

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení a staveb



Diplomová práce

**Porovnání různých koncepcí ovládání osobních vozů
během jízdnicích režimů**

Bc. Matěj Černý

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Matěj Černý

Inženýrství údržby

Název práce

Porovnání různých koncepcí ovládání osobních vozů během jízdních režimů

Název anglicky

Comparison of different passenger car control concepts during driving modes

Cíle práce

Cílem práce je posoudit dva extrémní koncepty, použité pro ovládání funkcí, umístěných převážně na středovém panelu osobního vozidla. Sekundárním cílem by mělo být zjištění, který koncept je výhodnější z pohledu ergonomie a bezpečnosti ovládání vozidla a to v konkrétních jízdních režimech.

Metodika

Cílů práce bude dosaženo podrobným rozbořením odborné literatury a hodnoty pro výzkumnou část budou získány pomocí dynamického terénního výzkumu na uzavřeném testovacím polygonu. Autor práce vybere dva typy vozidel, u kterých jsou použity zcela odlišné přístupy k ovládání. Předpokládá se, že jeden typ bude zcela konvenční a druhý bude využívat pro ovládání všech funkcí pouze dotykového panelu. Předpokládá se také použití dotazovacích metod, využití technických parametrů, získaných od jednotlivých výrobců a z dalších zdrojů. Získané hodnoty budou zhodnoceny za použití statistických metod.

Doporučený rozsah práce

50 stran, včetně příloh

Klíčová slova

ovládání, řidič, systémy, vozidlo, funkce, ergonomie

Doporučené zdroje informací

BHISE, Vivek D. Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012. ISBN 14-398-4210-8

CACHA, Ch. A.: Ergonomics and safety in hand tool design. Lewis Publishers, Boca Raton, 1999, ISBN-1-56670-308-5

Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9

RUTRLE, J. : Přístrojová optika, 1. Vydání, Brno, IDV PZ, 2000

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2023

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 1. 2024

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Porovnání různých koncepcí ovládání osobních vozů během jízdnicích režimů“ jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2024

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Michalu Hruškovi, Ph.D., za ochotu a odborné vedení při jejím zpracování. Jeho zkušenosti a rady mi byly cennou pomocí k jejímu vytvoření.

Porovnání různých koncepcí ovládání osobních vozů během jízdních režimů

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na porovnání ovládání tří běžně používaných koncepcí infotainmentu v automobilu. Jedná se o mechanické ovládací prvky, centrální mechanický prvek a dotykový displej. V teoretické části je čtenáři přiblížena problematika tohoto tématu a podrobně popsány jednotlivé koncepce pro pochopení praktické části. Jsou zde uvedeny zásady pro navrhování infotainmentu a predispozice člověka pro ovládání funkcí na infotainmentu, jako jsou zrak, sluch, hmat a motorika ruky. V praktické části jsou popsány metody zpracování dat a výsledky jsou vhodně zanesené do tabulek a grafů. Následně jsou výsledky a závislosti vyplývající ze statistiky podrobeny diskusi.

Klíčová slova: infotainment, bezpečnost, řidič, nepozornost, automobil, ergonomie

Comparison of different passenger car control concepts during driving modes

Abstract

The diploma thesis is focused on the comparison of the control of three commonly used infotainment concepts in cars. These are mechanical controls, a central mechanical element and a touch screen. In the theoretical part, the reader is introduced to the issue of this topic and the individual concepts are described in detail for understanding the practical part. Here are the principles for designing infotainment and human predispositions for controlling functions on infotainment such as sight, hearing, touch and hand motor skills. In the practical part, data processing methods are described and the results are appropriately entered into tables and graphs. The results and results resulting from the statistics are subject to discussion.

Keywords: infotainment, safety, driver, distracted, car, ergonomics

Obsah

1 Úvod.....	13
2 Cíl práce a metodika	14
2.1 Cíl práce	14
2.2 Metodika	15
Teoretická východiska	16
3 Ergonomie ve vozidlech	16
3.1 Rozdělení prostoru řidiče	16
3.1.1 Prostor pro primární úkony	18
3.1.2 Prostor pro sekundární úkony	18
3.1.3 Prostor pro terciární úkony	18
3.2 Zásady navrhování infotainmentu.....	19
3.3 Nehody způsobené nepozorností.....	21
3.3.1 Pozornosti řidiče při řízení.....	21
3.3.2 Role infotainmentu	22
3.3.3 Role času.....	23
4 Predispozice jedince k ovládní infotainmentu.....	24
4.1 Zrak	24
4.1.1 Stavba a pohyby lidského oka	25
4.1.2 Eye tracking	27
4.2 Hmat.....	29
4.3 Sluch.....	30
4.4 Motorika lidského těla.....	30
4.4.1 Motorika ruky	31
5 Koncepce infotainmentu	33
5.1 Mechanické prvky	33
5.1.1 Tlačítkové spínače	35
5.1.2 Kolébkové spínače.....	35
5.1.3 Otočné přepínače	35
5.1.4 Multifunkční spínač	36
5.2 Dotykový displej	36
5.2.1 Rezistivní displeje.....	36
5.2.2 Kapacitní displeje	38
5.3 Centrální mechanický prvek	39

5.4	Ostatní	41
Vlastní práce.....		42
6	Přípravy, proces a zpracování dat testování.....	42
6.1	Přípravy na testovací dny	42
6.2	Metody získávání dat	42
6.2.1	Dotazníky	42
6.2.2	Sběr videozáznamů	43
6.3	Testovaná vozidla.....	43
6.4	Popis samotného testu	45
6.4.1	Testované úkony	45
6.5	Zpracování dat.....	48
6.5.1	Záznamy z kamer v autech	48
6.5.2	Záznamy z eye-trackingových brýlí	48
6.5.3	Analýza dat	49
6.5.4	Zpracování modelu člověka při práci s infotainmentem	50
7	Výsledky a diskuse	51
7.1	Posouzení statiky a dynamiky	51
7.1.1	Posouzení statiky a dynamiky u mechanických prvků	51
7.1.2	Posouzení statiky a dynamiky u displeje	52
7.1.3	Posouzení statiky a dynamiky u centrálního mechanického prvku	52
7.2	Posouzení druhů infotainmentu.....	52
7.2.1	Porovnání displeje a mechanických prvků	53
7.2.2	Porovnání displeje a centrálního mechanického prvku	53
7.2.3	Porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku	54
7.3	Chybovost	54
7.4	Přeskoky očima a heat mapy	56
7.5	Korelace věku a času úkonů.....	59
7.6	Korelace časů úkonů s pohlavím a výškou	63
7.7	Porovnání z pohledu komfortu.....	63
7.8	Posouzení hypotéz.....	67
7.8.1	Stanovisko 1.....	67
7.8.2	Stanovisko 2.....	68
8	Závěr.....	69
9	Seznam použitých zdrojů	70
10	Přílohy (časy úkonů, přeskočení očima)	74

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Rozdělení prostoru řidiče [autor]	17
Obrázek 2 – Zrakový systém člověka [Williams 2016]	25
Obrázek 3 – Schéma lidského oka [Zeiss 2017].....	26
Obrázek 4 – Heat mapa v obchodě [Jensen et al. 2017].....	29
Obrázek 5 – Stavba lidského ucha [Veselý 2016].....	30
Obrázek 6 – Rezistivní dotykový displej [Mikroe 2016]	37
Obrázek 7 – Kapacitní dotykový displej [Mikroe 2016].....	38
Obrázek 8 – Centrální mechanický prvek v automobilu Alfa Romeo Stelvio [autor]	41
Obrázek 9 – Eye-trackingové brýle Tobii Pro Glasses 2 [Jensen et al. 2017]	43
Obrázek 10 – Infotainment Škoda Kodiaq [autor]	44
Obrázek 11 – Infotainment Alfa Romeo Stelvio [autor]	44
Obrázek 12 – Tlačítka na ovládnání teploty pomocí displeje [autor].....	46
Obrázek 13 – Otočný přepínač teploty klimatizace [autor].....	46
Obrázek 14 – Otočný přepínač intenzity větráku [autor]	47
Obrázek 15 – Ovládnání intenzity větráku pomocí displeje [autor].....	47
Obrázek 16 – Tlačítko pro sepnutí vyhřívání skla na displeji [autor]	47
Obrázek 17 – Heat mapa u centrálního prvku [autor]	57
Obrázek 18 – Heat mapa u mechanických prvků [autor]	58
Obrázek 19 – Heat mapa u displeje [autor]	58
Obrázek 20 – Pozice řidiče při ovládnání centrálního mechanického prvku [autor]	64
Obrázek 21 – Pozice řidiče při ovládnání mechanických prvků [autor]	65
Obrázek 22 – Pozice řidiče při ovládnání displeje [autor]	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Závislost mezi statikou a dynamikou u mechanických prvků [autor].....	51
Tabulka 2 – Závislost mezi statikou a dynamikou u displeje [autor].....	51
Tabulka 3 – Závislost mezi statikou a dynamikou u centrálního prvku [autor].....	52
Tabulka 4 – Porovnání displeje a mechanických prvků [autor]	53
Tabulka 5 – Porovnání displeje a centrálního mechanického prvku [autor]	53
Tabulka 6 – porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku [autor] ..	54
Tabulka 7 – porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku [autor] ..	54
Tabulka 8 – Pearsonův chí-kvadrát test [autor].....	55
Tabulka 9 – Chybovost [autor].....	55
Tabulka 10 – Porovnání reálné a předpokládané chybovosti [autor].....	55
Tabulka 11– Průměrný počet přeskoků očima při nastavování teploty klimatizace u dynamického testu [autor]	56
Tabulka 12 – Průměrný čas nastavení teploty klimatizace u dynamického testu [autor]....	56
Tabulka 13 – Součet známek respondentů [autor]	67

Seznam grafů

Graf 1 – Korelace věku a času (centrální mechanický prvek, teplota, staticky) [autor]	59
Graf 2 – Korelace věku a času (centrální mechanický prvek, teplota, dynamicky) [autor]	60
Graf 3 – Korelace věku a času (mechanické prvky, teplota, staticky) [autor]	60
Graf 4 – Korelace věku a času (mechanické prvky, teplota, dynamicky) [autor]	61
Graf 5 – Korelace věku a času (displej, teplota, staticky) [autor]	61
Graf 6 – Korelace věku a času (displej, teplota, dynamicky) [autor]	62
Graf 7 – Výška respondentů v závislosti na věku [autor]	63
Graf 8 – Komfort pozice při ovládání centrálního mechanického prvku [autor]	64
Graf 9 – Komfort pozice při ovládání mechanických prvků [autor]	65
Graf 10 – Komfort pozice při ovládání displeje [autor]	66

1 Úvod

V současnosti, kdy se kladou stále vyšší nároky na bezpečnost člověka ve všech oblastech jeho života a rozvíjí se stále nové technologie, je podstatná také oblast, která řeší bezpečnost člověka při řízení vozidla. Velmi významnou částí této oblasti je pozornost řidiče při řízení. V dnešní době, kdy se rozvíjejí nové technologie, přibývají, často i vlivem tohoto rozvoje, další a další funkce v oblasti středového panelu (infotainmentu) vozidla. Ty musí být navrženy tak, aby se, pokud možno, ovládaly za minimálního rozptýlení řidiče, což však není vždy zcela splněno.

V důsledku vyšších nároků na množství funkcí, které mají být v infotainmentu zakomponovány, lze vidět v automobilech, které dnes vyjíždějí z výrobních linek, různé koncepce tohoto kombinovaného prvku. Každá z koncepcí infotainmentu má své výhody a nevýhody z pohledu ergonomie. Cílem této práce je proto porovnat tři vybrané koncepce infotainmentu, které se v současnosti nejčastěji používají v osobních vozidlech. Jsou to konvenční mechanické prvky, centrální mechanický prvek a v poslední době velmi rozšířený dotykový displej.

Všechny tři koncepce infotainmentu budou nejprve podrobně popsány na základě rozsáhlé rešerše tak, aby byly stanoveny výchozí parametry a východiska pro následné posouzení těchto technologií v rámci terénního výzkumu. Studie bude zaměřena zejména na posouzení vlivu těchto způsobů ovládání na pozornost řidiče, posouzení faktorů důležitých z pohledu bezpečnosti při práci s infotainmentem, definování zásad navrhování infotainmentu a jeho používání, zejména z pohledu biomechaniky člověka. Následně budou tyto koncepce podrobeny klinickému testování, kde bude cílem odhalit jejich slabiny či výhody z pohledu bezpečnosti řidiče.

I přesto, že na vývoj koncepcí infotainmentu věnují automobilky značné finanční prostředky, stále se stávají nehody v důsledku nepozornosti řidiče při provádění úkonů na středovém panelu, tedy mimo optimální zorné pole. Je tedy velmi důležité posoudit, která koncepce infotainmentu používaná v automobilech je nejlepší z pohledu bezpečnosti.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit tři používané koncepty pro ovládání funkcí infotainmentu osobního automobilu.

Sekundárním cílem je zjištění, který koncept je výhodnější z pohledu ergonomie a bezpečnosti ovládání vozidla v konkrétních jízdních režimech. Tohoto zjištění se dosáhne pomocí nalezení statistických závislostí, vyplývajících z analýzy získané z naměřených hodnot.

Pro dosažení cílů diplomové práce byly definovány výzkumné otázky. Na základě výzkumných otázek jsou uvedené hypotézy.

1. Jaký druh infotainmentu je nejlepší z pohledu bezpečnosti?

Hypotéza: Nejbezpečnější bude mechanické ovládání, protože se předpokládá, že úkony na tomto typu infotainmentu budou nejrychlejší a doba nepozornosti je pro řidiče při řízení zásadní.

2. Bude hrát věk respondentů roli u nastavování příslušných funkcí?

Hypotéza: Předpokládá se, že s rostoucím věkem bude růst čas potřebný na splnění úkonu.

2.2 Metodika

Práce obsahuje teoretickou a praktickou část. V teoretické části byla provedena rešerše na problematiku tématu této diplomové práce. K dobrému pochopení problematiky a dosažení cílů práce byla popsána obecná témata, ze kterých práce vyplývá. Následně byly jednotlivě a podrobně popsány použité koncepty infotainmentu na kterých testovací subjekty dělaly příslušné úkony. Poté byli v práci popsány potřebné schopnosti lidského těla – zrak, hmat, sluch a motorika, díky kterým je člověk schopen plnit úkony na infotainmentu. Dále byl popsán systém, jakým se sledoval pohyb očí, díky kterému byla nasbírána potřebná data pro analýzu.

V praktické části byly provedeny klinické testy tří druhů infotainmentu (mechanické ovládání, dotykový displej a centrální ovládací prvek) za pomoci dvou různých automobilů, kde se tyto druhy infotainmentu nachází. Konkrétně se jednalo o automobil Škoda Kodiaq, který má ve svém základu dotykový displej a mechanické (konvenční) ovládání. Druhý automobil byl Alfa Romeo Stelvio u kterého se ovládají funkce infotainmentu pomocí centrálního ovládacího prvku. Měření bylo provedeno na testovacím letišti v Milovicích staticky (na místě) a dynamicky (jízda slalomem).

Pro splnění potřebných podmínek k analýze dat a věrohodnosti statistiky bylo měření provedeno na 45 až 50 respondentech, rozdělených podle věku a pohlaví. Respondenti prováděli příslušné úkony na výše uvedených druzích infotainmentu. Také vyplnili dotazník, který obsahoval otázky na jejich osobu.

Z celého měření se udělaly záznamy pomocí kamer. Pomocí záznamů se změřila doba trvání příslušných úkonů u každého respondenta. Také pro přesnější porovnání těchto infotainmentů byly respondentům při testu nasazeny eye-trackingové brýle, které umožňují sledovat pohyb očí. Z tohoto záznamu bylo následně zjištěno, kolikrát každý respondent odvrátil pohled od směru jízdy. Ze zjištěných dat byla vypracována statistika, která určí jednotlivé závislosti mezi naměřenými daty a parametry respondentů.

Teoretická východiska

3 Ergonomie ve vozidlech

Ergonomie v osobním automobilu hraje klíčovou roli při zajištění pohodlné, bezpečné a efektivní jízdy. Přímou automobilovou ergonomii byla vyvinuta v 50. letech 20. století. Automobilovou ergonomii lze chápat jako vědu zabývající se navrhováním stroje (automobilu) pro člověka.

Lidské tělo je vysoce složitý a co se týče rozměrů velmi variabilní organismus, který se v průběhu života mění. Proto navržení sériově vyráběného automobilu je nelehký úkol. Většina automobilek navrhuje prostor pro pasažéry a řidiče na 90 % populace (5–95 percentil). To znamená, že extrémní rozměry lidského těla nejsou zahrnuty, a to proto, že by toto řešení bylo složité a z pohledu financí velmi nákladné.

Prostor řidiče a ovládací prvky musí být navrženy tak, aby se mohly přizpůsobit právě 90 % populace. Například musí být zajištěno nastavení sedačky tak, aby řidič mohl automobil dobře ovládat a zároveň měl dobrý výhled na cestu. Dále nastavení zpětných zrcátek pro přehled v provozu. A v neposlední řadě musí být zachovány dobré dosahové vzdálenosti na ovládací prvky tak, aby to řidiči nečinilo komplikace.

Kokpit vozidla, navrženo pomocí poznatků ergonomie, umožňuje řidiči pohodlně se pohybovat, snadno ovládat vozidlo, udržovat pozornost na silnici a zachovat maximální možnou bezpečnost osob. (Marek a Siebertz 2014, Reed 1998)

3.1 Rozdělení prostoru řidiče

Když byly na konci 19. století vynalezeny první automobily, obsahovaly jen prvky potřebné k základnímu manévrování a pohodlnému usazení cestujících. Postupem času výrobci zdokonalovali a také přidávali další funkce, které výrazně zvyšovaly komfort a bezpečnost automobilu. Například přidáním střechy, oken a nahrazováním mechanických

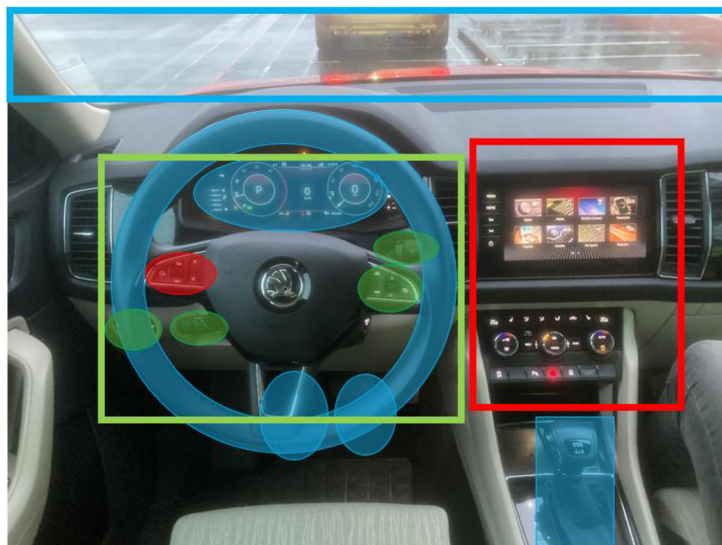
prvků za elektronické. Jako příklad elektronických prvků můžeme uvést klakson a ukazatele směru.

V současnosti dnešní automobily mají několik desítek funkcí, které se netýkají řízení, ale jsou v automobilech za účelem zvýšení komfortu nebo zábavy. Tím pádem je značně zvýšeno množství úkonů, které řidič může provádět. Z toho důvodu je prostor řidiče zaplněn různými ovládacími a zobrazujícími prvky, jako je displej, ovládací prvky na volantu, středovém panelu, stropním panelu a dveřích. Tedy všude v dosahových vzdálenostech řidiče při zachování komfortu a bezpečnosti. (Pfleging a Schmidt 2015)

Všechny ovládací prvky v prostoru řidiče nemají stejnou důležitost, a tak je prostor řidiče rozdělen do příslušných skupin. (Pfleging a Schmidt 2015)

Rozdělení těchto skupin je vidět na obrázku 1, a to do těchto tří:

1. Prostor pro primární úkony (modře vyznačené)
2. Prostor pro sekundární úkony (zeleně vyznačené)
3. Prostor pro terciární úkony (červeně vyznačené)



Obrázek 1 – Rozdělení prostoru řidiče [autor]

3.1.1 Prostor pro primární úkony

Tento prostor má nejvyšší důležitost, protože zahrnuje všechny prvky, které jsou potřebné k manévrování s vozidlem. Jsou to volant, nožní pedály a řadící páka. Také je v něm zahrnut prostor, který je nezbytný pro udržení přehledu na silnici, což zajišťuje bezpečnost. Tento prostor je zejména zorné pole, kterým má řidič možnost pozorovat situaci v provozu.

V neposlední řadě je v tomto prostoru informační panel, který řidiči poskytuje informace o jízdě a stavu vozidla. Na něm se zpravidla nachází tachometr, otáčkoměr a množství sdělovačů, které řidiče informují o aktuálním nastavení vozidla, například kontrolky světlometů či ukazatelů směru, anebo o určitém poruchovém stavu. (Pfleging a Schmidt 2015)

3.1.2 Prostor pro sekundární úkony

Do tohoto prostoru jsou zahrnuty všechny prvky, které jsou úzce spojené se samotným řízením automobilu a bez kterých by v příslušných situacích nebylo možné bezpečně řídit. Tyto ovládací prvky zahrnují světlomety, ukazatele směru, stěrače, ale také prvky napomáhající komfortu a bezpečí. Jedná se například o tempomat nebo funkci hlídání automobilu v pruzích. (Pfleging a Schmidt 2015)

3.1.3 Prostor pro terciární úkony

Zde se nacházejí všechny prvky, jejichž účelem je zvyšovat komfort a rozšiřovat funkce celého systému. Jedná se o infotainment automobilu, který nejen že zvyšuje komfort, ale má i účel zábavy. Infotainment je většinou umístěn na středovém panelu, na palubní desce a také často nastavované prvky je možné ovládat na volantu, aby nemusel řidič sundávat ruce z volantu při řízení. Patří sem například funkce hands-free komunikace (bezpečné telefonování a přijímání hovorů za jízdy), navigace, rádio a přehrávač, klimatizace, osvětlení ve vozidle atd. (Pfleging a Schmidt 2015)

3.2 Zásady navrhování infotainmentu

Navržení infotainmentu má přímý vliv na bezpečnost a komfort lidí. Ovládací prvky infotainmentu jsou přímou cestou v komunikaci mezi řidičem a automobilem. Z tohoto důvodu je důležité, aby výrobci vozidel navrhovali a implementovali infotainment systémy tak, aby minimalizovaly rozptýlení řidiče a umožnily jim zůstat plně soustředěni na řízení.

Protože nastavování různých částí infotainmentu je prováděno i za jízdy, musí být hlavní prioritou přizpůsobit ovládání tohoto prvku tak, aby nad nimi řidič strávil co nejméně času a pozornost věnoval hlavně řízení automobilu. Pro navrhování infotainmentu je velmi důležité se držet stanovených zásad. (Bhise 2016)

Základní zásady navrhování infotainmentu jsou:

1. Ovládací prvky infotainmentu musí být navrženy tak, aby řidič vyvíjel co možná nejmenší psychické a fyzické úsilí na provedení úkonu.
2. Infotainment je potřeba přizpůsobit velké variabilitě uživatelů. Zde hrají roli věk a s tím spojené motorické schopnosti, výška (ta má přímý vliv na pozici očí a rukou) a znalosti použitého ovládání.
3. Je nutné si prostudovat podmínky používání ovládacích prvků, a to, při jakých jízdách situacích budou používány. Díky tomu dostaneme vhled do potřeb řidiče, které je potřeba zohlednit při návrhu infotainmentu.

Infotainment automobilu se skládá z několika desítek ovládacích prvků a displejů. Proto je vhodné dále uvést několik stěžejních bodů jednotlivých charakteristik příslušných použitých systémů. (Bhise 2016)

Charakteristika dobře provedeného mechanického ovládání

1. Řidiči je umožněno ovládat příslušné funkce s minimální námahou.
2. Při daném úkonu na infotainmentu řidič potřebuje pouze minimální počet pohledů na daný prvek. (Například některé jednoduché ovládací prvky na volantu jsou ovládány intuitivně bez potřeby pohledu na prvek. To výrazným způsobem přispívá k bezpečnosti řízení.)
3. Pro provedení příslušného úkonu je zapotřebí minimálního počtu účelných pohybů. (V tomto ohledu opět velmi dobře obstojí ovládací prvky na volantu nebo také centrální ovládací prvek, kdy ovládání je prováděno velmi krátkými a snadnými pohyby prstů.) (Bhise 2016)

Charakteristika dobře provedeného displeje

1. Řidič by měl být schopen rychle přečíst displej a porozumět mu (tj. získat požadované informace) s minimální námahou.
2. Řidič by měl být schopen získat potřebné informace z vizuálního displeje několika krátkými pohledy nebo dokonce pouze jedním pohledem.
3. Řidič by k získání potřebných informací neměl vyžadovat žádné hrubé pohyby těla (jako je naklánění s nadměrnými pohyby hlavy a trupu).
4. Displej přesně zaznamenává doteky prstů i přes jejich variabilitu (tj. velikost prstů).
5. Z displeje se dají snadno vyčíst sdělované informace i přes nasvícení displeje sluncem nebo jiným zdrojem světla. (Bhise 2016)

3.3 Nehody způsobené nepozorností

Nehody způsobené nevěnováním se řízení patří mezi jedny z nejzávažnějších a zároveň nejzbytečnějších událostí na silnicích dnešní doby. Když řidič nevěnuje plnou pozornost svému řízení, může se snadno stát, že ztratí kontrolu nad vozidlem, nedodrží pravidla silničního provozu nebo nedokáže adekvátně zareagovat na neočekávané situace. To vede nejen k vážným újmám na zdraví a majetku, ale v některých případech bohužel i k lidským obětem.

Jak uvádí Policejní prezidium České republiky, v roce 2022 jednou z hlavních příčin dopravních nehod byla nepozornost a nevěnování se řízení. Havárie ovlivněné nevěnováním se řízení zahrnovaly v roce 2022 až 20,9 %. Z celkového množství smrtelných nehod představovaly 16,2 % nehody způsobené právě nepozorností řidiče. (Policejní prezidium České republiky – Informace o nehodovosti 2022)

3.3.1 Pozornosti řidiče při řízení

Jak vyplývá z výše uvedených statistik, pozornost řidiče při řízení je klíčovým faktorem pro bezpečnost na silnicích. Řízení vozidla vyžaduje soustředění na mnoho různých faktorů, jako je sledování dopravních značek, reakce na chování ostatních řidičů, správné zacházení s vozidlem a sledování okolního prostředí. Proto je velmi důležité minimalizovat rušivé faktory, které mohou snížit úroveň pozornosti a zvýšit riziko nehody. (Singh et al. 2016)

Pozornost řidiče může ovlivnit mnoho faktorů, jako je používání mobilního telefonu, interakce s infotainmentem, používání rádia, jídlo, pití, úprava vlasů, koukání se na sebe do zrcátka, a dokonce i denní snění. (Abbasi 2021)

Pokud jde o úkoly, které řidiči vykonávají, mohou se tedy rozptýlit manuálně, vizuálně a mentálně (kognitivně). Z tohoto pohledu se obecně rozděluje rozptýlení řidiče do tří hlavních kategorií:

a) Vizualní

K vizuálnímu rozptýlení dochází, když řidiči odvracejí zrak od vozovky, aby získali nějaké informace nebo ovládali zařízení, například si vybrali skladbu, zkontrolovali textovou zprávu nebo přijali hovor.

b) Manuální

K manuálnímu rozptýlení dochází, když řidič sundá ruce z volantu, například když se snaží dosáhnout na zadní sedadla, jí, pije nebo si upravuje vlasy.

c) Kognitivní rozptýlení

Tato kategorie rozptýlení nastává, když řidiči přemýšlejí o něčem, co nesouvisí s jejich povinnostmi při řízení vozidla, jako je snění nebo se prostě ztrácí v myšlenkách. Jakýkoli typ těchto rušivých vlivů může mít dopad na výkon řidiče nezávisle nebo v kombinaci s jinými formami rušení.

d) Zvukové

Tato kategorie přímo nespadá mezi tři hlavní, ale také hraje významnou roli v pozornosti řidičů. Tato kategorie má na řidiče dva vlivy, jednak nemůže plně využít svůj sluch například z důvodu hlasité hudby nebo se řidič upoutá na zvukový vjem, který ho vyruší od řízení. (Abbasi 2021)

3.3.2 Role infotainmentu

Infotainment ve vozidle může hrát dvojí roli v pozornosti řidiče. Na jednu stranu může poskytovat užitečné informace a funkce, které mohou zlepšit povědomí řidiče o automobilu a zvýšit bezpečnost. Například navigační systémy mohou pomoci řidičům najít optimální cestu a také se v nich už běžně uvádějí informace o dění na cestě nebo i stavu

vozovky, což snižuje stres, potenciální rozptýlení a přispívá k předvídání rizik. Přehledné obrazovky s informacemi o vozidle mohou také zlepšit povědomí řidiče o stavu vozidla a snížit riziko technických problémů.

Na druhou stranu může infotainment také představovat riziko rozptýlení a snížení pozornosti řidiče. Příliš komplikované ovládací prvky nebo složité menu mohou vyžadovat přílišnou pozornost od řidiče, která má být věnována hlavně sledování silnice a okolního provozu. Používání funkcí infotainmentu může mít vážné následky na bezpečnost v provozu. Z toho důvodu jsou při navrhování infotainmentu dodržovány příslušné zásady, které jsou uvedené výše.

Intuitivní ovládání a hlasové asistenty mohou být užitečnými funkcemi, které umožní řidičům bezpečně interagovat s infotainmentem bez odvádění pozornosti od silnice. Zároveň je důležité, aby i samotní řidiči byli zodpovědní a používali infotainment systémy pouze v bezpečných situacích. (Bhise 2016)

3.3.3 Role času

Při plánování ovládacích prvků ve vozidle je důležité brát v úvahu dobu, kterou řidič potřebuje k vykonání různých úkonů. Například pro kontrolu rychlosti z rychloměru potřebuje člověk v průměru 0,9 sekundy a na pohled do zpětného zrcátka potřebuje člověk v průměru pouze 0,5 sekundy. Složitější úkony, jako je nastavení rádia nebo klimatizace, vyžadují více času a nejnásadněji je, že musí odvrátit pohled více než jednou. Je však klíčové si uvědomit, že každá chvíle nepozornosti může mít významné dopady na bezpečnost. Při vyšších rychlostech může i krátký pohled stranou znamenat ujetí desítek metrů v podstatě „na slepo“, což může mít za následek vznik nebezpečných situací na silnici. Proto je nutné, aby ovládací prvky byly navrženy tak, aby minimalizovaly čas nastavování funkcí a umožnily řidiči udržet plnou pozornost na řízení a na dění kolem sebe. (Bhise 2016)

4 Predispozice jedince k ovládání infotainmentu

Predispozice člověka k ovládání infotainmentu v automobilu mohou být různé a závisí na několika faktorech. Tyto predispozice můžeme rozdělit na dovednosti lidského těla (jako je zrak, hmat, sluch a motorika) a dovednosti člověkem nasbírané v průběhu života (například technické dovednosti, zkušenosti s příslušnými technologiemi).

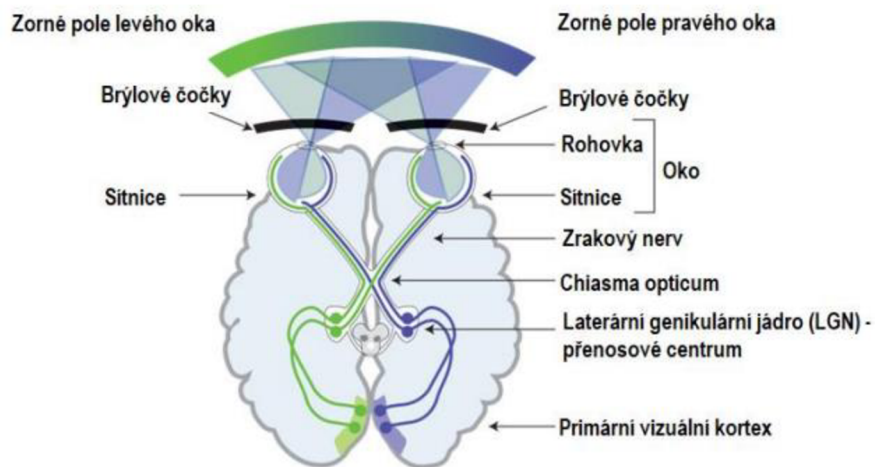
Technické dovednosti mají velký vliv na schopnost ovládat infotainment, protože lidé s technickými zkušenostmi s používáním elektronických zařízení a systémů budou pravděpodobně lépe schopni porozumět a ovládat infotainment v automobilech.

Dále psychomotorické schopnosti jsou také důležité, protože rychlost a přesnost pohybů rukou a prstů hrají roli při ovládání infotainmentu, zejména pokud se jedná o dotykový displej nebo ovládací prvky umístěné na středovém panelu.

Kromě toho záleží také na každém člověku podle toho, jaký je. Zda je přizpůsobivý a učenlivý k používání nových zařízení, jestli se dokáže dobře soustředit a je schopný multitaskingu. (Abbasi 2021, Singh et al. 2016)

4.1 Zrak

Zrak je jedním z primárních sensorických mechanismů, které člověku umožňují vnímat a interpretovat okolní prostředí. Je nejdůležitější smysl pro řízení automobilu, neboť zajišťuje informace z okolí, o dopravních situacích a o případných nebezpečích. Optický signál z okolí je transformován v sítnici na nervové impulsy, které jsou následně přenášeny do mozku a interpretovány jako obrazy. Dále kvalita zraku je důležitá pro rychlé a bezpečné reakce v různých situacích na silnici. Ta může být rozdílná u každého jedince. Dobře fungující zrak umožňuje včasnou identifikaci dopravních značek, chodců, jiných vozidel a překážek. (Zeiss 2017)



Obrázek 2 – Zrakový systém člověka [Williams 2016]

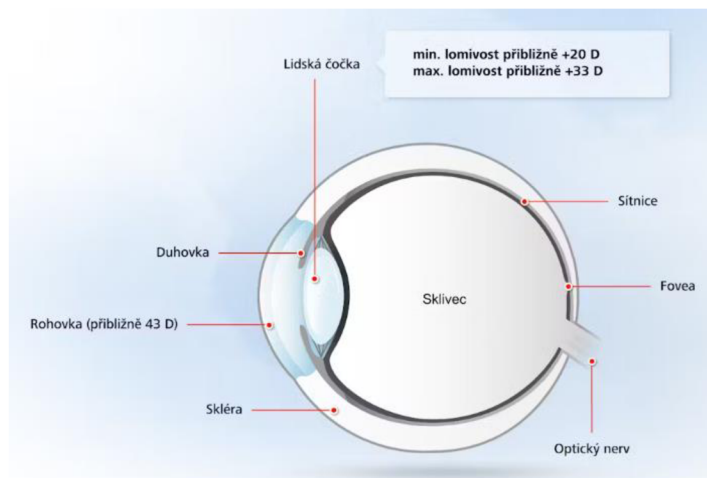
4.1.1 Stavba a pohyby lidského oka

Proces zpracování optického signálu začíná hned v první části oka, kde světlo vstupuje skrze rohovku, což je průhledná část přední části oka, která lomí světelné paprsky. Zornice, černý otvor ve středu iris, se automaticky zužuje nebo rozšiřuje podle množství světla, které vstupuje do oka. Poté světlo prochází čočkou, která se mění svojí zakřiveností, aby zaostřila obraz na sítnici.

Sítnice je vrstva nervových buněk na zadní části oka a obsahuje fotoreceptory – čípky a tyčinky. Čípky jsou citlivé na barvy a jsou aktivní při jasném osvětlení, zatímco tyčinky jsou citlivé na světlo a tmavost a jsou aktivní při nočním vidění. Tyto fotoreceptory přeměňují světelné podněty na elektrické signály.

Nervové signály vytvořené fotoreceptory jsou pak přenášeny skrze sítnici, kde se sbírají v bodě nazývaném optický nervní paprsek. Optický nervní paprsek, známý také jako zrakový nerv, vystupuje z oka a přenáší tyto signály do mozku.

V mozku jsou signály zpracovány a integrovány tak, aby vytvořily jednotný obraz okolního prostředí. (Zeiss 2017)



Obrázek 3 – Schéma lidského oka [Zeiss 2017]

Lidské oko je schopno provádět různé pohyby, které umožňují sledovat pohybující se objekty, zaměřit se na různé body v prostoru a zachytit informace z různých úhlů. Tento systém pohybů je zajištěn skupinou svalů, které ovládají pohyb očních bulv. Zde je přehled některých hlavních pohybů lidského oka:

Saccade – jsou rychlé pohyby očí, které umožňují přesunutí pohledu z jednoho bodu na druhý. Tyto pohyby jsou typické pro sledování pohybujících se objektů nebo při vyhledávání informací v prostoru.

Smooth pursuit – je plynulý pohyb očí, který umožňuje udržovat pohled na pohybujícím se objektu. Tento typ pohybu je aktivován, když se sledovaný objekt pohybuje pomalu a souvisle, a umožňuje udržovat ostrý obraz objektu na sítnici.

Vergence movements – se vyskytují, když se oči pohybují dovnitř nebo ven z bodu fixace. Tyto pohyby jsou nezbytné pro správné sladění pohledu obou očí, což umožňuje vnímat hloubku a prostorové rozměry objektů.

Vergence accommodation reflex – je proces, při kterém se současně mění zakřivenost čočky a konverguje pohled obou očí, aby byl zachován jasný obraz sledovaného objektu na

sítnici. Tento reflex je důležitý pro správné zaostřování na objekty v různých vzdálenostech. Přesně tento pohyb musí oko vykonat například mezi vozovkou a infotainmentem.

Vestibulo-ocular reflex – je mechanismus, který synchronizuje pohyb očí s pohybem hlavy, aby byl zachován stabilní obraz okolí na sítnici. (Zeiss 2017, Boguszaková 2003)

Tyto pohyby umožňují lidskému oku efektivně reagovat na změny v okolním prostředí a zachytit důležité vizuální informace z různých úhlů a v různých podmínkách. Jsou důležité pro správné vnímání prostoru, zachování ostrosti obrazu a koordinaci pohybu očí s pohybem hlavy a těla.

Zajímavá je skutečnost, že pokud je pohyb krátký, rychlý a do 15 stupňů natočení z neutrální pozice (pozice, kdy hlava i oči jsou v přirozené poloze „rovně“) dojde pouze k natočení očí. Dobrým příkladem je třeba kontrola rychlosti z palubní desky. Pokud je potřeba fixovat pohled na příslušný prvek déle nebo je výchylka o je potřeba pohled otočit větší, dojde i k natočení hlavy. Například při nastavování infotainmentu na středovém panelu v automobilu dojde právě i k natočení hlavy. (Zeiss 2017, Boguszaková 2003)

4.1.2 Eye tracking

Technologie sledování pohybu očí, známá také jako eye tracking, je metoda sledování a zachycování pohybů a pozic očí jednotlivce. Tato technologie využívá různé metody a senzory k detekci pohybu očí a zaznamenávání toho, kam osoba zaměřuje svůj pohled v daném okamžiku.

Rané studie sledování očí, které byly vyvinuty na konci devatenáctého století, používaly přímé pozorování očí k pochopení vzorců čtení, které se jeví jako série očních skoků a fixací, avšak nikoli jako plynulý pohyb oka, jak se předpokládalo. Tehdy psychologové používali invazivní technologii, která byla pro účastníky studií nepříjemná a nedovolovala volný pohyb hlavy. Díky povědomí o těchto technologiích se o tento obor začalo zajímat více odborníků a psychologů, díky tomu se zlepšila metodologie,

prohlubovaly se znalosti a obor se začal rozvíjet. Technologie sledování očí v současnosti zahrnují možnosti mobilního systému, které umožňují volný pohyb hlavy v rámci provádění příslušných testů. Flexibilita otevřela dveře aplikacím této techniky od diagnostiky až po interakci s prostředím. (Thite 2016)

Existuje mnoho metod sledování a zaznamenávání pohybu očí. Nejčastěji používanou technikou moderních eye trackerů je metoda založená na Pupil Center Corneal Reflection (PCCR). Tato metoda využívá blízké infračervené kamery nebo jiné optické senzory k monitorování směru pohledu. Princip spočívá v tom, že blízké infračervené světlo je směřováno k zornici, tedy do středu oka, čímž vytváří viditelné odrazy v rohovce, jež jsou následně zachyceny kamerou. PCCR se často používá v bezkontaktních eye trackerech.

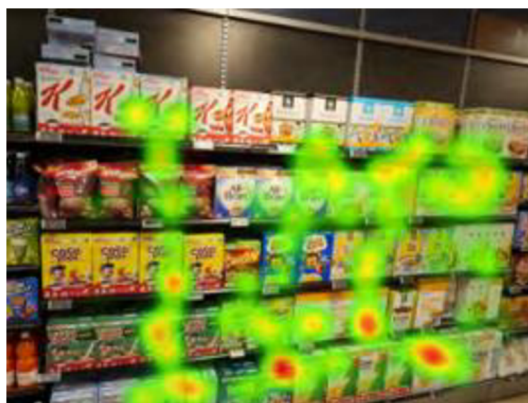
Základní funkce eye trackeru spočívá v zachycení pohybu očí pomocí světelného zdroje, který osvětluje oko a vyvolává viditelné odrazy. Pro tento účel se využívá kamera s vysokým rozlišením, která zachycuje obraz oka a zaznamenává tyto odrazy. Tím je možné identifikovat odrazy světelného zdroje na rohovce a zornici. Následně je vypočten vektor, který vzniká úhlem mezi rohovkou a odrazy zornice, a na základě této informace je určen směr pohledu. (Punde et al. 2017)

Metody výpočtu tohoto vektoru mohou zahrnovat:

- Výpočet na základě rychlosti
- Výpočet na základě disperze
- Určení oblasti zájmu (Punde et al. 2017)

Systém sledování pohybu očí poskytuje značné množství dat, která se dají dále zpracovávat. Ze zpětného záznamu je možné zjistit čas pozornosti na daný prvek nebo konkrétně, kolikrát musí dojít k odvrácení pohledu od směru jízdy na nastavovaný prvek na infotainmentu. Dalším velmi dobrým ukazatelem pozornosti je takzvaná „heat mapa“, kterou je možné následně zpracovat ze záznamu z eye-trackingových brýlí. Jak můžeme vidět, na obrázku 4 je zpracovaná heat mapa, na které je vidět pozornost na sortiment v obchodě. Barevné spektrum jde od zelené po červenou barvu podle toho, jak velká fixace očí byla na

daný produkt. Další možností zpracování mapy je očíslování a propojení jednotlivých fixací očí na prvek. Jednoduše řečeno z mapy vidíme, v jakém pořadí člověk koukal na daná místa. (Jensen et al. 2017)



Obrázek 4 – Heat mapa v obchodě [Jensen et al. 2017]

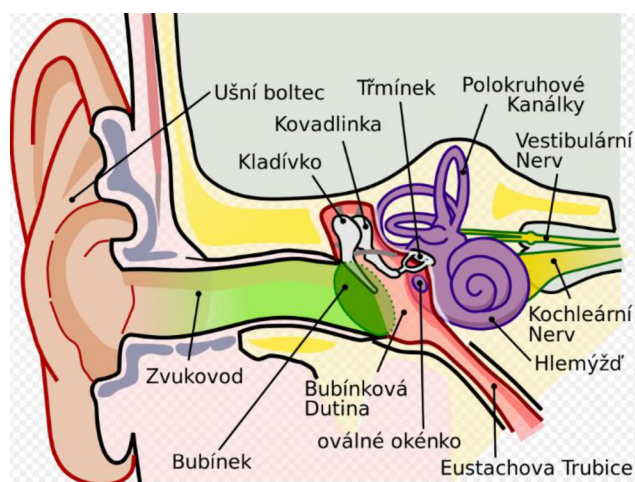
4.2 Hmat

Hmat je jedním z primárních lidských smyslů, který nám umožňuje vnímat fyzický svět dotykem. Tento smysl je zprostředkován nervovými zakončeními v kůži, které reagují na tlak, teplotu, texturu a další fyzikální vlastnosti objektů, které přicházejí do kontaktu s naším tělem. Hmatové receptory jsou rozděleny do různých typů specializovaných na různé druhy vnímaných podnětů.

Při navrhování infotainmentu je jedním z aspektů, kterými se konstruktéři zabývají, ergonomie a design ovládacích prvků. Je snaha o to, aby jednotlivé ovládací prvky byly rozpoznatelné po hmatu pomocí vhodné konstrukce prvku a struktury povrchu. Jedním z příkladů je taktická zpětná vazba ve formě fyzických tlačítek, otočných prvků nebo touchpadů umístěných na ovládacích panelech. Tyto prvky mohou být navrženy tak, aby poskytovaly uživatelům jasnou odezvu při stisknutí, otáčení nebo posouvání prstů, což umožňuje ovládání intuitivně a bez nutnosti odvádět pozornost od řízení. (Jung et al. 2021, Renata et al. 2021)

4.3 Sluch

Sluchový systém je schopen zachytit široký rozsah zvuků od jemných šepotů po hlasité zvuky a převádí je na elektrické signály, které jsou následně interpretovány mozkem. Díky sluchu jsme schopni vnímat hudbu, rozumět řeči, identifikovat nebezpečné situace a orientovat se ve svém prostředí. Na obrázku 5 je vidět stavba lidského ucha. (Richard Rokyta 2016)



Obrázek 5 – Stavba lidského ucha [Veselý 2016]

Moderní technologie umožňují integrování hlasového ovládání do infotainmentu, což umožňuje řidičům ovládat různé funkce, jako je navigace, hlasové hovory a přehrávání hudby, pouhým hlasem. V současných automobilech se také často využívají zvukové signály a zvuková zpětná vazba pro potvrzení provedených akcí, což umožňuje řidičům lépe chápat, jakým způsobem byla jejich interakce s infotainmentem úspěšně provedena. (Bhise 2016)

4.4 Motorika lidského těla

Motorika lidského těla se zabývá pohybovými schopnostmi a procesy, které umožňují řídit a koordinovat pohyb našeho těla. Jedná se o komplexní systém, který zahrnuje mozková centra, nervové dráhy a svalové skupiny. Řízení motoriky zahrnuje procesy plánování, provedení a kontrolu pohybu v reakci na vnější podněty nebo vnitřní požadavky organismu.

Tento systém umožňuje provádět širokou škálu pohybů od základních, jako je chůze a manipulace s předměty, až po složité, jako je sportovní výkonnost nebo umělecké provedení. Motorika je důležitým aspektem denních aktivit a je nezbytná pro interakci s prostředím a plnohodnotný život. Její poruchy mohou mít významný dopad na schopnost jedince fungovat v každodenním životě.

Schopnost koordinovat a provádět pohyby rukou a prstů je nezbytná pro ovládání různých funkcí a prvků v infotainmentu vozidla, jako jsou dotykové obrazovky, ovládací prvky na volantu nebo na středovém panelu. Design infotainmentu ve voze musí brát v úvahu ergonomii a snadnou ovladatelnost, aby minimalizoval rušení řidiče a zajistil bezpečné používání systému během jízdy. Tímto způsobem se motorika stává klíčovým prvkem uživatelského rozhraní v automobilovém průmyslu, kde se snaha o maximalizaci pohodlí a efektivity ovládání neustále rozvíjí. Je důležité, aby se tělo při ovládání infotainmentu nedostávalo z pohledu ergonomie do nevyhovujících poloh. Obecně je potřeba navrhnout operační prostor řidiče tak, aby se mohl přizpůsobit většině lidí. Například u ovládání infotainmentu je důležité, aby se člověk nemusel nijak ohýbat, rotovat trupem těla nebo přebytečně namáhat krčí páteř. (Bhise 2016, Blahutková 2003, Čelikovský 1990)

4.4.1 Motorika ruky

Motorika ruky zahrnuje složitý systém pohybových schopností a dovedností, které umožňují řídit a koordinovat pohyb horních končetin. Ruka je vybavena svaly, šlachami, klouby a nervy, které spolupracují při provádění široké škály pohybů s různou přesností a silou. Pohyby ruky jsou rozděleny do dvou hlavních kategorií: hrubá motorika a jemná motorika.

Hrubá motorika: Zahrnuje větší pohyby a svalovou sílu, která umožňuje hrubé manipulace s předměty nebo pohyby celou rukou a paží. Patří sem například tahání, tlačení, zdvihání a stiskání.

Jemná motorika – se zaměřuje na precizní pohyby prstů a ruky, které vyžadují jemnou kontrolu a koordinaci. Tato dovednost je klíčová pro jemnější motorické pohyby, jako například ovládání infotainmentu v automobilu.

Zásadním faktem u motoriky ruky, který má velký vliv na ovládání infotainmentu, je nemožnost přesné fixace ruky v dané poloze při proměnlivých silách a směrech těchto sil působících na ruku. Například robotické rameno bude naprosto ve stejné poloze i při měnících se působících silách na toto rameno. To lidská paže nedokáže.

Při ovládání infotainmentu v automobilu se využívá široká škála motorických pohybů, které umožňují řidičům a cestujícím interagovat s různými funkcemi a prvky. Mezi nejběžnější patří manipulace s ovládacími prvky na palubním panelu a volantu. Tento proces zahrnuje stisknutí tlačítek, otáčení knoflíků, ovládání joysticku (pákového ovladače) a posouvání přepínačů.

Dalším důležitým prvkem je dotykový displej, který se stává stále běžnější v moderních automobilech. Uživatelé se mohou pomocí dotykového displeje pohybovat mezi různými obrazovkami a aplikacemi, provádět akce jako dotyk, stisknutí, posunutí prstu či roztážení/stažení dvou prstů.

V neposlední řadě je integrace ovládacích prvků přímo do volantu dalším přístupem, který umožňuje řidičům ovládat určité funkce, aniž by musely ruce opouštět volant. Tento přístup k ovládání zvyšuje pohodlí a bezpečnost, protože umožňuje řidičům udržovat svou pozornost na silnici a z pohledu motoriky ruky jsou pohyby minimální vůči operacím na středovém panelu. (Bhise 2016, Čelikovský 1990)

5 Koncepce infotainmentu

Infotainment v automobilech je dnes neodmyslitelnou součástí moderních vozidel, přinášející uživatelům širokou škálu funkcí od zábavy a komunikace až po informační služby a navigaci. S rostoucím důrazem na technologické inovace a rozsah funkcí ve vozidlech se objevují různé koncepce infotainmentu, které se snaží spojit pokročilé technologie s bezpečností, ergonomií a estetikou.

V současnosti se můžeme setkat s několika koncepcemi infotainmentu. Od klasických ovládacích středových panelů s fyzickými tlačítky a ovládacími tlačítky na volantu až po dotykové displeje, ovládání gesty nebo hlasové ovládání. Existuje mnoho způsobů, jak integrovat infotainment do automobilu a poskytnout uživatelům optimální zážitek z jízdy z pohledu ergonomie a bezpečnosti.

Tyto různé koncepce reflektují potřeby a preference uživatelů, stejně jako technologické možnosti a trendy v automobilovém průmyslu. Vzhledem k rychlému vývoji digitálních technologií a rostoucímu vlivu umělé inteligence a konektivity jsou velmi pravděpodobné další inovace a evoluce v oblasti infotainmentu v automobilech. (Bhise 2016)

5.1 Mechanické prvky

Mechanické ovládací prvky v infotainmentu automobilu představují tradiční způsob interakce mezi uživatelem a systémem. Tyto prvky zahrnují všechna fyzická tlačítka, kterými se ovládá infotainment v automobilu. Jedná se o pevné, hmatově identifikovatelné prvky, které umožňují uživatelům rychlé a jednoduché ovládání různých funkcí infotainmentu někdy i bez nutnosti odvracet pozornost od silnice.

Tyto mechanické ovládací prvky poskytují uživatelům zpětnou vazbu, kterou si můžeme představit například v podobě fyzického odporu tlačítka. Při překonání odporu se tlačítko pohne a sepne spínač, řidič tímto pohybem zjistí, že příslušný prvek aktivoval nebo

vypnul. Výhodou je umístění tlačítek na volantu, pomocí kterých lze rychle přepínat mezi stanicemi nebo zvyšovat či snižovat hlasitost.

Mechanické ovládací prvky jsou oblíbené pro svou spolehlivost a jednoduchost. Tyto vlastnosti jsou značně přívětivé pro starší generace, které jsou na tento typ zvyklí a mají obecně problémy s dotykovými displeji, které v dnešní době můžeme nalézt už kdekoli. Navzdory rostoucí popularitě dotykových displejů zůstávají mechanické ovládací prvky důležitým prvkem v designu infotainmentu v autech, přispívajícím k pohodlí a bezpečnosti uživatelů za volantem. (Bhise 2016)

Základní rozdělení mechanických prvků:

Spojité versus diskrétní:

- a) Spojité ovládání znamená, že je možné nastavit příslušný parametr v jakémkoliv bodě rozsahu daného ovládacího prvku. Tento typ ovládání lze vidět například u nastavení hlasitosti u radia.
- b) Diskrétní ovládací prvky jsou na rozdíl od spojitých vymezeny přednastavenými polohami. Na tomto typu ovládání nastavíme pouze polohy, které jsou příslušným mechanismem ukotveny v daných polohách. Diskrétní ovládací prvky jsou například u intenzity ventilátoru klimatizace, kde každá intenzita má svoji polohu. (Bhise 2016)

Výhody mechanických prvků ovládání:

- Jednoduchost (i pro starší generace)
- Nízké náklady na provedení
- Zpětná vazba na provedený úkon
- Spolehlivost
- U většiny fixace ruky při provádění úkonu
- Hmatově identifikovatelné

Nevýhody mechanických prvků ovládání:

- Omezené funkce oproti displeji
- Neprogramovatelné
- Čím více funkcí, tím více prostoru je potřeba
- Ohyb prstů či zápěstí

5.1.1 Tlačítkové spínače

Tlačítkové spínače fungují jednoduše a pro jejich ovládání stačí provést kontaktní uchopení, což znamená pouze natáhnout prst k tlačítku a vyvinout mírnou sílu, obvykle kolem 3,5 N, na jeho aktivaci. Na rozdíl od jiných ovládacích prvků, jako jsou například knoflíky, tlačítkové spínače nepotřebují, aby uživatel uchopil celou ovládací plochu, což usnadňuje jejich použití. S rozvojem elektroniky se tlačítkové spínače staly jedním z nejlevnějších ovládacích prvků na výrobu a mnoho malých tlačítek lze umístit na malé plochy ovládacích panelů a uspořádat do různých vzorů. Někteří uživatelé mohou mít problémy s přesným zaměřením a aktivací malých tlačítek, zejména po velkém pohybu ruky, což může být příčinou stížností. (Bhise 2016)

5.1.2 Kolébkové spínače

Dalšími spínači na palubních deskách automobilů jsou dvoupolohové kolébkové spínače, které umožňují přepínat mezi dvěma režimy – např. zapnuto nebo vypnuto. Část kolébky, která nevyčnívá, ukazuje aktuální stav spínače, zatímco vystouplá část poskytuje vizuální a hmatový podnět, který označuje možné režimy pro budoucí akci. Existují i kolébkové spínače s více než dvěma polohami, jako je například elektronické ovládání oken. (Bhise 2016)

5.1.3 Otočné přepínače

Většina běžných otočných přepínačů funguje tak, že se uchopí a otáčejí ve směru hodinových ručiček (zesílení nebo zapnutí) a proti směru hodinových ručiček (zeslabení

nebo vypnutí). Tyto knoflíky mohou mít různé tvary a velikosti a někdy jsou doplněny ukazateli nebo značkami. Existují jak spojitě, tak diskrétní otočné ovladače. (Bhise 2016)

5.1.4 Multifukční spínač

V současnosti v automobilech nalezneme několik druhů multifunkčních spínačů, které dokážou plnit více než jednu funkci. Pro multifunkční spínače je velmi důležité vhodné symbolické označení pro přehlednost. Klasický multifukční spínač jsou například páčky pod volantem. (Bhise 2016)

5.2 Dotykový displej

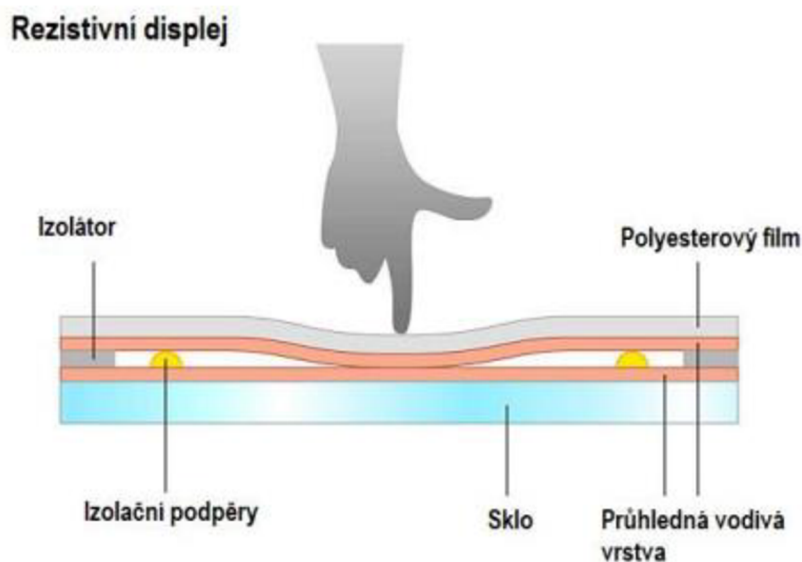
Dotykové displeje v automobilech se dnes již vyskytují ve většině nově vyrobených aut napříč značkami a představují způsob, jak řidiči a cestující interagují s různými funkcemi a informacemi ve vozidle. Jsou navrženy tak, aby poskytovaly podobnou uživatelskou zkušenost jako chytré telefony a tablety, což znamená, že se člověk, který tyto technologie běžně využívá, dokáže snadno naučit ovládat tento typ infotainmentu. Jeden z hlavních benefitů dotykových displejů spočívá v jejich flexibilitě, což umožňuje výrobcům vozidel aktualizovat a upravovat uživatelské rozhraní bez nutnosti fyzických úprav v interiéru automobilu. To znamená, že nové funkce a aktualizace mohou být snadno integrovány do stávajícího systému, což přináší větší komfort a výkonnost pro uživatele vozidla. Nicméně při používání dotykových displejů je důležité brát v úvahu bezpečnostní aspekty a minimalizovat odvádění pozornosti řidiče od silnice. Je nezbytné, aby design těchto displejů byl ergonomický a snadno ovladatelný, aby řidiči mohli zachovat plnou koncentraci na řízení vozidla. Dotykové displeje používané v automobilech rozdělujeme na rezistivní a kapacitní. Kapacitní displeje používané v automobilech již zastínily rezistivní displeje, hlavně díky jejich vyšší citlivosti na dotek a kvalitnějšímu obrazu. (Bhise 2016)

5.2.1 Rezistivní displeje

Rezistivní dotykové displeje jsou jedním z tradičních typů dotykových technologií, které jsou používány v různých zařízeních, jako jsou navigační systémy, průmyslové řídicí panely, starší modely mobilních telefonů a PDA (personal digital assistant) zařízení. Tento

typ displejů funguje na principu dvou tenkých vrstev, které jsou umístěny nad sebou a odděleny malými izolačními body. Když uživatel stiskne nebo dotkne se povrchu obrazovky, vrchní vrstva se deformuje a dotýká se spodní vrstvy, což vede ke změně elektrického proudu. Tato změna v elektrickém proudu umožňuje určení polohy dotyku.

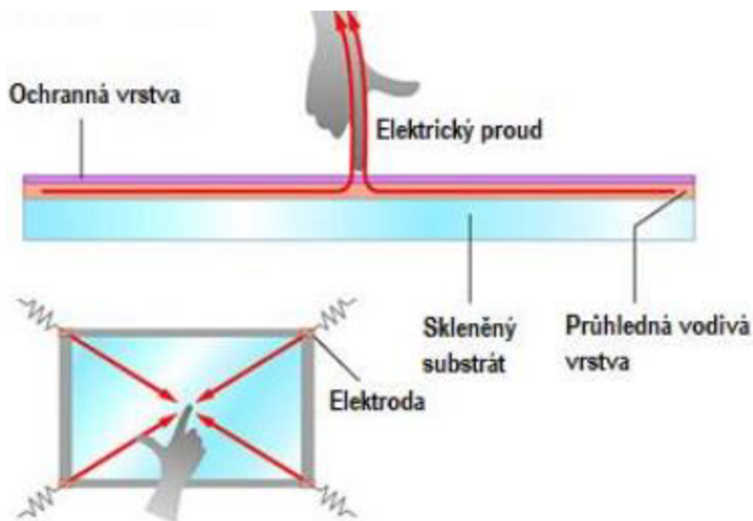
Rezistivní dotykové displeje mají několik výhod, jako je nízká cena výroby a schopnost reagovat na dotyk s jakýmkoliv nekovovým předmětem. Jsou také odolné vůči vodě a prachu, což z nich činí vhodnou volbu pro prostředí s obtížnými podmínkami. Nicméně mají i své nevýhody, jako je nižší kvalita obrazu a omezená citlivost na dotyk ve srovnání s jinými typy dotykových displejů. Navíc jsou náchylné k poškození, jako je opotřebení a škrábance na povrchu. I přes tyto nedostatky jsou rezistivní dotykové displeje stále používány v mnoha průmyslových a konzumních aplikacích díky své jednoduchosti a spolehlivosti. Princip fungování rezistivního displeje je zřejmý z obrázku 6. (Kefurt 2021)



Obrázek 6 – Rezistivní dotykový displej [Mikroe 2016]

5.2.2 Kapacitní displeje

Kapacitní dotykové displeje patří mezi nejběžnější typy dotykových technologií v moderních zařízeních, jako jsou chytré telefony, tablety a dotykové monitory. Tyto displeje fungují na principu kapacity, kde se změna elektrické kapacity na povrchu obrazovky zaznamenává jako reakce na dotyk. Skládají se z tenkého skla s transparentním vodivým materiálem naneseným na vnější povrch, který reaguje na dotyk lidského těla. Když uživatel přesune prst po obrazovce, dojde k změně elektrické kapacity v dané oblasti, což umožňuje zařízení určit polohu dotyku. Kapacitní displeje mají několik výhod, jako je vysoká citlivost na dotyk, rychlá odezva a vysoká kvalita obrazu. Jsou také odolné vůči opotřebení a nabízejí plynulé a přesné ovládání. Nicméně jsou citlivější na vlhkost a nejsou tak vhodné pro použití v extrémních podmínkách jako rezistivní displeje. Díky své vysoké popularitě a širokému rozsahu použití jsou kapacitní dotykové displeje dominantním typem v současných spotřebitelských elektronických zařízeních. Princip fungování je vidět na obrázku 7. (Kefurt 2021, Nam et al. 2021)



Obrázek 7 – Kapacitní dotykový displej [Mikroe 2016]

Výhody ovládání pomocí dotykových obrazovek:

- Displej je sdělovací i pracovní plochou zároveň
- Programovatelné
- Široký rozsah funkcí
- Menší nároky na prostor
- Bez ohýbání prstů při uchopování

Nevýhody ovládacích dotykových obrazovek:

- Těžší na ovládání pro starší generace
- Sluneční světlo ovlivňuje čitelnost displeje
- Displej špatně funguje při dlouhých nehtech na rukou
- U kapacitních má velký vliv vlhkost na funkčnost
- Při použití rukavic nebudou kapacitní fungovat
- Bez zpětné vazby => nutná kontrola, zda byl úkon proveden
- Možné znečištění a poškrábání displeje jeho používáním => nečitelnost
- Bez větší fixace ruky při ovládání (to může způsobovat problémy při ovládání například na nerovném terénu)
- Nutnost porozumění příslušnému systému, který je skrze dotykový displej zprostředkován => to může ovlivnit bezpečnost jízdy (Kefurt 2021, Bhise 2016, Lopez et al. 2023)

5.3 Centrální mechanický prvek

Centrální mechanický prvek je ve své podstatě jedno multifunkční tlačítko. Kombinuje se společně s displejem, kdy jsou pomocí tlačítka ovládány funkce, je umožněn pohyb mezi nimi a na displeji je zpětná vizuální vazba. Takový centrální mechanický prvek je použit například v automobilu Alfa Romeo Stelvio, který byl použit pro testování a je vidět na obrázku 8. Toto tlačítko je otočné, je možné ho stisknout a funguje jako čtyřsměrový joystick

(pákový ovladač s pohyby vřed/vzad a vpravo/vlevo). Kolem centrálního tlačítka můžeme často nalézt ještě další tlačítka pro rozšíření funkcí nebo usnadnění ovládání právě multifunkčního tlačítka. (Alfa Romeo 2023, Bhise 2016)

Centrální mechanický prvek je programovatelný nebo rekonfigurovatelný spínač, který má schopnost změnit svou funkci podle vybraného režimu. Spínač, který lze překonfigurovat, musí uživateli poskytnout jasnou informaci o aktuální funkci a dostupných nastaveních. Obvykle to znamená, že řidič musí porozumět vybranému režimu a dalším možným funkcím, což může zahrnovat sběr a zpracování informací. Tento proces může prodloužit dobu potřebnou k ovládání spínače a zvyšuje riziko chyb. (Bhise 2016)

Výhody centrálního mechanického prvku:

- Intuitivní ovládání, bez nutnosti pohledu na ovládací prvek
- Široký rozsah funkcí
- Menší nároky na prostor
- Programovatelný
- Bez potřeby pohybů ruky na jiný ovládací prvek při nastavování různých funkcí => větší bezpečnost z pohledu času pozornosti

Nevýhody centrálního mechanického prvku:

- Ohýbání prstů a zápěstí
- Nutnost porozumění příslušnému systému, který je skrze centrální ovládací prvek zprostředkován => to může ovlivnit bezpečnost jízdy (Bhise 2016, Lopez et al. 2023)



Obrázek 8 – Centrální mechanický prvek v automobilu Alfa Romeo Stelvio [autor]

5.4 Ostatní

Mezi další ovládací prvky patří například ovládaní gesty, hlasové ovládaní nebo pomocí pohybu očí. Vývoj těchto inovativních způsobů ovládaní je způsoben stále vyššími požadavky na ergonomii a bezpečnost. Proto je snaha o to nalézt způsoby ovládaní, které vyžadují minimální pozornost při řízení, minimální motorické pohyby a jsou zároveň nenáročné z pohledu pohodlnosti uživatele. Tyto inovativní metody ovládaní infotainmentu přinášejí řidičům nové možnosti, jak bezpečně a pohodlně interagovat s multimediálními funkcemi svého vozidla, čímž zlepšují celkovou uživatelskou zkušenost a bezpečnost na silnici. (Aptiv 2021, Goodlad 2021)

Vlastní práce

6 Přípravy, proces a zpracování dat testování

V této kapitole bude podrobně popsáno, jak samotná praktická část vypadala a jaké potřebné dílčí kroky byly zapotřebí pro splnění cílů diplomové práce.

6.1 Přípravy na testovací dny

Pro úspěšné provedení terénního výzkumu bylo nutné definovat celou řadu parametrů a zvolit optimální přístup, jako například: vypracování strategie testování, výběr místa, stanovení místa, kde budou testy na ploše umístěny s ohledem na minimalizaci ztrátových časů, vystavění zázemí pro testování, zkoušky předběžných časů testování s ohledem na celkovou časovou kapacitu, příprava vybavení, příprava testovacího místa, předběžné odzkoušení průběhu testování, vypracování časového rozvrhu testování a nejdůležitější: sehnání potřebného množství respondentů. Měření se uskutečnilo na bývalém letišti Boží Dar v Milovicích. Jedná se o uzavřený testovací polygon, kde lze provádět libovolné dopravní testy bez omezení, vyplývající z reálného provozu.

6.2 Metody získávání dat

Bylo použito několik metod k získávání dat. Dotazovací metoda za pomoci dotazníků pro sběr sociodemografických dat. Dále pak exaktní měřicí metody s využitím měřicích přístrojů. Konkrétně kamery pro nahrání záznamů z testování a eye-trackingové brýle (brýle sledující pohyb očí) pro vypracování heat map a sběr dat.

6.2.1 Dotazníky

Respondenti před samotným testem vyplnili krátký dotazník, aby bylo možné následně vypracovat statistiku a nalézt souvislosti mezi naměřenými daty. V dotazníku respondenti vyplnili svůj věk, druh infotainmentu v autě, se kterým běžně jezdí, uvedli svoji dominantní ruku a pohlaví. Po testu respondenti oznámkovali (jako v škole 1–5) jednotlivé druhy infotainmentu, podle toho, jak dobře se jim s nimi pracovalo.

6.2.2 Sběr videozáznamů

Sběr záznamů byl realizován pomocí kamer upnutých tak, že bylo vidět na celý infotainment a zároveň na řidiče. Díky tomu se pak ze záznamů mohly změřit časy jednotlivých úkonů. Použité kamery byly SONY DSC-RX0 II s rozlišením ve 4K (namontovaná v automobilu Škoda Kodiaq) a TrueCam H5 s rozlišením Full HD (namontovaná v automobilu Alfa Romeo Stelvio).

Dále byly použity eye-trackingové brýle (brýle sledující pohyb očí) Tobii Pro Glasses 2, které jsou vidět na obrázku 9. Pomocí nich se ze záznamu spočítaly počty „switchnutí“ očima (pohled z vozovky na infotainment a zpět) u úkonu nastavování teploty.



Obrázek 9 – Eye-trackingové brýle Tobii Pro Glasses 2 [Jensen et al. 2017]

6.3 Testovaná vozidla

Testovaná vozidla byla vybrána na základě požadavků na prováděné testy. Pro provedení úkonů pomocí mechanických ovládacích prvků a displeje byl použit automobil Škoda Kodiaq. Úkony pomocí centrálního mechanického prvku byly provedeny ve voze Alfa Romeo Stelvio. Oba automobily měly automatickou převodovku, takže se řidič nemusel věnovat řazení v průběhu testů. Také byly automobily vybaveny tempomatem, který si řidiči

zapnuli před testováním ve slalomu. To velmi pomohlo přesnosti měření, protože každý respondent měl stejné podmínky. Použité infotainmenty jsou vidět na obrázcích 10 a 11.



Obrázek 11 – Infotainment Alfa Romeo Stelvio [autor]



Obrázek 10 – Infotainment Škoda Kodiaq [autor]

6.4 Popis samotného testu

Po vyplnění dotazníku byly respondentovi nasazeny eye-trackingové brýle a byl usazen do prvního automobilu – Škoda Kodiaq. Respondent si před začátkem testu nastavil sedačku a volant do pozice, kdy to jemu samotnému nejvíce vyhovovalo. Poté respondent dojel na začátek testu, kde mu byly podrobně popásány úkony, které byly součástí testování. Tyto úkony si respondent nejdříve vyzkoušel nanečisto, aby byla minimalizována chybovost měření. V první části prováděl respondent úkony staticky (na místě). Pro statisticky přesnější měření byl každý úkon proveden dvakrát. Nejdříve respondent provedl úkony na mechanických ovládacích prvcích a následně na displeji. Po dokončení všech úkonů se měření opakovalo, a to za jízdy ve slalomu při rychlosti 30 km/h. Kužely ve slalomu byly srovnány v přímce s rozestupem 40 metrů. Po splnění všech úkonů při jízdě ve slalomu jel zpět na základnu, kde se přemístil do druhého automobilu – Alfa Romeo Stelvio. Celý proces se opakoval sjedinou změnou, a to, že úkony byly prováděny pomocí centrálního mechanického prvku. Na konci všech testů respondent oznámkoval všechny druhy infotainmentu podle toho, jak dobře se mu s nimi pracovalo.

6.4.1 Testované úkony

Pro účely diplomové práce byly vybrány takové úkony, které bylo možné provádět na všech druzích infotainmentu a které v nasbíraných hodnotách maximálně zvýraznily rozdíly mezi druhy infotainmentu. Cílem bylo porovnat druhy infotainmentu mezi sebou z pohledu motoriky, a proto bylo nutné vybrat takové úkony, které eliminují provedení příslušného infotainmentu. Tudíž nezáleželo na typu auta a typu infotainmentu.

Prováděné úkony:

1. Nastavení teploty klimatizace
2. Nastavení intenzity větráku klimatizace
3. Zapnutí vyhřívání předního skla

Nastavení teploty klimatizace

Respondent měl za úkol nastavit teplotu klimatizace z 17 °C (výchozí pozice) na 23 °C. Nastavení teploty pomocí mechanických prvků bylo provedeno otočným diskretním přepínačem, který je vidět na obrázku 13. Na displeji musel respondent klikat na symbol + „plus“, kterým nastavil požadovanou hodnotu, viz. obrázek 12. Při použití centrálního mechanického prvku se muselo přistoupit k ekvivalentnímu úkonu, protože nastavení teploty nebylo na tomto konkrétním typu infotainmentu možné. Přistoupilo se k najetí na písmeno „M“ z výchozí pozice „A“ u funkce psaní adresy do navigace. Tento úkon měl naprosto stejný počet kroků jako u zbylých dvou druhů infotainmentu.



Obrázek 13 – Otočný přepínač teploty klimatizace [autor]



Obrázek 12 – Tlačítka na ovládní teploty pomocí displeje [autor]

Nastavení intenzity větráku klimatizace

Respondent měl za úkol nastavit intenzitu větráku z prvního stupně (výchozí pozice) na předposlední stupeň intenzity větráku. Nastavení intenzity větráku pomocí mechanických prvků bylo provedeno otočným diskretním přepínačem, který je vidět na obrázku 15. Na displeji musel respondent položit prst do výchozí pozice a táhnout jej do předposlední pozice bez přerušování styku s obrazovkou, viz. obrázek 14. Při použití centrálního mechanického prvku se muselo přistoupit k ekvivalentnímu úkonu, protože nastavení intenzity větráku nebylo na tomto konkrétním typu infotainmentu možné. Přistoupilo se k najetí na písmeno „F“ z výchozí pozice „A“ u funkce psaní adresy do navigace. Tento úkon měl naprosto stejný počet kroků jako u zbylých dvou druhů infotainmentu.



Obrázek 15 – Ovládání intenzity větráku pomocí displeje [autor]



Obrázek 14 – Otočný přepínač intenzity větráku [autor]

Zapnutí vyhřívání předního skla

Respondent měl za úkol zapnout vyhřívání předního skla. Zapnutí vyhřívání předního skla pomocí mechanických prvků bylo provedeno tlačítkovým spínačem, který je vidět na obrázku 15. Na displeji musel respondent kliknout na symbol vyhřívání předního skla, viz. obrázek 16. Při použití centrálního mechanického prvku se muselo přistoupit k ekvivalentnímu úkonu, protože zapnutí vyhřívání předního skla nebylo na tomto konkrétním typu infotainmentu možné. Přistoupilo se ke kliknutí na centrální mechanický prvek, kterým potvrdil vybrané písmeno na zobrazované klávesnici (zpětná vizuální vazba tím byla zajištěna). Tento úkon měl naprosto stejný počet kroků jako u zbylých dvou druhů infotainmentu.



Obrázek 16 – Tlačítko pro sepnutí vyhřívání skla na displeji [autor]

6.5 Zpracování dat

V této kapitole je popsáno, jakým způsobem byla data zpracována. Protože bylo při zpracování dat použito několik metod, jsou tyto metody rozděleny do podkapitol.

6.5.1 Záznamy z kamer v autech

Pomocí záznamů z kamer se změřili časy všech úkonů s přesností na dvě desetinná místa. Měřil se čas od sejmutí ruky z volantu a vrácení ruky zpět na volant po splnění úkonu. Na záznamu byl vidět velmi přesně moment, kdy příslušný respondent sundal ruku z volantu. Přesně v tento moment byl zapsán čas videa (čas počáteční), ten se následně odečetl od času konečného, kdy respondent vrátil ruku na volant. Tento proces byl proveden u všech respondentů u každého úkonu.

6.5.2 Záznamy z eye-trackingových brýlí

Ze záznamů z eye-trackingových brýlí byly vytvořeny heat mapy, které ukazují pozornost na daný prvek. Záznamy z brýlí byly nejdříve nahrány do Tobii Glasses Analysis Softwaru. Následně byl udělán Print Screen (fotka obrazovky) z videa tak, aby byl na fotce vidět infotainment a zároveň výhled na vozovku před auto. Na fotce se postupně vyznačovaly body podle videa, kde bylo vidět, kam se respondent dívá. S každým označením polohy očí na fotce se video posunulo o 0,3 sekundy. Tento proces se opakoval až do doby skončení příslušného úkonu.

Déle se pomocí záznamů spočítalo množství „switchnutí“ očima (pohled z vozovky na infotainment a zpět) u všech úkonů týkajících se nastavování teploty (u těchto úkonů byl největší rozdíl v počtu „switchnutí“ očima v závislosti na druhu infotainmentu).

6.5.3 Analýza dat

V analýze dat se všechna změřená data zpracovala vhodnými statistickými metodami. Nejdříve byla vypracována popisná statistika. Dále byla využita statistická metoda t-test, která odhalila, kde jsou závislosti mezi vstupními daty. Prokázaná závislost byla uznána u hodnot t-testu, které byly menší než 0,05 (5 %). To znamená, že na 95 % je mezi příslušnými hodnotami statistická závislost. V tabulkách jsou prokázané závislosti označené zelenou výplní příslušného pole. Zkoumaly se tyto závislosti:

- mezi provedením úkonů staticky a dynamicky,
- závislost na věku a výšce,
- závislost na pohlaví a závislosti na počtu přeskoků očima mezi jednotlivými druhy infotainmentu.

Dále byl použi Pearsonův chí-kvadrát test pro odhalení závislosti mezi chybovostí a jednotlivými druhy infotainmentu. Následně se data, u kterých byla prokázána závislost, zpracovala do tabulek a grafů.

T-test

T-test je statistická metoda, která se používá k porovnání průměrů dvou skupin a určení, zda jsou tyto rozdíly statisticky významné. Jedná se o jednu z nejčastěji používaných metod v oblasti statistické analýzy a je založena na předpokladu normálního rozdělení dat.

Pearsonův chí-kvadrát test

Pearsonův chí-kvadrát test je statistická metoda používaná k testování nezávislosti mezi dvěma kategoriálními proměnnými. Principem testu je porovnání pozorovaných frekvencí v jednotlivých kategoriích s očekávanými frekvencemi, pokud by platila nulová hypotéza o nezávislosti mezi proměnnými. Pokud je rozdíl mezi pozorovanými a očekávanými frekvencemi statisticky významný, znamená to, že existuje nějaký druh vztahu nebo souvislosti mezi proměnnými.

6.5.4 Zpracování modelu člověka při práci s infotainmentem

Pro zhodnocení druhů infotainmentu z pohledu komfortu byl nakonfigurován model člověka do prostoru řidiče při práci s jednotlivými druhy infotainmentu. Pro tyto účely byl použit program Tecnomatix Jack od společnosti Siemens, který se běžně používá k zhodnocení ergonomie pracovišť ve firmách, jako je například i Škoda Auto.

7 Výsledky a diskuse

Vědeckého testování se zúčastnilo 49 respondentů, z toho 13 žen a 36 mužů. Skupina byla poměrně heterogenní, díky čemuž lze považovat výsledky za validní. Věk respondentů byl v rozmezí 18 až 79 let. Průměrný věk byl 39 let.

7.1 Posouzení statiky a dynamiky

U statistického vyhodnocování se nejdříve zkoumala závislost mezi prováděním úkonu staticky a dynamicky. Statisticky významné závislosti jsou vyznačené zeleným polem.

7.1.1 Posouzení statiky a dynamiky u mechanických prvků

Tabulka 1 – Závislost mezi statikou a dynamikou u mechanických prvků [autor]

	Posouzení statiky a dynamiky u mechanických prvků		
	teplota	větrák	vyhřívání skla
Ø rozdíl dynamiky ku statice [s]	0,67	0,28	0,05
závislost dle t-testu [-]	0,01	0,01	0,2

U úkonů prováděných pomocí mechanických prvků se vyskytla statisticky významná závislost mezi statikou a dynamikou u nastavování teploty klimatizace a intenzity větráku. Jak můžeme vidět v tabulce 1, u těchto dvou úkonů jsou větší časové rozdíly mezi statikou a dynamikou. Tyto časové rozdíly jsou větší v závislosti na čase trvání příslušných úkonů. Lze konstatovat, že čím delší a komplikovanější je prováděný úkon, tím větší jsou časové rozdíly mezi statikou a dynamikou.

Tabulka 2 – Závislost mezi statikou a dynamikou u displeje [autor]

	Posouzení statiky a dynamiky u displeje		
	teplota	větrák	vyhřívání skla
Ø rozdíl dynamiky ku statice [s]	0,84	0,07	0,11
závislost dle t-testu [-]	0,01	0,24	0,01

7.1.2 Posouzení statiky a dynamiky u displeje

U displeje činilo respondentům problém při jízdě stále kontrolovat pohyb své ruky, protože při zatáčení ve slalomu se měnily odstředivé síly působící na ruku a respondenti si ji nemohli fixovat jako v případě mechanických prvků nebo centrálního prvku. Proto vyšly statisticky významné závislosti u nastavování teploty a vyhřívání skla, protože v těchto dvou případech nedošlo k fixaci ruky, jako u nastavování intenzity větráku. Zde k fixaci ruky došlo pomocí tření mezi obrazovkou a prstem, protože tento úkon vyžadoval stálý styk s obrazovkou při přetažení bodu do jiné polohy, což u zbylých úkonů na displeji nebylo možné.

7.1.3 Posouzení statiky a dynamiky u centrálního mechanického prvku

Tabulka 3 – Závislost mezi statikou a dynamikou u centrálního prvku [autor]

	Posouzení statiky a dynamiky u centrálního prvku		
	teplota	větrák	vyhřívání skla
Ø rozdíl dynamiky ku statice [s]	0,39	0,12	-0,06
závislost dle t-testu [-]	0,01	0,19	0,02

Z tabulky 3 je patrné, že úkon sepnutí vyhřívání skla trval v průměru kratší dobu při dynamickém testování než při statickém. Zásadní roli hrálo to, že se respondenti snažili rychleji úkon splnit, aby se mohli věnovat řízení vozidla. Zároveň by tento fakt nebyl možný, kdyby tento úkon nebyl časově velmi krátký a jednoduchý, což způsobilo, že respondenti tomuto úkonu nemuseli věnovat větší pozornost.

7.2 Posouzení druhů infotainmentu

V této kapitole jsou porovnány jednotlivé druhy infotainmentu mezi sebou. Statisticky významné závislosti jsou vyznačené zeleným polem. Kladné hodnoty rozdílu časů v tabulkách 4, 5 a 6 znamenají, že první uvedený druh infotainmentu v názvu tabulky je horší než ten druhý. U záporných hodnot je tomu naopak (první uvedený druh infotainmentu je lepší než ten druhý).

7.2.1 Porovnání displeje a mechanických prvků

Tabulka 4 – Porovnání displeje a mechanických prvků [autor]

	O kolik je displej horší proti mechanickým prvkům					
	staticky			dynamicky		
	teplota	větrák	vyhřívání skla	teplota	větrák	vyhřívání skla
závislost dle t-testu [-]	0,01	0,66	0,01	0,01	0,02	0,17
rozdíl časů [s]	1,01	-0,02	-0,12	1,17	-0,23	-0,06

Jak při statickém, tak při dynamickém nastavování teploty klimatizace je z tabulky 4 patrné, že displej je horší z pohledu času oproti mechanickým prvkům. Tento úkon byl ze všech prováděných úkonů v průměru nejdelší, a tak se velmi projevil časový rozdíl mezi druhy infotainmentu. Tento časový rozdíl je způsoben zejména provedením obou infotainmentů. Zatímco otočným mechanickým přepínačem teploty respondent pouze otočil ve směru hodinových ručiček, na displeji musel ke splnění úkonu přesně 12krát kliknout na symbol + „plus“ a zároveň při tomto úkonu na displeji neměl respondent žádnou fixaci ruky, což bylo časově náročnější a komplikovanější.

U sepnutí vyhřívání staticky a nastavení intenzity větráku dynamicky je displej lepší než mechanické prvky. Tento fakt je způsoben hlavně umístěním tlačítek na středovém panelu a zároveň krátkými časy nastavování těchto funkcí. Dosahové vzdálenosti byly o poznání kratší u displeje než u mechanických prvků. Také na displeji tlačítko vyhřívání skla bylo větší než u mechanického prvku. To znamená, že kliknutí na větší tlačítko bylo z pohledu motoriky ruky snadnější a rychlejší.

7.2.2 Porovnání displeje a centrálního mechanického prvku

Tabulka 5 – Porovnání displeje a centrálního mechanického prvku [autor]

	O kolik je displej horší proti centrálnímu mechanickému prvku					
	staticky			dynamicky		
	teplota	větrák	vyhřívání skla	teplota	větrák	vyhřívání skla
závislost dle t-testu [-]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,87
rozdíl časů [s]	0,96	-0,18	-0,16	1,41	-0,23	0,01

Centrální mechanický prvek je významně lepší z pohledu času při nastavování teploty klimatizace staticky i dynamicky. Důvod byl stejný jako v bodu diplomové práce 7.2.1 při porovnání s mechanickými prvky. Zároveň pomohl fakt, že na centrální mechanický prvek respondenti sahal intuitivně, takže rovnou sledovali nastavovanou hodnotu a nemuseli se nejdříve podívat na ovládací prvek.

Při sepnutí vyhřívání skla staticky a nastavování intenzity větráku staticky i dynamicky trvají úkony v průměru méně času na displeji. To je způsobeno dosahovými vzdálenostmi na ovládací prvky a zároveň z pohledu motoriky prstů jsou tyto úkony pohodlnější a rychlejší na displeji.

7.2.3 Porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku

Tabulka 6 – porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku [autor]

	O kolik jsou mech. prvky horší proti centrálnímu mech. prvku					
	staticky			dynamicky		
	teplota	větrák	vyhřívání skla	teplota	větrák	vyhřívání skla
závislost dle t-testu [-]	0,54	0,03	0,18	0,06	0,95	0,14
rozdíl časů [s]	-0,05	-0,16	-0,05	0,24	0,01	0,07

Při porovnání mechanických prvků a centrálního mechanického prvku se prokázala jen jedna závislost. To je způsobeno velkou podobností z pohledu motoriky ruky a dosahových vzdáleností na ovládací prvky u obou druhů infotainmentu. Podobnost těchto druhů infotainmentu se ukázala i na malých rozdílech průměrných časů.

7.3 Chybovost

Při provádění úkonů se často stalo, že respondent nenastavil příslušnou funkci na správnou hodnotu nebo, jak je tomu u vyhřívání skla, funkci vůbec nesepnul. Tyto chyby byly zaneseny do tabulky a zpracovány pomocí Pearsonova chí-kvadrát testu, který prokázal velmi silnou závislost mezi chybovostí a druhem infotainmentu, jak vyplývá z tabulky 7 (p-hodnota).

Tabulka 8 – Pearsonův chí-kvadrát test [autor]

Pearsonův chí-kvadrát test	
stupeň volnosti	2
chi 2	85,470839
krit. H	5,99
p-hodnota	0,01

Při součtu všech úkonů všech respondentů u jednoho druhu infotainmentu je výsledkem číslo 294. V tabulce 9 je jasně vidět rozdělení úkonů bez chyb a s chybami u příslušného druhu infotainmentu.

Tabulka 9 – Chybovost [autor]

Druh infotainmentu	bez chyb	chyby
Centrální mech. Prvek	293	1
Mechanické prvky	270	24
Displej	225	69

Pro účely statistiky byla spočtena předpokládaná chybovost pro všechny druhy infotainmentu a porovnána s reálným výsledkem. Bylo spočteno, že předpokládané množství úkonů bez chyb bude 263 a u 31 úkonů se předpokládá chyba v nastavení funkce. Z tabulky 9 vyplývá jako nejlepší druh infotainmentu centrální mechanický prvek a nejhorší displej, kde bylo o 38 chyb více ve skutečnosti, než se předpokládalo.

Tabulka 10 – Porovnání reálné a předpokládané chybovosti [autor]

Porovnání reálné a předpokládané chybovosti		
	Bez chyb	Chyby
	Rozdíl reálné ku předpokládané	Rozdíl reálné ku předpokládané
Centrální mech. prvek	30	-30
Mechanické prvky	7	-7
Displej	-38	38

Z tabulek 8 a 9 vyplývá, že displej je nejhorší druh infotainmentu z pohledu chybovosti. Tento fakt je způsoben zejména zpětnou vazbou infotainmentu a nemožností fixace ruky při provádění úkonů. U displeje je zpětná vazba pouze vizuální, a tak se respondenti často přehlédli nebo vizuální zpětná vazba byla patrná až po oddálení ruky od displeje, protože přes ni nebylo vidět na nastavovanou hodnotu. Například tlačítko na displeji pro sepnutí

vyhřívání skla se zbarvilo po kliknutí na tento prvek. To znamená, že respondent do doby, než oddálil ruku od displeje, neviděl, zda se tlačítko zbarvilo či nikoliv. U zbylých dvou druhů infotainmentu při provádění stejného úkonu cítil respondent zpětnou vazbu od ovládacího prvku pomocí hmatu.

Dále displej nedovoloval fixaci ruky při provádění úkonů. To velmi ztěžovalo provedení úkonu zejména při dynamickém testu, kdy na ruku v závislosti na průjezdu slalomem a nerovnostmi na vozovce působily proměnlivé síly v různých směrech. To způsobilo, že respondent často kliknul do jiného místa, než kde bylo ovládání příslušné funkce.

7.4 Přeskoky očima a heat mapy

Heat mapy ukazují pozornost na zadaný prvek. Jinými slovy vyobrazují, kam se dívali respondenti očima. Počet přeskoků očima udává přesnou průměrnou hodnotu, která vypovídá o tom, kolikrát se v průměru respondenti podívali na infotainment při provádění příslušného úkonu. Tyto počty přeskoků očima se spočítaly u dynamického testu při nastavování teploty klimatizace, kde byly největší rozdíly mezi druhy infotainmentu.

Tabulka 11 – Průměrný počet přeskoků očima při nastavování teploty klimatizace u dynamického testu [autor]

Průměrný počet switchnutí očima	
Centrální mech. prvek	1,326
Mechanické prvky	2,224
Displej	3,184

Tabulka 12 – Průměrný čas nastavení teploty klimatizace u dynamického testu [autor]

Průměrný čas nastavení teploty klimatizace dynamicky [s]	
Centrální mech. prvek	3,75
Mechanické prvky	3,98
Displej	5,15

Na základě tabulky 10 lze konstatovat, že z pohledu přeskoků očima je nejlepší centrální mechanický prvek a nejhorší dotykový displej. Zásadní vliv má čas prováděného úkonu. Nejvíce času potřebovali respondenti při provedení úkonu na displeji, jak vyplývá z tabulky 11. Díky těmto faktům je možné konstatovat, že čím déle úkon trvá, tím více se zvyšuje počet přeskoků očima mezi vozovkou a infotainmentem. Nastavování teploty klimatizace na centrálním mechanickém prvku trvalo v průměru nejméně času a také respondent nemusel nejdříve hledat ovládací prvek, ale intuitivně na něj položil ruku, jak vyplývá z obrázku 17 (heat mapa u centrálního prvku).



Obrázek 17 – Heat mapa u centrálního prvku [autor]



Obrázek 19 – Heat mapa u displeje [autor]



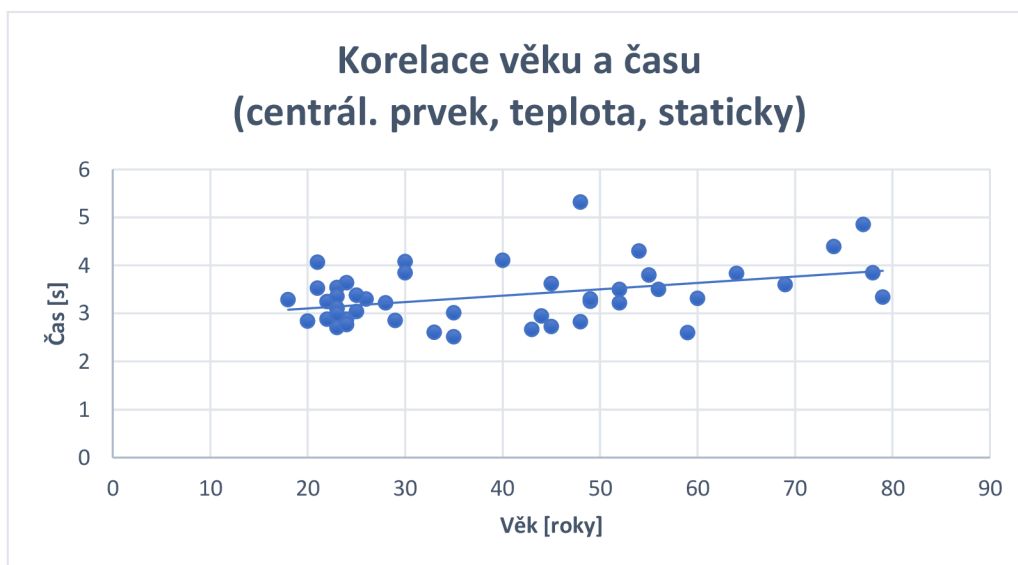
Obrázek 18 – Heat mapa u mechanických prvků [autor]

Obrázky 17, 18 a 19 znázorňují rozdíl ve fixaci očí na jednotlivé ovládací prvky při provádění úkonů. U displeje se projevila výhoda tohoto druhu infotainmentu a to, že je displej sdělovací a zároveň pracovní plochou dohromady. U mechanických ovládacích prvků se respondent nejdříve musel podívat na ovládací prvek a následně na nastavovanou veličinu (například na stupně Celsia) a proto jsou místa fixace očí více rozptýlena po středovém panelu.

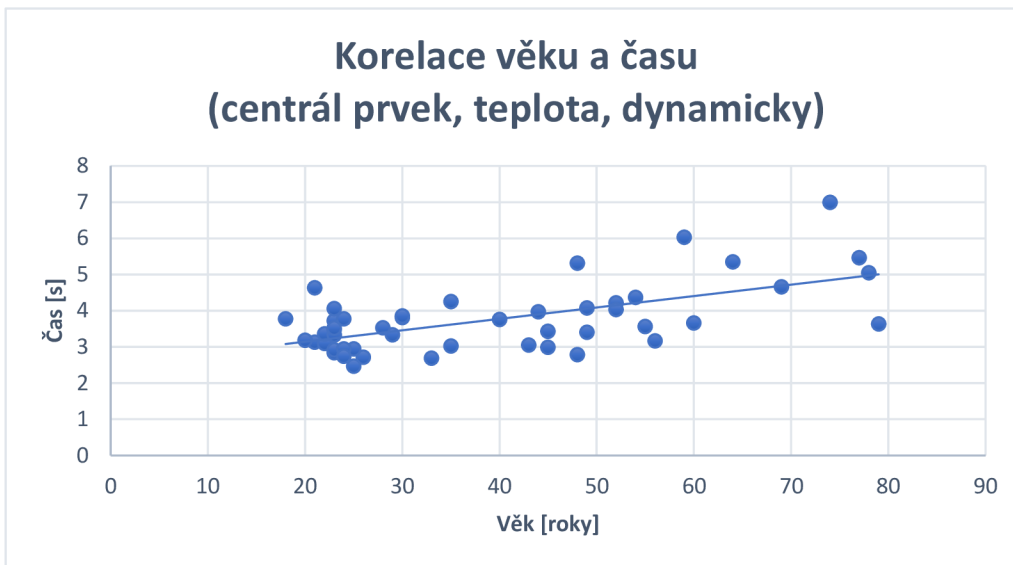
Velkou výhodou je centrální ovládací prvek, na který, jak již bylo zmíněno, respondenti dávali ruku intuitivně a mohli se při provádění úkonů fixovat pouze na sdělovací displej. Také by tento prvek měl velkou výhodu oproti zbývajícím testovaným druhům infotainmentu při provádění několika úkonů po sobě, protože by respondenti drželi ruku stále na stejném ovládacím prvku.

7.5 Korelace věku a času úkonů

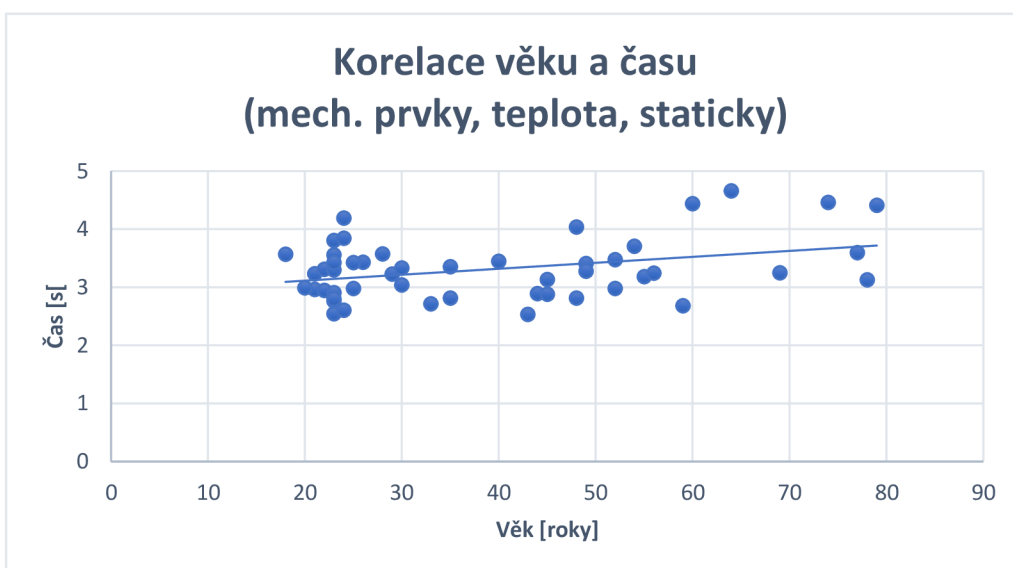
Pro vhodné znázornění korelace věku a času úkonů byly vypracovány grafy s lineární spojnicí trendu. Grafy byly vytvořeny z časů nastavování teploty klimatizace, protože jsou zde největší časové rozdíly mezi statickým a dynamickým testem.



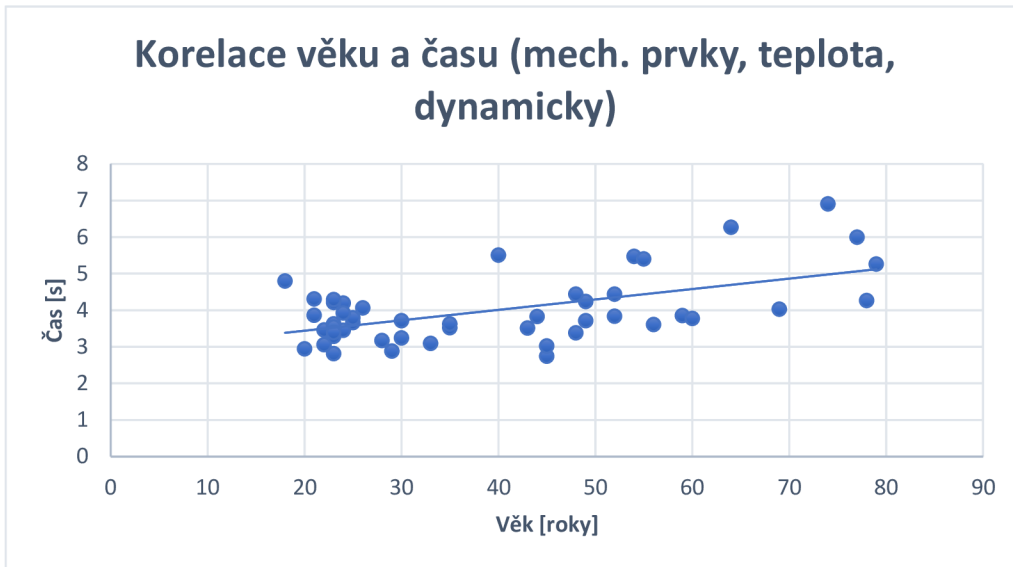
Graf 1 – Korelace věku a času (centrální mechanický prvek, teplota, staticky) [autor]



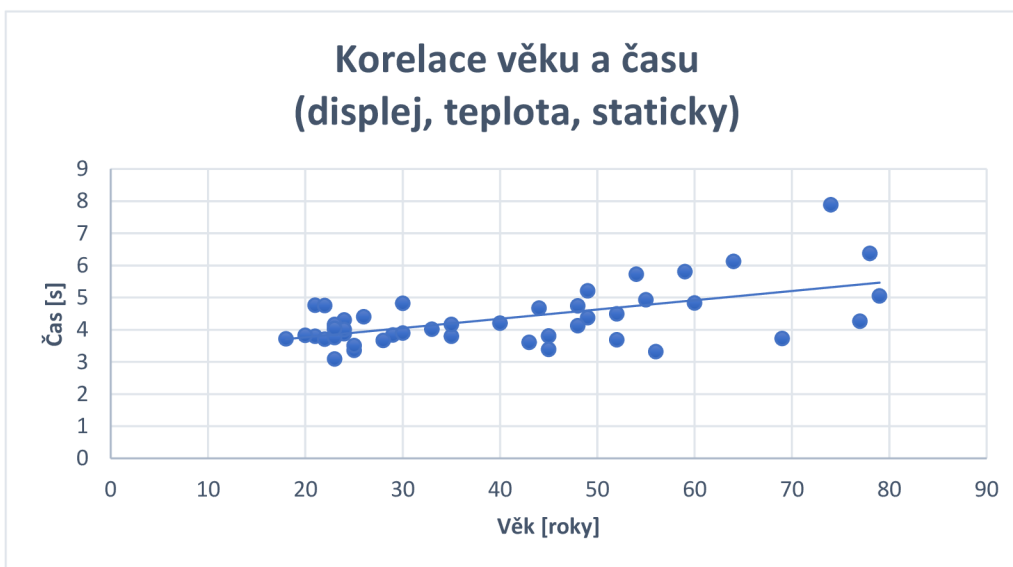
Graf 2 – Korelace věku a času (centrální mechanický prvek, teplota, dynamicky) [autor]



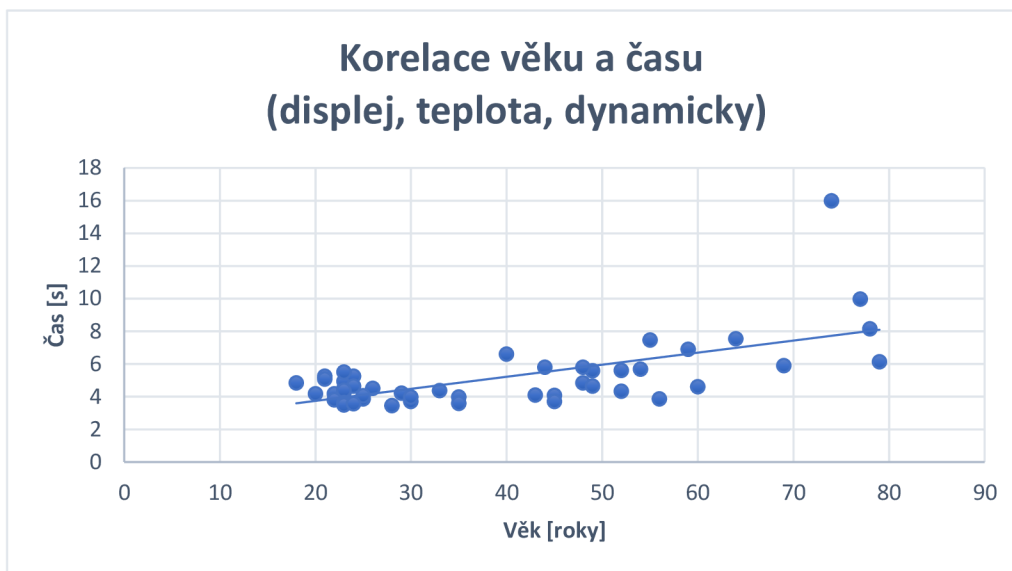
Graf 3 – Korelace věku a času (mechanické prvky, teplota, staticky) [autor]



Graf 4 – Korelace věku a času (mechanické prvky, teplota, dynamicky) [autor]



Graf 5 – Korelace věku a času (displej, teplota, staticky) [autor]

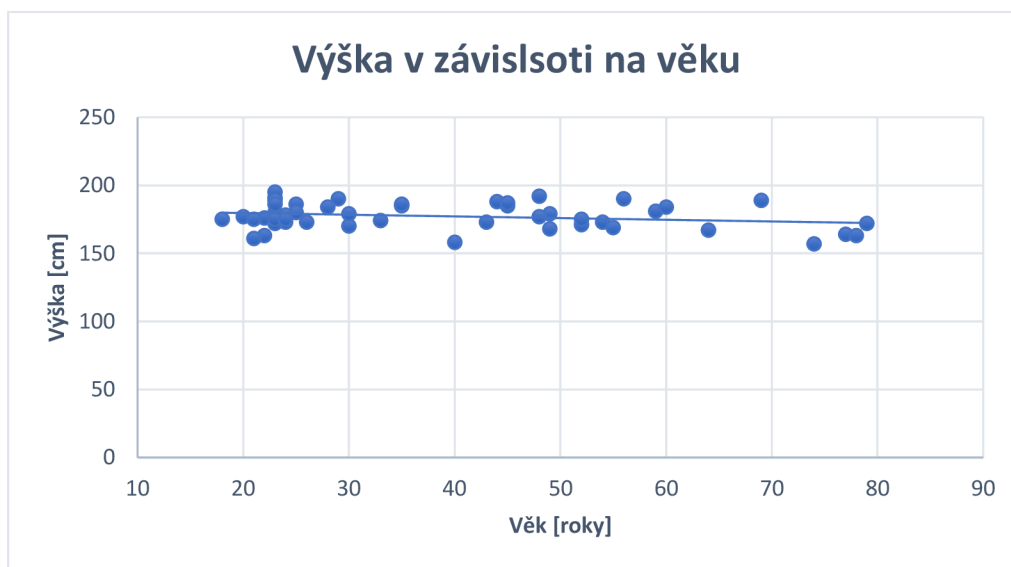


Graf 6 – Korelace věku a času (displej, teplota, dynamicky) [autor]

Na základě všech grafů na korelaci věku a času úkonů lze konstatovat, že s přibývajícím věkem se prodlužují časy úkonů u všech druhů infotainmentu. Také lze konstatovat, že u všech druhů infotainmentu se tato korelace mezi věkem a časy úkonů ještě prohlubuje (spojnice trendu stoupá strměji) při dynamickém testování.

7.6 Korelace časů úkonů s pohlavím a výškou

Korelace s pohlavím se na základě vypracované statistiky nepotvrdila. U výšky respondentů vyšly možné statistické závislosti, ale při porovnání výšky a věku v grafu 7 je lineární spojnice trendu klesající. Na základě grafu 7 lze konstatovat, že korelace s časy úkonů je závislá na věku, a ne na výšce respondentů.



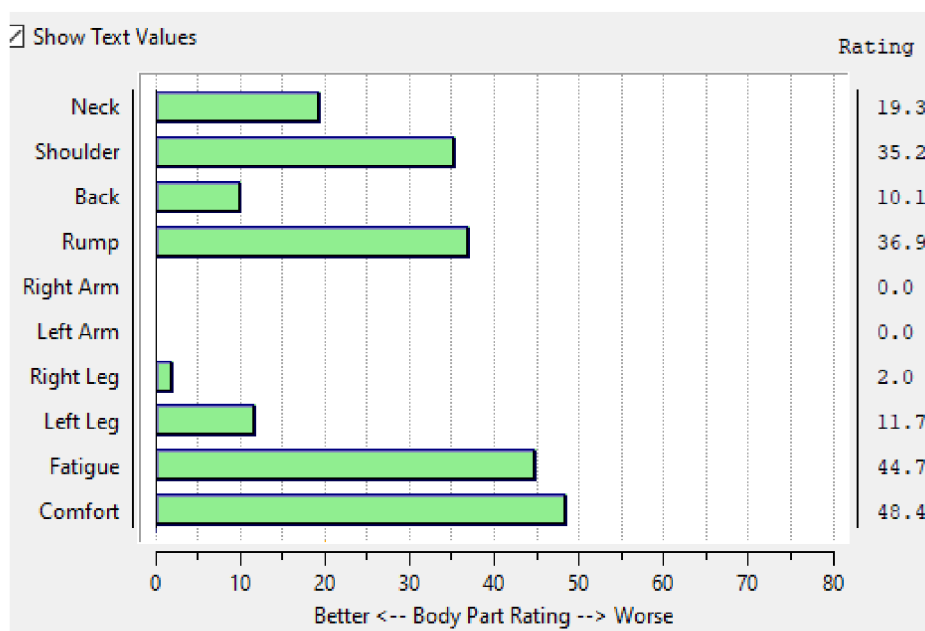
Graf 7 – Výška respondentů v závislosti na věku [autor]

7.7 Porovnání z pohledu komfortu

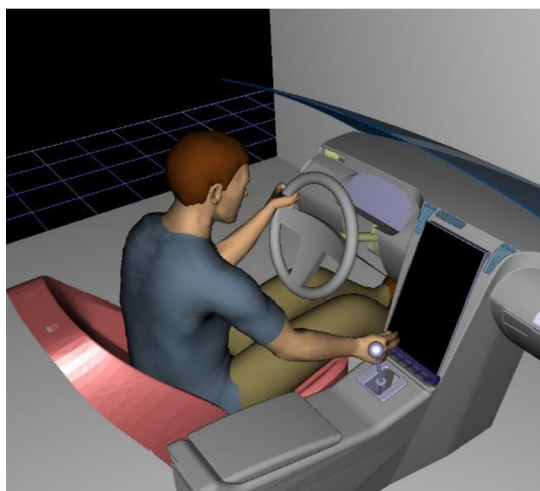
Pro porovnání druhů infotainmentu z pohledu komfortu pozice byl použit program Jack Human Simulation, který po nastavení řidiče do příslušné polohy vygeneruje grafy komfortu jednotlivých částí těla. Čím menší je číslo (sloupec) v grafu u jednotlivých částí těla, tím komfortnější je poloha této části.



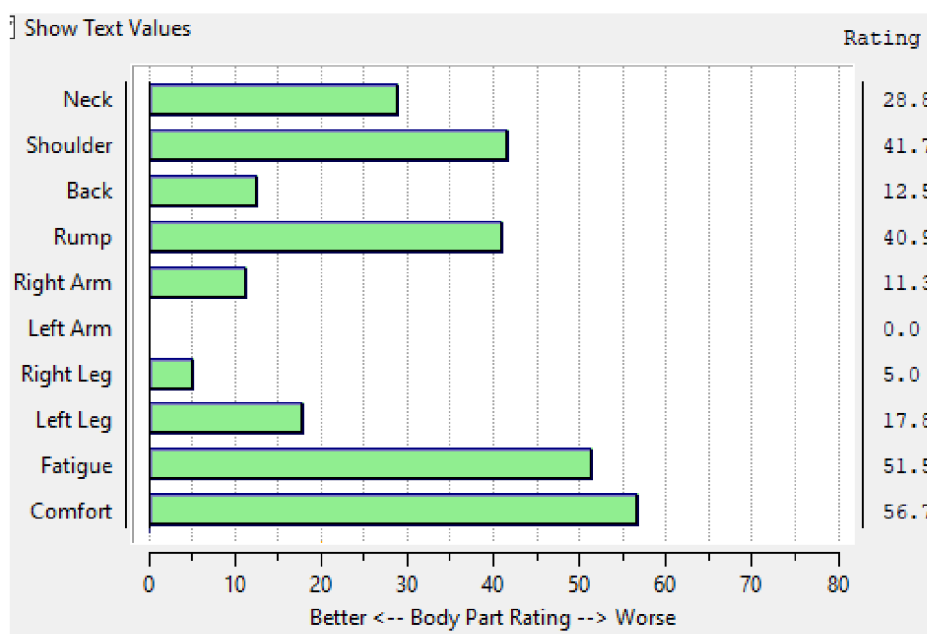
Obrázek 20 – Pozice řidiče při ovládní centrálního mechanického prvku [autor]



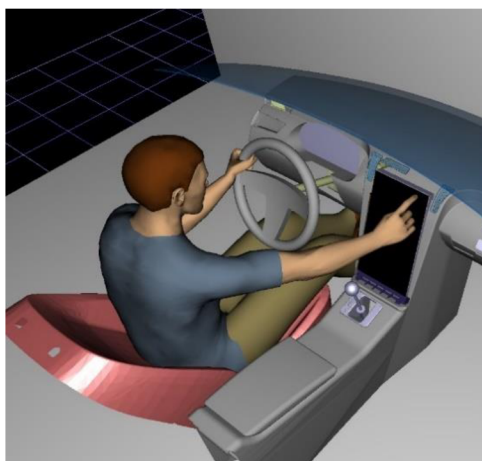
Graf 8 – Komfort pozice při ovládní centrálního mechanického prvku [autor]



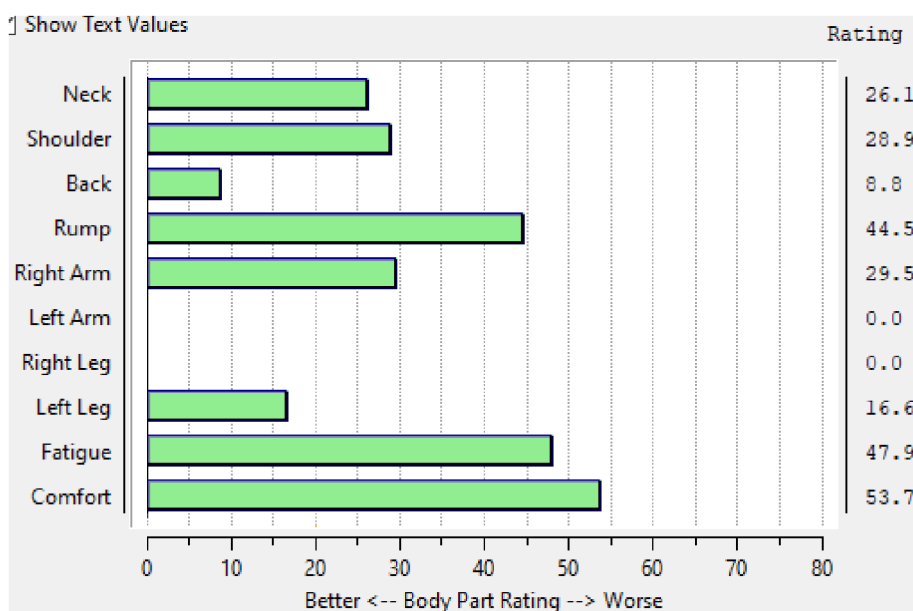
Obrázek 21 – Pozice řidiče při ovládní mechanických prvků [autor]



Graf 9 – Komfort pozice při ovládní mechanických prvků [autor]



Obrázek 22 – Pozice řidiče při ovládnání displeje [autor]



Graf 10 – Komfort pozice při ovládnání displeje [autor]

Na základě grafů komfortu pozic lze konstatovat, že nejlepší druh infotainmentu z pohledu komfortu je centrální mechanický prvek s 48,4 celkovými body komfortu. Nejhorší jsou mechanické prvky s 56,7 body. A displej dosáhl 53,7 bodů. Centrální prvek má vhodné umístění na středovém ovládacím panelu, kdy řidiči stačí jen položit ruku na tento ovládací prvek bez natahování ruky, naklánění či rotace trupu. Zároveň u tohoto druhu infotainmentu bývá často podepřen i loketní kloub opěrkou (jako tomu bylo v testovacím autě Alfa Romeo Stelvio), čili je zajištěna velmi dobrá fixace ruky při ovládnání. (Porter 1998)

Přestože dosahové mezní vzdálenosti byly nejdelší u displeje, body komfortu byly nižší než u mechanických prvků. Důvodem je, že ovládání displeje je z pohledu komfortu zápěstí a prstů nejlepší ze všech testovaných druhů infotainmentu v této diplomové práci.

7.8 Posouzení hypotéz

V rámci diplomové práce byly stanoveny tři výzkumné otázky, na základě kterých se určily hypotézy. Díky výsledkům měření a podrobně vysvětlené problematice je možné tyto hypotézy zhodnotit.

7.8.1 Stanovisko 1

Na základě výše uvedených výsledků lze konstatovat, že první hypotéza vyslovená v úvodu se částečně potvrdila. Infotainment s mechanickými prvky je z pohledu bezpečnosti poměrně vyhovující, avšak nejlépe v této diplomové práci z pohledu bezpečnosti vychází centrální mechanický prvek. Zásadní vliv na bezpečnost ovládání infotainmentu má jeho jednoduchost, přehlednost, chybovost provedení úkonů, počty „switchnutí“ očima a rychlost provedení příslušných úkonů. Úkony při použití mechanických prvků zabraly v průměru o 0,13 sekundy více času než úkony pomocí centrálního mechanického prvku, které byly při provádění testů nejrychlejší. Zato velkou výhodou mechanických prvků je jejich jednoduchost a přehlednost oproti zbývajícím druhům infotainmentu, kde je tento systém komplikovanější (hlavně z důvodu většího množství funkcí). Také se tyto mechanické prvky vyskytují takřka všude u elektrických spotřebičů a strojů (například je můžeme nalézt na spotřebičích v domácnosti), takže obecně je lidé znají a díky tomu jim ovládání těchto prvků nečinilo problém. Jak již bylo uvedené výše, chybovost a počty „switchnutí“ očima mají zásadní vliv na bezpečnost a tyto hodnoty jsou nejlepší právě u centrálního mechanického prvku.

Tabulka 13 – Součet známek respondentů [autor]

Součet známek		
Centrální mech. prvek	Mechanické prvky	Displej
94	83	149

Respondenti oznámkovali jednotlivé druhy infotainmentu 1 (nejlepší) až 5 (nejhorší). Je zajímavé, že součet známek mechanických prvků je o 11 menší než součet známek u centrálního mechanického prvku i přes skutečnost, že u úkonů pomocí centrálního mechanického prvku byla nejmenší chybovost, nejkratší časy úkonů, nejmenší průměrný počet „switchnutí“ očima a nejlepší pozice z pohledu komfortu. Ukazuje se, jak obecně lidé nemají rádi změny i přes fakt, že některé řešení je lepší. U známek raději zvolili jako nejlepší infotainment ten, který dobře znají, i když byl až druhý z pohledu testovaných faktorů.

7.8.2 Stanovisko 2

Na základě výše uvedených výsledků lze konstatovat, že druhá hypotéza vyslovená v úvodu se jednoznačně potvrdila. Věk má přímý vliv na čas prováděných úkonů. S přibývajícím věkem se prodlužovaly časy příslušných úkonů. Dále se s přibývajícím věkem snižovala schopnost respondentů rychle se adaptovat na příslušný druh infotainmentu. Stejných závěrů bylo docíleno i ve studii na téma Schopnost zvládnout neznámé systémy osobních vozů podle schopností řidiče (M. Hruška, P. Jindra, 2016). Starším respondentům (nad 60 let) se úkony zejména na displeji a centrálním mechanickém prvku musely podrobněji vysvětlovat.

Výsledky uvedené v této diplomové práci by mohly sloužit jako materiál pro další výzkum, který by pomohl zpřesnit výše uvedená zjištění. Například by se mohla zkoumat korelace mezi věkem a chybovostí jednotlivých druhů infotainmentu. Zde uvedená data a hypotézy mohou sloužit jako pomocné faktory v automobilovém designu.

8 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na porovnání třech různých koncepcí ovládání infotainmentu běžně používaných v současnosti. Jednalo se o mechanické prvky, centrální mechanický prvek a dotykový displej. Provedení koncepcí infotainmentu má zásadní vliv na bezpečnost při řízení vozidla.

V úvodu práce byla nejprve podrobně popsána teoretická východiska pro pochopení celé problematiky s důrazem na důležitost ergonomie ve vozidle. Dále byla názorně popsána důležitost tohoto tématu v souvislosti se statistikami nehodovostí v důsledku nepozornosti řidiče. Bylo objasněno, jakou roli v této nepozornosti hraje infotainment. V této části práce jsou také, v závislosti na bezpečnosti, sepsány zásady pro navrhování infotainmentu. Dále byly sepsány predispozice jedince pro ovládání infotainmentu. Mezi ně patří zrak, sluch, hmat a motorika člověka. Pozornost byla věnována zejména motorice ruky, která je pro práci s infotainmentem zásadní. Nakonec byly podrobně popsány koncepce infotainmentu, aby následně bylo možné zkoumat a vyhodnocovat výsledky z praktické části.

V praktické části proběhlo klinické testování v Milovicích na bývalém letišti Boží Dar, kterého se zúčastnila skupina 49 respondentů heterogenně rozdělená, zejména podle věku a pohlaví. Z měření byla nasbírána data a ta zpracována vhodnými statistickými metodami, které odhalily závislosti mezi daty.

Na základě provedených testů můžeme konstatovat, že centrální mechanický prvek byl nejlepší z pohledu bezpečnosti při řízení. Ve všech statistikách a analýzách měla tato koncepce daleko nejlepší výsledky. Je však nutné konstatovat, že toto tvrzení platí pouze z pohledu základních biomechanických úkonů, při provádění základních a krátkých ovládacích postupů, které nemají vzájemnou návaznost a nepředstavují tak souvislou a komplexní zátěž řidiče. Otázkou je, jak by se změnilы výsledky například při testování delších úkonů například v silném provozu. Testování v provozu by ale bylo nepochybně velmi nebezpečné a při provádění delších úkonů by bylo nutné porovnávat již konkrétní typy infotainmentu s jejich specifickým uživatelským rozhraním, a ne koncepce obecně. To by velmi pravděpodobně ovlivnilo v základu proces testování a získané výsledky by pak nebyly zcela validní.

9 Seznam použitých zdrojů

ABBASI, Elahe. A Comprehensive Review of Driver's Attention and the Evaluation Methods. *Computational Research Progress in Applied Science and Engineering* [online]. 2021, 7(3), 4 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: doi:10.52547/crpase.7.3.2392.

ALFA ROMEO. *Information and Entertainment System*. 2023, 96 s. Dostupné také z: https://www.alfaromeousa.com/content/dam/alfausa/uploads/owner-manuals/stelvio/P133322_23_AF_IES_EN_USC_DIGITAL.pdf.

APTIV, 2021. What Is Gesture Recognition? [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.aptiv.com/en/insights/article/what-is-gesture-recognition>.

BHISE, Vivek D., 2016. Ergonomics in the automotive design process [online]. Dostupné z: doi:10.1201/b11237.

BLAHUTKOVÁ, Marie. *Psychomotorika*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3067-4.

BOGUSZAKOVÁ, Jarmila. Zrak a vidění. *Světlo* [online]. 2003, 4, 6 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/zrak-a-videni--16756>.

ČELIKOVSKÝ, S. a kol., *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*, 3. přepracované vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990, 286 s., ISBN 80-04-233248-5.

GOODLAD, Tom, 2021. What is voice control? [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.parkers.co.uk/what-is/voice-control/>.

HRUŠKA, Michal a P. JINDRA. Presentation title: Ability to handle unfamiliar systems in passenger cars according to driver skills. *Agronomy Research* [online]. 2016, **14**(5), 1601-1608 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14_nr5_Hruska.pdf.

JENSEN, Rasmus R. a Jonathan D. STETS. Wearable Gaze Trackers: Mapping Visual Attention in 3D. *Lecture Notes in Computer Science* [online]. 2017 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-59126-1_6.

JUNG, Suhwan, Jaehyun PARK, Jungchul PARK, Mungyeong CHOE, Taehun KIM, Myungbin CHOI a Seunghwan LEE, 2021. Effect of Touch Button Interface on In-Vehicle Information Systems Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction* [online]. 37(15), 1404–1422. ISSN 15327590. Dostupné z: doi:10.1080/10447318.2021.1886484.

KEFURT, Petr, 2021. Dotykové displeje: Část 1. Odporová a kapacitní technologie. *ELEKTRO*. ISSN 1210-0889.

LOPEZ, Mandi a Catherine TAKAWIRA. Wrist motion is distinct between touch screen and manual or digital devices. *PLOS ONE* [online]. 2023, **18**(10) [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0290973.

MAREK, Clemens a Karl SIEBERTZ, 2014. Ergonomics for Passenger Cars. In: *Encyclopedia of Automotive Engineering* [online]. B.m.: John Wiley & Sons, Ltd, s. 1– 24. Dostupné z: doi:10.1002/9781118354179.auto247.

MIKROE, 2016. Capacitive vs. Resistive Touch Panel - What feels better? [online] [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.mikroe.com/blog/capacitive-vs-resistive-touch-panel-feels-better>.

PFLEGING, Bastian a Albrecht SCHMIDT. *(Non-) Driving-Related Activities in the Car: Defining Driver Activities for Manual and Automated Driving* [online]. Seoul, 2015, 5 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.hcilab.org/wp-content/uploads/chi15-ws-nondriving-activities.pdf>.

POLICEJNÍ PREZIDIUM ČESKÉ REPUBLIKY. *INFORMACE o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2022* [online]. 2022, 12 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/soubor/informace-o-nehodovosti-2022-docx-pdf.aspx>.

PORTER, J.M. and Gyi, D.E. (1998) 'Exploring the optimum posture for driver comfort', *Int. J. of Vehicle Design*, Vol. 19, No. 3, pp.255-266. Dostupné z: https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/Exploring_the_optimum_posture_for_driver_comfort/9349361.

PUNDE, Pramodini A., Mukti E. JADHAV a Ramesh R. MANZA, 2017. A study of Eye Tracking Technology and its applications. In: *Proceedings - 1st International Conference on Intelligent Systems and Information Management, ICISIM 2017* [online]. B.m.: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., s. 86–90. ISBN 9781509042647. Dostupné z: doi:10.1109/ICISIM.2017.8122153.

REED, M. P. 1998. *Statistical and Biomechanical Prediction of Automobile Driving*. Ph.D. Dissertation. University of Michigan. USA. Dostupné z: https://mreed.umtri.umich.edu/mreed/pubs/Reed_1998_Dissertation-ocr.pdf.

RENATA, Christianto, Manivannan Sivaperuman KALAIRAJ, Hong Mei CHEN, Gih Keong LAU a Wei Min HUANG, 2021. Buttons on demand sliding mechanism driven by smart materials and mechanical design. *Actuators* [online]. 10(10). ISSN 20760825. Dostupné z: doi:10.3390/act10100251.

RICHARD ROKYTA, 2016. *Fyziologie*. B. m.: Galén. ISBN 978-80-7492-238-1.

SINGH, Harnam, Vinita KUSHWAHA, A.D. AGARWAL a S.S. SANDHU, 2016. Fatal Road Traffic Accidents: Causes and Factors Responsible. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine* [online]. 38(1), 52. ISSN 0971-0973. Dostupné z: doi:10.5958/0974-0848.2016.00014.2.

THITE, Lerotholi. The history of Eye tracking. *Department of Computer Science and Informatics* [online]. 2016, 14 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: https://www.academia.edu/10634700/The_history_of_Eye_tracking.

VESELÝ. Lidské smysly. *WebSnadno* [online]. 2016 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Sluch.html>.

ZEISS, Carl. Lidské oko. *Vision Care* [online]. 2017 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/lepsi-videni/pochopeni-zraku/lidske-oko.html>.

WILLIAMS. The Human Visual System. *Laramy-K* [online]. 2016 [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://opticianworks.com/lesson/human-visual-system/>.

10 Přílohy (časy úkonů, přeskočení očima)

č. jezdce	centrální tlačítko						
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
2	teplota	4,96	4,75	4,86	7,08	3,86	5,47
	větrák	4,01	4,21	4,11	3,51	3,78	3,65
	sklo	1,91	1,63	1,77	1,55	1,75	1,65
	teplota	5,14	3,65	4,40	3,26	4,73	7,00
3	větrák	4,76	2,73	3,75	3,66	4,25	3,96
	sklo	2,66	2,25	2,46	2,32	2,35	2,34
	teplota	3,71	3,35	3,53	4,47	4,80	4,64
4	větrák	2,51	2,21	2,36	3,33	3,25	3,29
	sklo	1,75	1,63	1,69	1,73	1,39	1,56
	teplota	4,66	3,48	4,07	3,10	3,16	3,13
5	větrák	2,26	2,41	2,34	2,11	2,23	2,17
	sklo	1,23	1,28	1,26	1,16	1,09	1,13
	teplota	4,47	3,20	3,84	7,40	3,31	5,36
6	větrák	2,50	3,13	2,82	2,78	3,36	3,07
	sklo	1,78	1,15	1,47	1,23	1,18	1,21
	teplota	4,54	4,06	4,30	4,82	3,93	4,38
7	větrák	2,88	3,08	2,98	3,66	2,68	3,17
	sklo	1,53	1,44	1,49	1,63	1,75	1,69
	teplota	4,85	2,85	3,85	4,75	5,35	5,05
8	větrák	3,26	3,04	3,15	4,08	3,43	3,76
	sklo	2,15	1,81	1,98	1,96	1,58	1,77
	teplota	2,68	3,03	2,86	2,51	4,16	3,34
9	větrák	2,03	1,76	1,90	2,26	3,35	2,81
	sklo	1,18	1,12	1,15	1,15	1,14	1,15
	teplota	3,07	2,13	2,60	7,11	4,95	6,03
10	větrák	2,25	2,60	2,43	4,23	5,98	5,11
	sklo	1,48	1,40	1,44	1,88	1,14	1,51
	teplota	3,34	4,88	4,11	4,35	3,18	3,77
11	větrák	2,43	2,96	2,70	1,86	3,36	2,61
	sklo	1,58	1,08	1,33	1,05	0,98	1,02
	teplota	3,58	3,05	3,32	3,56	3,76	3,66
12	větrák	4,53	2,68	3,61	2,85	3,51	3,18
	sklo	1,47	1,53	1,50	1,96	1,43	1,70
	teplota	3,22	3,28	3,25	2,88	3,31	3,10
13	větrák	2,70	3,34	3,02	2,68	1,93	2,31
	sklo	1,89	1,45	1,67	1,16	1,30	1,23
	teplota	3,18	2,52	2,85	2,53	3,16	2,85
14	větrák	2,63	1,94	2,29	2,15	2,41	2,28
	sklo	1,48	1,51	1,50	1,18	1,23	1,21
	teplota	3,26	2,16	2,71	3,06	3,60	3,33
15	větrák	1,81	2,65	2,23	2,05	2,20	2,13
	sklo	1,46	1,37	1,42	1,33	1,26	1,30

č. jezdce	centrální tlačítko						
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
30	teplota	2,96	2,81	2,89	3,56	4,00	3,78
	větrák	2,34	2,01	2,18	2,96	3,23	3,10
	sklo	1,61	1,43	1,52	1,48	1,45	1,47
31	teplota	3,28	3,16	3,22	4,38	4,06	4,22
	větrák	3,75	3,02	3,39	2,58	3,16	2,87
	sklo	1,54	1,49	1,52	1,02	1,21	1,12
32	teplota	3,14	4,56	3,85	4,50	3,21	3,86
	větrák	3,68	3,11	3,40	3,21	2,71	2,96
	sklo	1,55	1,84	1,70	1,54	1,67	1,61
33	teplota	3,25	3,52	3,39	3,25	2,64	2,95
	větrák	2,91	2,78	2,85	2,39	2,40	2,40
	sklo	1,63	1,62	1,63	1,76	1,48	1,62
34	teplota	3,28	2,69	2,99	3,48	2,36	2,92
	větrák	2,11	2,39	2,25	2,32	2,31	2,32
	sklo	1,48	1,25	1,37	1,26	1,28	1,27
35	teplota	3,56	3,45	3,51	4,41	3,66	4,04
	větrák	3,50	2,53	3,02	2,76	2,46	2,61
	sklo	1,78	1,74	1,76	1,60	1,63	1,62
36	teplota	3,45	3,56	3,51	3,10	3,23	3,17
	větrák	2,55	2,23	2,39	2,41	2,63	2,52
	sklo	1,28	1,18	1,23	1,88	1,78	1,83
37	teplota	3,36	3,24	3,30	4,53	3,63	4,08
	větrák	2,37	2,82	2,60	2,90	2,71	2,81
	sklo	1,69	1,60	1,65	1,83	1,93	1,88
38	teplota	2,83	2,51	2,67	3,06	3,05	3,06
	větrák	2,48	1,98	2,23	2,33	2,31	2,32
	sklo	1,08	1,16	1,12	1,26	0,91	1,09
39	teplota	2,78	3,30	3,04	2,56	2,39	2,48
	větrák	2,10	2,11	2,11	1,95	2,50	2,23
	sklo	1,26	1,15	1,21	1,16	1,09	1,13
40	teplota	2,99	2,55	2,77	2,76	3,13	2,95
	větrák	2,28	2,06	2,17	2,58	2,10	2,34
	sklo	1,28	1,15	1,22	1,11	1,33	1,22

č. jezdce	centrální tlačítko						
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
16	teplota	3,85	3,76	3,81	3,48	3,65	3,57
	větrák	2,80	2,63	2,72	2,46	2,85	2,66
	sklo	1,70	1,56	1,63	1,93	1,58	1,76
17	teplota	2,98	2,71	2,85	3,51	2,87	3,19
	větrák	2,55	2,68	2,62	2,13	2,03	2,08
	sklo	1,90	1,51	1,71	1,41	1,13	1,27
18	teplota	3,52	3,68	3,60	5,75	3,58	4,67
	větrák	2,91	2,39	2,65	2,25	3,67	2,96
	sklo	1,58	1,23	1,41	1,21	1,18	1,20
19	teplota	3,67	3,02	3,35	4,00	3,28	3,64
	větrák	3,88	2,28	3,08	5,15	4,46	4,81
	sklo	1,63	1,76	1,70	1,58	1,59	1,59
20	teplota	3,65	2,95	3,30	2,98	2,46	2,72
	větrák	2,63	2,23	2,43	2,28	1,86	2,07
	sklo	1,34	1,38	1,36	1,26	1,33	1,30
21	teplota	2,75	2,28	2,52	2,91	3,15	3,03
	větrák	1,85	1,96	1,91	2,11	1,93	2,02
	sklo	1,29	1,35	1,32	1,45	1,33	1,39
22	teplota	5,43	5,21	5,32	5,00	5,63	5,32
	větrák	4,75	3,90	4,33	5,39	2,60	4,00
	sklo	1,83	1,93	1,88	1,68	1,87	1,78
23	teplota	3,21	2,69	2,95	4,68	3,26	3,97
	větrák	2,80	2,33	2,57	2,05	2,03	2,04
	sklo	1,83	1,46	1,65	1,73	1,60	1,67
24	teplota	3,51	2,94	3,23	4,38	2,69	3,54
	větrák	3,25	3,10	3,18	2,40	3,00	2,70
	sklo	1,56	1,43	1,50	1,36	1,38	1,37
25	teplota	3,63	3,45	3,54	3,76	3,70	3,73
	větrák	2,63	2,55	2,59	3,41	2,83	3,12
	sklo	1,75	1,81	1,78	1,68	1,62	1,65
26	teplota	3,00	2,46	2,73	4,00	2,86	3,43
	větrák	2,75	2,13	2,44	2,51	2,43	2,47
	sklo	1,65	1,28	1,47	1,31	1,51	1,41
27	teplota	3,88	4,28	4,08	3,65	3,98	3,82
	větrák	2,73	2,56	2,65	2,73	2,51	2,62
	sklo	1,78	1,31	1,55	1,48	1,47	1,48
28	teplota	3,78	3,46	3,62	2,45	3,54	3,00
	větrák	2,56	2,68	2,62	2,86	2,61	2,74
	sklo	1,63	1,65	1,64	1,35	1,45	1,40
29	teplota	3,63	2,88	3,26	4,12	2,69	3,41
	větrák	3,08	3,13	3,11	3,73	2,38	3,06
	sklo	1,45	1,51	1,48	1,86	1,36	1,61

č. jezdce	centrální tlačítko						
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
41	teplota	2,92	2,85	2,89	3,47	3,25	3,36
	větrák	2,44	2,35	2,40	3,85	2,36	3,11
	sklo	1,48	1,28	1,38	1,20	1,32	1,26
42	teplota	2,85	2,81	2,83	3,13	2,44	2,79
	větrák	2,46	2,50	2,48	2,00	2,15	2,08
	sklo	1,18	1,34	1,26	1,15	1,40	1,28
43	teplota	3,30	2,90	3,10	3,35	3,60	3,48
	větrák	2,30	2,62	2,46	2,55	2,85	2,70
	sklo	1,52	1,40	1,46	1,58	1,71	1,65
44	teplota	3,48	3,23	3,36	4,00	4,13	4,07
	větrák	2,46	2,41	2,44	2,93	2,33	2,63
	sklo	1,80	1,78	1,79	1,50	1,88	1,69
45	teplota	3,08	2,95	3,02	3,95	4,56	4,26
	větrák	2,76	2,25	2,51	2,91	2,71	2,81
	sklo	1,54	1,45	1,50	1,69	1,35	1,52
46	teplota	2,67	2,55	2,61	2,75	2,64	2,70
	větrák	2,66	2,00	2,33	2,16	1,99	2,08
	sklo	1,23	1,16	1,20	1,15	1,45	1,30
47	teplota	2,80	3,43	3,12	3,26	3,41	3,34
	větrák	2,05	2,31	2,18	2,58	2,18	2,38
	sklo	1,38	1,36	1,37	1,50	1,53	1,52
48	teplota	3,51	3,77	3,64	2,81	2,68	2,75
	větrák	2,85	2,95	2,90	2,80	2,36	2,58
	sklo	1,62	1,60	1,61	1,45	1,30	1,38
49	teplota	2,95	3,03	2,99	3,63	3,41	3,52
	větrák	2,03	2,06	2,05	3,45	2,76	3,11
	sklo	1,33	1,53	1,43	1,21	1,24	1,23
50	teplota	3,32	3,26	3,29	3,75	3,81	3,78
	větrák	2,93	2,41	2,67	2,56	2,46	2,51
	sklo	1,34	1,26	1,30	1,43	1,32	1,38

manuální tlačítka							
č. jezdce		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
2	teplota	3,55	3,64	3,60	8,17	3,83	6,00
	větrák	2,71	2,73	2,72	2,85	2,38	2,62
	sklo	1,93	1,89	1,91	2,26	2,32	2,29
3	teplota	3,97	4,95	4,46	7,11	6,71	6,91
	větrák	2,16	2,56	2,36	3,85	3,33	3,60
	sklo	1,83	1,89	1,86	2,03	2,08	2,06
4	teplota	2,96	3,50	3,23	4,51	4,11	4,31
	větrák	2,90	2,11	2,51	4,73	2,48	3,61
	sklo	1,66	1,28	1,47	1,72	1,66	1,69
5	teplota	3,01	2,91	2,96	3,81	3,92	3,87
	větrák	2,18	2,03	2,11	2,58	3,21	2,90
	sklo	1,11	1,20	1,16	1,31	1,50	1,41
6	teplota	4,37	4,95	4,66	7,68	4,88	6,27
	větrák	2,45	3,35	2,90	2,75	3,03	2,89
	sklo	1,51	1,63	1,57	1,63	1,51	1,57
7	teplota	3,86	3,55	3,71	6,95	4,00	5,48
	větrák	2,43	2,28	2,36	2,95	2,98	2,97
	sklo	1,58	1,39	1,49	1,53	1,48	1,51
8	teplota	3,00	3,25	3,13	4,10	4,43	4,27
	větrák	4,48	3,95	4,22	6,50	6,46	6,48
	sklo	2,20	2,51	2,36	2,50	2,55	2,53
9	teplota	3,35	3,10	3,23	2,91	2,86	2,89
	větrák	2,86	2,08	2,47	2,71	3,16	2,94
	sklo	1,35	1,30	1,33	1,18	1,25	1,22
10	teplota	2,46	2,90	2,68	3,60	4,11	3,86
	větrák	2,58	2,48	2,53	4,88	4,33	4,61
	sklo	2,05	1,88	1,97	1,66	1,54	1,60
11	teplota	3,51	3,38	3,45	6,11	4,91	5,51
	větrák	1,98	1,81	1,90	2,43	2,75	2,59
	sklo	1,38	1,46	1,42	1,38	1,23	1,31
12	teplota	4,95	3,93	4,44	3,88	3,68	3,78
	větrák	3,95	3,10	3,53	4,11	3,75	3,93
	sklo	1,82	1,66	1,74	2,38	1,63	2,01
13	teplota	3,46	3,16	3,31	3,25	3,68	3,47
	větrák	2,61	2,68	2,65	2,51	1,98	2,25
	sklo	1,41	1,43	1,42	1,60	1,25	1,43
14	teplota	2,88	2,20	2,54	3,70	3,53	3,62
	větrák	1,93	2,13	2,03	2,41	2,43	2,42
	sklo	1,10	1,28	1,19	1,15	1,35	1,25
15	teplota	3,35	3,76	3,56	2,96	2,68	2,82
	větrák	2,51	2,95	2,73	2,28	2,85	2,57
	sklo	1,33	1,31	1,32	1,46	1,45	1,46

manuální tlačítka							
č. jezdce		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
16	teplota	3,60	2,76	3,18	4,76	6,05	5,41
	větrák	2,71	2,13	2,42	3,60	2,80	3,20
	sklo	1,25	1,23	1,24	2,13	2,15	2,14
17	teplota	3,25	2,73	2,99	3,26	2,64	2,95
	větrák	1,85	2,15	2,00	1,73	2,56	2,15
	sklo	1,61	1,28	1,45	1,55	1,46	1,51
18	teplota	3,08	3,41	3,25	4,61	3,45	4,03
	větrák	3,11	2,65	2,88	3,15	3,81	3,48
	sklo	1,83	1,95	1,89	1,75	1,83	1,79
19	teplota	4,44	4,38	4,41	4,50	6,03	5,27
	větrák	2,65	2,57	2,61	2,03	2,05	2,04
	sklo	1,35	1,75	1,55	1,41	1,55	1,48
20	teplota	3,90	2,96	3,43	4,37	3,76	4,07
	větrák	3,11	2,38	2,75	2,95	2,31	2,63
	sklo	1,68	1,61	1,65	1,51	1,38	1,45
21	teplota	3,16	3,54	3,35	3,31	3,75	3,53
	větrák	1,89	1,91	1,90	2,18	1,75	1,97
	sklo	1,30	1,46	1,38	1,30	1,21	1,26
22	teplota	3,59	4,48	4,04	3,66	3,12	3,39
	větrák	3,35	3,30	3,33	3,65	3,50	3,58
	sklo	1,58	1,63	1,61	1,36	1,61	1,49
23	teplota	2,83	2,95	2,89	3,86	3,80	3,83
	větrák	2,10	2,03	2,07	2,13	2,50	2,32
	sklo	1,33	1,35	1,34	1,26	1,43	1,35
24	teplota	3,46	3,68	3,57	3,40	2,95	3,18
	větrák	2,35	2,75	2,55	2,06	2,18	2,12
	sklo	1,65	1,18	1,42	1,25	1,28	1,27
25	teplota	4,00	3,61	3,81	4,00	3,26	3,63
	větrák	2,31	2,70	2,51	3,76	2,46	3,11
	sklo	1,61	1,70	1,66	1,60	1,66	1,63
26	teplota	2,98	2,78	2,88	2,98	2,51	2,75
	větrák	2,35	2,15	2,25	2,08	2,05	2,07
	sklo	1,45	1,36	1,41	1,28	1,25	1,27
27	teplota	3,25	2,83	3,04	3,50	3,00	3,25
	větrák	2,96	2,98	2,97	2,40	2,43	2,42
	sklo	1,93	1,73	1,83	1,41	1,53	1,47
28	teplota	3,10	3,16	3,13	2,96	3,10	3,03
	větrák	2,38	2,66	2,52	2,93	2,54	2,74
	sklo	1,36	1,33	1,35	1,48	1,30	1,39
29	teplota	3,35	3,46	3,41	3,36	4,08	3,72
	větrák	2,90	2,95	2,93	3,43	2,20	2,82
	sklo	1,41	1,36	1,39	2,01	1,40	1,71

manuální tlačítka							
č. jezdce		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
30	teplota	4,23	3,46	3,85	3,81	4,58	4,20
	větrák	2,68	2,11	2,40	3,40	2,75	3,08
	sklo	1,48	1,56	1,52	1,76	1,87	1,82
31	teplota	3,13	2,83	2,98	4,66	3,03	3,85
	větrák	2,40	2,38	2,39	2,58	2,06	2,32
	sklo	1,24	1,33	1,29	1,26	1,36	1,31
32	teplota	3,43	3,23	3,33	4,20	3,23	3,72
	větrák	2,96	3,08	3,02	2,98	2,98	2,98
	sklo	1,38	1,43	1,41	2,91	2,72	2,82
33	teplota	3,25	3,60	3,43	4,06	3,28	3,67
	větrák	2,70	2,68	2,69	3,30	2,55	2,93
	sklo	1,50	1,48	1,49	1,45	1,48	1,47
34	teplota	2,96	2,56	2,76	3,28	3,30	3,29
	větrák	2,56	2,68	2,62	2,60	4,00	3,30
	sklo	1,55	1,48	1,52	1,50	1,43	1,47
35	teplota	3,57	3,38	3,48	4,18	4,71	4,45
	větrák	2,36	2,56	2,46	2,61	3,16	2,89
	sklo	1,58	1,38	1,48	1,43	1,65	1,54
36	teplota	3,20	3,28	3,24	3,58	3,64	3,61
	větrák	2,28	2,35	2,32	2,54	2,87	2,71
	sklo	1,55	1,54	1,55	1,25	1,30	1,28
37	teplota	3,05	3,50	3,28	4,15	4,33	4,24
	větrák	2,54	2,45	2,50	2,31	2,49	2,40
	sklo	1,31	1,32	1,32	1,30	1,35	1,33
38	teplota	2,71	2,35	2,53	3,86	3,18	3,52
	větrák	2,10	1,97	2,04	2,33	1,95	2,14
	sklo	1,28	1,29	1,29	1,23	1,18	1,21
39	teplota	3,12	2,83	2,98	3,88	3,71	3,80
	větrák	1,98	1,90	1,94	2,21	2,23	2,22
	sklo	1,15	1,25	1,20	1,26	1,18	1,22
40	teplota	2,25	2,95	2,60	3,26	3,65	3,46
	větrák	1,98	2,25	2,12	1,93	2,15	2,04
	sklo	1,15	1,24	1,20	1,28	1,23	1,26

manuální tlačítka							
č. jezdce		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
41	teplota	3,08	2,81	2,95	3,00	3,13	3,07
	větrák	2,10	2,36	2,23	2,01	1,98	2,00
	sklo	1,33	1,43	1,38	1,26	1,31	1,29
42	teplota	2,89	2,73	2,81	4,98	3,90	4,44
	větrák	2,80	2,71	2,76	2,90	2,56	2,73
	sklo	1,53	1,42	1,48	1,28	1,27	1,28
43	teplota	3,28	3,31	3,30	3,56	4,88	4,22
	větrák	2,65	2,25	2,45	2,20	2,33	2,27
	sklo	1,21	1,34	1,28	1,28	1,28	1,28
44	teplota	2,88	2,93	2,91	3,83	3,26	3,55
	větrák	2,57	2,61	2,59	2,21	2,53	2,37
	sklo	1,35	1,45	1,40	1,35	1,46	1,41
45	teplota	2,87	2,75	2,81	4,11	3,15	3,63
	větrák	2,35	2,83	2,59	2,86	2,31	2,59
	sklo	1,35	1,38	1,37	1,46	1,40	1,43
46	teplota	2,60	2,83	2,72	2,78	3,41	3,10
	větrák	2,15	1,95	2,05	4,15	2,75	3,45
	sklo	1,28	1,23	1,26	1,26	1,37	1,32
47	teplota	3,55	3,30	3,43	3,54	3,25	3,40
	větrák	2,26	2,35	2,31	2,03	2,01	2,02
	sklo	1,36	1,33	1,35	1,28	1,33	1,31
48	teplota	4,15	4,23	4,19	4,50	3,36	3,93
	větrák	2,88	2,86	2,87	2,58	2,40	2,49
	sklo	1,20	1,52	1,36	1,75	1,43	1,59
49	teplota	2,96	2,63	2,80	4,08	4,51	4,30
	větrák	2,33	2,80	2,57	3,43	3,38	3,41
	sklo	1,30	1,25	1,28	1,10	1,28	1,19
50	teplota	3,30	3,83	3,57	4,83	4,78	4,81
	větrák	2,46	2,18	2,32	2,18	2,35	2,27
	sklo	1,31	1,39	1,35	1,48	1,31	1,40

č. jezdce		displej					
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
2	teplota	4,15	4,38	4,27	14,86	5,10	9,98
	větrák	3,36	2,50	2,93	2,52	2,33	2,43
	sklo	1,63	1,73	1,68	1,93	1,88	1,91
3	teplota	7,80	8,27	7,89	17,40	14,57	15,99
	větrák	3,08	3,75	3,42	3,38	2,45	2,92
	sklo	1,55	1,98	1,77	1,58	2,11	1,85
4	teplota	4,56	4,96	4,76	4,46	6,06	5,26
	větrák	2,40	2,21	2,31	3,88	2,65	3,27
	sklo	1,30	1,34	1,32	1,23	1,33	1,28
5	teplota	3,76	3,84	3,80	5,03	5,13	5,08
	větrák	2,43	2,23	2,33	2,25	2,48	2,37
	sklo	1,21	1,16	1,19	1,31	1,40	1,36
6	teplota	6,05	6,21	6,13	6,86	8,24	7,55
	větrák	3,36	3,60	3,48	2,88	7,23	5,06
	sklo	1,33	1,38	1,36	1,56	1,28	1,42
7	teplota	5,70	5,76	5,73	6,32	5,07	5,70
	větrák	2,61	2,53	2,57	3,01	2,75	2,88
	sklo	1,51	1,47	1,49	1,83	1,76	1,80
8	teplota	6,97	5,78	6,38	9,38	6,95	8,17
	větrák	3,95	5,01	4,48	5,05	4,53	4,79
	sklo	2,23	2,05	2,14	2,08	1,95	2,02
9	teplota	4,36	3,31	3,84	4,78	3,65	4,22
	větrák	2,16	2,21	2,19	2,30	2,43	2,37
	sklo	1,15	1,36	1,26	1,53	1,50	1,52
10	teplota	5,57	6,04	5,81	6,56	7,25	6,91
	větrák	2,20	2,38	2,29	2,20	3,15	2,68
	sklo	1,20	1,08	1,14	2,08	1,63	1,86
11	teplota	4,13	4,28	4,21	6,28	6,95	6,62
	větrák	2,35	1,80	2,08	2,43	2,23	2,33
	sklo	1,28	1,31	1,30	1,26	1,43	1,35
12	teplota	5,31	4,36	4,84	4,55	4,70	4,63
	větrák	3,01	3,00	3,01	3,52	2,80	3,16
	sklo	1,51	1,48	1,50	2,23	1,58	1,91
13	teplota	5,18	4,33	4,76	3,93	4,45	4,19
	větrák	2,33	2,67	2,50	2,06	2,71	2,39
	sklo	1,26	1,28	1,27	1,61	1,35	1,48
14	teplota	2,87	3,31	3,09	4,28	4,73	4,51
	větrák	1,61	3,11	2,36	1,95	2,10	2,03
	sklo	1,16	1,56	1,36	1,03	1,23	1,13
15	teplota	4,23	3,80	4,02	4,33	4,16	4,25
	větrák	2,15	2,93	2,54	2,33	2,38	2,36
	sklo	1,26	1,33	1,30	1,26	1,30	1,28

č. jezdce		displej					
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
16	teplota	5,26	4,60	4,93	7,57	7,36	7,47
	větrák	2,63	2,78	2,71	3,18	3,40	3,29
	sklo	1,43	1,37	1,40	2,50	1,83	2,17
17	teplota	3,85	3,80	3,83	4,35	4,03	4,19
	větrák	2,01	2,42	2,22	2,36	2,15	2,26
	sklo	1,30	1,28	1,29	1,28	1,35	1,32
18	teplota	2,60	4,85	3,73	5,56	6,25	5,91
	větrák	2,89	2,88	2,89	2,60	2,75	2,68
	sklo	2,05	1,55	1,80	1,45	2,05	1,75
19	teplota	4,55	5,55	5,05	6,49	5,80	6,15
	větrák	3,06	2,56	2,81	2,63	3,93	3,28
	sklo	1,50	1,66	1,58	1,95	1,93	1,94
20	teplota	4,50	4,31	4,41	4,28	4,77	4,53
	větrák	2,35	2,26	2,31	2,51	2,33	2,42
	sklo	1,26	1,28	1,27	1,25	1,41	1,33
21	teplota	3,83	3,76	3,80	4,01	3,96	3,99
	větrák	1,75	1,93	1,84	2,00	1,78	1,89
	sklo	1,23	1,18	1,21	1,23	1,27	1,25
22	teplota	4,80	4,68	4,74	4,85	4,87	4,86
	větrák	3,68	3,37	3,53	3,45	3,35	3,40
	sklo	1,78	1,70	1,74	1,83	1,48	1,66
23	teplota	4,63	4,71	4,67	4,78	6,83	5,81
	větrák	2,26	2,18	2,22	2,25	2,76	2,51
	sklo	1,20	1,27	1,24	1,28	1,35	1,32
24	teplota	3,21	4,13	3,67	3,26	3,65	3,46
	větrák	2,43	2,70	2,57	2,26	2,08	2,17
	sklo	1,25	1,31	1,28	1,66	1,52	1,59
25	teplota	4,21	4,06	4,14	5,13	4,75	4,94
	větrák	2,80	2,46	2,63	2,26	2,86	2,56
	sklo	1,35	1,41	1,38	1,39	1,65	1,52
26	teplota	4,01	3,60	3,81	3,96	4,20	4,08
	větrák	2,46	2,30	2,38	2,58	2,71	2,65
	sklo	1,25	1,23	1,24	1,15	1,14	1,15
27	teplota	4,88	4,76	4,82	3,88	3,55	3,72
	větrák	2,60	2,45	2,53	2,05	2,15	2,10
	sklo	1,76	1,53	1,65	1,28	1,25	1,27
28	teplota	3,35	3,43	3,39	3,68	3,74	3,71
	větrák	2,21	1,98	2,10	1,97	2,11	2,04
	sklo	1,33	1,28	1,31	1,29	1,24	1,27
29	teplota	5,18	5,25	5,22	5,27	5,90	5,59
	větrák	2,31	1,98	2,15	2,21	1,93	2,07
	sklo	1,35	1,37	1,36	1,29	1,32	1,31

č. jezdce		displej					
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
30	teplota	4,35	4,26	4,31	4,96	5,58	5,27
	větrák	2,16	2,61	2,39	2,58	2,55	2,57
	sklo	1,45	1,30	1,38	1,47	1,53	1,50
31	teplota	4,48	4,51	4,50	6,00	5,21	5,61
	větrák	2,43	2,41	2,42	2,50	2,21	2,36
	sklo	1,23	1,28	1,26	1,36	1,43	1,40
32	teplota	3,55	4,25	3,90	3,28	4,70	3,99
	větrák	2,53	2,45	2,49	2,36	3,61	2,99
	sklo	1,36	1,42	1,39	1,27	1,35	1,31
33	teplota	3,50	3,23	3,37	3,75	3,98	3,87
	větrák	2,76	2,78	2,77	2,20	2,50	2,35
	sklo	1,40	1,43	1,42	1,53	1,25	1,39
34	teplota	3,83	3,80	3,82	3,50	3,61	3,56
	větrák	2,38	2,11	2,25	1,99	1,88	1,94
	sklo	1,33	1,39	1,36	1,29	1,31	1,30
35	teplota	3,81	3,56	3,69	4,56	4,13	4,35
	větrák	2,48	2,38	2,43	2,86	2,78	2,82
	sklo	1,34	1,28	1,31	1,29	1,37	1,33
36	teplota	3,58	3,06	3,32	3,18	4,58	3,88
	větrák	2,42	2,20	2,31	2,08	1,90	1,99
	sklo	1,41	1,38	1,40	2,08	1,50	1,79
37	teplota	4,53	4,23	4,38	4,89	4,41	4,65
	větrák	2,12	2,38	2,25	2,93	2,57	2,75
	sklo	1,40	1,31	1,36	1,76	1,54	1,65
38	teplota	3,58	3,64	3,61	4,46	3,76	4,11
	větrák	2,55	2,23	2,39	2,15	2,26	2,21
	sklo	1,38	1,30	1,34	1,46	1,53	1,50
39	teplota	3,53	3,48	3,51	3,89	4,25	4,07
	větrák	1,90	1,86	1,88	1,89	1,94	1,92
	sklo	1,13	1,09	1,11	1,04	1,08	1,06
40	teplota	3,98	3,78	3,88	5,10	4,21	4,66
	větrák	2,15	2,33	2,24	2,36	1,98	2,17
	sklo	1,23	1,28	1,26	1,18	1,26	1,22

č. jezdce		displej					
		staticky			dynamicky		
		1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
41	teplota	3,53	3,89	3,71	3,65	3,98	3,82
	větrák	1,98	1,99	1,99	2,03	2,18	2,11
	sklo	1,23	1,24	1,24	1,18	1,27	1,23
42	teplota	4,06	4,20	4,13	7,36	4,24	5,80
	větrák	2,98	2,35	2,67	3,48	3,13	3,31
	sklo	1,23	1,25	1,24	1,60	1,51	1,56
43	teplota	4,25	4,08	4,17	4,13	4,68	4,41
	větrák	2,08	2,10	2,09	1,96	2,15	2,06
	sklo	1,21	1,26	1,24	1,23	1,27	1,25
44	teplota	3,83	3,85	3,84	3,40	3,90	3,65
	větrák	2,86	2,93	2,90	2,75	2,68	2,72
	sklo	1,38	1,46	1,42	1,43	1,36	1,40
45	teplota	3,75	4,58	4,17	3,40	3,78	3,59
	větrák	2,01	1,98	2,00	3,11	2,46	2,79
	sklo	1,08	1,11	1,10	1,36	1,43	1,40
46	teplota	4,20	3,84	4,02	4,81	3,94	4,38
	větrák	2,10	1,91	2,01	1,88	2,01	1,95
	sklo	1,12	1,08	1,10	1,23	1,25	1,24
47	teplota	3,78	3,73	3,76	3,21	3,80	3,51
	větrák	2,66	2,26	2,46	1,98	2,15	2,07
	sklo	1,18	1,15	1,17	1,09	1,16	1,13
48	teplota	3,83	4,19	4,01	3,45	3,70	3,58
	větrák	2,73	2,46	2,60	2,28	2,16	2,22
	sklo	1,18	1,20	1,19	1,08	1,28	1,18
49	teplota	3,95	4,12	4,04	5,97	5,08	5,53
	větrák	2,40	2,20	2,30	2,30	2,40	2,35
	sklo	1,10	1,23	1,17	1,30	1,38	1,34
50	teplota	3,83	3,60	3,72	5,03	4,68	4,86
	větrák	2,53	2,73	2,63	2,20	2,30	2,25
	sklo	1,15	1,25	1,20	1,60	1,42	1,51

Měřeno u nastavení teploty				známka infotainmentu			
jen dynamicky	počet - switch očima			číslo jezdce	manuál	display	centrální
číslo jezdce	manuál	display	centrální	číslo jezdce	manuál	display	centrální
2	4	5	2	2	2	5	5
3	3	6	3	3	1	4	2
4	3	4	2	4	5	2	1
5	3	3	1	5	2	3	1
6	3	5	2	6	2	4	3
7	3	3	1	7	2	3	2
8	3	4	3	8	1	3	1
9	2	3	1	9	3	5	1
10	2	4	1	10	2	4	3
11	3	3	1	11	2	4	2
12	2	3	2	12	1	2	1
13	2	4	1	13	2	2	2
14	2	3	1	14	2	3	2
15	2	3	1	15	2	3	2
16	3	4	2	16	2	3	2
17	2	3	1	17	2	3	3
18	3	4	2	18	1	3	2
19	3	3	2	19	2	2	2
20	3	4	1	20	2	4	4
21	2	3	2	21	1	2	1
22	2	3	1	22	1	3	5
23	3	4	2	23	1	3	1
24	2	3	1	24	1	4	1
25	2	4	1	25	2	2	1
26	1	3	1	26	2	4	2
27	1	2	1	27	1	3	1
28	1	3	1	28	1	4	2
29	3	4	1	29	1	4	2
30	2	3	1	30	3	4	2
31	3	4	2	31	1	3	1
32	2	3	1	32	1	4	3
33	2	2	1	33	2	2	1
34	2	2	1	34	1	4	1
35	2	3	1	35	3	1	2
36	2	2	1	36	2	2	3
37	1	2	1	37	2	3	3
38	2	4	1	38	1	3	1
39	3	2	1	39	2	1	1
40	2	2	1	40	1	2	2
41	1	2	1	41	2	4	2
42	2	3	1	42	1	2	1
43	2	3	2	43	2	2	1
44	2	2	1	44	1	3	2
45	2	2	1	45	1	4	4
46	2	4	1	46	2	3	1
47	1	2	1	47	1	2	1
48	2	2	1	48	1	2	1
49	2	4	2	49	1	5	2
50	2	3	1	50	3	2	2
Průměr	2,22449	3,18367	1,32653	Σ	83	149	94