



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
Машински Факултет – Скопје



м-р Елена Ангелеска, дипл. инж. по индустриски дизајн

**Ергономска методологија за инклузивен дизајн
на ентериери на автономни возила**

Докторска дисертација

Скопје, 2022



Ss Cyril and Methodius University in Skopje
Faculty of Mechanical Engineering - Skopje



Elena Angeleska, MSc in Industrial Design

**Ergonomic methodology for inclusive design
of autonomous vehicle interiors**

Doctoral dissertation

Skopje, 2022

Ментор

Проф. д-р Софија Сидоренко

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет – Скопје

Членови на комисијата

Проф. д-р Татјана Кандикјан, претседател

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет – Скопје

Проф. д-р Софија Сидоренко, ментор

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет – Скопје

Проф. д-р Ристо Ташевски

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет – Скопје

Вон. проф. д-р Ташко Ризов

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет – Скопје

Вон. проф. д-р Антон Фукс

Универзитет за технологија, „Факултет за електротехника и информатичка технологија“ – Грац, Австрија

Датум на одбрана:

Благодарност

Би сакала да изразам особена благодарност на мојот ментор, Проф. д-р Софија Сидоренко, за нејзината посветеност и поддршка. Благодарна сум за нејзиното несебично споделување на стручно знаење и максимално залагање за успешна реализација на сите фази од истражувачкиот процес при изработката на оваа докторска дисертација. Благодарна сум што ми го пренесе значењето на Ергономија како методологија и го разгоре мојот интерес за истражувања на ова поле. Неизмерно сум благодарна за нејзиното разбирање, трпение, залагање за мене, верба во моите способности и постојана стручна и морална поддршка. На неа и должам сè.

Огромна благодарност на истражувачкиот центар „Virtual Vehicle Research GmbH“, Грац, Австрија за финансирање на ова истражување.

Благодарност на Вон. проф. д-р Антон Фукс „Virtual Vehicle Research GmbH“ кој е член на Комисијата за одбрана на докторска дисертација.

Особена благодарност изразувам на Д-р Паоло Претто „Virtual Vehicle Research GmbH“ кој почнувајќи од оформување на идејата ме насочуваше во текот на целиот истражувачки процес и ми пружи огромна стручна помош и поддршка особено при реализацијата на експерименталната фаза.

Благодарност на Линда Лихтрат, Хассаан Ислам и Мануела Приор „Virtual Vehicle Research GmbH“ за помошта и максималното залагање успешно да се реализира експериментот спроведен во „Virtual Vehicle“ што беше исклучителен предизвик во услови на пандемија.

Благодарност на Проф. д-р Даме Димитровски кој ме вклучи во проектот со истражувачкиот центар „Virtual Vehicle Research GmbH“ и пружи голема поддршка во текот на докторските студии.

Голема благодарност на Александар Јанковиќ и Александра Алексовска кои беа дел од овој проект и се согласија нивните истражувања за изработка на магистерските тези да ги вклопат во рамките на мојата докторска дисертација. Благодарна сум за нивното вложување и успешната соработка која ја имааме.

Благодарност на нивните ментори, Вон. проф. д-р Ташко Ризов и Вон. проф. д-р Никола Аврамов за нивните залагања и стручна помош во текот на целото истражување.

Благодарност на Проф. д-р Милан Косевски кој има значителен придонес во оформувањето на предложената методологија во оваа дисертација. Благодарам за неговото залагање и стручна помош со пренесување на искуството и сознанијата од областа на Инженерство на системите.

Благодарност на Марија Сидоренко за нејзината помош со сознанија од областа на информатичката технологија кои беа исклучително важни за правилно оформување на моделот за дизајн-платформа која е составен дел од предложената методологија за дизајнирање.

Благодарност на сите членови на Комисијата за одбрана на докторска дисертација: Проф. д-р Софија Сидоренко како ментор, Проф. д-р Татјана Кандиќјан како претседател, Проф. д-р Ристо Ташевски, Вон. проф. д-р Ташко Ризов и Вон. проф. д-р Антон Фукс.

Благодарност на сите останати професори и асистенти кои придонесоа со споделување на литература, знаење и стручна помош. Особена благодарност на колегите асистенти од Институтот за машински конструкции, механизациони машини и возила за помошта и моралната поддршка.

Неизмерна благодарност на моето семејство за разбирањето и поддршката во текот на докторските студии и изработката на оваа дисертација.

Благодарност на мојата мајка која несебично ме поддржува целиот живот. Благодарам за нејзиното максимално вложување во текот на целото мое образование, за тоа што постојано верува во мене и ме охрабрува да ги остварам моите соништа и цели. Овој успех е подеднакво нејзин колку што е мој.

Благодарност на мојот син Матеј кој е моја секојдневна и непресушна инспирација и мотивација. Овој труд му го посветувам нему.

м-р Елена Ангелеска, дипл. инж. по индустриски дизајн

ЕРГОНОМСКА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИНКЛУЗИВЕН ДИЗАЈН НА ЕНТЕРИЕРИ НА АВТОНОМНИ ВОЗИЛА

АПСТРАКТ

Истражувањата презентирани во оваа докторска дисертација имаат за цел да дадат придонес кон подобрување на типичниот дизајнерски пристап за развој на ентериери на возила со цел истиот да овозможи дизајн фокусиран на човечките потреби, максимална ергономија и инклузивност за еднаква вклученост во општествените процеси на сите припадници во општеството, без притоа да се компромитираат аспектите на безбедноста во сообраќајот.

Во оваа докторска дисертација е предложена методологија за дизајнирање ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила, која се темели на принципите на „Инженерство на системите“ („Systems Engineering“, „SE“). Дополнително, со примена на принципите на „Инженерство на системите засновано на модели“ („Model-Based Systems Engineering“, „MBSE“), креиран е концепт за придружна софтверска алатка во вид на информациска платформа за поддршка на процесот на дизајнирање ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила. Главната намена на оваа алатка е да им обезбеди на индустриските дизајнери лесен и ефикасен пристап до систематизираните информации од сите области неопходни за процесот на развој на едно возило, можност за нивно постојано ажурирање и следење, препознавање на променливите потреби и обезбедување нови насоки во развојот на идните модели.

Добиените резултати вклучуваат: (1) систематизација на информации во вид на спецификации и препораки за дизајн на инклузивни ентериери на автономни возила; (2) дефинирана методологија за ергономски и инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила; (3) дефиниран концепт за информациска платформа како софтверска дизајн-алатка за поддршка на процесот на дизајнирање на инклузивни ентериери на автономни возила потребна заради систематизација, ажурирање и полесен пристап за примена на интердисциплинарните информации кои се користат при генерирање дизајн решенија; (4) јасно наведени заклучоци од спроведената валидација на понудената методологија и информациска платформа, спроведена преку примена на современи експериментални пристапи; и (5) дефинирани препораки за понатамошни истражувања во областа.

Предложениот концепт за информациската платформа има потенцијал да биде реализиран како реален софтверски производ. Уште повеќе, може да биде унапреден со развој на дополнителни софтверски модули наменети за сите останати фази од дизајн процесот на ентериери на автономни возила, на целите возила, за други видови возила и, уште пошироко, за други видови производи.

Клучни зборови: Автономни возила; Ергономија на возила; Инклузивен дизајн; Информациска платформа за дизајн на возила; Методологија за дизајн на возила; Инженерство на системите

Elena Angeleska, MSc in Industrial Design

ERGONOMIC METHODOLOGY FOR INCLUSIVE DESIGN OF AUTONOMOUS VEHICLE INTERIORS

ABSTRACT

The research presented in this doctoral dissertation aims to contribute to the improvement of the typical design approach for the development of vehicle interiors in order to enable design focused on human needs, maximum ergonomics and inclusiveness for equal involvement in social processes of all members of society, without compromising aspects of traffic safety. In this doctoral dissertation, a methodology for designing ergonomic and inclusive interiors of autonomous vehicles is proposed, which is based on the principles of Systems Engineering (SE). In addition, by applying the principles of Model-Based Systems Engineering (MBSE), a concept was created for an accompanying software tool in the form of an information platform to support the process of designing ergonomic and inclusive interiors of autonomous vehicles. The main purpose of this tool is to provide industrial designers with easy and efficient access to systematized information from all areas necessary for the development process of a vehicle, the possibility of their constant updating and monitoring, recognizing changing needs and providing new directions in the development of future models.

The obtained results include: (1) systematization of information in the form of specifications and recommendations for the design of inclusive interiors of autonomous vehicles; (2) defined methodology for ergonomic and inclusive interior design of autonomous vehicles; (3) a defined concept for an information platform as a software design tool to support the process of designing inclusive interiors of autonomous vehicles needed for systematization, updating and easier access to the application of interdisciplinary information used in generating design solutions; (4) clearly stated conclusions from the conducted validation of the offered methodology and information platform, carried out through the application of modern experimental approaches; and (5) defined recommendations for further research. The advanced concept for the information platform has the potential to be realized as a real software product. Moreover, it can be enhanced by the development of additional software modules intended for all other stages of the design process of autonomous vehicle interiors, of entire vehicles, for other types of vehicles and, even more broadly, for other types of products.

Key words: *Autonomous vehicles; Vehicle ergonomics; Inclusive design; Information platform for vehicle design; Methodology for vehicle design; Systems Engineering*

СОДРЖИНА

СОДРЖИНА	7
Користена терминологија	9
Листа на слики	10
Листа на табели.....	14
1. ВОВЕД.....	16
1.1 Предмет на истражувањето	18
1.2 Цели на истражувањето	18
1.3 Работни хипотези	19
1.4 Истражувачки фази	19
1.4.1 Фаза 1 – Собирање информации за ергономија на возилата	21
1.4.2 Фаза 2 - Собирање информации за потребите при превоз на лицата со попречености	21
1.4.3 Фаза 3 - Предлог информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила	22
1.4.4 Фаза 4 – Примена и евалуација на предложениот метод на дизајнирање и информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила.....	23
1.5 Значење на истражувањето.....	23
2. ПРИМЕНЕТИ ИСТРАЖУВАЧКИ МЕТОДИ.....	25
3. СОБИРАЊЕ ИНФОРМАЦИИ ЗА ЕРГОНОМИЈА НА ВОЗИЛАТА	30
3.1 Улога на ергономијата во процесот на дизајнирање на возилата	30
3.2 Регулативи за ентериери на возила.....	32
3.3 Ергономија на ентериерот на стандардните возила	34
3.3.1 Ергономија на седење	34
3.3.2 Ергономија на влез и излез.....	38
3.3.3 Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот	40
3.3.4 Ергономија на контролните уреди	43
3.3.5 Адаптации за лица со попречености.....	47
3.4 Ергономија на ентериерот на автономните возила	51
3.4.1 Ергономија на седење	53
3.4.2 Ергономија на влез и излез.....	63
3.4.3 Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот и контролните уреди.....	65
3.4.4 Инклузивен ентериер на автономни возила.....	67
3.4.5 Инклузивен кориснички интерфејс на автономни возила	73
3.5 Заклучок - систематизација на извлечените сознанија и генерирање на листи со принципи (препораки) за дизајнирање на ергономски и инклузивен ентериер на автономни возила и нивен кориснички интерфејс.....	76
4. СОБИРАЊЕ ИНФОРМАЦИИ ЗА ПОТРЕБИТЕ ПРИ ПРЕВОЗ НА ЛИЦАТА СО ПОПРЕЧЕНОСТИ	82
4.1 Испитаници.....	82

4.2	Оформување на анкетниот прашалник.....	83
4.3	Резултати и дискусија	84
4.4	Заклучок од етнографското истражување - систематизација на извлечените сознанија и генерирање на листа со барања на корисниците	86
5.	ПРЕДЛОГ ИНФОРМАЦИСКА ПЛАТФОРМА ЗА ДИЗАЈН НА ЕРГОНОМСКИ И ИНКЛУЗИВНИ ЕНТЕРИЕРИ НА АВТОНОМНИ ВОЗИЛА	87
5.2	Опис на концептуалниот систем „ ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“	88
5.3	Хиерархија на системот и функционална градба	89
5.4	Концепт на информациска платформа за примена на предложената методологија	94
5.5	Примена на информациската платформа	99
5.6	Предлог интерфејс за дизајн-платформата	102
5.7	Заклучок – предности на предложената информациска платформа за ергономски и инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила	106
6.	ПРИМЕНА И ЕВАЛУАЦИЈА НА ПРЕДЛОЖЕНИОТ МЕТОД НА ДИЗАЈНИРАЊЕ И ИНФОРМАЦИСКА ПЛАТФОРМА ЗА ДИЗАЈН НА ЕРГОНОМСКИ И ИНКЛУЗИВНИ ЕНТЕРИЕРИ НА АВТОНОМНИ ВОЗИЛА.....	108
6.1	Дизајнерска задача 1: Ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило за споделен превоз	109
6.1.1	Опис на дизајнерската задача.....	109
6.1.2	Процес на дизајнирање	111
6.1.3	Евалуација на дизајнираниот ентериер за автономно возило за споделен превоз	115
6.1.4	Заклучок од евалуацијата на дизајнираниот ентериер.....	121
6.2	Дизајнерска задача 2: Ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило за заеднички превоз за лица со сензорна попреченост	122
6.2.1	Опис на дизајнерската задача.....	122
6.2.2	Процес на дизајнирање	124
6.2.3	Почетна евалуација	128
6.2.4	Напредна евалуација	134
6.3	Заклучок од спроведената евалуација	151
7.	ЗАКЛУЧОК.....	153
7.1	Позитивни и негативни страни на предложената информациска платформа.....	154
7.2	Препораки за понатамошни истражувања	155
	Користена литература	157

Користена терминологија

Англиска терминологија	Кратенка	Македонска терминологија
Autonomous vehicles	AVs	Автономни возила (АВ)
Inclusive autonomous vehicle interior design platform	IIVID platform	Платформа за инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила
Virtual reality	VR	Виртуелна реалност
Society of Automotive Engineers	SAE	Здружение на автомобилски инженери
Seating reference point	SgRP	Стандардната теоретска референтна точка на колковите на возачот во седечка позиција
User interface	UI	Кориснички интерфејс
Hip point	H-point	Референтна точка на колковите на возачот во седечка позиција
Augmented reality	AR	Нагласена реалност
Head-up-display	HUD	Дисплеи кои проектираат информации во централното видно поле
Head-down-display	HDD	Дисплеи кои проектираат информации на екран кој не е во централното видно поле
Intelligent Transportation Systems	ITS	Интелигентни транспортни системи
National Highway Traffic Safety Administration	NHTSA	Националната администрација за безбедност на сообраќајот на автопатите
Light detection and ranging	LIDAR	Ласерски радарен систем
Sound navigation ranging	SONAR	Звучен радарен систем
Cockpit Intelligence Platform	CIP	Интелигентна платформа за контролната табла
Thin-film-transistor liquid-crystal display	TFT LCD	Тенок филм транзистор со течни кристали
Disability Rights Education & Defense Fund	DREDF	Фонд за одбрана и едуцирање за правата на лица со попреченост
Human-machine-interface	HMI	Интерфејс човек-машина
Sport Utility Vehicle	SUV	Спортско урбано возило
Sensory substitution device	SSD	Уреди за сензорна замена
Sensory augmentation device	SAD	Уреди за сензорно нагласување
Systems Engineering	SE	Инженерство на системите
Model-based Systems Engineering	MBSE	Инженерство на системите базирано на модели
System Usability Scale	SUS	Скала за употребливост на системот
User Experience	UX	Корисничко искуство

Листа на слики

Слика 1- 1. Процес на истражувањето и истражувачки фази.....	20
Слика 2-1. „V-модел“ за развој на системот, прелиминарен дизајн на системот како област на фокус во истражувањето (извор: Blanchard and Blyler, 2016).....	26
Слика 2-2. Инженерски дизајн процеси според Ullman (извор: Nieberding, 2010).....	26
Слика 2-3. Четири домени на дизајн светот според Suh (извор: Suh, 1998).....	28
Слика 3-1. Параметри на „вклопување“ (извор: Reed et al. 1994).....	34
Слика 3-2. Параметри на „поддршка“ (извор: Reed et al. 1994).....	34
Слика 3-3. „Nissan Altima“ 2022 опремена со седишта со „нулта гравитација“ (извор: Nissan USA Official, 2022).....	37
Слика 3-4. „Kia EV6“ ентериер (извор: Silvia Baruffaldi, A&D, 2021).....	37
Слика 3-5. „Volvo Concept Recharge“ ентериер и прилагодливи седишта (извор: Silvia Baruffaldi, A&D, 2021).....	38
Слика 3-6. Фактори кои можат да влијаат на воочената удобност на седиштата (извор: Kolich, 2008) ...	38
Слика 3-7. Контура на отворот на вратата на модел на возило оценета како најудобна за влез/излез во истражување со 9 мали градски возила (извор: Angeleska et al. 2019).....	39
Слика 3-8. Контура на отворот на вратата на модел на возило оценета како најмалку удобна за влез/излез во истражување со 9 мали градски возила (извор: Angeleska et al. 2019).....	39
Слика 3-9. Димензии кои се поврзани со ергономијата на влез и излез (извор: Bhise, 2012).....	40
Слика 3-10. Насоки за димензионирање на ентериерот, страничен поглед (извор: Tilley, 1993).....	42
Слика 3-11. Насоки за димензионирање на ентериерот, поглед од горе (извор: Tilley, 1993).....	42
Слика 3-12. Зони на дофат генерирани од „SAE J287“ (извор: Reed et al. 2003).....	43
Слика 3-13. Оптимално растојание помеѓу телото и околните елементи (извор: Macey and Wardle, 2008).....	43
Слика 3-14. „Renault Mégane E-Tech Electric“ инфо-забавен систем со два 12.3" и 12" дисплеи позиционирани во форма на превртена буква „L“ (извор: Peter Sigal, A&D, 2022).....	45
Слика 3-15. Збогатена реалност за помош при менување лента (извор: Technoupdate Official, 2017).....	46
Слика 3-16. Збогатена реалност за предупредувања (извор: Continental AG Official, 2022).....	46
Слика 3-17. Збогатена реалност за подобрена видливост (извор: Ulrich, R., Popular Science, 2013).....	47
Слика 3-18. Збогатена реалност за помош при навигација (извор: Continental AG Official, 2022).....	47
Слика 3-19. Слободен простор потребен за лица кои користат количка (извор: Tilley, 1993).....	48
Слика 3-20. Слободен простор потребен за лица кои користат различен вид на помагала за движење (извор: Tilley, 1993).....	49
Слика 3-21. Модел „MV-1“ (извор: Brunswick Mobility Professionals Official, 2021).....	50
Слика 3-22. Модел „Kangaru“ (извор: Autoblog, 2012).....	50
Слика 3-23. Споредба на цените помеѓу повеќе инклузивни возила (извор: Allu et al. 2017).....	50
Слика 3-24. „Saic Design“ концепт на ентериер (извор: Saic Kun, A&D, 2022).....	53
Слика 3-25. „Renault Morphoz“ ентериер (извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2021).....	55
Слика 3-26. „Volvo 360c“ (извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2018; Form Trends, 2018).....	56
Слика 3-27. „Lexus LF-30“ ентериер (извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2019).....	57
Слика 3-28. „Bentley EXP100 GT“ ентериер (извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2019).....	58
Слика 3-29. „Audi Aicon“ ентериер (извор: The Wheel Network, 2017).....	58
Слика 3-30. „Renault Symbioz“ ентериер (извор: Renault UK Official, 2022).....	59
Слика 3-31. „Audi AI:ME“ ентериер (извор: Tom Ravenscroft, Dezeen, 2019).....	60
Слика 3-32. „Seymourpowell Quarter Car“ (извор: Tim Spears, Designboom, 2020).....	61
Слика 3-33. „Cruise Origin“ ентериер, седишта (извор: Andrew J. Hawkins, The Verge, 2020).....	61
Слика 3-34. „Suzuki Hanare“ ентериер (извор: Carstyling Official, 2019).....	62
Слика 3-35. „Renault Ez-Go“ ентериер (извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2018).....	62
Слика 3-36. „Rolce Royce Vision 103EX“, 2016 (извор: Vlad Savov, The Verge, 2016).....	64
Слика 3-37. „Renault Ez-Go“, врати (извор: Jonathan Lopez, Top Speed, 2018).....	64
Слика 3-38. „Renault Ez-Go“, врати (извор: Green Car Congress Official, 2018).....	64
Слика 3-39. Паметни површини од „Yanfeng“ (извор: Yanfeng Official, 2022).....	66

Слика 3-40. „CIP“ од „Faurecia“ (извор: Faurecia Official, 2022)	67
Слика 3-41. Тест возење на првото автономно возило на „Google“ со Steve Mahan (извор: Google, 2012)	68
Слика 3-42. Споредба на фреквенцијата на напуштање на домот меѓу лица со попреченост и лица без попреченост (извор: Claypool et al. 2017)	69
Слика 3-43. Работен статус на лица со различни типови на попреченост во Америка, 2015 година (извор: Claypool et al. 2017)	69
Слика 3-44. Карактеристики што треба да ги има инклузивното АВ за лесно влегување: широк отвор на вратата, спуштен под и рампа на преклопување (извор: Allu et al. 2017)	72
Слика 3-45. Можни позиции на седење во инклузивно АВ за сместување на лица во количка (извор: Allu et al. 2017)	72
Слика 5-1. Спецификации на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“	89
Слика 5-2. Функционална анализа и системска хиерархија на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“	90
Слика 5-3. Хиерархија на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ – издвојување на главните потсистеми потребни за индустриските дизајнери во процесот на генерирање концепти	91
Слика 5-4. Предлог методологија за дефинирање на системската хиерархија, спроведување на функционална анализа, дефинирање на потребните карактеристики на системот и нивна употреба во процесот на развој на концептот	93
Слика 5-5. Архитектура на предложената информациска платформа – опис на нејзините карактеристики	96
Слика 5-6. Класен дијаграм („class diagram“) за опис на предложената информациска платформа	97
Слика 5-7. Класен дијаграм кој илустрира пример за начинот на шифрирање и на поврзување на податоците од различни класи со соодветните потсистеми	99
Слика 5-8. Дијаграм на активности („activity diagram“) за опис на активностите на трите вклучени страни при користење на предложената информациска	100
Слика 5-9. Дијаграм на корисничко сценарио („use-case diagram“) за опис на примената на платформата	102
Слика 5-10. Страница за најавување на платформата	103
Слика 5-11. Прва страница на платформата – преглед на системската хиерархија	103
Слика 5-12. Користење на платформата за преглед на достапните категории на податоци кои содржат информации за избраниот потсистем	104
Слика 5-13. Користење на платформата за прегледување на достапни информации – преглед на податоците содржани во избраната категорија на податоци за претходно избраниот потсистем што треба да се дизајнира	104
Слика 5-14. Користење на платформата за внесување информации во табела („подлога“) за конкретниот проект	105
Слика 5-15. Користење на платформата за преглед на сите зачувани податоци за конкретниот проект	105
Слика 6-1. Листа со насоки предадена на дизајнерот за генерирање концепти за ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило	110
Слика 6-2. Дефинирање на главните внатрешни димензии на автономно возило за споделен заеднички превоз и дефинирање на позициите на патничките модули (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	111
Слика 6-3. Дефинирање на конфигурацијата на седиштата на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	112
Слика 6-4. Дефинирање на позициите за внатрешните елементи на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	112
Слика 6-5. Дефинирање на стилски детали на дизајнираниот ентериер на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	113
Слика 6-6. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	114
Слика 6-7. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ)	114

Слика 6-8. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ).....	115
Слика 6-9. Испитување на влегување во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил	116
Слика 6-10. Испитување на удобноста при седење на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил	116
Слика 6-11. Испитување на поставеноста на контролниот екран со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил	117
Слика 6-12. Испитување на удобноста на сите делови од телото во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил	117
Слика 6-13. Испитување на просторот на главата во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)	118
Слика 6-14. Испитување на зоните на удобен дофат во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)	118
Слика 6-15. Испитување на зони на минимален дофат во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)..	119
Слика 6-16. Испитување на дофатот на прстот во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines).....	119
Слика 6-17. Испитување на влегувањето во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил во инвалидска количка.....	120
Слика 6-18. Испитување на сместувањето во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил во инвалидска количка.....	120
Слика 6-19. Испитување на личниот простор за патниците во внатрешноста на автономното возило за споделен превоз со помош на машки и женски виртуелни кукли од 50-ти перцентил.....	121
Слика 6-20. Листа со насоки предадена на дизајнерот за генерирање концепти за ергономски и инклузивен кориснички интерфејс на ентериер на автономно возило.....	123
Слика 6-21. Сценарио за употреба.....	124
Слика 6-22. Варијанта бр.1 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска).....	126
Слика 6-23. Варијанта бр.2 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска).....	127
Слика 6-24. Варијанта бр.3 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска).....	128
Слика 6-25. Искористена опрема за тестирање за експериментот „Волшебникот од Оз“ („Wizard of Oz“)	129
Слика 6-26. Корисници кои комуницираат со развиениот интерфејс	131
Слика 6-27. Општа оценка на трите верзии на интерфејсот.....	132
Слика 6-28. Примена на филтер за деформирање на звучните датотеки за да одговараат на звуци приближно соодветни на прагот на слухот на лице на возраст од 80 години (график генериран од Linda Lühtrath, „Virtual Vehicle Research GmbH“).....	135
Слика 6-29. Симулатор за возење во „Virtual Vehicle GmbH“	135
Слика 6-30. Таблет во кабината на симулаторот за прикажување на корисничкиот интерфејс	135
Слика 6-31. Потврда на рута – стандарден интерфејс.....	136
Слика 6-32. Потврда на рута – инклузивен интерфејс	136
Слика 6-33. Почеток на патувањето – стандарден интерфејс	136
Слика 6-34. Почеток на патувањето – инклузивен интерфејс	136
Слика 6-35. Информации за возилото – стандарден интерфејс	136
Слика 6-36. Информации за возилото – инклузивен интерфејс.....	136
Слика 6-37. Информации за знаменитости – стандарден интерфејс	136
Слика 6-38. Информации за знаменитости – инклузивен интерфејс.....	136
Слика 6-39. Опции за прилагодување на седиште – стандарден интерфејс	137
Слика 6-40. Опции за прилагодување на седиште – инклузивен интерфејс.....	137
Слика 6-41. Опции за слушање музика – стандарден интерфејс	137
Слика 6-42. Опции за слушање музика – инклузивен интерфејс.....	137
Слика 6-43. Опции за прилагодување на осветлувањето – стандарден интерфејс.....	137
Слика 6-44. Опции за прилагодување на осветлувањето – инклузивен интерфејс	137
Слика 6-45. Опции за прилагодување на климатизацијата – стандарден интерфејс.....	137
Слика 6-46. Опции за прилагодување на климатизацијата – инклузивен интерфејс	137

Слика 6-47. Опции за прилагодување на греењето – стандарден интерфејс	138
Слика 6-48. Опции за прилагодување на греењето – инклузивен интерфејс.....	138
Слика 6-49. Однапред одредена патека на движење во урбана околина, генерирана преку софтверот на симулаторот на возење.....	139
Слика 6-50. Околина на возењето која се појавува на екраните пред кабината на симулаторот на возење	139
Слика 6-51. Учесници во текот на интеракција со корисничкиот интерфејс во симулаторот за возење во „Virtual Vehicle GmbH“	141
Слика 6-52. Резултати од „Листа за проверка меѓу луѓето и автоматизацијата“ од учесниците во Група 3	146
Слика 6-53. Резултати од „Скала на корисноста на системот“ од учесниците во Група 3.....	146
Слика 6-54. Видливост на графичките резултати од учесниците од Група 3	147
Слика 6-55. Оценки за чувство на безбедност од учесниците во Група 3.....	147
Слика 6-56. Значајни разлики помеѓу групата 3 (G3-I2) и групата 4 (G4-I2) во однос на видливоста на графиката при интеракција со инклузивниот интерфејс (график генериран од Linda Lühtrath, „Virtual Vehicle Research GmbH“)	150

Листа на табели

Табела 3-1. Главните транспортни ограничувања со кои се соочуваат лицата со различни видови попречености и нивното влијание врз секојдневниот живот на овие лица	68
Табела 3-2. Различни видови попречености и соодветните начини на комуникација (адаптирано од Allu et al. 2017)	72
Табела 3-3. Систематизирани принципи за дизајнирање ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило	76
Табела 3-4. Систематизирани принципи за дизајнирање ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило	78
Табела 4-1. Листа на кориснички барања во врска со дизајнот на инклузивно автономно возило	86
Табела 6-1. План за симулациите на возење - групи, симулирани попречености и карактеристики на применетите варијанти на кориснички интерфејс во две симулации по учесник (во секоја група).....	140
Табела 6-2. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 1	142
Табела 6-3. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 2	143
Табела 6-4. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 3	145
Табела 6-5. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 4	147

„Луксузот на денешницата е утрешна неопходност.“ – Лудвиг фон Мисес

„The luxury of today is the necessity of tomorrow.“ - Ludwig von Mises

Ludwig von Mises (2016): Liberalism: The Classical Tradition:

The Economist, p.19, VM eBooks

1. ВОВЕД

Дизајнерскиот пристап во развојот на новите модели на возила е комплексен интердисциплинарен процес кој има за цел да ги соедини иновациите на естетските елементи што го дефинираат карактерот на возилото и техничките и безбедносните барања. Значењето на начинот на дизајнирање на возилата е големо, со оглед на тоа што тие претставуваат многу повеќе од средство за транспорт, тие се врска меѓу личностите и местата, го дефинираат изгледот на урбаните средини, начинот на живот, и се одраз на моменталните трендови и култури (Tumminelli, 2004). Токму затоа, разбирањето на односот помеѓу корисникот и возилото е основа за дизајнирање на успешни возила (Giacomin, 2012).

Дизајнерскиот пристап насочен кон корисниците е исклучително важен за задоволување на нивните потреби. Овој пристап вклучува примена на различни методи за вклучување на корисниците во сите фази на дизајнирањето и евалуацијата – од емпатија и собирање на нивните мислења уште во раните фази на развој на прототипови, до користење на фокус групи за тестирање на прототиповите и оптимизирање на дизајнот за производство. Евалуацијата се спроведува во сите фази од животниот циклус на возилата со цел да се подобрат идните модели.

Инклузивниот дизајн е еден аспект од дизајнерскиот пристап насочен кон корисниците кој се занимава со обезбедување еднаква пристапност и употребливост за сите потенцијални корисници. Постојат различни дефиниции за инклузивен дизајн и дизајн фокусиран на корисникот што може да се најдат во литературните извори, а најчестите термини и фрази што се користат за да се опишат овие пристапи се: земање во предвид на целосната разновидност на корисниците; проучување на занемарените општествени заедници; креирање на производи кои се покорисни, побезбедни и попривлечни; сочувствување со луѓето пред да се дизајнира за нив; ко-креирање производи; универзален дизајн итн. (Patrick et al. 2021).

Седумте основни принципи на универзалниот дизајн (првично развиени од „NC State University“) се добра почетна точка при развивање инклузивни производи (Larkin et al. 2015). Како што е дефинирано од Центарот за универзален дизајн на „NC State University“, тоа се:

- (1) правична употреба;
- (2) флексибилна употреба;
- (3) едноставна и интуитивна употреба;
- (4) забележливи информации;
- (5) толеранција за грешки;
- (6) мал физички напор; и
- (7) големина и простор за употреба.

Со цел правилно да го структурира процесот на дизајнирање и да ги примени овие принципи за да обезбеди инклузивни решенија, дизајнерот прво треба да избере ниво на инклузивност кое потоа го диктира нивото на употребливост и задоволството на корисниците. Авторите предлагаат три нивоа на инклузивност (Patrick et al. 2021):

- (1) обезбедување пристап за корисниците за да се чувствуваат вклучени;
- (2) обезбедување можност за учество; и
- (3) обезбедување можност за целосно вклучување на корисниците при употреба на производот и вклучување во сите операции поврзани со него.

Се разбира, оптимално решение е да се обезбедат највисоки нивоа на пристапност што може да им помогне на ранливите корисници да имаат еднакви можности како останатите. Постигнувањето на ова е можно со комбинирање на методологиите за дизајнирање насочени кон корисникот и принципите на инклузивност со новите можности на современата технологија. Предложените методологии, од една страна, ги водат дизајнерите низ фазите на дефинирање на проблемот, дефинирање на производот (или системот) и негова евалуација (Alvarenga и Dedini, 2005). Технолошките достигнувања, од друга страна, како што е новата автономна технологија во возилата, се основата на значајни иновации кои можат да создадат нови возбудливи искуства за сите корисници, вклучително и лицата со попречености. Автономните функции се вклучени во значителен број на денешни модели на возила достапни на пазарот како технологии за помош на возачот, бидејќи тие ја подобруваат удобноста и безбедноста при возењето. Целосно автономните возила се возила способни да ги извршуваат сите возачки задачи користејќи комбинација од хардвер, софтвер и навигација. Доколку се дизајнирани како инклузивни, таквите самоуправувачки автомобили имаат потенцијал да го подобрат секојдневниот живот на лицата со попречености.

За лицата со попречености, поточно за повеќето видови попречености, невозможна е самостојна употреба на возила, а користењето на јавниот превоз е ограничено поради пречките во урбаната средина и недостатокот на инклузивни елементи во јавниот превоз. Податоците покажуваат дека на лицата со попреченост им е многу важно да можат самостојно да се движат и чувствуваат дека сегашните услови што ги нуди јавниот превоз не ги задоволуваат доволно нивните посебни потреби (ODEP, 2018). Поединците со попреченост користат средства за транспорт значително поретко во споредба со лицата без попреченост и повеќе од една третина од лицата со попреченост не се активни возачи (Claurool et al. 2017). Освен тоа, истражувањата во врска со навиките за патување на лицата со попреченост ја нагласуваат врска помеѓу видот и степенот на попреченост со видот на превозните средства кои тие поединци ги претпочитаат (Clery et al. 2017). Најкритичните состојби кои влијаат на можноста за независно, безбедно и удобно патување се оштетувањата на видот и квадриплегијата. Лицата со оштетен вид не го елиминираат користењето на јавниот превоз (и најчесто користат автобуси), но лицата со попречено движење претпочитаат лични превозни средства (Clery et al. 2017). Реткото користење на превозот на овие лица се случува поради низа ограничувања, вклучувајќи: потешкотии при самостојно движење во околината, оддалеченост од станици за јавен превоз, физички пречки на патот, тешкотии при читање на распоредот за возење и патната сигнализација итн. (Wasfi et al. 2006).

Развојот на автономни возила навестува можно намалување на наведените ограничувања. Покрај потенцијалот за зголемување на сообраќајната безбедност кои компаниите за развој на автономни возила го нагласуваат како примарна придобивка,

втора најважна придобивка од автономното возење е нудење на нови можности за транспорт на лица со различен вид попреченост. Оваа поента ја истакна „Google“ во 2012 преку презентација на првото тест возење на автономно возило со лице со оштетен вид на управувачка позиција (Goggin, 2019). Комбинирање на технологијата со универзални дизајнерски принципи има можност да ги задоволи потребите за интеграција во општеството, независност, и достапност кои се идентификувани кај лица со посебни потреби (Lewandowski, 2018). Ваквите модели не само што би имале инклузивен внатрешен простор, туку би обезбедиле и мултимодални опции за комуникација, инклузивен графички дизајн на визуелниот интерфејс, развиен со соодветни алатки за визуелна пристапност со цел да се одговори на потребите на патниците со различни карактеристики (Cornish et al. 2015). Токму поради овие факти, лицата со посебни потреби покажуваат голем интерес за поседување и употреба на автономни возила. Овие размислувања сигнализираат дека токму лица со попреченост би биле меѓу првите кои би ја прифатиле употребата на автономни возила поради тоа што го поставуваат фокусот врз сите можни придобивки кои за нив ќе ги донесе современата автономна технологија.

Во вакви области каде ергономските истражувања се во развој и нецелосни, особено каде новите технологии отвораат нови можности, постои потреба за доградување на дизајнерските и ергономски принципи и препораки (специфични и општи) на начин преку кој тие ќе можат да придонесат за подобрување на процесот на дизајнирање нови модели на возила. Утврдените принципи на ергономија и инклузивност за стандардните возила треба да се анализираат во контекст на автономни возила и да се дополнат истражувајќи ги начините преку кои новите технолошки остварувања, медицински новитети, променливи барања на корисниците и дизајн трендови, го менуваат процесот на дизајнирање. Подобрениот дизајнерски процес ќе ја зацврсти врската помеѓу производот и корисникот.

1.1 Предмет на истражувањето

Предмет на истражувањето во овој докторски труд е анализа на стандардниот дизајнерски пристап при развој на ентериери на возила и факторите на ограничување при користење лични средства за транспорт со кои се соочуваат лицата со посебни потреби. Разбирањето на недостатоците отвора можност за развој на подобрени ергономски принципи и принципи на инклузивност и нивно инкорпорирање во дизајнерскиот процес со што ќе се намалат ограничувањата и ќе се овозможи оптимална примена на најновите трендови во ентериерите на автономните возила.

1.2 Цели на истражувањето

Целта на оваа докторска дисертација е да предложи методологија за дизајнирање на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила која ќе дефинира систем на информации инкорпорирани во динамична база на податоци, во форма на принципи и препораки, како специфични упатства (или минимални дизајн-барања) што треба да се следат при дизајнирање на ентериери на автономни возила со висок степен на ергономија и инклузивност. Целта е ваквата база на податоци да постои како динамичен

информациски систем во вид на дизајн-платформа наменета за употреба од индустриските дизајнери, како помошна алатка за спроведување на дизајн процесот. Информациската платформа има можност континуирано да се ажурира според сите новитети и промени во влезните податоци од вклучените интердисциплинарни полиња, кои влијаат врз дизајнот на ергономски и инклузивен ентериер на возилата. Истражувањето е фокусирано на лица со попречености во движењето и сензорни попречености, поточно за нивната пристапност кај автономни патнички возила.

1.3 Работни хипотези

Главна хипотеза: Резултатите од истражувањето ќе обезбедат специфичен пристап во процесот на дизајнирање на ентериерите на автономните возила и уредите со кои треба да бидат опремени. Таквиот дизајнерски пристап ќе овозможи подобрување на инклузивноста и ергономијата на ентериерите на автономните возила овозможувајќи нивна самостојна употреба од страна на лица со посебни потреби.

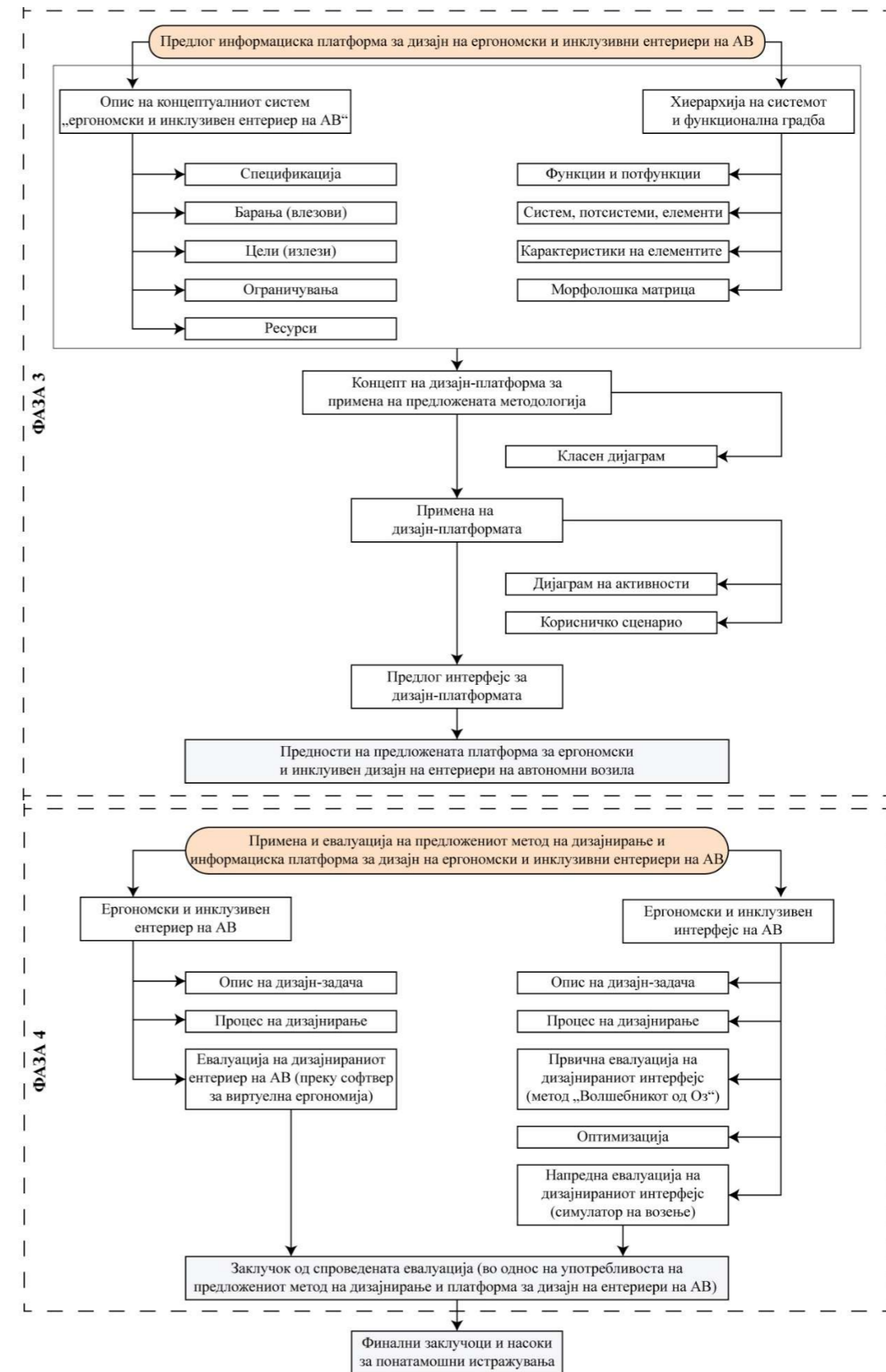
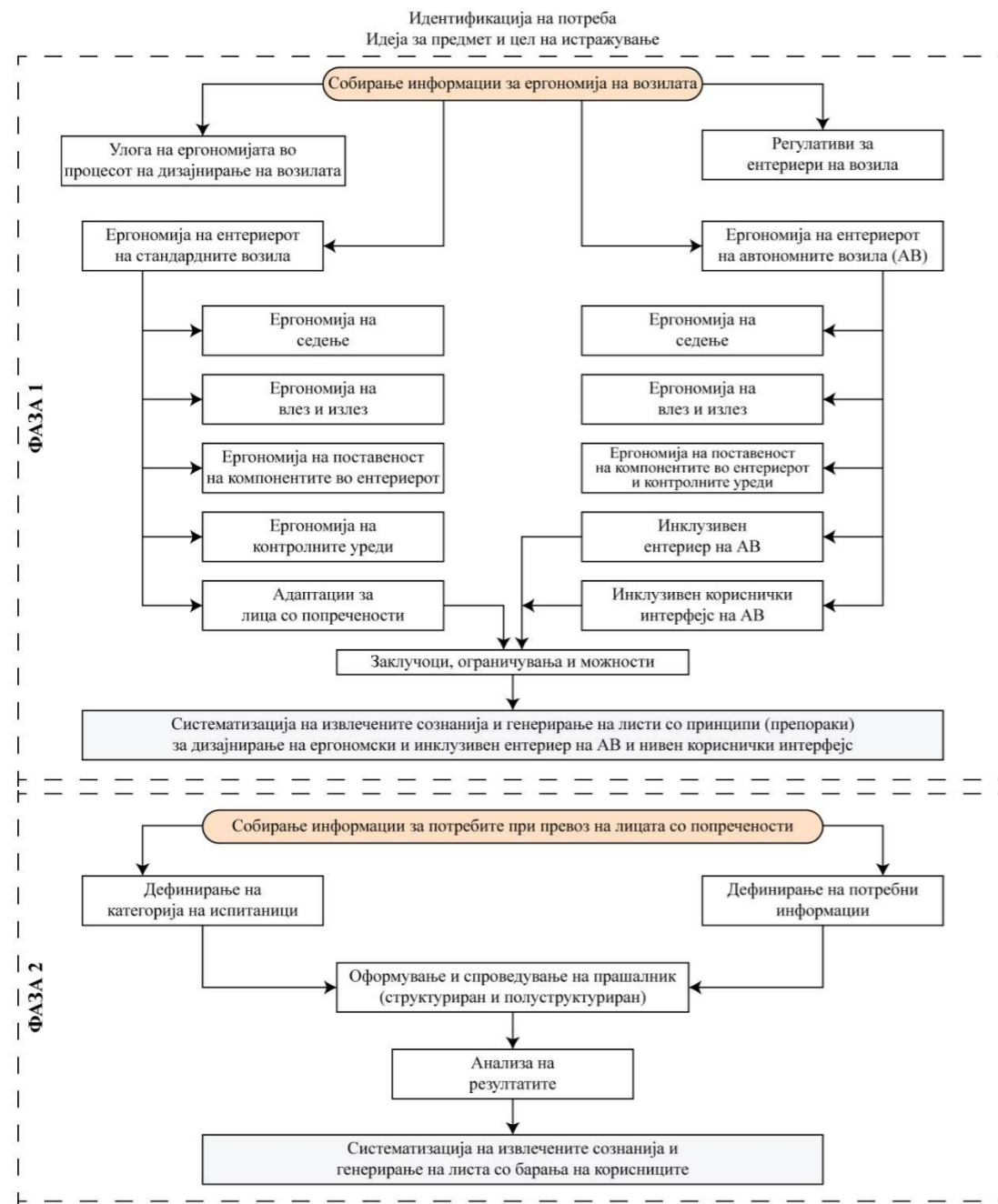
Споредна хипотеза 1: Ергономскиот пристап во ова истражување ќе поттикне примена на слични пристапи при дизајнирање и развој на други производи каде новите технологии овозможуваат поголема инклузивност за сите корисници.

Споредна хипотеза 2: До целосно созревање на комплетно автономните возила и нивна употреба во урбаните средини, дел од резултатите од ова истражување ќе можат да се искористат за подобрување на дизајнот на современите возила кај кои се употребува делумно автономно возење во вид на асистирање на возачот.

1.4 Истражувачки фази

Истражувањето во оваа докторска дисертација е спроведено во неколку фази, илустрирани преку дијаграмот на Слика 1-1:

- (1) Собирање информации за ергономија на возилата;
- (2) Собирање информации за потребите при превоз на лицата со попречености;
- (3) Предлог информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила; и
- (4) Примена и евалуација на предложениот метод на дизајнирање и информациската платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила.



Слика 1- 1. Процес на истражувањето и истражувачки фази

1.4.1 Фаза 1 - Собирање информации за ергономија на возилата

Првата фаза од истражувачкиот процес започна со **собирање и селекција на информации** и извлекување заклучоци кои обезбедија сознанија за:

- Карактеристиките на ентериерите на возилата, со главен фокус на ергономските и антропометриските правила кои треба да се следат;
- Постоечки безбедносни прописи, стандарди и регулативи што треба да се следат;
- Опции за модификација на стандардните возила со цел да ги задоволат посебните потреби на лицата со различни типови на попреченост – кои елементи се најкорисни, кои елементи имаат потенцијал да бидат надоградени;
- Специфичните тешкотии и ограничувања со кои се соочуваат лицата со посебни потреби при користењето на средства за транспорт и факторите што ја попречуваат можноста за самостојно користење на средства за транспорт од страна на овие лица;
- Физичките ограничувања на лицата со посебни потреби и медицинските помагала кои ги користат;
- Медицинските аспекти во однос на различните видови и степени на попреченост, како и препораки, прописи и употреба на медицински помагала;
- Разликите кај ентериерите на автономните возила (просторот, компонентите, уредите и интерфејсот) наспроти стандардните возила, можностите кои ги нудат за лица со посебни потреби, како и потенцијалот за развој на ергономски дизајнерски пристапи кои се разликуваат од оние на стандардните возила; и
- Дополнителните разлики кои треба да се имаат во предвид кога се работи за употреба на автономни возила, односно разликите при оформување на екстериерот кои влијаат врз внатрешноста, како и комуникацијата на возилото со околината (измените во инфраструктурата на патот со цел да се овозможи употреба на автономни возила).

1.4.2 Фаза 2 - Собирање информации за потребите при превоз на лицата со попречености

Втората фаза од истражувачкиот процес продолжи со спроведување на **етнографско истражување** за продлабочување на знаењата за потребите и барањата на лицата со попречености и дефинирање на нивните очекувања при користење на автономни возила: пристапност и влез во возилото, удобно седење, едноставна контрола и интеракција со возилото и целокупно задоволство. Применети се следните квалитативни и квантитативни етнографски методи:

- Формулирање и имплементација на полуструктурирани и структурирани прашалници за лица со попречености со цел стекнување сознанија за нивните секојдневни транспортни навики, ограничувања и потреби; и
- Интервјуирање на лица со попречености за да се добијат уште подетални информации за помагалата што ги користат секојдневно и нивните потреби за прилагодување и дополнителни функции на возилата за да бидат достапни за нив.

1.4.3 Фаза 3 - Предлог информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила

Во третата фаза е презентирана методологијата за ергономски и инклузивен дизајн на автономни возила која е воспоставена врз база на сознанијата од **Инженерство на системите** („Systems Engineering“, „SE“), методологија која беше од суштинско значење за ефективна организација на истражувањето, како и развојот на идејата за „алатка за дизајн на ентериери на автономни возила“, или, поточно, модел на „информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила“.

Дефинирањето на „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ како концептуален систем, неговото разгранување во потсистеми и елементи, како и развојот на функционална анализа за нив, помогна да се прецизираат главните функции што концептуалниот систем треба да ги извршува за да се постигне главната цел. Оваа методологија овозможи собраните информации во Фаза 1 и Фаза 2 на ергономски и инклузивни принципи за дизајнирање на ентериери на возилата да се поврзат со соодветните системски елементи (оние кои се значајни за дизајнерите и силно поврзани со ергономијата и инклузивноста) со што се олеснува нивната употреба. Олеснетата употреба од страна на индустриските дизајнери во подготвителните дизајн-фази е важна за успешно имплементирање на наведените суштински функции на сите дефинирани потсистеми на концептуалниот системски модел. Информациите кои се влезови во дефинираниот систем, за кои беше увидено дека имаат силно влијание врз карактеристиките на елементите на системот, беа групирани во повеќе категории (стандарди, технолошки новитети, медицински новитети, трендови, барања на корисниците итн.) со цел да се обезбеди соодветен метод за нивно континуирано ажурирање и, како резултат на тоа, да се обезбеди начин постојано да се следат револуционерните промени во технологијата, медицината и потребите на потрошувачите, кои се одликуваат со брзи и чести промени.

Третата фаза е финализирана со развој на **концепт на информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила** како помошна алатка за обезбедување насоки за индустриските дизајнери за дизајнирање на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила, како и инклузивни кориснички интерфејси за овие возила.

Инженерство на системите засновано на модели („Model-Based Systems Engineering“, „MBSE“), како една гранка на Инженерство на системите, е искористено како пристап за креирање на концептот за дизајн-алатката (информациска платформа) која има за цел да ја олесни подготвителната дизајн-фаза и размената на информации меѓу различни дисциплини вклучени во развојниот процес.

1.4.4 Фаза 4 - Примена и евалуација на предложениот метод на дизајнирање и информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила

Последната фаза од истражувачкиот процес е **примена и евалуација** на предложениот метод на дизајнирање, како и предложената информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила, спроведена преку два експериментални процеси на дизајнирање:

- (1) Дизајн на инклузивен ентериер на автономно возило за споделен транспорт; и
- (2) Дизајн на кориснички интерфејс на автономно возило за споделен транспорт наменето за лица со сензорни оштетувања.

Првиот експериментален процес е спроведен со цел да се употреби предложениот дизајн метод за да се генерира концепт за ергономски и инклузивен ентериер на возило за споделен транспорт, а потоа истиот да се искористи за евалуација со помош на алатки за виртуелна ергономија. Евалуацијата на генерираниот концепт е во улога на увидување на успешноста на практичната примена на предложениот метод и платформа (како составен дел од методот) – проверка на адекватноста на дефинираните категории на влезни податоци, збогатување на базите на податоци со дополнителни информации извлечени во процесот на евалуација.

Вториот експериментален процес е спроведен со цел да се употреби предложениот дизајн метод за да се генерира концепт за кориснички интерфејс на дизајнираниот инклузивен ентериер на возило за споделен транспорт за лица со сензорни оштетувања, а потоа истиот да се искористи за евалуација со помош на експериментални тестови со фокус групи и симулатор за возење. Целта на евалуацијата е повторно проверка и оптимизација на предложениот метод и платформа.

1.5 Значење на истражувањето

Резултатите од истражувањето даваат детален увид во ергономските и инклузивните карактеристики што треба да ги поседуваат модерните модели на возила за да одговорат на потребите на широк опсег на корисници, вклучително и лицата со посебни потреби. Дополнително, ова истражување ги појаснува начините на кои адекватно дизајнираните автономни возила можат да ги намалат ограничувањата со кои се соочуваат овие поединци кога имаат потреба да користат средства за транспорт и да им обезбедат можност за независно патување.

Предложениот метод на дизајнирање и информациската платформа во ова истражување може да придонесат за подобрување на типичниот дизајнерски пристап за развој на ентериери на возила со цел истиот да овозможи дизајн фокусиран на човечките потреби, максимална ергономија и инклузивност за еднаква вклученост на сите припадници на општеството во општествените процеси, без при тоа да се компромитираат аспектите на безбедноста во сообраќајот.

Бидејќи платформата се состои од база на податоци составена од систематизирани информации од сите полиња вклучени во процесот на развој на возилото, има за цел да помогне во зајакнувањето на интердисциплинарната соработка во фазите на дизајнирање на возилото, да ја олесни комуникацијата помеѓу членовите на интердисциплинарниот развоен тим и да ја зајакне врската помеѓу сите засегнати страни.

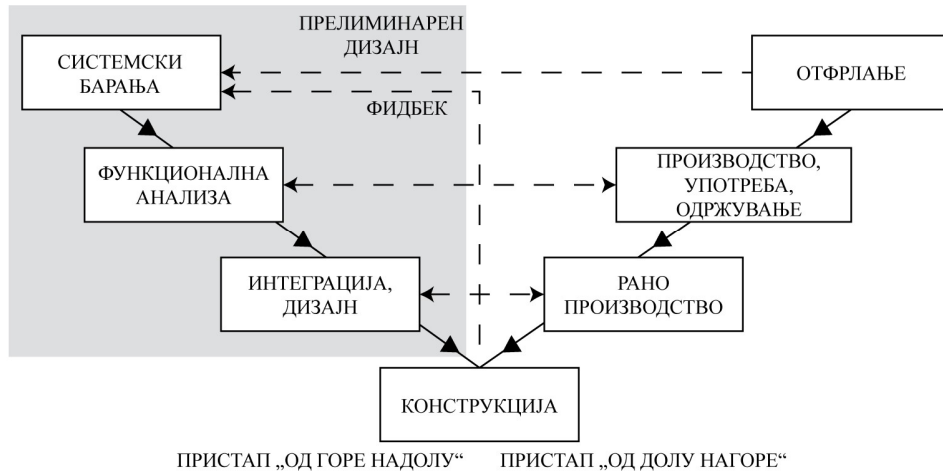
Дополнително, моделот на платформата е претставен на начин што овозможува постојано ажурирање на сите влезни информации што може да помогне постојано да се препознаваат променливите потреби и формирање на нови насоки во кои треба да се насочат понатамошни истражувања во оваа област.

2. ПРИМЕНЕТИ ИСТРАЖУВАЧКИ МЕТОДИ

За реализација на фазите од истражувачкиот процес се применети и комбинирани повеќе истражувачки методологии кои се елаборирани во ова поглавје. Најголемо значење во процесот на дефинирање на предложената методологија за дизајнирање на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила и нејзината помошна алатка (информациска платформа) има примената на Инженерство на системите, Инженерство на системите засновано на модели и Теорија за дизајн на системи базирана на аксиоматски метод.

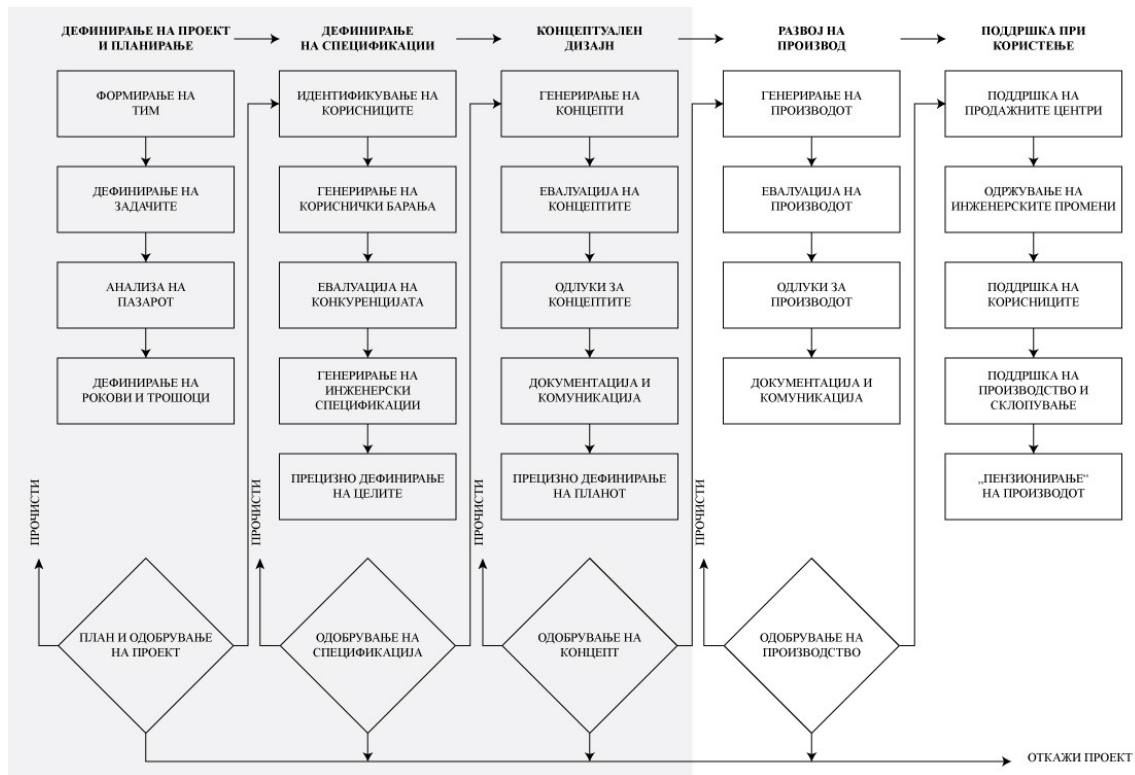
Инженерство на системите, како интердисциплинарен метод, е применет примарно заради неговата исклучителна корисност за ефективна организација на процесот на истражување и развој (Systems Management College, 2001). Дополнително, истиот помогна за полесно справување со комплексноста на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ и за дефинирање на предложениот метод за негово дизајнирање и помошната информациска платформа. Принципите на Инженерство на системите помогнаа да се разработи „ергономскиот и инклузивен ентериер на автономно возило“ како систем и да се направи негова функционална анализа, односно да разбере процесот на дизајнирање на ентериерите на возилата од функционален аспект, како една функција произлегува од неколку меѓусебно поврзани логички процеси (Гчевска, 2013). Комплексниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“, елабориран во оваа дисертација, налагаше употреба на Инженерство на системите и за полесно трансформирање на идентификуваните барања во системски спецификации преку процесите на функционална анализа, дефинирање на системска хиерархија, синтеза, дизајнирање, евалуација и оптимизација (Blanchard и Fabrycky, 1990). Методите на Инженерство на системите беа искористени за дефинирање на односите помеѓу барањата, функциите, структурните елементи и однесувањата и нивен приказ на начин што може да биде разбирлив за сите вклучени членови на тимот кои доаѓаат од различни истражувачки полиња (Eigner et al. 2012). Ова беше применето како исклучително корисен пристап и „интегративен метод за соработка во дизајнот“ што помага да се подобри употребата на процесите на Инженерство на системите со замена на типичните пристапи базирани на документи (Hause et al. 2015).

Врз основа на анализата на изворите кои ги елаборираат најчестите апликации на Инженерство на системите преку „модели“, „V-моделот“ (со тек од врвот надолу) беше идентификуван како најадекватен за целите на ова истражување (Crespi et al. 2008; Sumner, 2015), што е илустрирано на Слика 2-1. Фокусот во ова истражување е ставен на прелиминарниот дизајн на системот, односно поддршка за фазите на дефинирање на барањата, нивно преформулирање во технички спецификации кои ги задоволуваат функциите и потфункциите на системите и потсистемите на концептуалниот системски модел.



Слика 2-1. „V-модел“ за развој на системот, прелиминарен дизајн на системот како област на фокус во истражувањето (извор: Blanchard and Blyler, 2016)

Областа на фокус во истражувањето може да биде дефинирана и преку дијаграмот на дизајн процеси според Ullman (Ullman, 2010). Ова истражување за задржува на креирање на метод и алатка за помош при фазите на: идентификација на потребата, дефинирање и планирање, дефинирање на спецификациите и концептуален дизајн (Слика 2-2).

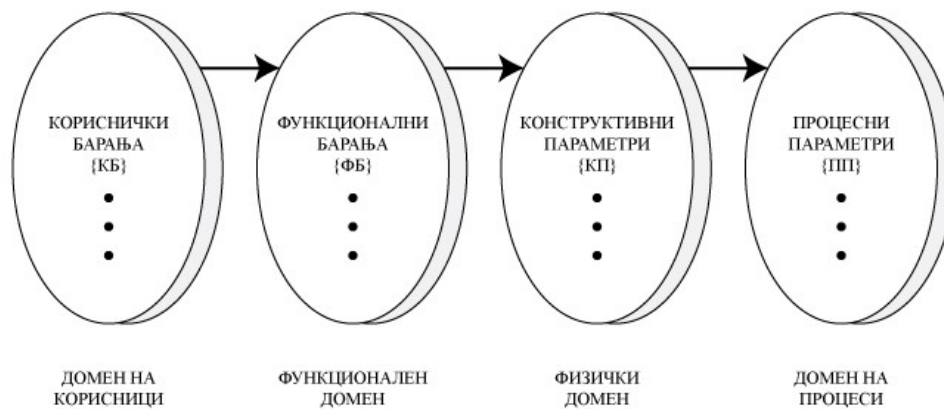


Слика 2-2. Инженерски дизајн процеси според Ullman (извор: Nieberding, 2010)

Истражувањето е дополнително продлабочено со примена на **Инженерство на системите засновано на модели**. Придобивката од примената на Инженерство на системите засновано на модели е тоа што нуди начини за складирање и приказ на информациите во вид на модел кој соодветствува на разработениот систем, односно „информациите се претставени во интегриран и конзистентен системски модел, наместо во изолирани документи (како што се барањата или спецификациите за дизајн)“ (Bursac et al. 2016). Вакви модели вообичаено се градат со користење на јазик за визуелно моделирање, како што е „Systems Modeling Language (SysML)“, кој користи дијаграми што ја претставуваат структурата на системот. Претставувањето на моделот на информации за системот преку дијаграми е искористено во ова истражување за да се дефинира и појасни предложената информациска платформа. За да се долови структурата и примената на платформата користени се блок дијаграми кои ја илустрираат системската хиерархија и компонентите и внатрешни блок дијаграми кои ја опишуваат внатрешната функционалност на системот (платформата) и системската архитектура. Дополнително, користени се дијаграми за активност, дијаграми за кориснички сценарија за објаснување на однесувањата и практичната примена на платформата. Други дијаграмски структури се применети за опишување на барањата, ограничувањата итн. (Hause et al. 2015).

Во фазата на разработка на платформата, покрај Инженерство на системите базирано на модели, голема улога има примената на **Теоријата за дизајн на системи базирана на аксиоматски метод** (Suh, 1998). Истата е искористена при разработка на функционалната анализа на концептуалниот систем за јасно да се дефинираат сите потребни функции кои треба да се остварат и се во корист на главната функција за осварување на целите на системот. Од функционалната анализа потоа се препознаени сите системски елементи (потсистеми, конструктивни параметри) кои се потребни за задоволување на наведените функции. Процесот на трансформирање на функциите во конструктивни параметри е осмислен според Аксиома 1, односно аксиомата за независност, според која за конструкцијата да биде оптимална функционалните барања треба да се независни. Тоа подразбира дека за едно функционално барање треба да биде определен еден конструктивен параметар.

Овој метод е корисен не само за јасно структурирање на функциите и системската хиерархија, што понатаму беа искористени за дефинирање на структурата на предложената платформа, туку и за прецизно сегментирање на сите информации од различни домени (категории) кои се потребни како влезови во процесот на дизајнирање според четирите домени на дизајнот (како што се дефинирани според авторот Suh). Овие домени се: домен на корисниците, функционален домен, физички домен и домен на процеси. Текот од еден домен кон друг помага да се дојде од потребата, односно „што треба да се постигне“, до решението, односно „начин на постигување на целите“. Доменот на корисниците, всушност, ги претставува барањата на корисниците кои треба да се задоволат, функционалниот домен ги претставува сите функционални барања, физичкиот домен ги претставува конструктивните параметри, а доменот на процеси ги претставува процесните параметри (Слика 2-3).



Слика 2-3. Четири домени на дизајн светот според Suh (извор: Suh, 1998)

Во фазата на евалуација на методот за дизајнирање и предложената информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивен ентериер на автономни возила се употребени методи на тестирање со алатки за виртуелна ергономија и симулатор на возење.

Алатките за виртуелна ергономија се многу корисни за проценување на удобноста и безбедноста на дизајнираните производи. Почетоците на користење на дигитални модели на луѓе за тестирање на ергономијата на возилата биле главно поврзани со позицијата на возачот и вклучувале човечки модели кои ги претставуваат основните тридимензионални карактеристики на телото (Reed and Huang, 2008). Подоцна, овие модели биле базирани на лабораториски податоци со цел да се симулираат реални позиции на телото и почнале да се применуваат за дефинирање на зоните на дофат и позиционирање на контролните уреди (Reed and Huang, 2008). Во денешно време, употребата на виртуелни човекови модели во виртуелни средини, дури и прототипови базирани на виртуелна и проширена реалност, се неизбежен пристап при дефинирање на ергономските карактеристики на возилата и дизајнирање со фокус на човековите потреби, помагајќи да се дефинира патничкиот простор, зоните на дофат, прегледноста, удобните позиции на телото итн. (Abidi et al. 2013; Aronmaa and Väänänen, 2016). Во ова истражување е применета виртуелната ергономска алатка „Siemens Jack“.

Ова е софтвер кој нуди база на дигитални објекти и човечки модели од различни перцентили и овозможува интеракција со тие модели во графичко опкружување (Siemens, 2010). Софтверот овозможува визуелизација на различни дизајнерски концепти кои лесно може да се внесат во виртуелниот свет. Потоа, за тие дизајнерски концепти може да се направи широк опсег на ергономски тестови и да се генерираат извештаи. Најважната карактеристика е што софтверот нуди употреба на човечки модели (кукли) со вистински биомеханички, антропометриски и ергономски карактеристики. Куклите може да се проучуваат во виртуелната средина и со тоа да се анализираат човечките фактори во дизајнот со цел да се оцени безбедноста, ефикасноста и удобноста на дизајнираниот производ. Куклите во „Jack“ се однесуваат како вистински луѓе – имаат рамнотежа и сила, можат да се движат, имаат сложени зглобови на телото со кои може рачно да се манипулира.

Специјалниот модул на „Jack“ – „Occupant Packaging Toolkit (OPT)“ најчесто се користи за да се оптимизира дизајнот на возилото и да се постигне максимална ергономија за возачот и патниците (Siemens, 2010). Овој модул нуди збир на корисни алатки меѓу кои се „SAE Packaging Guidelines“, „Comfort Assessment“, „Vision Analysis Tool“ итн. Овие алатки се применети за анализа на дизајнираниот ентериер на автономно возило.

Искористениот **симулатор за возење**, пак, е дел од опремата на „Virtual Vehicle GmbH“ во Грац, Австрија. Симулаторот содржи дел од кабина на возило (вклучувајќи ги предните седишта, контролната табла, таблет, ветробранско стакло и ретровизори) со сет на екрани пред истата на кои е прикажана симулираната околина на возење. Симулаторот се покажа како одлична алатка за да се креира чувство на возење во реално автономно возило и да се тестира дизајнираниот интерфејс.

Првите апликации на ваквите симулатори за возење биле поврзани со обука на возачи, но денес тие вообичаено се користат за истражувања како ова, поврзани со човечките фактори и човековото однесување, со цел да се извршат валидации на системите во возилото и елементите на урбаната инфраструктура (Jimenez, 2017). Вообичаените апликации вклучуваат: анализа на обемот на работа, употребливост на системот, можни одвлекувања на вниманието, време на реакција, позиционирање на елементите за комуникација, оптимална мултимодална комуникација итн. (Jimenez, 2017).

3. СОБИРАЊЕ ИНФОРМАЦИИ ЗА ЕРГОНОМИЈА НА ВОЗИЛАТА

Со цел целосно да се разбере проблематиката „ергономија на ентериери на возила“, во ФАЗА 1 од истражувачкиот процес (Слика 1-1) е спроведена анализа на расположива литература. Анализата помогна да се разбере ентериерот на возилата, да се разберат клучните фактори кои влијаат на ергономијата, да се согледаат разликите при дизајнирање на стандардни модели на возила и автономни возила, да се увидат можностите за инклузивност кај автономните возила, како и да се разгледаат постоечките заклучоци од слични истражувања кои беа почетна точка во работата. Анализата е потребна за целосно да се разбере процесот на дизајнирање на возилото, со фокус на подготвителните фази и потребните информации кои треба да ги користат дизајнерите при генерирање на концептуални решенија.

Ова поглавје ги содржи издвоените најрелевантни информации извлечени од прегледани и анализирани стручни извори на литература и примери од индустријата кои се однесуваат на дизајнот, ергономијата и инклузивноста на возилата, поделени во следните категории:

- Улога на ергономијата во процесот на дизајнирање на возилата
- Регулативи за ентериери на возила
- Ергономија на ентериерот на стандардните возила
 - Ергономија на седење
 - Ергономија на влез и излез
 - Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот
 - Ергономија на контролните уреди
 - Адаптации за лица со попречености
- Ергономија на ентериерот на автономните возила
 - Ергономија на седење
 - Ергономија на влез и излез
 - Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот и контролните уреди
 - Инклузивен ентериер на автономни возила
 - Инклузивен кориснички интерфејс на автономни возила

Анализата резултираше со генерирање на листи со принципи (препораки) за дизајнирање на ергономски и инклузивен ентериер на автономни возила и нивен кориснички интерфејс.

3.1 Улога на ергономијата во процесот на дизајнирање на возилата

Современиот пристап во процесот на дизајнирање на возилата се изведува во неколку основни чекори: идентификување на претстојните трендови, скицирање, дигитални модели, глинени модели, дизајнирање на ентериерот и негова визуелизација преку виртуелна реалност, и на крајот, избор на бои и материјали (BMW Official, 2019).

Фазата на креирање на ентериерите е посебна гранка во процесот на дизајнирање и е многу важна. Внатрешноста на возилото е тесно поврзана со целокупното возачко искуство, односно внатрешноста треба да биде средина која истовремено е естетски допадлива, удобна и функционална. Истражување спроведено меѓу корисниците покажува дека искуството во внатрешноста на возилата е рангирано значително високо (Hendriks et al. 2019). Посакуваните карактеристики на ентериерите од страна на корисниците се: безбедност, благосостојба и квалитет. Сите овие карактеристики имаат ергономски својства, поради што ергономските стандарди, упатства и препораки се вклучени во процесот на дизајнирање во рана фаза.

Постојат неколку ергономски методи кои треба да се комбинираат за да се подобри и оцени удобноста на патниците: стандарди за дизајн (SAE, ISO, BS), препораки; антропометриски податоци; софтверски алатки; статични модели; прашалници/интервјуа со потенцијални корисници; модели со можности за приспособување на димензиите и функционални прототипови за симулација на активностите во внатрешноста (Harrigan-Smith, 2002).

Меѓу достапните стандарди за дизајн, најголемата база на дефинирани стандарди за развој на возила се „J“ - стандардите на Меѓународното здружение на автомобилски инженери – “International Society of Automotive Engineers“, „SAE“, вклучувајќи ги:

- „SAE J826“ каде се дефинира позиционирањето на возачот и патниците;
- „SAE J1516, J1517“ каде се дефинира стандардната теоретска референтна точка на колковите на возачот во седечка позиција „seating reference point“, или „SgRP“;
- „SAE J941“ каде се дефинираат теоретските позиции на очите на возачот;
- „SAE J1052“ каде се дефинираат контурите на возачот и патниците при користење на седишта со прилагодливи позиции;
- „SAE J287“ каде е дефиниран метод за пресметка на зоните на дофат; итн.

По дефинирање на релевантните стандарди, препорачаниот начин за користење на дополнителните методи е да се продолжи со извлекување на релевантните информации од ергономските и антропометриските бази на податоци кои се достапни и лесни за употреба (Gkikas, 2012). Следниот чекор е примена на софтверски пакети – како што се „Anybody“, „Jack“, „Madymo“, „Ramsis“, „Santos“ итн. за виртуелни ергономски анализи, кои помагаат да се подобри ергономијата во најраните фази на дизајнирање без да се потребни високи трошоци и ресурси.

Процесот на дизајнирање се финализира со развивање на модели и прототипови во реална димензија, со размер 1:1, и нивно тестирање со вистински корисници чии впечатоци треба да се соберат на квалитативен и квалитативен начин (Kamp, 2012). Последните фази од процесот на дизајнирање бараат повеќе време и ресурси за реализација, но даваат детален увид во реалните потреби на корисниците. Сепак, задоволувањето на потребите на широк опсег на поединци со различни карактеристики е деликатна тема. Посебно внимание се посветува на барањата на посебните социјални категории, во кои спаѓаат лицата со попречености и возрасните лица.

Ергономските спецификации детализирани низ истражувања посветени на оваа категорија корисници вообичаено ги имаат предвид:

- димензиите на помагалата за движење кои ги користат лица со посебни потреби (BradtMiller, 2006);
- телесните мерки на лица со различни видови на попреченост (BradtMiller and Annis, 1997);
- димензиите на просторот во кој лицата со помагала за движење можат слободно да се движат (Openshaw and Taylor, 2006); и
- промени во начинот на движење и однесување кај повозрасни лица кај кои се појавува намалување на видот и слухот, мускулно-скелетни болки и намалени рефлекси (El Menceur et al. 2006).

Според ваквите ергономски препораки, денес се достапни различни можности за адаптација на стандардните возила, како и специјално дизајнирани инклузивни модели. Модификациите на возилата со мануелна и автоматска контрола можат да бидат структурни или неструктурни, од кои структурните се подрастични и вклучуваат додавање на компоненти, промени во изгледот, алтернативни начини на влез/излез и модифицирани системи за управување со возилото (Kumar, 1997). Од прегледаните примери евидентно е дека типичните модели на инклузивни возила обично се приспособуваат за сместување на лица кои користат инвалидски колички како патници во возилото, а некои модели нудат можности да бидат независно контролирани од лица со пречки во движењето, но под услов лицето да може да користи рачни контроли управувани со рацете и горните екстремитети (NHTSA, 2015; Braunability Official, 2022; Tribus Official, 2022; Paravan Official, 2022).

Токму затоа, може да се заклучи дека процесот на дизајнирање на возилата може да се надгради со информации, методи и алатки кои може да се применат за да се понудат идни модели на возила со повисоко ниво на инклузивност.

3.2 Регулативи за ентериери на возила

Дизајнот на возилата, нивниот изглед, сите нивни компоненти и безбедносни системи, како се произведуваат нивните делови, како и перформансите, се под големо влијание на воспоставените владини регулативи во автомобилската индустрија. Овие автомобилски регулативи постојат со цел да се обезбедат придобивки за корисниците (зголемена безбедност) и да се заштити животната средина. Нивното следење од страна на производителите на автомобили е задолжително и доколку не се следат, производителите на автомобили може да се соочат со казни. Регулативите поставуваат ограничувања на производството, директно влијаат на тоа како возилата се продаваат и рекламираат и ги зголемуваат трошоците за производство.

„The United Nations Economic Commission for Europe (ECE/UNECE)“ е една од петте регионални комисии под јурисдикција на Економско-социјалниот совет на Обединетите нации, обезбедувајќи збир на специјални регионални регулативи за возилата што се следат во земјите-членки.

Кога станува збор за дизајнот на ентериерите на возилата, треба да се споменат две регулативи:

- „Regulation No 21 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their interior fittings“, односно – Униформни одредби во врска со одобрувањето на возилата во однос на нивната внатрешна опрема; и
- „Regulation No 17 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the seats, their anchorages and any head restraints“, односно – Униформни одредби во врска со одобрувањето на возилата во однос на седиштата, нивните системи за прицврстување и потпорите за глава.

Регулативата „ECE R21“ се применува на „внатрешните делови на патничките автомобили во однос на: внатрешните делови на патничкиот простор, освен ретровизорот или ретровизорите; распоредот на контролите; покривот или отворот на покривот; наслонот и задните делови на седиштата; електричното отворање и затворање на прозорци, покривните панели и преградни системи“ (Regulation No 21 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE), 2008). Деталните барања што треба да се исполнат за да се добие одобрение за возилото вклучуваат: поставување и обработка на деловите во референтната зона; делови од контролната табла над нивото на таблата; дизајн и изработка на контактни контролни рачки, лостови, копчиња и сите други испакнати предмети; дизајн на испакнати делови од покривот; барања за дисипација на енергија на седиштата во зоната на удар на главата; контрола на прекинувачи и безбедносни уреди; итн.

Регулативата „ECE R17“ се однесува на „јачината на седиштата и нивните прицврстувачи, како и на нивните потпирачи за глава; дизајнот на задните делови на потпирачите на седиштата и дизајнот на уредите наменети да ги заштитат патниците од опасноста што произлегува од поместувањето на багажот при фронтален удар“ ((Regulation No 17 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE), 2010). Деталните барања што треба да се исполнат за да се добие одобрение за возилото вклучуваат: системи за заклучување и системи за прилагодување и поместување; дизајн и површина на задните делови на седиштата; барања за рамката на седиштето и прицврстувањето на седиштето за да не се случи дефект; поставување на потпирачи за глава; локација на потпирачите на седиштата; итн.

Регулативите содржат објаснување за процедурите на тестирање во врска со поставувањето, апаратите за тестирање, инструментите и бараните резултати кои мора да се знаат за правилно дизајнирање и подготовка на возилото и сите негови системи.

Сите прописи ги диктираат процесите на производство на возила и им наметнуваат големи ограничувања на дизајнерите и инженерите. Но, тие имаат за цел да го контролираат производството на возилата и да ги направат високо безбедни за возачот и патниците, како и еколошки. Затоа, дизајнерите треба да бидат запознаени со сите

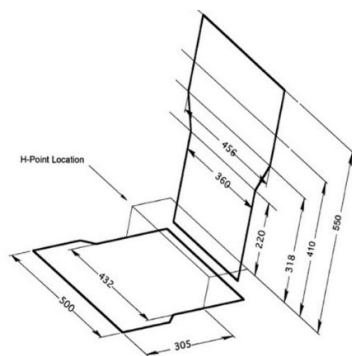
потребни барања што возилото треба да ги исполни пред да започне процесот на дизајнирање со цел да се избегнат грешки.

3.3 Ергономија на ентериерот на стандардните возила

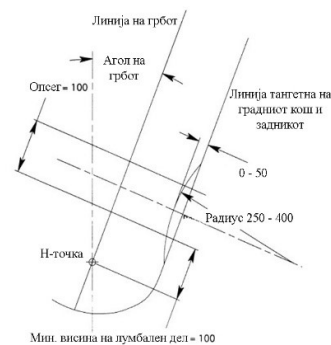
Целта на истражувањето презентирани во оваа глава е прецизно да се препознаат ергономските барања за дизајнирање на ентериери на автономни возила, но пред сè, неопходно е да се разгледаат ергономските препораки кои се однесуваат на внатрешноста на стандардните возила. Технологијата на автономните системи наметнува потреба од поинаков пристап во одредени сегменти од процесот на дизајнирање, но основите се состојат од веќе воспоставени и проверени ергономски правила.

3.3.1 Ергономија на седење

Истражувањата на оваа тема главно се фокусираат на удобноста на седење во возилата во контекст на спречување на факторите кои може да предизвикаат болки во телото или повреди. Заклучоците опфаќаат конкретни и корисни податоци за правилно димензионирање на седишта, насоки за дефинирање на формата на седиштата и употребените материјали за дозволување оптимална температура и циркулација на воздух и влага, како и насоки за дефинирање на агли на наклон за обезбедување правилна положба на телото и позиција на зглобовите најблиску до нивната природна неутрална поставеност. На пример, автори ги анализираат параметрите на „вклопување“, „чувство“ и „поддршка“ (Reed et al. 1994) – каде параметарот „вклопување“ ги опфаќа линеарните димензии поврзани со антропометријата (Слика 3-1), параметарот „чувство“ е поврзан со стимулите лоцирани во кожата и параметарот „поддршка“ е поврзан со агли на телото наменети да влијаат на држењето на телото (Слика 3-2).



Слика 3-1. Параметри на „вклопување“
(извор: Reed et al. 1994)



Слика 3-2. Параметри на „поддршка“
(извор: Reed et al. 1994)

Бројни студии обезбедуваат списоци на насоки за постигнување оптимална ергономија на седењето кои ја нагласуваат важноста од вклучување опции за

прилагодување на димензиите и карактеристики како што се навалување на потпората за грб од најмалку 10 – 20 степени, потпирачи за раце кои можат да го намалат притисокот врз грбот до 40 проценти, адекватни лумбална потпора која обично е на растојание од 15 – 25 cm од седиштето итн. (HFES, 2007; Miller Inc., 2002; Haworth, 2019). Исклучително е важно да се вклучи соодветна поддршка за долниот дел на грбот бидејќи статичното седење е поврзано со ризик од повреди и болка во оваа зона на телото. Експерименталните студии заклучуваат дека опциите за приспособување на лумбалната потпора на седиштата или „одвоените прилагодувања на карлицата“ може да резултираат со ефективна контрола врз оптоварувањето на долниот дел на грбот (Geffen et al. 2010). Ротирањето на карлицата во однос на телото е техника за поттикнување периодично лумбално движење и подобрување на удобноста при продолжено статично седење.

Во врска со дизајнот на седиштата, авторот Vivek D. Bhise (Bhise, 2012) нагласува неколку биомеханички и дополнителни поенти и препораки поврзани со удобно сместување на патниците:

- За да се намали оптоварувањето на грботот и концентрацијата на силата на притисок, треба да се обезбеди лумбална потпора што ја одржува природната форма на грбниот столб во лумбалниот регион (конвексна кон предниот дел на телото);
- Зголемувањето на аголот на потпирачот за грб на седиштето од 90 степени на 120 степени може да го пренесе товарот од горниот дел од телото на потпирачот за грб;
- Оптоварувањето може дополнително да се намали со потпирање на рацете на обезбедените потпирачи за раце;
- За да се избегне непријатност, седиштата треба правилно да се димензионираат со избегнување на многу долги перничии на седиштата кои го оддалечуваат грбот од потпирачот, избегнување на премногу високи перничии на седиштата што предизвикуваат висење на стапалата и вршат притисок под бутите, и избегнување на вдлабнувања во перничииата на седиштата и потпирачите за грб кои можат да ги ограничат движењата на телото;
- Препорачаните димензии за седиштата се: висина од подот на возилото до врвот на седиштето 320 mm, должина на седиштата 440 mm, наклон наназад на перничето 5 – 15 степени, ширина на седиштето 500 – 525 mm кај колковите, агол на потпирачот за грб помеѓу 20 – 26 степени, висина на потпирачот за грб на седиштето 509 mm над површината на седиштето и должина на патеката на движење на седиштето од околу 240 mm.

Ергономијата на автомобилските седишта е можеби најважниот аспект на севкупниот внатрешен комфор на возилото. Истражувањата посветени на анализа на ергономијата на внатрешноста на возилата нагласуваат неколку ергономски променливи поврзани со позициите на телото кои се клучни за поддршка на визуелните, постуралните и временските барања во возилата, а речиси сите се поврзани со правилно дизајнирани седишта: „висина на седиштето“ за да се обезбеди максимална видливост и

доволна оддалеченост од покривот, „положба на долните екстремитети“ за да се овозможи удобно свиткување на колената и простор во зоната на нозете, „седиште“ за поддршка на бутите и избегнување притисок зад колената, „потпирач за грб“ за поддршка на природните позиции на грбот и рамената, „лумбална потпора“ за да се избегнат точките на притисок, „потпирач за глава“ за да се одржи вратот во природна положба, итн. (Nikhil et al. 2014).

Покрај формата и димензиите на седиштето, уште еден важен фактор кој влијае на удобноста при седење е материјалот што се користи за седиштата. Истражувањата се фокусирани на анализирање на оптималните карактеристики на сунѓерестите пени што се користат за изработка на перничето за седиштето – типот, дебелината, густината и формата (Murakami et al. 2001; Mircheski et al. 2014). Заклучоците од виртуелната ергономска анализа наведуваат дека намалувањето на дебелината на сунѓерот на седиштата под 70 mm го зголемува контактниот притисок. Дополнително, зголемената густина на сунѓерестата пена до 50 kg/m³ го зголемува и контактниот притисок. Од друга страна, додавањето на дополнителен слој материјал во зоните на контакт со бутите значително го намалува притисокот. Ова значи дека за оптимален дизајн, перничето за седиштето треба да има дебелина од 70 mm или повеќе, густина под 40 kg/m³ (се препорачува 30 kg/m³) и дополнителни перничења во контактните зони кои можат да го намалат контактниот притисок на 5,05 kPa за лица од 50-ти перцентил и 8,43 kPa за лица од 80-ти перцентил (Мирчески и др. 2014). Двете вредности се под 12 kPa што е препорачаниот максимален контактен притисок за да се обезбеди удобно седење (Mills, 2007).

Удобните седишта дизајнирани според споменатите принципи често се меѓу одлучувачките фактори за корисниците при изборот на нов автомобил. Затоа производителите на автомобили имаат за цел да постигнат максимална удобност при седење за возачот и патниците. Во денешно време, постои широк асортиман на автомобилски седишта со високи ергономски својства кои можат да обезбедат дизајнерска инспирација и насоки за тоа како да се измоделираат удобни седишта за возила. На пример, компанијата „Nissan“ во 2013 година (со моделот „Altima“) ги претстави таканаречените седишта со „нулта гравитација“, специјално дизајнирани со 14 точки на притисок и прилагодливи позиции за одржување на телото во најудобна неутрална положба која се доживува во услови на нулта гравитација (Nissan Blog USA, 2016). Овие типови на седишта се достапни во најновите модели на Nissan (Слика 3-3).



Слика 3-3. „Nissan Altima“ 2022 опремена со седишта со „нулта гравитација“
(извор: Nissan USA Official, 2022)

Сличен концепт на седишта со нулта гравитација е прикажан во моделот „EV6“ на „Kia“ (Слика 3-4), дизајнирани да релаксираат и да го распределуваат притисокот на телото врз перниците (Baruffaldi, A&D, 2021).



Слика 3-4. „Kia EV6“ ентериер (извор: Silvia Baruffaldi, A&D, 2021)

Производителите на возила преку најновите модели на возила и концептни модели често го подигнуваат дизајнот на седиштата на нови нивоа и презентираат седишта дизајнирани и распоредени да наликуваат на удобните седишта во внатрешните ентериери на домовите. На пример, концептот „Recharge“ на „Volvo“ (Baruffaldi, A&D, 2021) е дизајниран со пространи седишта, волнена ткаенина и променлива висина на перничето на седиштата за сместување помали патници (што е надградба на традиционалното седиште на „Volvo“ кое се подигнува) – карактеристики што придонесуваат внатрешноста да биде привлечна, безбедна и удобна (Слика 3-5).



Слика 3-5. „Volvo Concept Recharge“ ентериер и прилагодливи седишта
(извор: Silvia Baruffaldi, A&D, 2021)

Сепак, она што треба да се нагласи е дека удобноста на седење е сложена состојба врз која влијаат голем број фактори од кои голем дел не потекнуваат од самото возило. Блок-дијаграмот подолу го објаснува збирот на фактори кои влијаат на субјективните перцепции за удобноста на седиштата во возилата (Слика 3-6).



Слика 3-6. Фактори кои можат да влијаат на воочената удобност на седиштата
(извор: Kolich, 2008)

Она што може да се види од дијаграмот е дека удобноста во голема мера зависи од индивидуалните, субјективни фактори. Авторите нагласуваат дека напредната технологија не може да се примени правилно без разбирање на тоа како крајниот резултат е поврзан со субјективната перцепција на удобноста. Затоа, при развивањето на пакетот на возилото и седиштата, треба да се земат предвид и индивидуалните фактори.

3.3.2 Ергономија на влез и излез

Меѓу најважните елементи на удобност на возилото што е цврсто поврзан со перцепираниот внатрешен комфор, но всушност е дел од надворешниот дизајн, е ергономијата на влез и излез. Постојат неколку карактеристики кои треба да се земат предвид за да се обезбеди лесно пристапен ентериер и удобно влегување и излегување за лица со различни физички карактеристики и способности. Повеќе истражувања се посветени на анализа на такви карактеристики кои ја одредуваат ергономијата за влез и

излез од возилото. Резултатите наведуваат дека најважни се: висината на покривот и позиционирањето на седиштата (растојанието од предното седиште до контролната табла и растојанието од задното седиште до предното седиште) (Giacomin, 1997). Настрана од овие два фактори, друг важен елемент е обликот (или контурата) на отворот на вратата. Експериментите со користење на вистински возила и фокус групи составени од учесници со различни перцентили на висина и тежина се корисни за испитување на влијанието на обликот на вратата на автомобилот врз удобноста на влез/излез (Angeleska et al. 2019). При проучување на разликите помеѓу контурите на отворите на вратите кај неколку модели на комерцијални возила, заклучокот е дека геометриските контури се поудобни за употреба во споредба со заоблените форми со поголем агол на наклон на ветробранското стакло и понизок покрив (Слика 3-7, Слика 3-8). Се разбира, и пошироките отвори ја зголемуваат удобноста на влез/излез.



Слика 3-7. Контурата на отворот на вратата на модел на возило оценета како најудобна за влез/излез во истражување со 9 мали градски возила (извор: Angeleska et al. 2019)



Слика 3-8. Контурата на отворот на вратата на модел на возило оценета како најмалку удобна за влез/излез во истражување со 9 мали градски возила (извор: Angeleska et al. 2019)

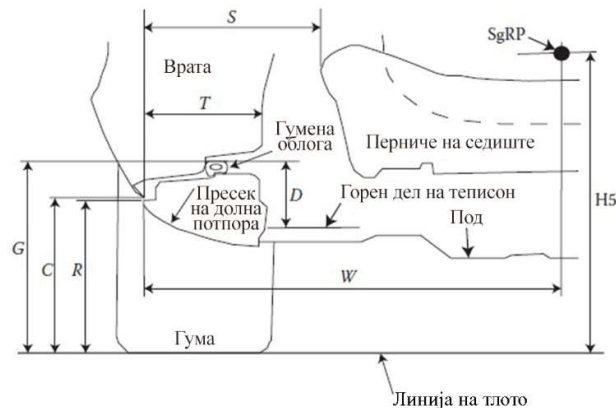
Авторот Vivek D. Bhise, ги наведува сите клучни димензии кои треба внимателно да се избераат за да се обезбеди удобно влегување и излегување од возилото (Bhise, 2012):

- Висина на „SgRP“ (теоретска централна точка на колковите кога седиштето е во најзадна и најниска положба) од тлото (H5);
- Странично растојание од „SgRP“ и надворешниот раб на прагот (W);
- Странично растојание од надворешниот дел на седиштето до надворешниот раб на прагот (S);
- Дебелина на долниот дел на вратата (T);
- Вертикално растојание од горниот дел на прагот до тлото (G);
- Вертикално растојание од горниот дел на подот на возилото до горниот дел на прагот (D); и
- Простор меѓу најдолниот дел на вратата и тротоарот (C).

Сите овие димензии се илустрирани на сликата 3-9.

Генерално, како што е наведено од Bhise, за да се обезбеди удобен влез и излез, растојанието од горната површина на седиштето до тлото треба да биде околу 600 – 750 mm, димензијата W треба да се намали колку што е можно повеќе (420 – 480 mm се смета дека е адекватно) и аголот на отворањето на вратата треба да биде околу 65 – 70 степени

(поголем агол може да има спротивен ефект и да ја зголеми тешкотијата да се достигне рачката на вратата, што како резултат може да ја намали удобноста на влез/излез).



Слика 3-9. Димензии кои се поврзани со ергономијата на влез и излез (извор: Bhise, 2012)

3.3.3 Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот

Поставувањето на контролните уреди и дополнителните елементи во внатрешноста на возилата е сложена тема која вклучува комбинирање на антропометриски податоци со стандарди за димензионирање на внатрешноста со цел да се постигне оптимална ергономија. Првиот чекор на дизајнирање на возилото е да се одредат антропометриските и биомеханичките карактеристики на популацијата на потенцијални корисници (Bhise, 2012).

Антропометриските статистички податоци вообичаено се собираат на национално ниво и се вклучени голем број учесници на кои се проучуваат нивните телесни мерки во различни позиции. При дизајнирање на различни функционални производи, потребни се мерките од најниските и највисоките перцентили за мажи и жени за да се зголеми веројатноста дека производот може безбедно и удобно да се користи од повеќето членови на популацијата. Автори слаборираат како се генерираат мерките за 5-тиот и 95-тиот перцентил (Nikhil et al. 2014). Постојат формули за пресметување на средната вредност и стандардното отстапување за одредено мерење. Средната вредност е всушност збирот на сите собрани податоци за одредена телесна мерка поделен со бројот на измерени учесници. Стандардната девијација, од друга страна, се пресметува како разлика помеѓу поединечните мерења и средната вредност. Покажано е дека две третини од популацијата припаѓаат во множеството на средни (просечни) вредности +/- стандардната девијација, а преостанатата една третина припаѓа во множеството на екстремни вредности за конкретната мерка. Имајќи го ова предвид, станува јасно како да се читаат и користат различни мерки на различни перцентили со цел да се дизајнираат производи кои одговараат на потребите на широк опсег на потенцијални корисници. Начинот на пресметка е објаснет со цел подобро да се разбере практичната примена на антропометриските податоци, како да се читаат и користат различни мерки на различни перцентили со цел да се дизајнираат производи кои одговараат на потребите на широк опсег на потенцијални корисници.

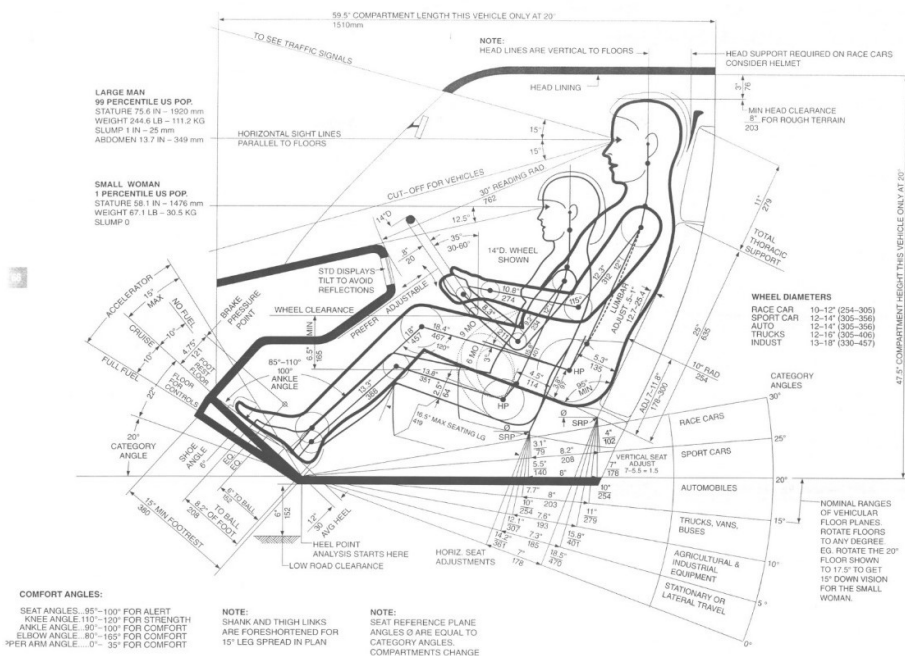
Бројни антропометриски студии се посветени на дефинирање на антропометриските мерки на лица од различни популации и обезбедуваат табели кои содржат вредности за сите мерки на телото систематизирани според различни перцентили кои можат да се користат за димензионирање во процесот на дизајнирање. За потребите на ова истражување, избрана е комбинација на антропометриски податоци објавени во неколку антрополошки книги и прирачници според релевантноста со обезбедување на ергономија на ентериери на возила.

За правилно димензионирање на внатрешноста на возилото и поставување на сите елементи во зони на удобен дофат, важно е да се земат предвид следните мерки на телото: висина на седење, висина на очите, висина на рамената, висина на лактот, висина на половината (струкот), висина на бутите, висина на колената, растојание од задникот до колената, широчина од една до друга подлактица и ширина на колковите (Bhise, 2012). Бидејќи главната положба на телото во внатрешноста на возилата е седечката, антропометриските податоци на лицата во седечка положба треба да се користат за дизајнирање на внатрешните компоненти. Автори (Панеро и Зелник, 1979) ги дефинираат и илустрираат главните димензии на лицата од машки и женски пол од 5-тиот и 95-тиот перцентил во статична седечка положба. Овие мерења не се потребни само за правилно димензионирање на седиштата, туку и за правилно позиционирање на околните контролни и дополнителни елементи.

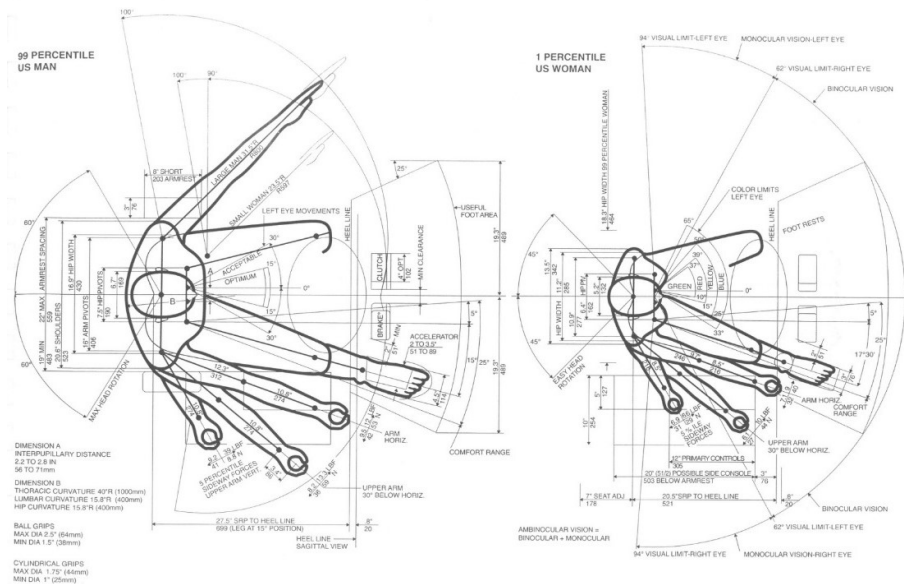
Она што е важно за оптимално проектирање на патничкиот простор е да се знае како да се читаат и користат овие антропометриски податоци. Едно истражување фокусирано на прецизно одредување на антропометриските мерки најтесно поврзани со внатрешноста на возилата објаснува како антропометриските вредности може да се применат во процесот на дизајнирање на ентериер (Uba et al. 2018).

Примената на овие податоци зависи и од типот на возилото што се дизајнира бидејќи пристапот е различен за дизајнирање на спортски автомобил, мало градско возило, седан, караван, комбе итн. Клучниот елемент што варира е висината на подот на возилото и аголот помеѓу подот и петицата, како и контурите на возилото. Типот на возилото и висината на подот потоа ги диктираат димензиите на сите преостанати компоненти вклучувајќи ги и оние што припаѓаат на ентериерот. Слика 3-10 ги илустрира позициите на телото на лицата со екстремни антропометриски мерки, машки 99-ти перцентил и женски 1-ви перцентил. Преку оваа илустрација, авторот ги објаснува најергономските агли за зглобовите на телото (лактите, колената, глуждовите, колковите) во седечка положба во возилото што дава насоки за позиционирање на елементите што го опкружуваат патникот (Tilley, 1993). Се препорачува да се обезбеди агол на глуждот од 100 степени, агол на коленото од 110 – 120 степени и агол помеѓу 'рбетот и бутните коски од 95 степени. Споредбата помеѓу малиот и големиот перцентил покажува дека седиштето треба да обезбеди опции за прилагодување од 112 mm вертикално и 178 mm хоризонтално, додека воланот треба да обезбеди опции за телескопско прилагодување од 127 mm и прилагодување на аголот од 30 – 60 степени. Во однос на зоните на дофат (Слика 3-11), положбата на рачната конзола треба да биде околу 102 mm кон назад од линијата на точката на петицата кон возачот и сите примарни

контроли треба да бидат поставени не подалеку од 305 mm. Страничното растојание за удобен дофат треба да започне на 208 mm од централната линија на патникот и да не оди подалеку од 127 mm.

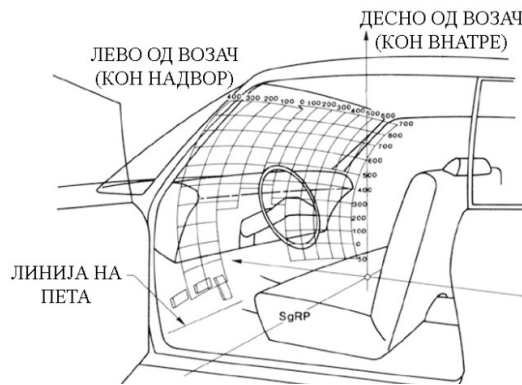


Слика 3-10. Насоки за димензионарање на ентериерот, страничен поглед (извор: Tilley, 1993)



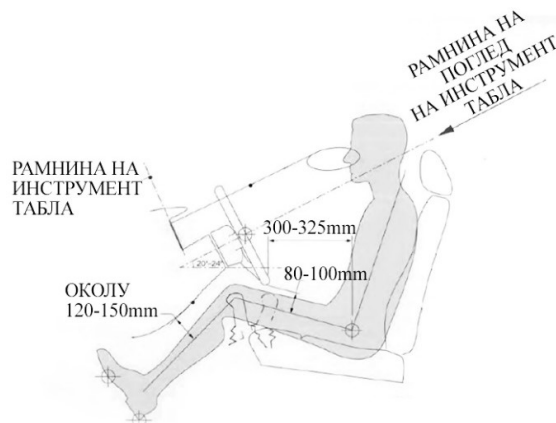
Слика 3-11. Насоки за димензионарање на ентериерот, поглед од горе (извор: Tilley, 1993)

Зоните на дофат се објаснети и во „SAE J287“ (Слика 3-12). Оние зони или површини на дофат во „J287“ се позиционирани во однос на точката „SgRP“ (Reed et al. 2003) и всушност опфаќаат површина 400mm кон надвор од возачот и 600mm кон внатре (Macey and Wardle, 2008).



Слика 3-12. Зони на дофат генерирани од „SAE J287“ (извор: Reed et al. 2003)

Авторите исто така ги дефинираат минималните растојанија кои треба да се предвидат меѓу телото на возачот или патникот и сите околни елементи (Macey and Wardle, 2008). Растојанието помеѓу „SgRP“ и воланот треба да биде 300 – 325 mm, помеѓу централната линија на коската на бутот и воланот 80 – 100 mm и помеѓу централната линија на коската на потколеницата и предниот дел од контролната табла во зона на нозете 120 – 150 mm (Слика 3-13).



Слика 3-13. Оптимално растојание помеѓу телото и околните елементи (извор: Macey and Wardle, 2008)

Според Bhisе, најудобните зони на дофат може да се проверат и пресметаат според мерењата на жена од 5-ти перцентил, седната на седиште позиционирано на највисоката позиција (Bhisе, 2012). Растојанието од нејзиниот лакт до зглобовите на прстите е типично 400 mm и претставува радиус со кој треба да се опише хемисфера во центарот на двата лакта. Користејќи го овој метод, се генерира хемисферата на минимален дофат. Сите контролни компоненти треба да бидат позиционирани во зоната помеѓу минималниот и максималниот дофат.

3.3.4 Ергономија на контролните уреди

Уште еден клучен аспект во однос на удобноста и безбедноста во внатрешноста на возилата е обезбедување на добра видливост врз околината во секое време, како и на

сите достапни инструменти и контроли во кабината со цел тие да бидат лесни за користење со минимален физички и ментален напор. Студиите нагласуваат дека главата најудобно се движи напред под агол од 15 степени, а зоната на удобност вклучува агли до 30 степени (Bhise, 2012; Tilley, 1993; Macey and Wardle, 2008). Поставувањето на контролите под агол од 30 – 35 степени овозможува нивно лоцирање и користење со брзо движење на очите и без нагли движења на главата.

Ергономијата на контролните уреди во возилото оди подалеку од само нивно поставување во зоните на дофат и видливост. Препораката на Европската комисија за безбедни и ефикасни комуникациски системи на возила („European Commission Recommendation on Safe and Efficient Vehicle Communication Systems“) поставува збир на принципи што треба да се следат за да се обезбеди сигурна и успешна комуникација помеѓу возачот (патниците) и системот на возилото (Reding, 2008). Меѓу најважните се: уредите мора да бидат инсталирани според регулативи и стандарди; уредите мора да бидат поставени на начин што не ја намалува видливоста врз околината; уредите и дисплеите мора да бидат близу до централното видно поле; дисплеите и екраните на допир мора да бидат дизајнирани на начин кој ќе одбегне отсјај и рефлексии; треба да се користат интернационални симболи; приоритетни треба да се информациите поврзани со безбедноста; контролните уреди не треба да налагаат нивна употреба со две раце; итн.

Дополнителни препораки за ергономски дизајн на контролните уреди наведени од авторот Bhise се (Bhise, 2012): контролните уреди мора да се позиционирани според менталните модели на корисниците; контролите треба да се групирани според функционалноста; контролите треба да се поставуваат според редоследот и фреквенцијата на употреба; дизајнот на копчињата треба самиот да наведува како копчето треба да се користи; сите симболи мора да се јасни; системот треба да дава повратен фидбек.

Повеќето од рачните контроли во возилата, како што се копчињата за притискање, копчињата за вртење, лизгачките прекинувачи, ротирачките копчиња и други, обично се стандардизирани и треба да бидат димензионирани и позиционирани според утврдените оптимални димензии (Tilley, 1993). Сепак, развојот на технологијата ги замени рачните копчиња со дисплеи и екрани на допир, па дури и со гласовна контрола и лични асистенти (Слика 3-14). Употребата на вакви дисплеи во возилата носи дополнителни ергономски предизвици. Она на што дизајнерите треба да обрнат внимание е позиционирањето и големината на зоните на допир (бидејќи прстите имаат поголема површина на допир), елиминирање на отсјајот и можниот ризик од намалена видливост поради отпечатоци или гребнатини. Екраните и панелите на допир треба да бидат навалени под агол од 30 – 40 степени (идеално со опција за прилагодување) и да бидат поставени блиску до централната линија на видот на корисникот (Swann, 2006).



Слика 3-14. „Renault Mégane E-Tech Electric“ инфо-забавен систем со два 12.3" и 12" дисплеи позиционирани во форма на превртена буква „L“ (извор: Peter Sigal, A&D, 2022)

Истражување (Redl, 2018) во врска со употребата на преносни електронски уреди покажува тренд на постојано зголемување на бројот на лица од различни возрасти кои уживаат во користењето „паметни“ телефони, таблети и лаптопи (во САД во 2017 година околу 64% од граѓаните изјавиле дека поседуваат „паметен“ телефон во споредба со значително пониските 53% во 2015 година). Дополнително, се зголемува и употребата на преносливи уреди по лице. Според овие факти, логично е дека употребата на паметни уреди и екрани на допир во внатрешноста на возилата е неизбежна. Сепак, тенденцијата на луѓето да се навалуваат и доближуваат кон екраните ја намалува ергономијата за време на употребата на електронски уреди што предизвикува негативни влијанија врз здравјето на корисниците – неприродна положба на вратот, искривено држење, оштетување на очите, па дури и проблеми со дишењето (Thomas, 2019). Современите технолошки елементи играат важна ергономска улога на ова поле. Виртуелната реалност („Virtual Reality“, „VR“), збогатената реалност („Augmented Reality“, „AR“) и дисплеите во висина на очи („Head-Up Display“, „HUD“) овозможуваат ослободување од ограничувањата наметнати од физичките екрани, заменувајќи ги со флексибилни дигитални решенија.

Употребата на овие технолошки елементи во модерните ентериери на возила обезбедува зголемена удобност и безбедност за време на возењето. Овие типови на дисплеи споделуваат информации во централната линија на видното поле, вообичаено проектирани на ветробранот, и не бараат од корисникот да ги свитка вратот и главата за да погледне надолу кон дисплејот што се смета за многу поергономски во споредба со конвенционалните дисплеи. Меѓу главните предности на дисплеите во висина на очи се: „намалено време на дефокусираност од патот, елиминирање на потребата од повторното фокусирање на очите кон патот по поглед кон дисплејот (постарите возачи кои не можат да го фокусираат добро погледот на блиски растојанија можат јасно да ги гледаат информациите) и повеќе време посветено на поглед кон патот и возачката околина“ (Bhise, 2012).

Збогатената реалност нуди можности за збогатување на надворешната средина со корисни информации, па дури и можности за забавни и нови начини на интеракција за корисниците. Истражувањата кои ги испитуваат различните начини на кои збогатената реалност може да се примени во внатрешноста на возилата, ги категоризираат нејзините функции на следниов начин: безбедност (зголемена видливост на предметите и патот,

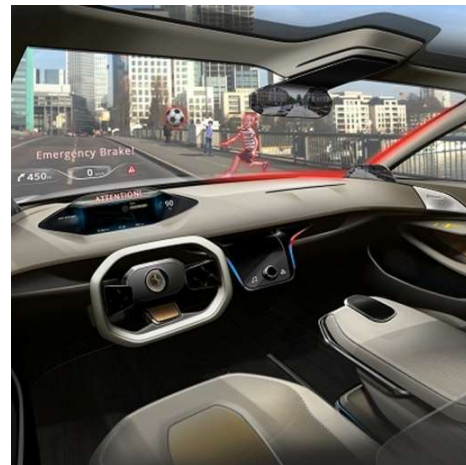
предупредувања, информации за животната средина); навигација (планирање на патување, толкување на сообраќајни знаци, следење на автомобилот, информации за јавен превоз); удобност (предупредување за динамиката на условите на патот, интерактивна употреба на интерфејсот, итн.); забава и комуникација за патниците (реклами, игри, музика, видео и сл.); и информации за состојбата на возилото (функционалност на компонентите, одржување, нивоа на гориво/батерии итн.) (Wiegand et al. 2019).

Достапни се и корисни анализи на постоечките системи за помош на возачот преку дисплеи во висина на очи и нагласена реалност (Rizov et al. 2017). Меѓу примерите, авторите ја објаснуваат следната употреба на овој тип технолошки решенија:

- Безбедно одржување на правец и менување на ленти. Обележување на работ на возачката лента за зголемена видливост што е особено корисно при неповолни временски услови (Слика 3-15);
- Информирање за критични ситуации на патот. Исклучително корисно за избегнување на несреќи преку прикажување на информации во вид на 3Д симболи проектирани на ветробранот (3Д знаци, стоп знаци, знаци за предупредување, нагласени пешачки премини, нагласени ограничувања на брзината, итн.) што помага возачот веднаш да воочи опасност и навремено да реагира (Слика 3-16);
- Ноќно гледање. Нагласување на положбата на препреките на патот за подобрување на видливоста при возење во темнина (Слика 3-17); и
- Помош за навигација. Приказ на навигациски инструкции директно на ветробранското стакло и нивно комбинирање со реалната средина на возење со цел да се елиминира употребата од дополнителни уреди за навигација во возилото кои може да креираат ментално оптоварување на возачот (Слика 3-18).



Слика 3-15. Збогатена реалност за помош при менување лента (извор: Technoupdate Official, 2017)



Слика 3-16. Збогатена реалност за предупредувања (извор: Continental AG Official, 2022)



Слика 3-17. Збогатена реалност за подобрена видливост (извор: Ulrich, R., Popular Science, 2013)



Слика 3-18. Збогатена реалност за помош при навигација (извор: Continental AG Official, 2022)

Употребата на системите со дисплеи во висина на очи и збогатена реалност го збогатува искуството во возилото за возачот и патниците со зголемување на чувството на удобност и безбедност за време на возењето. Затоа, важно е да се земе предвид употребата на овие системи при дизајнирање на ентериери на модерни возила.

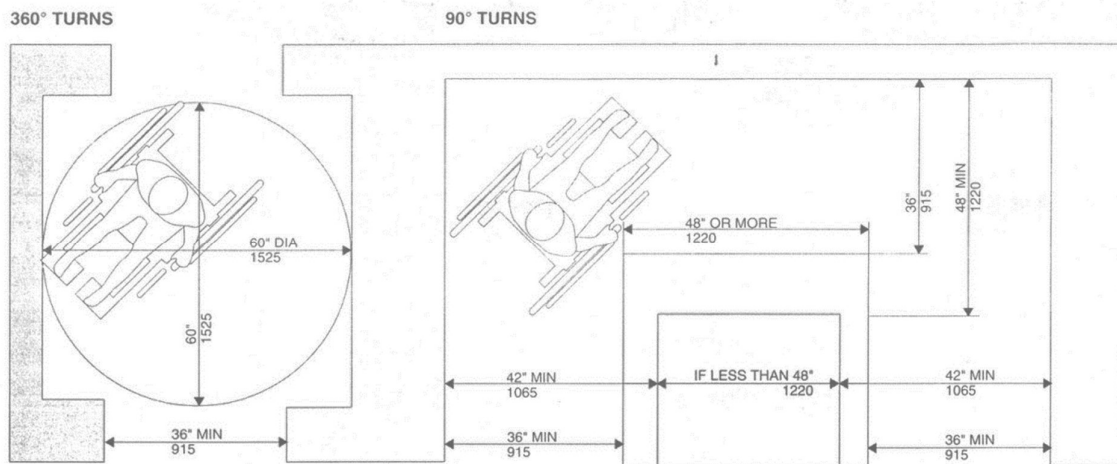
3.3.5 Адаптациа за лица со попречености

Одредени типови на попреченост кај поединците, за жал, резултираат со нивно намалено вклучување во општеството и во општествените процеси. Главната причина за ова се нивните ограничени можности за транспорт. Лицата со попреченост можат да користат јавен превоз до одреден степен, но генерално се соочуваат со голем број тешкотии кога треба да се движат и да патуваат самостојно. Овие тешкотии и ограничувања обично се резултат на некористење на универзални принципи за дизајн или принципи за вклучување во дизајнот на урбаните средини и јавниот транспорт. Според тоа, лицата со попреченост немаат еднакви можности за вработување, образование, избор на локација за живеење, социјализација и слично, односно немаат еднакви можности за самостоен живот и вклучување во општеството. Овие лица ретко имаат можност да користат лични средства за превоз и не се активни возачи бидејќи прилагодувањето на возилата на нивните посебни барања е сложен и скап процес.

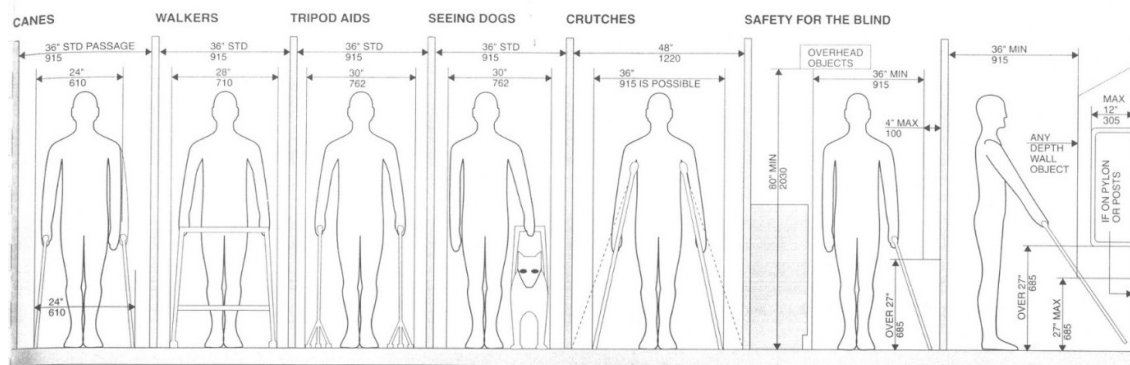
За да се разберат потребите на овие ранливи учесници во сообраќајот, важно е да се земат предвид главните категории на попреченост. Организацијата Интелигентни транспортни системи на Америка („Intelligent Transportation Systems of America“, „ITS“) ги наведува следните 3 главни категории на лица со посебни потреби: лица со оштетен вид, лица со оштетен слух и лица со попречено движење (Bayless и Davidson, ITS America, 2019). Првата категорија се лица кои можеби се соочуваат со најголеми тешкотии бидејќи треба да имаат целосна доверба во помагалата за мобилност што ги користат и кои им помагаат да се движат во околината и да пристапат до јавниот превоз. За овие корисници, звукот и другите невизуелни начини на комуникација се од големо

значење, како и уредите кои им помагаат да се ориентираат и детектираат препреки. Од друга страна, за втората категорија, лицата со оштетен слух, важно е сите звучни сигнали да се трансформираат во визуелни начини на комуникација. Третата категорија, лицата со пречки во движењето, имаат најголеми барања поврзани со дизајнот на физичкиот простор, бидејќи користат поголеми помагала за движење, како што се инвалидски колички, бастуни, одалки, патерици итн. Овие лица обично се соочуваат со пречки кои ја намалуваат нивната способност слободно да се движат во нивното опкружување, потешкотии со влез/излез и тешкотии при користење на контролите што се управуваат со рака/нога.

Од антропометриска гледна точка, за правилно планирање на внатрешноста на возилата и посебните карактеристики што тие треба да ги содржат за да се одговори на потребите на лицата со попречености, важно е да се разгледаат антропометриските мерки на овие лица заедно со помагалата што ги користат. Литературните извори содржат податоци за мерките што треба да се земат предвид за дизајнирање на инклузивни и достапни ентериери. Антропометриските мерки на лица кои користат инвалидски колички опишана од авторите Panero и Zelnik (Panero and Zelnik, 1979), е слична со онаа дадена од Tilley (Слика 3-19) и според тие мерки: минималната ширина за влез/излез треба да биде 915 mm, минималниот обезбеден простор за корисникот на инвалидска количка за да може да ја сврти инвалидската количка и да го промени правецот е со дијаметар од 1525 mm, минималните димензии на просторот во форма на Т (ходници) потребни за лицето во инвалидска количка да може да направи вртење од 180 степени е 915 mm за сите ходници (Tilley, 1993). Дополнително, Tilley дава илустрации во врска со потребниот простор за лицата кои користат други видови уреди за помош при мобилност (Слика 3-20).



Слика 3-19. Слободен простор потребен за лица кои користат количка (извор: Tilley, 1993)



Слика 3-20. Слободен простор потребен за лица кои користат различен вид на помагала за движење (извор: Tilley, 1993)

Постојат можности да се приспособат стандардните возила за да бидат контролирани од лица со попреченост. Бројни истражувања ги анализираат можните начини за рedefинирање на контролните команди на возилата и инкорпорирање на дополнителни елементи за помош на возачот, како и елементи за зголемување на безбедноста (Haslegrave, 1986; Schneider et al. 2016; Dols et al. 2015). Меѓу структурните адаптации на возилото за обезбедување инклузивност се: адаптација на воланот, прилагодување на сопирачката, адаптација на квачилото, адаптација на педалата за гас, адаптација на менувачот, адаптација на седиштето и адаптација на надворешноста на возилото (Dols et al 1996). Препорачливо е да се рeдизајнираат контролите на возилото во форма на дојстик за да можат рачно да се контролираат со раце, овозможувајќи им на лицата со оштетувања на долните екстремитети да можат да го контролираат возилото (Dols, 2015). Покрај прилагодувањето на контролите, планирањето на просторот за сместување на лица со помагала за подвижност и обезбедување на широк влез, рампи и рачки за олеснување на влегувањето/излегувањето, подеднакво е важно да се земат предвид внатрешните измени за зголемување на безбедноста. На пример, елементите кои се потребни за безбедно сместување на лице во инвалидска количка вклучуваат системи за фиксирање на инвалидска количка, безбедносни појаси со 3 точки, потпора во зоната на колената и безбедносен систем и поддршка во зоната на грбот, вратот и главата (Schneider, 2016).

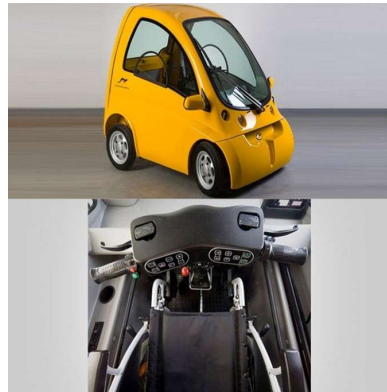
Покрај адаптираните модели, на пазарот има и специјално дизајнирани инклузивни модели на возила. Меѓу нив се возилата „MV-1“ (Слика 3-21) и „Kenguru“ (Слика 3-22). Главната придобивка на таквите модели е тоа што тие можат да се користат веднаш по купувањето без никакви дополнителни модификации. Моделот „MV-1“ овозможува лесно влегување и сместување на корисниците на инвалидска количка преку странична рампа и безбедно прицврстување на инвалидската количка со систем за нејзино приклучување на подот. Но, лицето со попречено движење не може самостојно да го вози возилото и може да патува само како патник. Сепак, широкиот внатрешен волумен на „MV-1“ овозможува удобно сместување и патување за повеќе патници, меѓу кои и корисници на инвалидска количка. Од друга страна, моделот „Kenguru“ е мало градско електрично возило кое им овозможува на лицата со попречено движење кои користат инвалидска количка да се сместат и самостојно да го контролираат возилото,

обезбедувајќи им можност да возат самостојно. Контролите во ова возило се целосно редефинирани за да можат да се управуваат со помош на рацете на корисникот. Негативниот аспект на ваквите модели е што тие не можат да бидат контролирани од лица со потешки нарушувања на подвижноста, кои не можат слободно да ги користат горните екстремитети, односно рацете. Покрај тоа, ова возило е дизајнирано само за едно лице.

Исто така, постојат компании кои нудат модерни приспособливи инклузивни решенија за возила, како што се компаниите „Braunability“, „Tribus“ и „Paravan“ (Braunability, 2022; Tribus, 2022; Paravan, 2022). Тие нудат возила достапни за корисници на инвалидски колички и дополнителни инклузивни карактеристики меѓу кои спаѓаат алтернативни начини на седење, лифтови за инвалидски колички, системи за безбедносно фиксирање на инвалидска количка и багажен простор за складирање за инвалидска количка и други помагала. Сепак, повторно, овие модели им дозволуваат на корисниците на инвалидска количка само да се сместат во возила како пасивни патници, не ослободувајќи ги од потребата да зависат од друго лице за да ги вози.

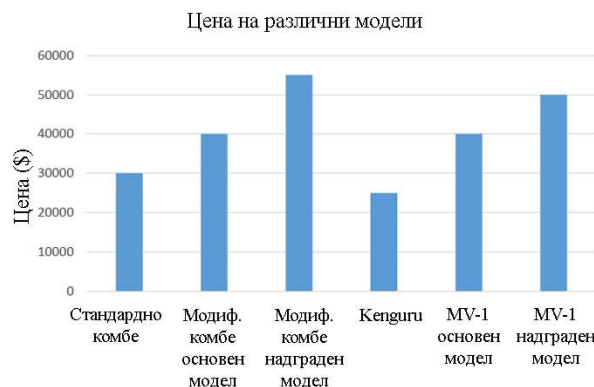


Слика 3-21. Модел „MV-1“ (извор: Brunswick Mobility Professionals Official, 2021)



Слика 3-22. Модел „Kangaru“ (извор: Autoblog, 2012)

Цените за структурни модификации на возила и купување на инклузивни модели на возила специјално дизајнирани за лица со попречености се подеднакво високи што е ограничувачки фактор (Allu et al. 2017). Споредбата на цените е дадена на Слика 3-23.



Слика 3-23. Споредба на цените помеѓу повеќе инклузивни возила (извор: Allu et al. 2017)

Националната администрација за безбедност на сообраќајот на патиштата („National Highway Traffic Safety Administration“, „NHTSA“) нуди консултации со специјалисти за рехабилитација на возачи кои ги анализираат вештините на возачот и препорачуваат соодветно решение и адаптација на возилото за ергономска и безбедна употреба (NHTSA, 2015). Целта е да се избегнат непотребните трошоци, бидејќи, како што нагласуваат, посложените контролни уреди можат да чинат 1.000 долари, додека комплетната модификација на возилото се движи од 20.000 до 80.000 долари.

Овој преглед на литература дава увид врз посебните методи за приспособување на возилата за инклузивност за да се задоволат потребите на лицата со одреден тип на попреченост. Може да се заклучи дека прилагодените возила имаат голем број ограничувачки фактори и не се во состојба да обезбедат целосна независност на лицата со попречености. Кога користат приспособени модели, овие лица сè уште во голема мера се потпираат на други лица за да им помогнат при влегување/излегување или да ги возат. Дополнително, нема алтернативни решенија и опции за лица со квадриплегија или оштетен вид и слух. Повеќето решенија се насочени кон корисници на инвалидска количка кои имаат контрола врз нивните горни екстремитети. Новите автономни технологии отвораат нови можности на полето на инклузивен дизајн на возила што можат да ги отстранат овие ограничувања. Оваа тема подетално е елаборирана во следниот дел од теоретското истражување.

3.4 Ергономија на ентериерот на автономните возила

Првиот концепт на автономно возење датира од 1926 година кога бил претставен првиот автомобил со радио контролирање. Тоа бил „1926 Chandler“ опремен со антена, управуван од друг автомобил кој контролирал мали електрични мотори и го насочувал движењето на првиот автомобил испраќајќи радио сигнали. Ова бил еден многу примитивен, но значаен концепт бидејќи го означил почетокот на автономните системи (Vimbraw, 2015). Оттогаш, технологијата е многу напредната и денес постојат шест постоечки нивоа на автоматизација (како што е дефинирано од SAE) од кои највисокото е „целосна автоматизација“ каде што возилото е способно да ги извршува сите возни задачи под сите услови без да бара човек-возач да преземе контрола (Shuttleworth, 2019).

Современите автономни возила можат да се движат низ сложената околина со комбинација на хардвер, софтвер и навигација (Wintersberger et al. 2019). Ова значи дека автономните возила користат повеќе сензори кои работат преку испраќање радио бранови и детектираат брзина, локација и движење на околните објекти од радио брановите рефлектирани од цврстите површини. Покрај тоа, тие користат „LIDAR“ („light detection and ranging“) и „SONAR“ („sound navigation ranging“) системи и видео камери. Дополнително, автономните возила користат дигитални мапи за навигација и софистициран софтвер за комбинирање на сите собрани податоци од хардверските сензори и дигиталните мапи со цел да се препознаат и интерпретираат условите на патот и безбедно да се транспортираат патниците.

Сепак, и покрај тоа што технологијата е значително созреана во текот на годините и има неколку успешни обиди за лансирање на автономни возила на патиштата (како на

пример првата робот-такси услуга на „Waymo“ (Templeton, 2020)), нивната комерцијална употреба сè уште се нема случено.

Производителите на автомобили инвестираат во истражување и развој за да ги направат самоуправувачките автомобили реалност во наредните години. Причината за ова се бројните придобивки што може да ги донесе употребата на автоматизирани системи. Автономните возила имаат потенцијал да го променат нашиот начин на живот, начинот на кој го користиме транспортот и нашите урбани средини, бидејќи нудат „можност за безбеден, ефикасен, достапен транспорт“ (Naparre, 2018). Клучниот аспект е дека автономијата може да ги елиминира човечките фактори на возење поврзани со грешки и несреќи, како што се поспаност, лутина, расеаност или интоксикација, бидејќи автономните системи ја преземаат контролата во критичните задачи склони кон човечки грешки (Davies, 2015). Покрај зголемената безбедност, има и бројни други позитивни аспекти на автономните возила: тие го прават транспортот побезбеден, го намалуваат метежот, ја подобруваат употребата на урбаната инфраструктура, ја оптимизираат заштедата на гориво и, што е многу важно, нудат можност за безбедно и независно патување на лицата со попречености. Поради сите овие факти, истражувачите, дизајнерите и развојните тимови вложуваат напори да ја истражат темата за дизајнирање на автономни возила со пристап ориентиран кон човекот обидувајќи се да обезбедат знаење за тоа како да одговорат на потребите на корисниците од различни профили и да го зголемат нивниот интерес и доверба во идните автономни возила.

Со цел да се овозможи поголема ергономија и безбедност, истражувачите ги анализираат човековите однесувања и нивните реакции во различни сценарија на автономно возење. На пример, Rahmati, Samimi Abianeh, Tabesh и Talebrouh собираат податоци за човековите реакции при кочење со цел да предложат метод за носење одлуки во врска со кочењето за автономните системи во мешани сообраќајни средини кои ќе бидат побезбедни и поблиски до природните реакции кои би ги имал човек-возач (Rahmati et al. 2021). De Winkel, Pretto, Nooij, Cohen и Bülthoff, користејќи симулатор на возење и виртуелна реалност, креираат сценарио на автономно возење и евалуираат дали користењето на дополнителни визуелни знаци кои ја прикажуваат брзината и забрзувањето на возилото можат да ги ублажат симптомите на т.н. „болест на движење“ (морска болест) при возењето, кои се случуваат кај некои лица (De Winkel et al. 2021). Ulahannan, Cain, Thompson, Skrypchuk, Mouzakitis, Jennings и Birrell го фокусираат нивното истражување на очекувањата кои ги има возачот при возење со делумна автономност со цел да ги увидат преференциите во однос на примање и размена на информации со возилото (Ulahannan et al. 2020). Merat и Jamson истражуваат различни кориснички однесувања во критични ситуации при автономно возење (Merat and Jamson, 2009). Mok, Sirkin, Sibi, Miller и Ju исто така ги анализираат однесувањата на корисниците во АВ преку т.н. „Волшебник од Оз“ („Wizard of Oz“) експерименти со цел да понудат идеи за методи преку кои може да се зголеми довербата на корисниците во автономните системи на возилата (Mok et al. 2015). Sun, Cao и Tang спроведуваат три емпириски студии за да ги истражат барањата на корисниците во автономните возила и врз база на резултатите предложуваат специфичен дизајн на седиштата и мултимодален дисплеј за олеснување на активностите во ентериерот на возилото и успешно „ловење“

на вниманието на корисниците во критични ситуации (Sun et al. 2021). Постојат многу слични примери кои даваат значајни информации за тоа како да се дизајнираат автономни возила со одлична ергономија и ориентирани кон потребите на потенцијалните корисници.

Воедно, новата автономна технологија значи целосно редефинирање на изгледот на возилата, со големи можности за промени во ентериерот, бидејќи улогата на возачот во автономно возило е целосно елиминирана. Имајќи ги на ум сите овие факти, важно е да се земат предвид фундаменталните разлики во ергономијата на внатрешноста помеѓу конвенционалните возила и автономните возила преку преглед на ергономските правила и примери од автомобилската индустрија. Оваа споредба е наменета да го разјасни потенцијалот за инклузивност и потенцијалот за развој на нов ергономски пристап во дизајнот кој се разликува од оној што се користи во развојот на конвенционалните возила.

3.4.1 Ергономија на седење

Автономните возила се целосно ориентирани кон обезбедување максимална удобност за патниците. Според иноваторите на автономната технологија и експертите за внатрешен дизајн, автономното возење го менува дизајнот на ентериерот на возилата. Неодамнешните трендови вклучуваат: редефинирани опции за седење со паметна кинетика, биометриски системи за следење и индивидуализирани средини за секој патник на возилото (Visnic, 2019). На пример, концептниот автомобил на „Saic Design“ има кабина дизајнирана да им понуди на патниците максимална релаксација со седишта со биометриски сензори и распоред што може да се преуреди по желба за удобно патување, користејќи го системот за автономно возење на „Kun“ (Слика 3-24).



Слика 3-24. „Saic Design“ концепт на ентериер (извор: Saic Kun, A&D, 2022)

Во целосно автономен режим нема потреба да се вклучува возач во процесот на управување со возилото, што значи дека времето поминато во автомобилот може да се посвети на други активности – релаксација и одмор, работа, забава, интеракција со други патници, итн. Различните активности во возилото ја менуваат можноста за дизајнирање на седиштата. Истражувања се фокусираат на собирање на корисничкото размислување

за посакуваните активности при користење на автономните возила со цел да се одреди потребниот изглед на седиштата и внатрешноста. Заклучоците од онлајн анкетата спроведена во Кина, Индија, Јапонија, САД, Англија и Австралија, на која одговориле 3255 лица, даваат информации дека најпосакуваните активности се гледање и истражување на патот и околината на возење, разговор со пријателите, работа и читање, одмор, како и гледање телевизија (Schoettle и Sivak, 2014). Слични истражувања заклучуваат дека додека патуваат на кратки растојанија или кога патуваат сами, патниците претпочитаат да го гледаат патот, да се одморат, да работат и да читаат или да го поминуваат времето на интернет, додека кога патуваат на подолги растојанија и со други патници претпочитаат да се дружат (Jorlöv et al. 2017; Bengtsson, 2017). Ваквите истражувања се корисни за воспоставување на оптималниот распоред на седиштата во автономните возила.

Ергономските правила за обликување и димензионирање на седиштата што се воспоставени за конвенционалните возила важат и за автономните возила. Разликата е во потребата од повеќе опции за прилагодување на агли за седење, потребата од опции за ротирање на седиштата и потребата од повеќе слободен простор во пределот на нозете. Кај автономните возила, внатрешните ограничувања на просторот поврзани со поставувањето на педалите, менувачот или контролната табла се значително намалени. Дополнително, употребата на електричен погон значи дека внатрешноста може да биде поширока. Според ова, концептите за уредување и движење на седиштата во ентериерите на автономните возила вклучуваат можност за ротирање на предните седишта со цел да се постигне удобно уредување на ентериерот, слично на дневната соба во домовите каде што патниците се свртени еден кон друг (Jorlöv et al. 2017; Bengtsson, 2017). Меѓутоа, овој начин на ротација бара обезбедување доволно простор во внатрешноста за ротирање и лизгање на сите седишта. Примерите и анализите покажуваат дека за да се постигне саканата ротација на седиштето, потребно е малку да се поместат сите седишта за да се ослободи доволно простор (Hirz и Rossbacher, 2018; Noe, 2019). Производителите зборуваат за визијата за модерни автомобилски седишта кои нудат додадена вредност и создаваат искуство при седењето, а во исто време се максимално безбедни. Ова не значи само ротирање на седиштата, туку „паметни седишта“ кои можат да запомнат повеќе однапред дефинирани позиции, имаат опции за греење и ладење, масажа, воздушни перничувања за прилагодлива висина, слушање музика, па дури и следење на психолошката состојба на личноста што седи во нив со цел да се направат брзи прилагодувања доколку идентификуваат непријатно седење (Tangemann, 2019; Pawsey, 2017).

На пример, компанијата „Faugesia“ и компанијата „ZF“, кои работат на технолошки решенија за модерни возила, соработуваат на проект за развој на нови седишта за автономни возила. Овие седишта ги вклучуваат седиштето, безбедносниот појас и воздушните перничувања во едно пакување (Buchholz, 2018). Седиштата може да се навалуваат до 60 степени и да се вртат за 15 степени. Имајќи го предвид барањето за транслаторно движење на седиштата кај модерните модели на возила од 800 mm до 1000 mm (во споредба со конвенционалните подесувања напред-назад од 250 mm до 270 mm),

ваквите типови на „пакет“ седишта можат да овозможат сите овие движења да се направат без загрозување на безбедноста на патниците.

Производителите на автомобили заедно со компаниите за развој на технологија постојано и покажуваат на јавноста слични иновативни идеи и резултати од примената на најновите технологии во дизајнот на возилата преку развој на концепт модели на возила. Радикалниот дизајн на овие автомобили е начин да се тестира употребата на технолошките иновации во производството и да се оцени реакцијата што тие ќе ја предизвикаат во јавноста. Потоа се прават адаптации на овие концептни возила и се користи само еден сегмент од нивните карактеристики во новите модели наменети за масовно производство. Ова истражување содржи анализа на различни примери на концептни автономни возила од различни производители (прво во ова поглавје во однос на ергономијата на седиштата, а потоа во следните поглавја во друг контекст) со цел да се истакнат елементите кои најповолно влијаат на ергономските својства и имаат потенцијал за понатамошно усвојување и развој (слики 3-25 до 3-35).

Автономни возила за лична употреба



Модел: Renault Morphoz

Презентиран: 2020 Geneva Salon International de l'Auto

Карактеристики на седиштата:

Можност за ротација на совозачкото седиште во обратна насока за да биде завртено кон задните седишта.

Потпората за грб станува седиште и обратно. Движењето започнува со транслаторно движење, а потоа ротација околу централна оска.

Слика 3-25. „Renault Morphoz“ ентериер
(извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2021)



Модел: Volvo 360c

Презентиран: 05 Септември 2018

Карактеристики на седиштата:

Четири опции на седење:

- (1) Дневна соба - четири широки седишта свртени едно кон друго со маса помеѓу нив;
- (2) Канцеларија - четири седишта свртени едно кон друго со маса помеѓу нив на која има кафемат, самите седишта во наслонот за глава имаат проектори за проектирање на презентации на страничните стакла на автомобилот;
- (3) Простор за забава - седишта споени во форма на удобни клупи свртени една кон друга со маса помеѓу нив на која има дополнителни држачи за чаши;
- (4) Одмор при долги патувања - едно седиште со маса пред него чиј наслон се повлекува наназад (исто како и масата) со цел да се прилагоди за позиција на лежење за да му се овозможи на патникот одмор при долги патувања.

Слика 3-26. „Volvo 360c“
(извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2018; Form Trends, 2018)



Слика 3-27. „Lexus LF-30“ ентериер
(извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2019)

Модел: Lexus LF-30

Презентиран: Токуо Motor Show, 46
едиција, 25 Октомври – 4 Ноември 2019

Карактеристики на седиштата:

Инспирирани од авионски седишта од прва класа. Задните седишта се обликуваат според преференците на патниците користејќи технологија на „вештачки мускули“. Имаат звучници вградени во потпирачите за глава со функција за елиминирање на бучава.



Слика 3-28. „Bentley EXP100 GT“ ентериер
(извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2019)

Модел: Bentley EXP 100 GT

Презентиран: 10 Јули 2019

Карактеристики на седиштата:

Биометриски сензори кои ја детектираат температурата и позицијата на телото на патниците, како и надворешните услови и преку реактивни површини на седиштата тие се адаптираат за оптимална потпора на телото според детектираната состојба. Задните седишта се склопуваат за да се искористи опцијата за повлекување на предните седишта наназад со што се отвора дополнителен простор во зоната на нозете.



Слика 3-29. „Audi Aicon“ ентериер
(извор: The Wheel Network, 2017)

Модел: Audi Aicon

Презентиран: Frankfurt Motor Show 2017

Карактеристики на седиштата:

Широки и меки седишта, налик на фотелји. Предните седишта целосно се повлекуваат кон задниот дел и автомобилот се трансформира од четворосед во двосед со зголемена удобност за двајцата патници (повеќе простор, подобра прегледност на екраните). Дополнително, седиштата се ротираат кон лево и десно.



Модел: Renault Symbioz

Презентиран: Frankfurt Motor Show 2017

Карактеристики на седиштата:
Ергономски седишта кои можат да бидат ориентирани во стандардна позиција или еден кон друг. Идејата е во ентериерот да се креира опуштено чувство како во дневна соба.

Слика 3-30. „Renault Symbioz“ ентериер
(извор: Renault UK Official, 2022)



Модел: Audi AI:ME

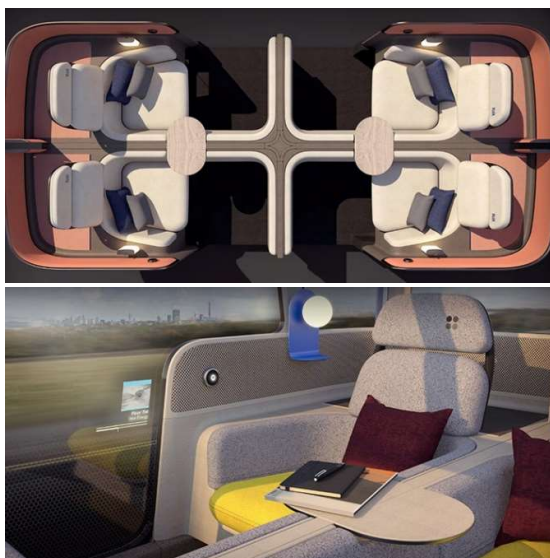
Презентиран: Auto Shanghai 2019

Карактеристики на седиштата:

Сличен концепт на ентериер налик дневна соба. Широки, удобни седишта. Задни седишта во вид на споена клупа. Сите седишта се прилагодливи.

Слика 3-31. „Audi AI:ME“ ентериер
(извор: Tom Ravenscroft, Dezeen, 2019)

Автонони возила за јавен превоз (споделен транспорт)



Слика 3-32. „Seymourpowell Quarter Car“
(извор: Tim Spears, Designboom, 2020)

Модел: Seymourpowell Quarter Car

Презентиран: 2020

Карактеристики на седиштата:

Возилото е опремено со 4 седишта кои се фиксни, слично како во конвенционален автобус или воз. Ергономијата е постигната со меки подлоги на целото седиште, потпорите за грб, глава и раце, со доволно слободен простор во зоната на нозете.



Слика 3-33. „Cruise Origin“ ентериер, седишта
(извор: Andrew J. Hawkins, The Verge, 2020)

Модел: Cruise (GM & Honda) Origin

Презентиран: 2020

Карактеристики на седиштата:

Широки седишта во форма на клупа слично на задните седишта кај конвенционалните возила. Двете клупи се свртени една кон друга. Опција за спуштање на централната потпора за раце за да се одделат двајца патници кои седат еден до друг на едното седиште или за да седнат тројца кога потпората е крената. Голема слобода и широк простор во зоната на нозете. Прилагодлива потпора за глава.

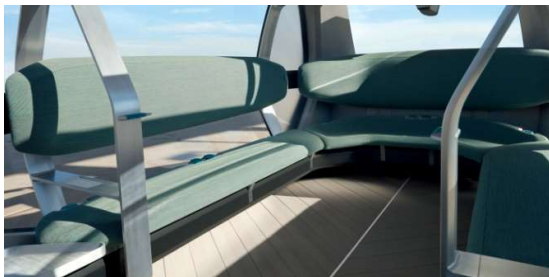


Слика 3-34. „Suzuki Hanare“ ентериер
(извор: Carstyling Official, 2019)

Модел: Suzuki Hanare

Презентиран: Tokyo Motor Show 2019

Карактеристики на седиштата: Ретро дизајнирани седишта со заоблени форми и дебел тапаџир за удобно седење. Седиштата се во форма на симетрични клупи свртени една кон друга. Од едната страна седиштето се склопува за да се ослободи повеќе простор, додека од спротивната страна има опција за ротација со што се добива дополнителна површина за седење.



Слика 3-35. „Renault Ez-Go“ ентериер
(извор: Natashah Hitti, Dezeen, 2018)

Модел: Renault Ez-Go

Презентиран: 2018

Карактеристики на седиштата: Статични седишта со мек тапаџир, во форма на клупи, слично како во автобус, со можност за сместување на повеќе патници, распоредени од сите три страни на возилото освен од страната кај вратата.

Заклучокот од анализираните примери е дека начинот на дизајнирање на седиштата во голема мера зависи од типот на автономно возило, пристапот е различен кај возилата за лична употреба и возилата за споделени возења (како такси услуга). Оптималната ергономија на седиштата може да се постигне со следење на правилата за димензионирање и распоредот на седиштата (дискутирани во поглавје 3.3.1), обезбедувајќи повеќе опции за прилагодување на положбите на седиштата во споредба со конвенционалните возила (движење, ротација, навалување) и ослободување простор во зоната на нозете за сите патници.

3.4.2 Ергономија на влез и излез

Факторите кои беа споменати како највлијателни врз ергономијата на влез/излез кај стандардните возила (дискутирани во 3.3.2) важат и за автономните возила. Резултатите од истражувања покажуваат дека при изведување на движењето за влез и излез, најсериозен елемент кој може да биде ограничување е расположливиот простор околу седиштата (Causse et al. 2011), а не висината на кровот. На поединците кои припаѓаат на повисоките и пониските перцентили за висината на телото им е потребна речиси еднаква висина на покривот на автомобилот за да можат удобно да влезат или излезат од автомобилот бидејќи пониските поединци треба да седат повисоко и поблиску до воланот и вообичаено седиштето им е веќе прилагодено во таа положба. Дополнително, истражувањата елаборираат дека растојанието помеѓу воланот и седиштето, како и ширината на прагот на возилото и аголот на отворање на вратата се повлијателни фактори врз ергономијата на влез/излез отколку висината на покривот.

Токму овие факти сугерираат дека кај автономните возила има поголема можност да се постигне максимална удобност на влез и излез. Прво, внатрешниот простор е ослободен од типичното поставување на волан и стандардни елементи на контролната табла и оперативни контроли. Овие елементи може да бидат непостоечки или скриени кога возилото е во целосно автономен режим, ослободувајќи простор околу седиштата. Второ, како што е објаснето во претходниот дел (3.4.1), седиштата во автономните возила може да бидат дизајнирани со поголеми опции за движење што значи дека кога се отвора вратата на возилото, седиштата може да се движат за да овозможат оптимална удобност за влез и сместување на патниците (на пример: „Renault Morphoz“, Слика 3-25; „Bentley EXP 100 GT“, Слика 3-28; „Audi Aicon“, Слика 3-29). Конечно, постојат повеќе опции за тоа како може да се отворат вратите кои може да се искористат на начин кој ќе обезбеди поширок влез и да се елиминираат ограничувањата поврзани со висината на подот или покривот.

Доколку се вратиме на претходно елаборираните примери (3.4.1), може да се заклучи дека производителите на автономни возила ги избегнуваат конвенционалните методи на отворање на вратите и експериментираат со различни дизајни на вратите на модерните возила за да ја подобрат ергономијата. Единственото ограничување на ваквите решенија е сложеноста и цената на таквите механизми за отворање на вратите. На пример, возилото „Renault Symbioz“ (Слика 3-30) има т.н. „каубојски врати“ кои се отвораат во спротивна насока, така да обезбедуваат неблокиран централен влез. Дополнително,

половина од стаклениот покрив се крева кога вратите се отвораат ослободувајќи простор во зоната на главата за удобно влегување. Сличен начин на отворање на вратата се користи кај концептното возило „Rolce Royce Vision 103EX“ (Слика 3-36). Патниците можат да влезат во возилото одржувајќи ја својата стоечка положба без да ја свиткаат главата или телото. Покрај тоа, овој модел има дополнителен праг на вратата кој автоматски се расклопува од подот помагајќи да се олесни влезот и излезот со елиминирање на можните проблеми со висината на подот.

Автономните возила за споделено возење, од друга страна, обично имаат поголем внатрешен волумен и се дизајнирани во форма на мини комбиња со типични лизгачки врати. Овие типови на врати во комбинација со седишта кои се свртени едно кон друго обезбедуваат доволно простор во центарот за удобно влегување/излегување. Еден интересен пример е моделот „Renault Ez-Go“ (Слика 3-37) кој, наместо со конвенционални врати, се отвора со подигнување на целата страна заедно со дел од покривот, во исто време расклопувајќи рампа со која се постигнува максимална удобност на влез/излез за патниците (Слика 3-38).



Слика 3-36. „Rolce Royce Vision 103EX“, 2016 (извор: Vlad Savov, The Verge, 2016)



Слика 3-37. „Renault Ez-Go“, врати (извор: Jonathan Lopez, Top Speed, 2018)



Слика 3-38. „Renault Ez-Go“, врати (извор: Green Car Congress Official, 2018)

Заклучокот од анализираните примери е дека оптималната ергономија на влез/излез кај автономните возила може да се постигне преку неколку клучни елементи: внатрешен дизајн со широк слободен простор кај зоната на влез, што може да се постигне со позиционирање на седиштата во екстремните позиции што се најоддалечени едно од друго кога се отвора возилото; додавање опција за расклопување на праг или рампа на

вратата за да се намали висината на подот; елиминирање на конвенционални начини на отворање на вратите и наместо тоа вклучување посложени решенија и механизми за отворање со цел да се обезбеди дизајн кој ја елиминира потребата од свиткување на вратот и телото при влегување и излегување од возилото.

3.4.3 Ергономија на поставеност на компонентите во ентериерот и контролните уреди

Внатрешниот простор во автономните возила треба да биде соодветно димензиониран според веќе воспоставените ергономски препораки и антропометриски податоци. Телесните мерки во различни статички позиции на машки и женски индивидуи од 5-от и 95-иот перцентил обезбедуваат насоки за ергономско димензионирање и позиционирање на сите контролни уреди и други елементи во внатрешноста, за тие да се наоѓаат во зоните на удобен дофат.

Фундаменталната разлика помеѓу конвенционалните возила и автономните возила лежи во мултифункционалноста на ентериерите на автономните возила, што ја наметнува потребата да се вклучат повеќе внатрешни елементи. Трендовите ја диктираат потребата од додатоци за зголемен комфор – мали маси, складишни единици, мини фрижидери за храна и пијалоци, приклучоци за електронски уреди, електронски дисплеи, проектори итн. кои треба да бидат лесно достапни. Поради елиминацијата на контролните елементи за возење на возилото, има повеќе слободен простор на инструмент таблата и централната конзола за додавање нови функционалности за забава и збогатување на патничкото искуство, што директно може да ја зголеми перцепцијата за удобност во внатрешноста.

Поврзаноста и користењето на информатичките технологии веќе е дел од нашето секојдневие и е неопходност, а не луксуз. Кај автомобилите многуте копчиња за интерфејс полека заминуваат во историјата, а нивна замена е минималистичкиот и чист внатрешен дизајн во кој најважната улога имаат софтверот и дисплеите.

Ергономските истражувања поврзани со ентериери на автономни возила се фокусирани на типот и оптималната поставеност на дисплеите. Резултатите од истражување посветено на начинот на кој поединците реагираат на различни типови интерфејси во автономни возила во однос на довербата, употребливоста, функционалноста, задоволството и когнитивното оптоварување, покажува дека употребата на интерактивен таблет во комбинација со дисплеј во висина на очи била највисоко рангирана од испитаниците (Oliveira et al. 2018). Испитаниците уживале да ја следат рутата на патување и да читаат информации за возилото и следните чекори што ќе ги преземе (следни вртења, застанувања итн.). William D. Bach во својата теза предлага концепт на автономно возило каде што прозорците и ветробранот се целосно заменети со екрани во внатрешноста (Bach, 2014). Неговата експериментална анализа со прототип на возилото и симулација на движењето на тоа возило сугерира дека учесниците во тестирањето можеле успешно да го користат возилото и да се чувствуваат удобно во него и покрај неговиот неконвенционален дизајн.

Освен стандардните типови на дисплеи и екрани на допир, производителите ги истражуваат можностите за проектирање на информациите на другите површини во ентериерите на автономните возила. Ергономските придобивки од користењето на такви мултифункционални дисплеи, како и дисплеи во висина на очи и збогатена реалност беа веќе објаснети претходно при анализата на ергономијата на контролните уреди во стандардните модели на возила (3.1.4). Дополнително, покрај проекциите на ветробранот, најновите технологии овозможуваат развој на паметни површини кои се еден вид на дисплеи интегрирани со внатрешната естетика. Компанијата „Yanfeng“, светски лидер од областа на автомобилски ентериери (со седиште во Шангај, Кина), развива такви функционални површини за идните модели на возила (Yanfeng Official, 2022). Овие екрани се невидливи кога не се активни, површината оживува преку позадинското осветлување или активирањето на екранот, само кога се потребни контроли или информации (Слика 3-39).

Претходно споменатата компанија „Faurecia“ (3.4.1), покрај развојот на нови модели на седишта, работи и на мултифункционална, интелигентна платформа за инструмент таблата, или поточно – “Cockpit Intelligence Platform“, „CIP“. Интелигентната платформа на инструмент таблата е всушност „LCD“ дисплеј („thin-film-transistor liquid-crystal display“), односно дисплеј со течни кристали, поставен на инструмент таблата, со ширина од 600 mm и висина од 200 mm (Слика 3-40). Кога возилото е во режим на возење, се позиционира пред возачот обезбедувајќи информации за брзината и состојбата на возилото, додека кога возилото е во автономен режим, дисплејот се позиционира централно за да биде видлив за сите патници и да се користи за забава (Buchholz, 2019). Платформата има опција да се поврзе со паметен телефон преку кој може да се контролираат сите опции. Опциите може да се користат и преку гласовна контрола – активирајте ја навигацијата, пуштете филм, јавете се итн. Дополнително, софтверот е програмиран да прави анализа на психолошката состојба на сите патници кои седат и да ги оптимизира внатрешните поставки според добиените податоци со цел да се зголеми удобноста. Уште една достапна опција е индивидуалното прилагодување на температурата и вентилацијата, поставките може да бидат различни за секој патник. Компанијата „Faurecia“ ја објаснува идејата за оваа платформа како електронска контролна единица, или внатрешен „мозок“ кој ги заменува сите посебни контролни единици (Faurecia Official, 2022).



Слика 3-39. Паметни површини од „Yanfeng“ (извор: Yanfeng Official, 2022)



Слика 3-40. „СIP“ од „Faurecia“ (извор: Faurecia Official, 2022)

Дополнителна карактеристика што има значително влијание врз удобноста во внатрешноста е користењето на гласовна контрола или софтверски лични асистенти. Гласовната контрола и звучните известувања дополнително ја зголемуваат удобноста бидејќи патникот не мора да ја бара потребната опција или команда на екраните на допир, наместо тоа, тој може да зборува и да се води од виртуелниот асистент. Производителот на автомобили „BMW“, во 2019 година, го лансирале интелигентниот личен асистент опишан како идеален совозач (BMW Corporate Communications, 2018). Комуникацијата со овој виртуелен асистент е едноставна и персонализирана – асистентот ги обезбедува сите потребни информации за состојбата на возилата; на барање на патникот ги наоѓа најблиските рути до саканиот ресторан; по добивањето на командата „однеси ме дома“ знае која е крајната дестинација каде што треба да се однесе патникот; се поврзува со паметниот телефон и може да остварува повици, да чита електронска пошта, да потсетува за закажани настани од календарот; ги разбира командите како што се „уморен сум“ што значи дека треба да испрати команда за да го постави седиштето во режим на одмор, да активира масажа и да пушти одреден тип музика или „студено ми е“ што значи дека треба да се засили греењето; итн.

Напредните технологии целосно ја менуваат динамиката на потребната ергономска анализа бидејќи најважниот аспект на удобноста во внатрешноста на возилото денес не е само физичката удобност и безбедност, туку и психолошката удобност на патниците, искуството за време на возењето и олеснувањето на секојдневниот живот.

3.4.4 Инклузивен ентериер на автономни возила

Можноста за нудење на инклузивни опции за патување за лицата со попреченост е меѓу клучните придобивки на автономните возила кои имаат потенцијал подеднакво да ја рedefинираат мобилноста и транспортот за сите поединци. Производителите на возила вложуваат дополнителни напори за разбирање на потребите на поединците со различни способности со цел да најдат начини да им го олеснат секојдневието. Примерот на „Google“ и првото тест возење на автономно возило со слепо лице во возачкото седиште беше веќе споменат во воведот (Слика 3-41) (Goggin, 2019). Една понова иницијатива, лансирана во 2019 година, доаѓа од групацијата „Volkswagen“ и е насловена како инклузивна мобилност. Оваа програма има примарна цел директно да соработува со поединци со различни типови на попреченост во најраните фази на

дизајнот на возилото чии искуства и мислења можат да и помогнат на компанијата во развојот на инклузивни решенија (Green Car Congress, 2019).



Слика 3-41. Тест возење на првото автономно возило на „Google“ со Steve Mahan (извор: Google, 2012)

Препознаената потреба за поголемо вклучување на лицата со различни видови на попреченост во општествените процеси произлегува од анализата на бројни истражувања кои се занимаваат со темата – попреченост и транспорт. Табелата подолу содржи резиме на податоците од неколку корисни и темелни извештаи поврзани со транспортните ограничувања со кои се соочува заедницата со попречености и начините на кои ограничувањата влијаат врз секојдневниот живот на тие лица (ODEP, 2018; Claupool et al. 2017; Bayless and Davidson, 2019; Allu et al. 2017).

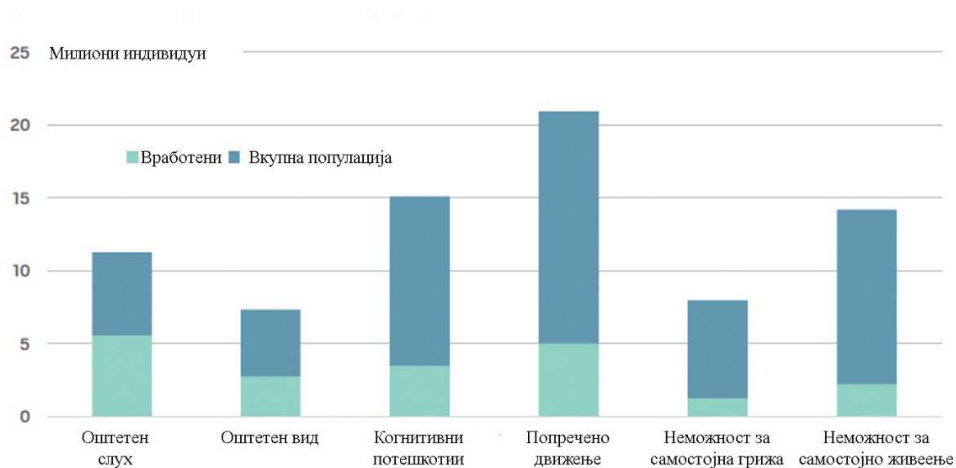
Табела 3-1. Главните транспортни ограничувања со кои се соочуваат лицата со различни видови попречености и нивното влијание врз секојдневниот живот на овие лица

Попреченост	Ограничувања поврзани со транспорт	Влијание врз животот
Оштетен вид	<ul style="list-style-type: none"> – Не се возачи – Зависат од употребата на јавен транспорт – Јавниот транспорт може да е далеку од нивните живеалишта – Имаат проблем со пристапност до јавен транспорт поради тоа што не се во можност да идентификуваат знци или препреки на патот – Не можат да знаат каде се станиците и да читаат возни распореди – Употребата на такси услуги е поскапа – Во руралните средини и предградијата има лимитиран јавен сообраќај 	<ul style="list-style-type: none"> – Ретко напуштање на домот (Слика 3-42) – Ограничени можности за добивање медицинска нега, образование и вработување (Слика 3-43) – Пониски примања
Оштетен слух	<ul style="list-style-type: none"> – Имаат можност за самостојно возење, но процесот доаѓа со ризик од одвлекување на визуелното внимание што лесно може да резултира со несреќа – Нивното движење низ градските средини за да стигнат до јавен превоз е ризично поради намалената способност за согледување на опасностите и можното невнимание на другите учесници во сообраќајот 	<ul style="list-style-type: none"> – Неможност да живеат самостојно – Неможност да си дозволат или да користат инклузивно возило

<p>Попречено движење</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Потребни им се дополнителни елементи за пристапност во возилата – Има недостиг на инклузивни возила за јавен превоз – Не сите такси возила имаат можности за сместување за луѓе кои користат помагала за движење, услугата на оние што имаат е поскапа – Имаат потешкотии со самостоен влез/излез и сместување – Се соочуваат со препреки на патот кога се движат поради помагалата што ги користат – високи тротоари, недостаток на рампи, тесни простори итн. 	<ul style="list-style-type: none"> – Поретко користење на средства за транспорт во споредба со лицата без попреченост – Социјална изолација – Зголемен ризик од ментални нарушувања и депресија
<p>Когнитивни потешкотии</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Поради физички или психички проблем не се способни да помнат, да се концентрираат, да донесуваат одлуки и затоа немаат можност за самостојно користење превоз 	



Слика 3-42. Споредба на фреквенцијата на напуштање на домот меѓу лица со попреченост и лица без попреченост (извор: Claypool et al. 2017)



Слика 3-43. Работен статус на лица со различни типови на попреченост во Америка, 2015 година (извор: Claypool et al. 2017)

Инклузивниот пристап во дизајнирањето на идните автономни возила може да ги елиминира сите ограничувања споменати погоре. Во таа смисла, веќе се појавија препораки за дизајн на инклузивни решенија за автономни возила. Фондот „Disability Rights Education & Defense Fund“, „DREDF“, Америка, дефинира листа на основни препораки за инклузивни АВ, меѓу кои посуштинските се (DREDF, 2018):

- Низок под
- Лифт или рампа и системи за безбедносно фиксирање
- Достапни кваки и рачки
- Багажен простор за помагала
- Интерфејс кој обезбедува информации за локацијата, условите за возење, опасностите итн.
- Интерфејс компатибилен со преносливи уреди и помошна технологија
- Интерфејс кој нуди и визуелни и аудио информации
- Систем со гласовна контрола
- Минимална комплексност на информациите
- Достапност на опции за далечинско задавање на дестинација и следење на патувањата со видео и „GPS“ наменето за корисници со когнитивни попречености

Дополнително, посебните барања на лицата со попреченост поврзани со автономните возила, како што се дефинирани од „ITS America“ (Bayless and Davidson, 2019) се:

- За лица со оштетен вид:
 - Аудио и невизуелни начини за интеракција со возилото
 - Опции за олеснување на ориентацијата во просторот и лоцирање на возилото
 - Информации за условите на патот и околината, откривање на можни пречки при пристигнување на саканата локација
- За лица со оштетен слух:
 - Јасни визуелни методи за комуникација со возилото
 - Конвертирање на сите важни звучни сигнали во чисти визуелни известувања и предупредувања
 - Компатибилност со помагалата за лица со оштетен слух (конвертори од текст во говор или обратно)
- За лица со попречено движење:
 - Интерфејс кој може да се користи на повеќе начини во зависност од видот на физичката попреченост
 - Решавање проблеми со непристапност, пречки на патот при пристап до возилото
 - Елементи кои помагаат за самостоен и безбеден влез/излез
 - Соодветни безбедносни системи кои лицата со пречки во движењето можат да ги користат самостојно

Земањето во предвид на основните барања на лицата со попреченост, всушност, секогаш треба да се практикува во процесот на дизајнирање на сите производи, а не само

на возилата. На тој начин дизајнот станува инклузивен и универзален. Извештајот на „ITS“ го нагласува фактот дека попреченоста е всушност општествен феномен кој се јавува како резултат на ограничувањата на околината, што значи дека е резултат на неправилно дизајнирани простори со производи во кои лицето не е во можност да ги извршува основните активности. Модерната технологија нуди можност за елиминирање на чувството на попреченост. Во контекст на автономните возила, треба да се земат предвид 3 клучни аспекти – лесен пристап до возилото; независен влез и безбедно сместување; и интуитивна контрола и интеракција.

Според наведените факти, ограничувањата на лицата со оштетен вид и слух може да се намалат главно преку различен пристап при дизајнирање на интерфејсот на возилото, додека ограничувањата на лицата со намалена подвижност бараат физички промени и нов пристап во дизајнирањето на внатрешноста. Во истражувањето на S. Allu, A. Jaiswal, M. Lin, A. Malik, L. Ozay и T. Prashanth, на тема лица со попреченост и употребата на автономни возила (Allu et al. 2017), се дефинирани неколку важни елементи како препораки за инклузивен и ергономски дизајн на автономно возило. Се препорачува возилото да биде дизајнирано како спортско урбано возило „SUV“ („sport utility vehicle“) или мини-комбе („minivan“) со цел да обезбеди доволен внатрешен волумен за сместување на корисниците на инвалидска количка.

Меѓуоскиното растојание треба да биде околу 3 m, со странична лизгачка врата за лесно отворање и широк влез со минимална ширина од околу 720 mm и висина од околу 1400 mm (Слика 3-44). Се препорачува да се вклучи рампа на расклопување инсталирана на влезот (која по можност се расклопува од страната на вратата наместо од подот, за да се избегне додавање на висина на подот) со мал агол на наклон за лесно влегување и излегување (Слика 3-44). Седиштата во внатрешноста треба да имаат опција да се поместуваат и склопуваат на начин што ќе ослободи внатрешен простор за сместување на лице во инвалидска количка без проблем (Слика 3-45). Вклучувањето на безбедносниот систем за фиксирање на инвалидска количка во внатрешноста е задолжително. Во однос на интерфејсот, комбинацијата на визуелни, вербални и тактилни начини на комуникација е задолжителна и за внесување информации и за обезбедување повратни информации (Табела 3-2).

Врз основа на овие општи упатства, се добива преглед на потребниот процес на дизајнирање за развој на ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило. Останува простор за попрецизно дефинирање на димензиите на ентериерот; оптимален број на патници; оптималното поставување на седиштата, нивниот изглед и начинот на движење; типот на вратите и начинот на отворање; дополнителни елементи кои можат да бидат корисни за олеснување на влезот и излезот; поставувањето на дисплеите и дополнителните елементи за забава; како и препораки за интеракција со возилото, видот на визуелните, вербалните и тактилните начини на комуникација.



Слика 3-44. Карактеристики што треба да ги има инклузивното АВ за лесно влегување: широк отвор на вратата, спуштен под и рампа на преклопување (извор: Allu et al. 2017)

Слика 3-45. Можни позиции на седење во инклузивно АВ за сместување на лица во количка (извор: Allu et al. 2017)

Табела 3-2. Различни видови попречености и соодветните начини на комуникација (адаптирано од Allu et al. 2017)

Вид на попреченост	Влезна информација			Излезна информација		
	Визуелна	Вербална	Тактилна	Визуелна	Вербална	Тактилна
Без попреченост						
Оштетен вид						
Оштетен слух						
Оштетен говор						
Попречно движење на горни екстремитети						
Оштетен вид и слух						

Оштетен вид и говор						
Оштетен вид и попречено движење на горни екстремитети						
Оштетен слух и говор						
Оштетен слух и попречено движење на горни екстремитети						
Оштетен говор и попречено движење на горни екстремитети						
Оштетен вид, слух и говор						
Оштетен слух, говор и попречено движење на горни екстремитети						

3.4.5 Инклузивен кориснички интерфејс на автономни возила

Дизајнирањето на инклузивен интерфејс е подеднакво важно како и дизајнирањето на инклузивниот внатрешен простор на возилото. Со цел комуникацијата возило-патник да биде успешна без оглед на биомеханичките, сензорните и когнитивните способности на патниците, треба да се почитуваат универзалните принципи на дизајнот и при развивањето на интерфејсот на возилото (Allu et al. 2017).

Повеќето информации достапни за патниците се во форма на визуелни знаци – графички знаци, светла во боја, ознаки на патиштата, печатени информации за јавен превоз итн. Лицата со оштетен вид имаат значително повеќе потешкотии при учество во сообраќајот во споредба со останатите лица (Harper and Green, 2000). Лицата со попречено движење и оштетен слух/говор можат да ги примат и разберат сите визуелни знаци. Информацискиот капацитет на видот е поголем отколку на аудицијата бидејќи оптичкиот нерв содржи над 1 милион влакна во споредба со аудитивниот нерв кој има само 30.000 влакна (Árni et al. 2016). Затоа, најпредизвикувачка задача е овозможување самостојно патување на лицата со оштетен вид. Претставниците од заедницата на слепи и слаб вид го изразуваат своето мислење за важноста на дизајнот на корисничкиот интерфејс во идните автономни возила. Сепак, тие ја споделуваат својата загриженост во врска со комуникацијата бидејќи, иако од нив нема да се бара да возат во автономните возила, тие сепак може да се чувствуваат вознемирени бидејќи голем дел од задачите во возилото бараат употреба на видот (како потврда на патеката, користење мапи и навигација или прилагодување на поставките за удобност) (Bayless и Davidson, 2019).

Затоа, користењето на посебен пристап за дизајнот на интерфејсот на возилото, со фокус на лицата со намален вид, е од клучно значење.

Лицата кои имаат потешкотии со видот се потпираат на другите сетила кога вршат каква било активност. Напредната технологија и развојот на уредите за замена на сетилата („sensory substitution devices“, „SSD“) и уредите за нагласување на сетилата („sensory augmentation devices“, „SAD“) имаат за цел да ги искористат нештетените сетила за да им овозможат на лицата со намален вид да ја искусат околината и да можат сами да се снајдат. Ваквите уреди за замена на сетилата се базираат на камери и сензори и користат методи со звук и вибрации за да комуницираат со корисниците. Некои примери вклучуваат: вибрирачки појаси за да се насочи лицето на правилен начин (Kärcher et al., 2012), „тактилни системи за замена на видот“ кои ја претвораат сликата снимена на камера во тактилна слика произведена од матрица на активатори, вообичаено поставени на грбот или градите (Lenay et al. 2003), или користење на паметни бели прачки кои комбинираат инфрацрвени светлечки „LED“ диоди, камери, „Bluetooth“ и софтвер кој ги конвертира податоците во гласовни пораки што лицето ги прима на „паметен“ телефон (Guerrero et al. 2012). Препораките за дизајнирање на ваков тип уреди вклучуваат: фокусирање на задачата, пренесување само критични информации, избегнување мешање со други перцептивни функции, мултимодалност и нудење на активна обука за користење. Уредите за нагласување на сетилата, од друга страна, имаат за цел да му помогнат на оштетеното сетило кога сè уште може да функционира до одреден степен. Овој концепт за подобрување на видот, слухот или допирот не е нов, па дури често се користи и за забава. За лицата со слаб вид, ваквите електронски уреди помагаат да се подобри видот, да се потенцираат сликите или да се следат движењата (Roberts, 2019).

Во контекст на создавање кориснички интерфејси за инклузивни автономни возила, овие принципи на замена и засилување се клучни при дизајнирање на мултимодалните начини на комуникација со патникот. Постојат многу препораки за развој на такви интерфејси кои ќе бидат разгледани, но прво е важно да се разјаснат најчестите типови на оштетувања на видот и како тие влијаат врз употребливоста на интерфејсите.

Според информациите во врска со слепило и оштетен вид на Светската здравствена организација („World Health Organization“, „WHO“), најмалку 2,2 милијарди луѓе имаат оштетен вид (WHO, 2021 година). Како што е дефинирано од „News Medical“, различни причини резултираат со различни манифестации на оштетување на видот и најчести предизвикувачи се глауком, мускулна дегенерација поврзана со возраста, катаракта и дијабетична ретинопатија (Mandal, 2019). Петте најчести категории на оштетувања на видот кои влијаат на употребата на екраните, како што е дефинирано од „World Wide Web Consortium“ („W3C“), се: визуелна острина (јасност) или заматување на видот, чувствителност на светлина, чувствителност на контраст, видно поле и вид на боја. (Allan et al. 2016). Лесното и сериозно заматување на видот резултира со најширокиот опсег специфични барања за кориснички интерфејси. Губењето на визуелната острина (јасност или острина на видот) може да биде во форма на заматен вид што предизвикува губење на фокусот, замагленост или отсјај во видното поле.

Најчестиот пристап за дизајнирање на кој било тип на инклузивен интерфејс, особено за лица со оштетен вид, е да се користи мултимодалност. Според истражувањата, оптималната комбинација за лицата со намален вид е користење на визуелни елементи во комбинација со тактилни знаци и аудитивни пораки (се претпочита женски глас) (Ferati et al. 2017).

Понатаму, со цел интерфејсот да биде едноставен и лесен за разбирање за лицата со намален вид, истражувањата предлагаат и минимална употреба на текст, заменувајќи го со графика за визуелни информации и глас кога е потребно (Nadeem, 2014). Поставувањето на визуелните елементи треба да биде во зоните на најудобно движење на главата. Како што беше претходно дискутирано, изворите наведуваат дека главата најудобно се движи нагоре и надолу во агол од 15 степени, а аглите до 30 степени припаѓаат во зоната на удобност (Bhise, 2012; Tilley, 1993; Macey and Wardle, 2008). Поставувањето на екраните на допир под агол до 30 степени овозможува лесно да се лоцираат и да се користат со брзи движења на очите без да се бараат остри и драстични движења на главата.

Содржината што се користи за екраните треба внимателно да се избере со соодветни нивоа на светлина, контрастни бои, соодветна големина, контраст помеѓу текстот и позадината, со изолирани приоритетни информации, елиминирање на непотребните украси и нередот (Shaheen и Niemeier, 2001). Darvishy и Hutter во нивниот труд во врска со препораките за избегнување на бариерите при користење на мобилни апликации од страна на постарите лица кои имаат намален вид предлагаат повеќе принципи за користената содржина во корисничките интерфејси (Darvishy и Hutter, 2017). Меѓу нив се: конзистентен распоред; елементи кои одговараат на менталните модели на корисникот; видливи и акустични повратни информации; самообјаснувачки елементи за навигација; елементи за навигација достапни во секое време (фиксна лента за навигација); минимален број на навигациски елементи; кратки реченици, едноставен јазик; активен говор (спротивен на пасивниот); апсолутен минимум од 12 pt како големина на фонот; слики релевантни за текстот; елементи на интеракција прикажани на начин што функцијата на елементот и начинот на кој тој функционира се очигледни за корисникот итн.

Други важни основи за инклузивност на корисничкиот интерфејс во однос на употребата на боја, контраст, структура и содржина се дадени во различни литературни извори ((Graham and Goncalves, 2017; Fulton, 2017; Hamill, 2018). Корисни детални упатства се дадени и од „W3C“ кои ги опишуваат потребите на луѓето со слаб вид во контекст на електронска содржина, алатки и технологии (Allan et al. 2016).

Овие листи се составени од минимални барања за дизајнирање на кориснички интерфејс за обезбедување пристапност за лицата со оштетен вид и вклучуваат: употреба на ограничени палети на бои; користење елементи кои содржат и текст и икони за целта да биде јасна; употреба на силен контраст помеѓу текстот и позадината (според „W3C“ (Allan et al. 2016), треба да постои најмалку 4,5:1 помеѓу текстот и неговата позадина, или 3:1 за поголем текст (24px или 29px задебелени букви)); јасна структура (еден од методите за оценување на визуелната јасност на корисничкиот интерфејс е да се користи

тест за замаглување (Hamill, 2018) што значи дека кога е заматена, структурата на информацијата сепак треба да биде јасна дури и кога текстот не може да се прочита); пополнети икони наместо икони со тенки линии; икони употребени самостојно без нивно поставување во форми кои ги опкружуваат за овозможување тие да бидат препознаени како силуети; доволен празен простор околу зоните на притискање; избегнување на декоративни фонтови итн.

Сите собрани информации обезбедуваат значајни насоки кои треба да се користат во дизајнерскиот процес на развој на инклузивен кориснички интерфејс на автономно возило.

3.5 Заклучок - систематизација на извлечените сознанија и генерирање на листи со принципи (препораки) за дизајнирање на ергономски и инклузивен ентериер на автономни возила и нивен кориснички интерфејс

Завршувањето на ФАЗА 1 (Слика 1-1) од ова истражување резултираше со (1) дефинирање на потребниот дизајнерски пристап (метод) за развојот на концепти за ентериерите на автономните возила и (2) дефинирање на основните принципи и правила на ергономија и инклузивност и нивно систематизирање. Анализирањето на резултатите од другите истражувања на оваа тема помогнаа да се разберат потребата, ограничувањата и можностите за подобрување.

Заклучоците од ФАЗА 1 резултираа со систематизација на принципите за ергономија и инклузивност како основа за дизајнирање на ентериери на автономни возила на начин на кој е предвидено да се предадат за користење на индустриските дизајнери преку дизајн-методологијата и информациската платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила, предложени во оваа докторска дисертација. Принципите се специфични насоки кои треба да се користат како минимални дизајн стандарди во процесот на креирање на автономни возила и тие се поделени во 2 категории: општи упатства за димензионирање на внатрешноста и компонентите со кои ентериерот е опремен (Табела 3-3); и упатства за дизајнирање на корисничкиот интерфејс со цел истиот да биде максимално инклузивен (Табела 3-4).

Табела 3-3. Систематизирани принципи за дизајнирање ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило

Карактеристика	Оптимални димензии и принципи	
Тип на возило	За споделено возење, 4 патници	
Меѓуоскино растојание	Мин. 3200 - 4000 mm	
Внатрешна ширина	Мин. 1600 - 2000 mm	
Вид на врата	Начин на отворање	Автоматско лизгање на страна
	Форма на отворот на вратата	Правоаголна форма
Димензии на врата	Ширина	Мин. 720 - 915 mm

	Висина	1400 mm
Рампа – начин на отворање	Расклопување од вратата или од подот	
Рампа – димензии	Ширина	760 mm
	Должина	132 mm
	Агол	10 °
Карактеристики на седиштата	Со опции за навалување на потпирачот за грб, прилагодување на висината на седиштето и висината на лумбалната потпора, транслаторно движење (напред-назад), ротирање (лево-десно) и опција за целосно склопување на седиштето за да се ослободи простор	
Димензии на седиштата	Ширина на седиштето	432 - 500 mm
	Длабочина на седиштето	450 - 500 mm
	Ширина на потпората за грб	456 - 483 mm
	Висина на потпората за грб	550 - 635 mm
	Висина на лумбалната потпора	150 - 300 mm (прилагодлива)
	Радиус на лумбалната потпора	250 - 400 mm
	Агол на потпората за грб	Најмалку 10 - 20° (до 60°)
	Дебелина на сунѓерот на седиштето	Мин. 70 mm
	Густина на сунѓерот на седиштето	30 kg/m ³ (со дополнителни перничии во зоната на контакт со бутите)
	Прилагодување на позицијата	112 mm вертикално 178 mm хоризонтално
Движење на седиштето	Транслација	800 - 1000 mm
	Ротација	15°
Безбедносно фиксирање	Појас со 3 точки инкорпориран во самото седиште Дополнителен безбедносен појас за секоја патничка позиција и систем за безбедносно фиксирање на инвалидска количка	
Дополнителни елементи за удобно возење	Странични потпирачи за раце поставени на височина од 200 mm од седиштата со можност за кревање нагоре и надолу Опции за поделба на индивидуалните простори на патниците Мала маса што се расклопува позиционирана на растојание од 300 - 325 mm од точката „SgRP“ и на висина од 100 mm од централната линија на бутната коска на патниците	

Табела 3-4. Систематизирани принципи за дизајнирање ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило

Карактеристика	Оптимални димензии и принципи	
Тип на контролни уреди	Екрани на допир и екрани во висина на очи („head-up-display“, „HUD“)	
Позиционирање на контролните уреди	<p>Таблети со опција за поврзување на личниот паметен телефон позиционирани почнувајќи од 208 mm странично од средишната линија на патникот во седечка положба и не поставени подалеку од таа позиција со дополнителни 127 mm (средишна линија + 335 mm)</p> <p>Екран во висина на очи каде се проектирани информации во централната линија на видното поле, на височина од околу 700 - 800 mm од седиштето со информации прикажани не под и не над максималниот комфорен агол на видливост од 30 °</p>	
Содржина на пораките	<p>Квалитет – споделување само вистинити податоци</p> <p>Квантитет – не споделување повеќе или помалку од она што е потребно</p> <p>Релевантност – сите споделени информации мора да се релевантни</p> <p>Начин – брза и јасна комуникација без одолговлекување</p> <p>Споделување информации според приоритетот, фокусот на патникот и крајната цел на патникот</p> <p>Лимитиран број на интеракции за да се постигне ефикасност</p>	
Употреба на мултимодалност	Визуелна комуникација	Приказ на информации на таблет и „HUD“
	Звучна комуникација	Гласовна контрола Личен асистент
	Тактилна комуникација	Вибрации на седиштата за сигнализирање
Визуелни елементи	Боја и контраст	<p>Употреба на боја за споделување на порака (на пример: црвена – стоп, портокалова – предупредување, жолта – внимание, зелена – безбедност, сина – информации)</p> <p>Употреба на темни и светли комбинации на бои за да се постигне контраст</p> <p>Употреба на комплементарни бои наместо соседните бои од тркалото на бои</p> <p>Употреба на силен контраст помеѓу позадината и текстот – најмалку 4.5:1 (AAA), или 3:1 (AA) за текст со големина на фонот 24px или 29px со задебелени букви</p> <p>Предлог комбинации на бои со AAA контраст:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ #18183f & #25c34a ○ #39f491 & #470655 ○ #73f0ad & #080bb0 ○ #55f72f & #162d95 ○ #e2f636 & #3c1a57 ○ #b3d5de & #322d12 ○ #04b285 & #160e0a <p>Употреба на различни шеми и текстури за да се постигне контраст</p>

	<p>Макс. број на употребени бои – 2 to 3 (или нијанси од една боја)</p> <p>Без употреба на зелено-црвени или сино-жолти комбинации на бои</p> <p>Споделување пораки не само преку боја, туку и во комбинација со текст, симболи и евентуално звуци</p> <p>Достапност на целата графиката и во монохроматска варијанта</p>
Структура	<p>Употреба на ГештALT принципи</p> <p>Конзистентен распоред</p> <p>Распоред што одговара на менталните модели на корисниците (функции на очекувани локации)</p> <p>Јасно поделен распоред во секции кои се видливо одвоени – мени, мапа, копчиња, хедер, футер итн.</p> <p>Централно позиционирање на најважните податоци</p> <p>Секогаш достапен прозорец со навигација</p> <p>Јасно дефинирани зони за допир (копчиња) кои самите индицираат за тоа како се наменети да се користат – преку соодветно обликување и бојење</p> <p>Обезбедување доволно простор околу зоните на допир (копчињата) – мин. 20px – 30px за широки копчиња (на пример: 500x100px на 10-инчен таблет со резолуција 1920*1200 Full HD)</p> <p>Употреба на тест со заматена слика (мин. 25% со помош на симулатор за оштетен вид на „Cambridge“) за да се провери дали содржината и позиционирањето на елементите се јасни – позициите на најважните информации, копчињата за старт/стоп, мапата, менито, копчиња за избор, сигналите за успех/грешка, предупредувачките пораки итн.</p>
Графички елементи	<p>Употреба на комбинација на текст-симбол-облик-боја за пренесување на пораки</p> <p>Употреба на универзални симболи (на пример: извичник – опасност / предупредување, лева стрелка – назад, десна стрелка – напред / клик, катанец – заклучено, буква „i“ – информации, рака – стоп, итн.)</p> <p>Употреба на исполнети икони (симболи) наместо празни со контура</p> <p>Употреба на иконите како самостојни елементи без да се ставаат во друга форма (круг, квадрат, триаголник, итн.)</p> <p>Мин. димензија на иконите и симболите 50x50px (на 10-инчен таблет со резолуција 1920*1200 Full HD)</p> <p>Употреба на слики релевантни на текстот</p> <p>Без употреба на графички елементи кои се само декоративни, а не функционални</p> <p>Ограничен број на навигациски елементи – една мапа</p> <p>Димензија на мапа – барам половина од екранот кога опцијата НАВИГАЦИЈА е селектирана, или мин. 280x280px (на 10-инчен таблет со резолуција 1920*1200 Full HD)</p>

	<p>Мин. димензија на копчиња 100x100px</p> <p>Препорачана димензија на дел од копчињата (на 10-инчен таблет со резолуција 1920*1200 Full HD):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Копчиња за избор/интеракција 600x100px ○ Копчиња за старт на патувањето или промена на рутата 340x100px ○ Копчиња од менито (НАВИГАЦИЈА, КОМФОР, ЗАБАВА, итн.) 640x100px ○ Копчиња од менито во помала варијанта 145x100px ○ Копче НАЗАД 225x100px ○ Копчиња за избор (ДА, НЕ) 270x100px ○ Копчиња за оценка 100x100px
Текст	<p>Еден фонт</p> <p>„Sans-serif“ тип на фонт</p> <p>Не-декоративен фонт</p> <p>Препорачани фонтови:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Roboto ○ Calibri ○ Arial <p>Мин. големина на фонт 12pt</p> <p>Препорачани големина за текст: 72pt, 64pt, 54pt, 48pt, и 36pt (36pt со ограничена употреба)</p> <p>Препорачана висина на карактерите во однос на растојанието на гледање: растојание 35 cm – висина 22 mm, растојание 70 cm – висина 50 mm, растојание 1 m – висина 70 mm, растојание 1.5 m – висина 70 mm</p> <p>Потребниот сооднос помеѓу дебелината на контурите и висината на карактерите е помеѓу 1:8 и 1:6 за црни букви на бела позадина и помеѓу 1:10 и 1:8 за бели букви на црна позадина</p> <p>Потребниот сооднос помеѓу ширината и висината на карактерите е 3:5</p> <p>Препорачаното мин. растојание помеѓу карактерите е ширина на една контура</p> <p>Препорачаното растојание помеѓу зборовите е ширината на еден карактер</p> <p>Употреба на универзални зборови</p> <p>Употреба на краток текст во активен говор</p> <p>Употреба на текстуални алтернативи за сликите (кои ја опишуваат суштината на сликата, а не само нејзината содржина), за лица кои користат читачи на екрани</p> <p>Приказ на сите линкови на вообичаен начин – привлечени</p>
Звучна комуникација	<p>Употреба на јачина на звукот соодветна на ургентноста на пораката</p> <p>Употреба на звуци за известување кои се кратки и јасни</p>

	<p>Употреба на минимални амбиентални звуци (речиси незабележливи) за да се избегнат забуни</p> <p>Употреба на звучни сигнали најмалку 10 dB погласни од звуците на околината</p> <p>Фреквенцијата на звучните сигнали оптимално треба да биде меѓу 500 и 1500 Hz</p> <p>Употреба на женски глас за гласовна комуникација (личен асистент)</p> <p>Употреба на опции за прилагодување на јачината на звукот кога се користи гласовна комуникација</p>
Тактилна комуникација	<p>Употреба на вибрации со јачина соодветна на итноста на пораката</p> <p>Употреба на вибрации само за ограничени повратни информации, не за сите пораки</p> <p>Употреба на вибрации само во случај на неочекувани настани</p>

4. СОБИРАЊЕ ИНФОРМАЦИИ ЗА ПОТРЕБИТЕ ПРИ ПРЕВОЗ НА ЛИЦАТА СО ПОПРЕЧЕНОСТИ

Во ФАЗА 2 (Слика 1-1) е извршено етнографско истражување со цел да се соберат повеќе информации од лицата со различни типови попреченост во врска со нивните искуства при користење личен или јавен превоз. Оваа фаза од истражувањето е исклучително важна заради реално согледување на проблемите на овие лица во врска со превозот, а со тоа и попрецизно дефинирање на нивните потреби и барања.

Спроведеното етнографското истражување, опишано во ова поглавје, се состои од:

- Дефинирање на целна група на испитаници
- Оформување на листа со потребни информации и креирање на прашалник од отворен и затворен тип
- Спроведување на прашалникот
- Презентација на резултатите, коментари и дискусија
- Заклучок од етнографското истражување - Систематизација на извлечените сознанија и генерирање на листа со барања на корисниците

Заклучоците од ФАЗА 2 резултираа со систематизација на барањата на корисниците во контекст на употреба на автономни возила на начин на кој е предвидено да се предадат за користење на индустриските дизајнери преку дизајн-методологијата и дизајн-алатката (информациска платформа), предложени во оваа докторска дисертација.

4.1 Испитаници

Според истражувањата на Краус (Kraus et al. 2017) сегментациите на попречености ги вклучуваат следните главни категории:

- (1) Оштетен вид (намален вид или слепило);
- (2) Оштетен слух (намален или целосно оштетен слух);
- (3) Когнитивни попречености (потешкотии со помнење, концентрирање или донесување одлуки поради физички, ментален или емоционален проблем);
- (4) Попречено движење (неможност за самостојно движење или намалена мобилност); и
- (5) Неможност за самостојно живеење и нега.

Во оваа докторска дисертација беше одлучено фокусот да биде ставен на лица кои спаѓаат во категориите 1, 2 и 4. Според официјалната меѓународна статистичка класификација на болести и поврзани здравствени проблеми и официјалниот шифрарник на дијагнози на болести по МКБ-10 класификацијата (Национален центар за здравствена класификација, 2006), се опфатени:

- Болести на нервниот систем – Церебрална парализа и други паралитични синдроми (G80-G83)
 - G80 – Церебрална парализа
 - G81 – Хемиплегија

- G82 – Параплегија, квадриплегија и тетраплегија
- G83 – Други паралитични синдроми
- Болести на окото и аднексите – Нарушувања на видот и слепило (H53-H54)
 - H53 – Нарушувања на видот
 - H54 – Нарушувања на видот и слаб вид
- Болести на ушите и мастоидниот процес – Други заболувања на увото (H90-H91)
 - H90 - Кондуктивно и сензонеурално губење на слухот
 - H91 – Друго губење на слухот (вклучува глувонемост)

Покрај овие состојби не беа исклучени полесни мускуло-скелетни нарушувања, намалени мускуло-скелетни способности и намалени рефлекси поради замор и старост. Дополнително, не беа исклучени и полесни моментални повреди настанати од надворешни причини кои предизвикуваат потешкотии во самостојното и слободно движење.

Во оваа етнографска студија се вклучени лица од наведените категории. Поголем број здруженија на лица со попречености од Македонија помогнаа да се обезбедат доволен број испитаници со различни видови попречености: Здружение на Слепи и Лица со Оштетен Вид – Скопје, Полио Плус, Инклузива, Црвен Крст и др.

4.2 Оформување на анкетниот прашалник

Со цел да се креира корисен прашалник беше неопходно најпрво да се оформи листа на сите информации неопходни за истражувањето, кои треба да се стекнат преку анкетирање на лицата со попречености. Беше заклучено дека тие се однесуваат главно на:

- нивното лично искуство при употреба на јавен превоз;
- главните ограничувања со кои се соочуваат при употреба на средства за транспорт;
- нивните согледувања во однос на можностите за надминување на тие ограничувања;
- конкретни проблеми со дизајнот на возилата за кои забележале дека ја намалуваат инклузивноста;
- нивниот интерес за користење автономни возила; и
- нивните лични идеи за дизајнирањето на автономните возила со цел тие да можат да ги задоволат нивните потреби и да им помогнат да постигнат поголема независност во секојдневниот живот.

Врз основа на листата на неопходни информации беше оформен структуриран и полуструктуриран анкетен прашалник (прашањата се дадени во Прилог 1).

Анкетата беше спроведена во декември 2020 година со примена на електронска комуникација со испитаници од здруженијата за лица со попреченост. Сите собрани одговори се презентирани во Прилог 1, а се елаборирани во следното потпоглавје.

4.3 Резултати и дискусија

На анкетниот прашалник одговорија вкупно 70 испитаници од кои 38,6% се жени и 61,4% мажи. Од вкупниот број на испитаници, 34,3% се на возраст од 25 до 34 години, 24,3% се на возраст од 35 до 44 години, 18,6% се на возраст од 45 до 54 години, а останатите проценти од испитаниците се постари од 55 години и помлади од 24 (18 – 24 години).

Анкетата ја одговорија лица со различни попречености, и тоа:

- оштетување на долните екстремитети (34 испитаници);
- мускулна слабост и намалени рефлекси (20 испитаници);
- оштетувања на горните екстремитети (6 испитаници);
- оштетување на видот (12 испитаници); и
- оштетување на слухот (5 испитаници).

Средствата за помош што ги користат лицата со попреченост во движењето се претежно инвалидски колички (стандардни и електрични), скутери, бастуни, патерици, а околу 20 испитаници изјавија дека не користат помагало.

Испитаниците одговорија дека најчесто користат јавен превоз – 45,7% од испитаниците користат јавен превоз секој ден, а 24,3% неколку пати неделно и нивните патувања обично траат околу 15 – 30 минути. Најчесто користени начини на превоз од страна на испитаниците се автобуси – 37,1% и такси – 28,6%.

На прашањето да ја оценат удобноста на патувањето со најчесто користените средства за транспорт, автобус и такси, испитаниците одговорија со ниски оценки потврдувајќи го фактот дека има проблеми во дизајнот на средствата за јавен превоз што ги прави недостапни. Удобноста при патување со автобус доби оценка 1 (на скала од 1-5, 1 е најниска и 5 е највисока) од 27 испитаници или 38,6% од вкупните одговори и оценка 2 од 17 испитаници или 24,3 % од испитаниците. Тоа значи дека повеќе од 60% од испитаниците се незадоволни од користењето на автобусот иако мораат најчесто да го користат. Патувањето со такси беше оценето како малку поудобно во споредба со автобусот, но повеќето оценки сепак се ниски, повеќе од 50% од испитаниците го оценија таксито со оценки 1, 2 и 3.

Од испитаниците беше побарано да ги елаборираат причините за толку ниските оценки и како одговор наведоа некои од ограничувањата и тешкотиите со кои се соочуваат при користење на јавниот превоз (Прилог 1).

Следните прашања во анкетата се однесуваа на користење на лично возило. Половина од испитаниците одговорија дека поседуваат и користат лично возило, а другата половина одговорија дека немаат лично возило. Околу половина од испитаниците кои поседуваат лично возило одговорија дека го користат како патници, но другата половина (51,4%) дека можат да го користат возилото како возачи. Дека повеќето од овие возила немаат никакви модификации, одговорија 71,4% од испитаниците. Останатите 28,6% од испитаниците кои одговорија дека нивното возило

има модификации објаснија дека модификациите вклучуваат вградување на рачни контроли за управување со возилото кои се замена за педалите за гас и сопирачките. Оваа структурна модификација ги чинела испитаниците околу 200-500 евра.

Овие одговори се показател дека голем дел од лицата со попреченост не поседуваат и не користат лично возило. Оние кои имаат достапно лично возило за користење сè уште не можат самостојно да го возат и се потпираат на друго лице за да биде возач. Дополнително, лицата кои поседуваат лично возило немаат направено никакви измени, што значи дека не е целосно инклузивно и не одговара на нивните потреби. Само неколку од испитаниците направиле некои модификации и можат самостојно да го користат личното возило. На прашањето што чувствуваат дека недостасува во нивните лични возила за да се приспособат на нивните барања, испитаниците одговорија со многу конкретни идеи кои можат да се искористат за дизајнирање на инклузивно автономно возило (Прилог 1).

На прашањето дали можеби се заинтересирани да користат автономно возило (со дадено објаснување за тоа што е истото) повеќе од 60% од испитаниците одговорија позитивно. Покрај тоа, повеќето од нив одговорија дека веруваат дека ќе се чувствуваат безбедно додека се возат во самоуправувачки автомобил. Овие одговори се совпаѓаат со одговорите од други слични истражувања на оваа тема, анализирани претходно од литературни извори, што укажуваат дека лицата со попреченост, всушност, најверојатно ќе бидат меѓу првите усвојувачи на автономните возила и дека напорите за создавање инклузивни автономни возила ќе бидат од големо значење за нив. Беше вклучено и дополнително прашање со кое од испитаниците беше побарано да изберат елементи и карактеристики што би сакале да ги поседува едно автономно возило. Одговорите се корисни за одредување на карактеристиките на возилата што лицата со попреченост ги чувствуваат како најважни за нив (Прилог 1).

Дополнително беа поставени прашања поврзани со познавањето и искуството во користењето на апликации на паметен уред, користењето на „GPS“ системи и виртуелни лични асистенти. Одговорите на овие прашања беа од голема корист за да се утврди дали вградувањето на такви системи во едно автономно возило може да биде корисно или ќе ги збунат корисниците со попречености. Одговорите на сите овие прашања беа позитивни, што укажува дека на лицата со попреченост им е удобно да користат паметни уреди, апликации и гласовна контрола и истите би требало да бидат вклучени во автономните возила.

На крајот од истражувањето, испитаниците беа прашани колку самостојното патување им е важно и колку веруваат дека може да го подобри нивниот секојдневен живот. Скоро сите испитаници одговорија дека чувствуваат дека самостојното патување може да им помогне да бидат независни и значително да го подобри нивниот живот. Ова е уште една силна страна која ја потврдува важноста за развој на инклузивни автономни возила.

4.4 Заклучок од етнографското истражување - систематизација на извлечените сознанија и генерирање на листа со барања на корисниците

Етнографското истражување даде значителен увид во потребите на лицата со попреченост поврзани со транспортот и дизајнот на возилата. Заклучоците беа систематизирани и претставени табеларно (Табела 4-1). Врз основа на одговорите на прашалникот од страна на испитаниците некои од главните ограничувања и можните решенија за нив се извлечени во вид на дополнителна листа на барања на лицата со попреченост како корисници на автономни возила. Вака дефинираните кориснички барања се составен дел од предложениот дизајн-метод и излез од категоријата на информации „барања на корисниците“ од информациската платформа за дизајн на инклузивни и ергономски ентериери на автономни возила.

Табела 4-1. Листа на кориснички барања во врска со дизајнот на инклузивно автономно возило

Ограничување	Решение (барање)
Проблеми при влез/излез	Странична електрична рампа Дополнителни рачки во близина на вратите Пошироки отвори на вратите Лизгачки врати Низок под
Проблеми при сместување и седнување	Широк внатрешен простор за слободно движење и полесно сместување Слободен простор во зоната на нозете Седишта кои се склопуваат Багажен простор предвиден за складирање на помошните уреди Ограничен број на патници Почеток на патувањето само откако сите патници се сместени Системи за безбедносно фиксирање
Проблеми за време на возењето поради неможност да се идентификуваат моменталните локации, моментот на почеток/крај на возењето итн.	Употреба на звучни сигнали за: <ul style="list-style-type: none"> ○ Пристигнување на одредена локација ○ Отворање на вратите ○ Затворање на вратите ○ Почеток на патувањето ○ Пристигнување на различни станици во текот на патувањето ○ Застанување или промена на патувањето поради надворешни фактори ○ Завршување на патувањето

5. ПРЕДЛОГ ИНФОРМАЦИСКА ПЛАТФОРМА ЗА ДИЗАЈН НА ЕРГОНОМСКИ И ИНКЛУЗИВНИ ЕНТЕРИЕРИ НА АВТОНОМНИ ВОЗИЛА

Извршените истражувања во првите две фази од овој докторски труд покажаа дека дизајнот на ентериери на возила, чија цел е инклузивност за лица со попреченост, е многу комплексна задача која вклучува огромен број интердисциплинарни информации (ергономски и безбедносни стандарди, регулативи, ергономски препораки, антропометриски податоци, принципи на инклузивност, барања на различните категории корисници итн.).

Со оглед на фактот дека современите возила веќе поседуваат голем степен на автоматизација, која постојано се унапредува и се очекува да доведе до потполна автономност на возилата, се подразбира дека секојдневно се појавуваат нови информации во сите претходно спомнати домени. За една компанија која произведува возила овие информации се неопходни за секој поединечен процес на дизајнирање на нов модел, но и за понатамошен развој на оние кои се веќе во процес на производство. Тоа подразбира постепено унапредување на влезните информации од разни причини: подобрени стандарди, појава на понови технолошки иновации, појава на нови медицински сознанија и препораки, па се до промена на естетските карактеристики поради променети модни трендови. Токму затоа, сите овие информации треба да бидат добро систематизирани, лесно достапни за унапредување и за членовите на тимот за развој на возилото, во секое време.

Имајќи ги во предвид сите претходно извршени истражувања, заклучено е дека во процесот на дизајнирање на едно возило неопходна е систематизација и следење на сите потребни информации, со цел да бидат континуирано ажурирани и достапни до индустриските дизајнери и до сите останати членови на тимот. Во овој докторски труд понудена е токму методологија за дизајнирање ентериери на инклузивни автономни возила која се потпира на систематизација на сите неопходни информации за процесот на дизајнирање, особено поради потребата за поголемо вклучување на ергономските и инклузивните принципи. Оваа методологија е креирана со примена на принципите на Инженерство на системите. Дополнително, како алатка за поддршка на процесот на дизајнирање ентериери на инклузивни автономни возила, креиран е концепт на информациска платформа за систематизација и следење на сите информации.

Во ова поглавје е опишана ФАЗА 3 (Слика 1-1) од истражувачкиот процес, односно процесот на развој на спомнатата методологија и информациската платформа за помош во процесот на дизајнирање, преку следните содржини:

- Опис на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“
- Дефинирање на хиерархија на системот и функционална анализа
- Оформување на концепт на информациска платформа за примена на предложената дизајн методологија

- Опис на примената на информациската платформа преку дијаграм на активности, кориснички сценарија и примери
- Илустрирање на предлог интерфејс за информациската платформа
- Објаснување на предностите на предложената информациска платформа за ергономски и инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила

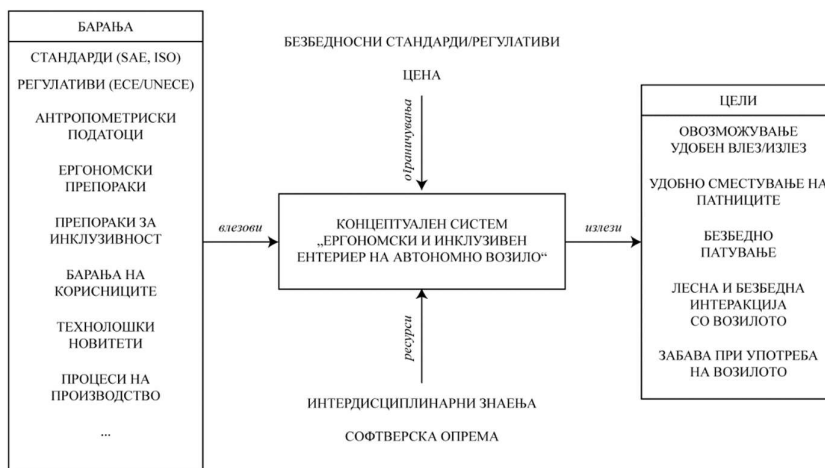
5.2 Опис на концептуалниот систем „ ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“

Дефинирањето на системот според неговите карактеристики е од големо значење за разбирање на сите негови спецификации, дефинирање на целите (излези), барањата (влезови) и сите ограничувања кои треба да се имаат предвид. Фокусот на ова истражување е развивање методологија за дизајнирање ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила и помошна информациска платформа, како дел од методологијата, која го помага процесот на развој на концептни решенија, па затоа концептуалниот систем што треба да се разбере е – „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“. Бидејќи целта е да се обезбеди соодветна алатка (информациска платформа) која го поддржува процесот на дизајнирање, системот е анализиран како концептуален системски модел кој е резултат на собраните информации во подготвителните фази, дефинирните идеи, планови и концепти. Концептуалниот систем е всушност дел од првата фаза од пристапот „од врвот надолу“ од „V-моделот“ што се применува во стадиумите на прелиминарно дизајнирање на системот, како што е објаснето во Глава 2 (Слика 2-1). Вака опишаниот концептуален систем понатаму води кон развој на физички систем, односно модел. Фазите на кој припаѓа ваквиот систем, односно домените на фокус, анализирани низ призмата на дизајнерски принципи на авторот Suh (Suh, 1998), се доменот на потрошувачите и функционалниот домен, како и физичкиот домен од аспект на генерирање на концепти за системските компоненти и доменот на процеси од аспект на земање предвид на расположливите процеси на производство/изработка.

Според категориите на системи (Blanchard и Blyler, 2016), системот елабориран во ова истражување е класифициран како динамичен систем кој ги комбинира функционалностите на компонентите преку динамични активности. Овие компоненти се всушност потсистеми, што значи дека системот е дефиниран и како т.н. „систем на системи“ („system of systems“, „SoS“). Дополнително, системот е со отворен циклус, бидејќи треба да прима и разменува информации и да реагира на промена на влезните податоци (барања), што значи дека е под постојано влијание на надворешни фактори. Како што беше елаборирано низ претходните поглавја, концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ треба да се заснова на податоци од повеќе извори меѓу кои спаѓаат: стандардите, прописите и регулативите, антропометриските податоци, ергономските препораки, препораките за инклузивност, технолошки новитети, мислењата и барањата на корисниците, производствени процеси, итн. Овие влезови се барања кои треба да бидат вклучени од раните фази на дизајнирање за да ги остварат основните системските цели (излези):

- овозможување удобен влез и излез;
- удобно сместување на патниците;
- безбедно патување;
- лесна и безбедна интеракција со возилото (размена на информации без забуна); и
- забава при употреба на возилото.

Спецификациите на концептуалниот систем се илустрирани на Слика 5-1.



Слика 5-1. Спецификации на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“

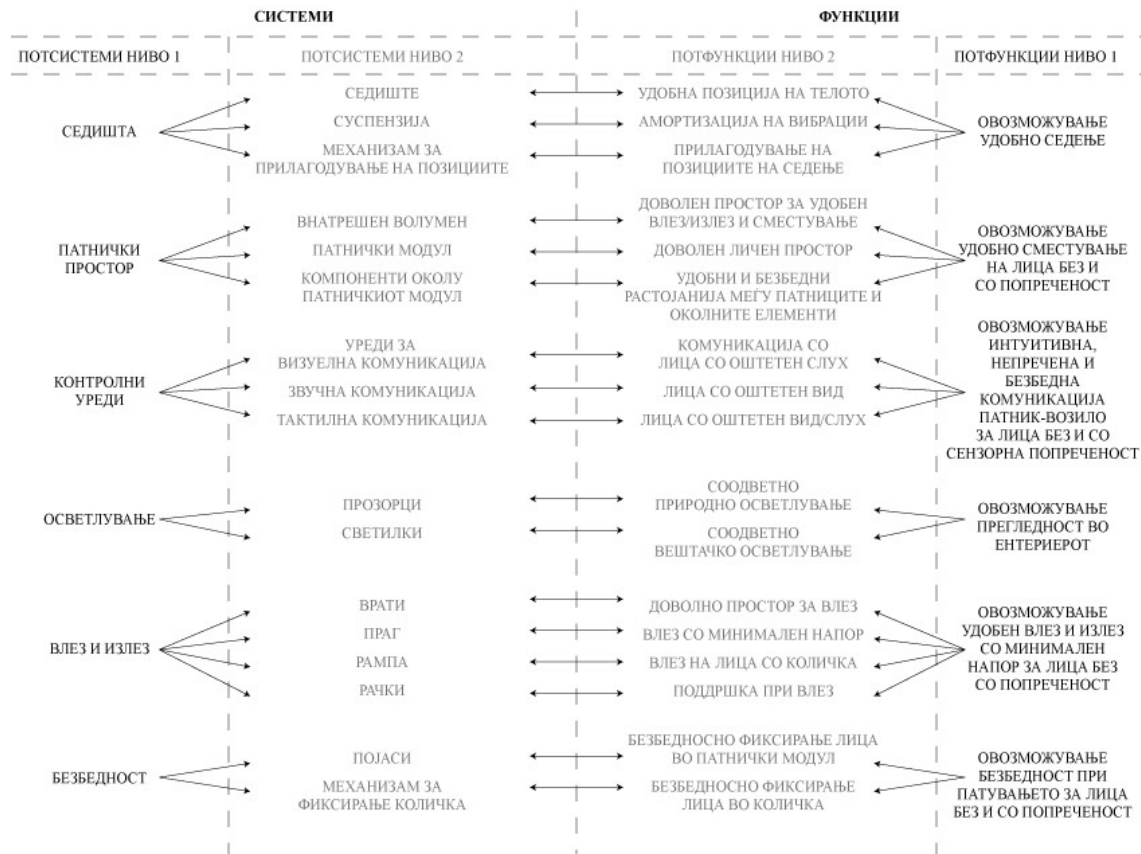
5.3 Хиерархија на системот и функционална градба

Со цел попрецизно да се дефинира системот и сите функции кои тој треба да ги извршува за да ги оствари целите, направена е функционална анализа и опис на функционалната градба на системот. Функционалната градба помогна да се увидат системските потсистеми на различни нивоа кои треба да ги извршуваат овие функции. „Ергономскиот и инклузивен ентериер на автономно возило“ е претставен како систем, составен од други системи на различни хиерархиски нивоа, кои, во нивната основа, се составени од единечни елементи. Издвоените потсистеми се оние кои ги следат претходно дефинираните барања (влезови) за истите да ги исполнуваат своите функции во корист на дефинираните цели (излези). Преку разгранувањето на сите овие системи, потсистеми и елементи сите нивни функционалности станаа појасни и попрегледни. Оваа претстава помогна да се идентификуваат:

- потребните барања кои се влезови во системот;
- функциите и потфункциите кои системот треба да ги извршува за да ги оствари целите;
- компонентите (конструктивни параметри) кои се потребни за да се задоволат дадените функции;
- начинот на кој компонентите и функциите се под влијание на барањата (влезови);

- карактеристиките кои е потребно да бидат дефинирани за компонентите (кои се под влијание на барањата) за успешно да се остварат функциите и да се задоволат барањата.

Функционалната анализа на системот и разработката на системската хиерарија се прикажани на Слика 5-2.



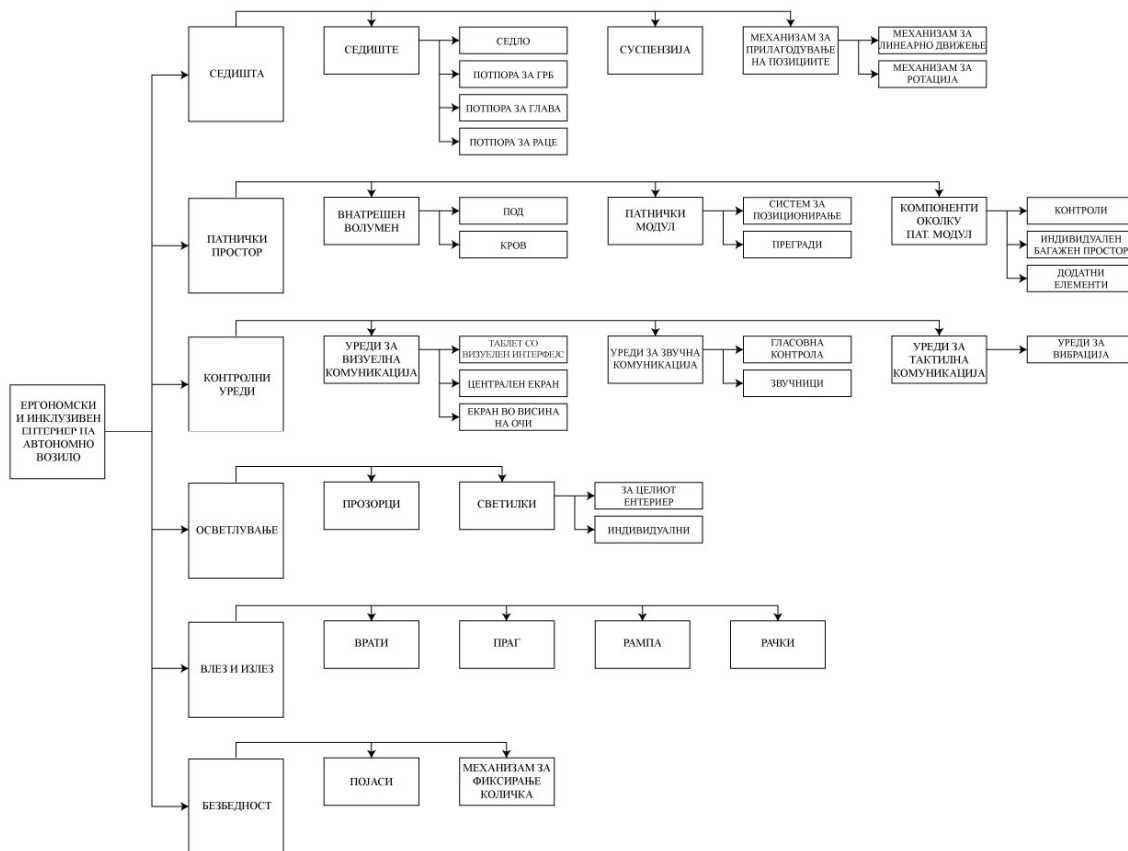
Слика 5-2. Функционална анализа и системска хиерарија на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“

Целта беше да се добие независно решение, односно независна хиерархиска структура на концептуалниот систем каде секоја дефинирана функција може да биде задоволена со посебен системски елемент, на начин како што е дефинирано со Аксиома 1 од аксиоматскиот метод на Suh (Suh, 1998). Независноста објаснета преку математичкото претставување на Аксиома 1 значи дека конструктивната матрица $\{A\}$ која ги прикажува релациите помеѓу функциите (функционални барања, ФБ) и системските елементи (конструктивни параметри, КП) е дијагонална и за секое барање има предвидено соодветен конструктивен параметар (Рав. 1).

$$\begin{Bmatrix} (\text{ФБ})_1 \\ \dots \\ (\text{ФБ})_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} (\text{КП})_1 \\ \dots \\ (\text{КП})_n \end{Bmatrix} \quad (1)$$

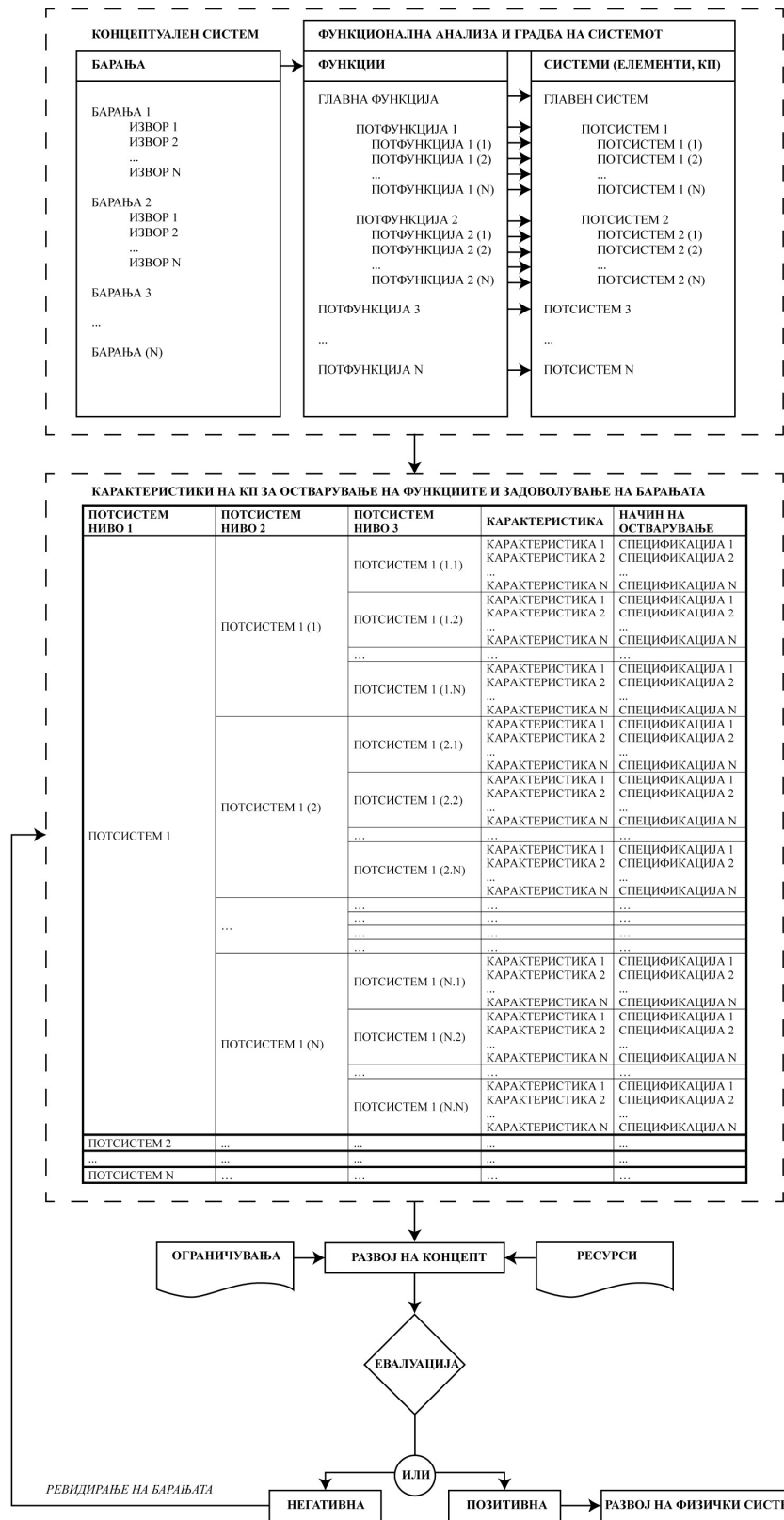
Ваквиот метод на дефинирање на конструктивните параметри на концептуалниот систем помогна да се добие едноставна и јасно дефинирана системска хиерархија на потсистемите на различни нивоа. Хиерархиското оформување на системот беше потребно како основа за креирање на информациската платформа поради важноста (1) да постојат прецизно дефинирани системски елементи кои се од значење за индустриските дизајнери и треба да се земат предвид во подготвителните фази од процесот на дизајнирање и при генерирањето на концепти и (2) да постојат релации помеѓу системските елементи од типот „родител-наследник“ за да се овозможи олеснето пребарување на потребните информации.

Добиената системска хиерархија е прикажана на Слика 5-3. Главниот систем е поделен на 6 потсистеми на ниво 1 кои се директно поврзани со главните функции. Секој од потсистемите на ниво 1 потоа е поделен во свои потсистеми на ниво 2, а за дел од овие потсистеми направено е дополнително разгранување на потсистеми на ниво 3. Разгранувањето е направено без поголемо ниво на поделби поради концептуалната природа на системот и издвојување на главните елементи кои ги засегаат индустриските дизајнери при изработка на концептни решенија.



Слика 5-3. Хиерархија на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ – издвојување на главните потсистеми потребни за индустриските дизајнери во процесот на генерирање концепти

Надворешните и постојано променливи барања (влезови) се неопходни за дефинирање на карактеристиките на потсистемите (системските елементи или конструктивни параметри) што е почетна точка во развој на дизајнерски концепти (Слика 5-4). Овој пристап на користење на информации од влезовите во системот за дефинирање на карактеристиките на системските елементи и нивна примена за градење на концептуални решенија е всушност основа на предложената методологија за дизајнирање ентериери на автономни возила.



Слика 5-4. Предлог методологија за дефинирање на системската хиерархија, спроведување на функционална анализа, дефинирање на потребните карактеристики на системот и нивна употреба во процесот на развој на концептот

Карактеристиките на сите дефинирани потсистеми (конструктивни параметри) на концептуалниот систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ се под влијание на барања (влезови) кои произлегуваат од многубројни области, а како најрелевантни за процесот на дизајнирање ергономски и инклузивен ентериер се избрани следните:

- (1) Барања на корисниците;
- (2) Антропометриски податоци;
- (3) Ергономски препораки;
- (4) Препораки за инклузивност;
- (5) Стандарди;
- (6) Регулативи;
- (7) Технолошки новитети;
- (8) Процеси на производство и новитети.

Селектирани информации од сите наведени категории на влезови можат да влијаат врз дефинирањето на карактеристиките на сите потсистеми во хиерархијата. Зависноста е силна и поради тој факт се јавуваат потешкотии во процесот на пребарување информации, нивно селектирање, зачувување и соодветно применување и комбинирање. Токму од тие причини, во оваа дисертација е даден предлог за информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила која има цел да овозможи полесно менаџирање со богатите податоци и нивна едноставна и прецизна примена.

5.4 Концепт на информациска платформа за примена на предложената методологија

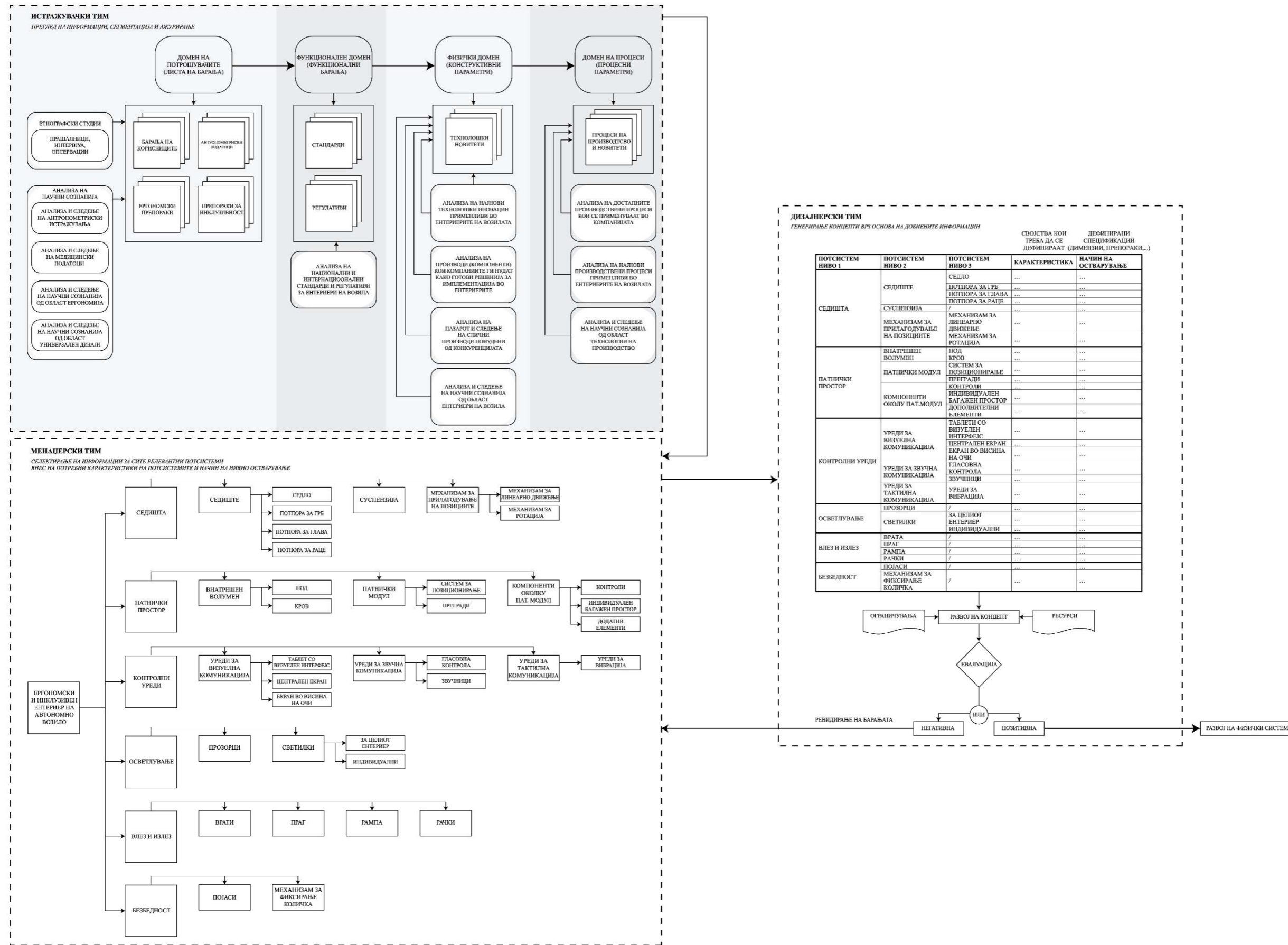
Врз основа на дефинираната хиерархија на системот „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ креиран е концепт на алатка за помош во процесот на дизајнирање, во вид на информациска платформа со богата база на податоци.

Предложената информациска платформа дефинира систем на променливи информации вградени во база на податоци, организирани во форма на прецизни податоци кои треба да се следат при дизајнирање на ентериерот на возилата. Оваа база е воспоставена како динамичен систем на податоци, со можност за континуирано ажурирање, следење и документирање на сите тековни промени на влезните информации од различните интердисциплинарни полиња, кои имаат директно влијание врз процесот на дизајнирање. За да се постигне оваа цел, моделот за предложената информациска платформа е развиен врз база на системската хиерархија и анализата на системите и потсистемите на презентираниот концептуален систем „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“.

Предложената платформа е наменета за помош во процесот на дизајнирање за истражувачките и развојни тимови на производот, конкретно ентериер на автономно возило. Овој тим е составен од три тимови со различни ингеренции: истражувачки тим, менаџерски тим и дизајнерски тим. Целта на платформата е да ги извршува следните главни функции:

- **Складирање на сите потребни променливи информации** (барања), категоризирани според четирите домени на развој на системот: доменот на потрошувачи, функционалниот домен, физичкиот домен и доменот на процеси.
- **Сегментација на информациите од секој домен според областа на која припаѓаат:** барања на корисниците, антропометриски податоци, ергономски препораки, препораки за инклузивност, стандарди, регулативи, технолошки новитети, процеси на производство.
- **Континуирано ажурирање на информациите од сите области,** сместени во базата на податоци, од страна на членови на истражувачкиот тим. Овој тим составен од експерти од областите, спроведува анализи и следење на различни релевантни извори на информации и научни сознанија: етнографски истражувања, анализа и следење на антропометриски истражувања, анализа и следење на медицински податоци, анализа и следење на научни сознанија од областа на ергономијата, анализа и следење на научни сознанија од областа на универзалниот дизајн, анализа на национални и интернационални стандарди и регулативи за ентериери на возила, анализа на најнови технолошки иновации, анализа на производи кои компаниите ги нудат како готови решенија за имплементација во ентериерите, анализа на пазарот, анализа и следење научни сознанија од областа на ентериери на возила, анализа на достапните производствени процеси, анализа на најнови производствени процеси, анализа и следење на научни сознанија од областа на производните технологии, итн.
- **Помош во процесот на подготовка на секој поединечен проект преку дефинирана „подлога“ за проекти,** разработена според системската хиерархија која содржи полиња за внесување на карактеристики на системските елементи (конструктивни параметри) – својства кои треба да се дефинираат и начин на остварување на тие карактеристики – спецификации.
- **Полнење на полињата од „подлогата“ за секој поединечен проект** од страна на членови на менаџерскиот тим. Нивната задача е да ја искористат базата на податоци за да извлечат потребни сознанија и да ги предадат на индустриските дизајнери во форма на прецизно дефинирани податоци / информации при задавање на дизајнерските задачи.
- **Употреба на прецизно дефинираните информации од страна на индустриските дизајнери,** членови на дизајнерскиот тим, при разработка на концептни решенија.
- **Можност за ревидирање на внесените податоци** за одреден проект според повратните информации од страна на индустриските дизајнери, по извршена евалуација на разработени концептни решенија.
- **Зачувување на сите финални информации искористени за одреден проект.**

Опишаните карактеристики се илустрирани преку блок-дијаграмот на Слика 5-5 преку кој е опишана архитектурата на платформата.



Слика 5-5. Архитектура на предложената информациска платформа – опис на нејзините карактеристики

податоците внесени во секоја посебна класа, така што нема конфликти каде се зачувуваат релевантните податоци за потсистемите и може да се направи диференцијација помеѓу шифрите од посебните дизајнерски барања. Важно е да се напомене дека по детална разработка на платформата, секоја од дефинираните поткласи ќе има свои методи кои ќе бидат дефинирани во зависност од видот на податоците кои се внесуваат во таа поткласа (категиорија на дизајнерски барања).

Ако ја земеме класата „стандарди“ како пример, за секој нов стандард впишан во базата, потребно е да се обезбеди единствена шифра, име на стандардот (на пример, „SAE J287: Driver Hand Control Reach“), линк до документот на стандардот, резиме на најважните информации дадени во стандардот и клучни зборови кои се всушност имињата на потсистемите на ентериерот на автономното возило. За стандардот „SAE J287“, даден како пример, меѓу клучните зборови би биле: седишта, потпирач за рака, кориснички интерфејс, визуелна интеракција, додатоци, оддели за складирање. Употребата на клучни зборови ја појаснува врската помеѓу новиот стандард и соодветната системска компонента и функционалност. За истиот стандард автоматски би се генерирала и глобалната шифра како комбинација на името на категоријата „стандарди“ и шифрата внесена за новиот стандард.

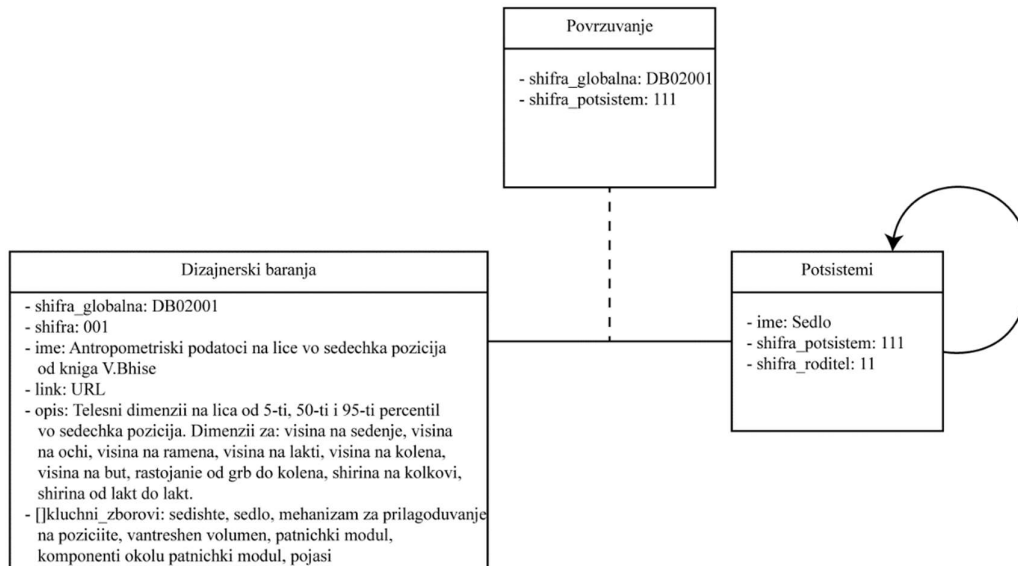
Класата „потсистем“ ги претставува атрибутите за секој од дефинираните потсистеми во системската хиерархија. Класата на потсистемот ги има атрибутите: име, шифра потсистем и родителски код. Подсистемите на ниво 2 имаат свои посебни шифри, но ги имаат и шифрите на потсистемот на ниво 1 на кој припаѓаат (нивниот родител), што помага да се одржи системската хиерархија. Ако разговараме за класата „потпирач за раце“ – таа треба да има посебна шифра и исто така шифра на родителската класа „седишта“. Ова претставување дава можност за идно додавање на повеќе потсистеми на различни нивоа.

Врската помеѓу класата на дизајнерски барања и класата на потсистеми се постигнува со глобалните шифри за секој податок и шифрите за подсистемите. Крајниот резултат е кориснички интерфејс каде корисниците од менаџерскиот тим можат да се логираат, да изберат различни категории на системи, да пристапат кон барањата на корисниците, антропометриските податоци, ергономските препораки, препораките за инклузивност, стандардите, регулативите, технолошките новитети и процесите за производство кои се достапни за секоја категорија.

Со цел да се појасни начинот на шифрирање и поврзување на информациите од различните класи на влезови со класите на потсистеми разработен е еден пример, елабориран во продолжение.

Доколку е потребно да се внесе нов антропометриски податок за телесните димензии на лице од одредена популација во седечка позиција за него ќе се внесе шифрата 001. Бидејќи податокот припаѓа во категоријата „Антропометриски податоци“ за која е одредена шифра DB02, глобалната шифра на внесениот податок ќе биде DB02001. За податокот се внесуваат и останатите атрибути: име, линк, опис и клучни зборови. Внесениот антропометриски податок е силно поврзан со дизајнирање на потсистемите

чии клучни зборови се наведени во атрибутите на податокот. Меѓу нив спаѓа и потсистемот „седло“. Потсистемот на ниво 1 „седишта“ има шифра 1 и е родител на потсистемот на ниво 2 „седиште“ со шифра 11, кој пак е родител на потсистемот на ниво 3 „седло“ со шифра 111. Поврзувањето на ново-внесениот антропометриски податок со потсистемот „седиште“ се остварува преку врзување на шифрата на дизајнерското барање DB02001 и шифрата на потсистемот 111. На овој начин доколку корисникот преку платформата избере податоци поврзани со дизајнирање на „седло“ во листата на антропометриски податоци ќе се појави внесениот податок (DB02001). Примерот е илустриран преку дијаграмот на Слика 5-7.



Слика 5-7. Класен дијаграм кој илустрира пример за начинот на шифрирање и на поврзување на податоците од различни класи со соодветните потсистеми

5.5 Примена на информациската платформа

Сите системски влезови потребни во процесот на дизајнирање на системот „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ се организирани како посебни структурни класи во базата на податоци кои можат да се ажурираат од членовите на истражувачкиот тим од различни интердисциплинарни области. Моделот обезбедува непосредна достапност на сите ажурирани информации во базата на податоци до членовите на тимот. Претставувањето на информациите е поедноставено и со ниво на апстракција за да биде разбирливо без оглед на стручноста на корисниците. Ова го прави справувањето со сложеноста на системот многу полесно.

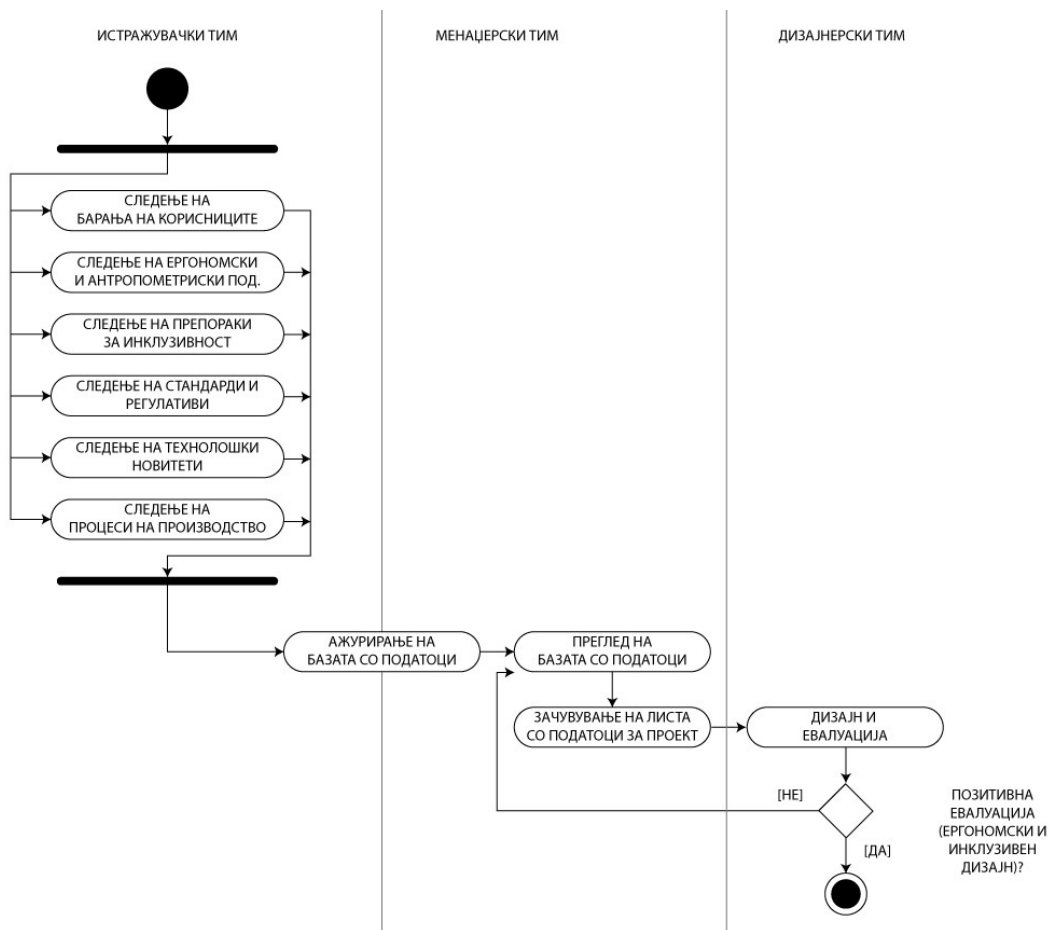
Оваа платформа е наменета за примена од страна на тимовите за истражување и развој на одреден производ, поконкретно во случајов – за развој на ентериер на автономно возило. Во почетните фази на генерирање концепти, главна улога имаат три тимови кои се составен дел од главниот тим за истражување и развој: истражувачки тим, менаџерски тим и дизајнерски тим.

Истражувачкиот тим е одговорен за следење на сите тековни промени во дефинираните системски влезови и ажурирање на базата на податоци.

Менаџерскиот тим е одговорен за генерирање на систематизирана листа со потребни информации (пополнување на „подлогата“ за проект) која дизајнерите треба да ја употребат при креирање концепти за моменталниот проект. Менаџерскиот тим на проектот ги зачувува сите важни информации во однапред дефинираниот шаблон (подлога) за проект кој потоа се чува како посебен документ со податоци, достапен и за дизајнерскиот тим, но и за сите останати членови на тимот. Податоците од проектот на тој начин се прегледно организирани и се чуваат со намера да се користат и за идни проекти што ја поедноставува фазата на истражување.

Дизајнерите на ентериер на возилото ги применуваат зададените (внесените) податоци од шаблонот при дизајнирање на секоја поединечна компонента на ентериерот.

Дијаграмот на активности даден на Слика 5-8 ја опишува функционалноста на предложената инфомациска платформа. Дијаграмот ги покажува основните активности, врските помеѓу нив, редоследот на извршување и кој тим е надлежен за нивно спроведување.



Слика 5-8. Дијаграм на активности („activity diagram“) за опис на активностите на трите вклучени страни при користење на предложената инфомациска

Практичната употреба на предложената платформа подетално е елабориран со примена на дијаграм што илустрира сценарио за употреба (Слика 5-9). Тимот составен од експерти од различни области е претставен со еден актер наречен „истражувачки тим“. Истражувачкиот тим ги анализира информациите и ги ажурира базите на податоци. Корисникот на платформата е претставен со актер по име „менаџерски тим“.

Сценариото за употреба се случува во неколку главни чекори:

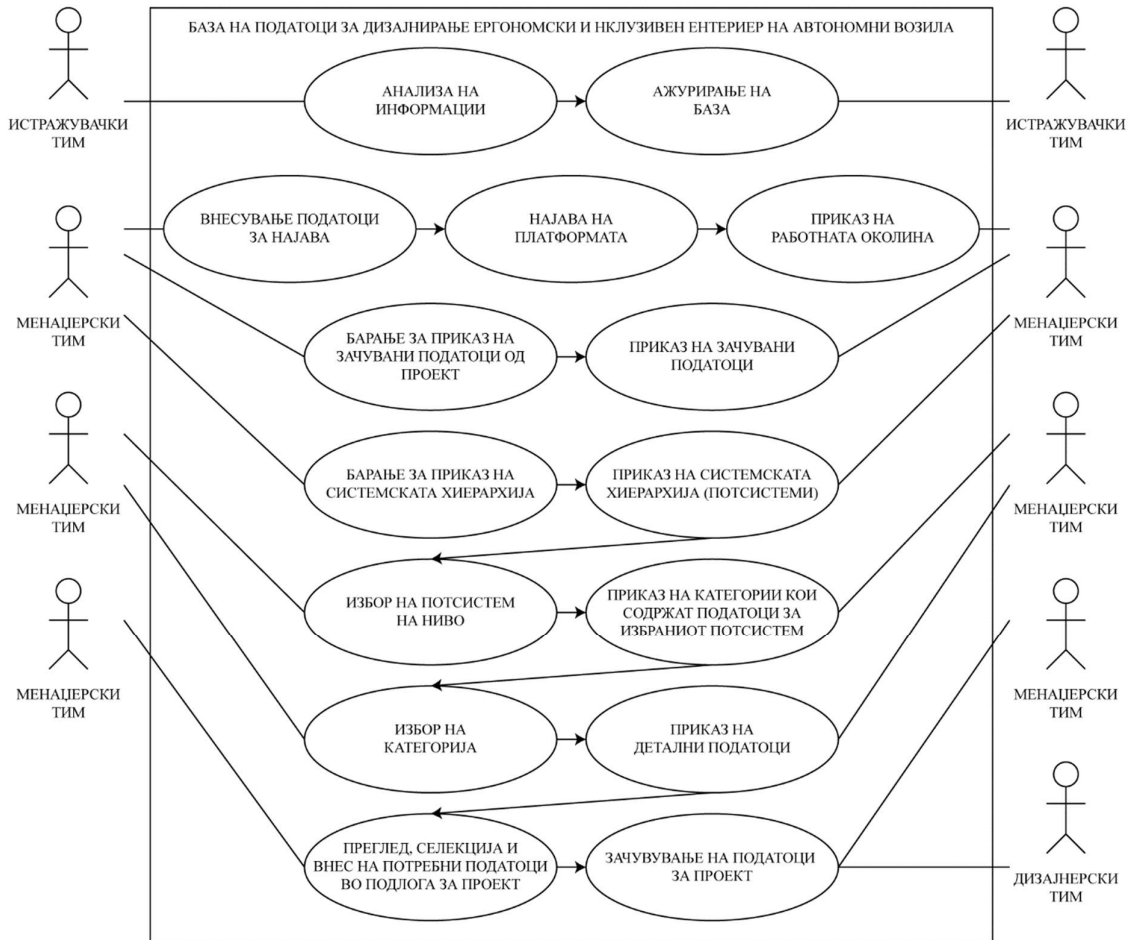
Чекор 1. Член од менаџерскиот тим се најавува во системот откако ќе ги внесе потребните информации за најавување.

Чекор 2. Се прикажува почетната страна и менаџерот може да избере помеѓу две опции: прегледување зачувани податоци од претходни (или активни проекти) или прегледување на списокот со хиерархијата на системот (внатрешноста на возилото).

Чекор 3. Кога се одлучува за прегледување на хиерархијата, сите системи и потсистеми од ентериерот на возилото што треба да бидат вклучени во процесот на дизајнирање се прикажуваат за дизајнерот во форма на копчиња што можат да се кликнат. Менаџерот може да ја види хиерархијата на сите потсистеми на различни нивоа и да кликне на еден потсистем за кој треба да прегледа податоци.

Чекор 4. По изборот на потсистем, сите различни категории од базата на податоци кои содржат информации за него се достапни на корисникот-менаџер. Менаџерот може да ја избере категоријата на податоци за која е заинтересиран. Достапните податоци се: барања на корисниците, антропометриски податоци, ергономски препораки, препораки за инклузивност, стандарди, регулативи, технолошки новитети, процеси на производство. На пример, ако го избере потсистемот на ниво 3 „потпора за грб“ од потсистемот на ниво 2 „седиште“ и кликне на антропометриските податоци од базата на податоци, ќе се прикаже список со сите телесни мерки достапни и потребни за дизајнирање на потпората за грб. Овие податоци се истите оние кои редовно се ажурираат од истражувачкиот тим.

Чекор 5. По завршувањето на анализата, менаџерот може да ги избере и зачува сите релевантни информации во посебен документ за тековниот проект што е последниот чекор од сценариото за употреба. Тој документ, односно пополнета „подлога“ за прокет понатаму се проследува до дизајнерскиот тим за да биде искористена при генерирање на концепти.




Слика 5-9. Дијаграм на корисничко сценарио („use-case diagram“) за опис на примената на платформата


5.6 Предлог интерфејс за дизајн-платформата


Во продолжение даден е предлог за изгледот на интерфејсот на предложената платформа и чекорите за нејзина употреба, примената на базата на податоци со цел да генерира листа со насоки и ограничувања која треба да се предаде на дизајнерскиот тим. На сликите подолу, презентираниа е визуелизација на корисничкиот интерфејс на концептот за платформата.

Чекор 1. Најавување и прегледување на хиерархијата на системот „ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило“ (Слика 5-10 и Слика 5-11).

IAVID PLATFORM

 **Login**
Enter your details below to continue.


 Email

 Password

[Forgot password?](#)

LOG IN [Not registered? Create an account.](#)

Слика 5-10. Страница за најавување на платформата

IAVID PLATFORM 

New Project Use a Project **System Hierarchy**

Select information

Select main system

Select subsystem

Select database

VIEW DATA

System Hierarchy

Interior

Seating [Seat](#) [Suspension](#) [Adjustment mech.](#)

Passenger Space [Volume](#) [Passenger module](#) [Components](#)

Controls [Visual](#) [Sound](#) [Tactile](#)

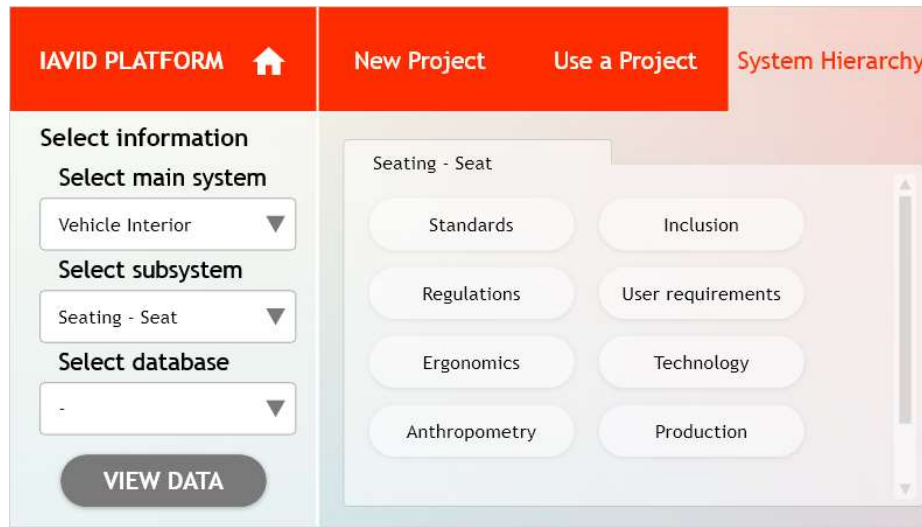
Lighting [Windows](#) [Lights](#)

Ingress/Egress [Doors](#) [Rocker](#) [Ramp](#) [Handles](#)

Safety [Seat belts](#) [Wheelchair docking system](#)

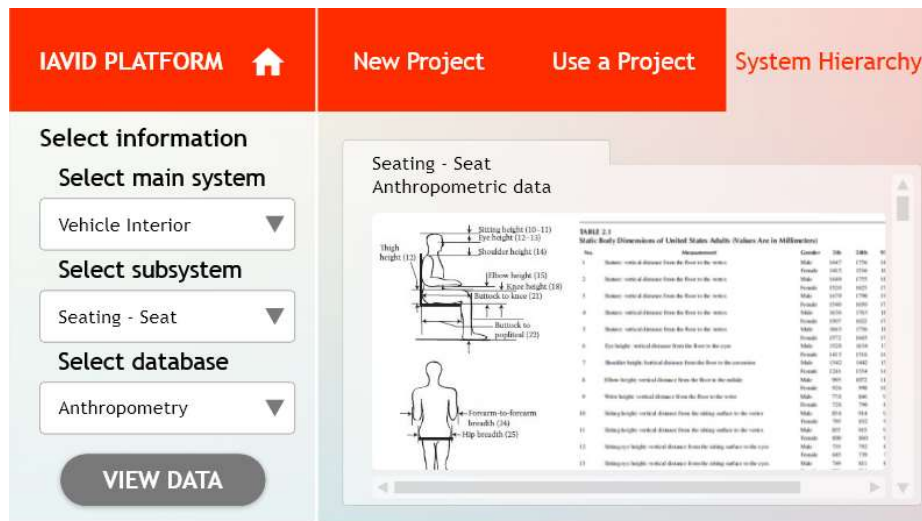
Слика 5-11. Прва страница на платформата – преглед на системската хиерархија

Чекор 2. Избор на потсистем за кој се потребни податоци во процесот на дизајнирање (на пример – седиште (Слика 5-12)).



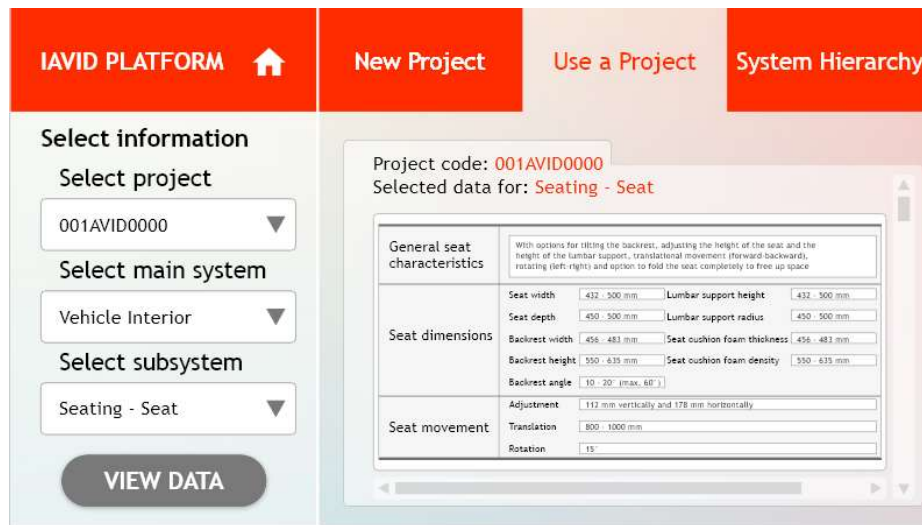
Слика 5-12. Користење на платформата за преглед на достапните категории на податоци кои содржат информации за избраниот потсистем

Чекор 3. Избор и прегледување на одредена категорија на податоци што содржи информации од одредено поле во врска со дизајнот на избраниот потсистем (на пример, антропометриски податоци (Слика 5-13)).



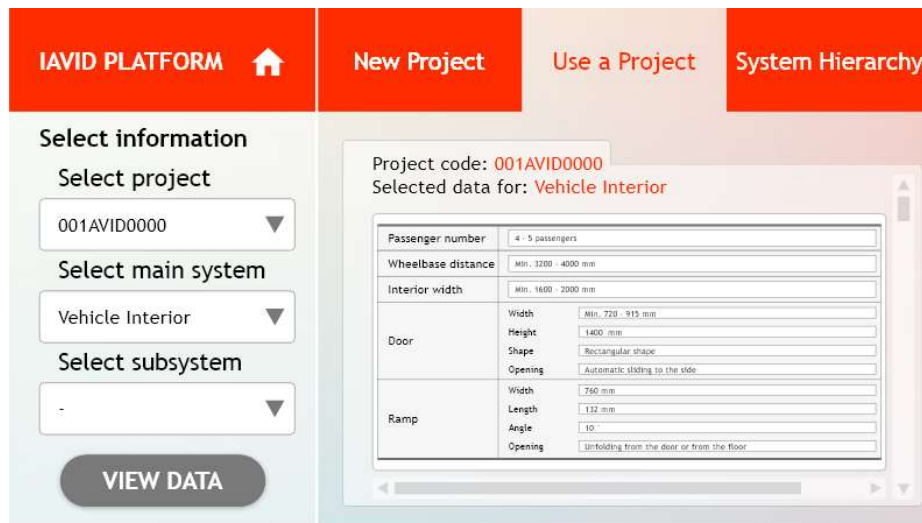
Слика 5-13. Користење на платформата за прегледување на достапни информации – преглед на податоците содржани во избраната категорија на податоци за претходно избраниот потсистем што треба да се дизајнира

Чекор 4. Започнување на нов проект и отворање на табелата за внесување податоци кои се избрани од прегледаните бази на податоци за да се користат во процесот на дизајнирање (Слика 5-14).



Слика 5-14. Користење на платформата за внесување информации во табела („подлога“) за конкретниот проект

Чекор 5. Преглед на сите внесени податоци во „подлогата“ на проектот и нивно зачувување (Слика 5-15).



Слика 5-15. Користење на платформата за преглед на сите зачувани податоци за конкретниот проект

5.7 Заклучок - предности на предложената информациска платформа за ергономски и инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила

Ова поглавје ја опишува предлог информациската платформа за ергономски и инклузивен дизајн на ентериери на автономни возила со фокус врз човековите потреби. Предложената платформа се заснова на богата база на податоци составена од правила и препораки наменети за индустриски дизајнери. Базата на податоци треба да овозможи чување и ажурирање на информации од сите интердисциплинарни области вклучени во фазите на развој на концепти за ентериери на автономни возила.

Анализираните истражувања и примери дадоа јасни насоки за потребите на приспособување на процесот на дизајнирање на ентериерот на возилата според новите можности што ги нудат автономните возила. Употребата на дизајн ориентиран кон човекот и процедури за тестирање насочени кон корисниците често се појавуваат во истражувања фокусирани на развојот на автономните возила. Поголемиот дел од овие истражувања се занимаваат со анализа и разбирање на корисничкото искуство, однесувањето и интеракциите меѓу патниците и возилото со цел да се извлечат насоки во врска со специфичните аспекти на дизајнирање на возила. Сепак, покрај собирањето мислења од корисниците, постојат и други аспекти на кои треба да се потпре процесот на дизајнирање. Употребата на стандарди и регулативи ретко се дискутира во контекст на автономни возила, бидејќи автономните технологии во голема мера ја намалуваат улогата на возачот, па затоа ја елиминираат потребата од некои сегменти од постојните стандарди. Сепак, постои значителен дел од стандардите за безбедност кои се однесуваат на патничкиот простор што се применуваат и во контекст на автономните возила. Исто така, постои потреба да се користат антропометриски податоци достапни за сите потенцијални корисници на возилото, вклучувајќи ги и лицата зависни од помагала. Дополнително, технолошкиот напредок треба да се разбере и да се вгради во дизајнот на ентериерот и корисничкиот интерфејс на возилото, но новите технологии не се применливи само во врска со овој аспект. Треба да се земат предвид и медицинските технолошки новитети за да се обезбеди целосна инклузивност на возилото (на пример, поврзување со паметни помагала или опции за нагласување на сетилата). Друг аспект се постојано променливите трендови во дизајнот што треба да се следат.

Овие аспекти се наведени за да се нагласи моќта на предложената информациска платформа која може да обезбеди единствен начин да се соединат сите влезни информации и да се презентираат на разбирлив начин. Инженерство на системите базирано на модели и системските модели веќе се користат во автомобилската индустрија бидејќи помагаат да се разберат барањата и да се управува со процесот на развој. Сепак тие алатки се наменети за користење при оперативниот дел, кога се развива физичкиот модел. Предноста на платформата предложена во ова истражување е во нејзината намена да се користи во раните фази на процесот на дизајнирање и во додавањето на ергономски и инклузивни принципи кои го свртуваат фокусот кон дизајн максимално ориентиран кон човекот во процесот на развојот на возилата, наместо кон инженерските и конструктивните аспекти.

Оваа платформа е наменета да се користи како алатка главно за индустриски дизајнери. На дизајнерите често им недостига експертиза во технолошките и инженерските домени на дизајнот на производите и можеби имаат ограничено познавање на стандардите или медицинските податоци. Употребата на предложената платформа има за цел да обезбеди начин за премостување на празнините во знаењето. Дополнително, сите информации вклучени во базата се предвидени да бидат достапни за членовите на интердисциплинарниот тим, што како резултат ќе ја олесни нивната комуникација и ќе ја зајакне врската помеѓу сите засегнати страни. Преку примената на оваа платформа, исто така, предвидено е овозможување на континуирано препознавање на променливите потреби и формулации на нови насоки за идните истражувања.

Искористениот опис на предложената платформа може лесно да биде разбран од програмерите и директно да се примени во креирање на реален софтверски производ преку користење на соодветни програмски јазици. Сепак, ова останува предмет за понатамошно истражување.

Во ова поглавје е разработен теоретскиот и концептуалниот аспект на платформата. За внимателно да се испита успехот на неговата практична примена, беше неопходно да се извршат дополнителни експерименти и евалуација.

6. ПРИМЕНА И ЕВАЛУАЦИЈА НА ПРЕДЛОЖЕНИОТ МЕТОД НА ДИЗАЈНИРАЊЕ И ИНФОРМАЦИСКА ПЛАТФОРМА ЗА ДИЗАЈН НА ЕРГОНОМСКИ И ИНКЛУЗИВНИ ЕНТЕРИЕРИ НА АВТОНОМНИ ВОЗИЛА

Употребливоста и ефикасноста на предложениот метод на дизајнирање и информациска платформа се тестирани во ФАЗА 4 од истражувачкиот процес (Слика 1-1) преку два експериментални процеси на дизајнирање. Евалуацијата е фокусирана на проверка на употребливоста на предложениот метод и информациската платформа за помош во процесот на дизајнирање. Во ова поглавје се опишани:

- Оформувањето на двете дизајнерски задачи
- Дадените информации на дизајнерите преку примена на предложената информациска платформа
- Процесите на дизајнирање и генерирање концепти преку примена на дадените информации
- Процесите на евалуација на дизајн решенијата, методите за евалуација, спроведените тестирања, добиените резултати, анализите и заклучоците

Целта на експерименталната фаза е да се даде одговор на следните прашања:

- Дали дизајнерите го сметаат за употреблив овој метод на дизајнирање?
- Дали употребата на систематизираните насоки и принципи ќе ја олесни работата на дизајнерите и ќе го скрати времето инвестирано во претходно истражување?
- Доколку дизајнерот правилно ги следи дадените упатства во процесот на развој на концептот, дали развиениот дизајн ќе биде ергономски и инклузивен?

За да се дадат одговори на овие прашања, зададени се задачи за дизајн на ергономски и инклузивен ентериер на автономни возила за споделен превоз на патници на двајца дизајнери вклучени во процесот на евалуација:

- **Дизајнерска задача 1:** Ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило за споделен превоз; и
- **Дизајнерска задача 2:** Ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило за споделен превоз за лица со сензорна попреченост.

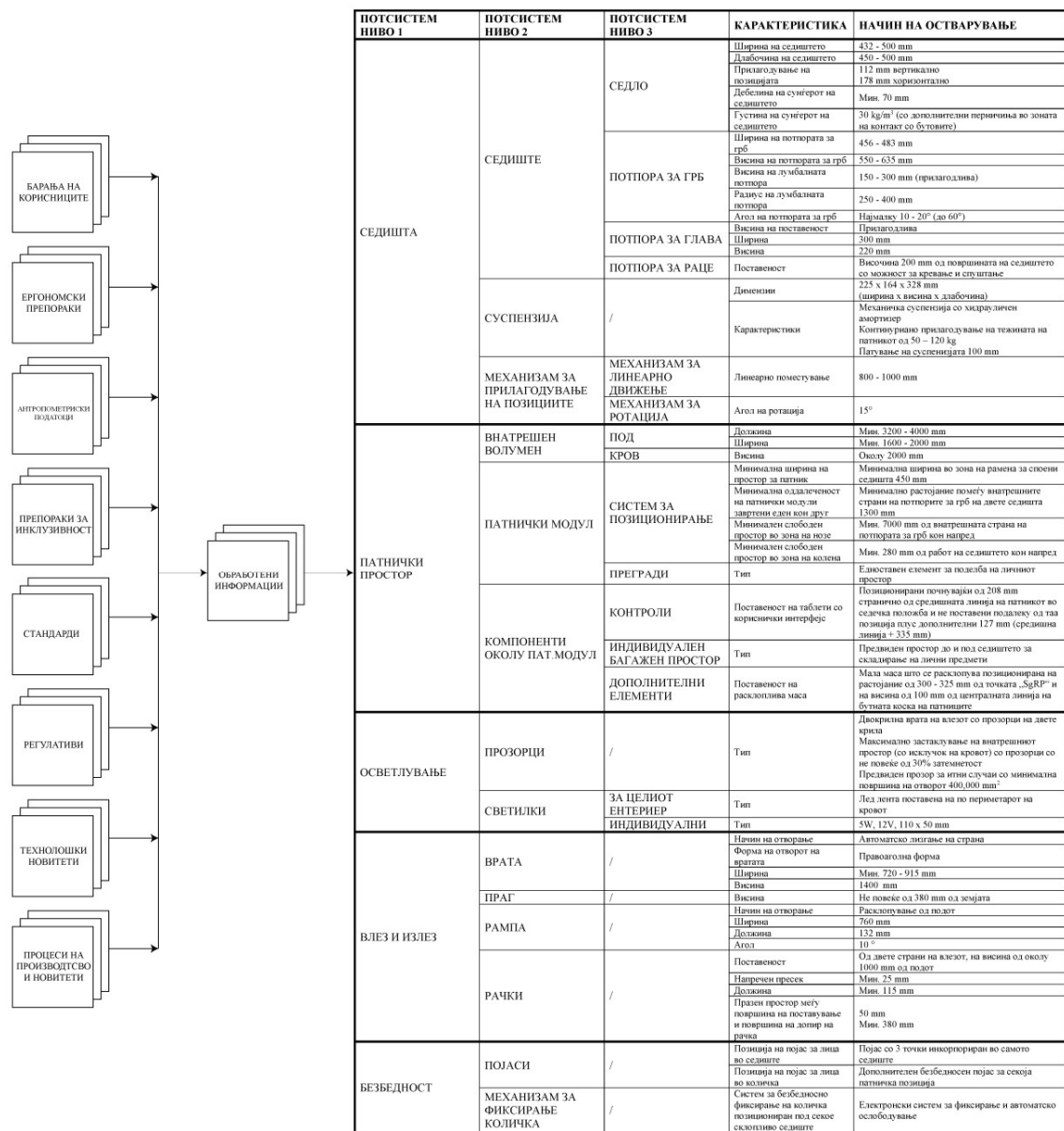
Од дизајнерите е побарано да ги следат насоките за дизајн кои им беа зададени и да изработат концепти за ентериер и кориснички интерфејс за автономно возило за споделен превоз на патници. Развиените концепти потоа се искористени за испитување на нивните ергономски и инклузивни карактеристики со примена на современи експериментални постапки.

6.1 Дизајнерска задача 1: Ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило за споделен превоз

Систематизираните упатства најпрво беа користени за дизајнирање на ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило. Целта беше да се симулира практичната употреба на предложениот метод на дизајнирање и на информациската платформа за дизајн за да се извлечат прецизни насоки и податоци за дизајнирање на ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило.

6.1.1 Опис на дизајнерската задача

Зададената задача бараше да се дизајнира ентериер на автономно возило за споделен превоз кој може да прими 4 патници. Главната цел беше да се дизајнира ергономски ентериер кој ќе обезбеди максимална удобност за дадениот број на патници. Покрај тоа, задачата подразбираше и обезбедување максимална пристапност за лица со попреченост, особено на лица со попреченост во движењето. Надворешноста на возилото не беше дел од задачата. На оваа задача работеше дизајнерот Александар Јанковиќ, како дел од неговото истражување во рамките на неговиот магистерски труд. На дизајнерот му беше предадена пополнета „подлога“ за проект која беше изработена користејќи ги податоците од наведените категории на системски влезови, односно класите „влезови“ од дефинираната база на податоци. Генерираната листа содржеше дефинирани спецификации за главните карактеристики на потсистемите кои треба да се имаат предвид при дизајнирање на ентериерот (Слика 6-1).

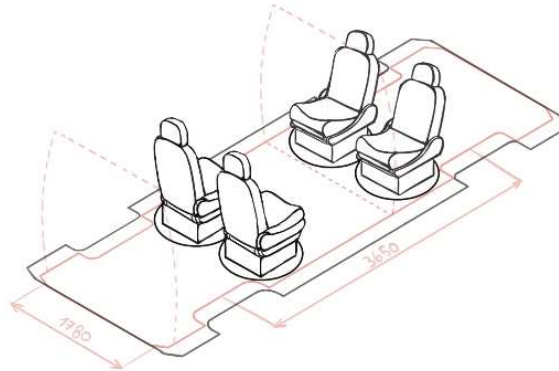


Слика 6-1. Листа со насоки предадена на дизајнерот за генерирање концепти за ергономски и инклузивен ентериер на автономно возило

6.1.2 Процес на дизајнирање

По добивање на насоките процесот на дизајнирање беше извршен во неколку чекори, презентирани во продолжение.

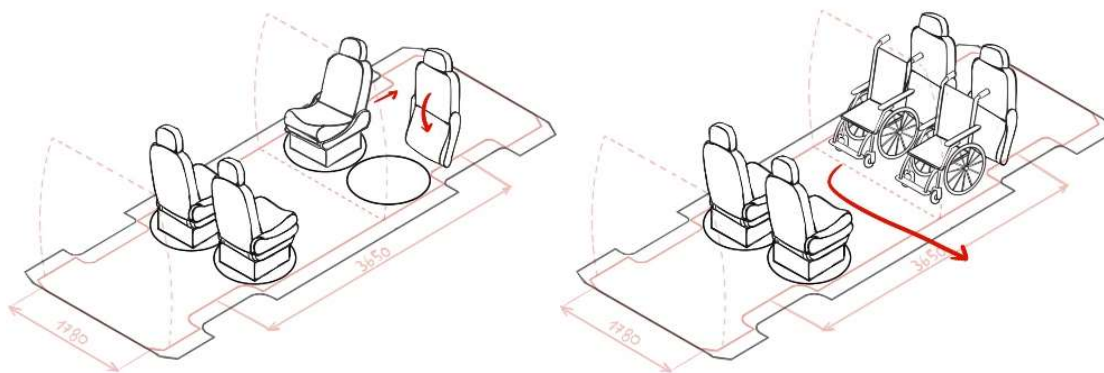
Чекор 1. Дефинирање на внатрешните димензии и позиции на патничките модули (Слика 6-2).



Слика 6-2. Дефинирање на главните внатрешни димензии на автономно возило за споделен заеднички превоз и дефинирање на позициите на патничките модули (дизајнирано од Александар Јанковиќ)

Чекор 2. Дефинирање на позициите и начинот на движење на седиштата.

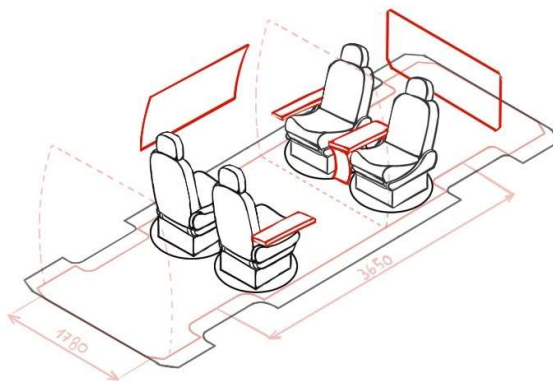
Врз основа на бројот на патници, потребниот број на седишта беше распореден во внатрешноста следејќи ги предвидените упатства за потребното растојание, просторот за нозете, растојанието меѓу патниците, зоните за дофат итн. Седиштата беа обликувани со помош на информациите дадени во табелата, каде се наведени оптималните димензии за постигнување максимална ергономија. Откако беа дизајнирани и поставени седиштата, беа разгледани опциите за нивно поместување и прилагодување на позициите, повторно следејќи ги дадените препораки. Следењето на тие препораки е безбеден пристап за да се добие распоред кој не е само ергономски, туку и инклузивен, ги следи универзалните принципи на дизајнот. Слика 6-3 покажува скици во раните фази на дизајнирање на автономно возило за заеднички превоз каде што се разгледани можните позиции на седиштата, ротации и опции за преклопување.



Слика 6-3. Дефинирање на конфигурацијата на седиштата на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)

Чекор 3. Дефинирање зони на дофат и позиционирање на внатрешните елементи.

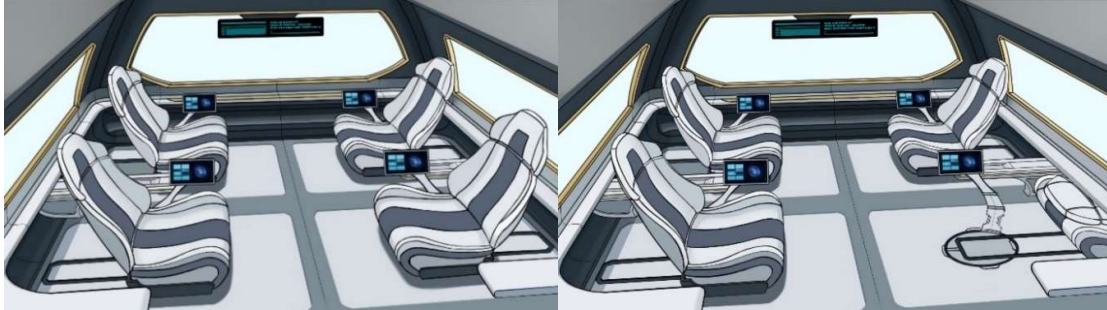
Следниот чекор во постапката беше позиционирање на сите дополнителни внатрешни елементи врз основа на антропометриски мерења и зони за удобен дофат. Овој чекор вклучуваше и позиционирање на безбедносните системи. Систематизираните упатства содржат информации за поставување на потпирачи за раце, расклопиви маси, контролни уреди, итн., кои се користат директно во процесот на дизајнирање. Слика 6-4 ги илустрира првите концепти, генерирани идеи за поставување на дополнителните елементи на ентериерот.



Слика 6-4. Дефинирање на позициите за внатрешните елементи на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)

Чекор 4. Дефинирање на деталите на ентериерот.

Откако се поставени сите елементи во ентериерот, беше посветено внимание на сите останатите детали, како што се целокупниот стил, користените бои, материјалите, текстурите, светлата (Слика 6-5).



Слика 6-5. Дефинирање на стилски детали на дизајнираниот ентериер на автономно возило за споделен превоз (дизајнирано од Александар Јанковиќ)

Следејќи ги овие чекори, крајниот резултат беше дизајн на ентериер на автономно возило за споделен превоз со 4 седишта што се склопуваат, дизајнирани како ергономски, со склоплив потпирач за грб, кој се лизга наназад за да се ослободи простор за сместување на лице во инвалидска количка или електричен скутер.

Други карактеристики на дизајнот добиени преку следење на дадените спецификации:

- Внатрешни димензии – 3650x1780mm за да се овозможи доволно простор за слободно влегување/излегување и движење/вртење на лица кои користат уред за помош при движење.
- Димензии на вратата – 915x1400mm, дизајнирана со правоаголна форма и со начин на отоврање со лизгање настрана. Главната цел со овој избор беше да се обезбеди доволен простор за влез/излез. Беше планирана и дополнителна рампа на подот за преклопување (760x132mm, 10°) за олеснување на процесот на влегување/излез.
- Кориснички интерфејс – обезбеден преку таблети, поставени во рамките на дефинираните најудобни зони за дофат и визуелна прегледност на патниците. Поставен е дополнителен голем екран за прикажување на сите информации во поголем размер.
- Елементи за комфор и безбедност – системи за прицврстување, потпирачи за раце и простор за складирање, исто така обезбедени како дополнителни функции.

Конечниот резултат од процесот на дизајнирање на автономно возило за споделен превоз е претставен на следните слики (Слика 6-6, Слика 6-7, Слика 6-8).



Слика 6-6. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ)



Слика 6-7. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ)



Слика 6-8. Концепт на ентериер за автономно возило (дизајнирано од Александар Јанковиќ)

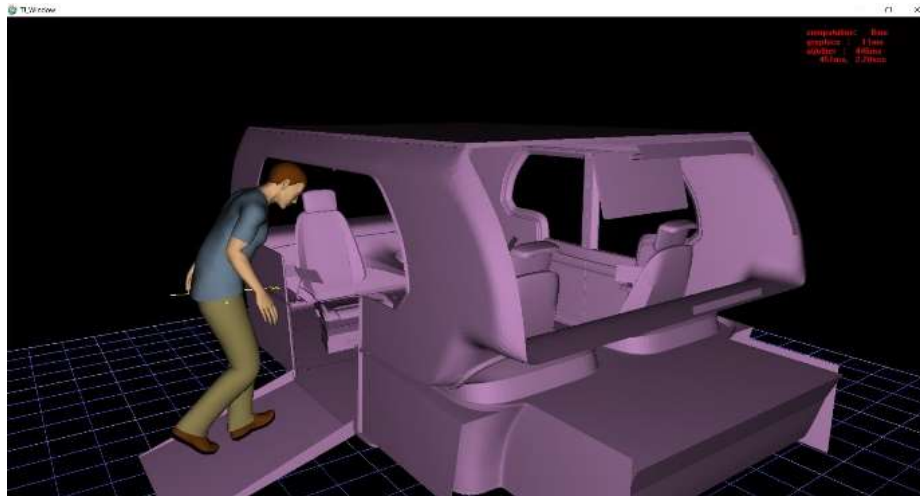
6.1.3 Евалуација на дизајнираниот ентериер за автономно возило за споделен превоз

За целите на оваа студија, беше применет софтверот „Siemens Jack Human Simulator“ за спроведување на виртуелни ергономски проценки на дизајнираниот инклузивен ентериер на автономно возило за споделен превоз.

Виртуелната ергономска евалуација беше извршена во неколку чекори со вметнување на „CAD“ моделот на дизајнираното возило како „STL“ датотека, во околината за симулација на Jack и со вметнување на машки и женски кукли од 50-тиот перцентил. Бидејќи софтверот е наменет за проценка на ергономијата на употреба на производи од страна на здрави лица, попречено движење беше симулирано преку сместување на една кукла во количка. При спроведување на испитувањата беше земено предвид дека дофатот на лице во инвалидска количка може да се разликува кај поединечните случаи на попреченост во движењето, во однос на лицата без ваква попреченост.

Чекор 1. Проверка на големината

Првата цел беше да се тестира дали дизајнираното возило е со соодветна големина и дали може удобно да се сместат предвидените патници. Машката кукла беше поставена на неколку позиции симулирајќи влегување во возилото. Беше заклучено дека ширината и висината на вратата се соодветно димензионирани, куклата може да помине низ отворот на вратата со минимално свиткување на грбот и вратот (Слика 6-9).



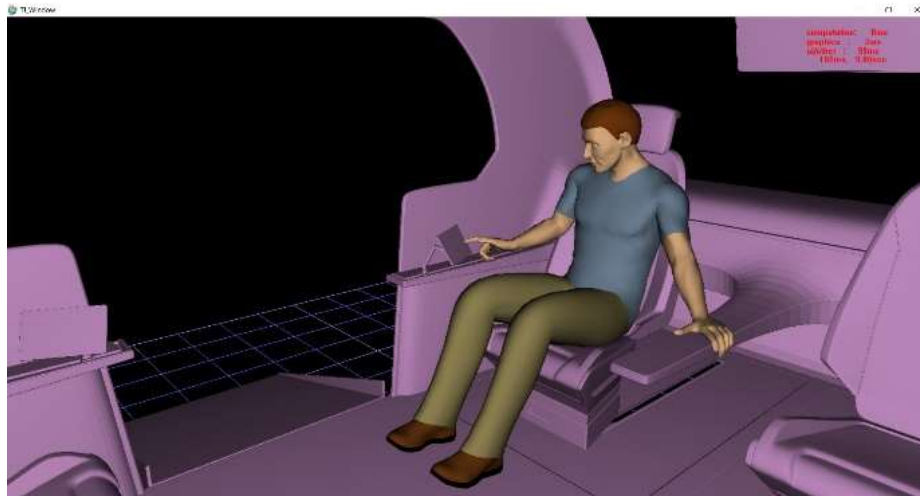
Слика 6-9. Испитување на влегување во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил

Чекор 2. Оценување на димензиите и поставеноста на седиштата

Големината и поставеноста на седиштата беа оценети со ставање на виртуелни кукли во седечка положба, при што не беа забележани никакви проблеми (Слика 6-10). Куклата потоа беше ставена со едната рака на потпирачот за рака, а со другата на таблетот, со цел да се испита дали компонентите се поставени во зоните на удобен дофат на патниците (Слика 6-11). И оваа положба на куклата не покажа проблеми.



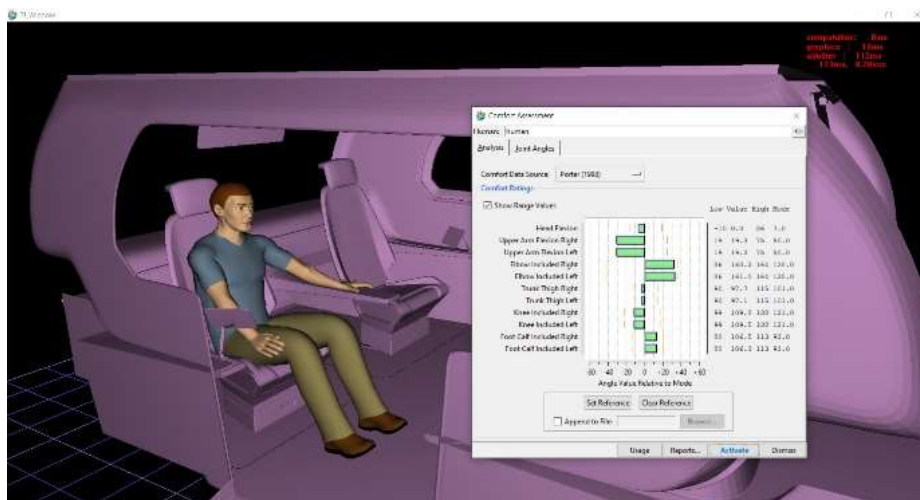
Слика 6-10. Испитување на удобноста при седење на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил



Слика 6-11. Испитување на поставеноста на контролниот екран со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил

Чекор 3. Испитување на удобноста на телото во седечка положба

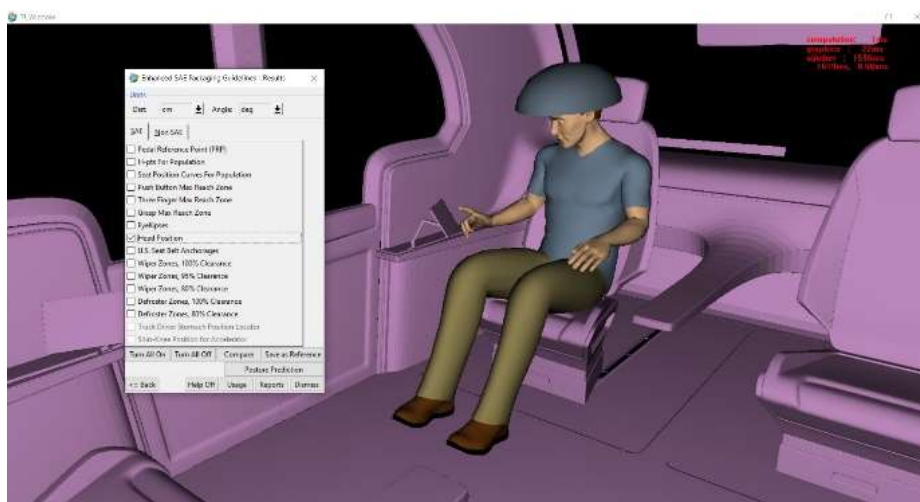
Дополнителни проценки на удобноста беа направени со помош на модулите за анализа на софтверот „Jack“. Со примена на алатката „Occupant Packaging Toolkit“ and „Comfort Assessment Tool“ беше оценета удобноста на сите делови од телото и зглобовите на виртуелните кукли. Графичкиот приказ на резултатите содржеше само зелени ленти, што значи дека во седечка положба не беа откриени проблеми со удобноста. Вредностите беа во оптималниот опсег и не беа потребни корективни мерења (Слика 6-12).



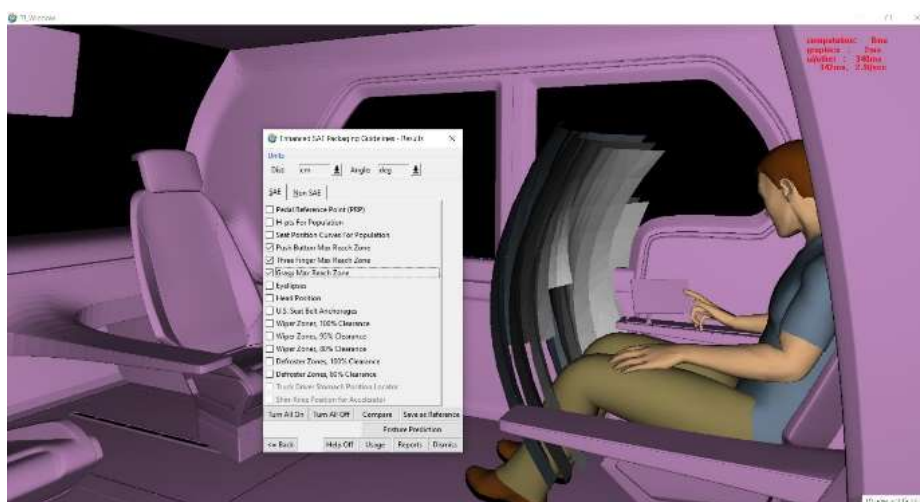
Слика 6-12. Испитување на удобноста на сите делови од телото во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил

Чекор 4. Проверка на неопходниот слободен простор околу главата и зоните за удобен дофат

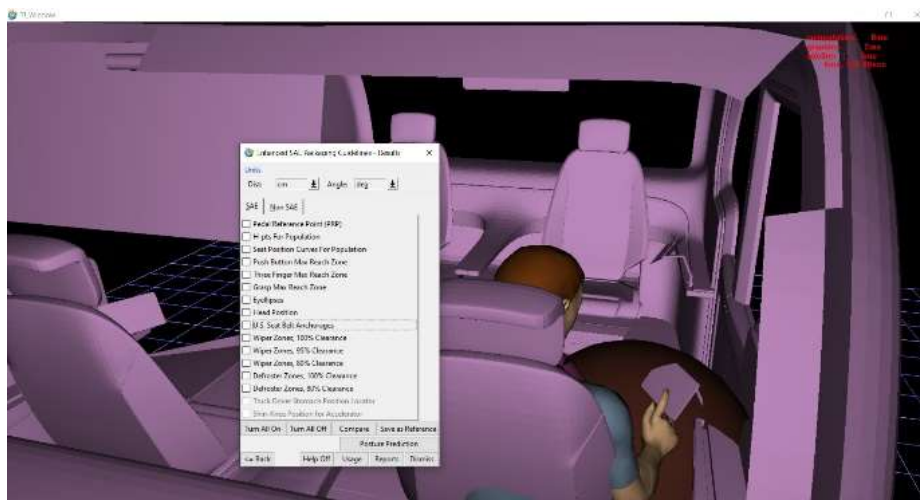
Со примена на алатката „Occupant Packaging Toolkit“ и „SAE Packaging Guidelines“ беше проверено растојанието на главата на патникот од кровот на возилото. Графичкиот резултат на оваа алатка покажа дека има повеќе од доволно растојание за главата за патниците (Слика 6-13). Користејќи го истиот метод, беа испитани зоните за удобен дофат за поставените контроли. Графичките резултати покажаа дека контролниот уред е поставен во зона на удобен дофат (Слика 6-14). Дополнително, беше проверено дали уредот е поставен во зоните на минимален дофат и беше потврдено дека екранот на допир е во зоната на минимален дофат (слика 6-15). беше проверен и дофатот на прстите на двете раце, повторно покажувајќи дека сè е поставено во зоните на удобен дофат на патниците (Слика 6-16).



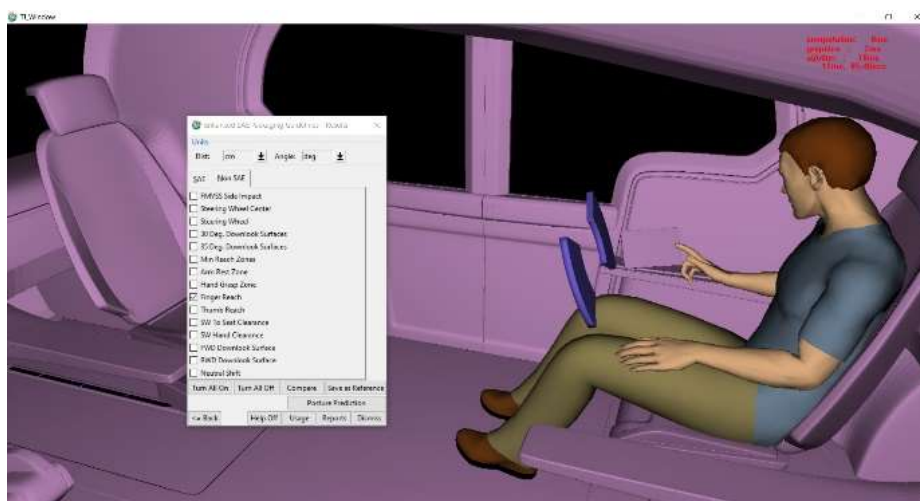
Слика 6-13. Испитување на просторот на главата во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)



Слика 6-14. Испитување на зоните на удобен дофат во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)



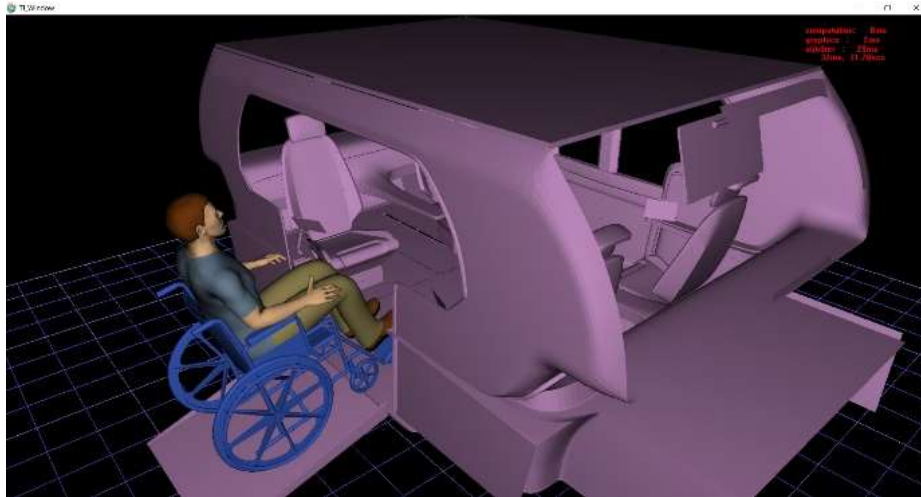
Слика 6-15. Испитување на зони на минимален дофат во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)



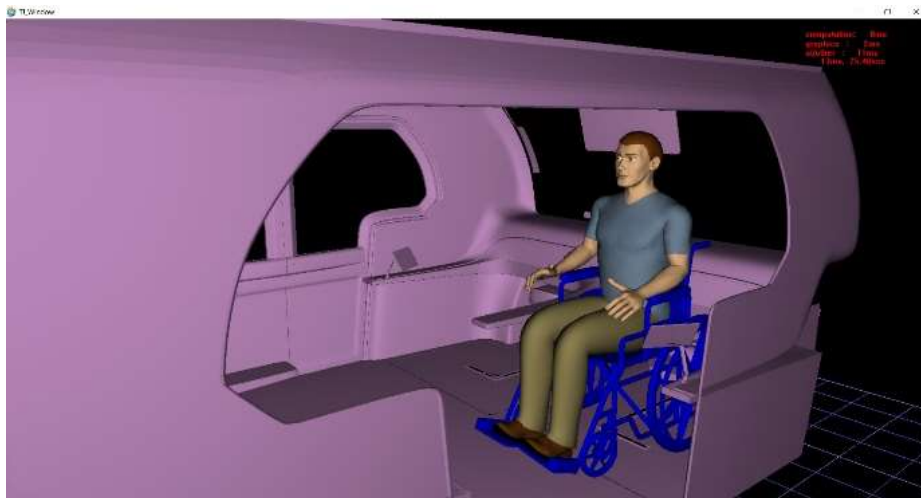
Слика 6-16. Испитување на дофатот на прстот во седечка положба со помош на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил (метод: Occupant Packaging Toolkit – SAE Packaging Guidelines)

Чекор 5. Проверка на инклузивните карактеристики на возилото

Со цел да се оцени инклузивноста на дизајнираниот модел на автономно возило за споделен превоз, во симулациската средина беше поставена виртуелна кукла во инвалидска количка. Беа анализирани влезните позиции на виртуелната кукла со „попреченост во движењето“ и беше очигледно дека дизајнираната рампа и влезниот простор се достапни за корисниците на инвалидска количка (Слика 6-17). Виртуелна кукла во инвалидска количка беше, исто така, позиционирана во кабината на местото на стандардното седиште кое беше преклопено и складирано во задниот дел. Позицијата на виртуелната кукла во инвалидската количка изгледаше природно (Слика 6-18).



Слика 6-17. Испитување на влегувањето во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил во инвалидска количка



Слика 6-18. Испитување на сместувањето во возилото на машка виртуелна кукла од 50-ти перцентил во инвалидска количка

Чекор 6. Проверка на личниот простор за повеќе патници

Возилото, исто така, беше испитано со поставување на неколку виртуелни кукли истовремено со цел да се симулира ситуација на споделено возење и да се види дали има доволно личен простор за патниците. И ова испитување покажа позитивен резултат (Слика 6-19).



Слика 6-19. Испитување на личниот простор за патниците во внатрешноста на автономното возило за споделен превоз со помош на машки и женски виртуелни кукли од 50-ти перцентил

6.1.4 Заклучок од евалуацијата на дизајнираниот ентериер

Во овој дел е презентираан процесот на дизајнирање и евалуација на ентериер на автономно возило за споделен превоз, модел развиен за да ја истражи ефикасноста од практичната примена на предложената методологија и платформа. Она што може да се заклучи од спроведената евалуација е дека ентериерот на автономно возило е успешно дизајниран како ергономски и инклузивен. Манипулациите со виртуелните кукли во виртуелната средина и примената на различни алатки за анализа достапни во софтверот „Jack“ не открија проблеми или грешки во димензионирањето на автономното возило или во поставувањето на внатрешните компоненти. Ова укажува дека користењето на информациите систематизирани преку платформата за следење на дадените стандарди, регулативи, ергономски и антропометриски препораки и нивно комбинирање со дефинираните кориснички барања, инклузивните принципи и универзалниот дизајн, со примена на дизајн пристап насочен кон човекот, резултираа со успешен дизајн на ентериер на возило кое може да обезбеди зголемена пристапност за потенцијалните корисници, вклучувајќи ги и лицата со попречено движење.

Покрај тоа, оваа евалуација ги нагласува придобивките од примената на виртуелната ергономија во раните фази на процесот на дизајнирање. Поставувањето на виртуелните кукли во дизајнираниот простор и нивната интеракција со дизајнираните компоненти може лесно да ги открие недостатоците на производот кои треба веднаш да се поправат пред да се продолжи со понатамошен развој. Предноста е во тоа што кога ќе пристигне фазата на изградба на прототипови со целосна големина, дополнителните модификации неопходни за да се обезбеди максимална ергономија за корисниците ќе бидат сведени на минимум.

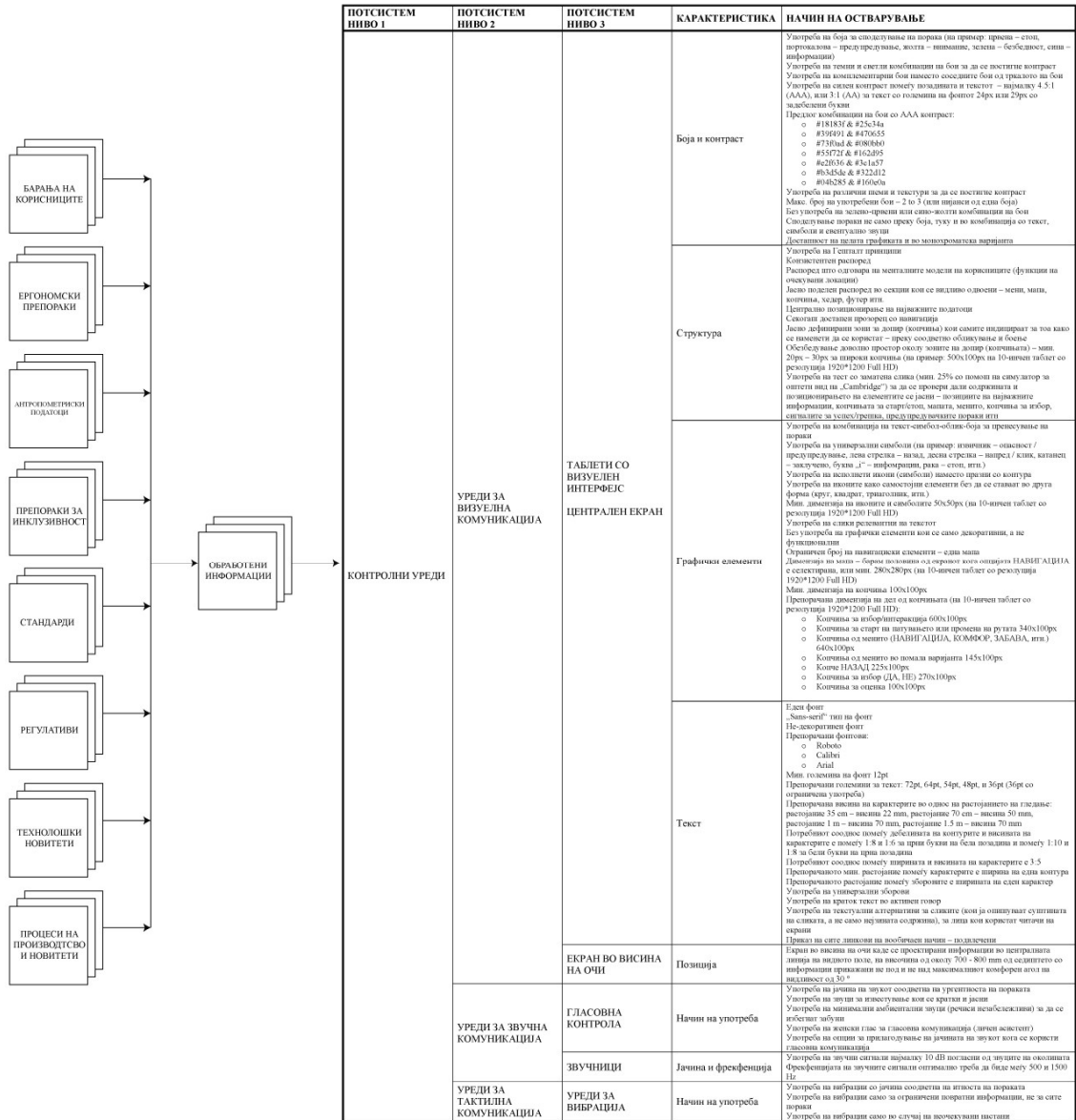
6.2 Дизајнерска задача 2: Ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило за заеднички превоз за лица со сензорна попреченост

Систематизираните упатства од платформата беа искористени и за дизајнирање на ергономски и инклузивен интерфејс на автономно возило за заеднички превоз со фокус на лицата со сензорна попреченост. Целта беше да се симулира практичната употреба на предложениот модел на платформа за дизајн за да се извлечат упатства за дизајнирање на кориснички интерфејс за автономно возило.

6.2.1 Опис на дизајнерската задача

Зададената задача бараше да се дизајнира интерфејс за претходно дизајнираниот ентериер на автономно возило за споделен превоз на патници. Главната цел на корисничкиот интерфејс беше да го направи максимално употреблив и достапен за што поголем опсег корисници. Бидејќи претходно беше утврдено дека обезбедувањето самостојно патување за лица со оштетен вид и слух е најголемиот предизвик, фокусот на дизајнирањето на корисничкиот интерфејс беше да се направи инклузивен за категоријата корисници со сензорни попречености. Ако овие лица можат да комуницираат со интерфејсот без забуна, многу е веројатно дека останатите корисници нема да имаат поголеми потешкотии. На оваа задача работеше дизајнерката Александра Алексовска, како дел од истражувањето во рамките на нејзиниот магистерскиот труд.

На дизајнерот му беше предадена пополнета „подлога“ за проект која беше изработена користејќи ги податоците од наведените категории на системски влезови, односно класите „влезови“ од дефинираната база на податоци. Генерираната листа содржеше дефинирани спецификации за главните карактеристики на потсистемот „контролни уреди“ кои треба да се имаат предвид при дизајнирање на корисничкиот интерфејс (Слика 6-20).

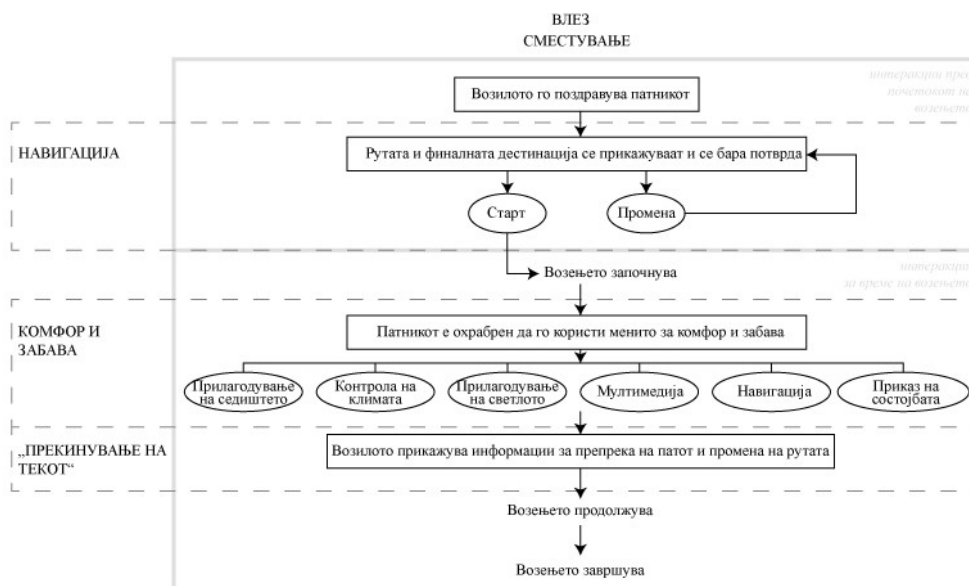


Слика 6-20. Листа со насоки предадена на дизајнерот за генерирање концепти за ергономски и инклузивен кориснички интерфејс на ентериер на автономно возило

6.2.2 Процес на дизајнирање

Дадените информации беа искористени од дизајнерот за развој на неколку концепти на кориснички интерфејс за ергономско и инклузивно автономно возило за споделен превоз. Бидејќи изборот на општите карактеристики остави неколку сегменти кои понудија можност да се експериментира со нив, прво беа дизајнирани и оценети (преку првична евалуација) три варијанти на кориснички интерфејс, кои главно се разликуваа во нивната структура, а потоа најдоброто решение беше оптимизирано и тестирано уште еднаш преку напредна евалуација.

Процесот за дизајнирање на корисничкиот интерфејс најпрво започна со развивање на сценарио за употреба на едно автономно возило и можните интеракции возило-патник што може да се случат во режимот на автономно возење. Целта беше да се одреди потребната содржина за интерфејсот. Протоколот на информации, или интеракцијата возило-патник, во автономно возило се одвива во 5 главни групи на активности: влегување, поставување, навигација, удобност, забавување (Lewandowski, 2018). Процесите течат од една активност во друга со можност овој тек да биде прекинат од други фактори, најмногу од надворешната средина. Земајќи го ова предвид, беше развиено и оценето сценарио за употреба, не исклучувајќи некои можни прекини во текот на активностите кои произлегуваат од надворешни фактори. „Прекршување на протоколот“ беше направено со цел да се оцени дали патникот може да ги препознае итните и информативни пораки што возилото се обидува да ги пренесе на патувањето и соодветно да одговори. Затоа, за фазата на евалуација на корисничкиот интерфејс, беше дефиниран стандардизиран и сеопфатен случај на употреба што треба да го пополни сите учесници за да се обезбеди дека процедурата за тестирање генерира сеопфатни и споредливи резултати (Naujoks et al., 2019). Развиеното сценарио е објаснето на Слика 6-21.



Слика 6-21. Сценарио за употреба

Сценариото за употреба беше корисно за одредување на ставките од менито на корисничкиот интерфејс. Целта беше да се обезбедат најважните опции за да се избегнат прекумерните информации или нередот што може да биде збунувачки за корисникот со сензорна попреченост. Конечниот резултат беше мени кое ги содржи следните јазичиња: навигација, прилагодување на седиштата, контрола на климата, прилагодување на светлината, мултимедија и статус на системот.

Во процесот на дизајнирање беа применети елаборираните препораки за инклузивност. Главниот критериум за избор на релевантни упатства беше следењето на потребите поврзани со губење на остријата на видот. Корисниците кои живеат со оваа состојба на очите имаат специфични барања за согледување (големина), растојание (проред на букви и зборови, бел простор, маргини) и препознавање на елементи (различен стил за диференцијација) (Allan et al. 2016).

Големината на целата содржина за време на дизајнирањето на варијантите на апликацијата беше внимателно избрана. Најмалата големина на фонтоот во интерфејсот беше 48pt. Поголем дел од текстот беше со големина од 72 pt. Најмалата големина на копче што се користеше беше 266x131 px за да се обезбеди голема зона за кликување. Беа користени маргини до 100 px околу копчињата и текстот за да се обезбеди доволно растојание.

Беа користени неколку методи за создавање лесно препознатливи елементи. Применетата главна комбинација на бои беше #2b344a и #b2f1ee, што обезбеди доволен контраст. „Roboto“ се користеше како „sans-serif“ фонто кој обезбедува висока читливост. Беа користени универзални симболи и сите икони беа пополнети наместо оцртани. Сите копчиња и области за кликање имаа позната форма на копче на правоаголник со заоблени агли и ефект на сенка. Користени бои за копчињата беа црвена и зелена, според изборот што го нуди копчето - зелена за потврда и црвена за откажување или запирање. Рамката на корисничкиот интерфејс беше поделена на третини и содржината беше јасно одделена и групирана со цел да се овозможи интуитивна употреба. Во сите три варијанти беа вклучени следните делови: заглавие, мени, мапа, информации и опции на избраната ставка од менито.

Покрај тоа, беше понудена мултимодалност со користење на личен асистент со женски глас.

По изборот на овие општи принципи, останаа неколку сегменти кои нудеа можност за експериментирање при утврдување на разликите помеѓу трите верзии на структурата на апликациите. Еден дел од прегледаните литературни извори сугерираа минимална употреба на текстот, заменувајќи го со графики и фотографии. Сепак, друг дел од препораките сугерираше користење на слики релевантни за текстот и елементи што содржат текст и икони во комбинација. Ова беше избрано како прв аспект што треба да се тестира од различните верзии на апликацијата.

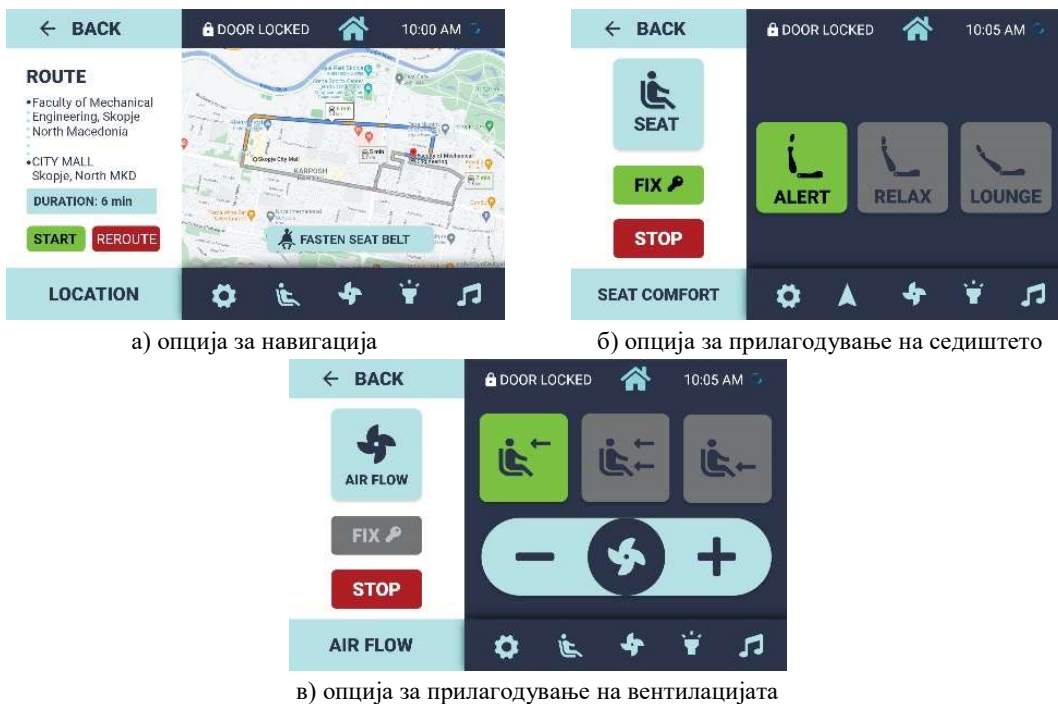
Друга избрана точка за тестирање беше употребата на навигациски елементи кои се секогаш видливи. Ова беше во спротивност со користењето на големи размери за сите

достапни опции бидејќи фиксниот прозорец за навигација значително ја намали преостанатата површина на екранот достапна за други функции.

Уште еден аспект што требаше да се тестира беше оптимално позиционирање на лентата со мени. Сите три развиени модели требаше да понудат позиција на лентата со мени што одговара на менталните модели на корисниците. Сепак, целта на изборот да се обезбедат варијации на позицијата на менито беше да се одлучи која позиција овозможува максимална употребливост за лицата со заматен вид, што е информација што не беше пронајдена во анализираните извори.

Слично на тоа, беше избрано да се анализира оптимално позиционирање на делот за информации и известувања со цел да се утврди зоната што обезбедува најдобра видливост. Успешното пренесување важни пораки од возилото до патникот е од клучно значење во автоматското возење за стекнување доверба во системот, особено кога се вклучени лица со оштетен вид.

Варијантата бр.1 (Слика 6-22) беше дизајнирана со лента за заглавие и лента со мени со иста висина. Лентата со мени беше поставена на дното на екранот и содржеше само икони за да ги претставуваат достапните опции. Левата третина од површината за кориснички интерфејс се користеше за прикажување информации, а централните две третини од екранот се користеа за прикажување на содржината на различните опции од менито. На пример, навигацијата прикажуваше голема мапа, прилагодувањето на седиштата покажа копчиња за избор на претпочитана положба за седење итн. Мапата беше видлива само ако лицето корисник кликне на навигацијата. Пораките (информации и известувања) се појавуваа само како „скокачки“ прозорци.



Слика 6-22. Варијанта бр.1 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска)

Варијантата бр.2 (Слика 6-23) беше дизајнирана со мени кое не само што содржи икони, туку и текст во комбинација. Ова беше направено со цел да се утврди дали користењето само икони не е доволно јасно за лицата кои имаат заматен вид. Левата третина од површината за кориснички интерфејс во овој случај ги содржеше копчињата од менито (икони и текст) кои ги оставија двете третини десно од екранот за прикажување на сите други информации. Како што беше претходно објаснето, бидејќи во некои од анализираните упатства беше споменато дека има постојано достапна мапа за навигација, оваа варијанта имаше посебна секција за прикажување на мапата на сите екрани на интерфејсот. Преостанатите две третини, односно десната зона беше поделена на половина. Долната половина исто така беше поделена на две зони - левото поле за прикажување на мапата и десното поле за прикажување информации и известувања. Горната половина од овој дел се користеше за прикажување на содржината на различни опции од менито. Положбата и големината на заглавјето беше иста како и варијантата бр.1.



Слика 6-23. Варијанта бр.2 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска)

Варијантата бр.3 (Слика 6-24) беше доста слична на претходната варијанта со таа разлика што менито беше поставено како лента десно од екранот и не содржеше текст, само икони. Левата третина од екранот се користеше за постојано прикажување на навигационата мапа, а над неа се појавуваа известувања и информации. Централната зона се користеше за содржината на опциите од менито. Заглавјето беше повторно на исто место како во претходната варијанта.



Слика 6-24. Варијанта бр.3 на корисничкиот интерфејс (дизајнирана од Александра Алексовска)

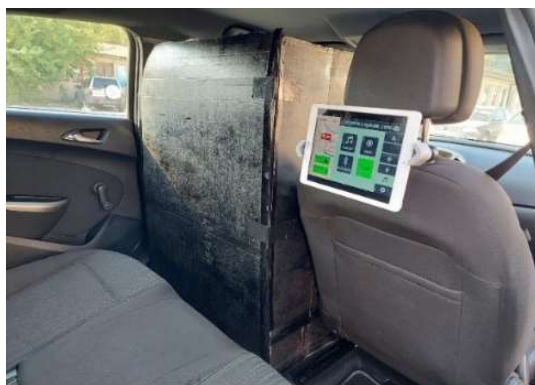
6.2.3 Почетна евалуација

Со цел да се одреди најдобрата варијанта на структура на корисничкиот интерфејс и да се оптимизира корисничкиот интерфејс за понатамошно тестирање, беше направена првична евалуација. За оваа цел беше избран методот „Волшебникот од Оз“ („Wizard of Oz“) како евтина и ефикасна опција за симулирање на автоматизиран систем. Други истражувања засновани на оваа методологија вклучуваат користење на симулатори на возила за да се испитаат потребите и однесувањето на корисниците во автономните возила, како и начини на кои автономните возила треба да комуницираат со луѓето (Detjen et al. 2020; Mok et al. 2015). Во овој случај, се користеше вистинско возило со скриен возач со цел да се симулира целосно автономно возење. Таблет за прикажување на интерфејсот беше поставен во задниот ред на возилото за да овозможи симулација на интеракцијата „возило-патник“. Експериментот беше спроведен врз основа на однапред одредено сценарио за патување и однапред одредена рута на патување. Губењето на визуелната острина беше симулирано со помош на специјално дизајнирани очила со леќи кои го заматуваат видот. Секој учесник помина низ истото сценарио три пати, секој пат користејќи една од трите различни дизајнирани структури на кориснички интерфејс кои беа претходно опишани. Редоследот на употреба на варијантите беше случаен помеѓу учесниците за да се избегне можниот „ефект на учење“. По експериментот, мислењата на учесниците беа собрани со спроведување на прашалници.

Учесници и опрема

Во студијата беа вклучени вкупно 10 учесници. Учесниците беа внимателно избрани со различни карактеристики за да претставуваат различни категории на корисници. Испитаниците беа 5 машки и 5 женски, на возраст од 22 до 58 години. Сите изјавија дека добро ги познаваат дигиталните уреди. Вклучувањето на учесници со солидно разбирање на технологијата беше важно за елиминирање на можни проблеми со употребливоста на апликацијата што не се предизвикани од симулираното оштетување на видот.

Возилото што се користеше за постапката беше „Opel Astra J“ кое беше уредено за да претставува, симулира, автономно возило (Слика 6-25, а)). Со цел да се прилагоди предниот дел на возилото беше одделен од задниот дел со помош на дебел картон кој го криеше возачот од учесниците кои седеа на задните седишта. Картонот беше обоен со црна боја со цел да се вклопи во внатрешноста и да не го привлекува вниманието на корисниците или да не го одвлекува вниманието од интеракцијата со интерфејсот. На потпирачот за глава на предното седиште беше поставен држач за таблет, а на држачот беше поставен 10-инчниот таблет што го прикажува корисничкиот интерфејс. Очилата за симулирање на оштетување на видот (Слика 6-25, б)) беа претходно набавени како прибор за инклузивно дизајнирање од Универзитетот во Кембриџ (inclusivedesign toolkit.com/). Очилата симулираат губење на визуелната острина, или поточно, како што е наведено на веб-страницата „Cambridge Inclusive Design Toolkit“: „ефектите се репрезентативни за неможноста да се постигне правилен фокус, намалена чувствителност на ретиналните клетки и проблеми со внатрешните делови на окото при што видот станува заматен, ефекти кои вообичаено се јавуваат со стареењето и поголемиот дел од состојбите на очите, како и неносење на најсоодветните корективни очила“.



а) симулирано автономно возило



б) симулациски очила

Слика 6-25. Искористена опрема за тестирање за експериментот „Волшебникот од Оз“ („Wizard of Oz“)

Процедура за тестирање

Студијата беше спроведена со закажување на секој учесник во различно време, со временско растојание од 40 минути помеѓу учесниците. По пристигнувањето на учесниците прво им беше даден протокол за истражувањето и инструкции со цел јасно да ја разберат целта на експериментот и нивната улога во постапката. Им беше објаснето дека треба да замислат дека се лице со оштетен вид што користи автономно возило за споделен превоз. Исто така, им беше објаснето дека ќе користат симулациски очила и ќе имаат интеракција со три различни верзии на интерфејс во возилото. Тие беа охрабрени да истражат што е можно повеќе опции на дадениот интерфејс. Сепак, не беа споделени со нив дополнителни информации во врска со менито, содржината или пораките на интерфејсот со цел да се утврди дали ќе можат успешно да ја разберат и користат целата содржина.

Потоа на учесниците им беа дадени симулациските очила. Тие носеа 3 пара очила наредени еден врз друг, што им го влоши видот за околу 0,49 logMAR (logMAR е резултат за визуелна острина во однос на логаритамот на минималниот агол на резолуција (Goodman-Deane et al. 2013)).

Пред трите симулациски возења, на учесниците прво им беше дадена можност да комуницираат на таблетот со различни кориснички интерфејси кои не се дизајнирани да бидат инклузивни, без бои со висок контраст, големи фонтови или ограничени информации. Ова беше направено за учесниците да ги истражат секојдневно користените апликации со состојба на „оштетување на видот“ за да можат подоцна да ги лоцираат клучните придобивки од специјално дизајнираната графика.

Како што беше претходно споменато, експериментот беше спроведен врз основа на однапред одредена рута на патување. Од почетната точка возилото возеше околу 3 километри. Едно возење траеше околу 10 минути што беше доволно време за учесниците да можат да ги истражат опциите на корисничкиот интерфејс (Слика 6-26). Истото возење беше повторено три пати под исти услови на осветлување. При секое повторување на возењето истражувачите поставуваа различна варијанта на корисничкиот интерфејс за да ја користи учесникот. Вкупното време поминато во возилото беше 30 минути за секој учесник.

По експериментот, на секој учесник му беа дадени структурирани и полуструктурирани прашалници со цел да се соберат нивните впечатоци. Прашањата се дадени во Прилог 2. Тие, исто така, беа охрабрени да ги објаснат своите одговори и да дадат дополнителни коментари или идеи. Прашањата се дадени во Прилог 2. Собраните резултати се елаборирани во следниот дел.



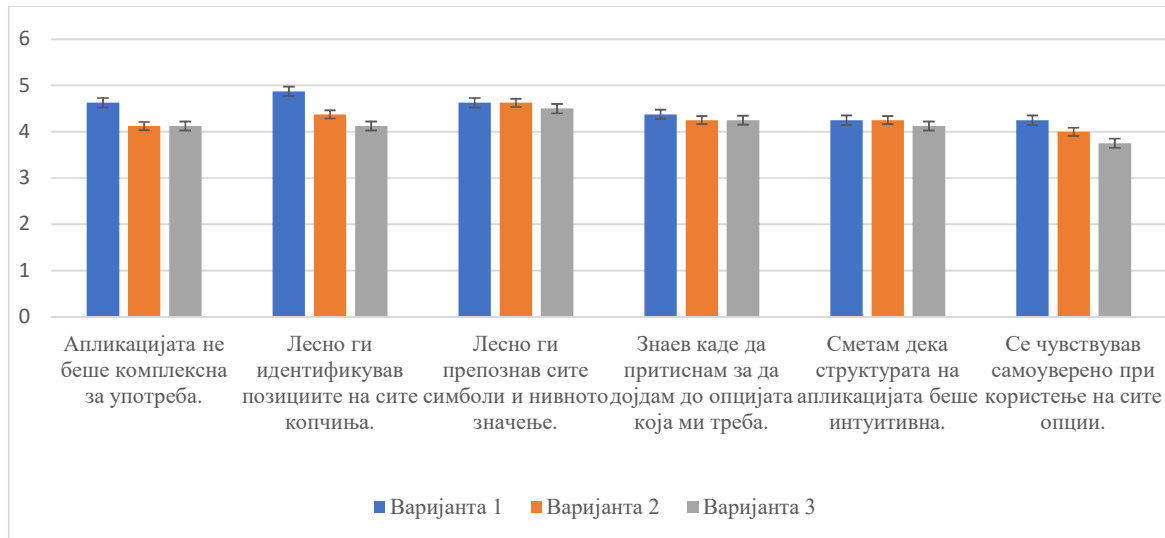
Слика 6-26. Корисници кои комуницираат со развиениот интерфејс

Резултати

Првичните резултати покажаа дека сите три варијанти на структурата на корисничкиот интерфејс беа успешни. Учесниците ги опишаа инклузивните верзии како поупотребливи во споредба со користењето обичен интерфејс. Одговорите на последните две прашања „Каков беше вашиот општ впечаток за оваа варијанта на интерфејс? и „Дали се чувствувавте безбедно и самоуверено за време на користењето на корисничкиот интерфејс и покрај вашиот заматен вид?“ беа позитивно одговорени од сите учесници за сите три верзии. Одговорите беа дека распоредот е повеќе или помалку јасен и дека повеќето копчиња и икони се лесно препознатливи.

Меѓутоа, одговорите на првиот дел од прашалникот, каде што од испитаниците беше побарано да користат Ликертова скала за да ја оценат употребливоста на сите три варијанти на корисничкиот интерфејс, покажаа дека ја претпочитаат структурата на варијантата бр.1. Овој резултат е видлив на столбестиот дијаграм даден подолу (Слика 6-27). Гледајќи ги резултатите на табелите со столбови, можеме да видиме дека лентите за несигурност се мали што илустрираат дека сите одговори биле слични на средната вредност без големи варијации на вредноста. Ова е резултат на слични впечатоци кај испитаниците при интеракција со варијантите на апликацијата. За некои од прашањата забележуваме преклопување во лентите за опишување на несигурноста што укажува дека овие резултати не се статистички значајни. Ова главно се однесува на позициите на копчињата и областите на допир и идентификацијата на симболите и докажува дека примената на принципите за согледување (големина), растојание (проред на букви и зборови, бел простор, маргини) и препознавање на елементи (различен стил за диференцијација) била успешна во трите понудени верзии на апликацијата. Сепак, одговорите на другите прашања откриваат мало преклопување во лентите за опишување на несигурност што значи дека тие резултати веројатно ќе бидат статистички значајни и

треба да се направат дополнителни тестирања. Ова се однесува на целокупната употребливост, структурата на апликацијата и довербата. Разликата е најмногу очигледна кога ќе се споредат првата и третата верзија. Ова покажува дека распоредот на првата верзија на апликацијата е најлесен и најинтуитивен за користење.



Слика 6-27. Општа оценка на трите верзии на интерфејсот

Одговорите на прашањата од отворен тип ги открија уште повеќе причините за резултатите собрани од прашањата со Ликертовата скала. Одговорите покажаа дека втората варијанта изгледала најинтуитивна на прв поглед. Ова го забележаа 6 учесници. Меѓутоа, за време на возењето, тој впечаток се променил и учесниците додадоа дека неколку елементи за време на употребата создале мала фрустрација во споредба со варијантата бр.1. Скоро сите учесници (9) одговорија дека чувствувале дека мапата во варијантата бр.2 била премала и непотребно зафаќала простор на екранот бидејќи била незабележлива и дека како последица некои од другите копчиња и текстот исто така биле помали. На пример, при изборот на опцијата за приказ на информации за знаменитости во близина, информативниот текст бил нечитлив. Ова го забележаа 5 од учесниците. Друг елемент за кој 6 од учесниците го опишаа како „земање непотребен простор на екранот“ беше текстот во менито. Дополнително, позицијата на долниот десен агол за прикажување известувања им изгледаше неприроден на 8 од учесниците. Нивниот претпочитан начин за прикажување информации беше преку централен „скокачки“ прозорец како што е вклучено во варијантата бр.1. Варијанта бр. 3 доби слични повратни информации како и варијантата бр. 2, но сè на сè, се сметаше за најмалку корисна. Сите испитаници одговорија дека варијантата бр.3 била најзбунувачка, на 7 испитаници не им се допаднала позицијата на лентата со мени, на 8 учесници не им се допадна делот за известувања поставен над мапата и, повторно, скоро сите сметаа дека мапата е премногу мала и непотребна бидејќи го намалила просторот на екранот за другите содржини. Дополнително, и во варијантата бр.2 и во варијантата бр.3, повеќето од учесниците имале потешкотии додека се обидуваа да ги користат копчињата за зголемување/намалување на интензитетот на вентилација и копчињата за

„назад/старт/пауза/напред“ од мултимедијалното мени. Според нив, овие копчиња не биле доволно големи. Варијантата бр.1 беше фаворит бидејќи испитаниците мислеа дека (1) ја имала најдобрата позиција за менито; (2) најважните информации секогаш биле позиционирани централно; и (3) копчињата и текстот биле најголеми и најлесни за препознавање и притискање. Исто така, важно е да се забележи дека она што им се допадна на сите учесници во сите варијанти беа однапред одредените опции за избор поради лесната видливост, разбирливоста и користењето со минимален број на интеракции. Повеќето одговори на прашањето „Што беше најлесно да се користи?“ беа поврзани со однапред одредените опции за избор, како што се изборот на позициите на седиштата или режимите на осветлување.

Заклучоци од првичната евалуација на дизајнираниот кориснички интерфејс за автономно возило

Генерално, дизајнот на корисничкиот интерфејс доби позитивни повратни информации. Следењето на упатствата резултираше со инклузивен интерфејс кој во голема мера може да го користат лица со намален вид.

Врз основа на избраната варијанта бр.1 како најинтуитивна, употреблива и инклузивна структура на корисничкиот интерфејс може да се утврдат дополнителни препораки за дизајнирање на кориснички интерфејс за лица со намален вид:

- (1) Најважната содржина треба секогаш да биде поставена централно на екранот;
- (2) Mapата за навигација не треба постојано да се прикажува на екранот за да се ослободи простор за поголеми копчиња и текст;
- (3) Не треба да се вклучува текст во лентата со мени под услов сите икони што се користат за опишување на опциите на менито да се: универзални, исполнети со боја што овозможува висок AAA контраст помеѓу нив и позадината и да бидат доволно големи (Варијантата бр.1 имаше големина на иконата од менито 90x90px);
- (4) Однапред одредените опции за избор се корисни за лицата кои имаат намален вид (дизајнираниот интерфејс имаше такви опции за поставките за удобност обезбедени како копчиња за избор и тие беа оценети како наједноставни за користење од страна на испитаниците);
- (5) Делењето на екранот на повеќе од 3 секции е збунувачко и непотребно (варијантата бр.1 имаше заглавие, лента со менија и дел со опции кои се покажаа како најинтуитивни за употреба додека варијантата бр.2 и бр.3 имаа заглавие, лента со менија, мапа, дел за известувања и опции, распоред кој се покажа како нејасен и потежок за употреба за лица со заматен вид).

Иако беа направени значителни напори за спроведување на студијата и таа се покажа како успешна за собирање корисни повратни информации, постојат некои ограничувања што треба да се споменат.

Студијата „Волшебникот од Оз“ („Wizard of Oz“) симулира автономно возење. Сепак, возењето во вистински самоуправувачки автомобил би било поинакво искуство

поради исклучувањето на возачот и изгледот на кабината на возилото. Во нашиот експеримент, возачот беше скриен, но учесниците сè уште беа свесни за неговото присуство што може да влијае на реалното согледување на чувството на безбедност. Покрај тоа, оштетувањето на видот беше симулирано преку очила. Овие очила помогнаа учесниците во експериментот да се соживеат со лицата кои имаат губење на остријата на видот, но не можат да пренесат како е навистина да се има вистинско оштетување. Дополнително, бројот на вклучени учесници беше ограничен како резултат на моменталната ситуација со Ковид-19 што во тоа време го отежна собирањето учесници за етнографска студија.

Сепак, и покрај ограничувањата, студијата обезбеди доволно податоци за да продолжи со понатамошната работа, да се дополнат и прецизираат дадените насоки за дизајнирање, според нив да се направи оптимизирање на корисничкиот интерфејс врз основа на резултатите од почетната евалуација и да се спроведе нова студија со поголем број учесници и попрецизна симулација на возење.

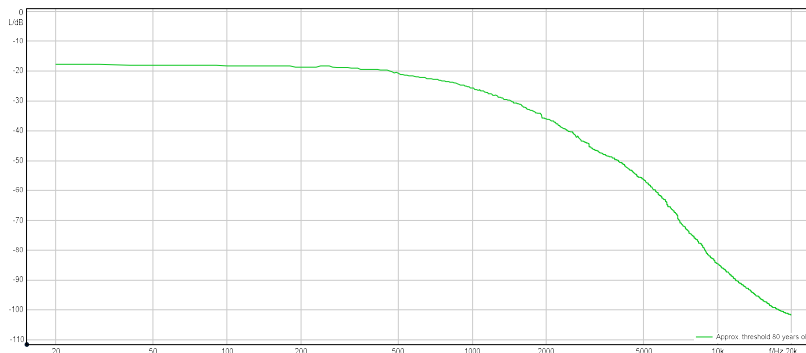
6.2.4 Напредна евалуација

Со цел да се обезбеди подетална анализа на дизајнираниот кориснички интерфејс и да се тестира успехот од применетите инклузивни принципи, во истражувачкиот центар „Virtual Vehicle Research GmbH“, во Грац, Австрија, беше спроведена напредна евалуација со примена на симулатор на возење. Дизајнираната апликација за кориснички интерфејс беше оптимизирана во согласност со повратните информации од извршената евалуација од претходното испитување. Избраната структура и изглед на кориснички интерфејс беше почетна точка врз основа на која опциите за корисниците беа збогатени со додавање на нови особини, со цел да се постигне поголема реалистичност на корисничкиот интерфејс. Како дополнување на графичката презентација беше додадена и опција за гласовна контрола. Студијата беше наречена „Евалуација на инклузивен интерфејс за корисници на автономни возила со сензорни попречености“. Во овој експеримент беа вклучени не само учесници со симулирана визуелна попреченост, туку и со симулирана аудиторна попреченост. Целта беше да се добијат дополнителни повратни информации кои се однесуваат на успешноста на инклузивниот дизајн и за лица кои можат да имаат истовремено повеќе попречености, како на пример повозрасни лица. Дополнително, беше поставена цел да се извлечат повратни информации кои се однесуваат на преференците на интеракцијата не само од лица со визуелна, туку и од лица со аудиторна попреченост. Резултатите од тестирањето се презентирани и елаборирани во ова поглавје.

Учесници и опрема

Во експериментот беа вклучени вкупно 32 машки и женски учесници, на возраст од 24 до 52 години. Ниту еден од нив немаше некаков вид сензорна попреченост. За да се симулира визуелна попреченост, учесниците ги имаа на располагање очилата со специјално дизајнирани леќи кои даваат илузија на заматен вид. Овие очила беа истите користени во претходното испитување. За да се симулира аудиторна попреченост,

звучните датотеки од корисничкиот интерфејс на виртуелниот асистент на симулаторот беа деформирани со примена на филтер, прилагодени да одговараат на звуци приближно соодветни на прагот на слухот на лице на возраст од 80 години (Слика 6-28).



Слика 6-28. Примена на филтер за деформирање на звучните датотеки за да одговараат на звуци приближно соодветни на прагот на слухот на лице на возраст од 80 години (график генериран од Linda Lühtrath, „Virtual Vehicle Research GmbH“)

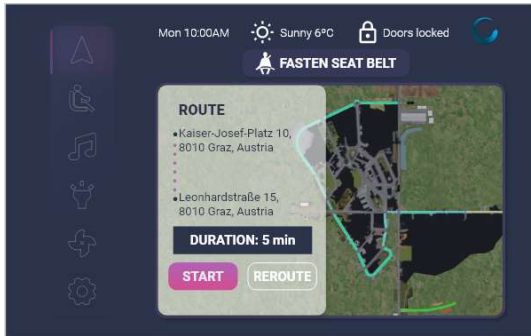
За да се симулира возење во автономно возило беше применет симулатор на возење кој содржи кабина и големи екрани кои проектираат околина на возилото (Слика 6-29). Пренослив уред, таблет со големина од 10 инчи, беше применет за презентирање на апликацијата со корисничкиот интерфејс на сите учесници (Слика 6-30). Во студијата беа применети две апликации, едната како инклузивна варијанта, а другата како обичен интерфејс без инклузивни елементи. Извадоци од двете варијанти се дадени на Слика 6-31 до Слика 6-39. Двете варијанти беа применети за да се воочат разликите во примената на инклузивни елементи и можните позитивни ефекти од нејзината примена од страна на корисници со сензорни попречености. Екраните пред кабината беа исто така применети како дисплеи во висина на очи, за да проектираат дополнителни информации кои се однесуваат на возењето и за презентирање пораки, известувања.



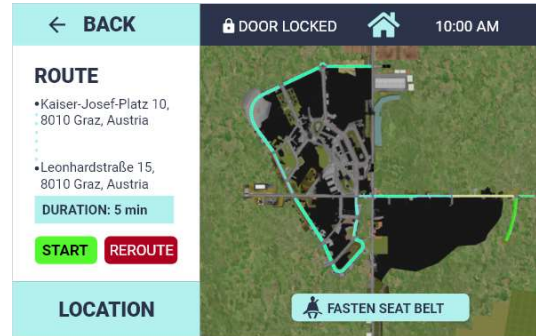
Слика 6-29. Симулатор за возење во „Virtual Vehicle GmbH“



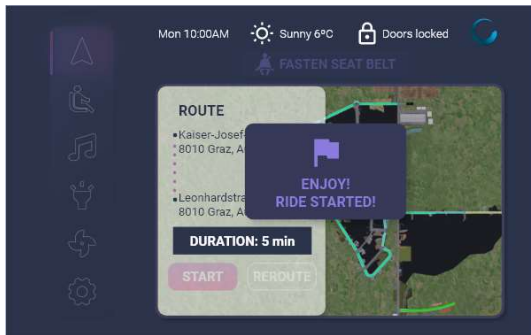
Слика 6-30. Таблет во кабината на симулаторот за прикажување на корисничкиот интерфејс



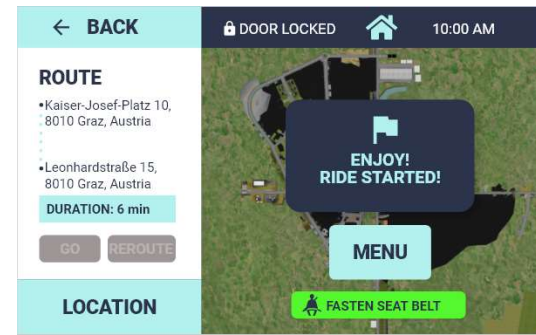
Слика 6-31. Потврда на рута – стандарден интерфејс



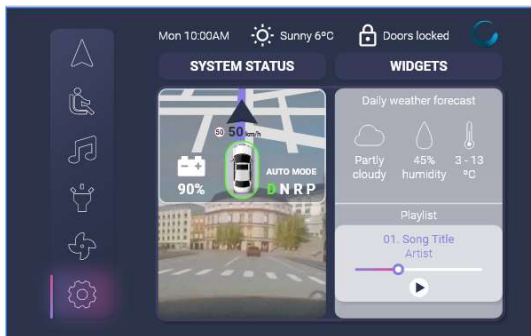
Слика 6-32. Потврда на рута – инклузивен интерфејс



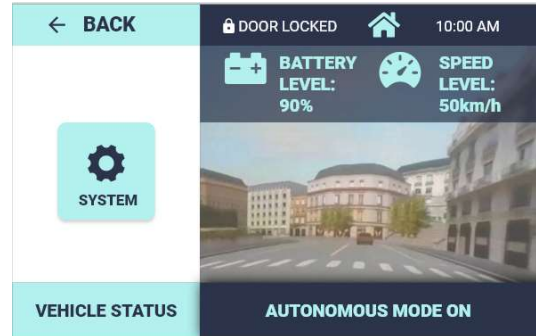
Слика 6-33. Почеток на патувањето – стандарден интерфејс



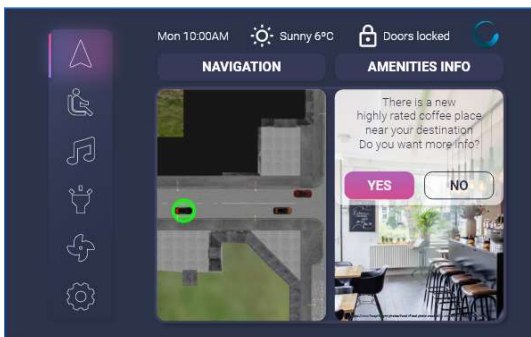
Слика 6-34. Почеток на патувањето – инклузивен интерфејс



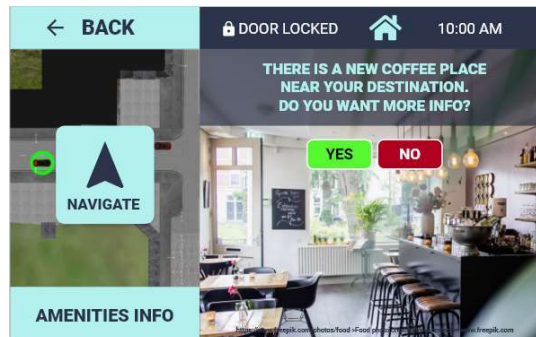
Слика 6-35. Информации за возилото – стандарден интерфејс



Слика 6-36. Информации за возилото – инклузивен интерфејс



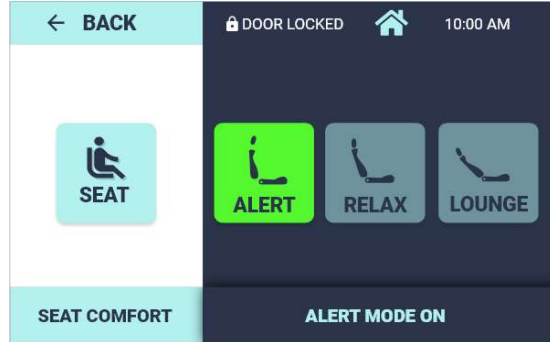
Слика 6-37. Информации за знаменитости – стандарден интерфејс



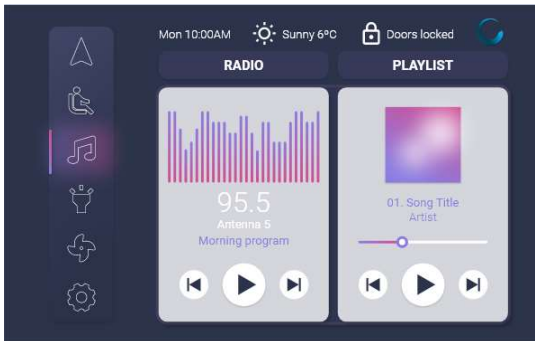
Слика 6-38. Информации за знаменитости – инклузивен интерфејс



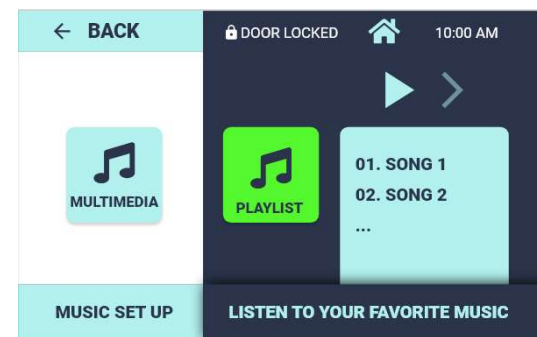
Слика 6-39. Опции за прилагодување на седиште – стандарден интерфејс



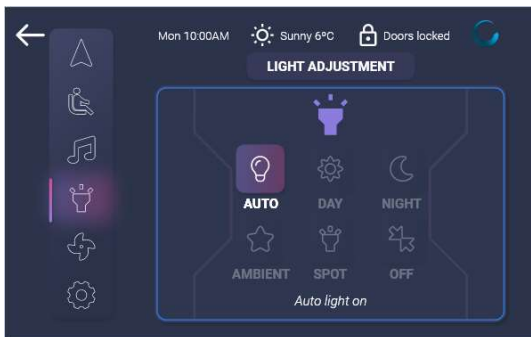
Слика 6-40. Опции за прилагодување на седиште – инклузивен интерфејс



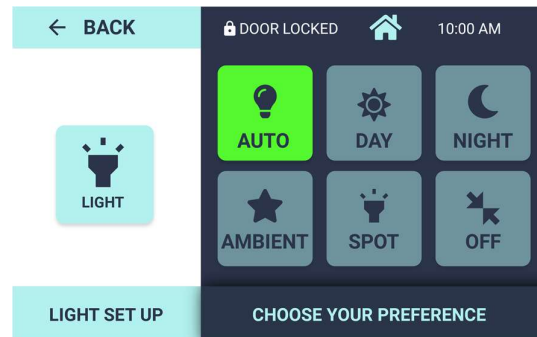
Слика 6-41. Опции за слушање музика – стандарден интерфејс



Слика 6-42. Опции за слушање музика – инклузивен интерфејс



Слика 6-43. Опции за прилагодување на осветлувањето – стандарден интерфејс



Слика 6-44. Опции за прилагодување на осветлувањето – инклузивен интерфејс



Слика 6-45. Опции за прилагодување на климатизацијата – стандарден интерфејс



Слика 6-46. Опции за прилагодување на климатизацијата – инклузивен интерфејс



Слика 6-47. Опции за прилагодување на греењето – стандарден интерфејс



Слика 6-48. Опции за прилагодување на греењето – инклузивен интерфејс

Процедура за тестирање

Пред започнувањето на експериментот секој учесник доби инструкции и беше замолен да потпише договор. Учесниците беа замолен да визуелизираат сценарио во кое тие се лица со умерена визуелна и/или аудиторна попреченост, или попречио, лица со редуцирана визуелна и/или аудиторна перцепција или способност за препознавање детали. Тие беа замолен да замислат дека користат автономно возило за споделен превоз, а при тоа им беше објаснето што точно значи автономно возило. Потоа им беше објаснето дека симулаторот за возење е употребен да го симулира опишаното сценарио. Беше потребно секој од нив поединечно да влегува во кабината на симулаторот за возење и да седне во возачкото седиште. Со цел да се симулира недостигот на способност за визуелна перцепција им беа дадени по три пара очила и беа замолен да ги носат за време на целиот експеримент. На учесниците им беше објаснето дека со цел да се симулира недостигот на способност за аудиторна перцепција ќе слушаат модифицирани звучни датотеки за време на целиот експеримент.

По влегувањето во кабината на симулаторот, учесниците беа водени преку кориснички интерфејс на таблетот поставен пред нив. Најпрво тие беа замолен да ја потврдат однапред одредената патека на движење (Слика 6-49) и да го започнат возењето. Симулацијата на возењето траеше по околу 8 минути за секој учесник. Патека на движење и сценариото беа исти за сите учесници. Симулацијата започнуваше откако секој учесник го „започнуваше возењето“ и на екраните пред кабината на симулаторот ќе се појавеше околината на возењето (Слика 6-50).

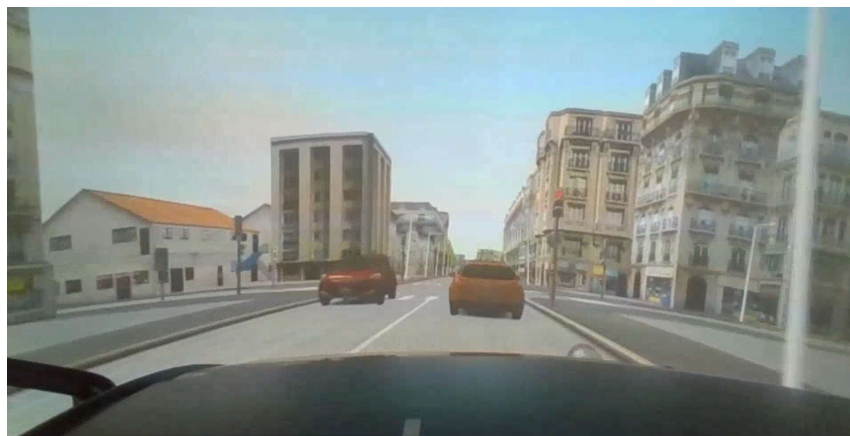


а) претходно определена патека на движење



б) симулирано движење на возилото по патеката

Слика 6-49. Однапред одредена патека на движење во урбана околина, генерирана преку софтверот на симулаторот на возење



Слика 6-50. Околина на возењето која се појавува на екраните пред кабината на симулаторот на возење

Учесниците беа замолени да го користат корисничкиот интерфејс прикажан на таблетот во кабината и опциите кои вклучуваат навигација, опциите за обезбедување удобност, прилагодување на седиштата, климатизација, осветлување, како и опциите за забава, поточно слушање музика. Дополнителни информации кои се однесуваат на други опции не беа посочени во инструкциите за учесниците со цел да се одреди дали покрај нивната „сензорна попреченост“ можат да ги разберат и препознаат сите информации, копчиња, области за кликување и други команди, без да имаат претходно знаење за нив. Им беше нагласено на сите корисници дека за да ја постигнат целта многу е важно да ги истражуваат и користат сите елементи на интерфејсот кои им се на располагање за да добијат што појасен впечаток за нив. Беа охрабрени да ги користат и копчињата за притискање и опциите за задавање гласовни наредби. Тие беа информирани дека ќе се појавуваат повратни пораки на екраните пред нив за да симулираат дисплеи во висина на очи, како што би биле прикажани и на ветробранско стакло кај автономни возила.

Учесниците беа поделени во следните 4 групи:

- (1) Група 1: нормален вид, нормален слух;
- (2) Група 2: нормален вид, оштетен слух;
- (3) Група 3: оштетен вид, нормален слух;
- (4) Група 4: оштетен вид, оштетен слух.

Секој учесник, од секоја група, учествуваше во две симулации. Во двата случаи сценариото беше исто, се разликуваа само верзиите на применетите кориснички интерфејси: еднаш со примена на инклузивен интерфејс, другиот пат со обичен интерфејс. Редоследот на примена на двата кориснички интерфејси беше случаен. Планот на групите и применетите варијанти на интерфејс за двете симулации е опишан во Табела 6-1.

Табела 6-1. План за симулациите на возење - групи, симулирани попречености и карактеристики на применетите варијанти на кориснички интерфејс во две симулации по учесник (во секоја група)

Група	Вид	Слух	Графика	Звук
1	1	1	1	0
			2	1
2	1	0	1	0
			2	2
3	0	1	1	0
			2	1
4	0	0	1	0
			2	2
	1 = нормален 0 = оштетен	1 = нормален 0 = оштетен	1 = стандардна 2 = инклузивна	0 = отсутен 1 = нормален 2 = деформиран

Експериментот беше успешно реализиран, учесниците ги разбраа нивните задачи и ги истражуваа опциите на интерфејсот (Слика 6-51).



а) учесник со симулирано сензорно оштетување во интеракција со обичниот интерфејс



б) учесник со симулирано сензорно оштетување во интеракција со инклузивниот интерфејс



в) учесник без симулирано сензорно оштетување во интеракција со обичниот интерфејс



г) учесник без симулирано сензорно оштетување во интеракција со инклузивниот интерфејс

Слика 6-51. Учесници во текот на интеракција со корисничкиот интерфејс во симулаторот за возење во „Virtual Vehicle GmbH“

Мислењата, впечатоците и искуството на учесниците за време на и после секоја симулација беа собрани на 3 начини:

- (1) Снимање (само видео) – за време на патувањето интеракциите на учесниците беа снимани со камера поставена во кабината на симулаторот. Камерата не ги снимаше лицата на учесниците, туку само таблетот кои тие го користеа и командната табла на симулаторот;
- (2) Прашалник – веднаш после секоја 8-минутна симулација на учесниците им беше даван прашалник кој мораа да го пополнат. Пополнувањето не траеше подолго од 5 минути. При тоа учесниците не го наведуваа своето име или други лични податоци од чувствителен карактер. Првото прашање беше општо, се однесуваше на пол, возраст, познавање на технологија, навики при превоз и здравствена состојба во врска со видот и слухот. Следните прашања вклучуваа 2 Ликерт скали („Likert scale“) преку кои учесниците требаше да ги оценат корисничките интерфејси. Првите 12 прашања со Ликерт скали беа наменети за оценување на довербата во интерфејсот и претставуваа прилагодена верзија на „Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата“ предложена од Jian, Bisantz, Drury и Llinas во „Основи на емпириски одредената скала на доверба во автоматизираните системи“, 1998 (Jian et al. 1998). Вторите 10 прашања со Ликерт скали беа наменети за евалуација на корисноста на интерфејсот, креирани како прилагодена верзија на „Скала на корисноста на системот“ од Brooke, 1996 (Brooke, 1996);

(3) Интервју – На учесниците им беа поставени дополнителни прашања со цел да се разберат подобро и подетално нивните впечатоци за време на целокупната интеракција со корисничките интерфејси. Раководителот на експериментот ги забележуваше нивните коментари. Учесниците беа охрабрани да ги споделат потешкотиите за време на користењето на интерфејсите или работи кои биле многу лесни за препознавање, да ги изразат нивните грижи, потешкотии, мислења. Сите тие би биле корисни и би придонеле во подобар дизајн на идните кориснички интерфејси за корисници со попречености.

Прашањата од прашалникот и интервјуто се дадени во Прилог 3.

Резултати

Резултатите од оваа студија беа најпрво анализирани за секоја група посебно, а потоа беа направени споредби помеѓу нив. Оценките од Ликерт прашањата се прикажани во посебни табели за секоја група (Табела 6-2; Табела 6-3; Табела 6-4; Табела 6-5), а потоа се дискутирани. На крајот се елаборирани одговорите од интервјуата.

АНАЛИЗА НА ГРУПА 1

Табела 6-2. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 1

Група 1: нормален вид, нормален слух		
Патување А: стандардна графика, без звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	15,875 / 44
	Скала на корисноста на системот	71,5625 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,875 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	3,25 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,625 / 5
Патување Б: инклузивна графика, нормален звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	18,25 / 44
	Скала на корисноста на системот	60 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,75 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	2,875 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,125 / 5

Првата тест група се состоеше од учесници кои имаа интеракција со кориснички интерфејс без симулирани попречености. Тие ја тестираа стандардната графика на интерфејс и инклузивната графика на интерфејс со вклучени звучни пораки. Резултатите од прашалниците покажаа дека лица без попречености ја преферираат стандардната (неинклузивна) графика и ја оценуваат како покорисна, врз база на оценување со „Скала на корисноста на системот“ („SUS“). Учесниците беа во можност добро да ги видат и употребат сите графички елементи во двата случаи (неинклузивна и инклузивна графика на интерфејс) – оценката беше околу 4/5 и за патувањето А и за патувањето Б. Во однос на ефективноста на пораките кои се појавуваа на екранот пред симулаторот што симулираа дисплеи во висина на очи, резултатите беа исти за двете тест патувања на оваа група. Пораките беа оценети со оценка околу 3,5/5 за разбирливост и добро привлекување на вниманието на патниците. Оценката за чувството на сигурност за време на патувањето, како што беше очекувано, беше висока – просечната оценка беше 4/5. Она што беше интересно да се забележи е дека иако стандардниот интерфејс беше подобро оценет со „Скала на корисноста на системот“ („SUS“), резултатите од оценките од „Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата“ покажаа спротивни резултати. Неинклузивниот интерфејс изгледаше попривлечен и покорисен за оваа категорија корисници кои немаа сензорни попречености, но тие чувствуваа дека му веруваат на автономниот систем малку повеќе во текот на возењето додека беа во интеракција со инклузивната графика.

АНАЛИЗА НА ГРУПА 2

Табела 6-3. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 2

Група 2: нормален вид, оштетен слух		
Патување А: стандардна графика, без звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	10,25 / 44
	Скала на корисноста на системот	62,185 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,875 / 5
	Дали визуелните информации на таблетот беа корисни за да го надоместите евентуалниот недостаток на информации поради оштетување на слухот?	4,5 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	4,125 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,5 / 5
	Колку се потпиравте на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетување (на пр. разбирање на визуелните информациите во случај на оштетување на слухот или разбирање на звучните информации во случај на оштетување на видот)?	3,25 / 5

Патување Б: инклузивна графика, намален звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	4,25 / 44
	Скала на корисноста на системот	57,5 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,75 / 5
	Дали визуелните информации на таблетот беа корисни за да го надоместите евентуалниот недостаток на информации поради оштетување на слухот?	4,5 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	3,625 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,375 / 5
	Дали беше разбирлива содржината на звучната информација?	3,125 / 5
	Колку ви беше лесно да ја слушнете звучната информација?	3,25 / 5
	Колку се потпиравте на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетување (на пр. разбирање на визуелните информациите во случај на оштетување на слухот или разбирање на звучните информации во случај на оштетување на видот)?	3 / 5

Втората тест група се состоеше од учесници со нормален вид и симулирана попреченост на слухот. Тие, исто така, учествуваа во две тест возења, еднаш преку интеракција со стандарден интерфејс и уште еднаш преку интеракција со инклузивна графика на интерфејс со вклучени звучни пораки. Како што беше спомнато, звучните пораки беа деформирани со цел да се симулира оштетеност на слухот. Интересно е што резултатите од експериментот со оваа категорија покажаа повторно дека корисниците го преферираат стандардниот интерфејс. Стандардниот интерфејс без звучни пораки постигна повисока оценки на „Скала на корисноста на системот“ („SUS“) и поголема оценка од „Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата“. Одговорите на прашањата од интервјуата ги покажаа причините за овие резултати и објаснија дека лицата беа фрустрирани од звучните пораки бидејќи не можеле да ги слушнат добро („звучната порака беше иритирачка бидејќи не се разбираше добро“, „звукот беше лош, но јасно ми беше дека сум во групата со оштетен слух“). Добиената оценка на прашањето „Дали содржината на гласовните пораки беше разбирлива?“ беше 3,125/5 и на прашањето „Колку ви беше лесно да ги слушнете гласовните пораки?“ беше 3,25/5. Покрај тоа, ефективностa на пораките што се појавуваат на дисплејот во висина на очи се намали во сценариото каде што беа вклучени деградирани звучни пораки што укажува на тоа дека учесниците доживеале когнитивно преоптоварување. Додека се фокусираа на слушање на звукот, тие не ги перцепираа овие пораки, како и кога беа споделени со нив само како графички симболи на екранот. Позитивна страна беше дека

графичкиот дизајн на интерфејсот на таблетот доби висока оценка од 4,5/5 затоа што е корисен за да се компензира недостатокот на информации поради оштетување на слухот.

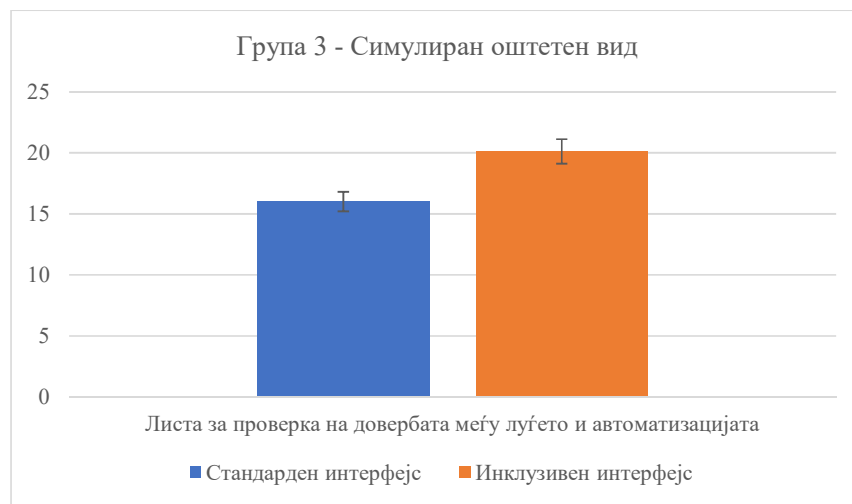
АНАЛИЗА НА ГРУПА 3

Табела 6-4. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 3

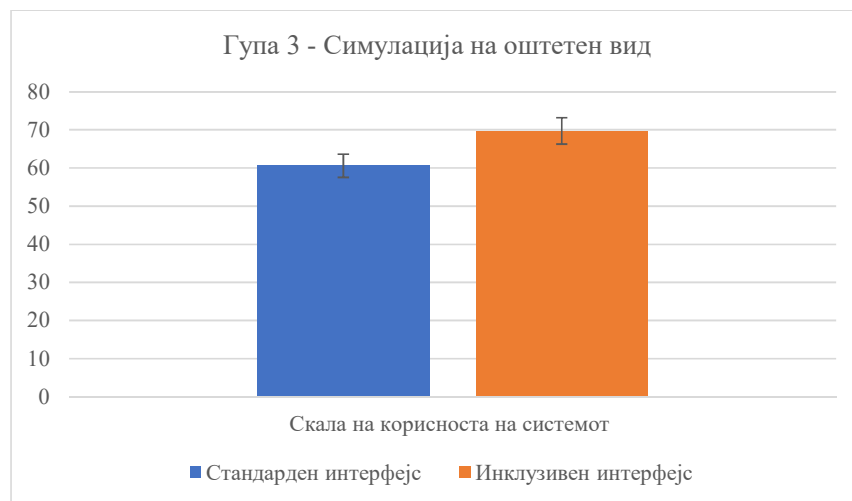
Група 3: оштетен вид, нормален слух		
Патување А: стандардна графика, без звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	16 / 44
	Скала на корисноста на системот	60,625 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,125 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	3,125 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	4 / 5
	Колку безбедно се чувствувавте додека патувавте во автономно возило?	2,857 / 5
Патување Б: инклузивна графика, нормален звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	20,125 / 44
	Скала на корисноста на системот	69,6875 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	4,25 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	2,875 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	4 / 5
	Колку безбедно се чувствувавте додека патувавте во автономно возило?	4,875 / 5

Третата група учесници имаше симулирано заматување на видот постигнато со користење на симулациски очила и немаше оштетен слух. Тие учествуваа во 2 пробни возења, еднаш со примена на интеракција со неинклузивниот интерфејс и втор пат со примена на интеракција со инклузивниот интерфејс со вклучени звучни пораки (звучните пораки не беа деградирани, бидејќи немаше симулација на оштетување на слухот). Во овој случај, ефективноста на инклузивниот дизајн стана поочигледна. Оценката од „Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата“ се зголеми од 16 (кога се користи неинклузивната верзија) на 20 (кога се користи инклузивната верзија), што може да се види на столбестиот графикон прикажан на Слика 6-52, а резултатот за „Скала на корисноста на системот“ („SUS“) се зголеми од 61/100

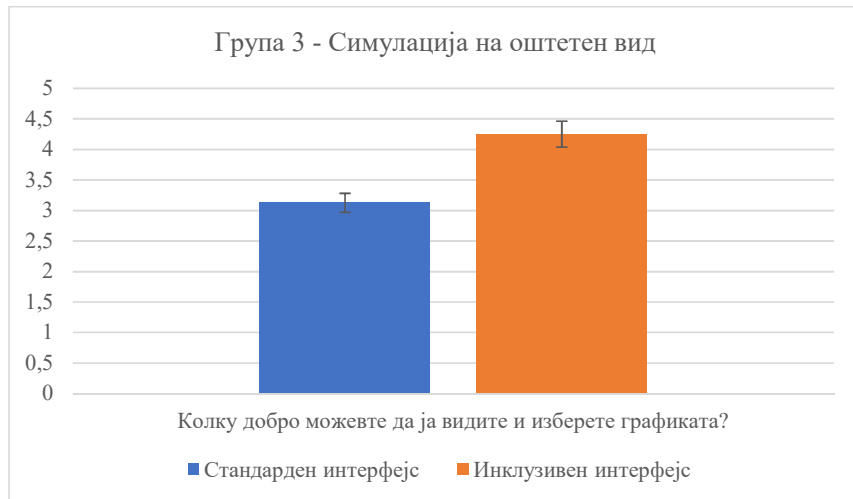
(неинклузивна) на 70/100 (инклузивна), илустрирано на Слика 6-53. Резултатот на прашањето „Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?“ (Слика 6-54) исто така се зголеми од 3,125/5 (неинклузивна) на 4,25/5 (инклузивна). Ефективноста на дисплеите во висина на очи за привлекување на вниманието на патниците, исто така, стана поочигледна во овој случај. Резултатот, поточно оценката на прашањето „Дали пораките што се појавија надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекоа вашето внимание?“ беше 4/5 што е повисоко во споредба со првиот случај на несимулирани попречености каде истото прашање доби оценка од 3,125/5. Целокупното чувство на безбедност за време на возењето при користење на инклузивната варијанта на кориснички интерфејс беше исто така доста високо 4,875/5 (слика 6-55), што е уште еден позитивен показател дека инклузивно дизајнираниот интерфејс е погоден за лица со оштетен вид што им помага да се чувствуваат безбедно додека патуваат.



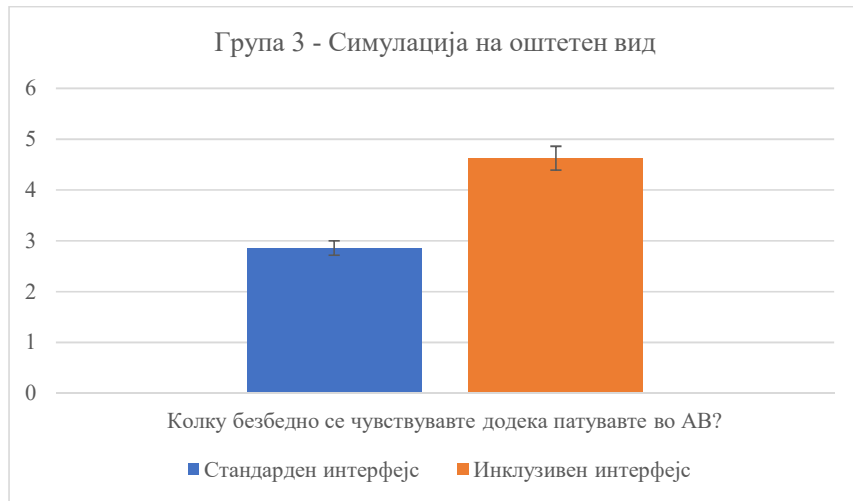
Слика 6-52. Резултати од „Листа за проверка меѓу луѓето и автоматизацијата“ од учесниците во Група 3



Слика 6-53. Резултати од „Скала на корисноста на системот“ од учесниците во Група 3



Слика 6-54. Видливост на графичките резултати од учесниците од Група 3



Слика 6-55. Оценки за чувство на безбедност од учесниците во Група 3

АНАЛИЗА НА ГРУПА 4

Табела 6-5. Резултати од прашалниците од учесниците во Група 4

Група 4: оштетен вид, оштетен слух		
Патување А: стандардна графика, без звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	8 / 44
	Скала на корисноста на системот	58,125 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3 / 5
	Дали визуелните информации на таблетот беа корисни за да го надоместите евентуалниот недостаток на информации поради оштетување на слухот?	4 / 5
	Дали пораките кои се појавуваат надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	3,375 / 5

	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,375 / 5
	Дали беше разбирлива содржината на звучната информација?	2,625 / 5
	Колку ви беше лесно да ја слушнете звучната информација?	3 / 5
	Колку се потпиравте на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетување (на пр. разбирање на визуелните информациите во случај на оштетување на слухот или разбирање на звучните информации во случај на оштетување на видот)?	2,625 / 5
	Колку безбедно се чувствувавте додека патувате во автономно возило?	2,125 / 5
Патување А: инклузивна графика, намален звук	Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата	9,625 / 44
	Скала на корисноста на системот	63,75 / 100
	Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?	3,125 / 5
	Дали визуелните информации на таблетот беа корисни за да го надоместите евентуалниот недостаток на информации поради оштетување на слухот?	3,375 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?	2,625 / 5
	Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?	3,625 / 5
	Дали беше разбирлива содржината на звучната информација?	2,5 / 5
	Колку ви беше лесно да ја слушнете звучната информација?	3 / 5
	Колку се потпиравте на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетување (на пр. разбирање на визуелните информациите во случај на оштетување на слухот или разбирање на звучните информации во случај на оштетување на видот)?	3,5 / 5
	Колку безбедно се чувствувавте додека патувате во автономно возило?	2,125 / 5

Лицата од четвртата фокус група учествуваа во 2 тест возења при интеракција со корисничкиот интерфејс со симулирано оштетување на видот и слухот. Како и со сите други групи, за време на едното тест возење им беше обезбеден стандарден кориснички интерфејс, а за време на другото возење им беше обезбедена инклузивната варијанта (вклучен и деградиран звук). Резултатите покажаа поголема употребливост и доверба на

инклузивната варијанта, но податоците не беа толку евидентни како кај групата 3. На пример, резултатот за „Скала на корисноста на системот“ („SUS“) во овој случај се зголеми од 58,125/100 (неинклузивна варијанта) на 63,75/100 (инклузивна варијанта), но оваа оценка за употребливост (во инклузивната варијанта) е помала во споредба со вкупниот резултат за „Скала на корисноста на системот“ од скоро 70/100 (инклузивна варијанта) пресметан од одговорите на учесниците во групата 3 кои имале само оштетување на видот. Откако претходно беа анализирани одговорите од групата 2, каде од одговорите на учесниците со симулирано оштетување на слухот стана очигледно дека некои од гласовните пораки имаат негативен ефект што ја намалува употребливоста на интерфејсот и чувството на доверба, може да се заклучи дека гласовните пораки го имаат истиот ефект и во овој случај. Како резултат на тоа, целокупното чувство на доверба беше ниско и покрај инклузивниот дизајн на интерфејсот – 2,125/5. Учесниците исто така беа свесни дека се потпираат на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетувањата – 3,5/5.

АНАЛИЗА НА ИЗВРШЕНОТО ИНТЕРВЈУ

Одговорите на прашањата на интервјуто, исто така, укажуваа на севкупен позитивен впечаток од инклузивниот интерфејс. Дел од одговорите на учесниците ги вклучуваат следните коментари: „за секоја функционалност беше многу јасно што ќе се случи по притискањето на копчето“, „изгледаше корисен за корисниците“, „иконите беа многу големи – во добра смисла“, „обликот на иконите беше привлечен - лесен за разбирање“, „добри бои“, „огромни копчиња лесни за притискање“, „ми се допадна гласовната контрола“ итн. Повеќето од учесниците изјавија дека најлесните задачи за нив биле да ги користат ставките од менито поради јасниот распоред и интерактивната структура. Тие сметаа дека дизајнот е познат и затоа лесен за употреба. На учесниците им се допадна и тоа што можат да ги користат сите опции со само 1-2 кликувања. Тие, исто така, уживаа во гласовните пораки и опцијата за користење гласовна контрола како алтернатива за кликување на копчињата бидејќи им беше практично и, како што се наведува во неколку одговори, „не смее да се читаат вистинските поставки“ и „на тој начин можете да се фокусирате повеќе за возење/пат“. Учесниците со симулирано оштетување на видот објаснија дека корисничкиот интерфејс обезбеден на таблетот е лесен за користење и дека опциите се видливи.

Кога учесниците беа прашани која е најтешката задача и што не им се допаѓа во интерфејсот, најчестите одговори беа поврзани со гласовните пораки. Учесниците објаснија дека гласовните пораки понекогаш се премногу долги и се случува до крајот на пораката да заборават каков тип на внес или клучни зборови се потребни од нив за да се користат опциите. Ова беше особено нагласено кога беше симулирано оштетување на слухот. Учесниците од групите со оштетен слух се чувствуваа малку фрустрирани што не можеа добро да ги слушнат пораките и тоа им пречеше на нивното искуство во возењето - „опциите беа читани на глас за да го поддржат возачот, но одземаа концентрација и внимание наместо да го поддржат поради оштетувањето на слухот“. Учесниците изјавија дека би претпочитале пократки пораки и опција за нивно повторување. Дополнителни предлози вклучуваат: копче за повторување за звучни

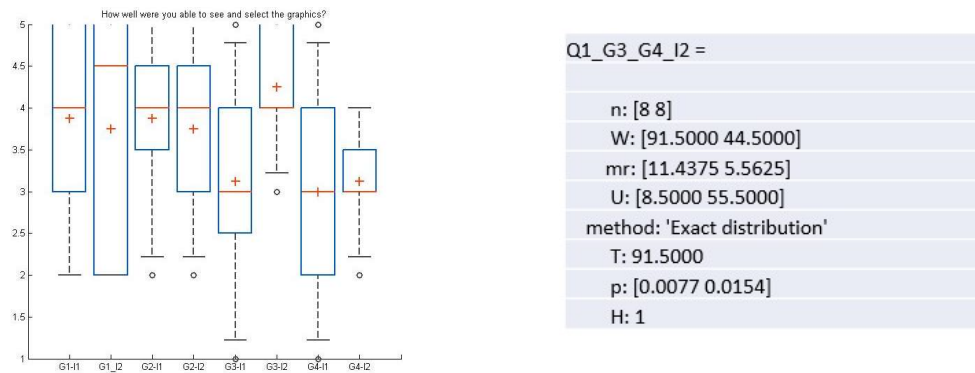
пораки; копче за повторно активирање на гласовна контрола; звуци за известување за некои од опциите (на пр. активирање или деактивирање); паралелна мапа и мени за користење во исто време; намалено заглавие и лева секција за зголемување на големината на копчињата; опции за индивидуализација за големина, бои итн.

Коментарите на учесниците од сесијата за интервју беа многу корисни за прецизирање на сите добри и лоши страни на корисничкиот интерфејс и собирање идеи за понатамошно подобрување и развој.

Заклучоци од напредната евалуација на дизајнираниот кориснички интерфејс за автономно возило

Од спроведената студија со симулатор за возење можат да се извлечат неколку главни заклучоци дадени во продолжение.

- (1) Дизајнираните графики на инклузивниот интерфејс беа значително поупотребливи за лица со оштетен вид. Групата со оштетен вид можеше да ја види и одбере графиката, што значи дека ергономските и инклузивните принципи беа правилно комбинирани за да се зголеми употребливоста и довербата во системот за корисници со оштетен вид. Звучните пораки, исто така, беа соодветни за оваа категорија корисници.
- (2) Спротивно од она што се очекуваше, звучните пораки не ја зголемија употребливоста за лицата со оштетен слух или и со оштетен вид и со оштетен слух. Лицата кои не можеле да ги слушнат пораките се чувствувале вознемирени и расеани и како резултат на тоа помалку задоволни во текот на возењето. Ова значи дека за корисниците со оштетен слух звуците кои би можеле да бидат корисни се кратки звуци за известување, а не гласовни пораки и виртуелни асистенти. Од резултатите беше очигледно дека групата со оштетен вид значително повеќе можеше да ја види и одбере графиката во споредба со групата со комбинирано оштетување (Слика 6-56). Ова е резултат на одвлекување на вниманието што го предизвикаа модифицираните звучни пораки кои ги слушаше групата со комбинирано оштетување при користењето на инклузивната варијанта.



Слика 6-56. Значајни разлики помеѓу групата 3 (G3-I2) и групата 4 (G4-I2) во однос на видливоста на графиката при интеракција со инклузивниот интерфејс (график генериран од Linda Lühtrath, „Virtual Vehicle Research GmbH“)

- (3) Во однос на употребата на дисплеи во висина на очи, немаше значителен доказ дека ја подобрил употребливоста за корисниците со сензорни оштетувања. Сепак, учесниците не го оценија ниту како непотребен или недопадлив, што значи дека може да се вклучи во инклузивните автономни возила, но веројатно е дека нема значително да ја подобри инклузивноста на ентериерот.

На крајот, можеме да заклучиме дека понудата на опции за прилагодување на интерфејсот и карактеристиките на комуникацијата патник-возило може да биде најдоброто решение за обезбедување целосна пристапност и максимална употребливост. Според личните преференци, на корисниците треба да им се обезбедат опции за вклучување или исклучување звуци, вклучување или исклучување на виртуелниот личен асистент, промена на јачината на звукот, промена на изгледот на графиката (зголемување/намалување на фонтови, промена на бои) итн. Меѓутоа, таквите опции би значеле дека треба да им се дадат упатства на корисниците во соодветна форма пред употреба на автономно возило. Во однос на проблемот со корисниците со оштетен слух и фрустрацијата предизвикана од гласовните пораки, добар предлог е да се вклучат само сигнали за известување и да се комбинираат со тактилни начини на комуникација како замена на звучните пораки. Сепак, ова ќе бара дополнително тестирање и останува како тема за понатамошна разработка.

6.3 Заклучок од спроведената евалуација

Евалуацијата преку експерименталните процеси беше спроведена со цел да се провери употребливоста и ефикасноста на предложената методологија и дизајн-платформа. Процесот на примена на систематизираните насоки за дизајнирање се покажа како корисен за двајцата дизајнери и при креирање на ентериер на автономно возило и при креирањето на кориснички интерфејс за истото. Дизајнерите сметаа дека предложениот метод за дизајнирање е употреблив и корисен бидејќи истиот ја олесни нивната работа елиминирајќи ја потребата од спроведување на дополнителни истражувања. Дизајнерите се чувствуваа подготвени директно да генерираат концепти по прегледувањето на добиените податоци. Изјави од двајцата дизајнери, вклучени во истражување, во однос на нивните размислувања за корисноста на предложената дизајн методологија, се дадени подолу.

„Заедно со добивањето на дизајн задача за одреден производ вообичаено се добива и листа на барања, односно карактеристики кои треба тој производ да ги поседува. Но, овие барања не се детализирани и затоа потребно е дизајн процесот да започне со анализа и подготовка од повеќе аспекти: да се дефинираат корисниците и нивните карактеристики, да се направи ергономска анализа со цел да се дизајнира производ безбеден за употреба, да се изврши преглед на конкурентните производи, достапната технологија за производство итн. При дизајнирањето на комплексни производи, како што се возилата, кои се составени од бројни механички компоненти, но и електрични, електронски и софтверски компоненти, како и најнови технолошки компоненти, потребно е да се има подлабоко разбирање за начинот на кој сите тие системи се поврзани и функционираат со цел да се креира дизајн што успешно ќе ги соедини. Дополнително, потребно е познавање на технологијата за производство за да не се направат грешки во дизајнот и на крајот да се понудат решенија кои не е возможно да се произведат поради недостаток на ресурси, скапи процеси и сл. При изработката на зададената дизајн задача исклучително беше корисно добивањето на систематизирани технички карактеристики и препораки врз база на кои се бараше да биде развиен дизајнот. Јасно беше дека зададените податоци се

добиели преку претходно анализирани регулативи, препораки, барања на корисниците, антропометриски бази на податоци и сл. и токму затоа беше возможна нивната директна употреба при креирање на концепти без да бидат потребни дополнителни анализи. Добиената табела ги содржеше сите потребни информации. Времето за истражување и дизајн беше скратено, јасно беше како треба да биде димензиониран просторот, кои компоненти треба да ги содржи и каде треба да бидат сместени истите. Добивањето на претходно утврдени технички податоци не ја ограничи креативноста, напротив, само ја насочи на соодветен начин избегнувајќи го непотребното лутање и генерирање на бројни концепти кои не би имале потенцијал за понатамошна доработка.“ – Александар Јанковиќ

„При работа на проекти каде се бара изработка на софтверски решенија, како што е креирањето на апликации, процесот започнува со визуелизација и креирање на дизајн прототипови кои потоа се предаваат за доработка и треба да бидат програмирани со соодветен програмерски јазик. Но, за да биде успешен дизајнот, најважниот чекор е подготвителната фаза, односно истражувањето на т.н. „корисничко искуство“ („user experience research“, „UX“). Најважно е да се дефинираат потенцијалните корисници и нивните карактеристики за да се генерираат успешни и употребливи решенија. Зададената дизајн задача беше да се генерира кориснички интерфејс за автономно возило за споделен превоз кој би можел успешно да биде користен од лица со попречености, со фокус на лицата со сензорни попречености. Оваа категорија на потенцијални корисници има специфични барања и налага специјален пристап во подготвителната фаза, како и во процесот на генерирање концепти. За ваков тип на кориснички интерфејс исклучително е важно да биде максимално безбеден за употреба и да бидат елиминирани сите ризици од недоразбирања и лоша комуникација меѓу автономниот систем на возилото и човекот корисник. Затоа, одговорноста на дизајнерот е голема и потребно е при дизајнирањето да се потпре врз анализа на многу информации – медицински податоци, размислувања на корисниците, препораки за ергономија, инклузивност и универзален дизајн итн. Овој процес е доста сложен и налага интердисциплинарна соработка. Добивањето на претходно утврдени препораки и барања за дизајнирање на корисничкиот интерфејс беше многу корисно за да се согледаат сите важни аспекти што треба да се имаат предвид при креирањето на концепти. Дополнително, ваквиот начин на работа ја намали можноста да се направат сериозни дизајн грешки. Предложената методологија би била многу корисна за дизајнерите и би била одлична за употреба во компаниите за развој на софтверски решенија, но и општо за развој на секаков тип на производи за кои е потребно силна соработка помеѓу вработените од различни сектори.“ – Александра Алексовска

Дополнително, анализите на креираните концепти покажаа дека успешно е одговорено на двете дизајнерски задачи, што значи дека со правилно следење на дадените упатства во процесот на дизајнирање, кои би се генерирале преку платформата, може да се дизајнира автономно возило со максимална инклузивност и ергономија, кое истовремено во целост ќе ги задоволува сите наложени регулативи, стандарди и барања. Резултатите од експерименталната фаза се индикатор дека е оправдано и пожелно да се вложи дополнителен труд и средства во доработка на предложената информациска платформа за дизајн на ергономски и инклузивни ентериери на автономни возила.

7. ЗАКЛУЧОК

Главна цел на истражувањето во овој докторски труд е развој на методологија и дизајнерска алатка (платформа) како помош за индустриските дизајнери во процесот на дизајнирање на ентериери на автономни возила. При тоа е применет дизајн пристап насочен кон човекот, ергономија и можности за инклузивност (пристапност). Ова е постигнато преку комбинирана истражувачка методологија што вклучува анализа на постоечка литература од областа на ергономијата кај возилата и инклузивноста, етнографско истражување, примена на Инженерство на системите, експерименти и евалуации со примена на алатки за виртуелна ергономија и симулатори на возење.

Предложената софтверска алатка како помош во дизајн процесот е презентирана во вид на информациска платформа во која се вградени голем број интердисциплинарни информации, содржани во база на податоци за која е предвидена можност за редовно ажурирање на постоечките и дополнување со нови информации. Информациите се состојат од систематизирани листи на правила, препораки и водилки кои се однесуваат на дизајнирање ергономски и инклузивни модели на возила со висок степен на автономност. Платформата примарно е наменета за индустриски дизајнери за да ја олесни нивната улога во развојот на ентериери на возила. Меѓутоа, таа има потенцијал да се користи и пошироко, на ниво на компании, заради тоа што нуди можност за олеснета комуникација помеѓу сите интердисциплинарни тимови вклучени во дизајнот и развојот на возила, подобра организација на процесот на развој и скратување на времетраењето на процесот на истражување и собирање информации во подготвителната фаза. Можноста за константно ажурирање и освежување на информациите во базата на податоци ја прави ваквата платформа соодветна за долготрајно користење и корисна за препознавање и следење на дизајн трендовите, технолошките иновации и барањата на корисниците, кои постојано се менуваат.

Евалуацијата на концептот на информациската платформа и практичната примена на систематизирани податоци добиени преку платформата беше извршена преку експерименти и тестирање. Значајни сознанија беа стекнати и собрани преку експериментални дизајн процеси, тестирање со симулации и работа со фокус групи, преку кои беа потврдени иницијално поставените хипотези.

Главна хипотеза: Резултатите од истражувањето ќе обезбедат специфичен пристап во процесот на дизајнирање на ентериерите на автономните возила и уредите со кои треба да бидат опремени. Таквиот дизајнерски пристап ќе овозможи подобрување на инклузивноста и ергономијата на ентериерите на автономните возила овозможувајќи нивна самостојна употреба од страна на лица со посебни потреби.

Главната хипотеза беше потврдена преку процес на елаборирање на начинот на примена на систематизирани принципи (податоци) за ергономија и инклузивност. Преку примена на овие принципи беше извршен дизајн на ентериер на автономно возило за споделено возење (димензионирање, обликување и поставување на сите елементи на ентериерот). Чекорите на овој дизајн процес се детално опишани, а истиот пристап може да биде применет повторно во иднина. Истиот пристап е применет и во процес на

дизајнирање на кориснички интерфејс, каде фокусот е ставен на практичната примена на напредни особини на корисничко искуство и инклузивност. Истражувањето содржи значајни податоци кои се однесуваат на влијанието на комбинирањето на различни опции за кориснички интерфејс, графички елементи и мултимодална размена на информации врз корисничкото искуство, како и опишаниот комфор од примената на истиот од страна корисници од различни профили, вклучително и корисници со сензорна попреченост.

Споредна хипотеза 1: Ергономскиот пристап во ова истражување ќе поттикне примена на слични пристапи при дизајнирање и развој на други производи каде новите технологии овозможуваат поголема инклузивност за сите корисници.

Развојот на платформа базирана на опишаниот модел, нејзино тестирање и унапредување има потенцијал да овозможи усвојување и примена од производители на возила, за унапредување на процесот на дизајнирање на идни модели на возила, независно од степенот на нивната автономност, а со поголем степен на ергономичност и инклузивност. Уште повеќе, се очекува предложената платформа да биде применлива и во различни полиња каде е неопходно комбинирање на интердисциплинарно знаење за дизајнирање на ергономски производи, со примена на висока технологија, со што би се постигнала зголемена пристапност за потенцијалните корисници.

Споредна хипотеза 2: До целосно созревање на комплетно автономните возила и нивна употреба во урбаните средини, дел од резултатите од ова истражување ќе можат да се искористат за подобрување на дизајнот на современите возила кај кои се употребува делумно автономно возење во вид на асистирање на возачот.

Третата хипотеза, која се однесува на можностите за делумна примена на предложената платформа во дизајнот на современите возила кои не се потполно автономни, може исто така да биде потврдена. Еден голем сегмент на обезбедените систематизирани податоци, кои се однесуваат на дизајн на ентериер, како и дизајн на кориснички интерфејс, може да бидат применети и за возила кои не се потполно автономни. Ова го прави истражувањето уште позначајно бидејќи резултатите имаат можност за примена уште веднаш, односно во развојот на комерцијални возила со цел да биде постигната поголема ергономичност и пристапност за лица со различни видови попреченост.

7.1 Позитивни и негативни страни на предложената информациска платформа

Предложениот метод и помошната софтверска алатка, информациска платформа, имаат голем број позитивни страни, но и одредени недостатоци.

Информациската платформа нуди голема помош за индустриските дизајнери како водич во дизајн процесот преку систематизираните податоци и, особено, преку подлогата која овозможува прегледност на сите информации неопходни за процесот на креирање концепти. Таа нуди можност за постојано ажурирање на информациите кои се поврзани со континуирано унапредување на примената на стандардите, ергономските

препораки, технолошките иновации итн. Од друга страна, поради можноста секој проект да остане зачуван со сите влезни информации, истиот може да се употреби при следен проект, со корегирање и дополнување на внесените податоци. На тој начин за секој нареден проект времето за подготвителната фаза до стартување со креирањето концепти се скратува значително. Знаењата од претходните проекти се акумулираат на систематизиран начин преку информациската платформа и стануваат лесно достапни за сите членови на тимот, како вградено искуство за секој нареден проект.

Главната негативна особина на примената на ваков вид информациска платформа е што го ограничува полето за креативност на дизајнерите. Меѓутоа, и во сегашни услови, за вака сложени производи, каде постојат огромен број ограничувања од различна природа, полето за креативност на дизајнерот е сведено на наоѓање начини на комбинирање на расположивите модуларни уреди и технологии.

7.2 Препораки за понатамошни истражувања

Постојат неколку ограничувања во ова истражување кои отвораат можности за понатамошни истражувања.

Прво, предложената платформа е базирана на модел поради тоа што фокусот е ставен на теоретскиот и концептуалниот аспект, неопходна е нејзина комплетна софтверска разработка. Нејзината презентација во ова истражување е потполно разбирлива за програмерите и може лесно да биде „оживеана“, поточно, лесно може да се претвори во софтверски производ. Овој аспект може да биде предизвик во идни истражувања со цел да се инвестира во практична примена на една ваква алатка за дизајнери.

Второ, евалуацијата на моделот на автономно возило, развиен со примена на предложената методологија, е извршена само со алатки за виртуелна ергономија. Примената на софтверот обезбеди доволно информации кои се однесуваат на целокупната ергономија на ентериерот на возилото. Меѓутоа, ова е корисно само во раните фази на процесот на дизајнирање. За да се добие појасна слика на корисноста на ентериерот на АВ потребна е примена на дополнителни тестирања со виртуелни алатки или со реални функционални прототипи.

Конечно, тестирањето на корисничкиот интерфејс со фокус групи и симулатори на возење беше лимитирано поради неколку аспекти. Симулациите на возење имаа за цел да презентираат возење во потполно автономно возило. Меѓутоа, вистинското чувство на возење во автономно возило не може да биде прецизно прифатено. Учесниците во експериментот беа свесни дека не учествуваат во возење во автономно возило, во двата случаи. Во експериментот „Волшебникот од Оз“ („Wizard of Oz“) возачот беше скриен, а во вториот експеримент тие беа свесни дека користат симулатор за возење во виртуелна околина. Оваа свесност сигурно имала големо влијание на нивните мислења за довербата и комфорот за време на интеракциите во текот на симулациите. Освен тоа, сите попречености беа симулирани. Употребените алатки беа корисни за да се создаде поврзаност (емпатија) со лица кои имаат одреден вид попреченост. Меѓутоа, невоможно е комплетно да се разбере како е да се живее со конкретна попреченост. Токму затоа,

неопходно е идните тестирања на развиените концепти да се изврши со фокус групи со учесници кои припаѓаат на категории со различни попречености.

Предожената информациската платформа може да биде прилагодена, унапредена со нови софтверски модули и употребена и за сите останати фази од дизајн процесот на ентериери на автономни возила, на целите возила, за други видови возила и, уште пошироко, и за други видови производи. Тоа отвара уште многу полиња за идни научни истражувања кои ќе се потпираат на сличен истражувачки пристап.

На крајот, може да се заклучи дека целта на ова истражување е постигната. Презентираните резултати обезбедуваат сознанија за ергономските и инклузивните принципи кои мора да ги следат дизајнерите, како неопходни барања за процесот на дизајн и развој на едно возило, особено автономно. Во овој труд се потенцирани на повеќе различни начини ограничувањата со кои се соочуваат лицата со попреченост при примена на средствата за транспорт. Посочена е стратегија за нивно надминување преку предлог за поинаков пристап во процесот на дизајнирање на возила. Се надевам дека примената на оваа стратегија ќе обезбеди можност за самостоен превоз на лицата со попреченост и нивно поголемо вклучување во општествените процеси. Се надевам дека ова истражување ќе ја подигне колективната свест за потребата од примена на ергономски и инклузивни методи и пристапи во дизајнот, насочени кон човекот.

Користена литература

Abidi, M. H., El-Tamimi, A. M., Al-Ahmari, A. M., Darwish, S. M., & Rasheed, M. S. (2013). Virtual ergonomic assessment of first saudi arabian designed car in a semi-immersive environment. *Procedia Engineering*, 64, 622-631.

Ait El Menceur, M. O., Pudlo, P., Découfour, N., Bassement, M., Gillet, C., Chateauroux, E., ... & Lepoutre, F. X. (2006). An experimental protocol to study the car ingress/egress movement for elderly and pathological population. In *Proceeding of the European Annual Conference on Human Decision-Making and Manual Control, Valenciennes September*.

Allan, J., Kirkpatrick, A., & Lawton Henry, S. (2016, March 17). Accessibility requirements for people with low vision. [online] W3C First Public Working Draft. Available at: <https://www.w3.org/TR/low-vision-needs/#visual-impairments> (last accessed 14.11.2021).

Allu, S., Jaiswal, A., Lin, M., Malik, A., Ozay, L., Prashanth, T., & Duerstock, B. S. (2017). Access to personal transportation for people with disabilities with autonomous Vehicles. Undergraduate Coursework, Paper 1, Purdue University.

Alvarenga, F. B., & Dedini, F. G. (2005). The principles of inclusive design. In *Proceedings of the COBEM 2005: 18th International Congress of Mechanical Engineering. ABCM, Ou-ro Preto, MG*.

Angeleska, E., Cvetkovski, A., Dimchova, M., Simonovski, N., Treziovski, D. & Sidorenko S. (2019). Influence of car door cavity design on ingress/egress ergonomics. 7th International Conference Transport & Logistics, Nish, Serbia.

Aromaa, S., & Väänänen, K. (2016). Suitability of virtual prototypes to support human factors/ergonomics evaluation during the design. *Applied ergonomics*, 56, 11-18.

Autoblog. (2012, June 11). *Kenguru Wheelchair-Accessible EV | Translogic*. [Video] YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=ry89HBh70C0> (last accessed: 11.04.2022).

Bach, W. D. (2014). An autonomous concept vehicle for individual transportation in European cities 2025. [master thesis] Zurich University of Arts, Switzerland (ZHdK).

Bayless, S. H., & Davidson, S. (2019). Driverless cars and accessibility: Designing the future of transportation for people with disabilities. The Intelligent Transportation Society of America.

Bengtsson, O. (2017). Autonomous vehicle seats: A user oriented concept design. [bachelor thesis]. In co-operation with NEVS Department of Product Development, Chalmers University of Technology, Sweden.

Bhise, V. D. (2012). *Ergonomics in the automotive design process*. CRC Press, Boca Raton.

Bimbraw, K. (2015, July). Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous vehicle technology. In *2015 12th international conference on informatics in control, automation and robotics (ICINCO)* (Vol. 1, pp. 191-198). IEEE.

Blanchard, B. S., & Blyler, J. E. (2016). *Systems engineering management*. John Wiley & Sons, Inc.

Blanchard, B. S., Fabrycky, W. J., & Fabrycky, W. J. (1990). *Systems engineering and analysis* (Vol. 4). Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall.

BMW Official. (2018, August 7). Car design: the car of the future in 7 steps. [online article] Available at: <https://www.bmw.com/en/design/car-design-in-7-steps.html> (last accessed: 09.04.2022).

BMW Corporate Communications. (2018, September 06). "Hey BMW, now we're talking!" BMWs are about to get a personality with the company's Intelligent Personal Assistant. [press release] Available at: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0284429EN/%E2%80%99Chey-bmw-now-we%E2%80%99re-talking-bmws-are-about-to-get-a-personality-with-the-company%E2%80%99s-intelligent-personal-assistant?language=en> (last accessed: 09.04.2022).

Bradt Miller, B. (2006). Anthropometry of users of wheeled mobility aids: a critical review of recent work. Anthrotech, Yellow Springs.

Bradt Miller, B., & Annis, J. (1997). Anthropometry for persons with disabilities: Needs for the twenty-first century. Architectural, U. S., Board, T. B. C.

Braunability Official. (2022). [online] Available at: <https://www.braunability.com/us/en.html> (last accessed: 09.04.2022)

Brooke, J. (1996). Sus: a "quick and dirty" usability. *Usability evaluation in industry*, 189(3).

Brunswick Mobility Professionals. (2021). Wheelchair accessible vehicles and auto repair services. [online] Available at: <https://www.brunswickmobility.com/> (last accessed: 11.04.2022).

Buchholz, K. (2018, March 09). Seats and instrument panel in Faurecia's autonomous vehicle sights. [online article] SAE International. Available at: <https://www.sae.org/news/2018/03/seats-and-instrument-panel-in-faurecias-autonomous-vehicle-sights> (last accessed: 09.04.2022).

Bursac, N., Albers, A., & Schmitt, T. (2016). Model based systems engineering in modular design—a potential analysis using portal type scraper reclaimers as an example. *Procedia CIRP*, 50, 802-807.

Carstyling. (2019). 2019 Suzuki Hanare. [online] Available at: https://www.carstyling.ru/en/car/2019_suzuki_hanare/ (last accessed: 11.04.2022).

Causse, J., Wang, X., & Denninger, L. (2011). Effects of roof height on car ingress/egress movement. *SAE Technical Papers*, no. June. ResearchGate, 1-8.

Claypool, H., Bin-Nun, A., & Gerlach, J. (2017). Self-driving cars: The impact on people with disabilities. *Newton, MA: Ruderman Family Foundation*.

Clery, E., Kiss, Z., Taylor, E., & Gill, V. (2017). Disabled people's travel behaviour and attitudes to travel. Department for Transport, Crown copyright.

Continental AG Official. (2022). Advanced Augmented-Reality HUD. [online] Available at: <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Information-Management/Head-Up-Displays/Augmented-Reality-HUD> (last accessed: 11.04.2022).

Cornish, K., Goodman-Deane, J., Ruggeri, K., & Clarkson, P. J. (2015). Visual accessibility in graphic design: A client–designer communication failure. *Design Studies*, 40, 176-195. doi: 10.1016/j.destud.2015.07.003.

Crespi, V., Galstyan, A., & Lerman, K. (2008). Top-down vs bottom-up methodologies in multi-agent system design. *Autonomous Robots*, 24(3), 303-313. doi: 10.1007/s10514-007-9080-5.

Crizzle, A. M., Vrkljan, B. H., Kajaks, T., Gish, J., & Fleisig, R. (2014). A systematic review of driver ingress and egress using passenger vehicles: considerations for designers. *J Ergonomics S*, 3. doi:10.4172/2165-7556.S3-005.

Darvishy, A., & Hutter, H. P. (2017, July). Recommendations for age-appropriate mobile application design. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 241-253). Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60597-5_20.

Davies, A. (2015, May 21). Oh look, more evidence humans shouldn't be driving. [online article] Wired. Available at: <https://www.wired.com/2015/05/oh-look-evidence-humans-shouldnt-driving/> (last accessed: 09.04.2022).

Detjen, H., Pflöging, B., & Schneegass, S. (2020, September). A wizard of oz field study to understand non-driving-related activities, trust, and acceptance of automated vehicles. In *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 19-29). doi: <https://doi.org/10.1145/3409120.3410662>.

De Winkel, K. N., Pretto, P., Nooij, S. A., Cohen, I., & Bühlhoff, H. H. (2021). Efficacy of augmented visual environments for reducing sickness in autonomous vehicles. *Applied Ergonomics*, 90, 103282. doi: 10.1016/j.apergo.2020.103282.

Disability Rights Education & Defense Fund. (2018, May 13). Fully accessible autonomous vehicles checklist. [working draft] DREDF. Available at: <https://dredf.org/wp-content/uploads/2018/04/DREDF-Fully-Accessible-Vehicle-Checklist-3-5-18.pdf> (last accessed: 09.04.2022).

Dols, J., Chicote, J., Romero, M., & Fundosa Accesibilidad, S. A. (2015). Joystick controlled cars for drivers with reduced mobility. In *14th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled, Lisbon, Portugal*.

Dols, J. F., Garcia, M., & Sotos, J. J. (1996). Procedure for improving the ergonomic design of driving positions adapted for handicapped people. *Boletín Factores Humanos*, 12, 7-17.

Eigner, M., Gilz, T., & Zafirov, R. (2012). Interdisciplinary Product Development-Model Based Systems Engineering. *PML Portal*.

Ferati, M., Murano, P., & Anthony Giannoumis, G. (2017, July). Universal design of user interfaces in self-driving cars. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 220-228). Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60597-5_20

Form Trends. (2018, September 05). *Volvo 360c Concept Explained*. [Video] YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=mwWIrH7HWYU> (last accessed: 11.04.2022).

Forvia Faurecia. (2022). Technologies. [online] Available at: <https://www.faurecia.com/en/technologies> (last accessed: 11.04.2022).

Fulton, G. (2017, December 03). Accessibility basics: Designing for visual impairment. [online] Envato Tuts+. Available at: <https://webdesign.tutsplus.com/articles/accessibility-basics-designing-for-visual-impairment--cms-27634> (last accessed 14.11.2021).

Gechevska, V. (2013). Systems and processes in manufacturing engineering. [teaching script] Faculty of Mechanical Engineering – Skopje. Available at: mf.edu.mk.

Giacomin, J. (2012). Human centred design of 21st century automobiles. *ATA Ingegneria dell'Autoveicolo*, 65(9/10), 32-44.

Giacomin, J., & Quattrocchio, S. (1997). An analysis of human comfort when entering and exiting the rear seat of an automobile. *Applied Ergonomics*, 28(5-6), 397-406.

Gkikas, N. (Ed.). (2012). *Automotive ergonomics: driver-vehicle interaction*. CRC Press.

Goggin, G. (2019). Cars and contemporary communication| disability, connected cars, and communication. *International Journal of Communication*, 13, 26.

Goodman-Deane, J., Waller, S., Collins, A. C., & Clarkson, J. (2013, April). Simulating vision loss: what levels of impairment are actually represented?. In *Contemporary Ergonomics and Human Factors 2013: Proceedings of the international conference on Ergonomics & Human Factors 2013, Cambridge, UK, 15-18 April 2013* (p. 347). CRC Press.

Google. (2012, March 28). *Self-Driving Car Test: Steve Mahan*. [Video] YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=cdgQpa1pUUE> (last accessed: 11.04.2022).

Graham, T., & Goncalves, A. (2017, October 23). Stop designing for only 85% of users: Nailing accessibility in design. [online] Smashing Magazine. Available at: <https://www.smashingmagazine.com/2017/10/nailing-accessibility-design/> (last accessed 14.11.2021).

Green Car Congress. (2018, March 06). Renault introduces electric robo-vehicle and ride-hailing concept EZ-GO. [online article] Available at: <https://www.greencarcongress.com/2018/03/20180306-ezgo.html> (last accessed: 11.04.2022).

Green Car Congress (2019, May 02). Volkswagen Group of America launches Inclusive Mobility initiative; focus on autonomous and electric vehicles. [online article] Available at: <https://www.greencarcongress.com/2019/05/20190502-vwgoa.html> (last accessed: 10.04.2022).

Guerrero, L. A., Vasquez, F., & Ochoa, S. F. (2012). An indoor navigation system for the visually impaired. *Sensors*, 12(6), 8236-8258. doi: <https://doi.org/10.3390/s120608236>.

Hamill, D. (2018, November 22). *The blurry-eye test*. [online] UX Collective. Available at: <https://uxdesign.cc/the-blurry-eye-test-1bd12bc6c3f8> (last accessed 14.11.2021).

Hanappe, F., & Hudson, A. (2018). Impacts and potential benefits of autonomous vehicles. The Apur, Parisian urban planning workshop.

Happian-Smith, J. (2002). An introduction to modern vehicle design, Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

Harper, S. & Green, P. (2000). A travel flow and mobility framework for visually impaired Travellers. In *International Conference on Computers Helping People with Special Needs* (pp. 289-296).

Haslegrave, C. (1986). *Car control conversions for disabled drivers* (No. RR 29). Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport.

Hause, M., Buitelaar, J., van de Ven, M., & Burgers, E. (2015, October). The Use of MBSE in Infrastructure Projects--An MBSE Challenge Team Paper. In *INCOSE International Symposium* (Vol. 25, No. 1, pp. 371-387).

Hawkins, J. A. (2020, January 21). Exclusive look at Cruise's first driveless car without a steering wheel or pedals. [online article] The Verge. Available at: <https://www.theverge.com/2020/1/21/21075977/cruise-driverless-car-gm-no-steering-wheel-pedals-ev-exclusive-first-look> (last accessed: 11.04.2022).

Haworth. (2019). The importance of good sitting: Ergonomic seating guide. Haworth, Inc., Holland, Michigan.

Hendriks, H., Shih, T., & Reichenbach, M. (2019). Experiencing the interior is more important than owning the car. *ATZ worldwide*, 121(11), 24-27.

Herman Miller, I. (2002). Body support in the office: Sitting, seating, and low back pain. *Zeeland, MI: Herman Miller*.

Hirz, M., & Rossbacher, P. (2018, July). Integrated approach supporting virtual conception of passenger ergonomics in automated driving cars. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 434-444). Springer, Cham.

Hitti, N. (2018, March 06). Renault unveils driverless Uber-style transport system. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2018/03/06/renault-ez-go-driverless-transport-system-geneva-motor-show/> (last accessed: 11.04.2022).

Human Factors and Ergonomics Society (2007). Human factors engineering of computer workstations, ANSI/HFES 100-2007. HFES, Santa Monica, CA.

Hitti, N. (2020, March 03). Renault unveils shapeshifting Morphoz concept car. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/03/03/renault-morphoz-concept-car-design/> (last accessed: 11.04.2022).

Hitti, N. (2019, October 23). Lexus designs LF-30 Electrified concept to develop "mutual understanding" between car and driver. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2019/10/23/lexus-lf-30-electric-concept-car/> (last accessed: 11.04.2022).

Hitti, N. (2019, July 11). Bentley's EXP 100 GT concept reimagines grand touring for the year 2035. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2019/07/11/bentley-exp-100-gt-electric-autonomous-car/> (last accessed: 11.04.2022).

Hitti, N. (2018, September 10). Volvo condenses the home into autonomous concept car. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2018/09/10/volvo-360c-concept-car-self-driving-home-transport-design/> (last accessed: 11.04.2022).

Jian, J. Y., Bisantz, A. M., Drury, C. G., & Llinas, J. (1998). Foundations for an empirically determined scale of trust in automated systems (No. CMIF198). *Center for Multisource Information Fusion, Buffalo*.

Jimenez, F. (Ed.). (2017). *Chapter 10 – Simulation Tools. Intelligent Vehicles: Enabling technologies and future developments* (pp. 395 – 436). Butterworth-Heinemann.

Jorlöv, S., Bohman, K., & Larsson, A. (2017, September). Seating positions and activities in highly automated cars—a qualitative study of future automated driving scenarios. In *International research conference on the biomechanics of impact* (pp. 13-22).

Kamp, I. (2012). Comfortable car interiors experiments as a basis for car interior design contributing to the pleasure of the driver and passengers. [doctoral thesis] TU Delft, Industrial Design

and Engineering. Available at: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:5dc025f4-eed3-4b48-9759-49caa44ad792>.

Kärcher, S. M., Fenzlaff, S., Hartmann, D., Nagel, S. K., & König, P. (2012). Sensory augmentation for the blind. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 37.

Kolich, M. (2008). A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort. *Applied Ergonomics*, 39(1), 15-27.

Kraus, L., Lauer, E., Coleman, R., & Houtenville, A. (2017). Disability statistics annual report. Durham, NH: University of New Hampshire.

Kristjánsson, Ární., Moldoveanu, A., Jóhannesson, O., Balan, O., Spagnol, S., Valgeirsdóttir, V., V. & Unnthorsson, R. (2016). Designing sensory-substitution devices: Principles, pitfalls and potential. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 34 (5), 769-787.

Kumar, S. (1997). *Perspectives in rehabilitation ergonomics*. Taylor & Francis Ltd.

Larkin, H., Hitch, D., Watchorn, V., & Ang, S. (2015). Working with policy and regulatory factors to implement universal design in the built environment: The Australian experience. *International journal of environmental research and public health*, 12(7), 8157-8171.

Lenay, C., Gapenne, O., Hanne-ton, S., Marque, C., & Genouëlle, C. (2003). Sensory substitution: Limits and perspectives. *Touching for knowing*, 275-292.

Lewandowski, S. (2018). Inclusion and personalization for autonomous mobility. [master thesis] CCS MFA.

Lopez, J. (2018, May 02). All-electric, fully autonomous, and extra chic. [online article] Top Speed. Available at: <https://www.topspeed.com/cars/2018-renault-ez-go-ar180334.html> (last accessed: 11.04.2022).

Macey, S., Wardle, G. (2008). *H-Point, The fundamentals of car design and packaging*. Design Studio Press.

Mandal, A. (2019, June 05). Types of visual impairment. [online] News Medical Life Sciences. Available at: <https://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment.aspx> (last accessed 14.11.2021).

Merat, N., & Jamson, A. H. (2009, June). How do drivers behave in a highly automated car. In *Proceedings of the 5th international driving symposium on human factors in driver assessment, Training and Vehicle Design* (Vol. 5, pp. 514-521). Big Sky MT.

Mills, N. (2007). *Polymer foams handbook: engineering and biomechanics applications and design guide*. Elsevier.

Mircheski, I., Kandikjan, T., & Sidorenko, S. (2014). Comfort analysis of vehicle driver's seat through simulation of the sitting process. *Tehnicky vjesnik/Technical Gazette*, 21(2).

Mok, B. K. J., Sirkin, D., Sibi, S., Miller, D. B., & Ju, W. (2015, June). Understanding driver-automated vehicle interactions through Wizard of Oz design improvisation. In *Proceedings of the International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design* (pp. 386-392).

Murakami, S., Saiki, K., Hayashi, M., Satou, T., & Fukami, T. (2001). A newly developed mdi-based polyurethane flexible foam for automotive seat cushion having both superior static and dynamic properties. *Journal of cellular plastics*, 37(3), 249-261.

Nadeem, A. (2014). People centered HMI's for deaf and functionally illiterate users. [doctoral dissertation] Politecnico Di Torino and University of Potsdam, Italy.

National Highway Traffic Safety Administration. (2015). Adapting motor vehicles for people with disabilities. NHTSA, DOT HS 810 733, 12866-010917-v1.

Naujoks, F., Hergeth, S., Wiedemann, K., Schömig, N., Forster, Y., & Keinath, A. (2019). Test procedure for evaluating the human-machine interface of vehicles with automated driving systems. *Traffic injury prevention*, 20(sup1), S146-S151. doi: <https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1603374>.

Nieberding, F. H. M. (2010). *Selecting and tailoring design methodologies in form of roadmaps for a specific development project* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch).

Nikhil, K., Nishith, M., Navgun, G., Aman, B., & Narahari, N. S. (2014). Framework to analyse automotive interiors with a focus on ergonomics. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4 (4 - Version 1), 309-315.

Nissan Blog USA. (2016, January 28). Zero gravity seats. [online article] Available at: <https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/zero-gravity-seats.html> (last accessed: 09.04.2022).

Nissan Official. (2022). [online] Available at: <https://www.nissanusa.com/vehicles/cars/altima.html> (last accessed: 09.04.2022).

Noe, R. (2019, November 4). Toyota's swiveling seats concept for autonomous cars. [online article] Core 77. Available at: <https://www.core77.com/posts/91052/Toyotas-Swiveling-Seats-Concept-for-Autonomous-Cars> (last accessed: 09.04.2022).

O'Day, B., Chanes-Mora, P., & Roth, M. (2019). Project VISITOR: Visually impaired seniors' independent travel opportunities and resources. American Foundation for the Blind, Funded by Volkswagen Group of America.

Office of Disability Employment Policy. (2018). Autonomous vehicles: Driving employment for people with disabilities. ODEP, Information-Gathering Session, Summary Report.

Oliveira, L., Luton, J., Iyer, S., Burns, C., Mouzakitis, A., Jennings, P., & Birrell, S. (2018, September). Evaluating how interfaces influence the user interaction with fully autonomous vehicles. In *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 320-331).

Openshaw, S., & Taylor, E. (2006). Ergonomics and Design A Reference Guide: Allsteel Inc. *Muscatine, Iowa*, 52761-5257.

Panero, J., & Zelnik, M. (1979). *Human dimension & interior space: a source book of design reference standards*. Watson-Guption Publications, New York.

Paravan Official. (2022). [online] Available at: <https://www.paravan.de/> (last accessed: 09.04.2022)

Patrick, V. M., & Hollenbeck, C. R. (2021). Designing for all: Consumer response to inclusive design. *Journal of Consumer Psychology*, 31(2), 360-381.

Pawsey, C. (2017). The new age of automotive seating. [online article] Automotive IQ. Available at: <https://www.automotive-iq.com/car-body-and-materials/articles/new-age-automotive-seating> (last accessed: 09.04.2022).

Peter Sigal. (2022). Ongoing innovation Renault Mégane E-Tech Electric – Design story. *Auto and Design* 252, 14-19.

Rahmati, Y., Samimi Abianeh, A., Tabesh, M., & Talebpour, A. (2021). Toward Human-Centered Design of Automated Vehicles: A Naturalistic Brake Policy. *Frontiers in Future Transportation*, 2, 16. doi: 10.3389/ffutr.2021.683223.

Ravenscroft, T. (2019, April 17). Audi reveals "city car of the future" with living plants. [online article] Dezeen. Available at: <https://www.dezeen.com/2019/04/17/audi-ai-me-concept-car-living-plants/> (last accessed: 11.04.2022).

Reding, V. (2008). Commission recommendation of 26 May 2008 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: update of the European Statement of Principles on human-machine interface (notified under document number C (2008) 1742). Official Journal of the European Union, Brussels. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2008/653/oj?fbclid=IwAR11GEqe9kDU3FUSkyu0ZASmTtYBN_45268KOeGNmRBgrfxLW76fcvmeYuw

Redl, D. (2018, June 06). New data show substantial gains and evolution in internet use. [online article] National Telecommunications and Information Administration, United States Department of Commerce. Available at: <https://www.ntia.doc.gov/blog/2018/new-data-show-substantial-gains-and-evolution-internet-use> (last accessed: 09.04.2022)

Reed, M. P., & Huang, S. (2008). Modeling vehicle ingress and egress using the human motion simulation framework. *SAE Technical Paper 2008-01-1896*.

Reed, M. P., Parkinson, M. B., & Chaffin, D. B. (2003). *A new approach to modeling driver reach* (No. 2003-01-0587). SAE Technical Paper.

Reed, M. P., Schneider, L. W., & Ricci, L. L. (1994). Survey of auto seat design recommendations for improved comfort – Technical Report. Lear Seating Corporation, 21557 Telegraph Road Southfield, Michigan 48034.

Regulation No 17 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the seats, their anchorages and any head restraints. (2010). *Official Journal*, L 230, 81-118. CELEX: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42010X0831\(03\)\[legislation\]](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42010X0831(03)[legislation])

Regulation No 21 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their interior fittings. (2008). *Official Journal*, L 188, 32-70. CELEX: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42008X0716\(01\)\[legislation\]](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42008X0716(01)[legislation])

Renault UK Official. (2022). Renault Symbioz Concept. [online] Available at: <https://www.renault.co.uk/concept-cars/symbioz.html> (last accessed: 11.04.2022).

Rizov, T., Kjosevski, M., & Tashevski, R. (2017). Driver assistance systems in vehicles using augmented reality—benefits and challenges. *Trans Motauto World*, 2(5), 201-206.

Roberts, D. (2019, December 07). What's new in low vision technology? [online article] Prevent Blindness. Available at: <https://lowvision.preventblindness.org/2019/12/07/whats-new-in-low-vision-technology/> (last accessed: 09.04.2022).

Saic Kun. (2022). Tradition and future. *Auto and Design* 252, 46-49.

Savov, V. (2016, June 16). The Rolce-Roys Vision 100 Concept is completely, irredeemably ridiculous. [online article] The Verge. Available at: <https://www.theverge.com/2016/6/16/11952304/rolls-royce-vision-100-concept-car-photos> (last accessed: 11.04.2022).

Schneider, L. W., Manary, M. A., Orton, N. R., Hu, J., Klinich, K. D., Flannagan, C. A. C., ... & University of Michigan. Biosciences Group. (2016). *Wheelchair occupant studies: Final report. Submitted to The: National Highway Traffic Safety Administration*. University of Michigan Transportation Research Institute.

Schoettle, B., & Sivak, M. (2014). *Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the US, the UK, and Australia*. University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute.

Shaheen, S. A., & Niemeier, D. A. (2001). Integrating vehicle design and human factors: minimizing elderly driving constraints. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(3), 155-174. doi: [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(99\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(99)00027-3).

Shuttleworth, J. (2019, January 7). SAE standards news: J3016 automated-driving graphic update. [online article] SAE International. Available at: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (last accessed: 09.04.2022).

Siemens. (2010). Jack User Manual Version 7.0. Siemens Product Lifestyle management Software Inc., California, USA.

Siemens. (2010). Jack Occupant Packaging Toolkit (OPT) Training Manual v8.3. Siemens Product Lifestyle management Software Inc., California, USA.

Silvia Baruffaldi. (2021). Contrasting elements Kia EV6 – Cover story. *Auto and Design* 249, 18-23.

Silvia Baruffaldi. (2021). Inspired by nature Volvo Concept Recharge – Cover story. *Auto and Design* 250, 2-10.

Spears, T. (2020, March 13). Seymourpowell conceptualizes driverless, ride sharing EV with modular interior. [online article] Designboom. Available at: <https://www.designboom.com/technology/seymourpowell-quarter-car-concept-03-13-2020/> (last accessed: 11.04.2022).

Suh, N. P. (1998). Axiomatic design theory for systems. *Research in engineering design*, 10(4), 189-209.

Sumner, S. (2015). The three System Engineering approaches: Top-Down, Middle-Out, and Bottom-Up. *CORE, April*, 16.

Sun, X., Cao, S., & Tang, P. (2021). Shaping driver-vehicle interaction in autonomous vehicles: How the new in-vehicle systems match the human needs. *Applied Ergonomics*, 90, 103238. doi: 10.1016/j.apergo.2020.103238.

Systems Management College, Department of Defense. (2001). *Systems engineering fundamentals*. Defense Acquisition University Press, Fort Belvoir, Virginia 22060-5565.

Swann, M. (2006). Ergonomics of touch screens. *Ergonomic Solutions International*. Retrieved December, 31, 2015.

Tangemann, C. (2019, April 30). Automotive seating innovation: What's next?. [online article] Automotive IQ. Available at: <https://www.automotive-iq.com/car-body-and-materials/articles/automotive-seating-innovation-whats-next> (last accessed: 09.04.2022).

Technoupdate Official. (2017, June 25). Latest technology in cars: Augmented Reality (AR) Dashboards. [online] Available at: <https://technoupdate2017.wordpress.com/2017/06/25/2017-latest-technology-in-cars-augmented-reality-ar-dashboards/> (last accessed: 11.04.2022).

Templeton, B. (2020, December 9). Without fanfare, Waymo opens robotaxi ride service to the public. [online article]. Forbes. Available at: <https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2020/12/09/without-fanfare-waymo-opens-robotaxi-ride-service-to-the-public/?sh=51f6b2f3a34e> (last accessed: 09.04.2022).

The Wheel Network. (2017, September 11). *Audi Aicon Concept - IAA 2017 (Driving, Interior & Exterior Footage)*. [Video] YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=UTr3rp9DKTM> (last accessed: 11.04.2022).

Thomas, B. (2019, January 31). The potential for AR and VR to improve viewing ergonomics. [online article] AR post. Available at: <https://arpost.co/2019/01/31/the-potential-for-ar-and-vr-to-improve-viewing-ergonomics/> (last accessed: 09.04.2022)

Tilley, A. (1993). *The measure of man and woman: Human factors in design*. H. Dreyfuss Associates, The Whitney Library of Design, New York.

Tribus Official. (2022). [online] Availavle at: <https://www.tribus-group.com/> (last accessed: 09.04.2022)

Tumminelli, P. (Ed.). (2004). *Car design*. TeNeues.

Uba, M. A., Abdullah, K. A., & Faris, W. F. (2018). Representative Nigerian anthropometric data for automotive applications. *Journal of Mechanical Engineering (JMEchE)*, (4), 68-88.

Ulahannan, A., Cain, R., Thompson, S., Skrypchuk, L., Mouzakitis, A., Jennings, P., & Birrell, S. (2020). User expectations of partial driving automation capabilities and their effect on information design preferences in the vehicle. *Applied ergonomics*, 82, 102969. doi: 10.1016/j.apergo.2019.102969.

Ullman, D., G. (2010). *The mechanical design process*. McGraw-Hill, New York.

Ulrich, R. (2013, August 29). Infrared Car System Spots Wildlife On The Road From 500 Feet Away. [online article] Popular Science. Available at: <https://www.popsci.com/technology/article/2013-08/infrared-car-system-spots-wildlife/> (last accessed: 11.04.2022).

Van Geffen, P., Reenalda, J., Veltink, P. H., & Koopman, B. F. (2010). Decoupled pelvis adjustment to induce lumbar motion: A technique that controls low back load in sitting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(1), 47-54.

Visnic, B. (2019). Autonomy already influencing vehicle interior design. SAE International, Autonomous Vehicle Engineering.

Wasfi, R., Levinson, D., & El-Geneidy, A. (2006). Measuring the transportation needs of people with developmental disabilities. Presented at the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board in Washington, DC, January 21-25.

Wiegand, G., Mai, C., Holländer, K., & Hussmann, H. (2019, September). Incarar: A design space towards 3d augmented reality applications in vehicles. In *Proceedings of the 11th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (pp. 1-13).

Wintersberger, S., Azmat, M., & Kummer, S. (2019). Are we ready to ride autonomous vehicles? A Pilot Study on Austrian Consumers' Perspective. *Logistics*, 3(4), 20.

World Health Organization. (2021, October 14). Blindness and vision impairment. [online] WHO Fact sheet. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (last accessed 14.11.2021).

Yanfeng. (2022). Smart surfaces. [online] Available at: <https://www.yfai.com/en/smart-surfaces> (last accessed: 11.04.2022).

Национален центар за здравствена класификација. (2006). Меѓународната статистичка класификација на болести и поврзани здравствени проблеми, десетта ревизија, австралиска модификација (МКБ-10-АМ) – Табеларна листа на болести и Индекс на болести по азбучен ред. Национален центар за здравствена класификација (Сиднеј), Факултет за здравствени науки, Универзитет во Сиднеј, NSW 1825 Австралија.

ПРИЛОГ 1

Прашања и резултати од спроведената анкета
како дел од етнографското истражување

Прашања

1. Пол
 - Машки
 - Женски

2. Возраст
 - 18 - 24
 - 25 - 34
 - 35 - 44
 - 45 - 54
 - 55 - 64
 - 65 - 74
 - 74 +

3. Каков вид попреченост имате?
(Селектирајте ги сите опции што ја опишуваат Вашата состојба.)
 - Парализа на горни екстремитети
 - Парализа на долни екстремитети
 - Парализа на долни и горни екстремитети
 - Ограничено движење поради слабост на мускулите и/или намалени рефлекси
 - Намален вид или слепило
 - Намален слух или глувост
 - Оштетен говор
 - Когнитивна попреченост
 - Ментална попреченост
 - Потешкотии во учењето
 - Останато (Ве молам наведете.)

4. Какви уреди за помош употребувате?
(Селектирајте ги сите помагала кои ги употребувате.)
 - Мануелна количка
 - Електрична количка
 - Скутер
 - Бастун
 - Патерици
 - Одалки со ракофат
 - Апаратче за уво
 - Брајов читач
 - Останато (Ве молам наведете.)

5. Колку често користите средства за транспорт?
 - Секојдневно
 - Неколку пати неделно
 - Неколку пати месечно
 - Ретко

6. Каков вид средства за јавен транспорт најчесто користите?
 - Такси
 - Автобус
 - Не користам јавен транспорт

- Останато (Ве молам наведете.)
7. Оценете го користењето на такси како превозно средство со оцена од 1 до 5.
(1 - ова превозно средство воопшто не е соодветно за моите потреби и не можам да го користам;
2 - го користам само кога морам, но имам значителни потешкотии; 3 - имам одредени потешкотии;
4 - немам речиси никакви потешкотии; 5 - целосно сум задоволен/на од употребата, немам
никакви потешкотии и одговара на моите потреби)
 8. Оценете го користењето на автобус како превозно средство со оцена од 1 до 5.
(1 - ова превозно средство воопшто не е соодветно за моите потреби и не можам да го користам;
2 - го користам само кога морам, но имам значителни потешкотии; 3 - имам одредени потешкотии;
4 - немам речиси никакви потешкотии; 5 - целосно сум задоволен/на од употребата, немам
никакви потешкотии и одговара на моите потреби)
 9. Наведете ги сите ограничувања и потешкотии со кои се соочувате при употреба на средства за
јавен транспорт. (Ве молам наведете.)
 10. Дали поседувате возило за личен транспорт?
 - Да
 - Не
 11. Дали можете сами да го управувате возилото или се возите како патник?
 - Возач
 - Патник
 12. Дали возилото има модификации?
 - Да
 - Не
 13. Какви модификации има?
(Селектирајте ги сите модификации кои ги има возилото.)
 - Рачни контроли за гас и кочница
 - Додаток на волан за управување со намален напор
 - Дополнителни ретровизори
 - Рампа
 - Лифт за подигање на количка
 - Систем за безбедносно фиксирање на количка
 - Седиште за трансфер
 - Останато (Ве молам наведете.)
 14. Колку Ве чинеше возилото заедно со модификациите? (Ве молам наведете.)
 15. Што Ви недостасува во возилото? Кои дополнителни елементи би го олесниле Вашето патување
и би го направиле удобно и пријатно. (Ве молам наведете.)
 16. Погледнете ги следниве реченици и одговорете колку се согласувате со нив.
(1 - воопшто не се согласувам, 5 - целосно се согласувам)
 - Задоволен/на сум со употребливоста и ергономијата на средствата за јавен транспорт кои ги
користам.
 - Задоволен/на сум со употребливоста и ергономијата на личното превозно средство кое го
користам.

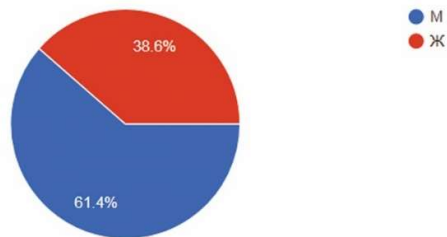
- Се чувствувам безбедно при употреба на превозни средства.
 - Верувам во GPS системите целосно бидејќи лесно се употребуваат и секогаш ме носат до саканата локација.
 - Користам апликации на мојот мобилен телефон/таблет без проблем.
 - Не ми е проблем и би сакал/а да користам превозни средства за споделено возење со помал број патници.
 - Можноста за независно и самостојно патување се многу важни за мене.
17. Дали би биле заинтересирани за употреба на целосно автономно возило (возило кое само се управува и нема потреба од возач)?
- Да
 - Не
 - Не знам
18. Дали би сакале да поседувате едно вакво возило или да го користите како превозно средство за споделено возење со мал број патници?
- Лично превозно средство
 - Превозно средство за споделено возење
19. Дали би се чувствувале безбедно да патувате сами во едно вакво возило?
- Да
 - Не
20. Што би влијаело најмногу врз Вашата желба да користите вакво возило? (Ве молам наведете.)
21. Какви модификации, елементи и карактеристики би сакале да поседува едно автономно возило за да одговори на Вашите потреби?
(Селектирајте ги сите модификации, елементи и карактеристики кои сметате дека се потребни, корисни и Ви се допаѓаат.)
- Рампа
 - Широк отвор за влез (двојно од стандардната ширина на возила)
 - Врата на лизгање (како на автобус)
 - Врата која се подига нагоре
 - Врата која се отвора стандардно (крила)
 - Автоматско отворање на врата
 - Автоматско спуштање на рампа
 - Дополнителни рачки за придржување при влез
 - Седишта кои се склопуваат за ослободување простор во ентериерот
 - Седишта кои се ротираат и движат за лесен трансфер од количка во седиште и обратно
 - Систем за безбедносно фиксирање на количка
 - Седишта со прилагодливи позиции за удобно сместување и седење
 - Безбедносни појаси со три точки (стандардни)
 - Паравани за поделба на просторот за да нема директен контакт со други патници
 - Апликација за повикување на возилото и задавање наредба за посакуваната дестинација
 - Таблет во возилото
 - Брајов таблет
 - „Паметни“ дисплеи и екрани на допир во возилото на различни површини (стакла, врата и сл.)
 - Интеракција преку говорни команди
 - Интеракција преку гестови (движење на рака)
 - Интеракција преку движење на лице и глава (очи, уста, вртење на глава)
 - Личен асистент во возилото (како Google, Alexa)

- „Head-Up“ дисплеи кои ќе ги покажуваат информациите во висина на очите
- „Augmented Reality“ - прикажување на информации на стаклото од возилото во врска со елементи од надворешната средина (знаменитости во околината, растојанија, брзина на движење на останати возила и сл.)
- Вибрации на седиштето за пренесување на информации
- Масичка на спуштање
- Полнач за електрични уреди
- Мини фрижидер
- Кревет
- Останато (Ве молам наведете.)

Одговори

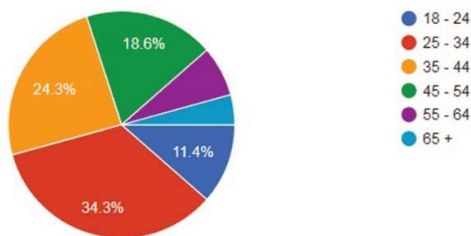
Пол

70 responses



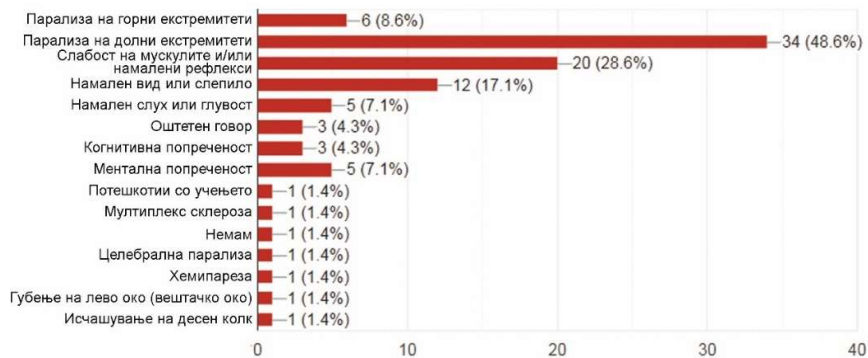
Возраст

70 responses



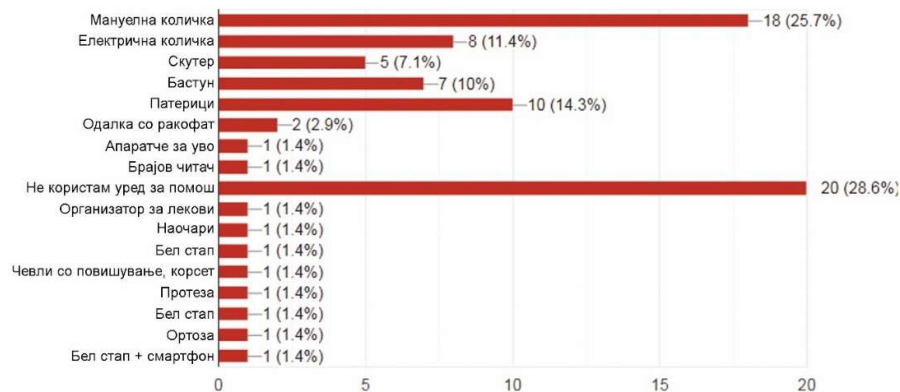
Каков вид на попреченост имате? Селектирајте ги сите опции кои ја опишуваат Вашата состојба.

70 responses



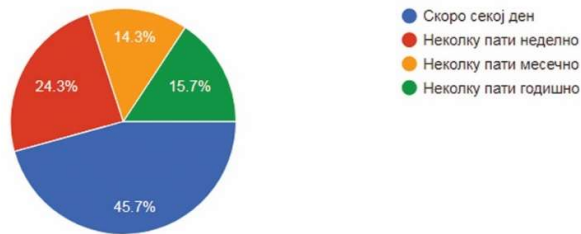
Какви видови на уреди за помош користите?

70 responses



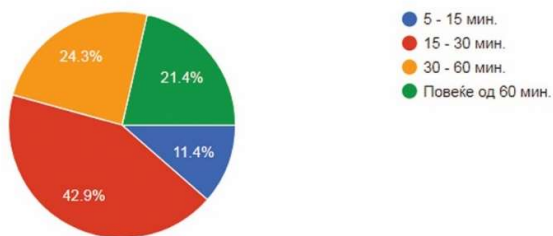
Колку често користите превозни средства (лично средство за превоз или средство за јавен превоз)?

70 responses



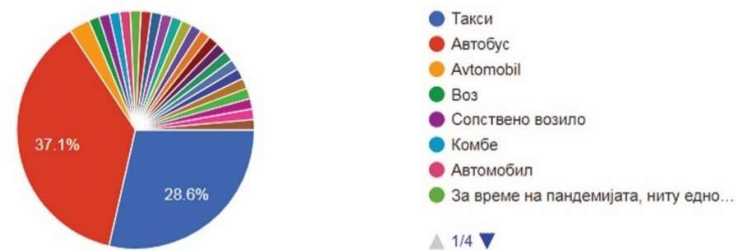
Колку време просечно поминувате при патувањата со превозните средства (за време на едно возење)?

70 responses



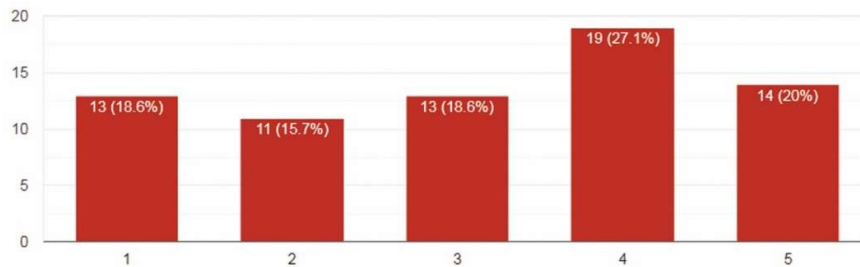
Кој вид на средство за јавен транспорт најчесто го користите?

70 responses



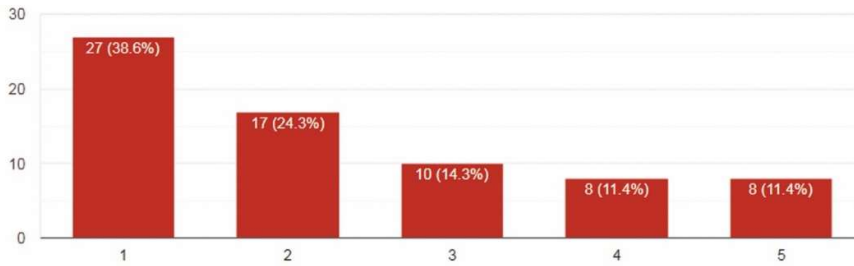
Одберете оцена од 1 до 5 за да ја оцените удобноста при употреба на такси.

70 responses



Одберете оцена од 1 до 5 за да ја оцените удобноста при употреба на автобус.

70 responses



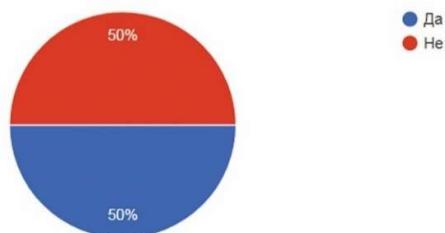
Наведете ги сите ограничувања и потешкотии со кои се соочувате при употреба на јавен превоз. (На пример: потешкотии при качување, потешкотии при седнување и сл.)

70 responses

- Немам потешкотии - 9 одговори
- Потешкотии при качување и симнување - 39 одговори
Коментарите во однос на оваа потешкотија се однесуваат на неприлагодени возила, немање на рампи или неупотребување на рампите и покрај тоа што ги има, тесни врати, стрмни скали на автобусите, лицата чувствуваат дека мора да замолат други патници за помош, лица со целосен хендикеп (неподвижни раце и нозе) чувствуваат дека е невозможно да користат јавен превоз.
- Потешкотии за сместување и седнување - 10 одговори
Тесните простори и гужвите се пречка за да се дојде до место за седење, сопатниците се несвесни и не сакаат да помогнат со ослободување седишта, лицата не можат да стојат додека возилото се движи, лицата имаат потешкотии со седнувањето додека возилото се движи. Во такси нема транспортни даски за лицата да се префрлат од количка на седиште, просторот на задната клупа е тесен за лица што користат помагала, безбедносните појаси често се расипани
- Потешкотии при движење низ возилото - 6 одговори
Гужвата, тесниот простор за разминување, блиску поставените седишта го отежнуваат процесот на патување за лица со посебни потреби.
- Потешкотии со осознавање на локацијата на станиците, бројот на возило, тргнувањето и пристигнувањето - 6 одговори
Лицата со оштетен вид не можат да ги идентификуваат станиците, не можат да идентификуваат кој број на возило пристигнува и принудени се да молат за помош, дополнително овие лица немаат претстава до каде е возилото кога се движи и на која станица/локација застанува бидејќи нема соодветни звучни сигнализации.
- Останато - 4 одговори
Некои лица нагласуваат дека не употребуваат јавен превоз поради многуте ограничувања. Дополнително е нагласена несвесноста на останатите учесници во сообраќајот како главно ограничување.

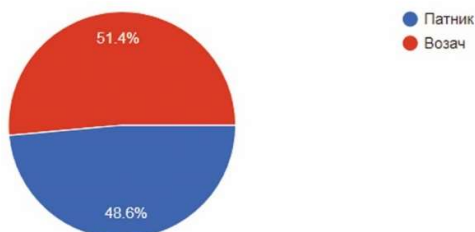
Дали имате лично средство за превоз (автомобил)?

70 responses



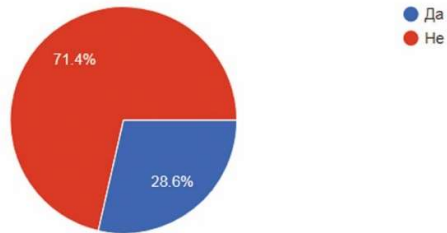
Дали го користите возилото како патник или возач?

35 responses



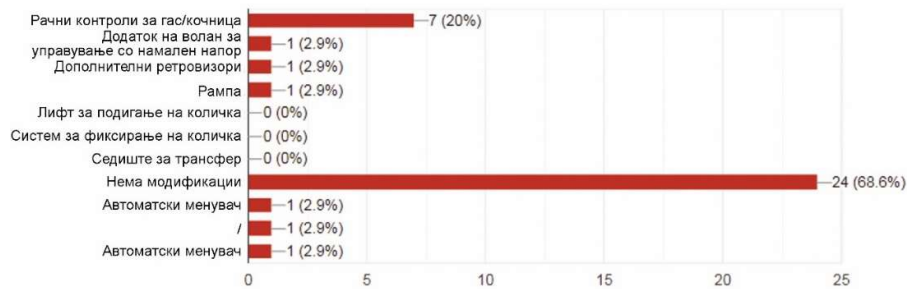
Дали возилото има некакви модификации?

35 responses



Какви модификации има возилото? Селектирајте ги сите модификации кои ги има возилото.

35 responses



Наведете го моделот на возилото и трошокот за изработка на модификациите кои ги има (доколку има модификации).

35 responses

- VW Max Caddy
- Honda
- VW Lupo, 2001, модификациите чинеа 50 евра
- Ford Focus
- VW Passat
- Renault 5
- Ford Fiesta, 200e рачни команди
- Audi
- Opel Corsa
- Hyundai i10, модификацијата ја направи роднина, не се сеќавам колку чинеше атест
- Fiat Panda
- Opel Combo, 200e за модификација без атест
- Golf 1
- Accsend Hyundai
- Opel Corsa, фабрички автоматски менувач
- VW Touran, над 30 000 денари
- Fiat Punto

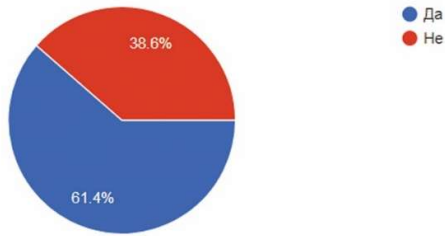
Дали се чувствувате како нешто да Ви недостасува во возилото за патувањето да биде поудобно? Наведете и објаснете. (На пример: странична рампа, поголем багажен простор, дополнителни рачки за придржување при влез/излез, поширок отвор на вратата и сл.)

35 responses

- Недостаток е што не можам сам да го управувам
- Простор за количка, направа за качување на количка
- Поголем багажен простор, потпора за грб (lumbar support)
- Дополнителна рачка за придржување при влез/излез
- Поширока врата и повеќе место кај нозете
- Поширок отвор на врата
- Поголем багажен простор
- Поширок отвор на врата, удобно седиште
- Поголем багажен простор
- Дополнителна рачка за придржување при влез/излез
- Поголем багажник
- Дополнителна рачка или да се пополни празниот простор измеѓу седиштето и количката со монтирана склоплива даска од страната на седиштето
- Автоматски додаток за качување на инвалидска количка
- Поголем багажен простор и рачка за влез
- Странична рампа
- Задна лизгачка врата

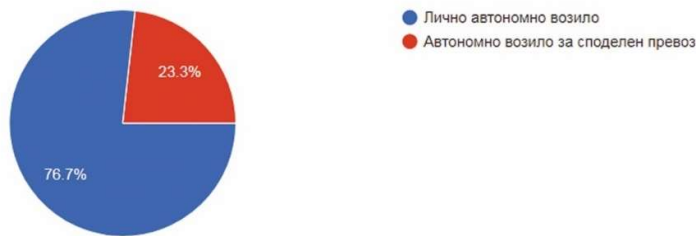
Дали би биле заинтересирани да користите автономно возило како средство за превоз?

70 responses



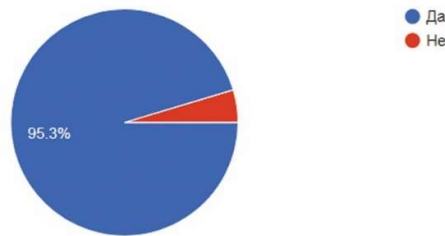
Дали би сакале да поседуваат вакво возило или би сакале да го употребуваат како возило за споделен превоз со уште неколку сопатници?

43 responses



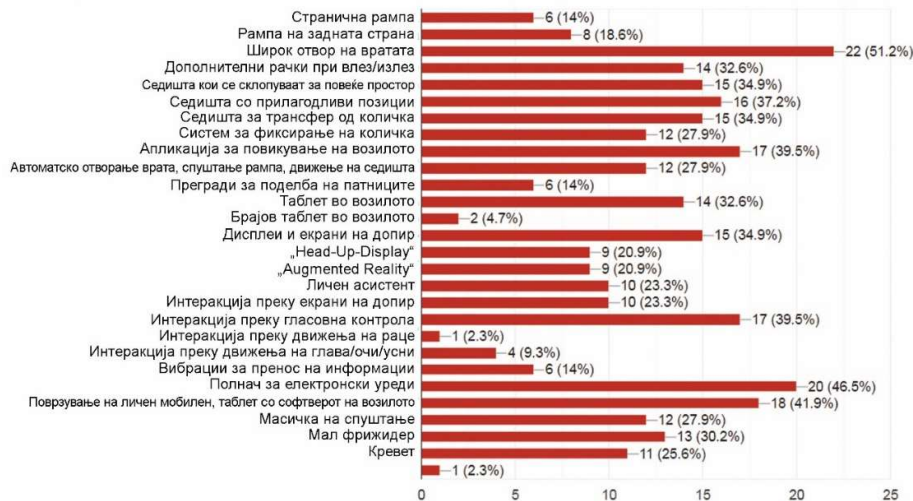
Дали би се чувствувале безбедно при употреба на вакво возило?

43 responses



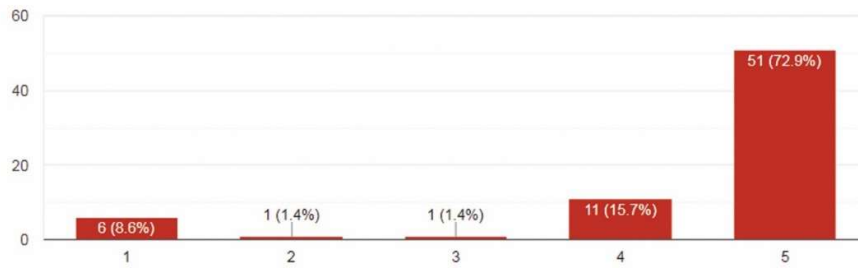
Какви елементи и карактеристики би сакале да ги има автономното возило за да соодветствува на Вашите потреби, да може да го употребуваат самостојно и да патувањето да биде максимално удобно и пријатно? Селектирајте ги сите опции кои Ви се допаѓаат и наведете уште неколку идеи доколку ги нема во понудените одговори.

43 responses



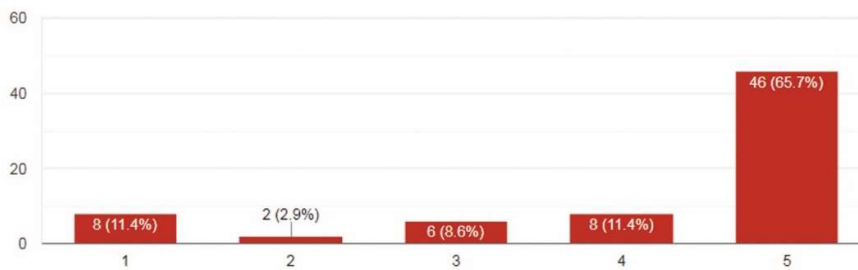
Лесно можам да употребувам апликации на таблет/мобилен телефон.

70 responses



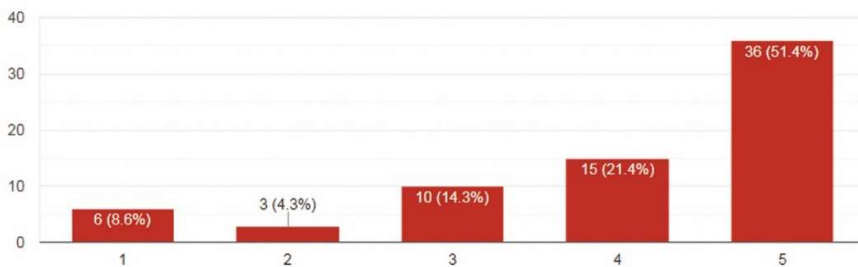
Лесно употребувам GPS системи.

70 responses



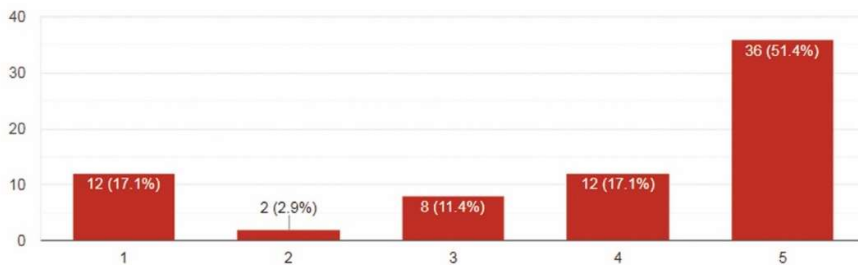
Верувам во прецизноста на GPS системите, секогаш ми помагаат да стигнам точно до посакуваната дестинација.

70 responses



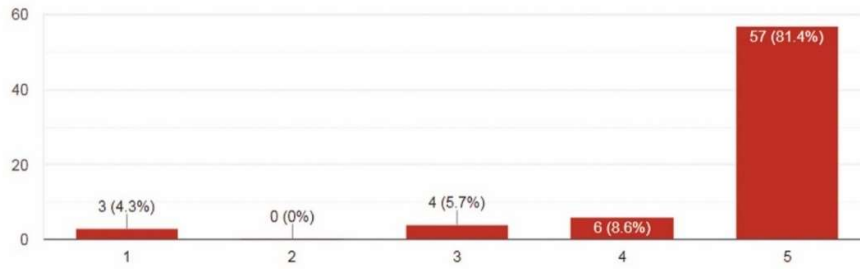
Употребата на виртуелен личен асистент би ми помогнала (ми помага) во секојдневните активности. *Виртуелен личен асистент е софтвер кој извршува задачи или услуги врз основа на команди и прашања.

70 responses



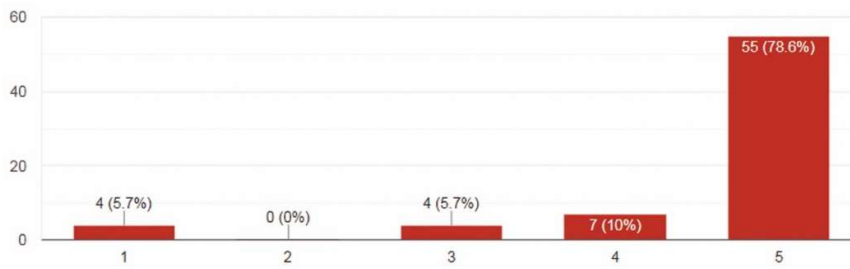
Можноста да патувам самостојно е исклучително важна за мене.

70 responses



Сметам дека можноста да патувам самостојно би ми го подобрила секојдневниот живот значително.

70 responses



ПРИЛОГ 2

Прашања од спроведената анкета како дел од првичната евалуација
на корисничкиот интерфејс направена со примена на
методот „Волпебникот од Оз“

Прашања

1. Пол:
 - Машки
 - Женски
2. Возраст?
3. Оценете ја вашата способност да управувате со технолошки уреди на скала 1 – 5.
(Имам значителни потешкотии = 1; Лесно користам технолошки уреди = 5)
4. Колку често користите средства за јавен превоз?
 - Секој ден
 - Неколку пати неделно
 - Неколку пати месечно
 - Неколку пати годишно
5. Кој вид средство за јавен превоз најчесто го користите?
6. Дали имате некакво оштетување на видот? Доколку имате, ве молиме да го наведете типот и интензитетот на оштетувањето.
7. Апликацијата воопшто не беше комплексна за користење.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
8. Лесно ги идентификував позициите на копчињата.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
9. Лесно ги препознав сите употребени симболи како и тоа што го означуваат.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
10. Не се двоумев каде треба да притиснам за да стигнам до опцијата која ми е потребна или да се вратам на претходната страна.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
11. Сметам дека структурата на апликацијата е интуитивна за употреба.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
12. Се чувствував самоуверено при користење на сите опции.
(Воопшто не се согласувам = 1; Целосно се согласувам = 5)
13. Кој беше вашиот впечаток при првите интеракции со апликацијата? Дали ви беше потребно повеќе време да сфатите како да ја користите или веднаш ви беше јасно?
14. Дали првиот впечаток се промени во текот на возењето и доколку да, на кој начин?
15. Што ви беше најлесно за употреба?
16. Што ви беше најтешко за употреба?
17. Дали имаше некој аспект од апликацијата кој ве збунува или не одговараше на вашите очекувања?
18. Кој е вашиот генерален впечаток во врска со оваа варијанта/изглед?
19. Дали се чувствувавте сигурно и безбедно при употреба на апликацијата и покрај „замаглениот вид“? Зошто да и зошто не?

ПРИЛОГ 3

Прашања од спроведената анкета како дел од напредната евалуација
на корисничкиот интерфејс направена со примена на
симулаторот на возење

Прашања

Опити прашања

1. Пол?
2. Возраст?
3. Оценете ја вашата способност да користите технолошки уреди на скала 1 – 5 (1 = лоша; 2 = ниска; 3 = средна; 4 = висока; 5 = одлична)
4. Колку често користите јавен превоз?
5. Кој тип на јавен превоз најчесто го користите?
6. Дали имате сензорно попречување? Доколку имате наведете го типот и интензитетот.

Листата за проверка на довербата помеѓу луѓето и автоматизацијата (Ликерт скала 1-7)

1. Корисничкиот интерфејс има тенденција да го доведе во заблуда корисникот
2. Корисничкиот интерфејс се однесува на нејасен начин
3. Се сомневам во намерата, дејството или резултатите на корисничкиот интерфејс
4. Чувствувам дека треба да бидам многу внимателен кога комуницирам со корисничкиот интерфејс
5. Дејствата на корисничкиот интерфејс може да имаат штетен исход
6. Јас му верувам на корисничкиот интерфејс
7. Корисничкиот интерфејс нуди безбедност
8. Корисничкиот интерфејс е кохерентен
9. Корисничкиот интерфејс е доверлив
10. Корисничкиот интерфејс е постојано добар по квалитет и перформанси
11. Можам да му верувам на корисничкиот интерфејс
12. Брзо се запознав со корисничкиот интерфејс

Скала на корисноста на системот (Ликерт скала 1-5)

1. Мислам дека би сакал често да го користам овој кориснички интерфејс
2. Сметам дека корисничкиот интерфејс е непотребно сложен
3. Сметам дека корисничкиот интерфејс е лесен за употреба
4. Мислам дека ќе ми треба поддршка од техничко лице за да можам да го користам овој кориснички интерфејс
5. Мислам дека различните функции во овој кориснички интерфејс се добро интегрирани
6. Мислев дека има премногу недоследност во овој кориснички интерфејс
7. Мислам дека повеќето луѓе ќе научат да го користат овој корисничкиот интерфејс многу брзо
8. Ми се чинеше дека корисничкиот интерфејс е многу незгоден и непријатен за користење
9. Се чувствував многу самоуверено користејќи го корисничкиот интерфејс
10. Ќе треба да научам многу работи пред да започнам со употреба на овој кориснички интерфејс

Дополнителни прашања (Скала 1-5)

1. Колку добро можевте да ја видите и изберете графиката?
2. Дали визуелните информации на таблетот беа корисни за да го надоместите евентуалниот недостаток на информации поради оштетување на слухот?
3. Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) беа разбирливи?
4. Дали пораките кои се појавуваа надвор од возилото (на големиот вертикален екран) го привлекуваа вашето внимание?
5. Дали беше разбирлива содржината на звучната информација?
6. Колку ви беше лесно да ја слушнете звучната информација?
7. Колку се потпиравте на различен извор на информации за време на симулацијата на оштетување (на пр. визуелно разбирање на информациите во случај на оштетување на слухот или разбирање на информациите акустично во случај на оштетување на видот)?

8. Колку безбедно се чувствуваате додека патуваате во автономно возило без симулирана попреченост?
9. Колку безбедно се чувствуваате додека патуваате во автономно возило со симулирана попреченост?

Прашања од интервју (отворен тип)

1. Кој беше вашиот прв впечаток при интеракција со корисничкиот интерфејс?
2. Дали тој впечаток се промени при употребата?
3. Која беше најлесната задача при употреба на корисничкиот интерфејс и зошто?
4. Која беше најтешката задача и зошто?
5. Имаше ли нешто збунувачко, што не изгледаше или не функционираше како што би очекувале и зошто?
6. Што е она што најмногу ви се допадна кај корисничкиот интерфејс и зошто?
7. Што е она што ви се допадна најмалку од корисничкиот интерфејс и зошто?
8. Дали би направиле нешто поинаку при дизајнирање на овој кориснички интерфејс и што би било тоа?
9. Дополнителни коментари?