



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

BUDOUCNOST SYSTÉMŮ ADAS

THE FUTURE OF ADAS SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Benešová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Kučera, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Simona Benešová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Kučera, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Budoucnost systémů ADAS

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte rešerši popisující systémy ADAS a jejich budoucí směr vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Systémy ADAS.
Informační systémy.
Varovné systémy.
Intervenující systémy.
Budoucí směr vývoje.

Seznam doporučené literatury:

REIF, Konrad, 2015. Automotive mechatronics: automotive networking, driving stability systems, electronics. 1. Wiesbaden: Springer. ISBN 978-3-658-03974-5.

RIBBENS, William B., 2017. Understanding automotive electronics: An Engineering Perspective. Eight edition. United Kingdom: Elsevier. ISBN 978-0-12-810434-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce shrnuje informace o pokročilých asistenčních systémech řízení. Práce se věnuje vysvětlení funkce systémů, popisu jednotlivých snímačů, které jsou pro funkci asistenčních systémů potřebné a také rozdělení těchto systémů. V této práci jsou dále popsány jednotlivé konkrétní vybrané systémy a jejich princip. A v závěru práce je probrán odhadovaný směr vývoje těchto asistenčních systémů do budoucna.

KLÍČOVÁ SLOVA

ADAS, pokročilé asistenční systémy řízení, asistenční systémy, budoucnost ADAS, ABS, ESP, senzory

ABSTRACT

This Bachelor's thesis summarizes information about Advanced Driver Assistance Systems. This thesis deals with the explanation of the function of the systems, the description of the sensors that are used for these assistance systems and distribution of these systems. The thesis describes specific selected systems and their principles. In the conclusion of this thesis is predicted the direction of development of these systems in the future.

KEYWORDS

ADAS, Advanced Driver Assistance System, Assistance System, Future of ADAS, ABS, ESP, sensors

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BENEŠOVÁ, S. *Budoucnost systémů ADAS*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Pavel Kučera. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149138>



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Pavla Kučery Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. května 2023

.....

Simona Benešová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Kučerovi Ph. D. Za podnětné rady a odbornou pomoc při zpracování mé práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za jejich trpělivost a velkou podporu.

OBSAH

Úvod.....	10
1 ADAS – Pokročilé asistenční systémy řízení	11
1.1 ECU – elektronická řídicí jednotka	11
1.2 Akční člen – aktuátor	12
1.3 HMI.....	12
1.4 Snímače.....	12
1.4.1 LiDAR	13
1.4.2 Kamerové snímače	14
1.4.3 Radar.....	14
1.4.4 GPS snímače.....	15
1.4.5 Sonar.....	16
2 Typy asistenčních systémů řízení	17
2.1 Informační.....	17
2.1.1 Adaptivní světlomety.....	17
2.1.2 Systém pro rozpoznání dopravního značení	18
2.1.3 Head – up display	19
2.2 Varovné.....	20
2.2.1 Systém sledování bdělosti řidiče	21
2.2.2 BCW – asistenční systém pro monitoraci slepého úhlu	21
2.2.3 Parkovací systém	22
2.2.4 Systém pro udržení vozidla v jízdním pruhu.....	22
2.3 Intervenující systémy	23
2.3.1 ABS – protiblokovací systém	23
2.3.2 ESP – Elektronický stabilizační program.....	24
2.3.3 ACC – Adaptivní tempomat.....	26
2.3.4 Parkovací asistent	26
2.3.5 Asistent pro stav nouze.....	27
3 Budoucnost ADAS	29
3.1 Autonomní řízení	29
3.2 Legislativa.....	31
3.3 Konektivita s mobilními telefony	32
3.4 Inovace ADAS	32
3.5 Komplikace	33
Závěr.....	34
Použité informační zdroje.....	35

ÚVOD

Již v minulosti byl kladen důraz na dopravu z hlediska přepravování nákladu a obyvatelstva. S postupným vývojem civilizace se nároky na oblast přepravy stále zvyšovaly. Právě tyto vyšší nároky daly za impuls i k modernizaci v oblasti vozidel. V posledních 50 letech se mobilita stala klíčovým faktorem společnosti a migrace. Se zvyšující modernizací však narůstá i nebezpečí s dopravou spojené. Člověk není neomylný a při ovládání vozidla se často dopouští mnoha chyb. Některé jsou drobné, jiné jsou však fatální. Častokrát také tyto chyby vedou ke smrtelnému nebezpečí a incidentům, které jsou neslučitelné se životem. Ročně se na světě stane kolem 1,2 milionu nehod, které jsou způsobeny lidským zaviněním. Aby tyto nehody končily co možná nejméně závažně, rozhodli se vrchní automobilní výrobci s pomocí světových vývojářů do vozidel nainstalovat pomocné systémy, které zajišťují lepší přehled o okolí, vyšší rychlost reakce a usnadnění jízdy.

Vývojáři mají snahu docílit snížení počtu nehodovosti a vytvoření co největšího komfortu z jízdy. Asistenční systémy pro budoucnost mohou být mezikrokem k autonomnímu systému, který by člověka ke svému ovládání vůbec nepotřeboval. V dnešní dopravě jsou asistenční systémy řízení neodmyslitelnou součástí moderních vozidel. Moderní doba se s asistenčními systémy sžila do takové míry, že jsou některé již zařazeny do povinné výbavy vozidla.

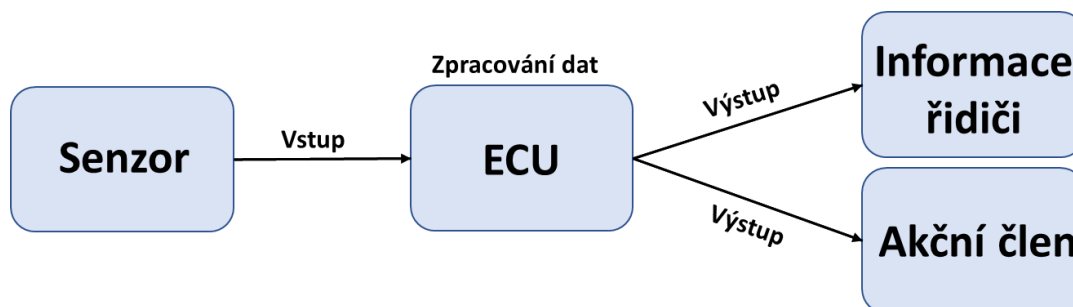
Cílem této bakalářské práce bylo vypracování rešerše s popsáním nynějších systémů ADAS, jejich typů a určení možností pravděpodobného budoucího vývoje těchto pokročilých systémů řízení.

1 ADAS – POKROČILÉ ASISTENČNÍ SYSTÉMY ŘÍZENÍ

ADAS je zkratkou pro slovní spojení Advance Driver Assistance System, tedy v překladu pokročilé asistenční systémy řízení. Jedná se o elektronické inteligentní dopravní systémy, které mají napomáhat řidiči v procesu řízení a dopomoci ke správnému ovládní vozidla. Systémy přispívají jak ke zvýšení bezpečnosti vozidla v silniční dopravě, tak i cestujících ve vozidle jedoucích [1,2]. Tyto systémy fungují pomocí zpracování množství dat snímaných z okolí vozidla. Tento sběr dat je zprostředkován množstvím snímačů, které jsou rozmístěny jak na karoserii vozidla, tak i uvnitř kabiny vozu. Jsou tudíž schopny snímat veškeré dění, které se kolem vozidla odehrává a reagovat na situace, kterým by člověk sám nebyl schopen předejít. Tímto způsobem jsou systémy častokrát schopny předejít případnému nebezpečí ještě předtím, než by vůbec mohlo vzniknout nebo minimalizovat následky při nastalé situaci, v případě že se nebezpečí vyhnout nebylo možno. Tyto asistenční systémy jsou v některých případech schopny i přímého zásahu do řízení vozidla v případech, kdy řidič sám nemůže vozidlo ovládat. Dají se proto brát jako první postupový krok k budoucí možné plné automatizaci vozidel [3].

Systémy fungují na principu sběru dat ze snímačů. Celý systém se skládá z několika komponent, které cestu zprostředkovávají. Těmito komponentami jsou:

- ECU – elektronická řídicí jednotka
- Akční člen – také nazýván aktuátor
- HMI – rozhraní mezi člověkem a strojem
- Snímače okolí



Obr.1 Schéma komponentů systémů ADAS

Tyto komponenty společně tvoří základ veškerých asistenčních systémů řízení, které jsou ve vozidle použity, přičemž propojení není použito pouze v rámci jednotlivých systémů, ale také napříč mezi systémy a tvoří tak spleť technickou síť.

1.1 ECU – ELEKTRONICKÁ ŘÍDICÍ JEDNOTKA

ECU (Electronic Control Unit) je zařízení, které je známo jako elektrická řídicí jednotka vozidla. Jedná se o komponentu, která přijímá data získaná z jednoho či více snímačů. Tato data zpracovává k následnému vyhodnocení informací a předání příkazu pro požadovanou akci. Jedná se tedy o prvek, který slouží jako hlavní mozek daného systému, který vše řídí a udílí příkazy ke správnému chodu. Vzhledem k velkému množství dat mají jednotlivé asistenční systémy každý svou vlastní řídicí jednotku, která systému náleží. Některé systémy také nemají řídicí jednotku pouze jednu, ale mohou jich mít vícero. Na vozidle lze najít až kolem 70 řídicích

jednotek. Toto množství se mění v závislosti na množství asistenčních systémů a také na stupni automatizace do kterého vozidlo spadá [4].

1.2 AKČNÍ ČLEN – AKTUÁTOR

Akční člen, někdy také nazývaný aktuátor, je komponentou, která zajišťuje, uskutečnění povelů, které přichází od řídicí jednotky ze shromážděných dat. Jedná se tedy o součást, která v případě že dá řídicí jednotka povel, slouží k propojení mezi tímto příkazem a jeho mechanickým uskutečněním [5].

1.3 HMI

HMI (Human Machine Interface) je rozhraní nebo také ovládací panel mezi člověkem a zařízením (stroj/systém), které slouží k jejich propojení a vytvoření plné spolupráce. Představuje prostředek pro předání a zobrazení informace o stavu zařízení a zároveň umožňuje člověku ovládat stroje a zadávání informací [2]. Dále také shromáždění dat a jejich zpracování, obsluhu stroje a v některých případech i předat stroji plnou kontrolu nad vedením vozidla. V případě vozu tedy mluvíme o interakci řidiče s palubní deskou, pedály, volantem a ovládacími pákami [1].

Zpětnou vazbu, kterou systém HMI člověku poskytuje může řidič vnímat nejen klasicky pomocí pedálů či řízení, ale lze ji vnímat i celkovou dynamikou vozidla. Tím jsou myšleny haptické prvky, jako je odpor, pulsy nebo vibrace. Dále i fyzické vedení, které napomáhá řidiči s řízením [6].

1.4 SNÍMAČE

Aby bylo možné správné funkce asistenčních systémů, je zapotřebí přenosu a shromáždění velkého množství dat získaných z detekce okolí vozidla. To je umožněno díky velkému počtu snímačů (také nazývány senzory), které jsou rozmístěny po celém vozidle, jak je možné vidět na Obr.2.

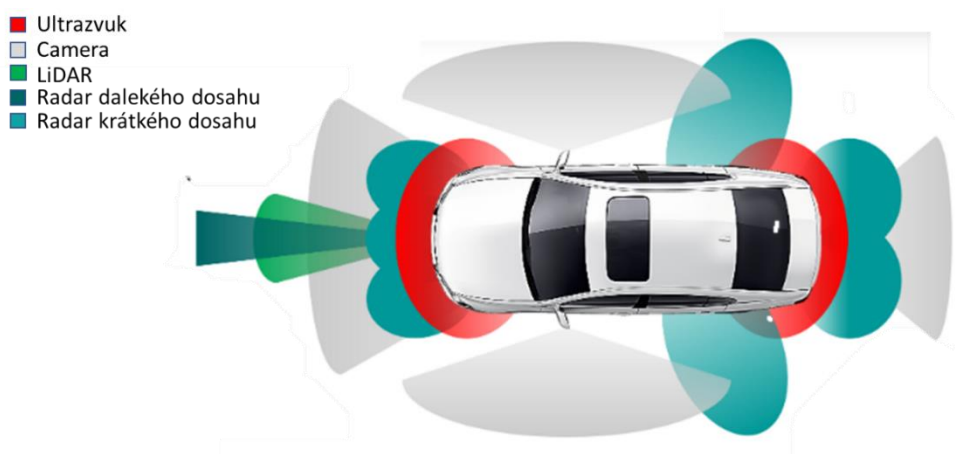
Se zvyšující se úrovní automatizace je do vozidla instalováno stále více senzorů pro jednotlivé systémy. U jednotlivých druhů snímačů je využit rozdílný princip měření. Lze se setkat s druhy optickými, elektromagnetickými a senzory využívající například různé druhy vlnových délek. Jednotlivé senzory jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

Pro tyto senzory je možno použít několika dělení, přičemž nejvýznamnějšími jsou následující. Snímače lze dělit podle principu jejich měření jako je uvedeno následovně [7]:

- **Pasivní snímače** – Jedná se o senzory, které se používají ke snímání světelného záření odraženého nebo předměty vyzářeného. Viditelnost je však ovlivněna prostředím, a to hlavně množstvím světla a počasím.
- **Aktivní snímače** – Tyto senzory ke snímání okolí využívají měření vyslaným signálem a dobou jeho odrazení a návratu ke snímači. Výhodou je možnost měření i za nepříznivých podmínek (viditelnost, počasí, aj.).

Další způsob dělení senzorů je dle jejich použitého spektra záření a vlnové délky [3]. Zde jsou vyjmenovány jednotlivé typy senzorů, které budou probrány podrobněji v dalších podkapitolách:

- LiDAR
- Radar
- Ultrazvukové snímače
- Kamerové snímače
- GPS

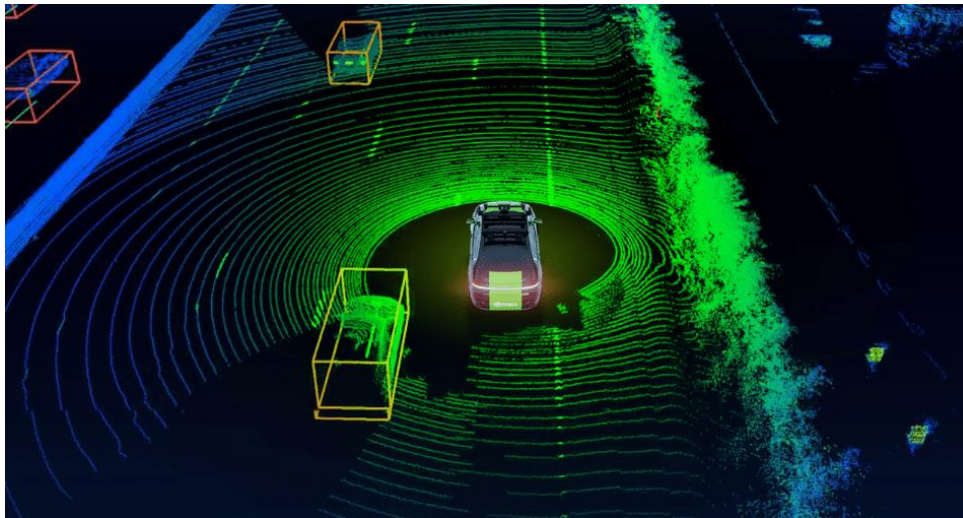


Obr.2 Druhy snímačů ADAS a jejich pozice [8]

Pro asistenční systémy řízení je zapotřebí častokrát více snímačů dohromady, ať už se jedná o snímače stejného typu či kombinaci dostupných typů.

1.4.1 LIDAR

LiDAR (Light Detection and Ranging) je druhem aktivního bezdotykového senzoru, který využívá pro své měření laser paprsku. Princip spočívá na vysílání rychlých krátkých impulzů do okolí vozidla a detekce doby jejich návratu po odrazu. Vyslaný paprsek putuje po monitorované oblasti, dokud nenarazí na objekt. Od tohoto objektu se odrazí a jeho odraz se vrací zpět ke snímači, který po jeho doputování změří, jak dlouho trvalo, než se odraz vrátil ke snímači. Z tohoto časového údaje je senzor schopen vypočítat, jak daleko je objekt vzdálený od vozidla. Díky sérii vyslaných paprsků dokáže snímač i zaznamenat, že daná překážka je například v pohybu. Jak je možno vidět na *obr.3*, přijatá data vykreslí 3D projekci oblasti, ve které se vozidlo nachází. Takto snímané informace senzory předávají řídicí jednotce, která je následně zpracovává [3]. Dosah tohoto typu snímače může být až 230 metrů, přičemž vzdálenost se může u jednotlivých senzorů lišit [3]. Tyto snímače jsou velice přesné, avšak tato přesnost způsobuje i nevýhodu těchto komponentů. V závislosti na své přesnosti dokáží senzory snímat velmi malé objekty, jako jsou kapky vody. Tím vzniká problém při nepříznivých podnebních podmínkách jako je mlha či silný déšť. Při těchto podmínkách se může kvalita informace, kterou senzory předávají, snížit až o 50 % [9]. Vývoj bere ohled i na tuto stránku a je snahou vynalézt řešení, které by daný problém bylo schopné eliminovat. Další nevýhodou je i cena těchto snímačů, které jsou oproti kamerovým a radarovým senzorům výrazně dražší.



Obr. 3 Vykreslení bodové reprezentace okolí vozidla [10]

1.4.2 KAMEROVÉ SNÍMAČE

Kamerové snímače jsou druhem pasivního senzoru, který je založen na principu snímání viditelného spektra světla z okolí. Tyto snímače jsou více podstatné pro samotné asistenční systémy řízení než pro řidiče vozu. Jsou snímače jako je například zadní kamera pro parkování, kde je snímání přenos obrazu přenášeno až k řidiči na přístrojovou desku, avšak většina ostatních snímání dat z kamer je zobrazována pouze řídící jednotce. Výhodou těchto systémů je rozeznávání barev a tvarů. Je tedy možné díky těmto vlastnostem například rozpoznání dopravního značení jako je ukázáno na *obr.4*, rozeznání světelného značení u semaforu nebo také zaznamenat pohybující se předmět v okolí a detekovat jízdní pruhy na vozovce. Kamera je schopna plně rozlišit vzdálenost do 30 metrů od vozidla [11].



Obr.4 Kamera pro snímání dopravního značení značky Mercedes-Benz [12]

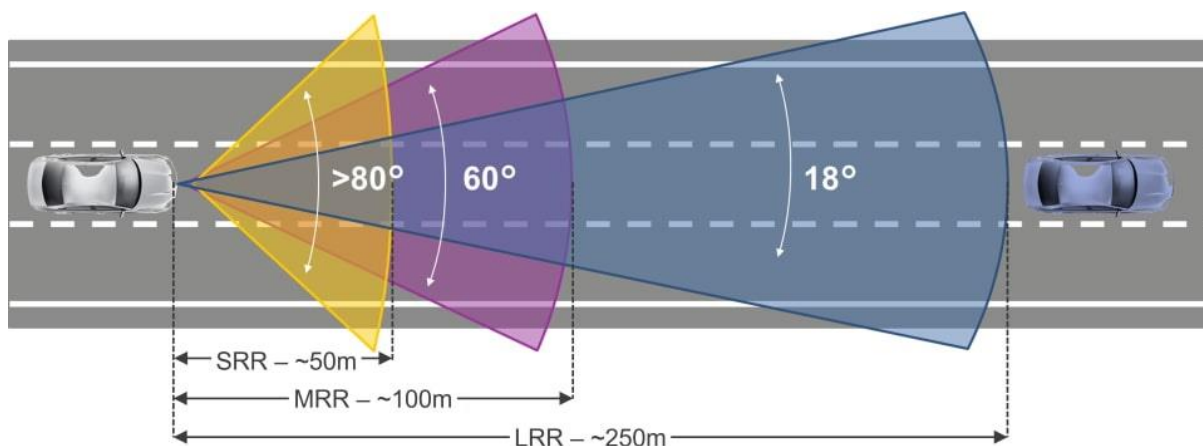
1.4.3 RADAR

RADAR (Radio Detection and Ranging) je stejně jako LiDAR druhem aktivního senzoru. Princip tohoto snímače je, jako u předchozí snímače, založen na měření doby doputování odraženého signálu, jenž senzor vysílá. Na rozdíl od LiDAR snímače vysílá však tento senzor,

místo laser paprsku, radiové vlny. Použitá vlnová frekvence je v rozmezí mezi 24 GHz a 79 GHz [13], přičemž nejčastější zastoupenou frekvencí je 76 GHz a 77 GHz. Se zvyšující se frekvencí je zvyšována přesnost a rozlišení snímaného odrazu. Radary jsou cenově výhodnější, než je tomu u LiDARů, a i v oblasti dostupnosti si proti předchozímu druhu snímače vedou lépe.

Jak je znázorněno na *obr. 5* radary lze klasifikovat v závislosti na rozsahu jejich měření [14]:

- **Radar krátkého dosahu (SRR)** – je snímáno široké pole ve vysokém rozlišení, přičemž dosah snímače je do 50 metrů
- **Radar středního dosahu (MRR)** – snímána je menší plocha okolí a dosah snímače je do 100 metrů od vozidla
- **Radar dalekého dosahu (LRR)** – šířka snímaného pole je relativně malá a zaměření snímače je především na velkou vzdálenost, kdy dosah může být až 250 metrů



Obr.5 Rozsah snímaného pole radar senzory [14]

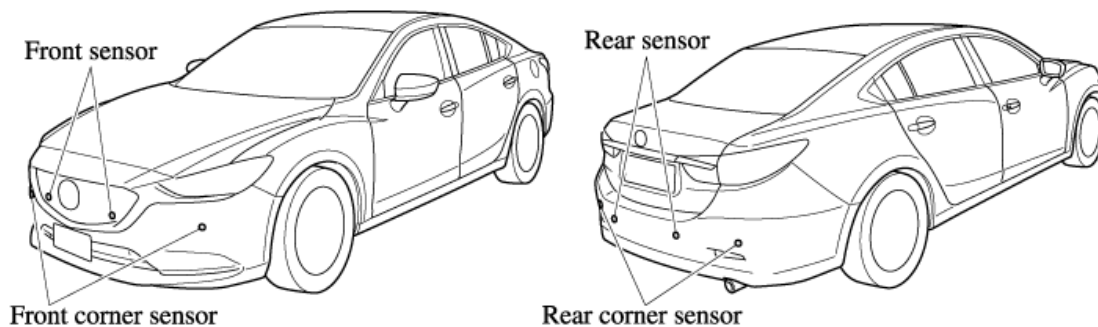
1.4.4 GPS SNÍMAČE

I přes krátkou dobu, co jsou snímače GPS (Global Position System) na trhu, je poptávka po nich značná. Tento typ snímače používá pro sběr svých dat informace získávané ze satelitů ve vesmíru. Jedná se o propojení senzoru, satelitní konstalace a monitorovací sítě. Satelitní konstelace je soubor 24 satelitů ve vesmíru, které krouží po oběžné dráze kolem zeměkoule. Jejichž pokrytí snímané plochy zabírá tedy celou planetu Zemi, přičemž vzdálenost od zemského povrchu je kolem 20 200 kilometrů [3]. Takto určují vzdálenosti a informaci předávají sensorům vozidla ke zpracování a následnému hodnocení situace. Jelikož senzory signál pouze přijímají, jsou GPS senzory druhem snímačů pasivních, přičemž na předání informace o přesné poloze se pro snímač podílí hned několik satelitů zároveň, kdy minimální uváděný počet je 3. Princip určení polohy je následující. Tři satelity vyšlou v dané oblasti svůj signál a údaj o čase. Do oblasti, kde se nachází vozidlo, postupně doputuje signál v závislosti na vzdálenosti od jednotlivých satelitů. Signál se pohybuje rychlostí světla. Snímač přijatý signál zpracuje a díky tomu určí vzdálenost vůči daným satelitů a je schopen určit polohu. Satelity sice dokáží snímat ohromnou plochu, avšak problémem těchto zařízení je, že signál jsou schopny předat pouze v případě, že je sensor vidět. V situacích, kdy se vozidlo dostane například do tunelu, nebo podzemní garáže, či do městské zástavby s vysokými budovami,

signál vymizí a snímač je odpojen. Výhodou je, že vysílaný signál ze satelitů může zároveň přijímat neomezené množství vozidel s GPS senzory [3].

1.4.5 SONAR

SONAR (Sound Navigation and Ranging) je druhem aktivního snímače. Tento druh senzoru je také často nazýván senzorem ultrazvukovým. Principem tohoto druhu snímače je na měření odrazu vysílaných vysokofrekvenčních vln. Sensor vysílá do okolí vozidla ultrazvukové vlny, které se šíří prostředím, dokud nenarazí na překážku. Po odražení od překážky se vlny vrací zpět ke snímači, který změří dobu jejich putování okolím. Tento způsob měření je založen na stejném principu jako u radar a lidar senzorů. Snímané informace přeneše sensor do řídicí jednotky, kde dojde k vykreslení přesné projekce okolí a vyhodnocení jednotlivých vzdáleností. Řídicí jednotka také dodává sensorům napětí pro vypuštění těchto impulsů [3]. Frekvence vln se pohybuje v rozmezí mezi 40 kHz až 50 kHz, což je téměř dvojnásobek limitu lidského sluchu [15] a vzdálenost, kterou je schopen sensor snímat, je do 5 metrů od vozidla [16, 17]. Je tedy ideálním senzorem pro monitoraci blízkého okolí, čehož je i využito například u parkovacích asistenčních systémů. Výhodou těchto senzorů je i jejich nízká cenová dostupnost. Mohou se tedy využít jako levnější náhrada například za radar senzory. Nevýhodou těchto senzorů je vliv šířících se vln v okolí. Silné proudy vzduchu při nepříznivých podnebních podmínkách nebo vysokých rychlostech mají tendence k pohlcování vln a zkreslení přijímaných dat.



Obr.6 Umístění Sonar senzorů na automobilu značky Mzda [18]

2 TYPY ASISTENČNÍCH SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ

Jednotlivé typy asistenčních systémů lze dělit dle různých charakteristik a funkcí. Způsobů dělení je tedy větší množství. V následujících kapitolách je probráno dělení asistenčních systémů dle jejich funkce a také je zmíněno, zda vybrané systémy zasahují do řízení vozidla.

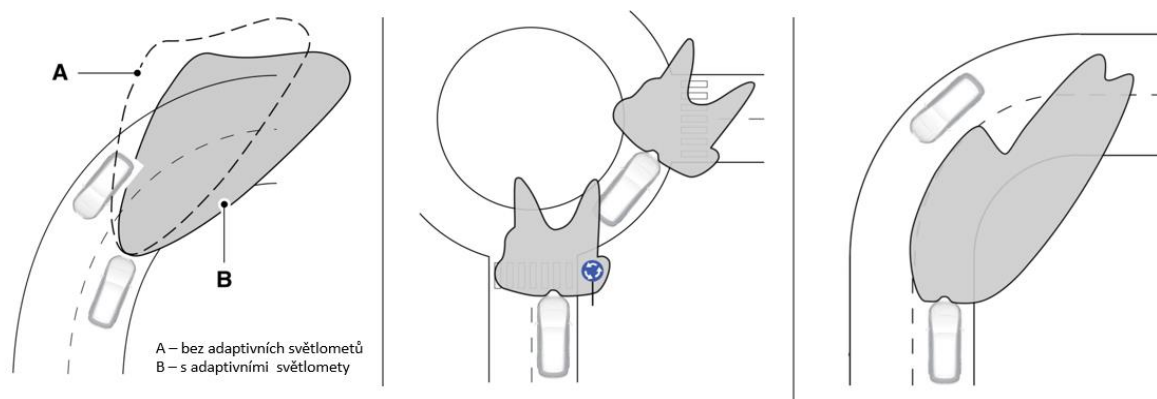
2.1 INFORMAČNÍ

Úkolem tohoto typu asistenčních systémů je především zvýšit řidičovo povědomí o okolí a nastalé dopravní situaci v níž se nachází. Jedná se o systémy, které nezasahují do procesu řízení. Tento typ systémů má především informativní funkci, kdy jako příklad můžeme brát upozornění na nutnost dodržení svislého dopravního značení. Signalizace probíhá nejčastěji prostřednictvím zobrazení informace na přístrojové desce vozidla pomocí ikony, popřípadě vyobrazením snímaného děje [1].

V následujících podkapitolách jsou podrobněji popsány některé z příkladů tohoto typu asistenčních systémů.

2.1.1 ADAPTIVNÍ SVĚTLOMETY

K docílení co největší bezpečnosti je důležité dobře vidět a být také co nejlépe viděn. Člověk při jízdě vnímá až 90 % veškerého dění právě svým zrakem. Světelné podmínky se však neustále mění a viditelnost okolí není vždy ideální. V šeru může klesnout schopnost vnímání okolí zrakem až pod 50 % a v noci či v mlhavém počasí klesá až na 4 %. Z tohoto důvodu je pro bezpečnost velice důležité správné osvětlení okolí. Výrobci automobilů vyvíjí nejrůznější systémy, které pomáhají dosáhnout optimalizace mezi bezpečným a účinným osvětlením a prvky osvětlení vykazujícími co nejlepší výkon.

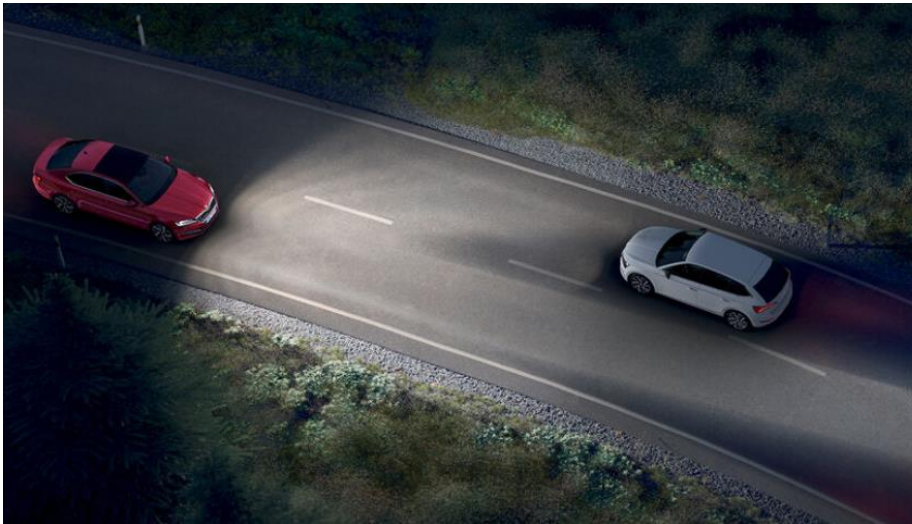


Obr.7 Úprava rozložení paprsků u adaptivních světlometů [19]

U klasických vozidel má řidič možnost manuálního přepínání mezi potkávacími a dálkovými světly, popřípadě je i možnost zvolit šířku jejich rozptylu. Avšak vezmeme-li v úvahu všechny situace, jsou příklady, kdy není dálkových světel dovoleno. Tomu například není v městském provozu. Asistenční systém pro adaptivní světlomety má snahu co nejvíce přizpůsobit svou činnost okolní situaci. Jedná se o adaptivní optický systém, který umožňuje měnit směr světelného paprsku a osvětlit vždy přesnou oblast, kterou řidič potřebuje vidět. Aktivace úpravy paprsku je přizpůsobená jako reakce na řidičský úkon. Asistenční systém pracuje s informacemi z několika snímačů na vozidle. Jedná se o senzory pozice volantu, úhlu natočení kol, sepnutí

směrových světel, snímání čar jízdnicích pruhů, dopravního značení a rychlosti jízdy. V případě že ze snímačů přijde signál o změně, systém vyhodnotí situaci v níž se vozidlo nachází a uzpůsobí světlomety, aby docílil co nejlepšího osvětlení oblasti. Jednotliví výrobci implementují tyto systémy dle svého vlastního způsobu. Systém nejenže má funkci změny polohy žárovky vzhledem k reflektoru, ale také umožňuje změnu jasů pro určité úseky vozovky. Tento typ asistenčního systému pracuje ve spolupráci s jinými, avšak elektronickou jednotku má samostatnou [3].

Jak je možno vidět na obr.7 při průjezdu zatáčkou či odbočování se paprsek osvětlení přizpůsobí směru jízdy. Aktivace nastává i při změně jízdnicí rychlosti. Jedeme-li vysokou rychlostí, paprsek je soustředěn na užší úhel s delším dosahem. Naopak projíždíme-li městem či zástavbou a rychlost je nižší, paprsek světla zabírá úhel širší, který se zaměřuje na oblast kraje vozovky, čímž je řidiči umožněno dřívější registrace objektů, které se blíží do trajektorie vozu.



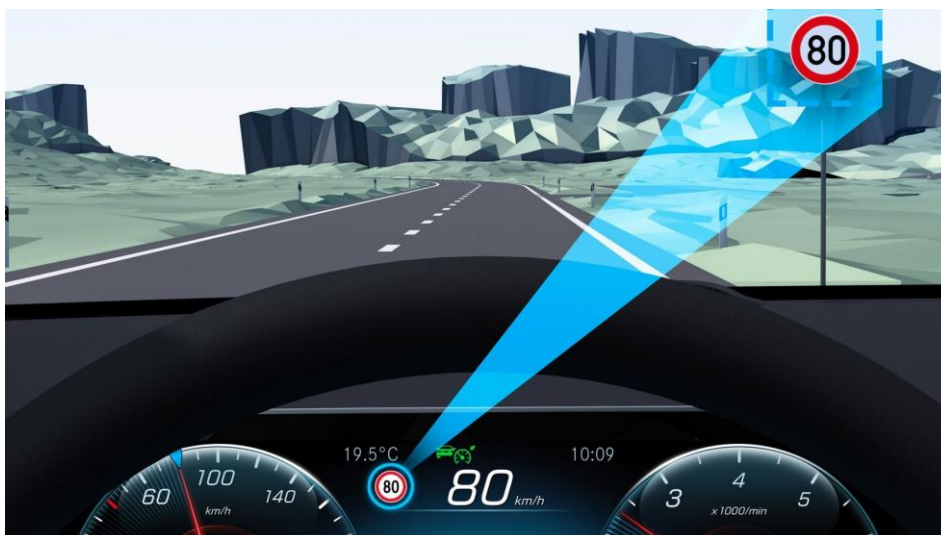
Obr.8 Odclonění paprsku světla u sepnutých dálkových světel [20]

Ve spojení s kamerovým systémem se osvětlovací činnosti účastní asistenční systémy dálkových světel. Princip spočívá na spínání dálkových a potkávacích světel v závislosti na zaznamenání jedoucího vozidla pomocí čidla a tím zabránit oslnění řidičů okolních vozidel. Vyšší úroveň těchto systémů je založena na trvalém sepnutí dálkových světel, kdy paprsek je odcloněn v potřebné oblasti možného oslnění, čímž je zajištěna maximální viditelnost za jakékoliv okolnosti, jak je ukázáno na obr.8 [3].

2.1.2 SYSTÉM PRO ROZPOZNÁNÍ DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

V běžném provozu se může řidiči stát, že například přehlédne dopravní značení, neví jaká je v daném úseku maximální povolená rychlost nebo si není schopen vybavit, co příslušné dopravní značení znamená. V takových případech pomůže právě asistenční systém pro rozpoznávání dopravního značení. Tento systém pracuje za pomoci senzoru videokamery, která je vbudovaná do vnitřního zpětného zrcátka. Senzor snímá dopravní značení, kolem kterého vozidlo projelo a informace je po zpracování řídicí jednotkou zobrazována na digitální obrazovce jako je ukázáno na obr.9. Popřípadě formou zobrazení v zorném poli pomocí asistenčního Head-up displaye [21]. Head-up display bude podrobněji popsán v následující

kapitole. Dalším možným způsobem je využití GPS senzoru, který přijímá signál ze zařízení umístěných přímo v dopravním značení [22]. Nevýhodou pro tento asistenční systém je, že kamera snímá veškeré dopravní značení a je tedy možné, že při snímání okolí zabere kamera i uvedení maximální rychlosti na dopravních vozidlech či vozících a bere je jako maximální povolenou rychlost i přes to, že povolenou rychlostí úseku se tato rychlost liší.



Obr.9 Asistent rozpoznávání dopravního značení [23]

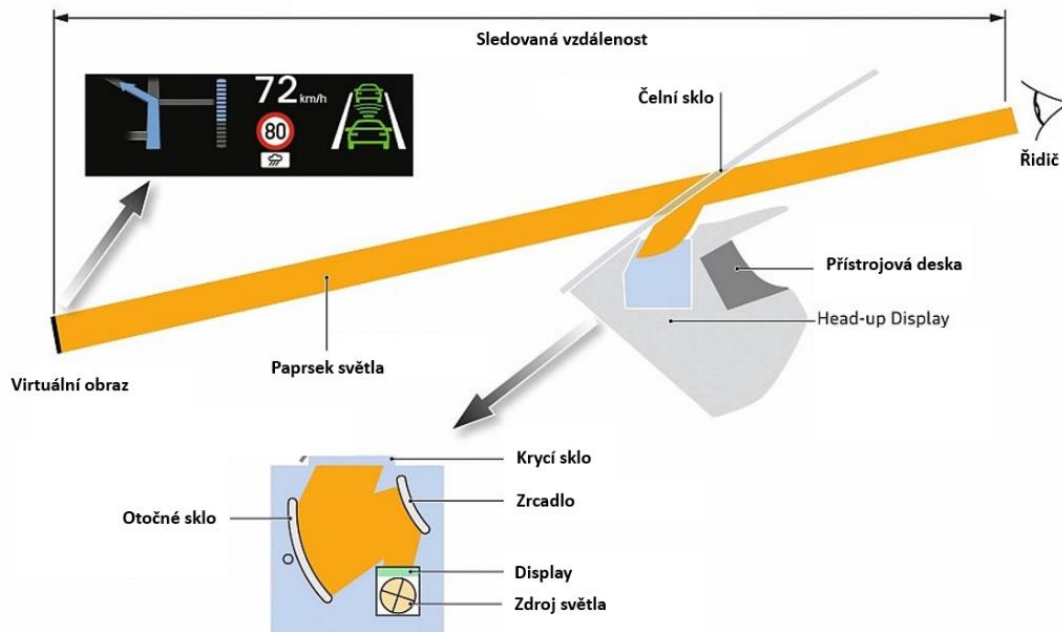
Asistenční systém má další rozšíření ve formě přídavných systémů. Příkladem může být ISA (Intelligent Speed Assistance), který zajišťuje dodržení maximální rychlosti v daném úseku, kterým vozidlo právě projíždí. Jede-li tedy řidič příliš rychle, systém mu dá pokyn pro snížení rychlosti [1]. Další alternativou přídavných systémů může být například Brake asistent, který rozpozná značku stop a dá řidiči vědět, že je třeba vůz zastavit.

2.1.3 HEAD – UP DISPLAY

Bezpečnost provozu častokrát může ohrozit nedostatečné soustředění řidiče na vozovku. Nové technologie, jež jsou vytvářeny se snaží napomocť i v této oblasti. Head-up display (dále HUD) je asistenční systém s kterým se poprvé přišlo pro vojenské stíhačky, aby piloti byli schopni sledovat radar a zároveň se věnovat okolí. První promítnutí informačního obrazu na čelní sklo zde je tedy již od roku 1942 [24]. Do vozidel byl však tento systém implementován až o téměř 50 let později.

HUD asistenční systém se nachází v prostoru mezi volantem a čelním sklem. Princip systému, jak je zobrazen na obr.10, je na bázi odrazu obrazu z displaye na plochu čelního skla. Systém se skládá ze tří komponent, kterými jsou zdroj světla, zrcátka a obrazovka. Snímače ve vozidle předávají informace do displaye v přístrojové desce vozidla, obraz z displaye je přenášán systémem přes sérii zrcátek na čelní sklo vozidla. Oblast, na které je informace zobrazována se ukazuje zhruba 2,5 metru za čelním sklem v zorném poli řidiče. Řidič tedy nemusí pro získání informace přerušit oční kontakt s vozovkou, díky čemuž je schopen si dříve všimnout upozornění, která jsou mu vozem předávána a tím také rychleji reagovat [3].

První modely pro zobrazení informace jsou ve formě malé průhledné nebo poloprůhledné obrazovky zabudované a vystupující z palubní desky, která se nacházela v zorném poli řidiče. Dražší a modernější verzí je promítnutí obrazu přímo na přední sklo vozidla tak, aby nebyl narušen výhled na vozovku. Tento model je náročnější na výrobu, tím je tedy i dražší. Setkat se s ním nejčastěji můžeme v novějších modelech vozidel.



Obr.10 Princip zobrazení Head-up displaye [25]

2.2 VAROVNÉ

V silničním provozu se vyskytnou situace, kdy řidič sám není schopen zaznamenat možné nebezpečí. Zorné pole člověka je omezené, a i reflexy jsou mnohem pomalejší než jakýkoliv zásah softwaru. Varovné asistenční systémy jsou zavedeny, aby pomohly svou signalizací včasné varovat právě před těmito situacemi a řidič se jim byl schopen vyvarovat [1].

Upozornění může probíhat [1]:

- **Vizuálně** – signalizace ze senzorů se zobrazí rozsvícením kontrolky na palubní desce řidiče
- **Auditivně** – signalizaci doprovází výrazný zvukový efekt
- **Hapticky** – signalizace je prováděna pomocí vibrací, kdy nejčastějším prvkem vibrací bývá volant, popřípadě bezpečnostní pás

Podkapitoly níže jsou věnovány vybraným příkladům tohoto typu asistenčních systémů.

2.2.1 SYSTÉM SLEDOVÁNÍ BDĚLOSTI ŘIDIČE

Studie za poslední roky ukazují, že téměř 25 % všech havárií je způsobeno únavou řidiče. Asistenční systém pro monitorování bdělosti řidiče má za úkol co nejvíce napomoci v redukci možných kolizí způsobených únavou a mikrosnávkou. Systém zaznamenává gesta a mimiku řidiče. Uvnitř kabiny vozidla je nainstalován senzor (nejčastěji kamera), který je zaměřený na řidičův obličej, specificky na oblast jeho očí. Je-li člověk unavený má tendenci mrkat s vyšší frekvencí a doba zavření víčka je delší, než tomu bývá, když je člověk bdělý. Další snímače monitorují, zda vozidlo nemá tendenci nepatřičného vybočování z jízdního pruhu, nebo jiného nezvyklého chování, které porovnává s obvyklými návyky, které systém zaznamenal v průběhu jízdy. Zaznamená-li systém některou z daných zvláštností, vyhodnotí ji jako možný pokles koncentrace a upozorní na tento pokles řidiče vozidla. Signalizace je z pravidla, po zobrazení na palubní desce, doprovázena zvukovým či vibračním upozorněním [1,3].



Obr.11 Zobrazení píktogramu pro detekci únavy řidiče ve vozidle značky Škoda auto [26]

Tento systém prochází mnoha technologickými vývoji pro vyšší přesnost identifikace. Dříve se stávalo, že identifikátor inicioval k provedení přestávky i v situaci, kdy řidič unavený nebyl, popřípadě opačně nezaznamenal únavu řidiče vůbec. Postupem času se tomuto nedostatku podařilo předejít. Dnes je možno snímat stav řidiče i přes srdeční frekvenci nebo tlaku který vyvíjí při řízení volant vozidla. Takto snímaná data dokáže systém mnohem lépe vyhodnotit a stává se tak velice přesným.

2.2.2 BCW – ASISTENČNÍ SYSTÉM PRO MONITORACI SLEPÉHO ÚHLU

Aby bylo možno bezpečné jízdy v každodenním provozu je zapotřebí mít přehled o dění v okolí vozidla. Řidič sleduje své okolí přes čelní sklo a boční okýnka, avšak aby byl schopen sledovat oblast i mimo zorné pole, jako je tomu u zadní části vozidla, je zapotřebí vnějších a vnitřních zpětných zrcátek, které pomáhají sledování situace na zbylé oblasti vozu. Zrcátka však ukazují jen omezený výhled z vozu a nevyvarují se slepému úhlu. Slepý úhel je tedy prostor po boku v zadní části vozu, který není viditelný vnějšími ani vnitřním zpětným zrcátkem vozidla. Dostane-li se další jedoucí vozidlo do tohoto prostoru, řidič jej není schopen postřehnout a v případě vybočení z jízdního pruhu nebo výjezdu z parkovacího místa může dojít ke kolizi vozů. Tento prostor se u každého vozu může lišit v závislosti velikosti vozu, umístění a záběru zpětných zrcátek.

Asistenční systém pro monitoraci slepého úhlu snímá pole právě zmiňované oblasti. Funkce systému spočívá na signálu přicházejícího ze snímačů, který je předáván do řídicí jednotky a v případě, že by úkonem řidiče hrozilo, možné vzniknutí nebezpečí kolize s jiným vozidlem nacházejícím se v této oblasti, sepne systém varovnou signalizaci, která upozorní řidiče na hrozící nebezpečí. Signalizace je nejčastěji vbudovaná na vnější straně zrcátek nebo na vnitřní straně dveří, přičemž je signál nejčastěji světelného charakteru a s možností akustického upozornění. Snímače jsou na vozidle rozmístěny tak, aby zabírali dohromady úhel 360° kolem vozu [3].



Obr.12 Asistent sledování mrtvého úhlu značky Kia [27]

2.2.3 PARKOVACÍ SYSTÉM

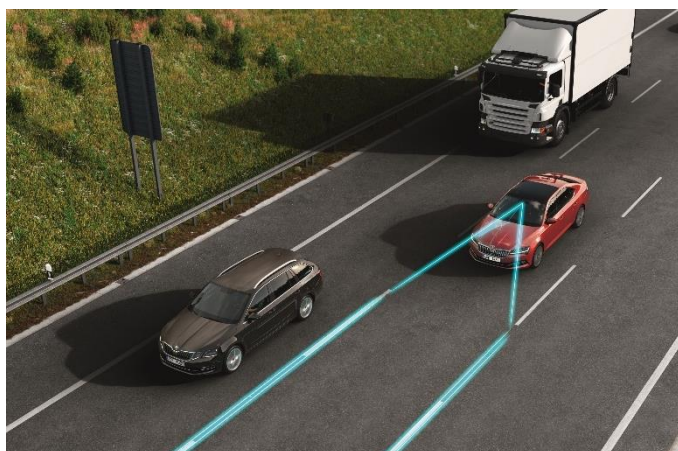
Odřené vozidlo při špatném zaparkování je noční můrou snad všech řidičů. Není řidič, který by při tomto úkonu nezažil nikdy obavy, zda nepoškodí své nebo cizí vozidlo. Také hledání vhodného místa k zaparkování dá v některých situacích velkou práci, a hlavně přidá na zocelení nervů. Častokrát je potřeba nutná dávka trpělivosti a šikovnosti. Pro ušetření času a peněz za opravu, jsou vyvíjeny nejrůznější typy asistenčních parkovacích systémů. Tyto systémy jsou neustále zdokonalovány, aby parkování bylo co nejvíce bezpečné a komfortní.

Princip systémů se může lišit jak u jednotlivých výrobců, tak i u jednotlivých vozů daného výrobce. V zásadě je však princip založen na snímání blízkého okolí vozidla pomocí senzorů, které předávají informaci řídicí jednotce, která zaznamenává, zda v dané oblasti, kde řidič parkuje, je nějaká překážka. V případě, že senzor narazí na překážku, dá asistenční systém řidiči varovný signál nejčastěji pomocí akustické signalizace, který řidiče upozorní na nebezpečí možné kolize. Některé systémy jsou vybaveny přenosem obrazu z okolí vozidla přes kameru, která ukazuje obraz na přístrojové desce vozidla a řidič tak vidí zřetelně místo, kam zajíždí [3].

2.2.4 SYSTÉM PRO UDRŽENÍ VOZIDLA V JÍZDNÍM PRUHU

Situace na vozovce mohou být nejrůznější. Mezi nastalými situacemi může být i vybočení vozidla z jízdního pruhu. Při situaci, kdy vozidlo je na vozovce samotné by tento stav nebyl tak závažný, pokud by vůz nevybočil z cesty. Avšak situací, kdy je vozidlo v takovýchto

podmínkách nebývá mnoho. Neúmyslné vybočení z jízdního může ohrozit okolní provoz a zavinit možnou kolizi s dalšími účastníky provozu.



Obr.13 Asistent hlídání jízdního pruhu [28]

Aby bylo docíleno co největší bezpečnosti i tomto směru, jsou zavedeny asistenční systémy pro udržení vozidla v jízdním pruhu. Funkce je založena na snímání jízdních pruhů pomocí senzorů. Umístění snímačů je u jednotlivých výrobců vozidel odlišné. V případě, že se vozidlo začne vychylovat ze svého jízdního pruhu, aniž by dal řidič znamení o změně směru (například světelným značením), snímač předá tuto informaci řídicí jednotce, která dá pokyn k sepnutí signalizace. Tato signalizace je často haptická, tedy pomocí vibrací nebo může být i akustická. Řidič je tak upozorněn k navedení vozidlo zpět do svého pruhu [3].

2.3 INTERVENUJÍCÍ SYSTÉMY

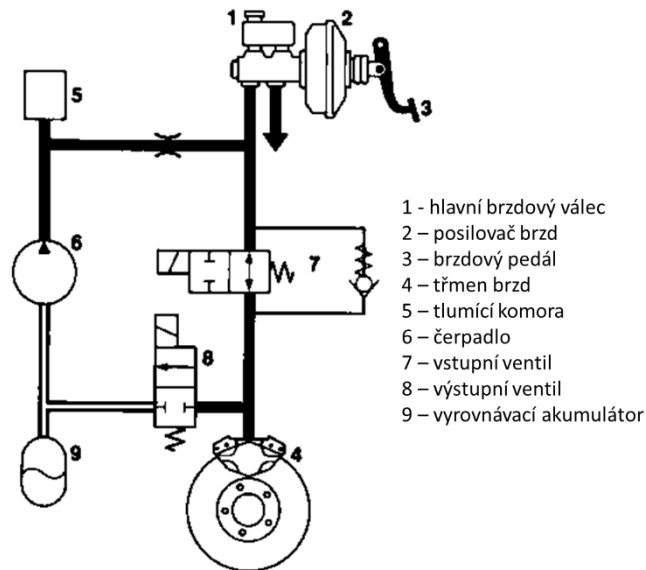
Tento typ asistenčních systémů má schopnost nejen varovat řidiče před možným hrozcím nebezpečím, ale je schopen i aktivně v krizové situaci do řízení vstoupit, sám zasáhnout a provést manévr. V případech některých systémů může být tento zásah i dlouhotrvající, je-li situace vážná a řidič není schopen sám vozidlo ovládat. Podrobněji je tento typ systémů rozepsán na příkladech v navazujících podkapitolách [1].

2.3.1 ABS – PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM

Nepříznivé povrchové či podnební podmínky jsou často významnou příčinou většiny dopravních nehod. Námraza, nízké teploty, vlhký povrch či vrstva vody při hustém dešti jsou jedny z faktorů, které ztěžují sjízdnost vozovky. Při takto vzniklé nebezpečné situaci může dojít při prudkém zabrzdění k úplnému zablokování kol vozidla a vozidlo se takto stane neovladatelným z důvodu přetrvávajícího stavu zablokovaných kol a ztráty adheze s povrchem vozovky. Toto zablokování často znamená prodloužení brzdné dráhy, možnou kolizi s dalším vozem či překážkou v okolí nebo úplné vyjetí vozidla z vozovky.

ABS (Antilock Braking System) je proti blokující asistenční systém, který detekuje, zda je jedno či více kol při brždění zablokováno, reguluje tlak na jednotlivých kolech tak, aby bylo docíleno na každém kole maximálního možného silového účinku brzd a řidič neztratil nad vozidlem kontrolu. Při brždění jsou kola stále odvalována, čímž neztrácí přilnavost k vozovce a řidič je schopen ovládat směr jízdy. Celý princip systému je založen na snímání rychlosti

otáčení jednotlivých kol. Senzory u jednotlivých kol snímají rychlost otáček a posílají informaci do řídicí jednotky, která je z dané informace schopna vypočítat míru prokluzu mezi koly a povrchem vozovky. Systém může být ve verzi se třemi nebo čtyřmi snímači, které jsou umístěny u každého z kol. V případě tří snímačů je umístění snímače u obou předních kol a třetí se nachází na zadní nápravě vozidla. Řídicí jednotka ze získaných informací dokáže zjistit, kdy je kolo blokováno, následně sníží na dané kolo působící tlak od brzd. Tím dovolí, aby se kolo dalo na krátkou dobu znovu do pohybu. Tímto způsobem snižování tlaku několikrát opakuje a tím zajistí systém řídicí trvalou kontrolu nad vozidlem [5].



Obr.14 Schéma soustavy systému ABS značky Bosch [5]

Asistenční systém je velice dobře podchycen a vývojově dosáhl takřka dokonalosti. Z tohoto důvodu se roku 2004 rozhodla Evropská unie, že jej zařadí do povinné výbavy všech vozidel na svém území. Dnes tudíž žádné vozidlo bez ABS prakticky nelze nalézt [29]. Častokrát se také lze potkat s tím, že k systému ABS je připojen i podpůrný systém ESP.

2.3.2 ESP – ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ PROGRAM

Velké množství dopravních nehod je způsobeno lidskou chybou. Vozidlo je chybou řidiče schopné se dostat do stavu, kdy není ovladatelné. Jede-li řidič například nepřiměřenou rychlostí nebo je nucen se náhle vyhnout překážce v cestě, může nastat situace že síla zrychlení, která působí ze strany na vozidlo, je tak velká, že řidič není schopen mít vozidlo plně pod kontrolou. Pro tyto situace byl do vozidel vyvinut elektrický stabilizační systém.

ESP (Electronic Stability Program) je přídatným systémem k ABS. Jedná se o asistenční systém, který je naprogramovaný ke zlepšení ovladatelnosti vozidla a odezvy brzd v brzdovém systému nebo hnacím ústrojí. Zatímco ABS je zaměřeno na odblokování kol při brždění, ESP je zaměřeno na jízdu celkově. Vývojově je hlavní snaha, aby se zabránilo jakémukoliv nebezpečnému smýkání a vozidlo bylo co možná nejvíce schopno tzv. držet stopu [5].

ESP udržuje stabilitu vozidla pomocí několika snímačů, které jsou umístěny po většině podvozkového systému vozidla. Mezi tyto snímače patří například snímače otáček kol, snímač volantu, snímač polohy plynového pedálu nebo také podélného a příčného zrychlení [5,3]. Díky těmto snímačům je systém schopen určit, kam řidič směřuje vozidlo a kam vozidlo opravdu jede. Řídící jednotka tyto dvě trajektorie porovnává a liší-li se od sebe, jednotka zasáhne ve formě přibrzdění některého z kol v závislosti na směru, kterým je požadováno jet. Popřípadě je systém schopen i regulovat otáčky motoru. Při vyhodnocení nebezpečné situace systémem jsou možné tři varianty problému. Mezi tyto problémové situace patří [5]:

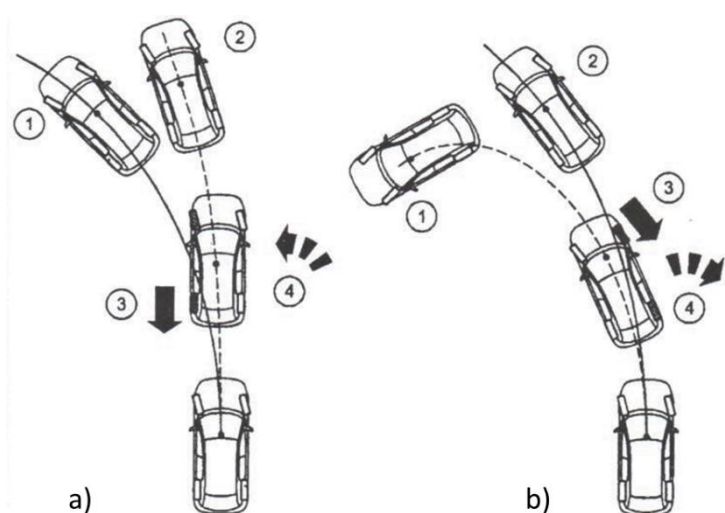
- nedotáčivost,
- přetáčivost,
- vyhnutí se překážce

Nedotáčivost

Při nedotáčivosti se jedná o druh smyku přední nápravy, kdy dochází k neschopnosti vozidla zatočit v požadovaném směru. Systém ESP zasáhne formou snížení točivého momentu motoru a začne cíleně brzdit kola na straně vozu, kterým plánuje řidič jet. Tím vytvoří otočivý moment, který otáčí proti směru momentu který dostal vozidlo do smyku a vozidlo se vyrovná do požadovaného směru, jak je možné vidět na obr.15 [5].

Přetáčivost

Jedná-li se o smyk přetáčivý tak mluvíme o smyku zadní nápravy, při kterém dojde k přílišnému zatočení vozu. Při tomto smyku, jak je vidět na obr.15, systém nejprve dá iniciaci ke brzdění vnějšího kola, tedy kola, která je blíže k postranní čáře. Pokud zbrzdění kola není dostatečné, systém na krátkou chvíli přidá plyn a tím dostane vozidlo do požadovaného směru jízdy [5].



Obr.15 Zásah ESP při smyku a) nedotáčivý b) přetáčivý [3]

Vyhnutí se překážce

Při vyhnutí překážce se z důvodu rychlého strhnutí volantu řidičem, může vozidlo dostat do smyku. S přítomností asistenčního systému ESP je zaznamenáno senzory, že vozidlo se dostalo

do nestabilního stavu a jednotka zasáhne, aby tento stav zamezila. Stabilizace i v tomto případě probíhá vyvoláním tlaku na daná kola a regulací otáčivého momentu motoru [5].

Od roku 2011 jsou všechny nové automobily na území EU nuceny mít tento asistenční systém v povinné výbavě vozu [29].

2.3.3 ACC – ADAPTIVNÍ TEMPOMAT

S postupným vývojem přibývají vyšší nároky i na komfort řidiče při jízdě. Asistenční systém adaptivního tempomatu, též známý pod zkratkou ACC (Adaptive Cruise Control), je systémem ulehčujícím řidiči hlavně v oblasti jízdního komfortu.

Jedná se o inovativní systém, který se zaměřuje na udržování stálé nastavené rychlosti a zároveň si udržuje bezpečný odstup od dalších jedoucích vozidel v popředí vozu. Informace, které přichází do řídicí jednotky ze senzorů jsou v jednotce zpracovány a na základě těchto informací systém uzpůsobí jízdní rychlost. Tímto ovládá systém brzdy a motor tak, aby dokázal samostatně zpomalit a zrychlit vůz na základě dopravní situace a řidič do úpravy řízení nemusel sám zasahovat. V případě nouze však řidič může sám převzít kontrolu nad vozem například sešlápnutím brzdového či plynového pedálu anebo ACC úplně vypnout.



Obr.16 Snímání vzdálenosti pro systém ACC [30]

Tento systém má však i své nevýhody. Kamery snímají celé popředí okolí vozu bez rozdílu, zda se před vozem nachází další vozidlo nebo například cyklista či chodec. Může tedy nastat situace, že při předjíždění cyklisty na ulici vozidlo začne výrazně zpomalovat. Tento systém však nedokáže reagovat na překážky ani stojící či protijedoucí vozidla [3].

Tento typ asistenčních systémů prozatím není povinnou výbavou vozidla, avšak pokrok a komfort který nabízí jej řadí mezi asistenty, kteří jsou majiteli vozidla často oceňovány, a i velice žádaný při koupi vozidel.

2.3.4 PARKOVACÍ ASISTENT

Se zvyšujícím se komfortem vozidel přichází i nové typy známých asistenčních systémů. Vývoj jde pořád dopředu a automatizace je vyvíjena do takové míry, že je již zakomponována do

některých systémů řízení. Mezi tyto systémy patří i systém parkovacího asistenta. Jedná se o asistenční systém, který napomáhá řidiči v procesu parkování, jako je to u parkovacích systémů varovného typu, avšak tento systém velkou část procesu parkování obstarává sám, tudíž se řadí spíše do intervenujících. Princip systému spočívá ve snímání okolí vozidla pro nalezení vyhovujícího parkovacího místa pomocí ultrazvukových snímačů. Po nalezení místa, systém parkovacího asistenta začne samovolně zajíždět vozidlem na vybrané místo, přičemž má kontrolu nad natočením volantu a řidič pouze reguluje rychlost jízdy a řazení převodových stupňů [31]. Řidič během procesu parkování může kdykoliv zasáhnout a pomocného asistenta vypnout, avšak systém je schopen tento proces plně zvládnout sám.



Obr.17 Parkovací asistent pro podélné parkování [32]

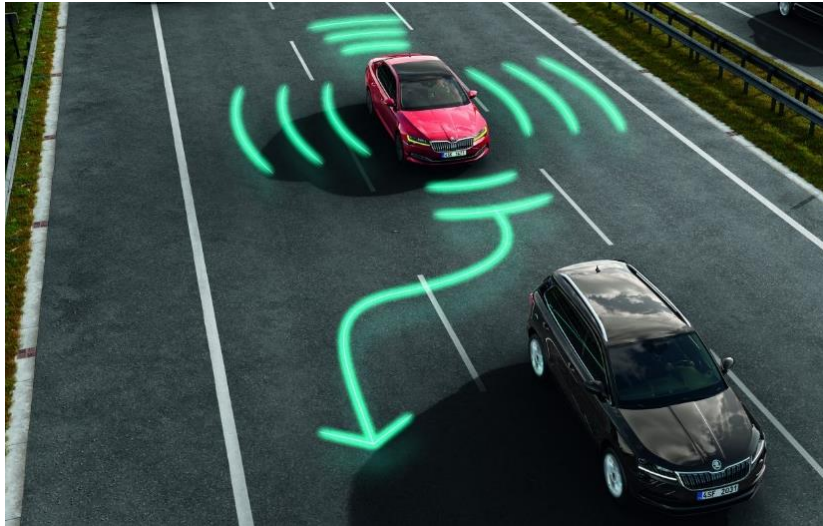
2.3.5 ASISTENT PRO STAV NOUZE

Jak bylo již mnohokrát zmíněno asistenční systémy jsou primárně systémy pro zvýšení bezpečnosti jízdy. Tomu je snahou za všech jízdních situací, tedy i v případě, že řidič sám není schopen vozidlo bezpečně ovládat.

Řídit smí řidiči od 18 let až po věk člověka v důchodu, potvrdí-li lékař zdravotní způsobilost. Dá se tedy říct, že horní hranice věku je téměř neomezená. Se stárnoucím organismem však přichází i komplikace se zdravím. Nejedna dopravní nehoda vznikla právě v důsledku zdravotních komplikací řidiče. Zdravotní komplikace však nejsou problémem pouze starých lidí. Situace jsou různorodé a může se stát, že i mladého člověka potká nečekaná zdravotní potíže, u které nelze předvídat kdy se stane. Ztratí-li řidič nad svým vozidlem tímto způsobem kontrolu, je to nebezpečné nejen pro něj samotného, ale také pro spolucestující a mimo jiné i pro ostatní účastníky silničního provozu.

Z těchto důvodů byl vyvinut asistenční systém Emergency asistent, který má na starost zajistit bezpečnou možnost vyřešení situace při zdravotní komplikaci řidiče a jeho ztráty kontroly nad řízením. Princip systému spočívá v monitoraci řidiče nejčastěji pomocí pedálů, řízení a volantu. Zaznamená-li systém, že řidič delší dobu nereaguje, spustí světelné a vizuální signály, aby na sebe upozornil a sleduje, zda řidič na některý ze signálů zareaguje. Pokud se tak nestane, systém přejde do druhé fáze, kdy dojde například ke krátkodobému opakovanému vybrzdování vozidla, což je dostatečně nekomfortní na to, aby řidič zareagoval v případě, že třeba upadl

pouze do mikro spánku. Zároveň tak vozidlo upozorní i okolní vozidla, na možný stav nebezpečí a řidiči budou vůči vybždovanému vozu obezřetní. Nereaguje-li řidič ani na tento stav, systém přebere nad vozidlem kontrolu na dobu nezbytně nutnou, aby vozidlo zpomalil a bezpečně jej dostal do bezpečné oblasti vozovky jako je například odstavný pruh a krajnice vozovky [33].



Obr.18 Emergency asistent značky Škoda Auto [34]

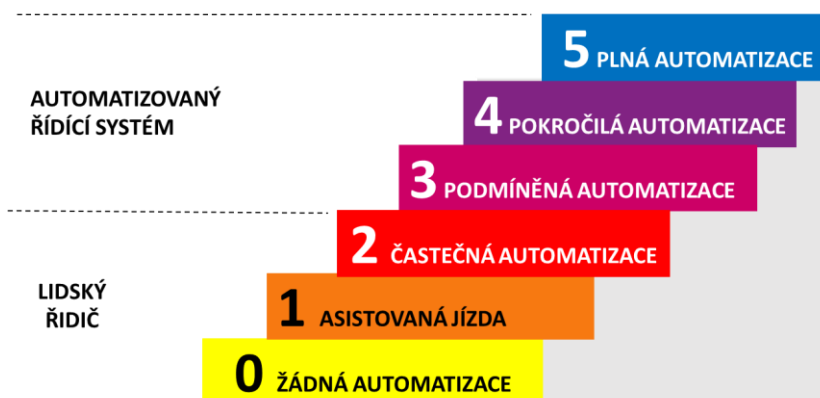
3 BUDOUCNOST ADAS

V dnešní době jsou vozidla od jejich prvního vzniku mnohem vyspělejší. Nejde už pouze o stroj na přepravu lidí a nákladu, ale o vývojově pokročilý projekt, který se denně dostává na čím dál vyšší úroveň. U vozidel se tedy nejedná už pouze o mechanické stroje, ale o stroje obsahující neskutečné množství elektronických komponent. Jejich součástí jsou i ADAS systémy, které posouvají hranice bezpečnosti ke stále lepším výsledkům.

I tyto systémy neustále prochází změnami a vylepšeními. Jsou rychlé, přesné a mnohem méně chybné než by člověk, kdy mohl být, a to i přes neochotu některých tento fakt připustit. Některé z těchto systémů jako je například asistenční systém ABS a ESP již najdeme v každém voze, který jezdí po vozovkách Evropské unie. Systémy se staly každodenní součástí jízdy a mnohokrát jsou i řidiči vyžadovány při nákupu nového vozidla. Díky velké poptávce na trhu jsou v dnešní době již běžně k dostání a řidič si má možnost vybrat mezi více druhy stejného systému.

3.1 AUTONOMNÍ ŘÍZENÍ

Jedním z prioritních cílů ve vývoji je dostat asistenční systémy na co nejvyšší stupeň autonomního ovládní. Automatizace motorových vozidel je definována asociací automobilového průmyslu v celosvětově uznávaném dokumentu SAE Levels of Driving Automation [35], který pojednává o celkovém rozřazení do šesti úrovní dle míry zásahu asistenčními systémy do procesu řízení. Úroveň začíná číslem 0, kdy veškeré úkony spojené s jízdou má na starosti sám řidič vozidla a jsou mu k dispozici pouze podpůrné systémy. Se zvyšujícími se stupni automatizace je přidáváno více podpůrných a asistenčních systémů. Některé úkony vozidla je tedy schopen udělat systém za řidiče a tím zvýšit například bezpečnost nebo komfort jízdy. Příkladem je převzetí řízení při parkování nebo zrychlení a zpomalení vozidla v závislosti na jízdním režimu. Nejvyšší úrovní je úplná automatizace (viz. Obr.19) kdy by již teoreticky nebylo zapotřebí jakéhokoliv lidského zásahu do řízení.

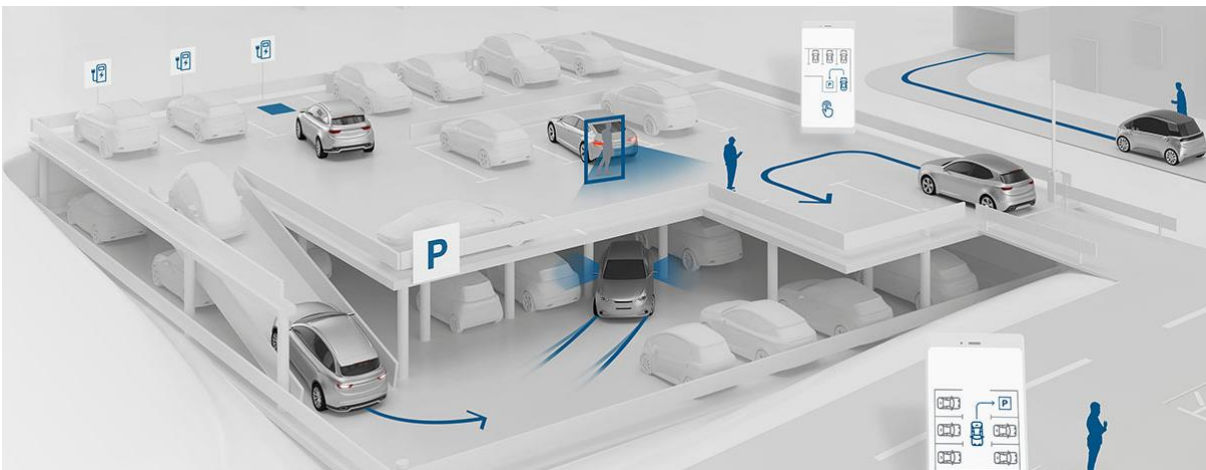


Obr.19 Úrovně automatizace pro technologie ADAS [36]

V dnešní době je úroveň automatizace u jednotlivých vozidel odlišná. Nejvyšší dosaženou úrovní je ve vozidlech prozatím stupeň 3, přičemž většina vozidel se nejčastěji pohybuje na rozhraní mezi druhým a třetím stupněm, tedy počínajícím automatickým řízením až

podmíněnou automatizací. Vývoj dělá značné pokroky, avšak nic se neobejde bez chyb a tomu není nijak ani v případě ADAS systémů. Hlavním cílem je nyní co nejvíce eliminovat tyto možné chyby a pokud tomu bude možno, je úplně odstranit. ADAS systémy jsou však pro vytvoření autonomních vozidel klíčovou součástí na které bude celý koncept stát.

Existují již vozidla, které autonomní systémy ve svém vybavení obsahují. Vezmeme-li jako příklad parkovací asistent, setkáváme se se systémem, který na krátký časový interval sám ovládá vozidlo a z velké části své práce není závislý na zásahu řidiče. Někteří výrobci automobilů, jako je například Kia [37] mají ve své nabídce výbavy automobilů i systém autonomního inteligentního parkovacího asistenta, který dokáže zaparkovat vozidlo, aniž by v něm musel člověk sedět a to pomocí dálkového ovládání. Do budoucna však neskončí jen u parkování tímto způsobem. Firma Bosch ve spolupráci se společností Mercedes-Benz a firmou ACPOA, jež provozuje parkovací garáže, navrhla koncept projektu na testování automatizovaného parkování s obsluhou [38]. Tento systém je vynálezem firmy Bosch, který je založený na samostatném pohybu vozidla po oblasti a nalezení vyhovujícího parkovacího místa. Koncept je založený na spolupráci speciálně vybavené garáže a vozidla s daným systémem. Před vstupem do garáže zadá řidič SPZ vozidla do registračního systému garáže a zamluví si přesné parkovací místo. Při příjezdu systém garáže identifikuje poznávací značku vozu a umožní mu vstup. Řidiči pak jen stačí vystoupit na daném místě a přes aplikaci dát povel k zaparkování vozu. Systém vozu dostává informace z kamer v budově a s pomocí mapy a těchto informací je schopen se dostat na rezervované místo jak je možno vidět na obr.20. Tento projekt docílil velmi dobrých výsledků. Nejlepší výsledky byly v otázce ušetření místa a také v minimalizaci poškození vozidla. Nemusí-li se počítat s prostorem, který je zapotřebí pro vystoupení řidiče z vozidla, ušetří se až 20 % parkovací plochy, která se dá využít pro vytvoření dalších parkovacích míst. Je tedy pravděpodobné, že tento koncept se do budoucna zavede ve větším množství parkovacích garáží. V tomto konceptu se vývoj dostal na 4. úroveň.



Obr.20 Automatizované parkování s obsluhou [39]

Nejblíže se prozatím dostala k autonomnímu řízení firma Tesla se svou aplikací Smart Summon. Jedná se o asistenční systém, který je autonomní, a nevyžaduje aktivní přítomnosti řidiče ve vozidle. Propojením vozu s mobilním telefonem je možné přivolání vozidla k řidiči nebo vozidlo nechat dojet na vybrané místo. Tomu je možno pouze v případě, že vzdálenost kam má vozidlo dorazit je do 20 metrů nebo, že je řidič vzdálený 6 metrů od vozidla. Pro dané propojení vozu a telefonu je zapotřebí nainstalování speciální aplikace [40]. Podobného principu se dá všimnout u parkovacích asistentů. Rozdílem je dosažená možná vzdálenost od

osoby a také možnost ovládní vozidla i v oblasti vyhnutí se překážek nebo zastavení při možnosti kolize s pohyblivými objekty, které se náhle objeví v trajektorii vozu. Dalším vylepšením je možné připojení do systému HomeLink, kdy systém sám otevře vrata garáže při přivolání na místo. Stačí tedy sepnutí tlačítka v aplikaci telefonu a vozidlo samo přijede z garáže až před dům a to včetně nastartování.

Mezi další systémy, které dokáží ovládat vozidlo sami, patří Emergency asistent, který přebere kontrolu v případě potřeby, nezvládá-li řidič ovládat vůz sám. V obou již užívaných případech je však doba, po kterou systémy kontrolují vozidlo jen časově omezená a podmíněná okolnostmi. Čím je tedy určena tato podmíněnost? Co brání v možném posunu? V cestě rozvoji autonomních vozidel stojí legislativa.

3.2 LEGISLATIVA

Dle zákonů, jak v České republice, tak v některých dalších státech Evropy i světa, je jízda vozidla bez řidiče dosud právně zakázána. Dle legislativy totiž může být řidičem vozidla pouze fyzická osoba. Dále také je jasně uvedeno, že řidič musí trvale ovládat své vozidlo a být schopen vykonání manévru, aby zabránil možné kolizi jako je uvedeno v zákonu dle zdroje [41]. V evropských zemích se tato práva řídí tzv. Vídeňskou úmluvou o silničním provozu:

- Sdělení č. 83/2013 Sb. m. s., Ministerstva zahraničních věcí o sjednání Úmluvy o silničním provozu, přijaté ve Vídni dne 8. listopadu 1968, ÚMLUVA O SILNIČNÍM PROVOZU)

Tato úmluva platí pro všechny státy pod ní podepsané a jakékoliv novely těchto zákonů jsou velice obtížné, protože je nutné k jejich provedení všeobecného souhlasu všech států pod ni spadajících. V souvislosti s těmito úmluvami je zde otázkou i právní zodpovědnost. Stane-li se dopravní nehoda člověku, je to bráno jako něco velice nepříjemného, avšak tato chyba má svého viníka a ten je právně zodpovědný. Otázkou tedy je, jak by tomu bylo v případě, že řidičem není člověk, ale software nebo umělá inteligence. Bylo by pak možno domáhat se práva na nějaké odškodnění od majitele vozu, když sám nehodu nezpůsobil? Dále je zde také fakt, že lidé mají pro jisté chyby od druhého člověka pochopení, pro stroj by však takové pochopení nastat nemuselo. Jak by přijala společnost například nehodu, jež způsobí autonomní vozidlo, při níž by zemřela osoba v obyčejném vozidle, která nehodu nezavinila? Mnohé z podobných otázek nastanou v souvislosti s možným zavedením autonomních vozů do provozu. Bude proto třeba jak novelizace legislativy, tak i úpravy s přesnou definicí podmínek právní zodpovědnosti. Na iniciaci k možné změně již začala pracovat Německá republika, především na možném začátku testování tohoto typu vozidel v městském provozu. Je tedy reálné se domnívat, že úpravy této úmluvy se dočkáme v budoucích několika letech.

Tyto zákony však neplatí pouze v Evropě. Podobné zákony platí i ve zbytku světa. Najdou se však i výjimky, kde je vozidlo bez řidiče povoleno. Tyto státy se nachází především na území Spojených států Amerických, kde i práva týkající se autonomních vozidel jsou k tomuto typu vozů otevřenější. Žádný ze zákonů totiž autonomní jízdu nezakazuje a z právního hlediska je jasně definováno, kdo má zodpovědnost za vozidlo v případě nehody či selhání funkcí.

3.3 KONEKTIVITA S MOBILNÍMI TELEFONY

Čím dál častěji se lze setkat s možností napojení telefonu k digitální obrazovce vozidla. Nejčastěji se jedná o propojení s navigací. Konekce těchto prvků bude také jedním z velkých pomocníků v eliminaci možných nebezpečných situací. Přesto, že ve vozidle není povoleno zaměřovat se na telefon, velká spousta řidičů telefon z rukou nedá ani v okamžiku, kdy řídí. Pro větší bezpečnost a omezení možných incidentů z důvodu nedostatečného soustředění se na vozovku, přišly firmy Google a Apple s možností instalace aplikace do mobilních telefonů, která propojí display přístrojové desky s telefonem a umožní jej přes display ovládat [42]. Propojení slouží například pro ovládání navigací, k přehrávání hudby a komunikaci s telefonem, jenž potlačuje nebezpečí nepozornosti vůči okolnímu provozu. Možným ovládačem některých úkonů bude v budoucnu i hlasový asistent. Na trhu je prozatím těchto asistentů pár, kdy jako příklad lze uvést Siri od společnosti Apple nebo Alexu od firmy Amazon. Společnosti poskytující hlasové asistenty už dnes zvažují jejich využití i v autonomních vozidlech jako možnou umělou inteligenci k řízení. Prozatím je koncept těchto inteligencí pouze ve formě úvahy, zda by splňoval nutné požadavky na bezpečnost a správnou funkci [43]. Podaří-li se koncept implementovat do vozidel, bude možno v budoucnu ovládat některé systémy ve vozidle pouze použitím hlasového příkazu.

3.4 INOVACE ADAS

K postupu ale nedojde pouze v oblasti přiblížení se autonomním vozidlům, ale i vylepšení jednotlivých systémů samotných. Pro detekci bdělosti řidiče jsou některé senzory systémů kromě očních víček schopny snímat srdeční frekvenci přes speciální oblasti volantu popřípadě přes sedadlo do něhož je zabudovaný senzor. V plánu je i možnost zabírat veškerou mimiku obličeje, čímž bude umožněno rozpoznat jednotlivé emoce a vyhodnocovat dle nich situaci. Má-li člověk vztek nebo je vystrašený, ovlivní tento stav jeho styl řízení. Díky rozpoznání těchto emocí bude jim systém moci přizpůsobit jízdu vozidla a zajistit tak větší bezpečí [44]. Další část systémů už je pro nejnovější vozidla dosti zastaralá nebo nežádaná. U těchto asistenčních systémů je otázkou jestli postupem času úplně zaniknou, budou nahrazeny vylepšenou verzí, popřípadě jestli je nahradí jiným systémem. Určité systémy naopak přejdou z přídavného prvku na prvek, který bude předepsaný jako povinný do všech vozů. Mezi ně lze zahrnout například už zmiňovaný parkovací systém nebo třeba adaptivní tempomat. Oba tyto prvky jsou nyní mezi nejčastěji žádanými systémy pro nově kupovaná vozidla. Vzhledem k vyspělosti a velice nízké pravděpodobnosti pochybení těchto systémů jsou ideálními adepty pro implementaci.

Mezi prvky vylepšení se dostanou i snímače systémům náležící. Je třeba přinést pokrok v oblasti 3D projekce okolního pohyblivého prostředí. Nynější senzory pro systémy dokáží zaznamenat, zda je v pohybu objekt v trajektorii vozidla, nejčastěji v jeho určeném jízdním pruhu a také, že do okolí vozidla se dostal další objekt, jako to dokáží adaptivní světlomety nebo systémy pro sledování slepého úhlu. Do budoucna je plánována inovace, které rozpozná i vozidlo protijedoucí, nebo třeba menší objekty, jako jsou chodci u přechodů nebo cyklisti. Systémy díky těmto vylepšeným sensorům budou moci například přibrzdit u přechodu a osobě přecházející vozovku dát přednost. Také se bude moci systém zařídít dle pravidel provozu a umožní se tak další zvýšení bezpečnosti dopravy. Systémy se dostanou ve vývoji na úroveň, kdy sami rozpoznají přednost jízdy na křižovatkách, nebo napomohou při předjíždění, kdy by při vjezdu do protijedoucího pruhu mohlo dojít ke kolizi s jiným účastníkem provozu. V tomto

směru je třeba i uzpůsobení dopravní infrastruktury. V ohledu na zvýšení bezpečnosti bude zapotřebí propojení informací o situacích na vozovce se systémy ve vozidle. K tomu bude muset přibít větší množství senzorů na pozemních komunikacích, které budou monitorovat vymezené sektory a získaná data budou předávat vozidlům, které těmito úseky projíždí.

Možné změny v asistenčních systémech můžou nastat i se změnou pohonné jednotky vozu. Asistenční systémy jsou jak u spalovacích vozů, tak i u elektronických a hybridních vozidel. Jelikož se ovšem dané způsoby funkce motorů liší, je nutno upravit i komponenty ze kterých se systém skládá. Jedním z případů je například snímač pro chod motoru, kdy u elektrických aut nemusí být motor pouze jeden a tak bude zapotřebí uzpůsobení již zaběhlých systémů. Se zavedením normy Euro 7 je zde velká pravděpodobnost, že bude do značné míry omezen prodej vozů se spalovacím pohonem. Je tedy pravděpodobné, pokud se norma nepozmění, že naroste množství elektrických vozů v dopravě. Takto bude nutno uzpůsobení určitých komponent a vznikne prostor pro další inovace.

3.5 KOMPLIKACE

Jako je tomu u všeho mají svá úskalí i ADAS systémy. Možný pokrok technologie by mohl být nejenom přínosem pro bezpečnost, ale i komplikací. S postupnými přidáváním systémy se zvyšuje i cena vozidel. Dle názoru některých odborníků s budoucím zavedením elektrických vozidel se cena plné výbavy s ADAS systémy stane pro mnohé uživatele nedostupná. Kromě ceny je obavou i možné nahrazení člověka v profesích spojených s dopravou. S pokrokem systémů až k autonomii vozidel by řidiči kamionů či autobusů již nebyli potřební. Takto by většina zaměstnanců v transportním průmyslu došla o práci. Tato skutečnost by mohla způsobit dosti rozporuplné odezvy na vývoj těchto systémů. Otázkou u ADAS systémů je i možné nedokonalé seznámení s funkcí. Pravděpodobnost adaptace na synchronizaci se systémy je pro velkou část populace vysoká, je však množství jedinců, pro které by mohl být problém se s touto inovativní technologií sžít. Pro část populace je dneska těžké se vyznat v elektronickém příslušenství. S postupným pokrokem však i ve vozidlech přibude množství elektronicky ovládaných prvků [45]. Je zde i možnost, že časem bude veškeré ovládání vozidla pouze přes digitální dotykovou obrazovku. Je nutno myslet do budoucna i na tento aspekt a pokusit se co nejlépe společnost seznámit s ovládáním těchto prvků, způsobem možné odezvy a předpokládanými reakcemi systémů, aby bylo docíleno co nejpřirozenější spolupráce.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout dosavadní poznatky a informace o pokročilých asistenčních systémech pro řidiče a odhadnout jaký bude směr budoucího vývoje těchto systémů.

Úvodní část práce je věnovaná popisu toho, co jsou to pokročilé asistenční systémy řízení, jak fungují a jakým způsobem jsou shromažďována data, se kterými systémy pracují. Dále byly popsány stupně automatizace vozidel a také bylo řečeno na jaké úrovni se dnešní vozidla nachází. Následně byly probírány senzory, které zprostředkovávají informace z okolí a jejich předání této informace pomocí dat do řídicí jednotky. Byly podrobně popsány lidar senzory, radar senzory, videokamery, sonar senzory a GPS senzory a vysvětlen jejich princip. Dále bylo také řečeno, jakým typem snímače jsou a je vysvětlena jejich funkce. Dalším probíraným tématem byly typy těchto asistenčních systémů, které jsou typem informačním, varovným či intervenujícím a bylo popsáno, dle jakého způsobu jsou tyto typy rozděleny. Také je uvedeno u každého typu několik jejich zástupců. U jednotlivých zástupců je taktéž popsán princip jejich fungování, dostupnost na trhu a také zda jsou povinnou výbavou vozidla, popřípadě od kdy tomu tak je. Tato část je dosti obsáhná, avšak množství asistenčních systémů zde zdaleka nejsou vypsány všechny. Bylo vybráno několik základních ADAS systémů, aby si čtenář mohl udělat jasnou představu, jakou velkou oblast tyto systémy zabírají a kde všude se s ním lze setkat. Od základních systémů jako jsou ABS a ESP po nejpokročilejší systém blížící se prozatím nejvíce k autonomnímu řízení, jako je tomu u asistenta pro případ nouze nebo asistenční systém pro parkování, tedy parkovacího asistenta. Závěrečná část byla věnována dalšímu možnému vývoji v oblasti asistenčních systémů a jejich možnému směru vývoje do budoucích let.

Pokročilé asistenční systémy řízení mají velký potenciál do budoucna. Jako klíčový prvek k autonomnímu řízení budou dále vyvíjeny a zlepšovány, aby se dotáhli k dokonalosti. Avšak už dnes se díky těmto systémům zlepšila bezpečnost jízdy na celém světě. Můžeme se dočkat propracovanějšího propojení s mobilními telefony, nebo předpokládat ovládání vozu přes hlasové asistenty. Důležitá bude oblast eliminace možných systémových poruch a selhání. Při svém vývoji by se ADAS systémy mohly stát ideálním pomocníkem pro řidiče, kteří jsou v ovládání vozidel nejistí nebo nezkušení. Postupně by tyto systémy jednou mohly nahradit úkony, které zastává ve vozidle řidič a lidé budou ve vozidlech pouze jako „pasažéři“. Především však úkolem do budoucna bude patřičné seznámení člověka s těmito ADAS systémy, aby se vytvořila harmonická spolupráce mezi řidičem a vozem.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ADAS - pokročilé asistenční systémy pro řidiče. *ADAS - pokročilé asistenční systémy pro řidiče* [online]. [cit. 03.02.2023]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/o-adas.html>
- [2] ITSPedia - StandardLand. *Technické normy ITS - StandardLand* [online]. Copyright © Silmos, s.r.o. 2018 [cit. 03.02.2023]. Dostupné z: <https://www.standardland.cz/asistencni-systemy-ridice/i27?sources=30>
- [3] VLK, František. *Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.
- [4] Joachim Kleylein-Feuerstein, Fabian Joas, Rolf Steinhilper, *Remanufacturing of Electronic Control Units: An RFID Based (Service) Interface*, Procedia CIRP, Volume 29, 2015, Pages 168-172, ISSN 2212-8271
- [5] REIF, Konrad, 2015. *Automotive mechatronics: automotive networking, driving stability systems, electronics. 1*. Wiesbaden: Springer. ISBN 978-3-658-03974-5.
- [6] Carsten, O., Martens, M.H. How can humans understand their automated cars? HMI principles, problems and solutions. *Cogn Tech Work* **21**, 2019. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10111-018-0484-0>
- [7] T. Herpel, C. Lauer, R. German and J. Salzberger, "Multi-sensor data fusion in automotive applications," 2008 3rd International Conference on Sensing Technology, Taipei, Taiwan, 2008, pp. 206-211, doi: 10.1109/ICSENST.2008.4757100.
- [8] Druhy snímačů ADAS a jejich pozice. Specialty Chemicals | Energizing Chemistry | LANXESS [online]. Copyright ©metamorworks [cit. 02.04.2023]. Dostupné z: <https://lanxess.com/en/Products-and-Brands/Focus-Topics/LANXESS-e-Mobility/Advanced-Driver-Assistance-Systems>
- [9] M. Kutila, P. Pykönen, H. Holzhüter, M. Colomb and P. Duthon, *Automotive LiDAR performance verification in fog and rain*, 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI, USA, 2018, pp. 1695-1701, dostupné z: https://cris.vtt.fi/ws/files/33650663/Automotive_LiDAR_performance.pdf
- [10] Vykreslení bodové reprezentace okolí vozidla. *Surveying Group | Daily Geospatial News* [online]. [cit. 12.04.2023]. Dostupné z: <https://surveyinggroup.com/lidar-sensor-makers-unite-to-build-on-nvidia-drive/>
- [11] Ziębiński, Adam & Cupek, Rafał & Grzechca, Damian & Chruszczyk, Lukas. *Review of advanced driver assistance systems (ADAS)*. AIP Conference Proceedings. 2017. 1906. 120002. 10.1063/1.5012394.
- [12] Kamera pro snímání dopravního značení značky Mercedes-Benz. *Mercedes-Benz passenger cars* [online]. Copyright ©B [cit. 24.05.2023]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com.au/passengercars/mercedes-benz-cars/models/eqc/safety.pi.html/mercedes-benz-cars/models/eqc/safety/driving-assistance-gallery/traffic-sign>

- [13] Rasshofer, R. & K, Gresser. *Automotive Radar and Lidar Systems for Next Generation Driver Assistance Functions. Advances in Radio Science - Kleinheubacher Berichte*. 3. Dostupné z: <https://ars.copernicus.org/articles/3/205/2005/ars-3-205-2005.pdf>
- [14] Why Do We Need Radar? *Renesas.com* [online]. Copyright ©2023 Renesas Electronics Corporation. [cit. 13.04.2023]. Dostupné z: <https://www.renesas.com/us/en/blogs/why-do-we-need-radar>
- [15] LIMITY LIDSKÉHO SLUCHU | Nový encyklopedický slovník češtiny. *Nový encyklopedický slovník češtiny* [online]. Copyright © Masarykova univerzita, Brno 2012 [cit. 26.05.2023]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/slovník/LIMITY%20LIDSK%C3%89HO%20SLUCHU>
- [16] W. J. Fleming, *New Automotive Sensors—A Review*, in *IEEE Sensors Journal*, vol. 8, no. 11, pp. 1900-1921, Nov. 2008, doi: 10.1109/JSEN.2008.2006452.
- [17] Aleksandr Bystrov, Edward Hoare, Thuy-Yung Tran, Nigel Clarke, Marina Gashinova, Mikhail Cherniakov, *Road Surface Classification Using Automotive Ultrasonic Sensor, Procedia Engineering*, Volume 168, 2016, Pages 19-22, ISSN 1877-7058, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.119>.
- [18] Umístění Sonar senzorů na automobilu značky Mazda. *Mazdausa.com* [online]. [cit. 13.04.2023]. Dostupné z: <https://www.mazdausa.com/static/manuals/2020/mazda6/contents/05200100.html>
- [19] Úprava rozložení paprsků u adaptivních světlometů. *Fordservicecontent.com*. [online]. [cit. 25.04.2023]. Dostupné z: http://www.fordservicecontent.com/Ford_Content/vdirsnet/OwnerManual/Home/Content?variantid=7842&languageCode=cs&countryCode=CZE&Uid=G2061831&ProcUid=G1955276&userMarket=CZE&div=f&vFilteringEnabled=False&buildtype=web
- [20] Odclonění paprsku světla u sepnutých dálkových světel. *Superb Combi Sportline – Superb |. Uradna stran znamke Škoda v Sloveniji* [online]. Copyright © Škoda Slovenija 2023 [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: <https://www.skoda.si/superb/superb-combi-sportline/43709:tabs:86192:prilagodljive-luci>
- [21] Polopatě: Asistenční systémy ŠKODA - Škoda Storyboard. [online]. Copyright © Škoda Auto a.s. 2023 [cit. 25.04.2023]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/inovace-a-technologie/polopate-asistencni-systemy-skoda/>
- [22] Christopher Hegarty; Elliott Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications, Second Edition*, Artech, 2005. ISBN 1-58053-894-0, ISBN-10: 1-58053-894-0
- [23] Asistent dopravního značení. *Osobní vozy Mercedes-Benz* [online]. Copyright © 2023. Mercedes [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.cz/passengercars/mercedes-benz-cars/models/eqa/equipment.pi.html/mercedes-benz-cars/models/eqa/equipment/optional/traffic-assistant?fbclid=IwAR1j4hYKWgFW56IRoLHV50p5u47VbHS7ppAKOrm-henntKs6oTF_3yllkrA

- [24] Head-Up Displays: System Benefits from 2D to AR. *Optics News / Photonics News* [online]. Copyright © 2000 [cit. 27.04.2023]. Dostupné z: <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=1878>
- [25] Princip zobrazení Head-up displaye - *autolexicon.net*. [online]. Copyright © 2023 [cit. 27.04.2023]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/hud-head-up-display/>
- [26] Zobrazení piktogramu pro detekci únavy řidiče ve vozidle značky Škoda auto. *ADAS - pokročilé asistenční systémy pro řidiče* [online]. [cit. 02.05.2023]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-unava.html>
- [27] Asistent sledování mrtvého úhlu značky Kia | *Kia Czech*. [online]. Copyright © 2023 Kia Czech s.r.o. [cit. 02.05.2023]. Dostupné z: <https://www.kia.com/cz/modely/rio/objevte/>
- [28] Asistent hlídání jízdního pruhu. *Škoda Storyboard*. [online]. Copyright © Škoda Auto a.s. 2023 [cit. 24.05.2023]. Dostupné z: https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-mapy/skoda-iv-tiskova-mapa/moderni-designove-prvky-a-nove-technologie-prvni-vuz-skoda-s-full-led-matrixovymi-svetlomety/attachment/04_laneassist/
- [29] Jak je to s ABS a ESP a dalšími povinnými systémy | Asistenční systémy. Asistenční systémy | Úvod [online]. [cit. 04.05.2023]. Dostupné z: <https://www.asistencnisystemy.cz/jak-je-to-s-abs-a-esp-a-dalsimi-povinnymi-systemy>
- [30] Snímání vzdálenosti pro systém ACC. *Mercedes-Benz passenger cars* [online]. Copyright © 2022. Mercedes [cit. 24.05.2023]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.co.za/passengercars/mercedes-benz-cars/intelligent-drive.pi.html/mercedes-benz-cars/intelligent-drive/highlights/dISTRONIC>
- [31] Bruyninchx, Herman & Preucil, Libor & Kulich, Miroslav. (2008). European robotics symposium 2008 (EUROS 2008), Prague, Czech Republic, March 26–27, 2008. 10.1007/978-3-540-78317-6.
- [32] Parkovací asistent pro podélné parkování | *Volkswagen Newsroom*. [online]. Copyright © Volkswagen 2023 [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/images/albums/parking-assistant-park-assist-2346>
- [33] Emergency Assist Layer. [online]. Copyright © 2012 [cit. 03.05.2023]. Dostupné z: https://www.volkswagen.be/content/experience-fragments/onehub_pkw/be/nl/static/carfeatures/tech_en_innovatie/hulpsystemen/veiligheid/tsi-layer2/master.html
- [34] Emergency asistent značky Škoda Auto. [online]. Copyright © Škoda Auto a.s. 2023 [cit. 24.05.2023]. Dostupné z: https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-mapy/skoda-iv-tiskova-mapa/moderni-designove-prvky-a-nove-technologie-prvni-vuz-skoda-s-full-led-matrixovymi-svetlomety/attachment/02_emergencyassist/
- [35] SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience. *The Mission of SAE International is to advance mobility knowledge and solutions* [online]. Copyright ©2023 SAE International. All rights reserved. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>

- [36] Úroveň automatizace pro technologie ADAS Auta.cz. *Auta.cz | prodej automobilů, inzerce aut* [online]. [cit. 30.03.2023]. Dostupné z: <https://www.auta.cz/clanek/urovne-samoridici/>
- [37] Which Kias Have Self-Driving Features for 2021? KiaofLagrange.com [online]. [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: <https://www.kiaoflagrange.com/posts/blog-kia-self-driving>
- [38] Autonomous parking in parking garages. BOSCH [online]. [cit. 27.04.2023]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/stories/autonomous-parking-in-parking-garages/>
- [39] Automatizované parkování s obsluhou. Document Moved [online]. Copyright © 2023 Robert Bosch GmbH. All rights reserved. [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility.com/en/mobility-topics/connected-and-automated-parking/>
- [40] Autopilot a Schopnost plně autonomního řízení | Podpora společnosti Tesla pro Českou republiku. Electric Cars, Solar & Clean Energy | Tesla [online]. [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: https://www.tesla.com/cs_cz/support/autopilot
- [41] Beck-online - beck-online [online]. Copyright © 2009 [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: <https://www.beck-online.cz/bo/chapterview-document.seam?documentId=onrg2427giydc27hazs2mi&groupIndex=0&rowIndex=0&refSource=search>
- [42] DOLATA, Ulrich. *Apple, Amazon, Google, Facebook, Microsoft: market concentration-competition-innovation strategies*. SOI Discussion Paper, 2017.
- [43] TENHUNDFELD, Nathan L., et al. Is my Siri the same as your Siri? An exploration of users' mental model of virtual personal assistants, implications for trust. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 2021, 52.3: 512-521.
- [44] S. M. Sarala, D. H. Sharath Yadav and A. Ansari, "Emotionally Adaptive Driver Voice Alert System for Advanced Driver Assistance System (ADAS) Applications," *2018 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, Tirunelveli, India, 2018, pp. 509-512, doi: 10.1109/ICSSIT.2018.8748541.
- [45] Arena, F.; Pau, G.; Severino, A. An Overview on the Current Status and Future Perspectives of Smart Cars. *Infrastructures* 2020, 5, 53. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5070053>