



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Leistner

Autonomní vozidla a asistenční systémy

Bakalářská práce

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jan Leistner

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Autonomní vozidla a asistenční systémy**

Název tématu (anglicky): Autonomous vehicles and driver assistant systems

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Proved'te rešerši problematiky autonomních vozidel (AV) a jednotlivých stupňů autonomy
- V souvislosti s AV zpracujte rešerši asistenčních systémů vozidel s podrobnějším zaměřením na parkovací asistenty
- Navrhněte experiment pro ověření vhodnosti komunikace na Vámi zvoleném parkovacím asistenčním systému s řidičem (HMI parkovacího systému)
- S využitím Vámi dostupných prostředků navržený experiment realizujte
- Vyhodnot'te získaná data z experimentu a na základě výsledků zpracujte závěry.



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucích

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Vlk, F.: Automobilová elektronika: Asistenční a informační systémy, Brno, 2006

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Mík, Ph.D.

Ing. Přemysl Toman

Datum zadání bakalářské práce:

3. června 2020

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

9. srpna 2021

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jan Leistner
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....3. června 2020

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především mým vedoucím této práce panu Ing. Josefu Míkovi, PhD a panu Ing. Přemyslu Tomanovi za odborné vedení, jejich čas a cenné poznámky k mé závěrečné práci. Dále bych chtěl poděkovat za podporu ze strany mé rodiny a přátel.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze, Fakultě dopravní

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon)

V Praze dne 09. srpna 2021

Jan Leistner

Abstrakt

Tato bakalářská práce řeší problematiku autonomních vozidel a systémů, které využívají. Bližší pohled bude věnován parkovacím asistentům na bázi ultrazvukových senzorů. Cílem práce bylo seznámit čtenáře s problematikou autonomních vozidel a zorganizování experimentu, který testuje uživatelskou přívětivost parkovacích asistentů. Pro účely experimentu byl sestaven parkovací asistent na bázi ultrazvukového senzoru s alternativním zobrazováním vzdálenosti. Výsledkem práce bylo vyhodnocení naměřených dat z experimentu v oblasti uživatelského požitku a kvality zaparkování vozidla.

Klíčová slova: autonomní vozidla, asistenční systémy, parkovací asistenti, ultrazvukové senzory vzdálenosti

Abstract

This bachelor thesis refers about autonomous vehicles and the systems they use with closer look at the parking assistant features with ultrasonic sensors. The objective of this thesis is to get the reader familiar with an autonomous vehicles and to have an experiment which measures user experience in parking assistants. For the experiment's sake a parking assistant prototype on the ultrasonic base has been made. The result of this bachelor thesis is evaluation of measured data from user experience questionnaire and evaluation of the quality of parking the vehicle.

Key words: Autonomous vehicles, driver support systems, parking assistants, ultrasonic distance sensors

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Co je to autonomní vozidlo?	12
3.1	Stupeň 0.....	13
3.2	Stupeň 1.....	13
3.3	Stupeň 2.....	14
3.4	Stupeň 3.....	14
3.5	Stupeň 4.....	15
3.6	Stupeň 5.....	15
4	Systémy na vozidle	16
4.1	Systémy podporující vozidlo.....	16
4.2	Systémy podporující řidiče	16
4.3	Informující systémy	16
4.3.1	LDW (lane departue warning).....	17
4.3.2	Blind spot monitor	18
4.3.3	Driver Drowsines detection.....	19
4.4	Automaticky intervenující systémy.....	19
4.4.1	ABS (anti-lock brake System).....	19
4.4.2	ASR (anti-Slip Regulation)/Traction control systém (TCS).....	19
4.4.3	ESC (Electornic stability Control).....	19
4.4.4	BAS (break assistant system) – emergency break assist	20
4.5	Automaticky jednající systémy.....	20
4.5.1	ACC (Adaptive Cruise Control).....	20
5	Parkovací systémy	21
5.1	Historie.....	21
6	Smart parking.....	23
6.1	Systém pomoci při parkování BOSCH.....	23
6.2	Systém automatizovaného parkování BOSCH	25

6.3	Automatické parkování od společnosti Valeo	25
6.4	SIEMENS Smart Parking.....	25
7	Interakce člověk-stroj (HMI).....	26
8	User Experience (uživatelský zážitek)	28
9	Praktická část.....	29
9.1	Popis experimentu.....	29
9.1.1	První způsob	32
9.1.2	Druhý způsob	32
9.1.3	Třetí způsob	32
9.1.4	Realizace návrhu prototypu.....	33
9.2	Zapojení součástek	34
9.3	Program parkovacího asistenta.....	36
9.4	Průběh měření	39
10	Výsledky měření a diskuze	40
10.1	Vozidlo bez parkovacího asistenta (Suzuki Ignis).....	40
10.2	Vozidlo s konvenčním parkovacím asistentem (Škoda Yeti).....	42
10.3	Prototyp parkovacího asistenta	43
10.4	Shrnutí naměřených dat	44
11	Závěr	47
12	Literatura	Chyba! Záložka není definována.
13	Seznam obrázků.....	53

1 Úvod

Žijeme v uspěchané době, ve které každý někam pospíchá. V dopravě tomu není jinak. Hlavními požadavky dnešní společnosti je co nejrychlejší a nejpohodlnější přesun. Díky tomuto fenoménu se zvyšuje poptávka po osobních automobilech. V České republice připadá na 1000 obyvatel 540 osobních aut. [1]

Vyšší poptávka po automobilech znamená více řidičů na silnicích, a tím i více možných způsobů selhání lidského faktoru s možnou újmou na zdraví či majetku. Doprava 21. století se vyznačuje zpomalováním dopravy a zvyšováním bezpečnosti na komunikacích. Tento problém se moderní společnost snaží řešit tím, že začala vyvíjet autonomní vozidla. [2]

Počátek autonomie ve vozidlech sahá do počátků minulého století. První úspěšný pokus o autonomní způsob řízení vozidla se uskutečnil v roce 1925, kdy automobil společnosti Houdina radio control projížděl ulicemi New Yorku. Řízení bylo řešeno rádiovým ovladačem, který obsluhoval operátor jedoucí v jiném vozidle. Toto řešení bylo na svou dobu technicky velmi inovativní, a zároveň vydláždilo cestu k autonomii, jak jí známe dnes. [3] [4]

Dalším vývojovým stupněm autonomie se stalo v roce 1956 vozidlo, které již nebylo ovládáno rádiovým ovladačem, ale pomocí elektromagnetických obvodů. Tyto obvody byly zabudovány do vozovky, které vycházely z návrhu prototypu vozidla z roku 1939, představeným na světové výstavě v New Yorku. I přes technologickou vyspělost měla tato technologie nedostatky v podobě finanční náročnosti a tím pádem i omezeného provozu takovýchto řízených vozidel. Technologie se rozšířila pouze na letištní komunikace a další přesuny kratšího dosahu. [5]

První autonomní vozidla, která se již nespolehala na upravenou infrastrukturu, vyjela do provozu v roce 1986. Následujícím milníkem bylo ujetí 5000 km autonomním vozidlem v roce 1995. Vozidlo tuto vzdálenost ujelo z 98 % autonomně. Tato jízda, se uskutečnila pod vedením Carnegie Mellon University z projektu Navlab. Ve stejném roce výzkumný team PROMETHEUS demonstroval jízdu autonomním vozidlem z Minchova do Odense v Dánsku. Vozidlo bylo schopno jet rychlostí až 175 km/h po dobu 95 % cesty v autonomním režimu. [5]

Další velký pokrok ve vývoji autonomních vozidel nastal především po roce 2000, kdy byly zpřístupněny navigační systémy GPS a digitální mapy. Společnost Google, se v roce 2009 ujala vedení ve vývoji autonomních vozidel a přišla s novou technologií lidar skeneru okolí vozidla. [5]

2 Cíle práce

V teoretické části, budou zkoumána autonomní vozidla se zaměřením na hlavní systémy ve vozidle, které přispívají k jeho autonomii. Bližší pozornost pak bude věnována parkovacím asistentům na bázi ultrazvukových senzorů.

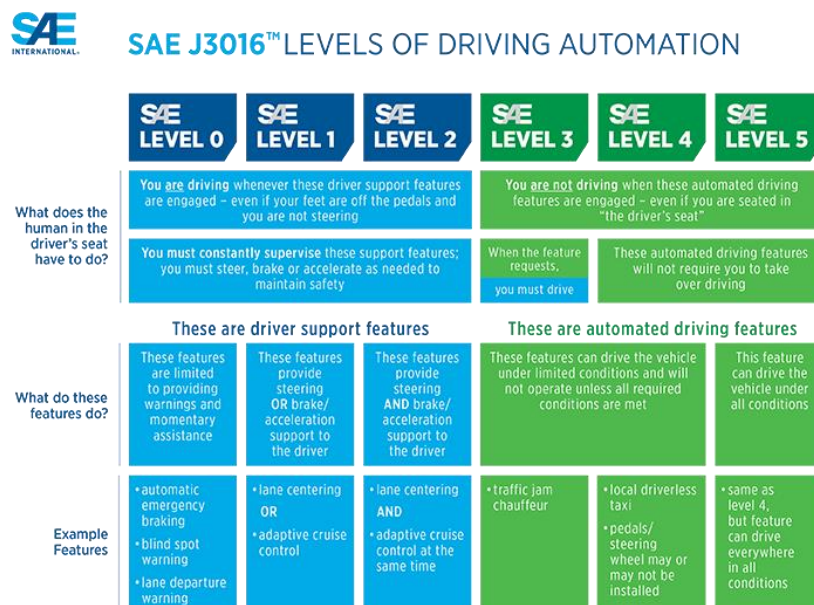
Praktická část následně bude obsahovat měření týkající se kvality zaparkování vozidla za pomoci různých parkovacích asistentů, včetně prototypu parkovacího asistenta s alternativním zobrazováním vzdálenosti. Cílem práce bude vyhodnocení uživatelského požitku (User experience) z jednotlivých parkovacích asistentů na základě interakce člověk-stroj (HMI). Jako další bude následovat ověření, jestli roční kilometrový nájezd či věk testovaných subjektů ovlivňuje kvalitu, rychlost zaparkování vozidla a schopnost využití parkovacích asistentů pro rychlejší zaparkování.

3 Co je to autonomní vozidlo?

S ohledem na obecnou definici, autonomní vozidlo je vozidlo, které, se dokáže samo orientovat v provozu a upravovat své chování podle okolních podmínek bez zásahu lidského faktoru. [6]

Autonomní vozidlo pomocí senzorů a kamer získává informace o svém okolí v reálném čase. Data, které vozidlo získá, jsou vyhodnocena palubním počítačem. Dále vozidlo pracuje s mapovými podklady a komunikuje s okolními vozidly a infrastrukturou. Tato data umožňují vozidlu orientovat se na vozovce a mít přehled o možných překážkách v jeho bezprostředním okolí. Cílem takového systému, je dosáhnout samostatnosti provozu, bez zásahu řidiče. Avšak dosáhnout tohoto cíle, je běh na dlouhou trať a vyžaduje léta experimentů a výzkumů. Autonomii vozidel rozdělujeme do 6 stupňů. V současné době se vývoj autonomních vozidel nachází ve 3. stupni. Google předvedl autonomní vozidlo úrovně 3, které zvládá samostatně řídit v 80% situacích, ale pouze ve vybraných příměstských oblastech. V České republice je možné zakoupit vozidla s úrovní 2, která nabízí režim tzv. „hands off“, což znamená, že vozidlo má kontrolu nad natočením volantu, akcelerací a brzdami. Do skupiny autonomie úrovně 2, se řadí například Tesla Autopilot nebo Super Cruise systém od automobilky Cadillac. I přes to je řidič je stále povinen se plně věnovat provozu. [7]

6 autonomních stupňů řízení vozidla, dle webu sae.org, lze rozdělit do dvou skupin (Obr.3.1). Stupeň 0 – 2 se řadí do skupiny systémů podporující řidiče při řízení, zatímco 3 - 5 stupeň se řadí do skupiny automatizovaného řízení.



Obrázek 3.1 - stupně autonomie, dle organizace SAE international

Obrázek 3.1 popisuje jednotlivé stupně autonomy od stupně 0 do stupně 5. U stupně 0 až 3 se musí řidič plně věnovat jízdě a je zodpovědný za všechny úkony vozidla. Řidič je mimo jiné povinen mít kontrolu nad akcelerací, brzděním i natočením volantu k udržení bezpečnosti jízdy. Mezi systémy, které spadají do úrovně 0, patří varovné systémy (například hlídání mrtvého úhlu). Do úrovně 1 patří systémy, které ovládají buď natočení volantu (asistent udržování jízdního pruhu), nebo ovládají pedály brzdy a plynu (adaptivní tempomat). Úroveň 2 umožňuje ovládání jak natočení volantu tak i ovládání pedálů plynu a brzdy.

Stupeň 3 sice nabízí „bezobslužný“ režim jízdy, ale řidič musí být připraven kdykoli zasáhnout do řízení, pokud si to systém vyžádá. Systémy úrovně 3 pracují pouze za podmínky, že jsou splněny požadavky, pro bezproblémovou funkčnost, například příznivé počasí nebo dobrá viditelnost. Pokud požadavky nejsou splněny, systém se deaktivuje a s předstihem varuje řidiče, aby převzal kontrolu nad vozidlem. Příkladem systému úrovně 3 je autopilot pro dopravní zácpy (Traffic Jam Chauffeur)

Vize úrovně autonomy 4 a 5, předpovídají, že řidič nebude nikdy tázán k tomu, aby převzal kontrolu nad vozidlem. Vozidlo je schopno se samo pohybovat po komunikacích za jakýchkoli podmínek. Uvádí se dokonce, že ve vozidlech 4 a 5 úrovně by nemusely být instalovány prvky ovládání vozidla, jako je volant a pedály.

3.1 Stupeň 0

Vozidlo nedisponuje žádnými prvky autonomního řízení, řidiče pouze upozorňuje pomocí audiovizuálních signálů na abnormální chování vozidla. Automobil stupně 0 nijak nezasahuje do řízení vozidla, veškeré úkony řízení jsou závislé na řidiči. Do této skupiny spadají vozidla, která lze na komunikacích vidět nejčastěji. Do Stupně autonomie 0 spadají i vozidla, která jsou vybavena tempomatem. [7]

3.2 Stupeň 1

Stupeň 1 je nejnižší úroveň autonomie. Vozidlo je vybaveno maximálně jedním prvkem systému ADAS (Advanced driver-assistance systems), který zasahuje buď do řízení, nebo do ovládání plynového či brzdového pedálu. Dle definice společnosti SAE International vozidlo spadá do stupně autonomie 1, pokud je vybaveno systémem adaptivního tempomatu. Z toho vyplývá, že autonomní vozidlo 1. stupně zvládne samo akcelarovat či brzdit a udržovat určitou vzdálenost za vedoucím vozidlem. Do 1. stupně také spadá asistent udržování jízdního pruhu.

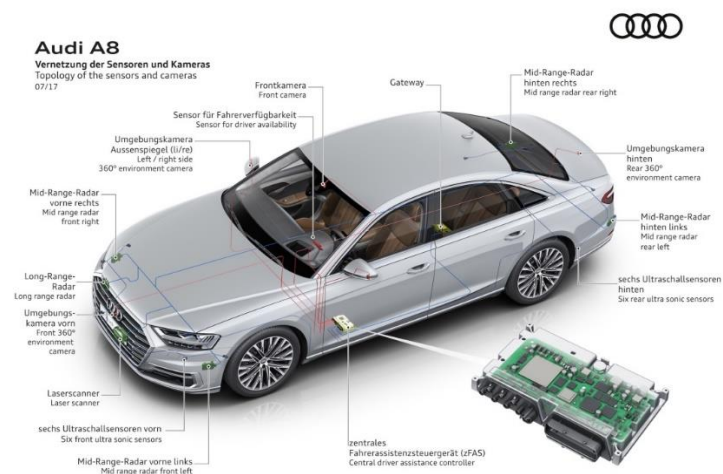
Při tomto stupni autonomie je stále vyžadována plná pozornost řidiče a schopnost převzít řízení. [7]

3.3 Stupeň 2

Stupeň 2 vyžaduje, aby auto disponovalo nejméně dvěma pokročilými systémy řízení (ADAS), které mohou brzdit, zatáčet a akcelarovat vozidlo. Příklad implementace dvou ADAS systémů na vozidle je propojení adaptivního tempomatu a asistenta udržování jízdního pruhu. Od roku 2018 se tyto systémy vyskytují na většině automobilů středních tříd. Ve vozidle se stupněm 2 je vyžadováno, aby řidič aktivně dával pozor na jeho okolí a plynulost silničního provozu. [7]

3.4 Stupeň 3

Stupeň 3 do budoucna slibuje tzv. režim „eyes off“ což v překladu znamená, že řidič nebude povinen sledovat okolí vozidla a bude mu umožněno věnovat se jiným činnostem. Ve fázi testování je však řidič povinen sledovat provoz a být si vědom svého okolí. Vozidlo je schopno samo převzít kompletní kontrolu nad řízením, pokud jsou splněny podmínky pro jeho správnou funkčnost (přízeň počasí, dobře viditelné vodící pruhy, ...). Vozidla autonomie stupně 3 předvedly společnosti Google(Waymo), Uber, Audi a další. Audi A8 mělo být prvním vozidlem dostupným na trhu s úrovní autonomie 3 (Obr. 3.2), protože mělo obsahovat systém „Traffic jam pilot“, který podle stupnice autonomie měl spadat do úrovně 3. Avšak po delším čekání na schválení systému legislativním systémem, Audi tuto vizi opustilo. [7]



Obrázek 3.2 - Audi A8 - první vozidlo se zamýšleným 3. stupněm autonomie [36]

3.5 Stupeň 4

Stupeň 4 představuje vylepšený systém stupně 3. To znamená, že vozidlo je schopno samo plně převzít kontrolu nad řízením a je schopno monitorovat prostředí kolem sebe. Ve vzácných okamžicích se může stát, že si auto vyžádá asistenci člověka, jako je například silné sněžení, nebo zhoršená viditelnost například kvůli mlze. V současnosti existují vozidla taxi na úrovni 4, která jsou silně omezena legislativou a mohou se pohybovat jen v určitých oblastech. Vozidla stupně 4 mají společnosti Waymo a NAVYA. Vozidla se vyvíjí a testují hlavně ve Spojených státech Amerických. [7]

3.6 Stupeň 5

Stupeň 5 představuje plně autonomní vozidlo, které přichází s ideou tzv. „mind-off“, což znamená, že vozidlo zvládne všechny situace a není vyžadována pozornost řidiče za žádných okolností. Díky čemuž se může věnovat jiným činnostem. Vozidla stupně 5 se zatím sestrojít nepodařilo, avšak se na jejich vývoji usilovně pracuje. Společnost Tesla ve vedení s Elonem Muskem oznámila, že jejich vozidla by mohla mít vozidla stupně autonomy 5 koncem roku 2021 [8] [7]

4 Systémy na vozidle

Vývoj prvních systémů sahá do počátků 20. let 20. století, kdy francouzský automobilový a letecký průkopník Gabriel Voisin experimentoval s brzdnými systémy u letadel. V podstatě šlo o systém setrvačníků, který reguloval hydraulický tlak v brzdových kotoučích u letadla. Tímto experimentem Voisin vyvinul první systém ABS. Systém byl bez povšimnutí po 30 let, kdy roku 1958 výrobce motocyklů Royal Enfield systém testoval na svých strojích. Systém ukazoval slibné výsledky, avšak společnost z důvodu vysokých výrobních nákladů systém neimplementovala. [4]

Voisinův nápad pak prošel různými vylepšeními od automobilek Ford, Chrysler a BMW a v roce 2004 australská univerzita vydala studii, která potvrdila účinnost systému ABS, a za jeho pomoci došlo k snížení rizika nehodovosti o 18%. Dnes je systémů ADAS (advanced driver-assistance systems) velké množství a stále další jsou v různých fázích vývoje. [9]

Systémy na vozidle lze rozdělit do dvou skupin. [10]

4.1 Systémy podporující vozidlo

V případě výskytu nebezpečí, systémy se zaktivují a řidič do jejich chodu nemůže nijak zasahovat. Často působí takovým způsobem, že řidič nepozná, když jsou aktivní a jejich účinky považuje za normální. Do této skupiny spadají systémy jako ABS, ESC, ACC a další.

4.2 Systémy podporující řidiče

Tyto systémy mají za úkol informovat řidiče ohledně možných nebezpečných situací (vyjetí z pruhu, překročení povolené rychlosti,...). Tyto asistenční systémy nemohou ovládat vozidlo, slouží pouze jako informační prvek pro řidiče, který na základě informací takto získaných činí rozhodnutí. Do skupiny systémů podporující řidiče patří například systém LDW, blind spot monitor ale i třeba navigační systém GPS.

Asistenční systémy také lze rozdělit podle stupně automatizace [10]

4.3 Informující systémy

Informují řidiče o skutečnostech, kterých by si nemusel všimnout (např. pokles tlaku v pneumatikách, opuštění jízdního pruhu, nebo systém hlídání mrtvého úhlu)

4.3.1 LDW (lane departue warning)

Systém pro upozornění řidiče na nechtěné opouštění jízdního pruhu. Pod zpětným zrcátkem je vozidlo vybaveno dvojicí kamer, která sleduje jízdní pruhy (Obr. 4.1). Pokud se vozidlo přiblíží, nebo přejeđe vodící proužek či středovou čáru, je řidič upozorněn.

Využívají se 4 systémy [10]

- 77 GHz Long Range Radar
- Infračervená kamera
- Video
- Ultrazvuk



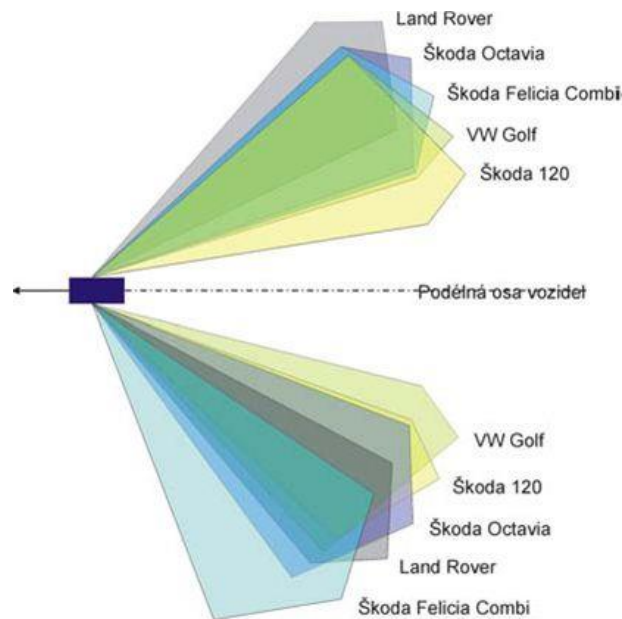
Obrázek 4.1 - Fotografie kamery pro systém LDW na vozidle Subaru Forester

LDW je prvek, který se nejčastěji vyskytuje v úrovni autonomie 0 – tedy nikterak nezasahuje do řízení, pouze řidiče varuje pomocí audiovizuálních signálů.

Systém LDW má nastavbu LKA neboli lane keeping aid, která při zjištění výjezdu mimo jízdní pruh sama stočí kola zpět do jízdního pruhu, a zároveň varuje řidiče vibrací volantů. Řidič stále může převzít kontrolu nad vozidlem – tzn. může řízení vozidla kdykoli sám ovládat. [10] Tato funkce je dostupná od určité rychlosti – Volvo na svých stránkách uvádí v rozmezí 65-200 km/h. [11]

4.3.2 Blind spot monitor

Výhled řidiče z vozidla je limitován vzájemnou polohou neprůhledných částí karoserie (A, B a C sloupky) a polohou očí řidiče. Řidič má přímý výhled na dění před vozidlem a nepřímý výhled na dění za ním. O nepřímý výhled se starají zpětná zrcátka umístěná vně i uvnitř vozidla. Tato zrcátka poskytují do značné míry řidiči přehled o dění za vozidlem, avšak jsou místa, která nelze pomocí zpětných zrcátek monitorovat. Ty se nazývají mrtvé úhly. Mrtvý úhel se nachází za vozidlem a je jinak velký pro každé vozidlo (Obr. 4.2). [10]



Obrázek 4.2 - porovnání mrtvých úhlů různých modelů vozidel [35]

Mrtvý úhel představuje bezpečnostní riziko především na dálnicích. Zejména pak při nájezdu na dálnici nebo při předjíždění jiného vozidla. Skupina vozidel, která je postižena mrtvým úhlem ve vyšší míře jsou nákladní vozidla. U nich je mrtvý úhel zmenšován pomocí kamer, které přenášejí živý obraz do kabiny řidiče nebo přímo do zpětného zrcátka. U osobních automobilů se využívají radarové či laserové senzory, které hlídají mrtvý úhel vozidla a v případě výskytu cizího vozidla v mrtvém úhlu, řidiče varují pomocí audiovizuálních signálů. Častým zobrazováním obsazenosti mrtvého úhlu bývá výstražné světlo umístěné u zpětných zrcátek vně kabiny. Když se cizí vozidlo nachází v mrtvém úhlu, výstražné světlo na odpovídající straně se rozsvítí a tím upozorní řidiče, že není bezpečné přejíždět do vedlejšího pruhu

Světelné signály mohou být doprovázeny akustickým varováním, či vibracemi volantu. Pro tento systém se používají různé zkratky, jako například **BLIS** (Blind Spot Information System – Volvo) nebo **BSM** (Blind Spot Monitoring – Mazda).

4.3.3 Driver Drowsines detection

Systém si nejprve zanalyzuje prvních 15 minut jízdy. Tato data pak porovnává s aktuálními a vyhodnocuje unavenost řidiče. Ve vyhodnocení hraje roli doba jízdy, rychlost, nerespektování jízdních pruhu, atp. Různé studie ukázaly, že kolem 20% dopravních nehod jsou zaviněny únavou řidiče. [12]

4.4 Automaticky intervenující systémy

Systémy, které neustále monitorují průběh jízdy a v případě potřeby zasáhnou do řízení. Tyto systémy fungují nezávisle na rozhodnutí řidiče. Jejich funkce je vyrovnávání nedostatků, které způsobí řidič řízením vozidla.

4.4.1 ABS (anti-lock brake System)

Systém, který se stará o to, aby při prudkém sešlápnutí brzdového pedálu nedošlo k zablokování kol a ztrátě směrové stability. Pokud dojde k zablokování kola, ABS automaticky sníží tlak v brzdovém potrubí daného kola. [10] Výsledkem správně funkčního systému ABS je udržení stability a ovladatelnosti vozidla v nouzové situaci. Systém ABS byl uzákoněn v Evropské unii v roce 2004. Ve spojených státech amerických až v roce 2013. [13]

4.4.2 ASR (anti-Slip Regulation)/Traction control systém (TCS)

Systém, který zabraňuje podkluzování kol. Když systém zaznamená, že hnací kola podkluzují, reguluje výkon motoru, či zbrzdí kola. Cílem je udržitelnost stability vozidla a předejití smyku. Často se pojí se systémem ABS, protože využívá jeho čidla. Pokud tedy ABS na vozidle nefunguje, je neaktivní i ASR. [13]

4.4.3 ESC (Electornic stability Control)

Jedná se o systém, který má za úkol vyhodnocovat a v případě potřeby snížit riziko ztráty trakce vozidla. Když systém zaznamená ztrátu trakce, automaticky aplikuje brzdnou sílu na každé kolo individuálně. Některé systémy ESC také snižují výkon motoru, dokud řidič nezíská zpět plnou kontrolu. První systém ESC byl představen firmou BOSCH v roce 1995. Dnes je systémem ESC vybaveno 82 % všech nových vozidel. [14]

4.4.4 BAS (break assistant system) – emergency break assist

System, který sleduje rychlost sešlápnutí brzdového pedálu. Pokud řidič náhle sešlápně brzdový pedál ale s nedostatečnou silou, systém BAS zvýší tlak v brzdovém potrubí a tím sníží i brzdou dráhu. [10]

4.5 Automaticky jednající systémy

Systémy, které aktivuje řidič a které na základě řidičem zadaných požadavků zasahují do řízení v případě potřeby.

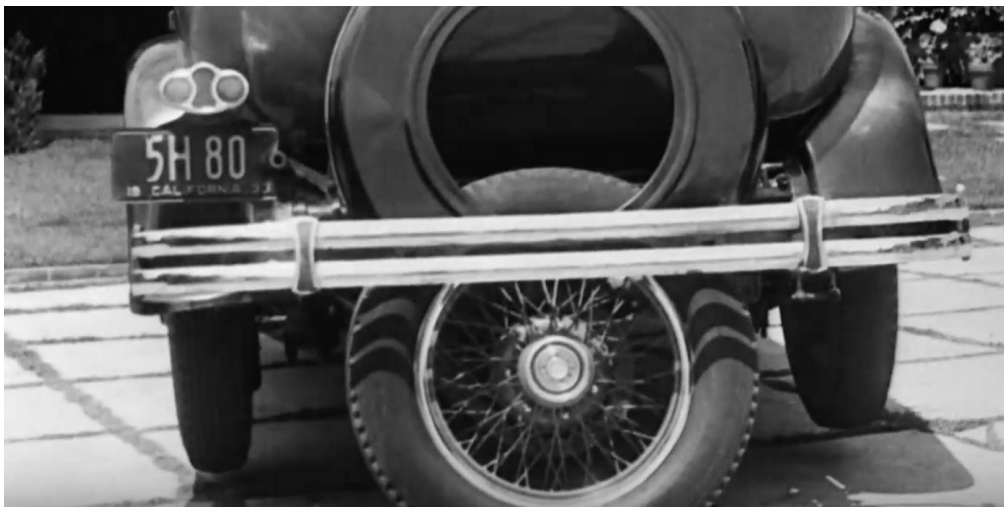
4.5.1 ACC (Adaptive Cruise Control)

Adaptivní tempomat (ACC), má za úkol udržovat bezpečný rozestup mezi vozidly pomocí ovládání akcelerace motoru a tlaku v brzdovém potrubí. Po sepnutí systému uživatelem adaptivní tempomat zjistí, pomocí radarových, či lidarových čidel, vzdálenost vozidla před ním a tu udržuje po celou dobu jeho aktivity. Vzdálenosti vozidel se liší podle rychlosti, kterou se obě vozidla pohybují. V případě zvýšené hustoty provozu, nebo úplného zastavení vedoucího vozidla kvůli koloně dojde k varování řidiče, který je povinen převzít kontrolu nad vozidlem. [12]

5 Parkovací systémy

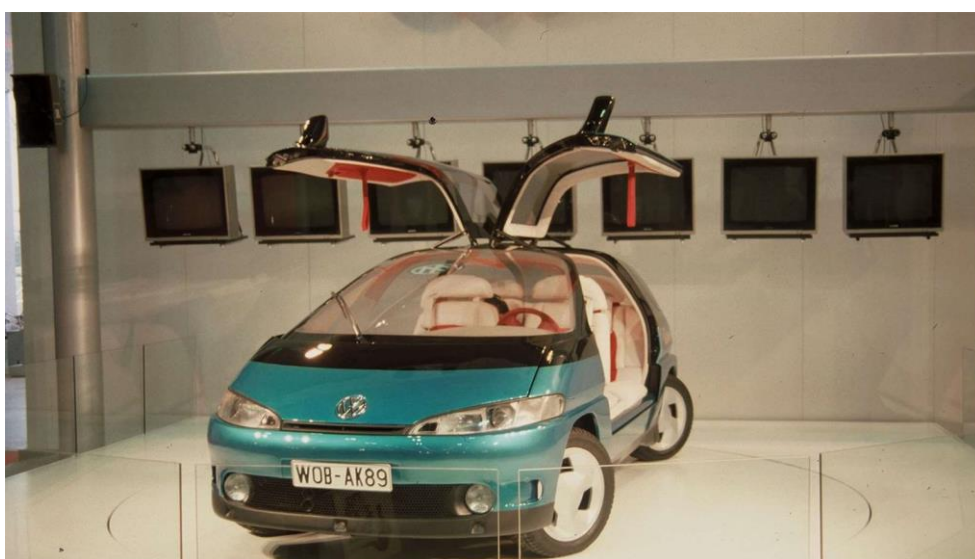
5.1 Historie

Již v roce 1933 přišlo na trh první vozidlo vybaveno systémem pomoci při parkování. Princip tehdejšího „parkovacího asistenta“ spočíval v tom, že na dveřích kufru, bylo upevněno kolo na ose o 90° pootočené oproti ose náprav (Obr 5.1). Když řidič přijel k parkovacímu místu, byl schopen vozidlo pohybovat do směru kolmého na směr jízdy. Tento systém se bohužel moc neuchytil. [15]



Obrázek 5.1 – fotografie prvního „parkovacího asistenta“ [15]

Další pokus o implementaci parkovací technologie na vozidla přinesl Volkswagen v roce 1992 se svým modelem Futura Concept (Obr. 5.2). Futura umožňovala ovládání natočení všech čtyř kol až do pravého úhlu, což řidičům umožnilo pohodlně zaparkovat.



Obrázek 5.2 - Volkswagen Futura Concept 1992 [37]

V roce 2003 přišla automobilka Toyota na trh s modelem Prius hybrid s výbavou Intelligent Parking assist. Tento systém sliboval, že dokáže vozidlo zaparkovat bez jakékoliv interakce řidiče s volantem. Přední i zadní nárazník vozidla byl vybaven sonarovými senzory společně s videotedekcí (Obr. 5.3).

Princip fungování systému byl stejný, jak je tomu dnes. Řidič si vybral místo vhodné k zaparkování, stiskl tlačítko a parkovací asistent se postaral o zbytek. Jediný rozdíl byl v tom, že řidič si mohl parkovací místo zvolit na displej rádia pomocí šipek. Pod kontrolou měl jak pedály brzdy a plynu tak i natočení volantu. První verze se potýkala s několika problémy. Prvním velkým problémem bylo, že systém nebyl schopný identifikovat některé specifické objekty, jako například dětský kočárek, nebo třeba chodce. [16]



Obrázek 5.3 - volba parkovacího místa v Toyotě Prius 2003 [16]

Toyota byla po tři roky jedinou automobilkou, která nabízela parkovací asistenty. Roku 2006 se přidal Lexus a pak následovaly i další koncerny jako například Ford a BMW.

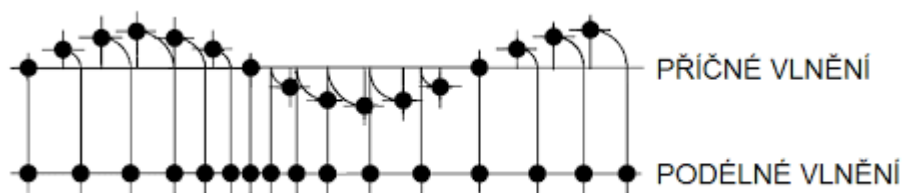
6 Smart parking

6.1 Systém pomoci při parkování BOSCH

Parkovací senzory Bosch, pracují na bázi ultrazvukových vln. Systém Parking aid je schopen varovat řidiče na přiblížení se k překážce při parkování. Systém se skládá z 12 ultrazvukových senzorů, které sledují blízké okolí před a za vozidlem. Senzory jsou funkční až do rychlosti 15 km/h [17]

Na ultrazvuk je z fyzikálního hlediska považován na mechanické vlnění s frekvencí vyšší než 20 kHz, jedná se tedy o zvuk přesahující horní hranici prahu slyšitelnosti, to znamená, že člověk ho není schopen slyšet, to avšak neplatí pro všechny živočichy. Ultrazvuku se využívá například u vysokofrekvenčních píšťal při výcviku psů.

Ultrazvuk se od zdroje šíří jakožto vlnění, které se podle hustoty prostředí dělí na podélné (ve směru kmitání) nebo příčné (kolmo na směr kmitání) [18]



Obrázek 6.1 - ukázka rozdílu podélného a příčného vlnění [38]

Z obrázku (Obr. 6.1) by měl být patrný rozdíl mezi podélným a příčným vlněním. Podélné vlnění kmitá ve směru osy šíření, kdežto příčné kmitá kolmo na osu šíření.

Rychlost šíření ultrazvuku závisí na hustotě prostředí, ve kterém se vlnění šíří. Nejrychleji se ultrazvuk šíří v pevných látkách a to až 3300 m/s. Nejpomaleji se pak ultrazvukové vlnění šíří v plynech a to rychlostí 343 m/s. Rychlost šíření v kapalinách je přibližně 1540 m/s.

Rychlost šíření ultrazvukového vlnění závisí na modulu objemové pružnosti a hustotě prostředí, kterým se vlna šíří. [19]

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad \text{Rov. 6.1}$$

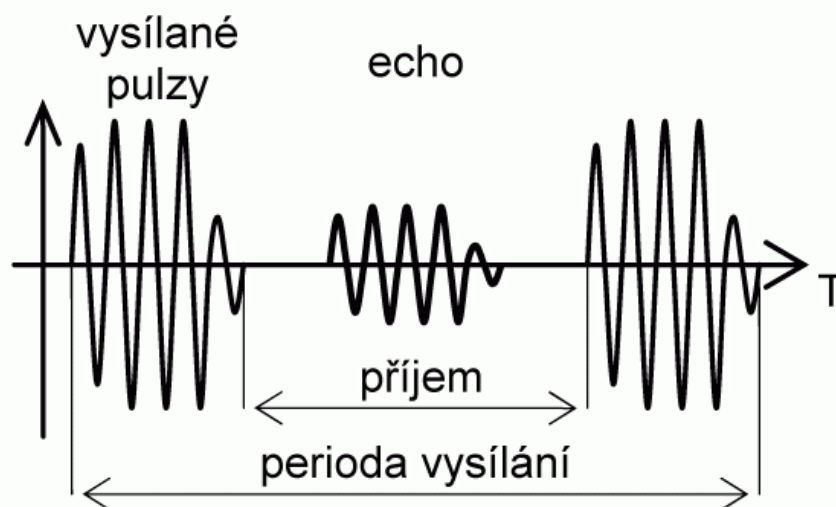
kde K je modul objemové pružnosti a ρ je hustota prostředí (Rov. 6.1).

Ultrazvukové senzory pracují na základě výpočtu rychlosti odražení signálu od překážky. Senzor se skládá z vysílače a přijímače. Určení vzdálenosti probíhá tak, že vysílač vyšle zvukový signál a spustí měření času. Vyslaný signál se šíří skrze prostředí dokud nenarazí na překážku, od které se odrazí. Odražený signál pak cestuje zpět do senzoru, který poslouchá „ozvěnu“ (Obr. 6.2). Po tom, co se vyslaný signál vrátí zpět do senzoru, je proveden výpočet vzdálenosti. Zvuk se šíří rychlostí přibližně 340 m/s to znamená, že jeden centimetr vlna urazí za $2.94 * 10^{-5}$ s. Vzorec na výpočet vzdálenosti pak bude vypadat (Rov. 6.2) [20]

$$d = \frac{(t * c)}{2} \quad \text{Rov 6.2}$$

Kde d je počítaná vzdálenost, t je čas, který uběhl, než se ultrazvuk vrátil zpět do senzoru a c je rychlost šíření zvuku. Proměnná c je závislá na tom, v jakém prostředí se zvuk šíří.

Přijímač je osazen piezokeramickým senzorem, který je schopen na základě elektrického signálu měnit svůj geometrický tvar, lze tedy říci, že piezokeramika mění elektrickou energii na energii mechanickou. [21]



Obrázek 6.2 – časová osa vysílání a přijímání signálu [21]

6.2 Systém automatizovaného parkování BOSCH

Systém automatizovaného parkování využívá pomoci senzorů. Sensory pracující na bázi ultrazvukových vln spolupracují s počítačem, který vyhodnocuje vzdálenosti objektů kolem vozidla.

Senzor, který se nachází na obou stranách předního nárazníku, zmapuje potenciální místo na parkování. Jakmile asistent vyhodnotí, že prostor, který naskenoval je vhodný pro zaparkování vozidla, vyšle řidiči signál. Řidič pak jen musí stisknout tlačítko a asistent vypočítá optimální cestu k parkovacímu místu, nutná otočení volantem a počet potřebných manévrů. Po dokončení výpočtů řidič sejme ruce z volantu a ovládá vozidlo pouze opatrným sešlapáváním pedálů plynu a brzdy. Za pomoci elektronického ovládání volantu asistent navede vozidlo na vybrané parkovací místo. Řidič má stále kontrolu nad manévry a kdykoli může operaci zrušit tím, že se dotkne volantu. Asistent také zvládá výjezd z parkovacího místa do pozice, kde se řidič může bezpečně zapojit do provozu. [22] [23]

6.3 Automatické parkování od společnosti Valeo

Valeo představilo v roce 2007 funkci Park4U, která byla implementována na vozidlo Volkswagen Touran. Samotné parkování probíhá podobně jako u systému od firmy BOSCH v takzvaném „hands-free“ módu. Jakmile systém za pomoci ultrazvukových senzorů najde vhodné parkovací místo, řidiči jen stačí zařadit zpátečku a systém plně převezme kontrolu nad vozidlem. Akci systému lze jednoduše přerušit tím, že se řidič dotkne volantu.

Dále společnost Valeo v roce 2011 představila mobilní aplikaci Park4U Remote, která řidiči dovoluje vystoupit z vozidla a pomocí telefonu zadat příkaz vozidlu aby samo zaparkovalo. To znamená, že na rozdíl od parkovacího asistenta BOSCH řidič nemusí sedět ve vozidle, aby ovládal pedály brzdy a plynu. [24]

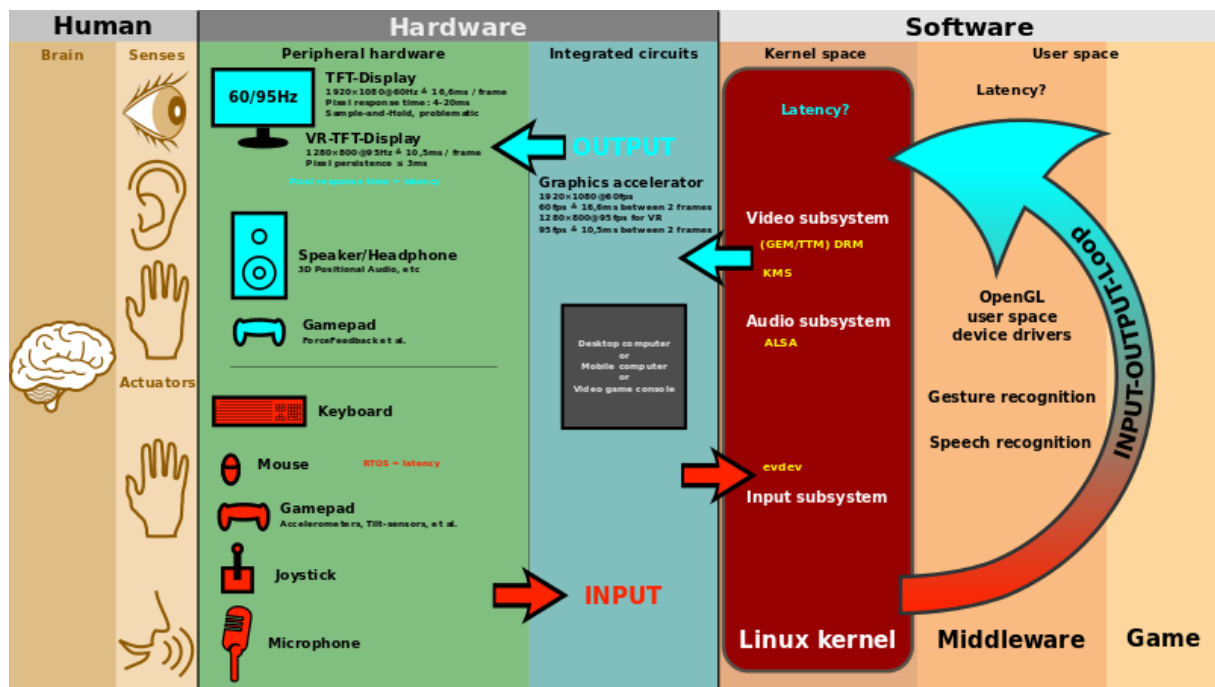
6.4 SIEMENS Smart Parking

V roce 2015 přišla společnost SIEMENS s technologií, která sleduje parkoviště a pomocí centrálních databází posílá data přímo do vozidla. Tento systém se dá spojit se systémy automatického parkování, kde technologie monitorování parkoviště vyšle signál do vozidla o volném místě. Technologie SIEMENS spočívá v radarových vlnách vysílaných ze sloupů veřejného osvětlení, které zjišťují, jestli je parkovací místo volné, či nikoli. Výhoda této technologie spočívá v úspoře prostoru, kde se radarový senzor pouze namontuje na blízky sloup veřejného osvětlení. [25]

7 Interakce člověk-stroj (HMI)

HMI je vědní disciplína, která pokrývá problematiku komunikace mezi člověkem a strojem (tj. vzájemnou komunikaci mezi lidským operátorem a umělým systémem) [26]

HMI je využíváno v mnoha odvětvích, zejména pak v elektronice, průmyslu a v neposlední řadě i dopravě.



Obrázek 7.7.1 - HMI - Human-Machine Interaction [27]

Na obrázku (Obr. 7.1) je ukázán koloběh Human-Machine Interaction vysvětlen na běžném stolním počítači. Uživatel odešle informaci pomocí hardware do software rozhraní (například pohybem myši, nebo stisknutím klávesy na klávesnici), počítač informaci zpracuje a na jejím základě vyšle signál do výstupního zařízení. Tím dá uživateli zpětnou vazbu (například pomocí haptické odezvy v ovladači, nebo pohybem kurzoru na monitoru), na kterou uživatel může dále reagovat.

Interakce řidiče s vozidlem je podobor HMI, který řeší otázky mimo jiné ohledně uživatelského rozhraní (User interface) a ergonomie.

Interakce mezi řidičem a vozidlem by měla být realizována za předpokladu, že se vyloučí možnost zhoršení pozornosti řidiče, příliš mnoho informací na jednom místě nebo komplikované ovládání. Doporučení evropské komise z roku 2008 [28] určuje zásady, pod jakými by měla interakce řidič vozidlo uskutečněna. Níže jsou uvedeny nejdůležitější z nich [29]

- Řidič musí být schopen mít při interakci se systémem alespoň jednu ruku na volantu.
- Systém nesmí vyžadovat dlouhé a nepřerušované sekvence činnosti, při které se vyskytuje vizuální i manuální aktivita.
- Řidič by měl být schopen pokračovat v přerušené interakci se systémem v místě přerušení a na logickém místě.
- Systém by neměl vyžadovat, aby řidič prováděl činnost náročnou na včasnost zadání informace.
- Obsluha ovládacích prvků systému nesmí narušovat nebo omezovat ovládání prvků, vztahujících se k primární úloze řidiče (tj. řízení vozidla).
- Řidič by měl mít možnost nastavit hlasitost zvukových informací. Dynamické vizuální informace, které nesouvisí s bezpečností jízdy, by měly umožňovat vypnutí nebo – pokud je riziko, že by mohly značně rozptýlit řidiče – by měly být automaticky vypnuty, když je vozidlo v pohybu.

8 User Experience (uživatelský zážitek)

Uživatelský požitek je obecně těžké vysvětlit. Tato skutečnost je způsobena tím, že hlavní veličinou v hodnocení uživatelského požitku jsou emoce. Jedna interpretace definice uživatelského požitku zní, že uživatelský požitek je celkový pocit uživatele složený z interakcí a vjemů, které testovaný subjekt zažívá při testování produktu. [30]

V české literatuře je uživatelský požitek definován jako dojem, který uživatel získá z používání testovaného produktu, systému nebo služby. Sledují se ukazatele jako jednoduchost použití, efektivnost a praktičnost. User experience se v poslední době stává důležitým ukazatelem kvality výrobku. Jeho základní veličinou jsou emoce, které subjekt cítí, když používá testovaný produkt. Pro zaznamenání emocí, které subjekt testování pociťuje, se nejčastěji používají dotazníky. V některých případech se používají i fyziologické metriky jako například sledování pohybu oka (eye tracking), činnost srdečního tepu (EKG), EEG a další. Vzhledem k omezeným zdrojům autora, byly při testování parkovacích asistentů použity dotazníky. [31]

Dotazník je nástroj, běžně využívaný jakožto ukazatel kvality a použitelnosti produktu. Pomocí dotazníkového šetření lze identifikovat slabé i silné stránky produktu. Autor pro testování parkovacích asistentů zvolil standardizovaný nástroj UEQ-online.org, který měří základní metriky jako atraktivitu, efektivnost a spolehlivost. [31]

User experience nemá využití pouze u testování produktů, v současné době se čím dál více využívá při tvorbě webových stránek či aplikací. V tomto případě se využívá například technologie sledování pohybu oka, která zaznamenává, kam uživatel směřuje svou pozornost. Na základě dat z naměřených s eye tracking software se vypracuje tzv. heat mapa (Obr. 8.1), která ukazuje, jakým místům uživatel nejčastěji věnoval pozornost. Tento nástroj umožňuje odhalit případné nedostatky v designu. Tyto nedostatky mohou být způsobeny např. přílišným zviditelněním nepodstatných informací, a tím znemožnění viditelnosti informací důležitých. [31]



Obrázek 8.1 - Heat mapa vytvořená na základě dat z eye tracking software [39]

9 Praktická část

9.1 Popis experimentu

Experiment probíhal v odpoledních hodinách za denního světla v dobré viditelnosti a při jasném počasí. Pro experiment byla využita méně používaná komunikace v blízkosti bydliště autora. Po dobu trvání experimentu nebyl žádný provoz.

Velikost podélného parkovacího stání byla určena na základě normy ČSN 73 6056 – „Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel“. Nejdříve bylo nutné zjistit normovaný rozměr parkovaného vozidla bez zrcátek, který byl zjištěn pomocí tabulky v uvedené normě (Obr. 9.1).

Základní rozměry vozidel pro účely této normy

Druhy vozidel	Délka (m)	Šířka bez zpětných zrcátek (m)	Výška (m)
Osobní	4,75	1,75	1,80
Lehké užitkové (Dodávka)	6,00	2,00	2,80
Velké nákladní ^{*)}	18,75	2,50 ^{****)}	4,20
Autobus ^{**)}	15,00	2,50	4,00
Motocykl	2,50	1,10	1,20
Jízdní kolo	1,80	0,60	1,10

^{*)} Souprava motorového vozidla s jedním přívěsem podle příslušného právního předpisu.¹⁾

^{**)} Autobus se třemi a více nápravami podle příslušného právního předpisu.¹⁾

^{****)} Základní šířka vozidla pro návrh parkovacího stání; pokud je šířka vozidla větší než 2,60 m, šířka parkovacího stání se odpovídajícím způsobem zvětší.

Obrázek 9.1 - Tabulka velikostí vozidel z normy ČSN 73 6056

Vzhledem k tomu, že experiment probíhal pouze s osobními automobily, platí pro tuto situaci první řádek tabulky 1.

Velikost samotného parkovacího místa pak byla určena z tabulky 5 v normě ČSN 73 6056 (Obr. 9.2). Vzhledem k tomu, že se nejedná o krajní stání, nýbrž o stání mezi dvěma vozidly, lze délku parkovacího stání navrhnout 5.75 metru. Šíře parkovacího stání byla, dle tabulky, zvolena na 2.0 metru. Rozšíření o 0.4 metru není potřeba, protože parkování probíhá u obrubníku, nikoli u pevné překážky.

Rozměry parkovacího stání pro osobní a lehká užitková vozidla (dodávky) při podélném řazení a šířka přilehlého jízdního pruhu/pásu

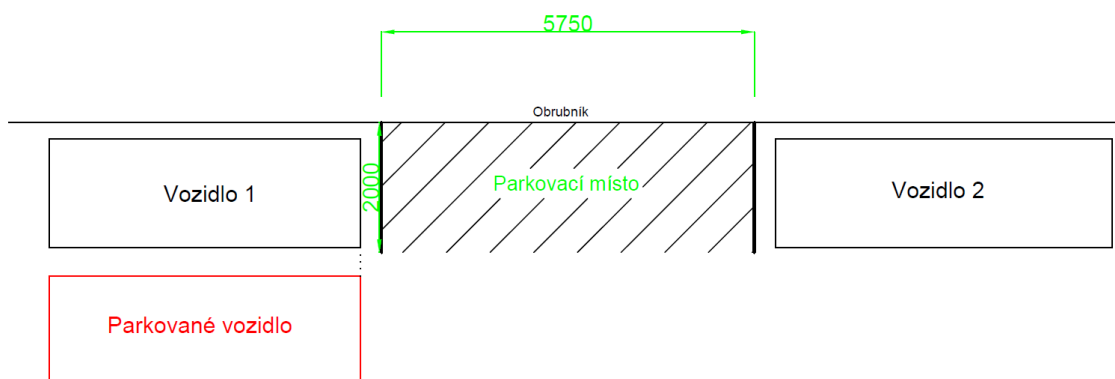
Skupina vozidel	Způsob parkování	Základní šířka stání ^{*)}	Odstup od pevné překážky	Délka stání	Délka krajního stání	Délka krajního stání	Šířka jízdního pruhu/pásu
		a (m)	d (m)	b (m)	b ₁ (m)	b ₂ (m)	c (m)
Osobní	jízda vpřed	2,00	0,40	6,75	5,25	7,75	3,25
	couvání			5,75	–	6,75	3,75
Lehké užitkové (dodávka)	jízda vpřed	2,25	0,40	8,25	6,50	9,00	3,50
	couvání			7,50	–	8,00	3,75

^{*)} Při vysoké intenzitě dopravy na pozemní komunikaci se doporučuje zvětšit základní šířku parkovacího stání o 0,25 m (omezení otevírání dveří vozidla do průjezdního profilu pozemní komunikace). Pokud je vedle parkovacího stání v místě předních dveří vozidla pevná překážka, zvětšuje se šířka parkovacího stání podle 6.2.2.
Jednotlivé návrhové prvky parkovacích stání jsou uvedeny na obrázku 2.

Obrázek 9.2 - Tabulka rozměrů podélného parkovacího stání dle normy ČSN 73 6056 [34]

Parkovací stání bylo na komunikaci vyznačeno vodou smyvateľnou barvou ve spreji bílé barvy. O experimentu byla informována místní městská policie, která dočasné vodorovné dopravní značení dovolila, vzhledem k hustotám provozu na autorem vybrané komunikaci.

Experiment byl řazen celkem do tří segmentů, aby otestoval uživatelskou přívětivost jednotlivých systémů. Respondenti byli požádáni, aby couváním zaparkovali na podélně řazené parkovací stání na pravou stranu komunikace, mezi dvě vozidla. Parkované vozidlo vždy začínalo tak, aby zadní nárazníky parkovaného vozidla a vozidla stojícího před prázdným místem byly na stejné úrovni (Obr 9.3).



Obrázek 9.3 - Zjednodušený náčrt situace experimentu, rozměry v milimetrech

Respondenti byli požádáni, aby vozidlo zaparkovali dle svého nejlepšího vědomí v následujících situacích

- a) Pouze na pomoci zpětných zrcátek (Suzuki Ignis)
- b) Za pomoci vizuálně akustického parkovacího asistenta, který přišel s výbavou na vozidle Škoda Yeti 2009
- c) Za pomoci autorem sestrojeného parkovacího asistenta s akustickými signály a s alternativním zobrazováním vzdálenosti (Suzuki Ignis)

U všech testovaných subjektů byla zjištěna následující data.

- **Jméno**
- **pohlaví**
- **Věk**
- **Doba, po kterou subjekt drží řidičské oprávnění**
- **Značka a model vozidla, které subjekt vlastní**
- **Přítomnost parkovacího asistenta ve vozidle subjektu**
- **Přibližný počet ujetých kilometrů za rok**

Zkoumán byl čas potřebný k zaparkování a vzdálenost zadního nárazníku parkovaného vozidla od vozidla zaparkovaného za prázdným parkovacím místem. Na konci každého parkování respondenti vyplnili dotazník user experience. Cílem experimentu, bylo určit, zda parkovací asistenti ulehčují parkování, či nikoli a zdali alternativní zobrazování vzdálenosti poskytuje výhodu nad ostatními parkovacími asistenty dostupnými na trhu.

9.1.1 První způsob

V prvním způsobu parkování respondenti parkují s vozidlem Suzuki Ignis, pouze za pomoci zpětných zrcátek.

9.1.2 Druhý způsob

Druhý způsob podélného parkování, probíhá za pomoci zadních parkovacích senzorů, kterými je vozidlo Škoda Yeti vybaveno z výroby. Parkovací asistent interaguje s řidičem pomocí akustických signálů a pomocí obrazovky rádia, na které se zobrazuje vzdálenost znázorněná pomocí čar. (Obr. 9.4)



Obrázek 9.4 - Fotografie vizuální část parkovacího asistenta ve vozidle Škoda Yeti 2009

9.1.3 Třetí způsob

Třetí způsob parkování využívá prototypu parkovacího asistenta, který byl sestrojen autorem. Vizuální složku parkovacího asistenta tvoří čtyři dvojice různě barevných LED v kombinaci s OLED displejem, který zobrazuje vzdálenost vozidla od překážky v centimetrech. Akustickou složku tvoří piezoelektrický bzučák, který stupňuje svou rychlost v závislosti vozidla na překážce a postupně přechází do souvislého tónu.

9.1.4 Realizace návrhu prototypu

První část návrhu byla zpracována v online simulačním nástroji TinkerCad od firmy autodesk. Srdcem celého projektu je programovatelná deska Arduino UNO, která propojuje všechny komponenty. Ve vývojovém prostředí byla navržena první část, obsahující piezoelektrický bzučák a čtyři dvojice různě barevných LED. Všechny tyto součástky byly zapojeny pomocí nepájivého pole. Hodnoty odporů byly vypočteny pomocí Ohmova zákona (Rov. 9.1)

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Rov. 9.1}$$

Na základě informací z datasheetu pro Arduino UNO [32], digitální výstup poskytuje napětí 5 V. LED ke správnému chodu potřebuje proud 25 mA.

$$R = \frac{5}{0,025} = 200 \, \Omega \quad \text{Rov. 9.2}$$

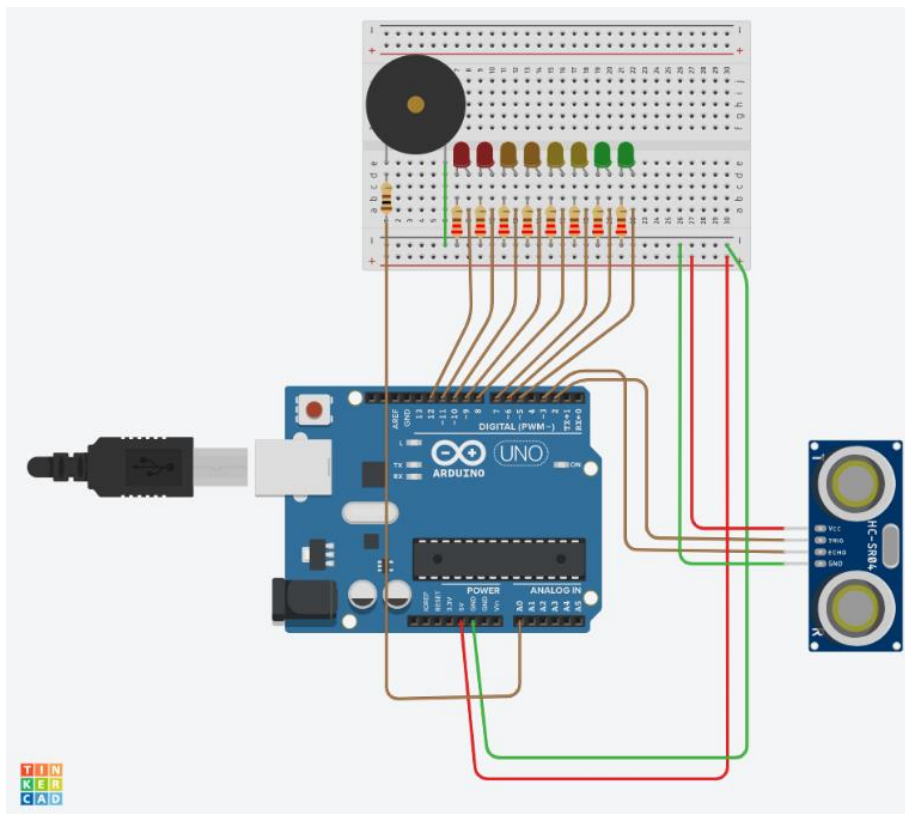
Pro LED byly tedy vybrány rezistory z řady E3 o hodnotě 220 Ω .

Pro aktivní piezoelektrický bzučák není, dle výrobce, potřeba rezistoru, avšak rezistor byl autorem přidán, kvůli snížení hlasitosti a zvýšení komfortu testerů. Vybraný byl rezistor o hodnotě 100 Ω z řady E3.

Data, na základě kterých se spínají LED a bzučák jsou generována ultrazvukovým senzorem vzdálenosti (HC-SR04). Zvolený ultrazvukový senzor má maximální dosah 4 m a minimální 0,02 m, což je dostačující pro zamýšlené účely.

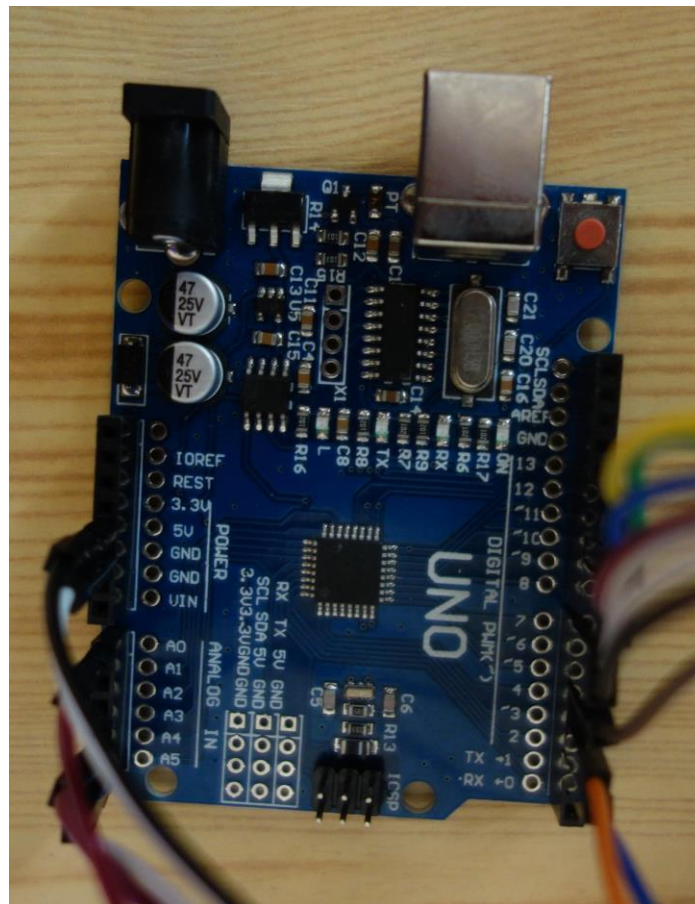
9.2 Zapojení součástek

LED byly zapojeny tak, že na katodu byl připojen zvolený odpor o hodnotě 220 Ω . Kladný pól LED je připojen na digitální vstup desky Arduino UNO. Všech osm LED bylo připojeno na piny 6 až 12, ostatní piny byly ponechány volné pro další součástky. Piezoelektrický bzučák byl zapojen se 100 Ω rezistorem na kladném pólu do analogového vstupu A0 a záporným pólem do pinu GND na nepájivém poli. Pin TRIG a ECHO ultrazvukového senzoru byl zapojen do digitálního pinu 2 a 3 v tomto pořadí. Kladný a záporný pól součástky byl zapojen do nepájivého pole, které bylo propojeno s Arduinem (Obr. 9.5).



Obrázek 9.5 - schéma zapojení prvního návrhu obvodu parkovacího asistenta [40]

V další fázi vývoje byl do obvodu přidán OLED display, který zobrazuje vzdálenost v centimetrech naměřenou ultrazvukovým senzorem. OLED display má čtyři piny, které byly připojeny následovně (Obr. 9.6). Pin VDD byl připojen na kladný pól Arduino, pin GND na záporný pól, pin SCK do analogového vstupu A5 a pin SDA na analogový pin A4 na desce Arduino.



Obrázek 9.6 - finální zapojení součástek na programovatelnou desku Arduino UNO

Výčet použitých součástek

- 2 x červená LED
- 2 x oranžová LED
- 2 x žlutá LED
- 2 x zelená LED
- 8 x 220 Ω rezistor
- 1 x aktivní piezoelektrický bzučák
- 1 x 100 Ω rezistor
- 1 x HC-SR04 ultrazvukový senzor

- 1 x OLED display 128 x 64
- Nepájivé pole
- Prodlužovací kabely (2.5 metru)

Hotový obvod byl pomocí software Arduino IDE naprogramován za použití programovacího jazyka C.

9.3 Program parkovacího asistenta

Na začátek programu byly definovány piny, do kterých jsou zapojeny LED a bzučák. Dále byla definována proměnná *cas*, *timebegin*, *timeend* a *casTrvani*. Tyto proměnné jsou důležité pro správný chod programu.

Proměnná *cas* se využívá jakožto časový interval, po který má bzučák vydávat tón. Hodnota proměnné *cas* se s menší vzdáleností zvětšuje a tím plynule přechází v souvislý tón, který zazní, pokud je řidič blíže než 20 centimetrů od překážky.

Proměnná *timebegin* a *timeend* byla využita k tomu, aby program zjistil, jak dlouho mu trvalo provést jeden cyklus. Na začátku cyklu se do proměnné *timebegin* uloží čas začátku cyklu a na konci cyklu se to proměnné *timeend* uloží čas konce cyklu. Tyto dva časy se následně od sebe odečtou a vyjde výsledný čas, který se uloží do proměnné *casTrvani*. Nakonec se hodnota proměnné *casTrvani* odečte od hodnoty *delay*, která je nastavena na hodnotu 450 ms. Tento úkon byl proveden z důvodu optimalizace programu. Hodnota *delay* byla nastavena na 450 ms, protože nejdelší interval, který v cyklu je, trvá 360 milisekund.

Další segment kódu programu je samotný cyklus. Pro tento cyklus byly definovány proměnné *duration* a *Distance*. Cyklus začíná tím, že vyšle signál z ultrazvukového senzoru. Echo kanál pak poslouchá odezvu a výsledný čas uloží do proměnné *duration*. Poté se vypočte vzdálenost (proměnná *Distance*) tím, že hodnota proměnné *duration* je vydělena dvěma a výsledek je následně vydělen číslem 29,1. Číslo 29,1 se používá proto, protože zvuk urazí jeden centimetr za 29,1 milisekundy, tím program získá vzdálenost překážky v centimetrech.

```

60     Long duration, Distance;
61
62     digitalWrite(trigPin, LOW);    delayMicroseconds(2);
63     digitalWrite(trigPin, HIGH);   delayMicroseconds(10);
64     digitalWrite(trigPin, LOW);
65     duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
66     Distance = (duration/2) / 29.1; // vzdálenost v cm
67

```

Obrázek 9.7 - ústřížek kódu, který vypočítá vzdálenost překážky

Jak lze pozorovat na obrázku (Obr. 9.7), na řádce 63, ultrazvukový senzor vyšle signál a na řádce 65, signál opět přijímá a zároveň do proměnné *duration* uloží čas, který uběhl před tím, než se signál vrátil zpět do senzoru. Na řádce 66 je pak výpočet vzdálenosti v centimetrech.

Po výpočtu vzdálenosti překážky od vozidla cyklus přechází do další fáze, kde porovnává naměřenou hodnotu s hodnotami definovanými pro rozsvícení LED a rozeznění bzučáku. Na tyto podmínky byla použita funkce *if*, která vyhodnocuje, zdali je splněna zadaná podmínka a zdali se má provést nějaký úkon.

```

75     if (Distance <= 100) { digitalWrite(g1LED, HIGH);
76                             cas= 120; }
77     else { digitalWrite(g2LED, LOW); }
78
79     if (Distance <= 80) { digitalWrite(y2LED, HIGH);
80                             cas= 160;}
81     else { digitalWrite(y2LED, LOW); }

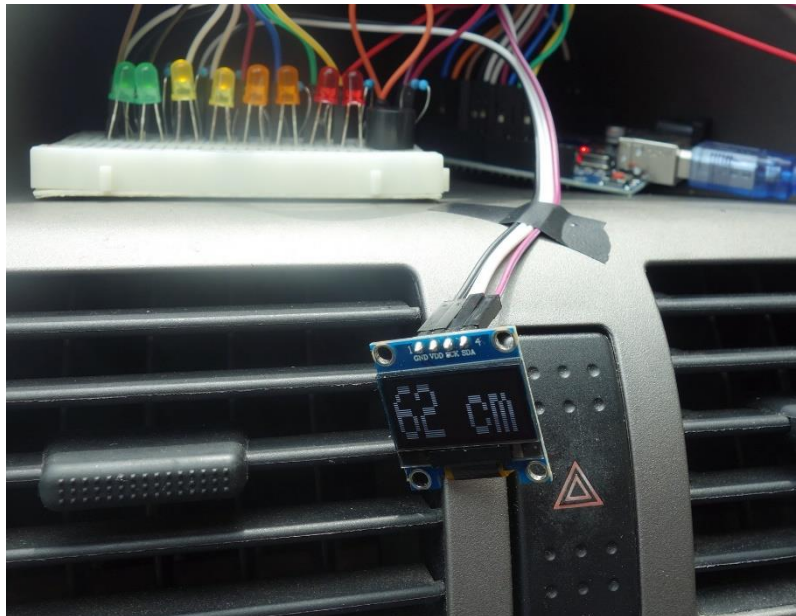
```

Obrázek 9.8 - ústřížek kódu podmínky, která vyhodnocuje, zdali má rozsvítit LED a rozeznit bzučák

Tento ústřížek kódu (Obr. 9.8) ukazuje podmínky, kdy právě jedna musí být splněna, aby systém fungoval. Pokud senzor naměří vzdálenost nižší nebo rovnu 100 cm a zároveň větší než 80 rozsvítí se druhá zelená dioda a bzučák bude pípat s periodou 120 ms. Pokud podmínka není splněna, bzučák se nerozezní a LED zůstane zhasnutá.

Pokud nastane případ, že se vozidlo nachází od překážky dál než 150 cm, je splněna první podmínka a zavolá se funkce *EverythingOFF*, která vypne všechny součástky, které zůstanou vypnuté, až do doby kdy systém nezměří hodnotu nižší než 150 cm.

Další část cyklu je zobrazení vzdálenosti vozidla od překážky na OLED display. Pomocí příkazu `display.println(Distance)` se na obrazovku vypíše hodnota proměnné distance v centimetrech (Obr. 9.9).



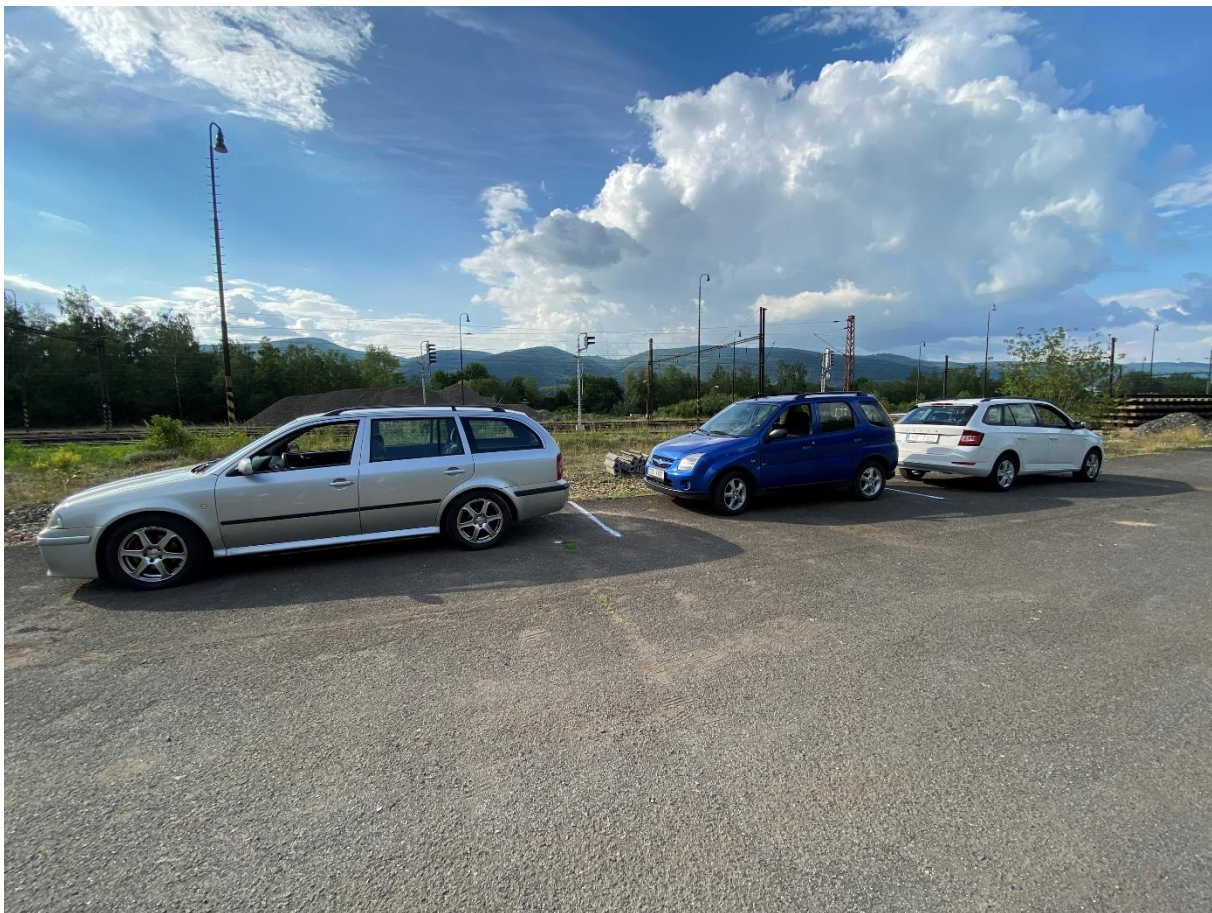
Obrázek 9.9 - fotografie OLED displeje v provozu

9.4 Průběh měření

Experimentu se účastnilo celkem 11 osob ve věkovém rozmezí 19 až 53 let. S různými řidičskými zkušenostmi. Účastníci testu byli požádáni, aby zaparkovali vozidlo dle svého nejlepšího vědomí. Na konci parkování respondenti vyplnili dotazník uživatelské přívětivosti parkovacího asistenta [33].

První skupina testovaných osob byla ve věku 19 až 23 let s nejdelší dobou, po kterou drží řidičské oprávnění 3 roky. Druhá skupina osob byla ve věkové skupině 40 až 55 let, s nejdelší dobou, po kterou drží řidičské oprávnění 33 let.

Jakožto překážky, byla použita dvě vozidla respondentů (Obr. 9.10).



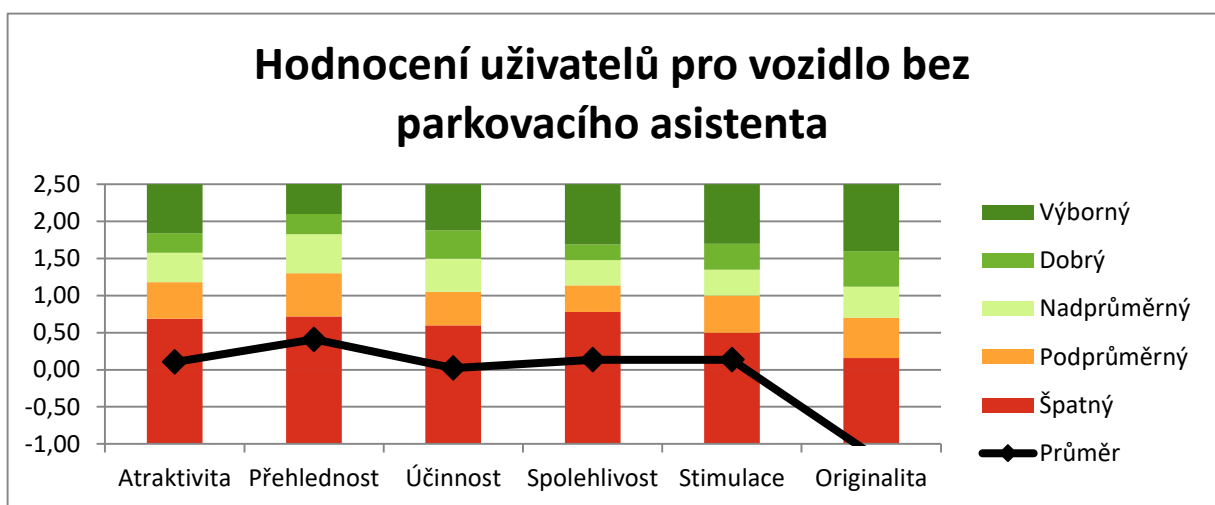
Obrázek 9.10 - fotografie situace parkování

10 Výsledky měření a diskuze

V této bakalářské práci byl zkoumán uživatelský požitek respondentů na jednotlivé parkovací asistenty. Dále bylo zkoumáno, zdali řidičské zkušenosti (věk a počet najetých kilometrů za rok) nějakým způsobem ovlivňují vzdálenosti parkovaného vozidla od překážky.

10.1 Vozidlo bez parkovacího asistenta (Suzuki Ignis)

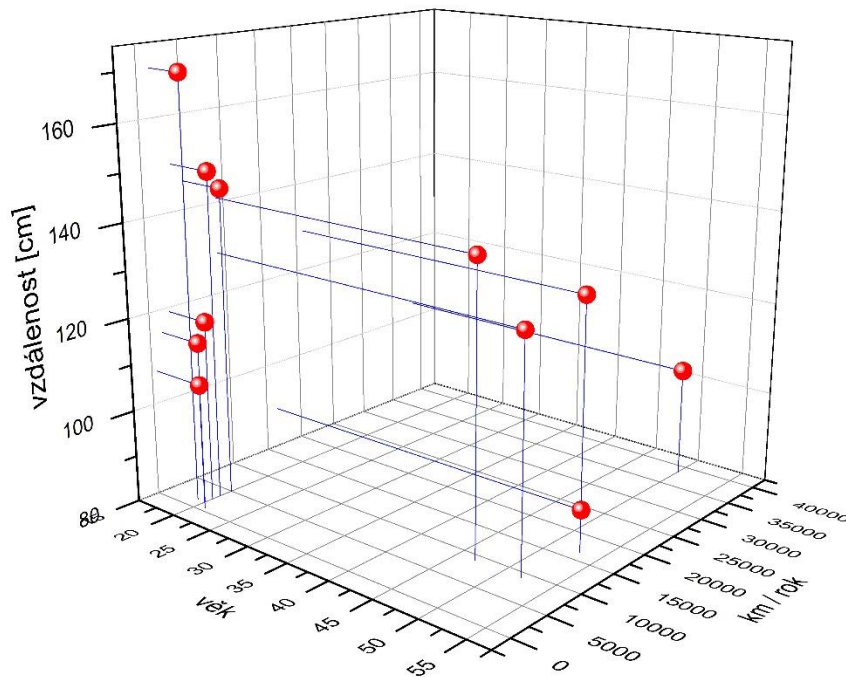
Z dat nasbíraných dotazníkem uživatelské přívětivosti byl vypracován graf, který hodnotí uživatelský požitek s parkováním vozidlem bez parkovacího asistenta (Obr. 10.1).



Obrázek 10.1 - Uživatelské hodnocení vozidla bez parkovacího asistenta

Z naměřených dat (Obr. 10.1) je patrné, že vozidlo bez parkovacího asistenta nebylo pro respondenty nijak zvlášť zajímavé a spíše bylo vnímáno jako neoriginální. Avšak v aspektu přehlednosti, data ukazují lehkou odchylku hodnot od průměru. To je možné vysvětlit dobrým rozhledem z vozidla pomocí zpětných zrcátek.

Jako další byl vytvořen graf (obr. 10.2) závislosti věku a ujetých kilometrů za rok na přesnosti zaparkování. Přesnost zaparkování představuje vzdálenost zadního nárazníku parkovaného vozidla od předního nárazníku vozidla za parkováním. Dle normy ČSN 73 6056 je nejmenší odstup dvou vozidel podélně parkovaných stanoven na 1 metr. [34]

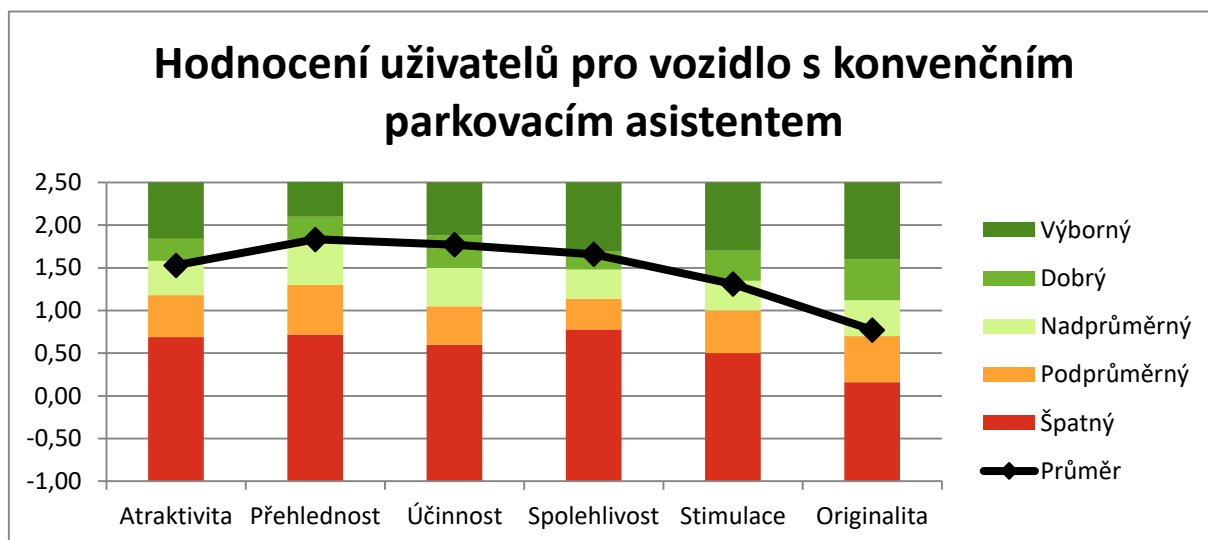


Obrázek 10.2 - Graf závislosti přesnosti zaparkování na věku a ročně najetých kilometrech při parkování s vozidlem bez parkovacího asistenta

Na obrázku (Obr. 10.2) je vhodné si povšimnout skutečnosti, že polovina respondentů s nižšími zkušenostmi zaparkovala, za pomoci pouze zrcátek, blíže k překážce než ti, kteří najedou více kilometrů ročně.

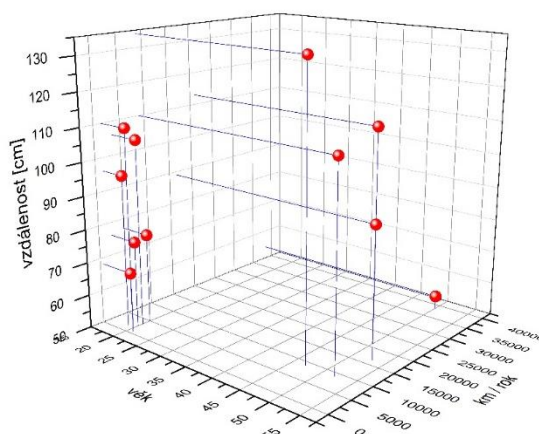
10.2 Vozidlo s konvenčním parkovacím asistentem (Škoda Yeti)

Respondenti byli požádáni, aby zaparkovali s vozidlem Škoda Yeti 2009, který je osazen originálními parkovacími senzory z výroby. Z naměřených dat (Obr. 10.3) je na první pohled patrné, že výsledky jsou diametrálně rozdílné od předchozího měření. Uživatelé byli nejvíce spokojeni s přehledností a účinností parkovacího asistenta



Obrázek 10.3 - Uživatelské hodnocení vozidla s konvenčním parkovacím asistentem

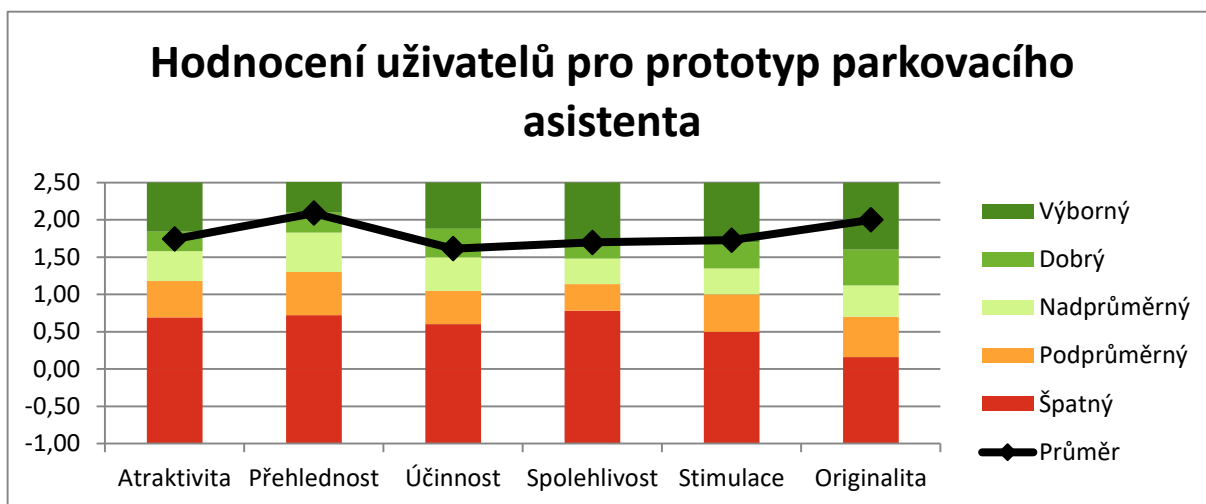
Závislost zkušeností na přesnosti zaparkování (Obr. 10.4), za pomoci konvenčního parkovacího asistenta, ukazuje, že došlo ke snížení vzdálenosti. Opět lze pozorovat, že někteří respondenti s menšími zkušenostmi zaparkovali blíže k překážce než respondenti zkušenější. Je dobré si povšimnout, že průměrná vzdálenost vozidla od překážky se snížila.



Obrázek 10.4 - graf závislosti vzdálenosti zaparkování na zkušenostech řidiče při parkování s konvenčním parkovacím asistentem

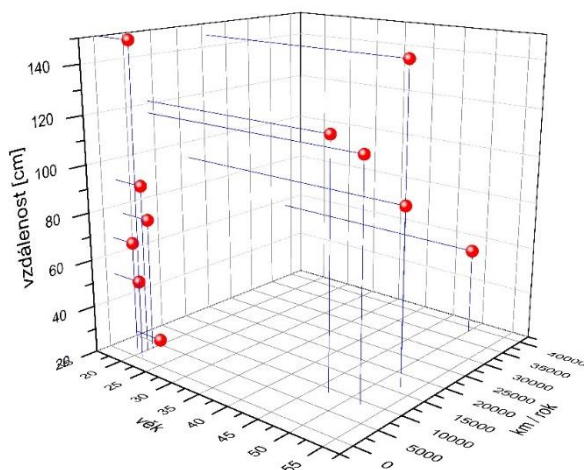
10.3 Prototyp parkovacího asistenta

Z dat (Obr. 10.5) je patrné, že tento asistent si dle uživatelského hodnocení vedl nejlépe. Nejvíce vystupuje z řady aspektů přehlednosti a originality. To může být vysvětleno tím, že u prototypu byl jakožto vizuální ukazatel vzdálenosti zvolen OLED display, který zobrazoval vzdálenost vozidla od překážky v centimetrech, takže řidič měl lepší představu o tom, jak daleko se překážka nachází.



Obrázek 10.5 - Uživatelské hodnocení prototypu parkovacího asistenta

Na obrázku (Obr. 10.6), parkování s prototypem, lze pozorovat další pokles průměrné vzdálenosti vozidla od překážky. To lze vysvětlit tím, že alternativní zobrazování vzdálenosti je pro uživatele přívětivé jak z pohledu user experience tak i z pohledu funkčnosti.



Obrázek 10.6 - Závislost přesnosti zaparkování na zkušenostech respondenta při parkování s prototypem

10.4 Shrnutí naměřených dat

Z dotazníků uživatelského požitku lze pozorovat, že prototyp sestrojený autorem je uživatelsky přívětivý a jeho přehlednost a originalita respondenty zaujala. Po zprůměrování obou naměřených hodnot (čas zaparkování a vzdálenost vozidla od překážky), lze pozorovat, že parkování s prototypem parkovacího asistenta s alternativním zobrazováním vzdálenosti poskytlo nejmenší hodnoty ze všech tří částí experimentu.

Z 11 dotazovaných osob všechny, vlastní nebo provozují vozidlo, ale pouze 5 osob má ve svém vozidle parkovací asistenty. Ze sesbíraných dat byla vytvořena tabulka, která ukazuje, jak si testovaná osoba vedla s parkovacím asistentem a bez parkovacího asistenta (Tab. 10.1).

Tabulka 10-1 Tabulka naměřených dat při experimentu, veličina času je psána ve formátu [mm:ss,ms]

#	věk	km / rok	parkovací asistent?	Suzuki ignis		Škoda Yeti		Prototyp	
				čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]
1	20	5000	ANO	00:20,1	146	00:19,9	77	00:22,1	22
2	20	1500	NE	00:48,0	115	01:24,7	110	00:35,8	51
3	20	2500	ANO	00:43,2	119	00:40,8	76	00:44,9	91
4	21	600	NE	02:21,2	107	01:18,9	68	01:21,8	150
5	20	3500	NE	00:36,2	150	01:16,4	106	00:46,7	76
6	50	21 000	ANO	00:51,8	129	01:45,5	113	01:36,0	145
7	52	9000	NE	00:15,0	129	00:18,0	110	00:14,7	116
8	47	9000	NE	00:28,5	141	00:31,6	134	01:02,0	121
9	50	38 500	ANO	00:48,0	103,5	01:00,1	54	00:54,7	57
10	53	16 500	ANO	00:40,0	89	00:40,7	89	00:24,3	93
11	19	1 500	NE	01:20,0	170	01:00,1	96	00:36,8	67
Průměr				00:50,2	127,14	00:56,1	93,91	00:47,3	89,91

V tabulce (Tab. 10.1) lze vidět data, která byla sesbírána během experimentu. Z dat je patrné, že průměrné vzdálenosti zaparkování vozidla od překážky se postupně zmenšovaly. Při parkování s konvenčním parkovacím asistentem (Škoda Yeti) se průměrná hodnota vzdálenosti zmenšila o 33,23 centimetru. K časovému zlepšení avšak nedošlo. To může být vysvětleno tím, že na základě signálu parkovacího asistenta se respondenti snažili zaparkovat

lépe než při parkování s vozidlem bez asistence (Suzuki Ignis) a průměrný čas zaparkování se zvýšil o necelých 6 vteřin.

V třetí části experimentu, se průměrné hodnoty jak času, tak i vzdálenosti zmenšily oproti oběma předchozím částem experimentu. Oproti prvnímu způsobu parkování s vozidlem Suzuki Ignis (bez parkovacího asistenta) se čas zmenšil o necelé 3 vteřiny, kdežto průměrný čas zaparkování za pomoci prototypu parkovacího asistenta oproti konvenčnímu parkovacímu asistentu se zmenšil o 8,8 vteřiny. Z hlediska výsledné vzdálenosti zaparkovaného vozidla od překážky lze pozorovat postupný pokles průměrné vzdálenosti. V porovnání s vozidlem bez parkovacího asistenta pak respondenti zaparkovali průměrně o 37,23 centimetru blíže k překážce.

Další výsledek, který stojí za povšimnutí, je pozorování, zda osoba, která vlastní či provozuje vozidlo s parkovacím asistentem, měla lepší čas či kratší výslednou vzdálenost od překážky s parkovacím asistentem či bez něho.

Tabulka 10-2 data naměřená u řidičů, kteří provozují vozidlo s parkovacím asistentem

#	věk	km / rok	parkovací asistent?	Suzuki Ignis		Škoda Yeti		Prototyp	
				čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]
1	20	5000	ANO	00:20,1	146	00:19,9	77	00:22,1	22
3	20	2500	ANO	00:43,2	119	00:40,8	76	00:44,9	91
6	50	21 000	ANO	00:51,8	129	01:45,5	113	01:36,0	145
9	50	38 500	ANO	00:48,0	103,5	01:00,1	54	00:54,7	57
10	53	16 500	ANO	00:40,0	89	00:40,7	89	00:24,3	93

U řidičů, kteří ve svém vozidle mají parkovacího asistenta lze pozorovat podobné hodnoty (Tab. 10.2) času i vzdálenosti, až na jednu výjimku. Řidič číslo 6 zaparkoval bez parkovacího asistenta o necelou minutu rychleji, než s parkovacím asistentem. Tato skutečnost může být vysvětlena tím, že parkovací asistent může být pro řidiče stresující a může ovlivňovat řidičovu koncentraci při parkování.

Tabulka 10-3 data naměřená u řidičů, kteří provozují vozidlo bez parkovacího asistenta

#	věk	km / rok	parkovací asistent?	Suzuki Ignis		Škoda Yeti		Prototyp	
				čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]	čas	vzdálenost [cm]
2	20	1500	NE	00:48,0	115	01:24,7	110	00:35,8	51
4	21	600	NE	02:21,2	107	01:18,9	68	01:21,8	150
5	20	3500	NE	00:36,2	150	01:16,4	106	00:46,7	76
7	52	9000	NE	00:15,0	129	00:18,0	110	00:14,7	116
8	47	9000	NE	00:28,5	141	00:31,6	134	01:02,0	121
11	19	1 500	NE	01:20,0	170	01:00,1	96	00:36,8	67

U řidičů, kteří nemají ve svém vozidle parkovacího asistenta, nejsou data (Tab. 10.3) jednoznačná do takové míry jako u řidičů, kteří parkovacího asistenta ve vozidle mají. Například u řidiče číslo 4 lze pozorovat snížení času při parkování s konvenčním parkovacím asistentem o 1 minutu a 3 vteřiny oproti vozidlu bez parkovacího asistenta. Časy většiny řidičů, kteří nemají zkušenosti s parkovacím asistentem, se zvýšily po přechodu z vozidla bez asistenta na vozidlo s konvenčním parkovacím asistentem. Zajímavé je, že časy zaparkování se opět snížily při použití prototypu parkovacího asistenta. To může být vysvětleno tím, že alternativní zobrazování vzdálenosti řidičům skutečně pomáhá, nebo tím, že řidiči absolvovali parkování ve stejné situaci potřetí.

11 Závěr

Cílem této práce, bylo seznámení čtenáře s problematikou autonomních vozidel, jejich rozdělením a systémech, které využívají.

Rešeršní část obsahuje definici autonomního vozidla a rozdělení podle stupňů autonomie, dle organizace sae.org. Každý stupeň je vysvětlen ve zvláštní kapitole. Byly rozebrány systémy, které přispívají k autonomii vozidla. Zaměření práce je na parkovací asistenty na bázi ultrazvukových senzorů. Toto téma bylo vybráno z důvodu autora zájmu o věc a kvůli možnosti sestrojení vlastního parkovacího asistenta.

Dalším cílem bylo ověřit uživatelskou přívětivost přítomnosti parkovacích asistentů na vozidle pomocí dotazníku uživatelského požitku (User experience). Sestrojení parkovacího asistenta na bázi programovatelné desky Arduino UNO mělo pozitivní výsledek. Parkovací asistent spolehlivě zobrazuje vzdálenosti, naměřené ultrazvukovým senzorem, na OLED displeji, který je součástí projektu.

Data naměřená během experimentu ukazují slibné výsledky v oblasti uživatelského požitku. Konzervativní parkování, pouze za pomoci zpětných zrcátek, testované osoby nijak nezaujalo i přes to, že průměrný čas zaparkování byl menší než při parkování s konvenčním parkovacím asistentem. To znamená, že konzervativní způsob parkování sice není u řidičů příliš oblíben, ale v některých případech nabízí lepší výsledky než při parkování s parkovacím asistentem.

Parkování za pomoci konvenčního parkovacího asistenta uživatelé hodnotili lépe než parkování za pomoci zrcátek, ale průměrný čas zaparkování je o celých 6 sekund horší než při parkování bez parkovacího asistenta.

Nejvyššího hodnocení uživatelského požitku se dostalo prototypu parkovacího asistenta, který byl sestrojen autorem. Alternativní zobrazování vzdálenosti pomocí OLED displeje uživatele zaujalo a shledali ho originálním. Po zprůměrování hodnot času i výsledné vzdálenosti zaparkování vozidla s tímto asistentem, uživatelé dosáhli nejnižších hodnot v obou kritériích.

Za pozornost stojí i fakt, že ve většině případů respondenti s menšími zkušenostmi zaparkovali blíže k překážce než osoby s většími zkušenostmi.

K vyhodnocení dat naměřených během experimentu byl použit program Microsoft Excel 2016 a OriginPro 8.5. K nákresu situace experimentu byl využit program od společnosti Autodesk AutoCad 2020.

Výsledky získané v této práci mohou sloužit jako podklad pro další práce týkající se parkovacích asistentů. Výzkum by bylo možné rozšířit o parkovací asistenty s kamerou nebo parkovací asistenty, kteří jsou schopni automaticky ovládat natočení volantu při parkování.

Alternativní zobrazování vzdálenosti pomocí displeje je prvek, který se dle vědomí autora na trhu zatím nevyskytuje a může se jednat o jednu z cest, kudy by se evoluce parkovacích asistentů mohla do budoucna ubírat.

12 Literatura

- [1] *Passenger cars per 1 000 inhabitants [database]* [online]. Evropská unie: Europa.eu, 2019 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_carhab/default/table?lang=en
- [2] *Doprava pro 21. století* [online]. sedmá generace, 2003 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://sedmagenerace.cz/doprava-pro-21-stoleti/>
- [3] *Science: Radio Auto* [online]. online: Time, 1925 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <http://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,720720,00.html>
- [4] *History of the Autonomous Car* [online]. online: TitleMax, c2012-2021 [cit. 2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.titlemax.com/resources/history-of-the-autonomous-car/>
- [5] JANAI, Joel, Fatma GÜNEY, Aseem BEHL a Andreas GEIGER. *Computer Vision for Autonomous Vehicles*. 1. Boston: Foundations and Trends, 2020. ISBN DOI: 10.1561/06000000079.
- [6] ILKOVÁ, Viktória a Adrian ILKA. Legal aspects of autonomous vehicles – an overview. *21st International Conference on Process Control* [online]. 2017, , 6 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: doi:978-1-5386-4011-1/17
- [7] *The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained* [online]. online: Synopsys, b.r [cit. 2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.synopsys.com/automotive/autonomous-driving-levels.html>
- [8] *Elon Musk says Tesla's Full Self-Driving tech will have Level 5 autonomy by the end of 2021* [online]. online: cnet, 2021 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/roadshow/news/elon-musk-full-self-driving-tesla-earnings-call/>
- [9] *ABS: stopping crashes, and saving lives* [online]. online: Motor Trade Association, b.r [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.mta.org.nz/motoring-tips/abs-stopping-crashes-and-saving-lives/>

- [10] VLK, František. *Automobilová elektronika*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.
- [11] *Lane Keeping Aid (LKA) - funkce* [online]. online: Volvo, 2018 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/v60-cross-country/2016w17/podpora-ridice/asistent-jizdnich-pruhu/lane-keeping-aid-lka---funkce>
- [12] Advanced Driver Assistance Systems. *SAE international* [online]. 2016, **2016**(0223), 5 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: doi:10.4271/2016-28-0223
- [13] *ABS a ASR* [online]. online: bezpečnecesty, b.r [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/abs-a-asr>
- [14] *ESP (ESC)* [online]. online: bezpečnecesty, b.r [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/esp-esc>
- [15] *The ingenious "fifth wheel" parallel parking tool that never hit it big* [online]. online: Hagerty, 2018 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.hagerty.com/media/automotive-history/parallel-parking-made-easy-1930s-style/>
- [16] Intelligent Parking Assist System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_Parking_Assist_System
- [17] *Parking aid* [online]. online: BOSCH, 2020 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/parking/parking-aid/>
- [18] *Ultrazvukové vlnění* [online]. online [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Ultrazvukové_vlnění
- [19] MALÁ, Zuzana, Danuše NOVÁKOVÁ a Tomáš VÍTŮ. *Fyzika I. 3.*, přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04220-5.
- [20] *HC-SR04 Ultrasonic Distance Sensor Module* [online]. online: Bananarobotics [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bananarobotics.com/shop/HC-SR04-Ultrasonic-Distance-Sensor>

- [21] *Ultrazvukové senzory přiblížení - funkce, provedení, použití* [online]. online: automatizace.hw, 2017 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ultrazvukove-senzory-priblizeni-funkce-provedeni-pouziti.html>
- [22] *BMW Parking Assistant* [online]. online: BMWUX [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bmwux.com/bmw-performance-technology/bmw-technology/bmw-parking-assistant-complete-guide/>
- [23] *Park assist* [online]. online: BOSCH [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/parking/parking-assist/>
- [24] *Valeo Park4U® an automated parking system to park easily* [online]. online: VALEO, 2021 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/park4u-automated-parking/>
- [25] *Road traffic: Smarter parking* [online]. online: Siemens, 2015 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/mobility/smarter-parking.html>
- [26] NOVOTNÝ, Stanislav. *Problematika HMI: prezentace*. 16SVIR. 2021.
- [27] Linux kernel INPUT OUPUT evdev gem USB framebuffer.svg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Linux_kernel_INPUT_OUPUT_evdev_gem_USB_framebuffer.svg
- [28] *DOPORUČENÍ KOMISE ze dne 26. května 2008 o bezpečných a účinných informačních a komunikačních systémech ve vozidlech: Aktualizace Evropského prohlášení o zásadách rozhraní člověk/stroj*. In: . Evropská komise: ES, 2008, ročník 2008, číslo 653. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:216:0001:0042:CS:PDF>
- [29] *Interakce mezi řidičem a vozidlem* [online]. online, 2020 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://psych.ff.upol.cz/dp/index.php?title=Interakce_mezi_řidičem_a_vozidlem
- [30] *The User Experience Team of One: A Research and Design Survival Guide*. 1. vydání. Brooklyn, New York: Rosenfeld, 2013. ISBN 978-1933820187.

- [31] *Uživatelský zážitek jako seriózní věda* [online]. online: SystemOnline, 2015 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/crm/uzivatelsky-zazitek-jako-seriozni-veda.htm?mobilelayout=false>
- [32] *Arduino UNO datasheet* [online]. [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [33] *User Experience Questionnaire* [online]. [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.ueq-online.org>
- [34] *ČSN 73 6056: Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [35] Mrtvé úhly automobilů. In: *Loganland* [online]. online: Loganland, b.r [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <http://www.loganland.cz/MOTODRBY/paradoxy/schema-uhly.jpg>
- [36] Audi A8. In: *Www.audi-mediacycenter.com* [online]. online: Audi, 2017 [cit. 2021-08-05]. Dostupné z: https://images.hgmsites.net/hug/2019-audi-a8-self-driving-hardware_100614060_h.jpg
- [37] Volkswagen Futura Concept 1992. In: *Autorevue* [online]. online: Autorevue, 2019 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/getthumbnail.aspx?w=1600&h=1000&q=60&id_file=266246351
- [38] Rozdíl mezi podélným a příčným vlněním. In: *Fd.cvut.cz* [online]. Praha: ČVUT, b.r [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <http://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/users/73958/assets/56689e2243186021c704a7c093f8b3c4/kankaprispevek.pdf>
- [39] Eyetracking heat map Wikipedia.jpg. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Eyetracking_heat_map_Wikipedia.jpg/800px-Eyetracking_heat_map_Wikipedia.jpg
- [40] Tinkercad.com. *Tinkercad* [online]. [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.tinkercad.com>

13 Seznam obrázků

Obrázek 3.3.1 - stupně autonomy, dle organizace SAE international.....	12
Obrázek 3.3.2 - Audi A8 - první vozidlo se zamýšleným 3. stupněm autonomie [35]	14
Obrázek 4.4.1 - Fotografie kamery pro systém LDW na vozidle Subaru Forester.....	17
Obrázek 4.4.2 - porovnání mrtvých úhlů různých modelů vozidel [34]	18
Obrázek 5.5.1 – fotografie prvního „parkovacího asistenta“ [15].....	21
Obrázek 5.5.2 - Volkswagen Futura Concept 1992 [36].....	21
Obrázek 5.5.3 - volba parkovacího místa v Toyotě Prius 2003 [16]	22
Obrázek 6.6.1 - ukázka rozdílu podélného a příčného vlnění [37]	23
Obrázek 6.6.2 – časová osa vysílání a přijímání signálu [21].....	24
Obrázek 7.7.1 - HMI - Human-Machine Interaction [27].....	26
Obrázek 8.8.1 - Heat mapa vytvořená na základě dat z eye tracking software [38]	28
Obrázek 9.9.1 - Tabulka velikostí vozidel z normy ČSN 73 6056.....	29
Obrázek 9.9.2 - Tabulka rozměrů podélného parkovacího stání dle normy ČSN 73 6056 [33]	30
Obrázek 9.9.3 - Zjednodušený náčrt situace experimentu, rozměry v milimetrech.....	30
Obrázek 9.9.4 - Fotografie vizuální část parkovacího asistenta ve vozidle Škoda Yeti 2009	32
Obrázek 9.9.5 - schéma zapojení prvního návrhu obvodu parkovacího asistenta [39].....	34
Obrázek 9.9.6 - finální zapojení součástek na programovatelnou desku Arduino UNO	35
Obrázek 9.9.7 - ústřížek kódu, který vypočítá vzdálenost překážky	37
Obrázek 9.9.8 - ústřížek kódu podmínky, která vyhodnocuje, zdali má rozsvítit LED a rozeznít bzučák.....	37
Obrázek 9.9.9 - fotografie OLED displeje v provozu	38
Obrázek 9.9.10 - fotografie situace parkování	39
Obrázek 10.10.1 - Uživatelské hodnocení vozidla bez parkovacího asistenta	40
Obrázek 10.2 - Graf závislosti přesnosti zaparkování na věku a ročně najetých kilometrech při parkování s vozidlem bez parkovacího asistenta.....	41
Obrázek 10.3 - Uživatelské hodnocení vozidla s konvenčním parkovacím asistentem	42
Obrázek 10.4 - graf závislosti vzdálenosti zaparkování na zkušenostech řidiče při parkování s konvenčním parkovacím asistentem.....	42