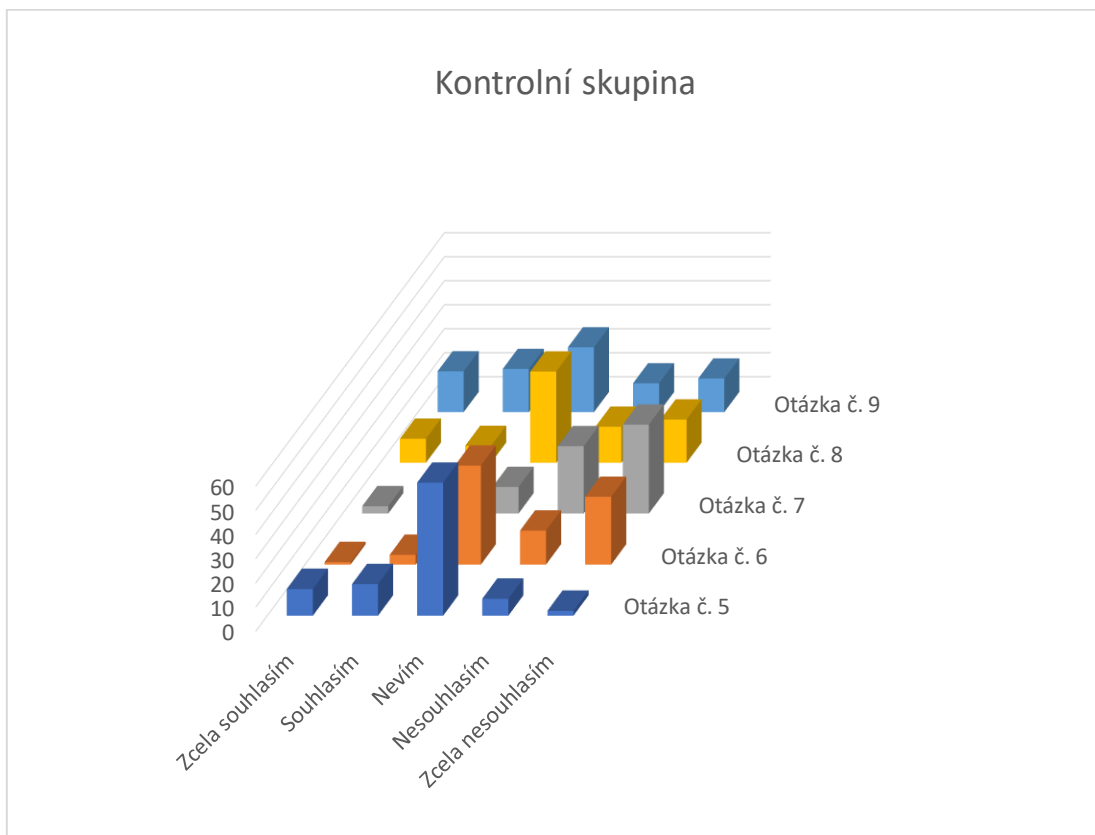
Tabulka 18 Spojte pojmy - GPS, AV, LIDAR, RADAR, AR (kontrolní skupina)

N = 88	n	%
0 bodů	57	65
1 bod	31	35
3 body	0	0

U poslední otázky byl rozdíl se skupinou, která hodinu absolvovala nejmarkantnější. U první skupiny, kde 3 bodů, tj. vše dobře spojeno dosáhlo až 45% žáků, zde 3 body nezískal nikdo a 1 bod pouhých 35%. Zbylých 65% procent žáků udělalo ve spojování několik chyb.



Obrázek 7 - 3D experimentální skupina



Obrázek 8 - 3D kontrolní skupina

Na prvním 3D grafu můžeme pozorovat jednotlivé postojově založené otázky a jejich vzájemné porovnání při grafickém rozložení. Na grafu jsou vidět výsledky experimentální skupiny, u které se dle hypotézy očekával vyšší bodový výsledek, než u skupiny kontrolní. Je patrné, že u jednotlivých otázek jsou názory spíše okrajově vyhraněné, tudíž je malé zastoupení ve středu a spíše se pohybujeme v krajních mezích grafu. Toto okrajové zastoupení vyznačuje, že žáci z experimentální skupiny mají po absolvování výuky o autonomních vozech jasněji vyjasněné a upevněné názory, než respondenti ze skupiny kontrolní, což potvrzuje přínos absolvování této hodiny. Díky této hodině jsou výsledky korelační analýzy u žáků z experimentální skupiny jednoznačnější (což se projeví vyššími hodnotami korelačních koeficientů), než u žáků ze skupiny kontrolní.

Při pohledu na druhý graf je vidět, že je zde velké zastoupení v prostřední části, tj. u odpovědi neví. Větší a postojově jasnější vyhranění je pouze u otázky číslo 7 „*V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon.*“ U této otázky je vidět vyhraněný názor u obou skupin. U experimentální je ovšem na straně souhlasím, protože vědí, že v autonomním vozidle se opravdu tomuto zařízení člověk bude moci věnovat, na druhou stranu žáci z druhé skupiny volí dle současné jurisdikce a legislativy, tudíž že používání mobilního telefonu na místě řidiče je jasně zakázáno a trestné. Ucelení názoru a ustálení se v rozhodnutí je velikou výhodou experimentální skupiny, ovšem hlavním důvodem celé této práce i hodiny je přiblížení tématu žákům, okrajovým představením a otevřením celého tématu a předložením různé literatury, článků apod.

Stejně jako v případě mnoha dalších aktuálních kontroverzních témat, je důležité poskytnout žákům dostatek informací a argumentů pro to, aby si mohli vytvořit vlastní názor. Z porovnání obou grafů je patrné, že dobře vedená výuka daného tématu tento požadavek splňuje a skutečně vede žáky k získání ukotvených postojů. Otevírejme nová témata, bavme se o nich. Jak zde vidíme, má to smysl.

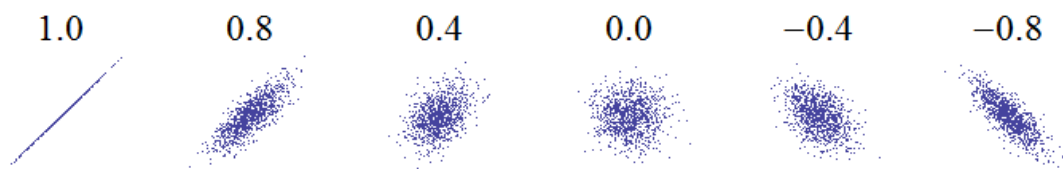
4 Korelační analýza

Pro testování žáků a celý výzkum byl zvolen test o 9 otázkách, kdy první otázky byly klasické kroužkovací, a druhá část byla postojová, kdy se žáci mají přiklonit k jedné z možností na pětistupňové škále. Toto sestavení testu bylo zvoleno cíleně. Žákům test připomíná klasický didaktický test, který jsou zvyklí v rámci výuky běžně vyplňovat, ale pro náš výzkum mají ve skutečnosti největší význam právě postojové otázky, jejichž odlišnost se zařazením k otázkám znalostní části částečně potlačí. Z postojové části potom vychází korelační analýza.

Korelační analýza je zejména využívána k hodnocení souvislostí a vztahů obvykle mezi dvěma a více spojitými veličinami. Pomocí této analýzy se dá například zjistit, zde mezi sledovanými veličinami existuje vztah, například zda vyšší hodnoty první veličiny souvisejí s nižšími hodnotami jiné veličiny. Dále se dají predikovat určité hodnoty náhodné veličiny na základě prozkoumání hodnot jiných náhodných veličin.

Vztah mezi dvěma proměnnými existuje, když hodnoty jedné proměnné jsou nějakým způsobem vztaženy k hodnotám proměnné číslo dvě, tj. hodnoty kovariují. Dále se tedy zajímáme o to, zda existuje mezi proměnnými souvislost a pokud ano, zkoumáme její sílu, nebo těsnost vztahů, jenž se dle hodnot liší i grafickým vyobrazením. Dále se dá zkoumat i povaha (směr), ale ta nás v této práci nebude tolik zajímat.

Čím vyšší je hodnota koeficientů, počítáme tedy s absolutní hodnotou, tím je daný vztah silnější. Hodnota 0 má obvykle význam neexistence vztahu, někdy pouze vyjadřuje přítomnost nelineárního vztahu. Naopak hodnota 1 ukazuje existenci perfektního lineárního vztahu. Pro přehlednost přikládám přehlednou tabulku, která se týká oblasti humanitních věd.



Obrázek 9 - Korelační grafické znázornění

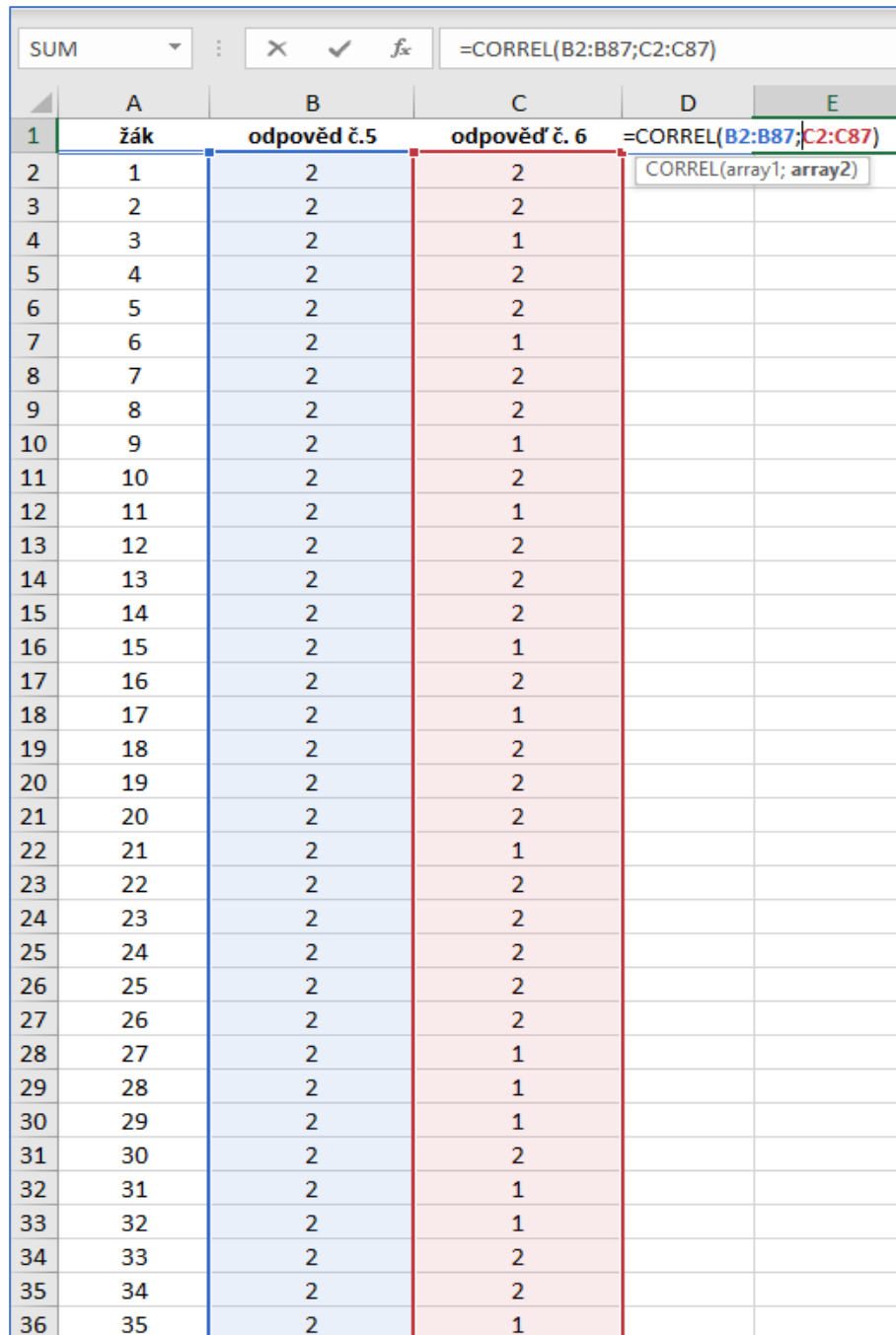
Hodnota korelace	interpretace souvislosti
0,01 – 0,09	triviální, žádná
0,10 – 0,29	nízká až střední
0,30 – 0,49	střední až podstatná
0,50 – 0,69	podstatná až velmi silná
0,70 – 0,89	velmi silná
0,90 – 0,99	téměř perfektní

Obrázek 10 - Interpretace hodnot korelačního koeficientu v sociálních vědách⁸⁶

⁸⁶ Vaus, D. A. (1990): *Surveys in Social Research*. Unwin Hyman, London , p.182. In. Mareš, P. Rabušic, L. (2002): *Měření (síly) asociace mezi dvěma spojitými proměnnými: korelační koeficienty a grafy*.

4.1 Výpočet korelace pomocí programu MS Excel

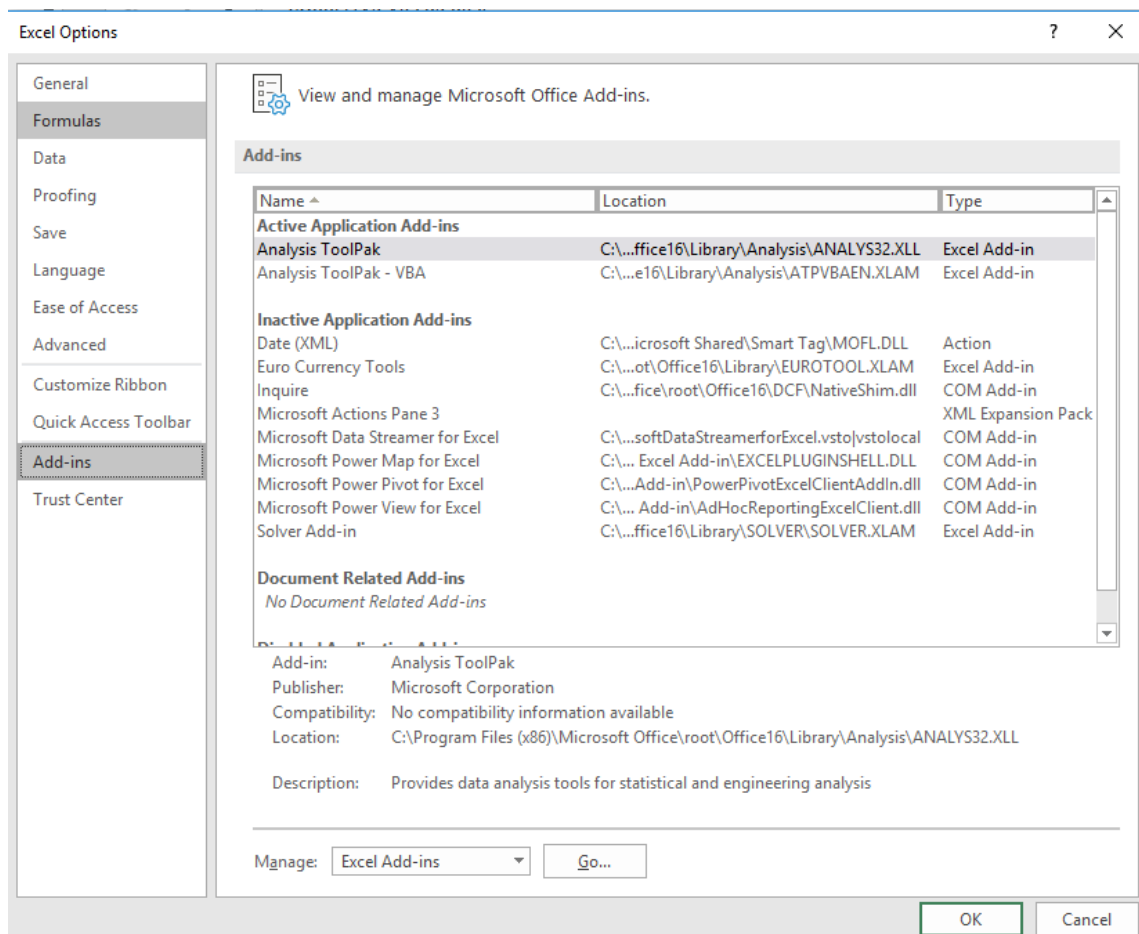
Pro výpočet korelačního koeficientu jsme při vyhodnocování práce použili MS Excel, který má dvě možnosti výpočtu korelační analýzy. První možností je pomocí funkce `=CORREL(data1;data2)`, v našem případě to tedy celé vypadá takto:



	A	B	C	D	E
1	žák	odpověď č.5	odpověď č.6	=CORREL(B2:B87;C2:C87)	
2	1	2	2	CORREL(array1; array2)	
3	2	2	2		
4	3	2	1		
5	4	2	2		
6	5	2	2		
7	6	2	1		
8	7	2	2		
9	8	2	2		
10	9	2	1		
11	10	2	2		
12	11	2	1		
13	12	2	2		
14	13	2	2		
15	14	2	2		
16	15	2	1		
17	16	2	2		
18	17	2	1		
19	18	2	2		
20	19	2	2		
21	20	2	2		
22	21	2	1		
23	22	2	2		
24	23	2	2		
25	24	2	2		
26	25	2	2		
27	26	2	2		
28	27	2	1		
29	28	2	1		
30	29	2	1		
31	30	2	2		
32	31	2	1		
33	32	2	1		
34	33	2	2		
35	34	2	2		
36	35	2	1		

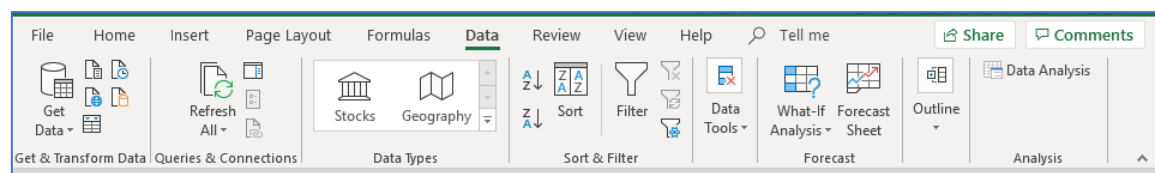
Obrázek 11 - použití funkce CORREL

Druhou možností je poté rozšířená funkce – Analýza dat. Po použití této funkce je přímo programem vygenerována tabulka korelací jednotlivých dat. Tuto funkci je nutné manuálně zapnout. Zapnutí funkce Analýzy dat se dělá přes Nastavení, rozšíření a zde odklikneme toolpak, který nám umožní tuto analýzu provádět.



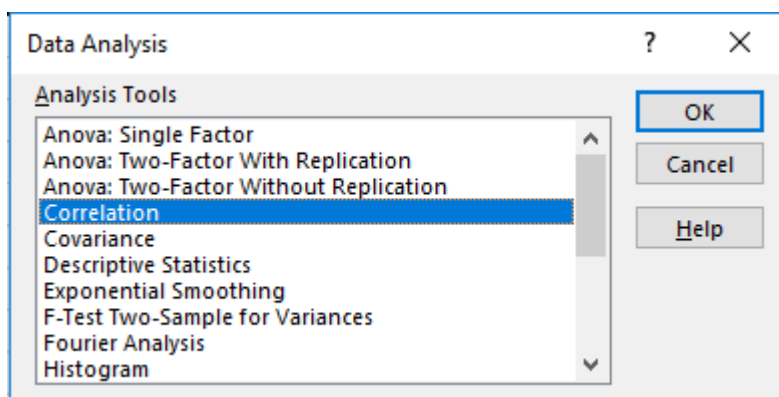
Obrázek 12 - Analysis ToolPak, MS Excel

Po aktivaci tohoto add-inu se nám v Excelu zobrazí, přesněji v záložce DATA, v pravém rohu Analýza dat.

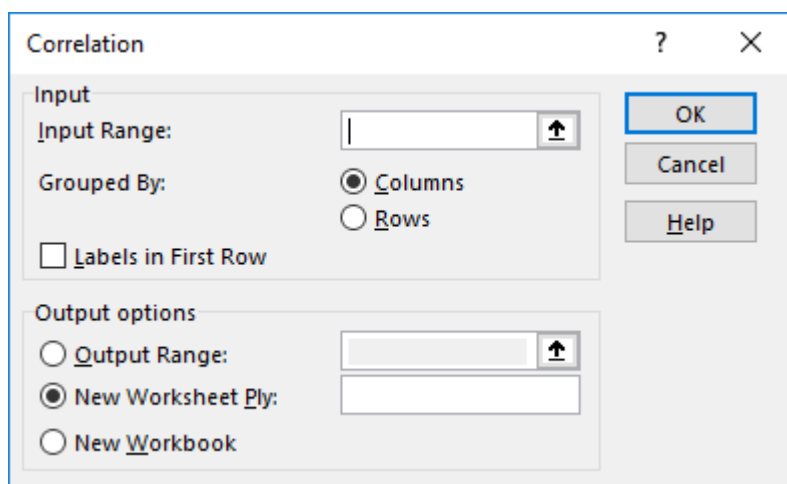


Obrázek 13 - Analýza dat, rozšíření

Nyní můžeme provést korelační analýzu snadno a rychle, pouhým kliknutím na rozšíření (obr. 9), vybráním požadovaných dat (obr. 10) a vygenerováním celé tabulky



Obrázek 14 - Korelace



Obrázek 15 - Korelace, výběr dat

	A	B	C	D	E	F
1		OTÁZKA č.5	OTÁZKA č. 6	OTÁZKA č. 7	OTÁZKA č. 8	OTÁZKA č. 9
2	OTÁZKA č.5	1				
3	OTÁZKA č. 6	0,7469565	1			
4	OTÁZKA č. 7	0,631913233	0,50804567	1		
5	OTÁZKA č. 8	0,847522496	0,74715963	0,608212791	1	
6	OTÁZKA č. 9	0,863534922	0,674897875	0,646681527	0,853543242	1

Obrázek 16 - Korelační tabulka

Pro **experimentální skupinu** nám tabulka korelace vyšla takto:

	A	B	C	D	E	F
1		OTÁZKA č.5	OTÁZKA č. 6	OTÁZKA č. 7	OTÁZKA č. 8	OTÁZKA č. 9
2	OTÁZKA č. 6	0,75	1,00			
3	OTÁZKA č. 7	0,63	0,51	1,00		
4	OTÁZKA č. 8	0,85	0,75	0,61	1,00	
5	OTÁZKA č. 9	0,86	0,67	0,65	0,85	1,00

Obrázek 17 - Korelace, experimentální skupina

Při pohledu na tabulku je ihned patrná vysoká korelace mezi jednotlivými otázkami, což značí propojení a jednotu názoru, tedy že odpovídání na jednotlivé otázky není náhodné, ale má určité souvislosti. Až na jednu výjimku se pohybujeme v číslech nad 0,60; většinou dokonce nad 0,70 což dle de Vause značí podstatnou až velmi silnou korelaci, u některých se pohybujeme dokonce v číslech blízkých 0,90. Touto analýzou jsem tedy zjistili silné propojení mezi jednotlivými otázkami a podstatu celé výuky. Nejvyšší provázanost otázek vidíme u otázek č. 5 a č. 9, tedy *Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy řidič a Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná*, kde propojení můžeme už pouhým náhledem na obě otázky odhadnout. Zde hodnoty dosahují 0.86, což je opravdu silná, až perfektní korelace. Další, podobně silnou korelaci vidíme mezi otázkou č. 5 a otázkou č. 8, tj. *Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy řidič a Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou*. Zde je hodnota na 0.85, stejná jako mezi otázkou č. 8 a otázkou č. 9, tj. *Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou a Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná*, kdy je odpověď opět provázána a není vytržena z kontextu. Je zde tedy patrná provázanost odpovědí. Naopak do nízkých hodnot, tj. 0.51 se dostáváme u otázek č. 6 a č. 7, tedy *Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy vozidlo a V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon*.

Pro **kontrolní skupinu** vyšla takto:

	A	B	C	D	E	F
1		OTÁZKA č.5	OTÁZKA č. 6	OTÁZKA č. 7	OTÁZKA č. 8	OTÁZKA č. 9
2	OTÁZKA č. 6	0,63	1,00			
3	OTÁZKA č. 7	0,51	0,66	1,00		
4	OTÁZKA č. 8	0,44	0,40	0,43	1,00	
5	OTÁZKA č. 9	0,58	0,70	0,74	0,51	1,00

Obrázek 18 - Korelace, kontrolní skupina

U kontrolní skupiny jsou hodnoty výrazně nižší, pohybujeme se zhruba v rozmezí od 0.4 do 0.7, kdy převládají nižší hodnoty a vyšší jsou pouze výjimečným stavem, který potvrzuje pravidlo. Nejvyšších hodnot dosahujeme mezi otázkou č. 7 a č. 9, tj. *V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon a Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná.* Zde se hodnoty dostávají až na 0.74, což už silná korelace je. Ovšem ve většině případů se pohybujeme v daleko nižších číslech, například mezi otázkou č. 6 a č. 8, tedy *Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy vozidlo a Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou* se dostáváme až na hodnotu 0.40. Tyto nízké hodnoty poukazují na test bráný pouze jako jednotlivé otázky, kde není spojitost, či propojení si jednotlivých věcí, nebo také, že respondenti nemají ještě ucelený názor na danou problematiku.

Při porovnání obou tabulek je vidět, že po absolvování hodiny o autonomním provozu si žáci dokázali vytvořit ucelenější a propojenější názor na celou problematiku, spojili si věci do souvislostí a tím i dokázali propojit odpovědi na jednotlivé, což naprosto splnilo vytyčené cíle a vlastně i hlavní cíl celé práce.

Diskuse

Výsledkem a zároveň výstupem této práce je porovnání korelačních analýz jak experimentální skupiny, tak i skupiny kontrolní. Očekávaným přínosem experimentální výuky, pečlivě rozvržené a připravené, byly vyhraněnější postoje žáků, kteří ji absolvovali a větší provázanost mezi jednotlivými postoji. Co se týče korelační analýzy i vyhraněnosti výsledků této skupiny, obojí potvrdilo očekávání a vyšlo velice přesvědčivě. Výsledky pedagogického experimentu poukazují nejen na důležitost tématu, ale i na vhodné pojetí experimentální výuky. Nejvyšším přínosem pro žáky je vytvoření a ustálení uceleného názoru na danou problematiku, otevření nových, dříve neprobíraných pojmů a souvislostí i celého, pro většinu žáků zcela nového tématu. Pro kontrolu a porovnání výsledků s ostatními žáky byli vybráni členové kontrolní skupiny na stejných školách, kteří experimentální výuku neabsolvovali. Pro porovnání zde byla opět provedena korelační analýza, která potvrdila, že odpovědi zde nejsou tak propojené a vyhraněné, jako u skupiny experimentální. Díky těmto výsledkům se tak podařilo prokázat, co vše se dá v rámci jedné vyučovací hodiny zvládnout a jak důležitá je výuka nejen tohoto tématu, ale i dalších, běžně neprobíraných témat.

Často se hovoří o tom, že škola má žáky připravovat na budoucnost a zdánlivě futurologická témata by neměla představovat problémem nebo překážku. Hlavní hypotézou na začátku této práce bylo, že výsledky u experimentální skupiny budou lepší, díky možnosti výuky a jisté přípravy, než u skupiny kontrolní. Tato hypotéza se potvrdila, navíc se i díky korelační analýze potvrdila hypotéza druhá, která počítala s vyšší hodnotou korelací mezi odpověďmi na jednotlivé otázky u skupiny experimentální, než u skupiny kontrolní. Výsledky jsou přesvědčivé také díky výběru škol, kde jde o dvě gymnázia a o dvě běžné základní školy. Ukazuje se, že experimentální výuka dobře zafungovala na různých vzdělávacích institucích (výběrové i běžné). Výzkum by se dal znovu realizovat na větším vzorku s větším zastoupením škol, zabral by ovšem více času, ale určitě by byl velkým přínosem. Pokud by se daly výsledky ověřit v řádu několika let, určitě by bylo zajímavé sledovat, zda se povědomí žáků o autonomních dopravních prostředcích mění v čase. Práce tedy může být inspirací a impulsem k dalšímu bádání v dané oblasti.

Závěr

Díličí výsledky jednotlivých skupin u jednotlivých otázek jsou uvedeny u jednotlivých grafů, případně tabulek, které byly popsány a vysvětleny v praktické části diplomové práce. Při porovnávání obou skupin byly potvrzeny obě hypotézy, které jsou taktéž stanoveny v úvodu praktické části této práce. Toto potvrzení je na základě korelačních analýz, které byly provedeny v programu MS Excel, za využití funkce analýzy dat, jenž je součástí rozšíření. Vygenerované tabulky ukazují rozdíl korelací mezi skupinou experimentální a skupinou kontrolní, získané výsledky a hodnoty potvrzují obě hypotézy a tím pádem jsou důležitým výstupem celé práce. Experimentální skupina dopadla jak v bodovém, tedy výsledkovém srovnání, tak i v korelačním srovnání hodnot lépe, než skupina kontrolní. Výsledky se dají dále využít v rozšířeném výzkumu, nebo při jeho opakování na větším vzorku respondentů a mohou posloužit jako základní data pro další výzkum.

V teoretické části jsou přímo představené kritické paragrafy zákonů či smluv, které zatím brání ať už plné, či částečné implementaci autonomních vozů na naše pozemní komunikace. Nejedná se ovšem pouze o vozidla, v druhé části je to samé uvedeno i pro leteckou dopravu, respektive pro drony, kde je uvedeno jak rozdělení, tak důležité legislativní dokumenty, jež celou problematiku dosti omezují. Podstatným výsledkem celé práce je otevření tohoto poměrně neobvyklého tématu na základních školách, debatování o něm a zjištění, že pokud proběhne určitá příprava a výuka, která se týká tohoto tématu, pak zapojení žáci mají jak lepší výsledky, pak i ucelenější a provázanější názory na celé téma. Vše je potvrzeno získanými daty, která jsou uvedena v tabulkách a poté i korelační analýzou. Testování bylo rozděleno do dvou skupin i částí, kdy tou důležitější byla část postojová, ze které potom vycházejí provedené korelační analýzy, hrubá data postojové části jsou uvedena v přílohách.

Splněn byl jak cíl teoretické části práce, spočívající ve zmapování a rozšíření povědomí společnosti, respektive žáků 2. stupně základních škol, o autonomních vozech, tak cíl praktické části práce, spočívající ve vytvoření metodiky a pracovního listu k dané problematice a v experimentálním ověření účinnosti výuky s těmito didaktickými nástroji.

Seznam použité literatury

1. ANDERSON, J. M. et al. *Autonomous Vehicle Technology. A guide for policymakers*. Rand Corporation, Santa Monica, 2016
2. ARIA, E., Olstam, J., Schweitering, C. *Investigation of Automated Vehicle Effects on Driver's Behavior and Traffic Performance*. *Transport Research Procedia*, n.15, p. 761-770, 2016.
3. BENENSON, R., PETTI, S., FRAICHARD, T., PARENT, M. *Towards urban driverless vehicles*. *Int. J. Vehicle Autonomous Syst.*, 6 (1-2) (2008)
4. BROGI, A., BERTOZZI, M., FASCIOLI, A., CONTE, G., *Automated vehicle Guidance: the experience of the ARGO Autonomous vehicle*, World Scientific Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1999.
5. Doplněk X - Bezpilotní systémy. *ICAO Annex: L 2* [online]. 2014 [cit. 2019-1-10]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>
6. DVOŘÁK, Fr. *Lidský faktor může za 99 procent nehod, potvrzují čeští experti*. [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/vyskum-bezpecnost-nehoda-skoda.A180605_162116_automoto_fdv
7. FAGNANT. D. J., KOCKELMAN. K. *Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations*. [online] *Transportation Res. Part. A: Policy Practice*, 77 (2015), [cit. 2019-01-01] s. 167-181, Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804>
8. GROŠPIC, P. Právní aspekty provozu dronů v ČR I. *Droneweb.cz* [online]. 15.12.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>
9. HANSARD, M., LEE, S., CHOI, O., HORAUD, R. *Time of Flight Cameras: Principles, Methods, and Applications*, Springer, 2012, ISBN 978-1-4471-4658-2
10. HIRZ, M., WALZEL, B. (2018). Sensor and object recognition technologies for self-driving cars. *Computer-Aided Design and Applications*, s. 5
11. KANWALDEEP, K., RAMPERSAD G. *Journal of Engineering and Technology Management: Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars* [online]. 2018, (48), s. 87-96 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923474817304253#bib0025>

12. KAR. Nechceme tu mít Divoký západ. Americká vláda přišla s pravidly pro robotická auta. In: *Věda*. [online]. 2016-09-22 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1913420-nehceme-tu-mit-divoky-zapad-americka-vlada-prisla-s-pravidly-pro-roboticka-auta>
13. KYRIAKIDIS, M., HAPPEE, R. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. *Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents*, July 2015, p. 127-140, n. 32
14. LIN., P. [*The ethical dilemma of self-driving cars*]. In: TED-Ed [online]. 01.12.2015 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: https://www.ted.com/talks/patrick_lin_the_ethical_dilemma_of_self_driving_car_s#t-92881. Kanál uživatele TED-Ed
15. MIRALLES-GUASCH, C., DOMENE, E. *Sustainable transport challenges in a suburban university: the case of the Autonomous university of Barcelona*. *Transp. Policy*, 17 (6) (2010), p. 454-463
16. Pět stupňů k autonomnímu řízení. *Škoda-storyboard.com* [online]. [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace/pet-stupnu-k-autonomnimu-rizeni/>
17. QUINN, J. *Self Driving Cars: Cameras: The Eyes of Autonomous Vehicles* [online]. 2017 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://sites.tufts.edu/jquinn/2017/10/10/cameras-the-eyes-of-autonomous-vehicles/>
18. RAHWAN, I. *The Social Dilemma Of Driverless Cars*. Tedx Cambridge. In: Youtube [online]. 28.11.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=nhCh1pBsS80>. Kanál uživatele TEDx Talks
19. ROCCHINI, C., CIGNONI, P., MONTANI, C., PINGI, P., SCOPIGNO, R.: *A low cost 3D scanner based on structured light*, EUROGRAPHICS 2001, Oxford, USA, 2001
20. SHEETAL, R. D., *An autonomous driverless car: an idea to overcome the urban road challenges*, *Journal of Information Engineering and Applications*, v. 3, no. 13, 2013.
21. TREAT, J. Et al., *Tri-level study of the causes of traffic accident*, Institute for Research in Public Safety, Indiana University, Bloomington, 1979.
22. TRUBIA, S., GIUFFRÉ, T., CANALE, A., SEVERINO, A. (2017). *Automated Vehicle: a Review of Road Safety Implications as Driver of Change*. [online]. 18.6.2017 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321110582_Automated_Vehicle_a_Review_of_Road_Safety_Implications_as_Driver_of_Change

23. URBÁNEK, V. V USA už mají zákon pro provoz autonomních aut. In: *AutoMoto* [online] 09.10.2018, [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/469373-v-usa-uz-maji-zakon-pro-provoz-autonomnich-aut/>
24. URMSON, Ch. *How a driverless car sees the road*, In: Youtube [online]. 26.06.2015 [cit.2019-01-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=tiwVMrTLUWg&t=95s>. Kanál uživatele TEDx
25. V USA vyhlásili 10 míst pro testování autonomních vozidel. In: *Automoto*. [online]. 2017-01-23, 8:02 [cit. 2019-02-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/427180-v-usa-vyhlasili-10-mist-pro-testovani-autonomnich-vozidel.html>
26. Vídeňská úmluva o silničním provozu ze dne 8. 11. 1968. [cit. 1.3.2019] Dostupné z <http://www.forum.ford-club.cz/viewtopic.php?f=61&t=7733>
27. Volvo Drive Me Autonomous Project Is On The Way And First Autonomous Cars Are On The Roads Right Now [online]. gearheads.org [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: <http://gearheads.org/volvo-drive-me-autonomous-project-is-on-the-way-and-first-autonomous-cars-are-on-the-roads-right-now/>
28. WIKIPEDIA. *Self-driving car* [online], Wikipedia: The Free Encyclopedia, 2018, Datum poslední revize 10. 12. 2018, [cit. 1. 02. 2019] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car
29. WHO, *Global status report on road safety 2018* [online]. 2018 [cit. 1. 2. 2019], Dostupné z: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/infographicEN.pdf?ua=1
30. WHO. *Global Status Report on Road Safety 2015*. [online]. 4.4.2015 [cit. 1. 2. 2019], Dostupné z: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/
31. Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu)
32. Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví
33. ZENG, W. *Microsoft Kinect Sensor and Its Effect*, IEEE Multimedia, Univ. of Missouri, 2012

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Stupně autonomie, Copyright ©SAE International. Standard J3016. (SAE)	11
Obrázek 2 - SAE stupně autonomie	13
Obrázek 3 - Legislativa AP v USA v roce 2017/2018 (Wikipedia Commons)	23
Obrázek 4 – KAMERY. Společnost Volvo cars.....	26
Obrázek 5 – RADARY. Společnost Volvo cars.	27
Obrázek 6 – LIDAR. Společnost Volvo cars.....	28
Obrázek 7 - 3D experimentální skupina.....	42
Obrázek 8 - 3D kontrolní skupina.....	42
Obrázek 9 - Korelační grafické znázornění	44
Obrázek 10 - Interpretace hodnot korelačního koeficientu v sociálních vědách	45
Obrázek 11 - použití funkce CORELL	46
Obrázek 12 - Analysis ToolPak, MS Excel.....	47
Obrázek 13 - Analýza dat, rozšíření.....	47
Obrázek 14 - Korelace	48
Obrázek 15 - Korelace, výběr dat	48
Obrázek 16 - Korelační tabulka	48
Obrázek 17 - Korelace, experimentální skupina.....	49
Obrázek 18 - Korelace, kontrolní skupina.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Co je to Artificial intelligence? (experimentální skupina).....	36
Tabulka 2 - Co je to Artificial intelligence? (kontrolní skupina).....	36
Tabulka 3 - Vysvětlete zkratky (SAE, AV a CV) (experimentální skupina)	36
Tabulka 4 - Vysvětlete zkratky (SAE, AV a CV) (kontrolní skupina)	37
Tabulka 5 - Co je to takzvaný BLACK BOX? (experimentální skupina).....	37
Tabulka 6 - Co je to takzvaný BLACK BOX? (kontrolní skupina).....	37
Tabulka 7 - Vinu u nehody AV nese vždy řidič. (experimentální skupina)	38
Tabulka 8 - Vinu u nehody AV nese vždy řidič. (kontrolní skupina)	38
Tabulka 9 - Vinu u nehody AV nese vždy vozidlo.(experimentální skupina).....	38
Tabulka 10 - Vinu u nehody AV nese vždy vozidlo.(kontrolní skupina).....	39
Tabulka 11 - V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon. (experimentální skupina).....	39
Tabulka 12 - V autonomním vozidle smí na místě řidiče člověk používat mobilní telefon. (kontrolní skupina).....	39
Tabulka 13 - Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou. (experimentální skupina)	40
Tabulka 14 - Autonomní vozidla nemohou být žádnou hrozbou. (kontrolní skupina)	40
Tabulka 15 - Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná. (experimentální skupina)	40
Tabulka 16 - Autonomní vozidla jsou pro lidstvo velmi přínosná. (kontrolní skupina)	41
Tabulka 17 - Spojte pojmy - GPS, AV, LIDAR, RADAR, AR (experimentální skupina)	41
Tabulka 18 - Spojte pojmy - GPS, AV, LIDAR, RADAR, AR (kontrolní skupina)	41

Přílohy

Dotazník

- 1) Pohlaví, věk
- 2) Co je to **Artificial intelligence** ?
 - A) Artefakt z počítačové hry
 - B) Anglický název umělé inteligence
 - C) Test vrozené inteligence
 - D) Přirozená inteligence
- 3) **Vysvětlete zkratky (SAE, AV a CV)**
- 4) Co je to takzvaný **black box**?
 - A. Velmi hmotný objekt ve vesmíru, který svou gravitací pohlcuje i světlo.
 - B. Zařízení zaznamenávající veličiny a události související s řízením pohybu dopravního prostředku.
 - C. Černý automobil s hranatou karoserií.
 - D. Krabička na jídlo, které si lidé nosí s sebou do školy, nebo do zaměstnání.
- 5) **Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy řidič.**
 zcela souhlasím souhlasím nevím nesouhlasím velmi nesouhlasím
- 6) **Vinu u nehody autonomního vozidla nese vždy vozidlo.**
 zcela souhlasím souhlasím nevím nesouhlasím velmi nesouhlasím
- 7) V autonomním vozidle **smí** na místě řidiče člověk **používat mobilní telefon.**
 zcela souhlasím souhlasím nevím nesouhlasím velmi nesouhlasím
- 8) Autonomní vozidla **nemohou být žádnou hrozbou.**
 zcela souhlasím souhlasím nevím nesouhlasím velmi nesouhlasím
- 9) Autonomní vozidla jsou pro lidstvo **pouze přínosná.**
 zcela souhlasím souhlasím nevím nesouhlasím velmi nesouhlasím
- 10)

SPOJTE

GPS	Samoříditelné vozidlo
LIDAR	Družicový polohový systém
RADAR	rádiové rozpoznávání/zaměření
Autopilot	laserové dálkové měření vzdálenosti
Autonomous vehicle	systém samostatného řízení vozidla

Má osobní zkušenost s autonomním vozidlem z USA

Minulý a předminulý rok v létě jsem se pracovně dostal na území USA, lépe řečeno kousek od města New York, do státu New York City. Je důležité zde zmínit stát, protože, jak každý ví, co stát, to jiná pravidla. Ani v problematice autonomních vozidel tomu není jinak. Každý stát má svoji odlišnou legislativu, někde autonomní provoz je povolen, jinde je zakázán. To, že se autonomní vozy testují, je v dnešní době již známá věc, nikdy jsem však, aspoň do této doby, neviděl takové auto osobně. Párkrát jsem zahlédl vůz Tesla v Praze, ale nikterak s velikou četností. Je asi správné říci, že má zkušenost není s plně autonomním vozidlem, na to se těším až toto léto, kdy doufám, že se mi to poštěstí. Má zkušenost byla s vozem Tesla model X, 90D 4x4, myslím že ročník 2017. Výkon tohoto vozu se pohybuje okolo 390 kW (530 koní), což je až neuvěřitelné, když to porovnáme například se Škodou Octavia RS 2014 (sportovní vůz) s objemem 1 984 ccm, který má i tak 162 kW (220 koní). Už jen podle těchto čísel všem asi hned dojde, jaký výkon a síla v tomto voze byla. A pozor, nebyl to sportovní typ, který Tesla představila, toto byl takový městský automobil, spíše pro ženy na nákup, jak mi majitel vozu rád připomínal. Vůz jsem měl zapůjčený na každodenní provoz, neboť měl tyto vozy asi 3. Já jsem pro něj pracoval celá dvě léta, tudíž mi důvěřoval a nikdy nebyl žádný problém. Mohl jsem tedy zkoumat možnosti a porovnávat rozdíly tohoto auta s auty, které jsou v běžném provozu u nás.

Nyní již k samotnému vozidlu. Firma Tesla je takový americký automobilový Apple. Je zde kladen neskutečný důraz na detail a jednoduchost designu, ovšem za přijatelnou cenu. Dokonce i tvar klíčku od vozu je samotná zmenšenina vozu, což mě zaujalo jako první. Přijdete k autu ale auto nemá kliku. Takže jak vlastně otevřít dveře? Stačí přiložit klíč ke dveřím nebo lehce pohladit toto místo a vyjedou vám všechny kliky. Otevřete, nastoupíte a ve voze vidíte obří ovládací panel. Design je opravdu úžasný, myslel jsem si, že sedím v nějakém futuristickém voze (a to jsem měl možnost řídit vozy jako Lamborghini, Ferrari i nejnovější modely Bentley a Mercedesu), tudíž jsem již nějakou představu o tom co je zrovna nové a drahé měl. Jak jsem již řekl, první co člověka zaujme je, že je zde obří ovládací panel přímo uprostřed vozu. Žádná řadící páka, nic. Pouze volant, panel a nádherný design. Jenže si představte, že jste zvyklí řadit, nebo vše ovládat manuálně a nyní před sebou máte počítač, který se ovládá dotykem – veškeré funkce jako například střecha, náhon, světla, hudba, zrcádka, světla, dokonce i výška vozu vůči podvozků (suspension), nebo možnost brždění.

Je zde opravdu vše a několik možností. Vše se ovládá dotykem tohoto obřího touchscreeenu. A víte co? Člověk si na to dost rychle zvykne. Pár hodin zkoumání, je to vlastně takový obří tablet a je to. Jenže pak je opět skok při přechodu do normálního vozu. Přiznám se, že s Teslou jsem byl nadměru spokojený, je to vlastně něco úplně jiného. Vidíte úplně vše, co se v autě děje, ale nemusíte dělat skoro nic, pouze vůu kontrolovat, neboť zde ještě není plný autopilot, tedy nejvyšší stupeň autonomie. Jste zde jako kontrolní prvek nebo řidič, můžete řídit sám, což jsem dělal já. Častokrát jsem zkusil nechat vůz jet samostatně, první pocity jsou nervozita a strach, ale po chvíli si na to člověk, jakožto tvor adaptivní, zvykne. Je to skvělé pohodlí, kdy po práci, nebo během, kdy jste unavení, nebo vám zrovna není dobře, sednete do vozu a ten vše dělá za vás a vaše vnímání nemusí být, jako u běžných vozů, na 100%. Můžete polevit a svěřit se tomuto vozu, což chce velkou dávku odvahy, ale věřte mi, jde o pár dní. Já jsem během měsíce ani nepřemýšlel o tom, že bych vozu nedůvěřoval. Na druhou stranu, u vozu, který má takový výkon asi nechcete jen sedět a koukat se, jak předpisově projíždí městem a na každém přechodu kvůli detekci chodců či překážky zastavuje. Pro mě bylo zábavnější, asi z pohledu mladého muže vzít vůz, sešlápnout plyn, nechat se zabořit vším tím výkonem do sedačky a nechat bušit srdce, protože při zrychlení z 0 na 100km, lépe z 0 na 60 mph za 3 sekundy, to už je něco. Na jednu stranu nevíte, kam dříve s adrenalinem, na druhou přichází strach a zodpovědnost s tímto strojem. Co se týče běžného provozu, vůz se zvládne adaptovat i mezi obyčejná auta bez různých autonomních funkcí, ale občas mívá problémy například s řazením do pruhů, kdy nezvládá detekovat vůz ihned vedle sebe, možná jde o slepé místo, ale několikrát se mi stalo, že vůz chtěl odbočovat, když vedle něj bylo vozidlo. Dalším nedostatkem je pro mě právě malý výskyt u nás, kdy vozy mezi sebou nemohou tak dobře komunikovat. V New York City má Teslu v dnešní době díky podpůrné ekonomice elektrovozů mnoho lidí, takže celková implementace těchto vozů je zde daleko snažší. Myslím si, že je v tomto veliký potenciál, který se musí ovšem legislativně ještě ošetřit, aby nevznikaly zbytečné problémy. Celkově si o tomto autonomním voze myslím, že je to obrovský krok vpřed jak výkonem, tak technologií.

Hrubá data experimentální skupiny

OTÁZKA č.5	OTÁZKA č. 6	OTÁZKA č 7.	OTÁZKA č. 8	OTÁZKA č. 9
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	1	2
2	2	2	2	2
2	2	2	1	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	1	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2	1	2	1	2
2	1	2	1	2
2	1	2	1	2

2	2	2	2	2
2	1	2	2	2
2	1	2	2	2
2	2	2	1	2
2	2	2	1	2
2	1	2	2	2
2	2	2	1	2
2	2	2	1	2
2	1	2	1	2
2	1	2	1	2
1	1	2	1	2
1	2	2	1	2
1	1	2	2	2
1	1	2	2	2
1	2	2	1	2
1	1	2	1	1
1	1	2	2	2
1	2	2	1	1
1	2	2	1	1
1	1	2	1	1
1	2	2	1	1
1	2	2	2	2
1	1	2	2	2
1	2	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	2	1	1
1	2	2	1	1
1	2	2	1	1
1	1	2	0	1
1	1	1	1	1
1	1	1	0	1

1	1	2	0	-1
1	2	1	0	-1
1	2	2	1	1
1	2	2	0	1
1	0	1	-1	1
1	1	2	0	1
1	0	2	-1	1
1	1	1	-1	0
0	0	2	-1	0
0	0	2	-1	1
0	0	1	-1	1
0	1	2	0	0
0	0	2	0	1
0	0	1	-1	0
0	0	2	-1	1
0	1	0	-2	0
0	0	1	-1	0
0	0	1	-2	-1
0	0	0	-1	-1
0	0	2	-1	-1
-1	-1	2	-2	-2
-1	-1	0	-2	-2
-1	-1	1	-2	-2
-2	-1	-2	-2	-2

Hrubá data kontrolní skupiny

OTÁZKA č.5	OTÁZKA č. 6	OTÁZKA č 7.	OTÁZKA č. 8	OTÁZKA č. 9
2	2	2	2	2
2	1	1	2	2
1	0	1	2	2
0	1	1	2	2
1	0	2	2	2
1	1	1	1	2
0	0	-1	1	1
1	0	1	1	2
1	1	2	1	2
0	0	-1	1	2
1	0	1	1	2
1	0	1	1	2
0	0	1	1	2
0	0	1	1	2
0	0	-1	0	1
0	0	-1	0	1
0	0	-1	0	1
0	0	-2	0	1
0	0	-1	0	2
0	0	-1	0	2
0	0	-1	0	1
0	0	-1	0	1
0	-2	-2	0	0
0	0	-1	0	1
0	0	-1	0	1
0	0	-1	0	1
0	0	-2	-2	-2
0	0	-2	-2	-2
0	-1	-1	-1	0

0	-1	-1	-1	1
0	-2	-2	-2	-2
0	-2	-2	-2	-1
0	-2	-2	-2	-1
0	-2	-2	-2	-1
0	-2	-2	-2	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-2	-2	-2	-2	-2
-2	-2	-2	-2	-2
-2	-2	-2	-2	-2
-1	-1	-1	-1	-1
-2	-2	-1	0	0
-1	-1	-1	0	0
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	0	0
-2	-2	-2	0	0
-2	-2	-1	0	-1
-1	-1	-2	0	0
-1	-1	-2	0	0
-1	-1	-1	0	0
-1	-1	-2	0	-2
-1	-1	-2	0	-2
-2	-2	-1	0	0
-2	-2	-1	0	0
-1	-2	-2	0	-2
-2	-2	-2	0	-2
-2	-2	-1	0	0
-2	-2	-2	0	-2
0	-2	-1	0	-1
0	0	0	0	0
0	0	-2	0	0

0	0	0	0	0
0	-2	-2	0	0
0	-2	-2	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	-2	-2	0	0
0	-2	-2	2	0
0	-2	-2	2	0
0	0	0	2	1
0	0	0	2	1
0	0	0	2	2
0	0	0	2	1
0	0	0	2	2
0	0	-2	2	0
0	0	0	2	1
0	-2	-2	2	-2
0	-2	-2	2	-2
0	-2	-2	2	-2
0	0	-2	2	-1
0	0	-2	1	0
0	0	-2	1	0
0	0	-2	1	0
0	0	-2	1	0
0	-2	-2	1	0
0	-2	-2	1	0