



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

**Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų
panaudojamumui tyrimai ir taikymo rekomendacijos**

Baigiamasis magistro projektas

Mindaugas Vinciūnas

Projekto autorius

Doc. Kęstutis Kapočius

Vadovas

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui tyrimai ir taikymo rekomendacijos

Baigiamasis magistro projektas

Veiklos skaitmeninimas ir sistemų architektūros (6211BX009)

Mindaugas Vinciūnas

Projekto autorius

Doc. Kęstutis Kapočius

Vadovas

Prof. Evaldas Vaičiukynas

Recenzentas

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Mindaugas Vinciūnas

Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui tyrimai ir taikymo rekomendacijos

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Mindaugas Vinciūnas

Patvirtinta elektroniniu būdu

Vinciūnas, Mindaugas. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui tyrimai ir taikymo rekomendacijos. Magistro projektas / vadovas / doc. Kęstutis Kapočius; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Veiklos skaitmeninimas ir sistemų architektūros, Informatikos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: panaudojamumas, grafinė vartotojo sąsaja, tamsusis režimas, šviesus režimas, saityno informacinės sistemos.

Kaunas, 2023. 71 p.

Santrauka

Pastaraisiais metais vis daugiau programinės įrangos sistemų suteikia naudotojams galimybę pereiti nuo įprastos šviesios spalvos fono į tamsaus režimo grafinę naudotojo sąsają. Šiame režime fonui naudojama juoda arba kitos tamsios spalvos, o tekstas ir sąsajos objektai rodomi balta arba kitomis šviesiomis spalvomis. Režimo įtaka naudotojo patirčiai ir sistemų panaudojimui vis dar nepakankamai ištirta, todėl tamsusis režimas dažnai įgyvendinamas nežinant, ar jis nesukels nepageidaujamų padarinių. Tai ypač svarbu saityne, kur dizaino tendencijos yra dinamiškos, o sąsajos pakeitimus sistemos savininkai gali įgyvendinti gana greitai ir visiškai vienašališkai. Šiame darbe pateikiami tyrimo rezultatai, kurio tikslas buvo nustatyti sąsajas tarp grafinės sąsajos režimo ir internetinės sistemos panaudojamumo. Tyrimas buvo atliktas eksperimentinės apklausos forma ir suteikė vertingų įžvalgų, kurios gali būti naudingos naudotojų sąsajos kūrėjams ir saityno sistemų savininkams, priimant pagrįstus sprendimus dėl tamsaus ir šviesaus režimo naudojimo.

Vinciūnas, Mindaugas. Research on the Impact of Dark and Light Graphical Interface Modes on System Usability and Their Application Recommendations. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. Kęstutis Kapočius; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Digital Transformation and System Architectures, Computing.

Keywords: usability, graphical user interface, dark mode, light mode, web information systems.

Kaunas, 2023. 71.

Summary

In recent years, an increasing number of software systems offer users the ability to switch from the more conventional light color background graphical user interface (GUI) to the dark mode. In this mode, black or other dark colors are used for background, while text and other interface objects are typically displayed in white or other light colors. However, the impact of the mode on user experience and usability of systems is still under-researched, meaning that the dark mode is often implemented without knowing if it won't cause unwanted effects. This is especially important on the web, where design trends are particularly dynamic, while interface changes can be implemented relatively quickly and completely onesidedly by system owners. This report presents the results of a study which aimed at determining the connections between GUI mode and web system usability are presented. The study was conducted in the form of an experimental survey and provided valuable insights that could be valuable to developers and web system owners when making informed decisions on usage of dark and light color modes.

Turinys

Paveikslų sąrašas	8
Santrumpų ir terminų sąrašas.....	10
Įvadas.....	11
1. Probleminės srities analizė.....	13
1.1. Analizės tikslas	13
1.2. Tyrimo objektas, sritis ir problema	13
1.3. Tyrimo rezultatų naudotojų analizė.....	13
1.4. Panaudojamumo sąvoka	14
1.5. Bendrųjų naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų rinkinių analizė.....	15
1.5.1. Panaudojamumo euristicos.....	15
1.5.2. Standartizuotos panaudojamumo rekomendacijos	18
1.5.3. Kitos panaudojamumo rekomendacijos	20
1.6. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų taikymo rekomendacijos ir tyrimai	21
1.7. Egzistuojančių panaudojamumo tyrimo įrankių analizė	24
1.8. Analizės išvados	26
2. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui tyrimo apibrėžimas	27
2.1. Grafinės sąsajos režimų tyrimo vykdymo metodika	27
2.2. Eksperimento hipotezės.....	30
2.3. Eksperimentinės apklausos struktūra.....	31
2.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatų analizės metodai	32
2.5. Eksperimentinio tyrimo vykdymo įrankio parinkimas.....	33
3. Panaudojamumo eksperimentinių tyrimų įrankio projektinė specifikacija ir realizacija .	35
3.1. Reikalavimų specifikacija.....	35
3.2. Dalykinės srities modelis.....	37
3.3. Sistemos realizavimo sprendimo parinkimas	38
3.4. Reikalavimų panaudojamumo eksperimentinio tyrimo įrankiui apibendrinimas	38
3.5. Sistemos loginė architektūra.....	39
3.6. Duomenų bazės modelis	39
3.7. Sistemos elgsenos modelis	41
3.8. Diegimo modelis	42
3.9. Sistemos administratoriaus naudotojo grafinė sąsaja	42
4. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui eksperimentinis tyrimas	45
4.1. Eksperimentinio tyrimo vykdymo aplinka	45
4.2. Eksperimentinio tyrimo rezultatai	47
4.3. Grėsmės tyrimo rezultatų patikimumui	67
4.4. Tyrimo rezultatų pagrindu suformuluotos panaudojamumo rekomendacijos ir identifikuotos tendencijos	68
Išvados	69
Literatūros sąrašas	70
Priedai.....	72
1 priedas. Respondentų rezultatų lentelė	72
2 priedas. Straipsnis IVUS-2023 konferencijai	76

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Panaudojamumui skirtų apklausų kūrimo sistemų palyginimo lentelė.....	25
2 lentelė. Eksperimento metu kaupiamų duomenų aprašymas.....	29
3 lentelė. Grafinio šablono („design“) kolekcijos objektas	39
4 lentelė. Eksperimento („experiment“) kolekcijos objektas	40
5 lentelė. Formos („form“) kolekcijos objektas.....	40
6 lentelė. Pateikto atsakymo („request“) kolekcijos objektas.....	40
7 lentelė. Užduoties („task“) kolekcijos objektas	40
8 lentelė. Respondento („respondent“) kolekcijos objektas	41
9 lentelė. Tamsaus ir šviesaus režimo ir užduoties atlikimo laiko dažnių lentelė.	49
10 lentelė. Pirmos hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.	49
11 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai	50
12 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai	53
13 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir patirties, produktų atidarymo užduočių dažnių lentelė.	55
14 lentelė. Trečiosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.	55
15 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir įrenginio, produktų atidarymo užduočių dažnių lentelė. ...	56
16 lentelė. Ketvirtosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.	57
17 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir preferencijos, produkto atidarymo greičio dažnių lentelė.	58
18 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai	59
19 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir patirties, formos pildymo greičio dažnių lentelė.	61
20 lentelė. Septintoji hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.	61
21 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo, įrenginio ir formos užpildymo greičio dažnių lentelė.	62
22 lentelė. Aštuntosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.	63
23 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir preferencijos, formos užpildymo greičio dažnių lentelė....	65
24 lentelė. G1 ir G2 užduočių atlikimo laikų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai	65

Paveikslų sąrašas

1 pav. Elektroninės bankininkystės tamsusis ir šviesusis režimas	22
2 pav. Tamsaus ir šviesaus režimo pavyzdys	22
3 pav. Eksperimentinio tyrimo veiklos diagrama	28
4 pav. Eksperimento metu kaupiamų duomenų esybių ryšių modelis (žodynas).....	29
5 pav. Apklauso struktūra	31
6 pav. „Schema, rekomenduojanti, kuri (Pearson, Spearman ar Kendall) koreliacijos koeficientą pasirinkti“ [28].....	32
7 pav. Eksperimentinių tyrimų įrankio panaudojimo atvejų diagrama	36
8 pav. Panaudojimo atvejo „Atlikti eksperimentą“ veikos diagrama.....	37
9 pav. Eksperimentinio tyrimo sistemos plėtinio esybių klasių diagrama.	38
10 pav. Panaudojamumo eksperimentinių tyrimų įrankio paketų diagrama	39
11 pav. Panaudojimo atvejo „Atlikti eksperimentą“ vykdymo seka.....	41
12 pav. Panaudojamumo tyrimo įrankio diegimo diagrama.....	42
13 pav. Grafinės sąsajos vaizdas eksperimentų sąrašo peržiūrai.....	43
14 pav. Grafinės sąsajos vaizdas eksperimentui sukurti.....	43
15 pav. Grafinės sąsajos vaizdas GNS šablonui sukurti.....	43
16 pav. Grafinės sąsajos vaizdas tyrimo užduočiai sukurti	44
17 pav. Eksperimento instrukcijų ir formų parinkimo GNS	44
18 pav. Šviesaus ir tamsaus grafinio šablono dizainai plataus ekrano įrenginiams (kompiuteriams).....	45
19 pav. Šviesaus ir tamsaus grafinio šablono dizainai mažo ekrano įrenginiams (mobiliesiems)....	46
20 pav. Duomenų užpildymo forma skirtingais režimais.....	47
21 pav. Rezultatų vaizdas	47
22 pav. Dalyvių pasiskirstymas pagal naudojamą įrenginį ir eksperimento grafinės sąsajos režimą.....	48
23 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal amžių.....	48
24 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal naršymo internete laiką (patirtį).....	48
25 pav. Išreikštos nuomonės apie GNS režimą procentinis pasiskirstymas.....	49
26 pav. Šviesaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko histograma	50
27 pav. Šviesaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko „Q-Q“ grafikas	51
28 pav. Tamsaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko histograma.....	51
29 pav. Tamsaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko „Q-Q“ grafikas	52
30 pav. Bendro užduoties vykdymo laiko ir grafinio režimo statistinis palyginimas	52
31 pav. Amžiaus ir produkto atidarymo laiko koreliacijos skaičiavimai šviesiuoju režimu.....	53
32 pav. Amžiaus ir produkto atidarymo laiko koreliacijos skaičiavimai tamsiuoju režimu	54
33 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir patirtį.....	54
34 pav. Hipotezės H3 Kruskal-Wallis testo rezultatai.....	56
35 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir įrenginį.....	56
36 pav. Hipotezės H4 Kruskal-Wallis testo rezultatai.....	58
37 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir preferenciją	58
38 pav. Amžius ir formos užpildymo laikas tamsiuoju režimu	60
39 pav. Formos užpildymo laiko vidurkis pagal patirtį skirtingais režimais.....	60
40 pav. Hipotezės H7 Kruskal-Wallis testo rezultatai.....	62
41 pav. Formos užpildymo laiko vidurkiaiai pagal įrenginį skirtinguose režimuose.....	62
42 pav. Hipotezės H8 Kruskal-Wallis testo rezultatai.....	64
43 pav. Formos užpildymo laiko vidurkiaiai skirtinguose režimuose pagal preferenciją	64

44 pav. Užduočių (G1/G2) atlikimo laiko vidurkis priklausomai nuo GNS režimo	66
45 pav. Nuomonės apie tamsųjį režimą procentinis pasiskirstymas	66

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

IS – informacinė sistema;

URL – internetinio resurso adresas (angl. Uniform Resource Locator);

GNS – grafinė naudotojo sąsaja;

HTTPS – hiperteksto perdavimo protokolo plėtinys (angl. HyperText Transfer Protocol).

Terminai:

Grafinis šablonas – tai naudotojo grafinė sąsaja, kuri gali būti pakartotinai panaudota.

Hipotezė – tai prielaida, kuri tikrinimą eksperimento metu.

Eksperimentas – tai būdas ištirti bei paneigti arba patvirtinti išsikeltas tyrimo hipotezes.

Įvadas

Šis darbas priklauso veiklos skaitmeninimo ir sistemų architektūrų magistro studijų programai. Darbe analizuojamos esamos panaudojamumo rekomendacijos, gairės ir tendencijos. Pateikiami atliktų eksperimentinių tyrimų hipotetinėms panaudojamumo rekomendacijoms iširti rezultatai, patvirtinamos arba paneigiamos sukurtos internetinių svetainių kūrimo rekomendacijų gairės. *Panaudojamumas* – sąvoka, siejama su patogumu naudojant sistemą, įvertinant kaip efektyviai kompiuterinė įranga padeda spręsti reikiamą uždavinį, ar kaip lengva išmokti ja naudotis. Šiame darbe pateikiama atlikta panaudojamumo rekomendacijų analizė, jų rinkiniai, eksperimentinio tyrimo vykdymo aprašas ir gauti rezultatai.

Darbo problematika ir aktualumas

Pagrindinė darbo problematika yra susijusi su internetinių informacinių sistemų kūrimu, kai norima pritaikyti panaudojamumo rekomendacijas. Informacinių sistemų kūrėjai dažnai nežino, kurias panaudojamumo rekomendacijas tikslingiau taikyti jų kuriamuose produktuose. Naudojami moksliskai nepagrįsti euristiniai metodai, kurie gali būti ne visada optimalūs kuriamam sprendimui. Taigi, pagrindinė problema yra, kad kūrėjai negali būti užtikrinti, jog kuriama sąsaja yra tinkamiausia sistemos naudotojams. Taip pat kūrėjai, kurie ieško rekomendacijų, neranda konkrečių veiksmingų metodikų ar rekomendacijų, kuriant naudotojo sąsają pagal specifinius naudotojus, jų amžių, lytį, gabumus ar neįgalumą. Su šiuo darbu susijusi sritis yra panaudojamumo rekomendacijų rinkiniai ir gairės informacinėse sistemose. Darbo praktinė reikšmė apibrėžiama kaip nauda IS kūrėjams taikant esmines panaudojamumo rekomendacijas atsižvelgiant į sistemų naudotojus.

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – sukurti prielaidas aukštesnio panaudojamumo IS kūrimui, sudarant eksperimentiškai pagrįstų naudotojų sąsajos rekomendacijų rinkinį.

Uždaviniai:

1. išanalizuoti panaudojamumo sąvoką, rekomendacijas ir principus;
2. apibrėžti tyrimo kryptį, suformuluoti hipotezes ir sudaryti tyrimo metodiką;
3. sukurti specializuotą įrankį, skirtą eksperimentiniams tyrimams vykdyti;
4. atlikti eksperimentinius iškeltų hipotezių tyrimus;
5. išanalizuoti eksperimentinio tyrimo rezultatus ir sudaryti panaudojamų rekomendacijų sąrašą.

Darbo rezultatai ir jų svarba

Pagrindinis darbo rezultatas yra naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų eksperimentinio tyrimo išvados. Tyrimo rezultatai rodo, kad tamsaus režimo naudojimas gali būti taikomas nepriklausomai nuo naudotojų patirties, įrenginio ar grafinės sąsajos preferencijos. Tačiau reikėtų atkreipti dėmesį į naudotojų amžiaus grupę, kuo didesnis amžius tuo formos užpildymo užduotys naudojant tamsųjį režimą, gali būti vykdomos ilgiau, kas lemtų mažesnę darbo našumą. Taip pat pagal gauta respondentų nuomonę, daroma prielaida, kad tamsusis režimas suteikia daugiau estetinį poveikį, nei daro įtaką darbo našumui. Darbo metu gautos panaudojamumo rekomendacijos svarbios naudotojų sąsajos kūrėjams ir kitiems tyrėjams.

Darbo struktūra

Darbą sudaro šie skyriai: įvadas, probleminės srities analizė, tamsaus ir šviesaus režimo panaudojamumo tyrimo apibrėžimas, reikalavimų specifikacija ir projektas, eksperimentinio tyrimo realizacija ir tyrimo rezultatai, išvados. Įvade pateikiama informaciją apie darbo problematiką ir aktualumą, aprašomi tikslai ir uždaviniai. Probleminės srities analizės skyriuje aprašoma analizės tikslas, tyrimo objektas ir sritis, problema, naudotojų analizė, esamų problemų sprendimo metodų analizė ir analizės išvados. Tyrimo apibrėžimo skyriuje aprašoma, kokia tyrimo vykdymo metodika ir planas, eksperimentinės apklausos struktūrą. Reikalavimų specifikacijoje pateikti kuriamo sprendimo funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai bei sprendimo projektas. Realizacijos ir rezultatų skyriuje aprašoma susijusi informacija su sprendimo realizacija ir aptariami gauti rezultatai. Paskutiniame darbo skyriuje yra pateikiamos darbo metu gautos išvados.

1. Probleminės srities analizė

Šiame skyriuje pateikiama informacija, susijusi su IS panaudojamumo rekomendacijų analize. Analizuojama kitų autorių literatūra, standartai, panaudojamumo rekomendacijų rinkiniai.

1.1. Analizės tikslas

Analizės tikslas yra atskleisti, kaip suprantama panaudojamumo sąvoka, kokios rekomendacijos taikomos internetinėse informacinėse sistemose, apibrėžti panaudojamumo rekomendacijų rinkinius, išanalizuoti naudojamus standartus, tamsaus ir šviesaus režimų panaudojamumo atliktus tyrimus ir jų rezultatus.

1.2. Tyrimo objektas, sritis ir problema

Tyrimo objektas

Naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų rinkiniai ir tendencijos.

Tyrimo sritis

Panaudojamumo rekomendacijų taikymas internetinėse informacinėse sistemose.

Tyrimo problema

Informacinių sistemų kūrėjai dažnai nežino, kurias panaudojamumo rekomendacijas tikslingiau taikyti jų kuriamuose produktuose. Naudojami moksliskai nepagrįsti euristiniai metodai, kurie gali būti ne visada optimalūs kuriamam sprendimui. Taigi, pagrindinė problema yra, kad kūrėjai negali būti užtikrinti, jog kuriama sąsaja yra tinkamiausia sistemos naudotojams.

1.3. Tyrimo rezultatų naudotojų analizė

Šio tyrimo objekto naudotojai yra grafinės sąsajos kūrėjai.

Kūrėjai gali būti apibrėžti kaip:

- naudotojų patirties dizaineriai;
- naujų rekomendacijų kūrėjai ar tyrėjai;
- sistemų savininkai;
- analitikai ar projektuotojai, priimančys sprendimus grafinės sąsajos sudaryme.

Naudotojų patirties dizainerio užduotys ir atsakomybės:

- planuoti ir atlikti naudotojų tyrimus ir konkurentų analizes;
- interpretuoti duomenis ir kokybinius atsiliepimus;
- kurti naudotojų istorijas, personas ir siužetines lenteles;
- nustatyti informacijos architektūrą ir kurti svetainių žemėlapius;
- kurti sąsajos prototipus ir schemas;
- atlikti tinkamumo naudoti bandymus.

Naudotojų patirties dizaineriai stengiasi kurti programas tokias, kuriomis žmonėms patinka ir norima naudotis. Šie dizaineriai matuoja ir optimizuoja taikomas programas, kad jas būtų lengviau ir patogiau naudoti. Taip pat siekia tobulinti naudotojų patirtį, tirdami kaip spręsti galutinių naudotojų problemas.

Šiems kūrėjams būtina žinoti grafinės sąsajos rekomendacijas kuriant galutinį produktą. Taip pat prieš kuriant sistemą privalo išsiaiškinti, ko būtent užsakovas ar būsimas sistemos naudotojas nori, bei įsigilinti į dalykinę sritį, nes tai gali nulemti sistemos panaudojamumą.

Rekomendacijų kūrėjai ir tyrėjai. Ši žmonių grupė gali tyrinėti esamas rekomendacijas, atlikti įvairius tyrimus ir patvirtinti arba paneigti jų įtaka galutinėms sistemoms. Aptikę tam tikras tendencijas ar dėsningumus, šie kūrėjai gali surasti ar sukurti visiškai naujas panaudojamumo taisykles, standartus ar rekomendacijas.

Sistemų savininkai, prižiūrintys savo sistemas taip pat privalo žinoti panaudojamumo rekomendacijas ir jas taikyti norit išsaugoti sistemų naudotojus ir pagerinti jų naudojimosi patirtį. Tai svarbus uždavinys sistemų administratoriams–savininkams, nes palaikymas ir pačios sistemos atnaujinimas būtinas užtikrinant ilgalaikį sistemos gyvavimo ciklą.

Analitikams ir projektuotojams lygiai taip pat kaip ir dizaineriams, reikalinga žinoti tam tikras panaudojamumo rekomendacijas kūrimo metu, tam kad išvengtų galimų klaidų ir užtikrintų naudotojui patogią ir aiškią grafinę sąsają, atliekama funkcionalumą ir jo spartą.

Dažniausiai sistemų kūrėjai ir naudotojai susiduria su tokiomis panaudojamumo problemomis:

- sistemoje per daug paspaudimų ar submenu iki norimo veiksmo atlikimo;
- neaiški vartotojo sąsaja;
- lėtai įkeliamos svetainės;
- nenuoseklumas;
- blogi, neaiškūs klaidų pranešimai arba jų nebūvimas;
- svetainių dizainas neprisitaiko prie naudotojo įrenginio ekrano dydžio;
- perkrauta arba neaiški navigacija;
- nėra svetainės struktūros;
- per daug iššokančių langų;
- neįskaitomas, per mažas tekstas;
- prastas spalvų kontrastas;
- pernelyg sudėtingas registracijos procesas.

1.4. Panaudojamumo sąvoka

Panaudojamumo sąvoka suprantama kaip skėtinė–daugialypė sąvoka, susidedanti iš kelių aspektų. Informacinių sistemų kontekste, dažniausiai ši sąvoka siejama su patogumu naudojant sistemą, įvertinant kaip efektyviai kompiuterinė įranga padeda spręsti reikiamą uždavinį, ar kaip lengva išmokti ja naudotis. Vietoje panaudojamumo sąvokos taip pat gali būti vartojama tinkamumo sąvoka, kuri atitinka visumos savybių, tenkinančių produkto galutinį naudotoją, įvertinimą. Ši sąvoka pagal ISO 9241-11 standarto „Žmogaus ir kompiuterių sąveikos ergonomika“ 11-a dalį („Rekomendacijos dėl panaudojamumo“) [1] apibrėžiama taip:

„Panaudojamumas – tai naudotojo veiklos veiksmingumas, našumas ir patiriamas pasitenkinimas, su kuriuo naudotojas gali pasiekti konkrečių tikslų konkrečioje sistemoje.“

Panaudojamumas – tai kokybės požymis, kuriuo vertinama, kaip lengva naudotis naudotojo sąsaja. Sąvoka panaudojamumas taip pat reiškia metodus, skirtus patogumui gerinti viso projektavimo metu. Shackel (1991) apibrėžė panaudojamumą kaip „gebėjimą žmonėms lengvai ir efektyviai naudotis,

kai, lengvai reiškia *iki tam tikro subjektyvaus vertinimo lygio*, efektyviai reiškia *iki tam tikro žmogaus veiklos lygio*“. [2]

Quesenbery [3] (2003) aprašė šiuos panaudojamumo matmenis:

1. *efektyvumas*: kaip naudojimas paslaugomis yra veiksmingas;
2. *našumas*: greitis (su tikslumu), kuriuo naudotojai gali atlikti savo užduotis;
3. *įtraukiamumas*: kaip dėl sąsajos tono ir stiliaus produktas yra malonus naudoti;
4. *tolerantiškumas klaidoms*: kaip gerai dizainas užkerta kelią klaidoms ir padeda ištaisyti atsiradusias;
5. *išmokstamumas*: kaip gerai produktas padeda iš pradžių orientuotis ir giliau suprasti jo galimybes.

Panaudojamumo sąvoka taip pat gali nusakyti ar produktą galima naudoti pagal paskirtį ir kaip sunku tai padaryti ypač naudojančiam pirmą kartą.

Pagal Jakob Nielsen [4] panaudojamumą apibrėžia 5 kokybės komponentai:

1. *išmokstamumas*: kiek lengva naudotojams atlikti pagrindines užduotis pirmą kartą susidūrus su dizainu?
2. *efektyvumas*: kaip greitai naudotojai, išmokę dizainą, gali atlikti užduotis?
3. *įsimintinumumas*: kai naudotojai grįžta prie dizaino po tam tikro laiko, kai jo nenaudoja, kaip lengvai jie gali atkurti įgūdžius?
4. *klaidos*: kiek klaidų padaro naudotojai, kokios rimtos yra šios klaidos ir kaip lengvai jie gali ištaisyti klaidas?
5. *pasitenkinimas*: kaip malonu naudotis sąsaja?

Naudojimo patogumas yra viena svarbiausių sąsajos savybių. Sistemoms ar produktams, kurių naudojimas yra diskrecinis, pavyzdžiui, interneto svetainių, dėl nepatogios grafinės naudotojo sąsajos žmonės gali nustoti naudotis tokia sistema. Jei tai verslo programą ir jos panaudojimas yra prastas, tai gali lemti darbuotojų ne produktyvumą. Tačiau patogumo negalima vertinti atskirai nuo bendro naudingumo savybės. Naudingumas reiškia sistemos ar produkto funkcionalumą – ar jis atlieka tai, ko žmonės nori, kad jis atliktų. Įmonė gali turėti aukštą naudingumo lygį, tačiau jo naudotojui nesuteikia nieko vertingo. Panaudojamumas gali būti suvokiamas kaip matas, kuriuo nustatoma, kaip gerai konkretus naudotojas gali naudoti produktą, sistemą arba dizainą, kad veiksmingai, efektyviai ir patenkinamai pasiektų norimą tikslą. Kiekvieno produkto ar sistemos projektavimo etapas turėtų būti atliekamas naudotojų tyrimas, kad būtų galima nustatyti, kas yra svarbiausia, ką reikia pagerinti ar ką reikia pakeisti. Kaip jau minėta, panaudojamumas susijęs su daugeliu kokybės komponentų, tokių kaip mokymosi lengvumas, efektyvumas, atminties išlaikymas, klaidų skaičius ir naudojimo pasitenkinimas. Šie komponentai padeda nustatyti, kaip gerai naudotojai pasieks savo tikslus, kaip greitai jie gali atlikti užduotis, ar jie greitai prisimins, kaip naudoti produktą. Taigi, panaudojamumas yra svarbus kokybės rodiklis, kuris tiesiogiai daro įtaką naudotojų patirčiai ir produktyvumui. Siekiant sėkmingai kurti produktus ir sistemas, būtina užtikrinti, kad naudotojams būtų suteikta patogi sąsaja ir kad jie galėtų pasiekti savo tikslus efektyviai ir patenkinamai.

1.5. Bendrųjų naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų rinkinių analizė

1.5.1. Panaudojamumo euristikos

Dažnai apibendrintos rekomendacijomis vadinamos euristikomis. Euristika – problemų sprendimo metodika, kai sprendimas gaunamas bandymų ir klaidų keliu. Taip yra todėl, kad šios rekomendacijos

nėra konkrečios ir ne visada gali būti pats tinkamiausias sprendimas kuriamam produktui, tai tik gairės, kurios gali nukreipti sėkmingo sprendimo pasirinkimui.

Jakob Nielsen 1994 metais pateikė 10 euristinių gairių, detalesnė informacija šaltinyje [5]:

- sistemos statuso matomumas;
- sistemos atitikimas realiai situacijai;
- laisvas naudotojo valdomas dialogas;
- darna ir standartai;
- klaidų vengimas;
- geriau yra atpažinti nei atsiminti;
- naudojimo lankstumas ir efektyvumas;
- estetiškas ir minimalistinis dizainas;
- padėti atpažinti klaidas, nustatyti jų priežastis ir ištaisyti;
- parama ir dokumentacija.

Gerhardt-Powal euristikos, aprašytos šaltinyje [6]:

- automatizuoti nepageidaujamą apkrovimą;
- sumažinti neapibrėžtumą;
- sujungti duomenis;
- pateikti naują informaciją su prasmingomis pagalbinėmis interpretacijos priemonėmis;
- pavadinimai turi konceptualiai susiję su funkcija;
- prasmingai grupuoti duomenis;
- rodyti tik tą informaciją, kurios naudotojui reikia tam tikru metu;
- skirtingai vizualizuoti duomenis, kur reikia;
- praktikuoti apgalvotą perteklumą (randant kompromisą tarp keletos euristikų).

Tyrimo palyginančio euristikas [7] rezultatas parodė, kad lyginant Nielsen ir Gerhardt-Powal, rastas panašus panaudojamumo klaidų skaičius. Pastebėtas skirtumas, kad Gerhardt-Powals prognozuojamos problemos labiau atitiko realias galutinių naudotojų rastas problemas nei Nielsen, bet Nielsen metodika aptiko kritines problemas, kurių Gerhardt-Powals metodikos būdų nepavyko rasti. Tyrimo išvada rodo, kad metodai leidžia nustatyti skirtingus problemų tipus ir norit, kad sistemoje nepasikartotų panaudojamumo problemos, rekomenduojama derinti kelis euristinių gairių rinkinius.

Naudotojų patirties užtikrinimo taisyklės aprašė Nick Babich, apie kiekvieną iš jų plačiau paaiškinta šaltinyje [8].

- naudotojų patirties užtikrinimas nėra (tik) vartotojo sąsaja: vartotojo sąsaja yra tik vartotojo patirties dalis;
- privalu pažinti savo auditoriją: naudotojų tyrimai yra natūralus pirmasis dizaino proceso žingsnis;
- kūrėjai nėra naudotojai: testavimas su tikraisiais naudotojais yra esminė projektavimo proceso dalis;
- sąsajos dizainas turi atkreipti dėmesį, bet neužkrauti naudotojų per dideliu informacijos kiekiu;
- kokybiškos naudotojų patirties užtikrinimo procesas nėra iškaltas akmenyje: dizaino procesą pritaikykite projektuojamam produktui;

- prieš kurdami tikrą produktą, sukurkite prototipą: skaitmeninių produktų projektavimo etapas turėtų apimti prototipų kūrimo etapą;
- kurdami dizainą naudokite tikrą turinį: venkite „Lorem Ipsum“ (teksto naudojamas spaudos industrijoje nuo XVI amžiaus pradžios) ir fiktyvių pavadinimų;
- laikykitės paprastumo ir nuoseklumo: puikios naudotojo sąsajos požymis – paprastumas ir nuoseklumas;
- atpažinimas svarbesnis už įsiminimą: naudotojams rodant elementus, kuriuos jie gali atpažinti, pagerėja naudojimo patogumas, o ne poreikis prisiminti elementus iš naujo;
- dizainas turi būti patogus ir prieinamas: kurkite dizainą įvairiems naudotojams, kurie sąveikaus su produktais;
- nesistenkite išspręsti problemos patys: dizainas yra komandinis sportas – nedirbkite pavieniui;
- nesistenkite visko išspręsti iš karto: dizainas yra iteracinis procesas;
- geriau išvengti klaidų nei jas taisyti: jei įmanoma, kurkite produktus taip, kad galimų klaidų būtų kuo mažiau;
- siūlykite informatyvius atsiliepimus: programėlė ar svetainė visada turėtų informuoti naudotojus apie tai, kas vyksta;
- venkite dramatiškų dizaino pakeitimų: prisiminkite „Weberio“ dėsnį apie vos pastebimus skirtumus (dirginimo ir išgyvenimo intensyvumo priklausomybę).

„Auksinės“ Šneidermano taisyklės [9]:

- siekite nuoseklumo;
- suteikite galimybę dažniems naudotojams naudoti sparčiuosius klavišus;
- siūlykite informatyvius atsiliepimus;
- siūlykite paprastą klaidų tvarkymą;
- leiskite lengvai pakeisti veiksmus;
- sumažinkite trumpalaikę atminties apkrovą.

Geštalto principai [10], kuriais pagrįstos dauguma pagrindinių dizaino taisyklių:

- artumo (angl., proximity). Arčiau vienas kito esantys objektai atrodo priklausantys vienai grupei;
- panašumo (angl., similarity). Objektai, kurie atrodo panašūs, bus suvokiami kaip vienas su kitu susiję;
- tęstinumo (angl., continuity). Atskirus segmentus suvokiame kaip vientisą formą ir pratęsiame linijas už jų regimų ribų;
- užbaigimo (angl., closure). Atviri arba atskirti elementai, suvokiami kaip vientisa, jau pažįstama forma;
- simetrijos (angl., symmetry). Simetriškus objektus suvokiame kaip tos pačios grupės dalį. Jie sukuria stabilumo ir tvarkos įspūdį;
- atskyrimo–objekto/fonas (angl. figure/ground). Žmogaus akis geba atskirti skirtinguose fokusavimo planuose esančius objektus. Šis principas teigia, kad žmonės instinktyviai suvokia objektus kaip esančius pirmame arba antrame plane;
- bendro likimo (angl., common fate). Suvokiame, kad daiktai ar objektai juda (arba atrodo, kad juda) tomis pačiomis kryptimis. Šiuos susijusius daiktus sieja „bendras likimas“.

Šie principai paaiškina, kaip galima pakeisti suvokimą apie vizualius objektus, keičiant jų išdėstymą, perspektyvas ar matmenis. Laikantis šių euristikų, taisyklių ir principų, galima tobulinti esamos ar naujai kuriamos naudotojo sąsajos panaudojamumą.

1.5.2. Standartizuotos panaudojamumo rekomendacijos

Standartai yra suprantami kaip dokumentai, nustatantys normas, taisykles ir reikalavimus tam tikriems metodams, sąvokoms, produktams, simboliams ar kitokiems objektams. Dalis aktualių standartų pateikia agreguotus konkrečių panaudojamumo rekomendacijų sąrašus. Pagrindiniai su panaudojamumu susiję standartai yra šie:

- ISO 9241-210:2019 „Ergonomics of human-system interaction“;
- ISO 20282-1:2006 „Ease of operation of everyday products“;
- ISO/TS 20282-2:2013 „Usability of consumer products and products for public use“;
- ISO 14915-1:2002 „Software ergonomics for multimedia user interfaces“;
- ISO/IEC 25010:2011 „Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation – System and software quality models“
- ISO/IEC 40500:2012 „Information technology – W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0“ ir 2.1 versija.

ISO 9241-210 dokumente pateikiami į žmogų orientuoto projektavimo principų ir veiklos per visą kompiuterinių interaktyviųjų sistemų gyvavimo ciklą reikalavimai ir rekomendacijos.

Standarte [14] pateikiamas panaudojamumo apibrėžimas:

„panaudojamumas kai konkretūs naudotojai gali naudoti produktą, kad pasiektų konkrečius tikslus, efektyviai, veiksmingai ir su pasitenkinimu tam tikrame naudojimo kontekste.“

ISO 9241-210 standarto 171 dalyje pateikiamos rekomendacijos:

- bendrieji aspektai: 50 gairių/reikalavimų sugrupuotų į 6 grupes;
- įvestis: 41 gairė/reikalavimas, 4 grupės;
- išvestis: 45 gairės/reikalavimai, 9 grupės;
- dokumentacija ir pagalba: 7 gairės/reikalavimai, 2 grupės.

ISO 20282 [15] aprašomas kasdieninių produktų naudojimo paprastumas. Rekomenduojama kaip projektuoti produktus, tenkinančius naudotojo poreikius ir pasižyminčius aukštu panaudojamumu. Šioje dalyje pateikiami reikalavimai ir rekomendacijos, kaip projektuoti lengvai valdomus kasdienes gaminius, kurių valdymo paprastumas yra panaudojamumo sąvokos, susijusios su naudotojo sąsaja, pogrupis, atsižvelgiant į atitinkamas naudotojo charakteristikas ir naudojimo kontekstą. Standarto dalis skirta naudoti kuriant kasdienes gaminius, apibrėžiamas naudojimo paprastumas, paaiškinama, kokie naudojimo konteksto aspektai yra svarbūs, aprašomos numatomų naudotojų grupės charakteristikos, galinčios turėti įtakos naudojimo patogumui. Numatomi standarto naudotojai yra naudojimo patogumo specialistai, ergonomistai, gaminių dizaineriai, sąveikos dizaineriai, gaminių gamintojai ir kiti asmenys, dalyvaujantys projektuojant ir kuriant kasdienes gaminius.

ISO 14915 [16] pateikiamos multimedijos programų naudotojo sąsajos projektavimo rekomendacijos. Nagrinėjama įvairialypės informacijos pateikimo programose ergonominiai principai.

Šis standartas susideda iš 3 pagrindinių dalių, kurių bendras pavadinimas yra „Daugialypės terpės naudotojo sąsajų programinės įrangos ergonomika“:

- 1 dalis: Projektavimo principai ir sistema;

Pirmojoje dalyje nustatyti daugialypės terpės naudotojo sąsajų projektavimo principai ir pateikta daugialypės terpės projektavimas. Šie principai pristatomi siekiant sukurti pagrindą išsamiai daugialypės terpės rekomendacijoms, aprašytoms kitose ISO 14915 dalyse. Pateiktos bendrosios proceso rekomendacijos daugialypės terpės naudotojo sąsajų projektavimui.

– 2 dalis. Daugialypės terpės navigacija ir valdymas;

Antrojoje dalyje pateikiamos medijos valdymo ir navigacijos daugialypės terpės programose rekomendacijos. Žiniasklaidos valdymas daugiausia susijęs su funkcijomis, skirtomis valdyti dinaminę žiniasklaidą, pvz., garso ar vaizdo įrašus. Navigacija susijusi su konceptualia daugialypės terpės taikomosios programos struktūra ir naudotojo sąveika, reikalinga judėti šioje struktūroje. Ši dalis apima ir daugialypės terpės medžiagos paieškos rekomendacijas.

– 3 dalis. Medijos pasirinkimas ir derinimas.

Trečiojoje dalyje pateikiamos rekomendacijos dėl žiniasklaidos priemonių pasirinkimo atsižvelgiant į komunikacijos tikslą ar užduotį, taip pat į informacijos savybes. Taip pat pateikiamos rekomendacijos, kaip derinti skirtingas žiniasklaidos priemones, kaip integruoti daugialypės terpės komponentus stebėjimui ir skaitymui.

ISO/IEC 25010:2011 „Sistemų ir programinės įrangos inžinerija – sistemų ir PĮ reikalavimai ir vertinimas – sistemos ir PĮ kokybės modeliai“ [17]. Šiame standarte panaudojamas apibrėžiamas kaip rinkinys atributų, susijusių su pastangomis, kurias įdeda naudotojų aibės nariai, naudodamiesi sistema. Išskiriami šie panaudojamumo parametrai:

- atpažįstamumas/suprantamumas (angl., appropriateness recognizability);
- išmokstamumas (angl., learnability);
- veiksmingumas (angl., operability);
- apsauga nuo naudotojo klaidų (angl., user error protection);
- prieinamumas (angl., accessibility);
- naudotojo sąsajos estetika (angl., user interface aesthetics).

Šis tarptautinis standartas apibrėžia:

- naudojimo kokybės modelį, kurį sudaro penkios charakteristikos, susijusios su sąveikos rezultatais, kai gaminys naudojamas tam tikrame kontekste. Šis sistemos modelis taikomas visai žmogaus ir kompiuterio sistemai, įskaitant ir naudojamus kompiuterių sistemas ir naudojamus programinės įrangos produktus.
- produkto kokybės modelis, kurį sudaro aštuonios charakteristikos, kurios susijusios su statinėmis programinės įrangos savybėmis ir dinaminėmis kompiuterio savybėmis. Modelis taikomas ir kompiuterių sistemoms, ir programinės įrangos produktams.

Abiejų modelių apibrėžtos charakteristikos tinka visiems programinės įrangos produktams ir kompiuterių sistemoms.

WCAG – saityno turinio prieinamumo gairės. Nustatytos taisyklės, kaip užtikrinti, kad viešojo sektoriaus interneto svetainės ir mobiliosios programėlės būtų prieinamos visiems, įskaitant neįgaliuosius. Nors ši direktyva tiesiogiai netaikoma ES institucijoms, visose Europos Komisijos interneto svetainėse ir programėlėse raginama laikytis šių taisyklių. WCAG standartą sudaro keturi principai (angl., perceivable, angl., operable, angl., understandable, angl., robust) ir 13 gairių. Kiekvienai gairei pateikiami ištestuojami sėkmės kriterijų aprašai (konkrečios rekomendacijos, kurių

yra 78) ir būdai, kaip juos galima įgyvendinti. Taip pat prie kiekvieno sėkmės kriterijaus gali būti pateikiami ir kriterijaus pažeidimų pavyzdžiai. WCAG pateikti sėkmės kriterijai yra skirstomi pagal prieinamumo lygį nuo A (žemiausias) iki AAA (aukščiausias). Vienas iš WCAG standarto atitikimo tikrinimo internetinių įrankių „Wave – Web Accessibility Evaluation Tool“ naudojamas patikrinti egzistuojantį tinklą, kaip jis atitinka standarto rekomendacijas.

1.5.3. Kitos panaudojamumo rekomendacijos

Konkrečios panaudojamumo rekomendacijos, tai rekomendacijos ar metodai, kurie konkrečiai nurodo, ką reikia atlikti norint pasiekti aukštesnį panaudojamumą. Šiame skyriuje yra pateikiamos panaudojamumo rekomendacijos iš „Nielsen Norman Group“ organizacijos ir Davis Travis sudaryto rekomendacijų rinkinio struktūra. „Nielsen Norman Group“ atlieka panaudojamumo praktinius tyrimus, ir jų pagrindu leidžia atitinkamas knygas ir taisyklių rinkinius. Šios organizacijos įkūrėjo Jakob Nielsen sudarytos pagrindinio (angl. home) puslapio panaudojamumo rekomendacijos sudaro 113 gairės ir yra suskirstytos į 25 grupes. Kaip pavyzdį galime išskirti vienos grupės (grafikoms ir animacijoms) rekomendacijas [11]:

- naudokite grafiką tikram turiniui rodyti, o ne tik papuošti pagrindinį puslapį;
- jei grafikos ir nuotraukų prasmė nėra aiški iš istorijos, prie kurios jos pridedamos, konteksto, žymėkite jas etiketėmis;
- tinkamai redaguokite nuotraukas ir diagramas, atsižvelgdami į jų dydį;
- venkite vandenženklių grafikos (fono paveikslėlių su tekstu ant jų);
- nenaudokite animacijos vien tam, kad atkreiptumėte dėmesį į kokį nors pagrindinio puslapio elementą;
- niekada neanimuokite svarbiausių puslapio elementų, pavyzdžiui, logotipo, žymos linijos ar pagrindinės antraštės;
- leiskite naudotojams pasirinkti, ar jie nori matyti animuotą svetainės įžangą, bet nenustatykite jos kaip numatytosios.

Dedalus rekomendacijų aprašymas pateiktas šaltinyje [11].

Dar vienos iš konkrečių rekomendacijų, kurias pateikia „Nielsen Norman Group“, galime rasti jų tinklapyje, tai planšetinių kompiuterių naudotojo sąsajos rekomendacijos [12]. Pagal Jakob Nielsen planšėčių tinklapių ir programėlių dizainas neturėtų būti tik padidintas telefonuose naudojamas dizainas. Planšėčių naudotojai turėtų būti suprantami kaip atskira dalis nors ji susijusi ir su mobiliojo, ir su stalinio kompiuterio dizainu. Naudotojų bandymai rodo, kad daugelis įprastų svetainių gana gerai veikia planšetiniuose kompiuteriuose, tačiau jas reikia modifikuoti. Šioms modifikacijoms atlikti pateikiamos 126 gairės. Jakob Nielsen ataskaita parengta remiantis 6 naudotojo patogumo tyrimų etapais su visomis pagrindinėmis planšetinių kompiuterių platformomis:

- „iPad“ (standartinio dydžio ir „iPad Mini“);
- „Android“ (daug skirtingų modelių, įskaitant „Amazon Kindle Fire“);
- „Windows“ planšetiniais kompiuteriais (įskaitant „Microsoft Surface“).

Taip pat autorius teigia, kad taikė ir konkrečioms planšetėms skirtas programas ir stebėjo, kaip žmonės naudojami interneto svetainėmis savo planšetėse. Viena iš pagrindinių tyrimo išvadų yra ta, kad daugelis interneto svetainių gana gerai veikia planšetiniuose kompiuteriuose ir kad planšetinių kompiuterių naudotojai interneto naršymą laiko vienu iš pagrindinių savo prietaiso naudojimo būdų.

Planšečių programėlių ir tinklapių panaudojamumo rekomendacijos ataskaitą sudaro 207 puslapiai. Pateikiamos 126 dizaino gairės, pagrįstos tyrimais, ir 226 spalvoti konkrečių planšetinių kompiuterių dizainų, kurie naudotojams veikė gerai arba blogai, ekrano vaizdai.

Kaip pavyzdį galime išskirti „Registracijos ir prisijungimo“ rekomendacijas ([12] 71 p.):

- nepradėkite programėlės su prašymu prisijungti arba užsiregistruoti;
- prašykite registracijos/prisijungimo saugumo tikslais (pvz., siekiant apsaugoti finansinę informaciją), jei naudotojai nori sinchronizuoti savo duomenis įrenginiuose;
- siūlykite žmonėms galimybę prisijungti su „Facebook“ arba „Google“ paskyra, bet nesiūlykite, kad tai būtų vienintelės galimos parinktys;
- suteikite vienodą prioritetą registracijos ir prisijungimo laukams;
- jei naudotojai padaro klaidą bandydami prisijungti, kai neturi paskyros, nukreipkite juos į registracijos formą;
- venkite žmones atsisakyti programėlės, reikalaujant, kad užsiregistruotų;
- jei programėlėje registracija nėra visiškai palaikoma, apsvaistykite galimybę naudoti naršyklės rodinį programėlėje, kad būtų rodoma visa svetainė;
- kai naudotojai baigs registraciją, gražinkite juos į srautą, kuriame jie buvo prieš pradėdami registraciją;
- sumažinkite registracijos formoje esančių laukų skaičių;
- pašalinkite besidubliuojančius laukus (el. pašto, slaptažodžio);
- leiskite žmonėms aiškiai matyti savo slaptažodį tiek registruojantis, tiek prisijungiant.

Plačiau apie šias rekomendacijas pateikiama šaltinyje [12].

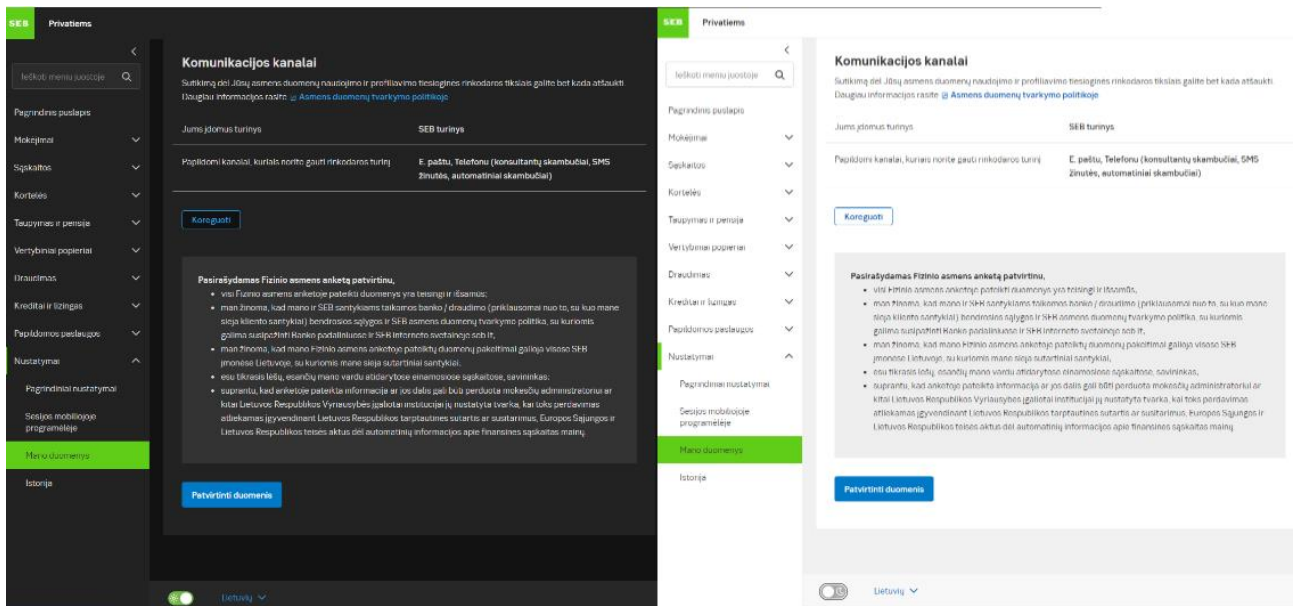
David Travis pateikė 247 rekomendacijas, kurias sudaro:

- 20 rekomendacijų, kaip įvertinti pagrindinių puslapių patogumą;
- 44 rekomendacijos, skirtos įvertinti, kaip gerai interneto svetainė padeda naudotojams atlikti užduotis;
- 29 rekomendacijos navigacijai ir informacinei architektūrai vertinti;
- 23 rekomendacijos formoms ir duomenų įvedimui vertinti;
- 13 rekomendacijos pasitikėjimui ir patikimumui vertinti;
- 23 rekomendacijos rašymo ir turinio kokybei įvertinti;
- 38 rekomendacijos puslapio išdėstymui ir vizualiniam dizainui vertinti;
- 20 rekomendacijų paieškai įvertinti;
- 37 rekomendacijos pagalbai, grįžtamajam ryšiui ir tolerancijai klaidoms vertinti.

Detalus jų aprašymas pateiktas šaltinyje [13].

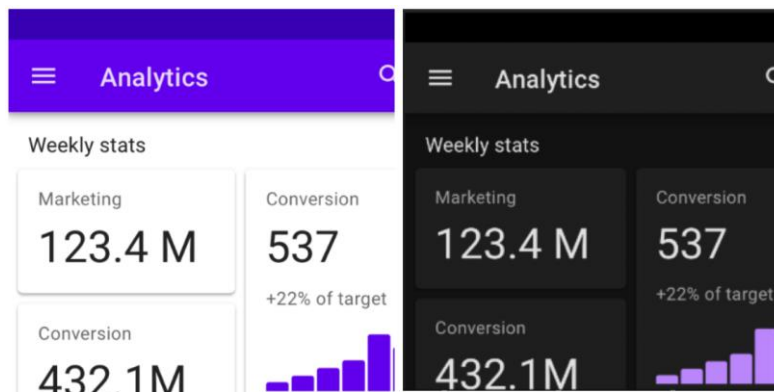
1.6. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų taikymo rekomendacijos ir tyrimai

Per pastaruosius metus pastebima, kad tamsus režimas vis dažniau taikomas įvairiose sistemose, išmaniosiose programėlėse, saityno informacinėse sistemose. Daugelis populiarių sistemų ir programų, tokių kaip socialiniai tinklai, žinučių programos ir operacinės sistemos, dabar siūlo tamsaus režimo parinktį. Pavyzdžiui, „Instagram“ ir „Twitter“ turi tamsaus režimo parinktį, kurią galima lengvai įjungti arba išjungti. Ši tendencijos sparčiai auga ir yra populiarūs tarp naudotojų. Daugelis kompiuterinių programų ir svetainių taip pat siūlo tamsaus režimo parinktį, pavyzdžiui, naujoji elektroninės bankininkystės „SEB“ sistema siūlo pasirinkti tarp tamsaus ir šviesaus režimo (1 pav.).



1 pav. Elektroninės bankininkystės tamsusis ir šviesusis režimas

Tamsusis grafinės sąsajos režimas, tai toks dizaino tipas, kuriame naudojamas tamsus fonas su šviesesniu tekstu (neigiamas kontrasto poliškumas). Šviesusis režimas – priešingas tamsiajam, kai naudojamas šviesus fonas su tamsiu tekstu (teigiamas kontrasto poliškumas). Ilustracijoje (2 pav.) [18] galime matyti mobilios programėlės dizainą pavaizduotą šiais dvejais skirtingais režimais, kai turinys ir išdėstymas yra identiškas.



2 pav. Tamsaus ir šviesaus režimo pavyzdys

Kontrasto poliškumas – tai terminas, apibūdinantis teksto ir fono kontrastą [18]:

- teigiamas kontrasto poliškumas (šviesus režimas) reiškia, kad tamsaus šrifto tekstas yra šviesiame fone;
- neigiamas kontrasto poliškumas (tamsus režimas) reiškia šviesaus (pvz., balto) teksto tamsiame (pvz., juodame) fone derinį.

Tamsiajame režime spalvų paletę sudaro tamsesnės fono spalvos ir šviesesnės pirmojo plano spalvos, kurios kruopščiai parinktos taip, kad būtų užtikrintas kontrastas, bet kartu būtų išlaikytas nuoseklus įvairių režimų ir programėlių išpūdis. Pagal „Android“ operacinės sistemos kūrėjus, tamsaus režimo pagrindinė komponentų paviršiaus spalva rekomenduojama, kad turėtų būti tamsiai pilka, o ne

visiškai juoda. Tamsiai pilki paviršiai gali išreikšti platesnį spalvų, aukščio ir gylio diapazoną, nes ant pilkos spalvos lengviau matyti šešėlius. Tamsiai pilki paviršiai taip pat mažina akių įtampą, nes šviesus tekstas tamsiai pilkame paviršiuje yra mažiau kontrastingas nei šviesus tekstas juodame paviršiuje. Pagal „Material Design“ rekomenduojama tamsios temos paviršiaus spalva yra tamsiai pilką (spalvos kodas: #121212) [18]. Taip pat rekomenduojama, kad tamsaus režimo fonas būtų pakankamai tamsus ir atitiktų 15:8:1 kontrasto lygį tarp teksto ir fono. Tai užtikrina, kad sistemoje tekstas būtų aiškiai įskaitomas ir kontrastas atitiktų WCAG standartą. Tamsioje temoje nereikėtų naudoti sočiųjų spalvų, nes jos neatitiks prieinamumo standarto (4:5:1 kontrasto). Pagal „Material Design“ rekomenduojama naudoti spalvų paletės generatorių [19], kuris gali būti naudojamas norint sukurti arba peržiūrėti spalvų suderinamumą. Taip pat siūlomas spalvų generatorius pateikia spalvų variacijas, sukurtas pasirinktų iš pirminių ir antrinių spalvų, kurios atitiks keliamus reikalavimus ir išlaikys panaudojamumo principus.

Nick Babich išskiria pagrindines „Material design“ pateiktas rekomendacijas tamsiam režimui [20]:

- venkite grynos juodos spalvos;
- venkite naudoti sodrias spalvas tamsiose temose. Sodrios spalvos, kurios tinkamos ant šviesių paviršių, gali vizualiai netikti ant tamsių paviršių ir naudojamas tekstas bus sunkiau įskaitomas. Rekomenduojama sumažinti pagrindinių spalvų sodrumą, kad jos būtų pakankamai kontrastingos tamsiame fone. Patartina naudoti šviesesnius tonus, nes jie geriau įskaitomi ant tamsių teminių paviršių;
- užtikrinkite prieinamumo spalvų kontrasto standartus. Rekomenduoja, kad teksto ir fono kontrastas būtų ne mažesnis kaip 15.8:1;
- paryškintas teksto nepermatomumas turėtų būti 87 %;
- patartina leisti naudotojams perjungti režimus į tamsųjį arba į šviesųjį.

Tamsaus ir šviesaus režimo panaudojamumo tyrimai yra vykdomi jau keletą metų. Dauguma šių tyrimų sutelkia dėmesį į skirtingų spalvų režimų psichologinį poveikį. Pavyzdžiui, L. Koning ir M. Junger tyrime buvo iškelta hipotezė, kad tamsi naudotojo sąsaja gali paskatinti nesąžiningesnę elgesį dėl suvokiamo naudotojo anonimiškumo [21]. Tačiau autoriai nenustatė reikšmingo sąžiningumo skirtumo tarp tamsios ir šviesios naudotojo sąsajos. Įdomu tai, kad tyrimas atskleidė, jog tamsusis režimas skatino sąžiningumą naudotojų, kurie buvo prabudę ilgesnį laiką. Autoriai taip pat tyrė, ar suvokiamas anonimiškumas ir finansinė gerovė turi įtakos naudotojo sąsajos ir sąžiningumo ryšiui, tačiau reikšmingo poveikio nenustatė. Apskritai tyrimas rodo, kad tamsusis režimas yra saugus ir netgi gali būti skatinamas.

S. Nazeriha ir A. Jonsson [22] tyrė tamsaus režimo poveikį klientų pasitikėjimui elektroninės prekybos svetainėmis. Tyrimo dalyviai buvo paprašyti įvertinti grafinį dizainą ir jų pradinį pasitikėjimą. Vienai daliai respondentų buvo pateiktas šviesusis sąsajos režimas, kitai pusei tamsusis, kuris buvo sugeneruotas naršyklės įskiepio. Dauguma dalyvių įvertino šviesiąją versiją labiau patikimą nei tamsiąją. Autoriai padarė išvadą, kad kūrėjai turėtų nuo svetainės kūrimo pradžios įgyvendinti tamsųjį režimą arba, įvedant jį, pertvarkyti kitus svetainės elementus, o ne pasikliauti automatinėmis transformacijomis. Nustatyti, kuris režimas naudotojams atrodytų patikimesnis, pagal šį tyrimą nuspręsti negalime, nes jame dalyvavo tik 18 dalyvių, ir tamsaus režimo versija buvo sukurta automatiškai iš pradinio šviesaus režimo.

Spalvų emocinį ir semantinį poveikį skaitmeniniam turiniui taip pat tyrė D. Löffler, L. Giron, J. Hurtienne, kurie bandė išsiaiškinti juodos, baltos ir pilkos spalvų naudotojo sąsajos fono įtaką

jausmų suvokimui Twitch.tv pokalbių žinutėse [23]. Rezultatai parodė, kad dalyviai, kurie vertino žinutes juodame fone, jas suvokė labiau neigiamai nei tie, kurie dirbo baltame fone. Tai rodo, kad naudotojo nuotaikos suvokimui gali turėti įtakos sąsajos spalva, ypač dviprasmiško tekstinio turinio, prisodrinto ironijos ir sarkazmo, atveju. Autoriai teigia, kad šios žinios gali būti pritaikytos įtikinamai sąveikai ir naudotojų patirties projektavimui visoje skaitmeninėje erdvėje. Didžioji dalis šiuolaikinių sistemų darbo yra susijusi su tekstu. Todėl tyrėjai bando suprasti, kaip spalvų režimas veikia naudotojo supratimo lengvumą arba jo skaitomumą.

A. Nyqvist ir J. Rutqvist [24] tyrė skirtingų spalvų temų poveikį kodo skaitomumui, prašydami dalyvių spręsti kodo supratimo užduotis ir kartu fiksuoti jų regėjimo modelius naudojant akių stebėjimo technologiją. Eksperimento rezultatai neparodė jokių reikšmingų tikslumo ar greičio skirtumų tarp dviejų spalvų temų. Be to, akių sekimo įrangos įrašai neparodė reikšmingų akių judesių modelių skirtumų. Išvados rodo, kad programuotojo pirmenybė tam tikrai spalvinei temai neturi reikšmingos įtakos jo rezultatams. Tačiau tyrimo metu nustatyta nedidelė tendencija, kad dalyviai, naudojantys šviesias temas, greičiau išsprendžia pirmuosius du uždavinius, o tai gali reikšti ryškios šviesos poveikį rezultatams, kai tik pradedama dirbti su sistema. Šios išvados prieštaravo 2004 m. Hall ir Hanna atliktam studijų tekstų skaitomumo tyrimui [25]. Jame autoriai iš tiesų nustatė, kad ir skaitomumo, ir informacijos išlaikymo balai buvo gerokai aukštesni, kai buvo naudojamas juodas tekstas baltame fone, palyginti su juodos ir baltos arba žydros ir juodos spalvų deriniais.

Tyrimo [26] bandyta nustatyti ar spalvų režimas turi įtakos naudotojų produktyvumui atlikdami kontroliuojamą eksperimentą su vizualiai intensyvia teksto įvedimo užduotimi naudojant virtualią klaviatūrą su nepažįstamu išdėstymu. Rezultatai neparodė jokių reikšmingų produktyvumo ar klaidų kiekio skirtumų tarp tamsaus ir šviesaus režimo. Tačiau dalyviai, kurie pirmenybę teikė tamsiam režimui, labiau atsivėlgė į estetiką ir patogumą, o tie, kurie pirmenybę teikė šviesiam režimui, pasižymėjo didesne sklaida tamsaus režimo sąlygomis. Tyrimas rodo, kad pirmenybė tamsiam režimui gali būti labiau susijusi su subjektyviu komfortu ir estetika, o ne su produktyvumu ir klaidų mažinimu. Tačiau dėl mažos imties (16 dalyvių) mažėja šių išvadų patikimumas.

Keli panaudojamumo tyrimų rezultatai apibendrinti „Nielsen Norman Group“ ataskaitoje [27] kurioje buvo tiriamas tamsiųjų ir šviesiųjų režimų poveikis naudotojo patirčiai. Tyrėjai nustatė, kad naudotojai paprastai pirmenybę teikia šviesiam, o ne tamsiam režimui, tačiau ši pirmenybė skyrėsi priklausomai nuo konteksto ir užduoties. Nustatyta, kad tamsusis režimas labiau tinka užduotims, kurioms reikia mažesnio regos aštrumo, pavyzdžiui, teksto skaitymui ar naršymui socialinėje žiniasklaidoje, o šviesusis režimas labiau tinka užduotims, kurioms reikia didelio regos aštrumo, pavyzdžiui, teksto redagavimui.

Taigi, šie tyrimai išryškina sudėtingą ryšį tarp spalvų temos ir naudotojo elgsenos, pasitikėjimo, skaitomumo, efektyvumo ir produktyvumo. Nors nėra aiškaus sutarimo, ar tamsus, ar šviesus režimas yra geresnis, yra pakankamai pagrindo daryti išvadą, kad režimo pasirinkimas turi įtakos naudotojo patirčiai. Tačiau nėra iki galo aišku, kaip tiksliai režimas veikia įvairius tinkamumo naudoti aspektus, įskaitant darbo greitį (našumą), ir kaip šis poveikis, jei toks yra, priklauso nuo naudotojų savybių ir užduočių pobūdžio.

1.7. Egzistuojančių panaudojamumo tyrimo įrankių analizė

Pasirinkta išanalizuoti šiuos egzistuojančius sprendimus, skirtus tirti sistemų panaudojamumą:

- „UsabilityHub“;

- „Maze“;
- „HotJar“;
- „TryMyUi“;
- „SurveySparrow“.

Vienas iš pasirinktų apklausų kūrimo įrankių panaudojamumui tirti yra „UsabilityHub“. Tai nuotolinio naudotojų tyrimo platforma, kuri leidžia išvengti spėlionių priimant dizaino sprendimus, patvirtinant juos su tikrais naudotojais. Šis įrankis leidžia panaudoti sudarytą grafinį šabloną iš „Figma“ prototipų kūrimo programos. Tyrėjas gali išanalizuoti, koks atsakymas buvo pasirinktas prie kiekvieno klausimo. Sistema turi klausimo atsakymo laiko fiksavimo funkcija, tačiau nėra galimybės paskirstyti skirtingų grafinių sąsajų šablonų atsitiktine tvarka. Taip pat sistema nepateikia statistinių skaičiavimų įvertinant kintamųjų priklausomybes. Kita „Maze“ apklausų kūrimo platforma irgi yra skirta sistemų panaudojamumui tirti. Ši sistema suteikia galimybę surinkti naudingas naudotojų įžvalgas ir skatinti produktų dizaino sprendimų priėmimus. Kuriant grafinio šablono tipo klausimus galima nurodyti prototipą iš kelių prototipavimo programų, kaip „Figma“, „Adobe XD“, „Sketch“. Kaip ir prieš tai minėta sistema, ši taip pat palaiko paspaudimų kiekio ir pelės kelio nustatymo funkcijas, turi klausimų atsakymo laiko fiksavimo funkcija. Tačiau nėra skirtingų grafinio šablono pateikimo galimybės. „HotJar“ įrankis skirtas integruoti jau į esamas sistemas ir jose pateikti iškylančio lango (angl. popup) klausimyną. Ši platforma taip pat leidžia pasirinkti iš daugiau nei 50 iš anksto sukurtų klausimyno šablonų, tačiau atskirai pasirinkti klausimo tipo negalima. Įrankis gali fiksuoti paspaudimų kiekį ir nustatyti pelės kelią. „HotJar“ įrankis neturi atsitiktinės tvarkos grafinių dizainų pateikimo funkcijos. „TryMyUi“, panašus įrankis kaip ir „HotJar“, kuris skirtas integruoti jau į esamą sistemą. Įrankis įrašinėja naudotojo atliekamus veiksmus ir bando užfiksuoti, kaip naudotojas elgiasi sistemoje. Pagal sudarytą scenarijų pateikiama užduotis ir sudaryti klausimai. Sistema gali pateikti vieno klausimo atsakymo laiką ir turi visos apklausos vykdymo laiko nustatymo funkcija. Skirtingų grafinio dizaino pateikimo galimybės nėra, taip pat ir statistikos skaičiavimo funkcijos šis įrankis neturi. „SurveySparrow“ apklausos kūrimo platforma, leidžianti lengvai kurti apklausas ir rinkti duomenis nuotoliniu būdu. Apklausų kūrimas ganėtinai lankstus su galimybe patiems sudaryti apklausos dizainą ir pritaikyti pagal savo poreikius. Tačiau kuriant apklausą, nėra galimybės panaudoti esamos sistemos ir jos grafinės naudotojo sąsajos. Įrankis nefiksuoja paspaudimo kiekio ir pelės kelio, taip pat nėra galimybės fiksuoti užduoties įvykdymo laiko.

Lentelėje (1 lentelė) pateiktas analizuotų įrankių palyginimas pagal išsikeltus kriterijus.

1 lentelė. Panaudojamumui skirtų apklausų kūrimo sistemų palyginimo lentelė

Pavadinimas	Usability Hub	Maze	HotJar	TryMyUi	Survey Sparrow	Kuriamas sprendimas
Kriterijai						
Užduoties vykdymo laiko fiksavimas	+	+	-	+	-	+
Grafinio šablono atsitiktinumo funkcija	-	-	-	-	-	+
Vienos apklausos kelių kalbų palaikymas	-	-	-	-	-	+

1.8. Analizės išvados

1. Atlikus panaudojamumo sąvokos analizę nustatyta, jog sistemos panaudojamumą lemia daugelio kriterijų, paprastai vadinamų panaudojamumo charakteristikomis, tenkinimo lygis. Taigi, sistemų panaudojamumas gali būti tiriamas įvairiais pjūviais.
2. Atlikus panaudojamumo euristicų ir konkrečių rekomendacijų analizę nustatyta, kad euristicų aibė yra gana stabili ir nekintanti, tačiau konkrečių rekomendacijų kiekis nuolatos auga. Vis tik skirtinguose šaltiniuose pateikiami sąrašai dažnai persidengia ir yra iš esmės panašūs, nes akcentuojami tie patys principai.
3. Pagal jau atliktus tamsaus ir šviesaus režimo tyrimus pastebėta, kad šių režimų taikymo rekomendacijų kiekis yra ribotas arba jos menkai patvirtintos eksperimentiškai, dėl ko jų tyrimai traktuotini kaip perspektyvūs.
4. Analizuotuose tamsaus ir šviesaus režimų tyrimuose daugiau susitelkiama ties estetiškumo charakteristika, tačiau šių režimų įtaka darbo su sistema spartai (darbo našumui) yra tiriama mažiau. Kita vertus, tamsaus režimo naudojimas populiarėja, dėl to yra aktualu suprasti, kaip šis dizaino stilius gali daryti įtaką naudotojų darbo našumui.
5. Atlikus panaudojamumo tyrimo įrankių analizę nustatyta, jog prieinami sprendimai neturi sąsajos našumo tyrimams atlikti reikalingų funkcijų. Todėl nuspręsta, kad analizės pagrindu turės būti sukurta sistema eksperimentiniam tyrimui atlikti.

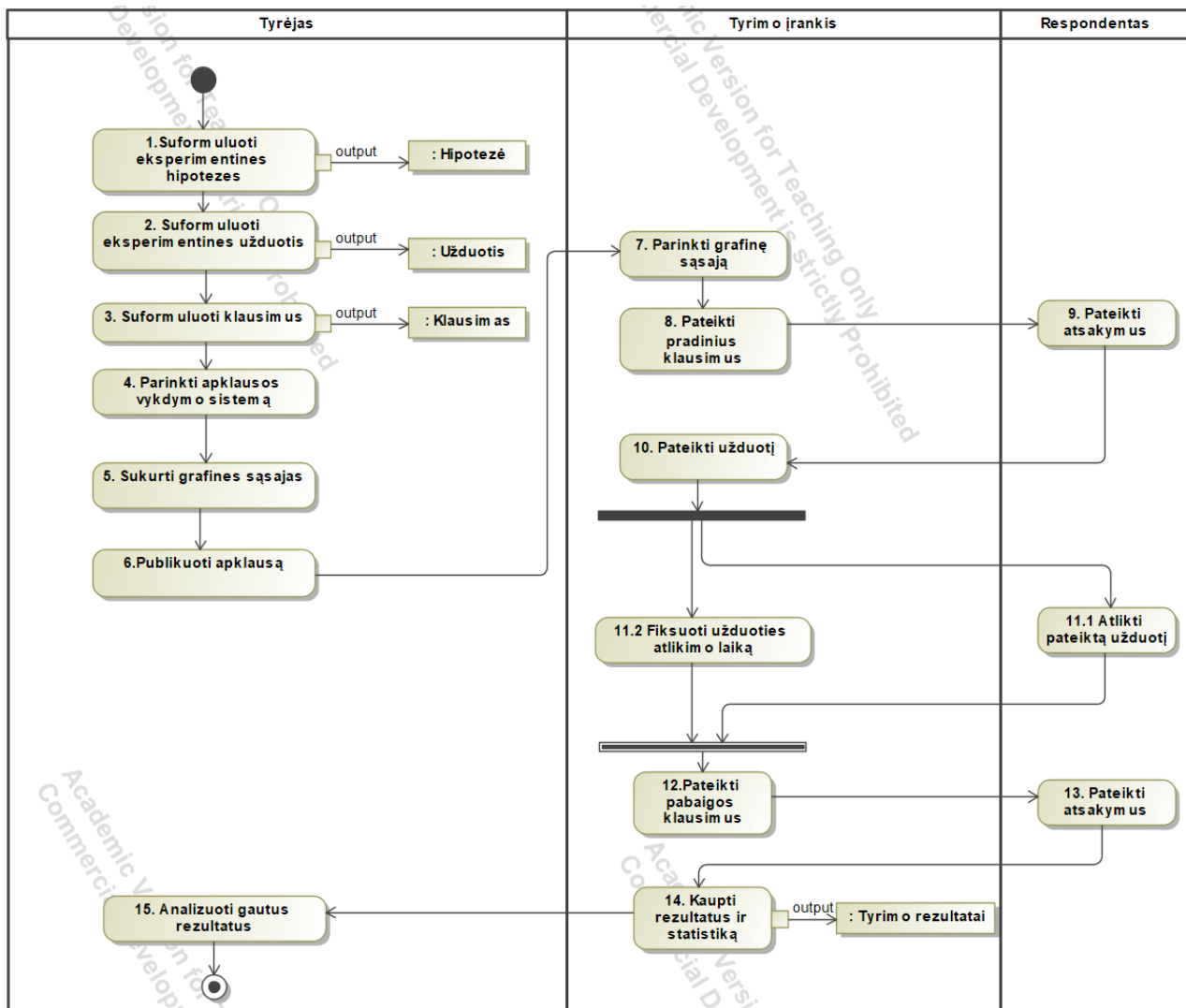
2. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui tyrimo apibrėžimas

2.1. Grafinės sąsajos režimų tyrimo vykdymo metodika

Numatytas tyrimų planas susideda iš šių etapų:

1. Hipotezių formulavimas ir matuojamų kintamųjų apibrėžimas;
2. Tyrimo struktūros apibrėžimas;
 - 2.1. Eksperimentinių užduočių, reikalingų hipotezėse nurodytoms panaudojamumo savybėms įvertinti, sąrašo nustatymas;
 - 2.2. Klausimų, kurie būtų pateikiami tyrimo dalyviams, apibrėžimas.
 - 2.3. Apklausos sistemos pasirinkimas;
 - 2.4. GNS elementų (t. y. pilnai veikiančių puslapių), kurių reikia atlikti apibrėžtai eksperimentinei užduočiai, sukūrimas ir diegimas;
 - 2.5. Eksperimentinės apklausos įgyvendinimas pasirinktoje sistemoje;
3. Apklausos publikavimas, dalyvavimo prašymų išsiuntimas ir duomenų rinkimas;
4. Rezultatų analizė ir apibendrinimas.

Paveikslėlyje (3 pav.) pateikta eksperimentinio tyrimo veiklos diagrama. Eksperimentas priklauso nuo trijų aktorių t.y. tyrėjo, tyrimo įrankio ir respondento. Tyrėjas turi sukurti hipotezes, užduotis ir klausimus, parinkti apklausos vykdymo sistemą ir sudaryti grafinės naudotojo sąsajas. Publikavus apklausą, sistema turi parinkti respondentui grafinę sąsają, pateikti klausimus, respondentui atsakius, sistema pateikia užduotį. Respondentui atliekant užduotį sistema lygiagrečiai fiksuoja tarpinius užduoties laikus. Sėkmingai įvykdžius užduotį, sistema pateikia pabaigos klausimus, į kuriuos respondentas turi atsakyti. Tyrimo įrankis fiksuoja pateiktus atsakymus ir kaupia gautus duomenis. Gautus rezultatus tyrėjas gali analizuoti ir sudaryti išvadas.

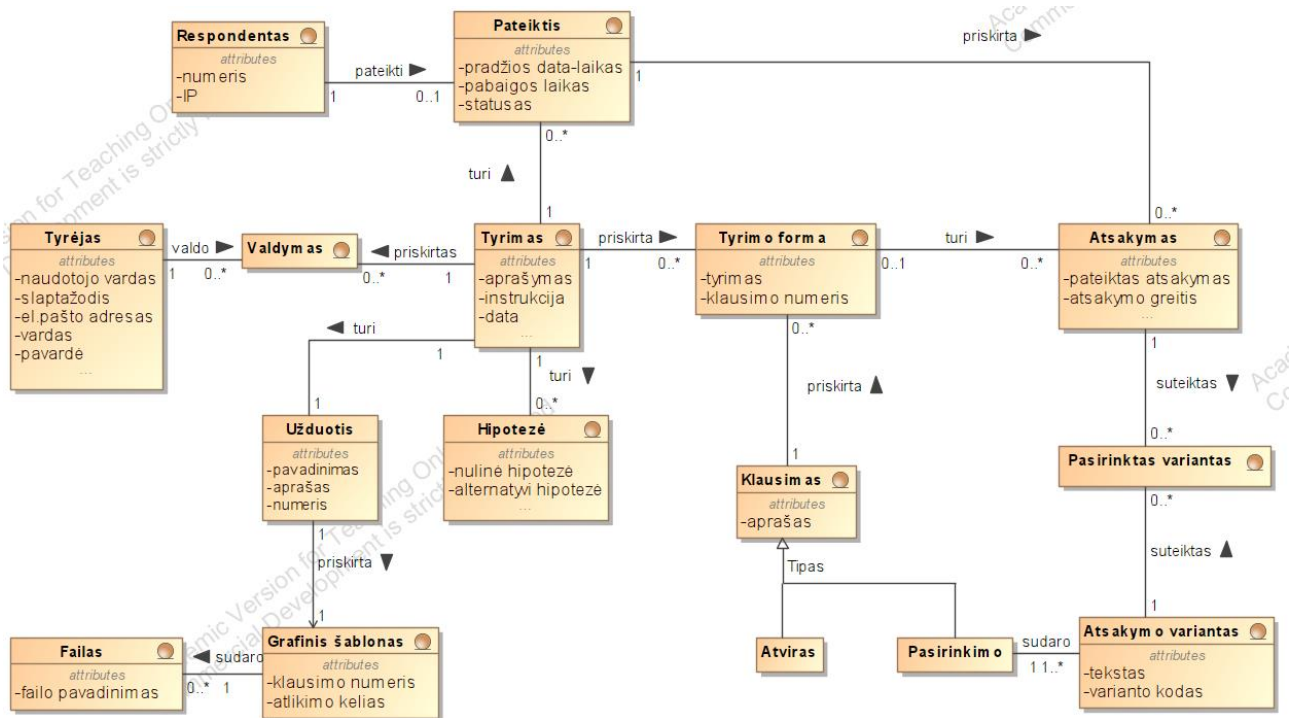


3 pav. Eksperimentinio tyrimo veiklos diagrama

Pagrindiniai tyrimo probleminiai klausimai:

- Kuriame režime (tamsiame ar šviesiame) užduoties objektai bus pastebėti greičiau?;
- Ar amžius turi įtaką darbo su sistema greičiui naudojant skirtingus režimus?;
- Ar naudojimosi patirtis turi įtaką darbo su sistema greičiui naudojant skirtingus režimus?;
- Ar įrenginys turi įtaką darbo su sistema greičiui naudojant skirtingus režimus?;
- Ar naudotojo preferencija režimui turi įtaką darbo su sistema greičiui naudojant skirtingus režimus?;
- Kuris režimas turėtų būti nustatytas kaip pagrindinis, kai sistema yra kuriama naujai?;
- Kuriuo režimu naudotojų darbo su sistema našumas bus didesnis?;
- Kokią įtaką tamsus ar šviesus režimas turi formos užpildymo greičiui?;

Eksperimento metu kaupiamų duomenų žodynas išreikštas esybių ryšių diagrama ir pateiktas paveikslėlyje (4 pav.). Visi duomenys yra aprašomi toliau pateiktoje lentelėje (2 lentelė).



4 pav. Eksperimento metu kaupiamų duomenų esybių ryšių modelis (žodynas)

2 lentelė. Eksperimento metu kaupiamų duomenų aprašymas

Esybė	Atributai	Prasmė
1. Respondentas	<ul style="list-style-type: none"> Respondento numeris Respondento IP adresas 	Duomenys skirti atskirti apklaustiems asmenims
2. Pateiktis	<ul style="list-style-type: none"> Fiksuotas pradžios laikas Pateikimo data Statusas 	Skirta sekti kada buvo pradėta vykdyti apklausa ir kada buvo pateikta ir ar buvo atsakyta į visus klausimus.
3. Tyrėjas	<ul style="list-style-type: none"> Naudotojo vardas Slaptažodis El. pašto adresas Vardas Pavardė 	Duomenys skirti tyrėjo informacijai saugoti.
4. Tyrimas	<ul style="list-style-type: none"> Aprašymas Instrukcija Data 	Tyrimo duomenys skirti saugoti jo aprašą, instrukcijas ir sukūrimo datą.
5. Tyrimo forma	<ul style="list-style-type: none"> Tyrimas Klausimo numeris 	Tyrimo forma yra priskirta tyrimui ir turi nurodytą klausimo numerį
6. Klausimas	<ul style="list-style-type: none"> Aprašas 	Prie klausimo yra saugomas jo aprašymas. Klausimas gali būti dviejų tipų, pasirinkimo arba atviras. Jei tai pasirinkimo klausimas jis turi atsakymo variantus
7. Atsakymas	<ul style="list-style-type: none"> Pateiktas atsakymas Atsakymo greitis 	Tai duomenys gaunami iš respondento. Saugoma, koks atsakymas buvo pateiktas, kiek laiko užtruko įvykdyti užduotį

Esybė	Atributai	Prasmė
8. Atsakymo variantas	<ul style="list-style-type: none"> • Tekstas • Varianto numeris 	Duomenys saugantys vieno klausimo atsakymo variantus. Tekstas skirtas atsakymo variantui aprašyti.
9. Grafinis šablonas	<ul style="list-style-type: none"> • Klausimo numeris • Atlikimo kelias 	Tai duomenys, kurie priklauso nuo pateikto klausimo. Kiekvienas klausimas turi grafinį šabloną, kuri reikia pateikti užduoties vykdymo metu.
10. Užduotis	<ul style="list-style-type: none"> • Pavadinimas • Aprašas • Numeris 	Užduotis priskirta grafiniam šablonui, skirta panaudoti tyrime.
11. Hipotezė	<ul style="list-style-type: none"> • Nuline hipotezė • Alternatyvi hipotezė 	Tai eksperimento vykdymo metu tiriamos hipotezės duomenys. Saugoma nulinė ir alternatyvi hipotezė.
12. Failas	<ul style="list-style-type: none"> • Failo pavadinimas 	Failai skirti grafiniam šablonui realizuoti

2.2. Eksperimento hipotezės

Atsižvelgiant į tai, jog priimtas sprendimas tirti spalvinio režimo įtaką darbo našumui, nuspręsta matuoti informacijos radimo puslapyje ir duomenų įvedimo formoje greitį. Šios užduotys sutinkamos daugumoje saityno informacinių sistemų ir jų įvykdymo sparta turi ženklią įtaką darbo našumui.

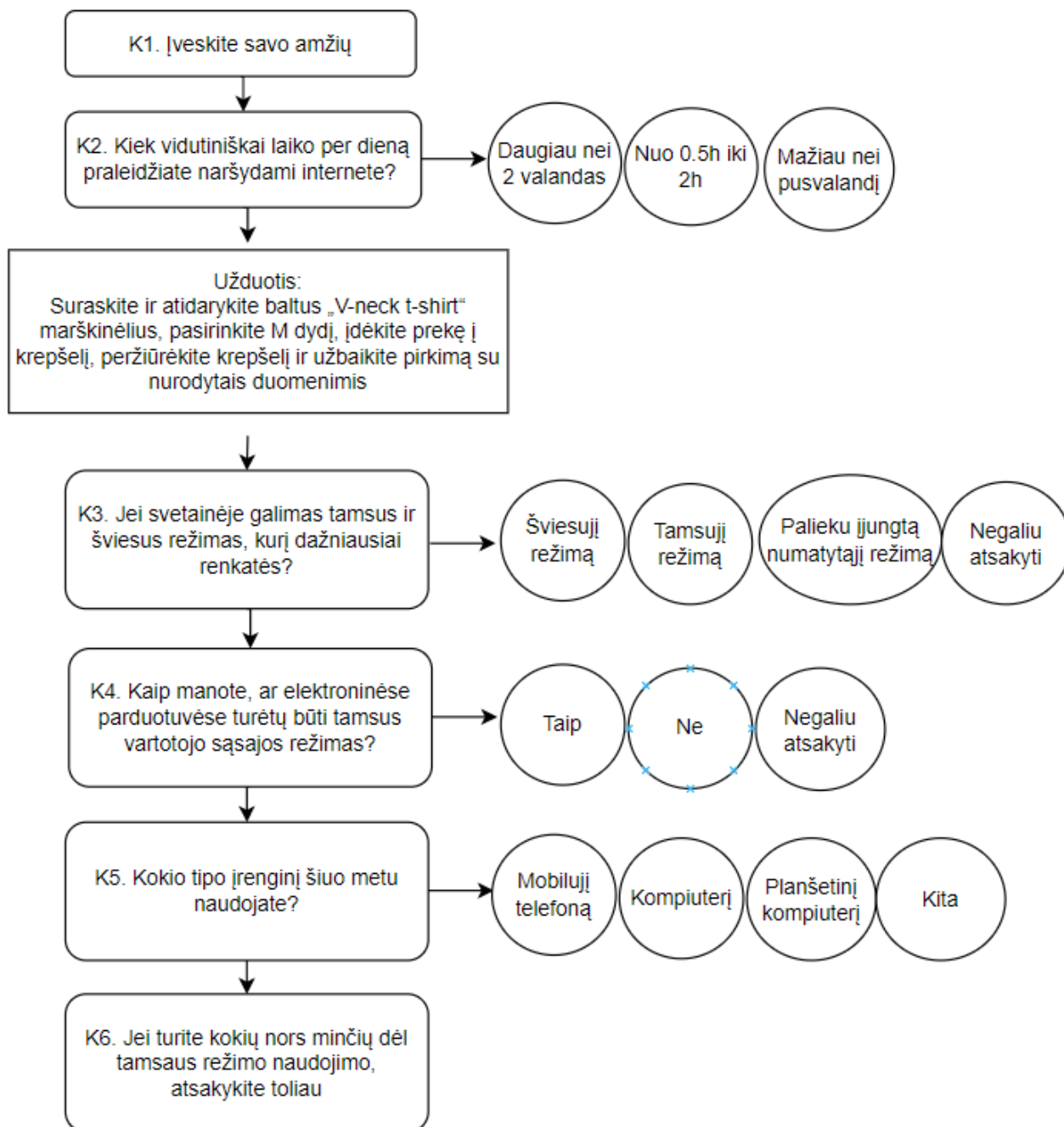
Tyrimo hipotezės:

- H1₀. Spalvos režimas neturi įtakos darbo su sistema greičiui;
- H2₀. Naudotojo amžius neturės įtakos produkto atidarymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H3₀. Naudotojo patirtis neturės įtakos produkto atidarymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H4₀. Naudojamas įrenginys neturės įtakos produkto atidarymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H5₀. Naudotojo režimo preferencija neturės įtakos produkto atidarymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H6₀. Naudotojo amžius neturės įtakos formos užpildymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H7₀. Naudotojo patirtis neturės įtakos formos užpildymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H8₀. Naudojamas įrenginys neturės įtakos formos užpildymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus;
- H9₀. Naudotojo režimo preferencija neturės įtakos formos užpildymo greičiui naudojant skirtingus dizaino režimus.

Be pateiktų statistinių hipotezių tyrimo metu nuspręsta išsiaiškinti naudotojų nuomonę apie tai, ar šiuolaikinėms saityno informacinėms sistemoms reikalingas tamsus naudotojo sąsajos režimas. Tuo pačiu siekta geriau suprasti naudotojų požiūrį į šviesaus/tamsaus režimų taikymą, leidžiant respondentams išsakyti savo mintis šiuo klausimu.

2.3. Eksperimentinės apklausos struktūra

Tyrimui vykdyti buvo numatyta mišri apklausa, kur dalis jos buvo pateikiama respondentams prieš atliekant užduotį ir dalis po užduoties atlikimo. Apklausos klausimai ir galimi atsakymai pateikti (5 pav.) paveikslėlyje.

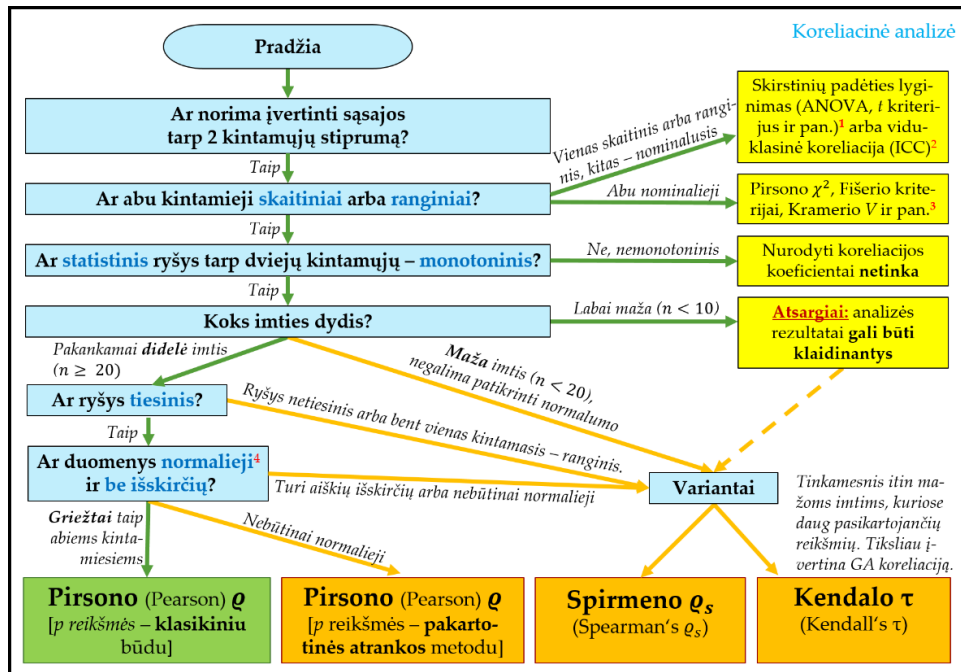


5 pav. Apklausos struktūra

Pradiniai klausimai pateikiami respondentui yra susiję su jo amžiumi ir naršymo patirtimi. Atsakius į pirmus du klausimus, respondentui pateikiama tyrimo užduotis. Po sėkmingo užduoties įvykdymo seka kiti klausimai, susiję su naudotojo sąsajos režimo preferencija, naudotojų nuomone, naudojamu įrenginiu, bei respondento papildomomis išvalgomis. Pastarieji klausimai pateikiami tyrimo pabaigoje dėl to, jog eksperimento dalyviai iš anksto apie tyrimo hipotezes nėra informuojami tam, kad šios žinios neiškraipytų darbo su eksperimentine sąsaja rezultatus.

2.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatų analizės metodai

Atsižvelgiant į sudarytas eksperimentines hipotezes, galima numatyti, kad bus reikalinga skaičiuoti kintamųjų priklausomybę. Tai įvertinti skirta skaičiuoti koreliacija, tačiau pagal skirtingus duomenų tipus koreliacija turi būti skaičiuojama pagal atitinkamą metodą. Paveikslėlyje (**6 pav.**) pateikta schema pavaizduoja atitinkamą skaičiavimo koeficiento pasirinkimą pagal tam tikrus kriterijus.



6 pav. „Schema, rekomenduojanti, kuri (Pearson, Spearman ar Kendall) koreliacijos koeficientą pasirinkti“ [28].

Hipotezėms, susijusioms su amžiumi ir užduoties vykdymo laiku, gali būti taikomas Pirsono koreliacijos koeficientas, jei iš surinktų rezultatų imties dydis bus pakankamas ir jie pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Kitu atveju skaičiuojama Spirmeno koreliacijos koeficientas. Šis koeficientas matuoja stiprumą tarp kintamųjų. Jeigu gautas koreliacijos koeficientas yra artimas -1 – gaunamas stiprus neigiamas ryšys tarp kintamųjų. Jeigu gautas koreliacijos koeficientas yra artimas 0 – gaunama, jog tarpusavio ryšio tarp kintamųjų nėra. Jeigu gautas koreliacijos koeficientas yra artimas 1, tai egzistuoja stiprus teigiamas ryšys tarp kintamųjų.

Skaičiavimo formulė (1):

$$(1) \quad r = \frac{n(\sum ab) - (\sum a)(\sum b)}{\sqrt{(n \sum a^2 - (\sum a)^2)(n \sum b^2 - (\sum b)^2)}}$$

- r = Pirsono koeficientas;
- n = rezultatų porų skaičius;
- $\sum ab$ = suporuotų rezultatų suma;
- $\sum a$ = a rezultatų suma;
- $\sum b$ = b rezultatų suma;
- $\sum a^2$ = kvadrato a suma;
- $\sum b^2$ = kvadrato b suma.

Jei respondentų amžius neturės pakankamai skirtingų reikšmių skaičiuoti Pirsono koreliaciją bus netikslinga, todėl amžių galima bus suskirstyti į atitinkamas grupes: jaunas, vidutinio amžiaus, senas. O naršymo patirtį į grupes: maža, vidutinė, didelė. Tokiu atveju bus taikoma „Anova“ – vieno faktoriaus variacijos analizė, kuri padės patikrinti, ar skirtumai tarp kelių grupių užduoties atlikimo laiko vidurkių yra statiškai reikšmingi. Turint užduočių atlikimo laiko vidurkius galima tikrinti, kaip skirtingos grupės atliko užduotis ir nustatyti, ar yra ryšys tarp grafinio dizaino varianto ir užduoties atlikimo greičio. Patikrinti ar yra reikšmingas ryšys tarp dviejų kategorinių kintamųjų, naudojama „Chi“ kvadrato testą (2). Sugrupuoti duomenys pateikiami dažnių lentelėse. Duomenis tinkami tolimesnei statistiniai analizei, jei 25% tikėtinų dažnių reikšmių skaičius mažesnis nei 5.

$$(2) \chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E};$$

- O = stebimas dažnis;
- E = tikėtinas dažnis.

„Chi“ kvadrato laisvės laipsnis (3):

$$(3) df = (r - 1) * (c - 1);$$

- r yra eilučių skaičius;
- c yra stulpelių skaičius.

Gaunama p reikšmė leidžia nustatyti ar nulinė hipotezė yra atmetama. Jei $p < 0.05$, tai nulinė hipotezė yra atmetama, jei $p > 0.05$, nulinė hipotezė patvirtinama.

Jeigu duomenys pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį (tai įvertinti galima histograma arba naudojant Shapiro-Wilk metodą), naudojamas t-testas nustatyti, ar reikšmingai skiriasi užduoties atlikimo laikas tarp dviejų grupių, suskirstytų pagal tiriamus kriterijus kaip amžių, įrenginį, patirtį. Pavyzdžiui, patikrinti, ar reikšmingai skiriasi užduoties atlikimo laikas tarp jaunesnių nei 30 metų ir vyresnių nei 30 metų dalyvių. Dviejų faktorių „Anova“ metodas taip pat gali būti naudojamas skirtingoms grupėms įvertinti, kai jų daugiau nei dvi ir duomenys pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Pavyzdžiui, patikrinti, ar yra reikšminga sąveika tarp pageidaujamo dizaino režimo (PR) ir naršymo patirties (P) užduoties atlikimo laikui (G*). Pagal gautus rezultatus galima nustatyti ar reikšmingai skiriasi užduoties atlikimo laikas tarp dalyvių, teikiančių pirmenybę tamsiam režimui, ir dalyvių, teikiančių pirmenybę šviesiam režimui, kartu atsižvelgiant į jų naršymo patirtį. Jei duomenys nėra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, dviejų grupių palyginimui naudojamas Mann'o ir Whitney U-testas, jei jų daugiau nei dvi naudojamas Kruskal-Wallis metodas. Pradiniams skaičiavimams naudojama „MS Excel“ programa su duomenų analizės plėtinium, o papildomiems skaičiavimams taikoma IBM „SPSS“ statistikos skaičiavimo įrankis.

2.5. Eksperimentinio tyrimo vykdymo įrankio parinkimas

Siekiant imituoti realų darbą su saityno informacinėmis sistemomis, kaip eksperimentinė sritis buvo pasirinktas drabužių elektroninio pirkimo scenarijus. Naudojama sistema turi imituoti visą produkto pirkimo procesą, kurį būtų galima išskaidyti į smulkesnes užduoties ir stebėti naudotojų efektyvumą proceso vykdymo metu, pateikiant skirtingus grafinės naudotojo sąsajos dizainus. Hipotezėms iširti pasirinkta remtis A/B testavimo principais, kai sistemoje yra atsitiktinai pateikiami grafiniai naudotojos sąsajos dizainai su priskirtomis užduotimis atlikti. Respondentas turi pasinaudoti tiriamą grafinę sąsają ir atlikti praktinę užduotį. Gauti rezultatai yra analizuojami ir statistikos pagrindu tikrinamos iškeltos eksperimentinės hipotezės. Sudarant grafinę naudotojo sąsają pagal išsikeltas

hipotezes, reikia nustatyti, kokie kriterijai ir parametrai gali turėti įtaką tyrimo rezultatams ir kaip įmanoma sumažinti jų neigiamą įtaką galutiniams rezultatams.

Pagrindiniai reikalavimai, kuriuos turi tenkinti eksperimentams skirtas įrankis, norint atlikti tyrimą:

- sistema respondentui turi atvaizduoti grafiniam šablonui priskirtą užduotį;
- sistema turi pateikti skirtingus grafinius dizainus skirtingiems naudotojams;
- jei naudotojas sėkmingai atliko užduotį ir pakartotinai atidaro sistemą, ji turi rodyti pranešimą, kad užduotis buvo atlikta ir jos pakartoti negalima;
- sistema turi fiksuoti ir saugoti pradžios vykdymo laiką, tarpinius įvykių laikus, pačios užduoties atlikimo laiką;
- sistema turi galimybę pateikti apklausos formas naudotojams;
- sistema naudotojui turi atvaizduoti eksperimentui priskirtą užduotį.

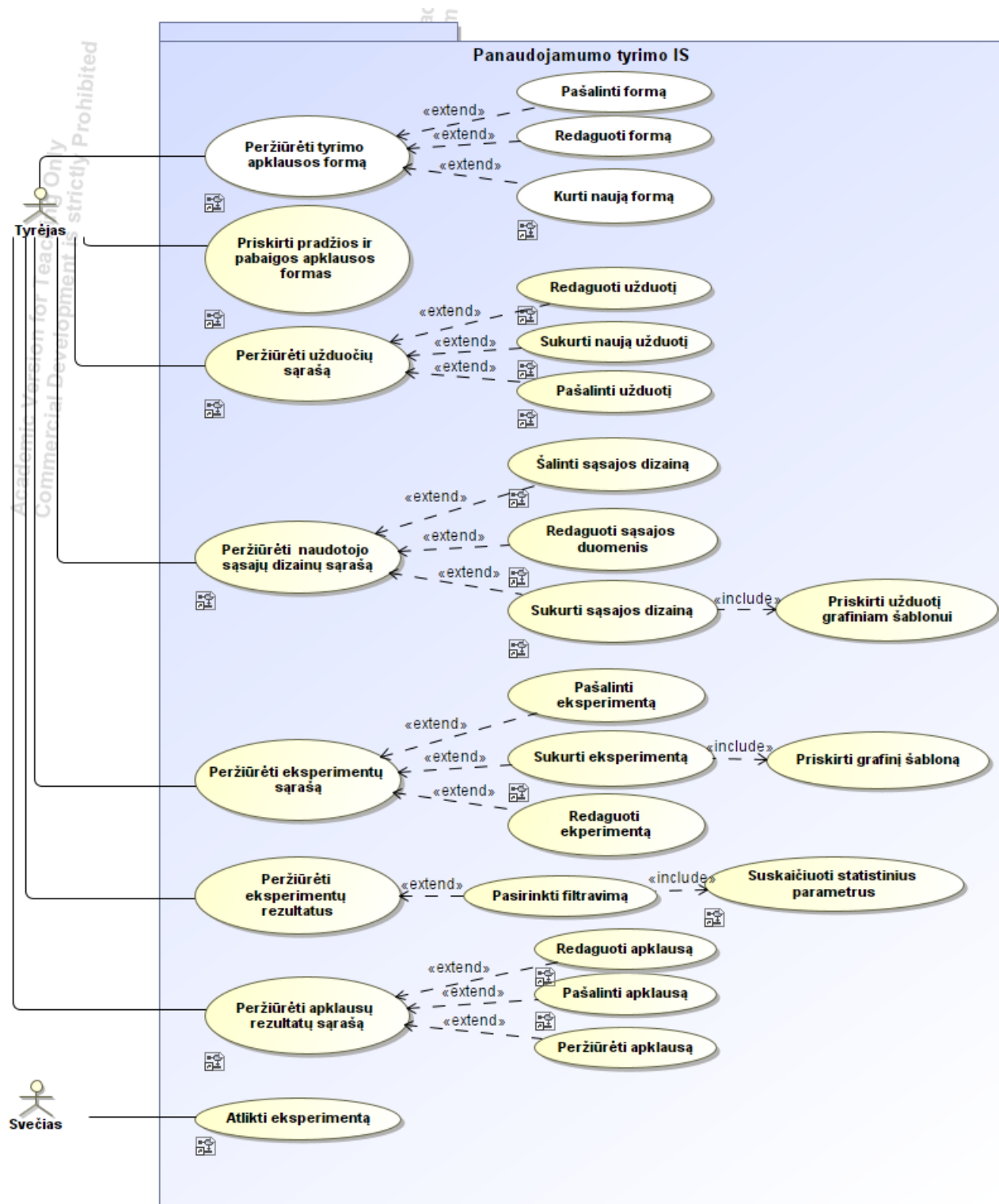
3. Panaudojamumo eksperimentinių tyrimų įrankio projektinė specifikacija ir realizacija

3.1. Reikalavimų specifikacija

Realizuojant galutinį projekto sprendimą buvo svarstomi du variantai. Pirmasis buvo projektuojamas kaip nauja apklausos sistema, pateikianti grafinio šablono klausimus, kuriais naudotojas turėtų pasinaudoti. Antrasis realizacijos variantas yra naudoti jau egzistuojančią „E-Bros“ įmonės sistemą, praplečiant jos funkcionalumą eksperimentiniams tyrimams vykdyti. Buvo nuspręsta taikyti antrąjį variantą dėl kuriamo funkcionalumo tolimesnio naudojimo ateityje. Svarbiausi sistemos reikalavimų specifikavimo ir jos projektavimo rezultatai pateikiami žemiau.

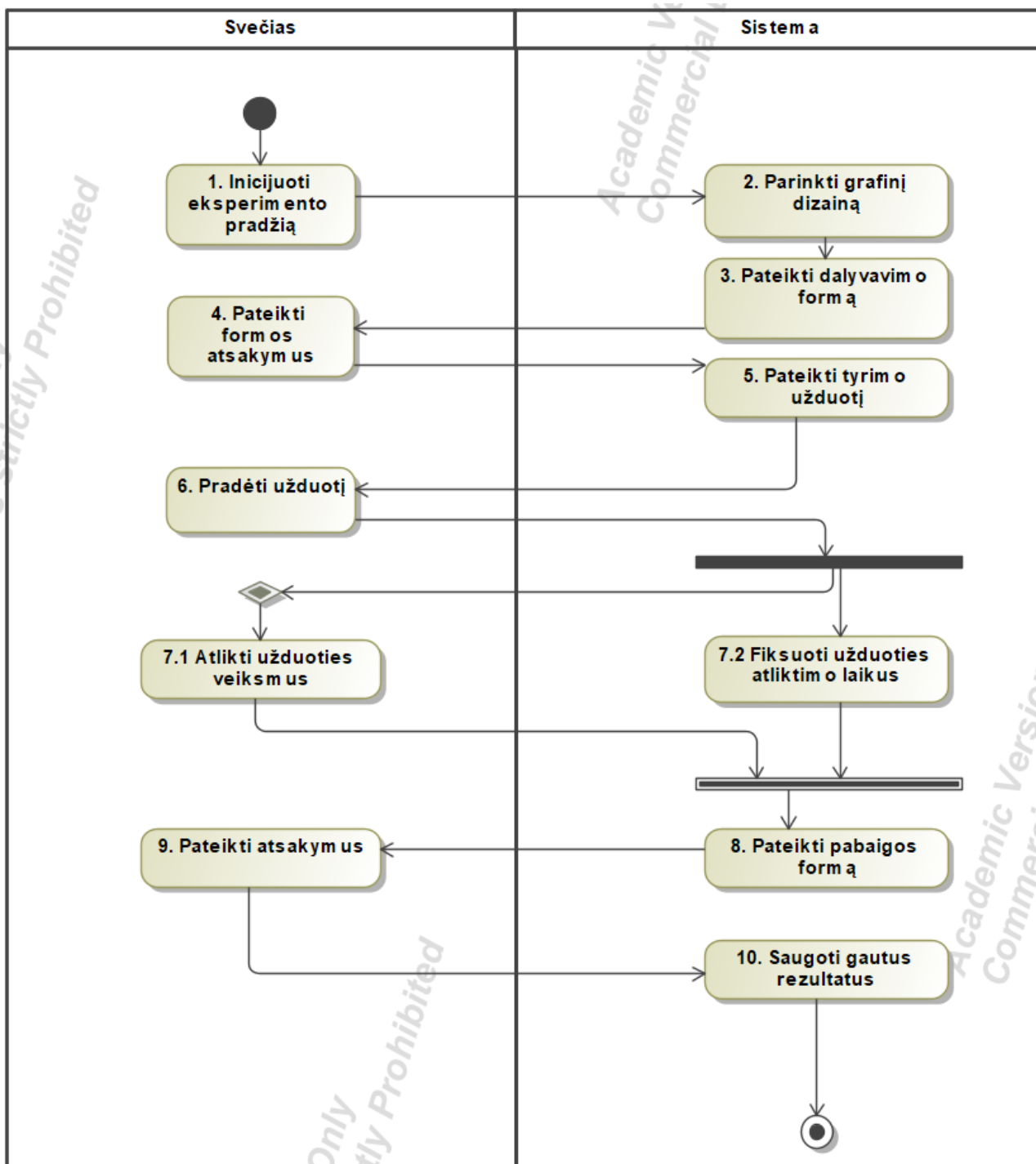
Paveikslėlyje (7 pav.) pateikiama panaudojamumo tyrimo įrankio panaudojimo atvejų diagrama. Baltai išskirti panaudojimo atvejai, kurie jau buvo realizuoti sistemoje, tik pakartotinai panaudoti. Yra išskirti du pagrindiniai aktoriai: svečias ir tyrėjas. Svečias yra naudotojas, kuriam atsitiktine tvarka yra pateikiama tiriama grafinė sąsaja, su kuria turi atlikti paskirtą užduotį. Tyrėjas gali atlikti tokias funkcijas, kaip peržiūrėti apklausų sąrašą, tyrimo apklausos formas, grafinių dizainų sąrašą, eksperimentų sąrašą, užduočių sąrašą ir eksperimentų rezultatus. Tyrėjas gali šalinti ir redaguoti minėtus komponentus. Taip pat yra galimybė sukurti naujus eksperimentus, naujas užduotis.

Reikalingas sistema, kuri leistų atsitiktine tvarka pateikti grafines naudotojo sąsajas ir leistų stebėti kaip elgiasi naudotojai. Pagal gautus rezultatus galima būtų įvertinti, kaip tam tikri grafiniai pakitimai daro įtaką sistemos panaudojamumui. Vykdamant naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų eksperimentus reikalinga fiksuoti duomenis, kaip užduoties atlikimo laiką, tarpinius užduoties atlikimo laikus, pasirinkimo parametrus, atsakymus į klausimus ir apklaustųjų kiekį. Siekiama, kad sistema būtų universali ir galėtų atlikti tyrimus su įvairioms panaudojamumo hipotezėmis.



7 pav. Eksperimentinių tyrimų įrankio panaudojimo atvejų diagrama

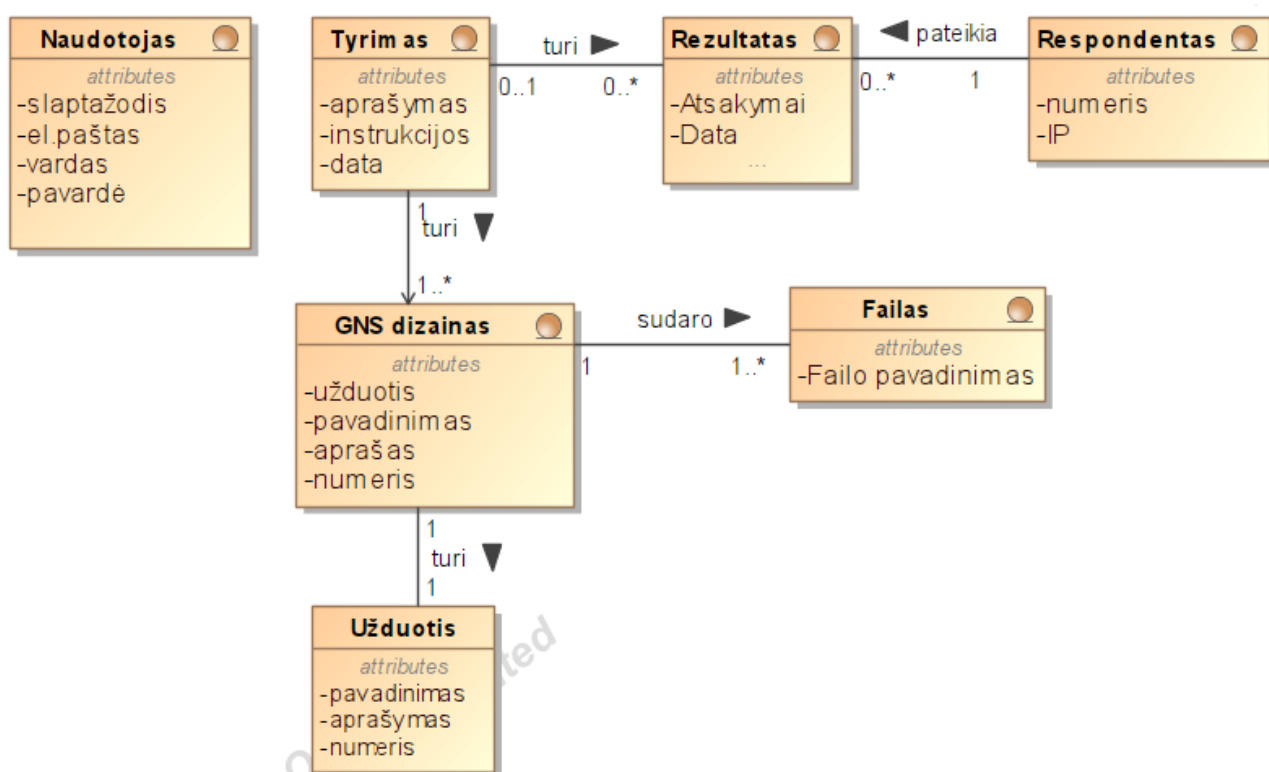
Svečio „Atlikti eksperimentą“ veiklos diagrama pateikta paveikslėlyje (8 pav.). Svečias inicijuoja užduoties vykdymo pradžią, sistema parenka grafinio dizaino šablono variantą, pateikia dalyvavimo formą, pateikus atsakymus, sistema atvaizduoja užduotį. Svečias atlieka veiksmus užduočiai įvykdyti ir tuo pačiu metu sistema fiksuoja naudotojo užduoties įvykdymo laiką. Sėkmingai įvykdžius užduotį sistema atvaizduoja pabaigos formą, svečias turi pateikti atsakymus, kuriuos sistema fiksuoja ir saugo galutinius rezultatus.



8 pav. Panaudojimo atvejo „Atlikti eksperimentą“ veikos diagrama

3.2. Dalykinės srities modelis

Naudotojo sąsajos panaudojamumo rekomendacijų eksperimentinio tyrimo sistemos plėtinio esybių ryšių diagrama pateikta paveikslėlyje (9 pav.). Modelis sudarytas iš 7 lentelių. Tyrėjas gali atlikti daug tyrimų, o rezultatus pateikia respondentas. Vienas respondentas gali nepateikti arba pateikti vieną ir daugiau atsakymų. Tyrimas gali turėti kelis grafinius dizainus, dizainą sudaro vienas arba keli failai ir viena užduotis.



9 pav. Eksperimentinio tyrimo sistemos plėtinio esybių klasių diagrama.

3.3. Sistemos realizavimo sprendimo parinkimas

Specifikuoto funkcionalumo poreikį išreiškė įmonė UAB „E-Bros“. Tai elektroninės prekybos internetinių puslapių kūrimo ir programavimo darbus atliekanti įmonė, kuri glaudžiai siejasi su el. parduotuvių sistemų panaudojamu tyrimais. Nustatyta, kad yra reikalingas sistemos praplėtimas, kuris leistų atsitiktine tvarka pateikti grafines naudotojo sąsajas ir leistų stebėti kaip elgiasi naudotojai. Pagal gautus rezultatus galima būtų įvertinti, kaip tam tikri grafiniai pakitimai daro įtaką sistemos panaudojamumui. Darbo metu siekiama sukurti įrankį skirtą atlikti eksperimentiniams tyrimams informacinių sistemų grafines sąsajos panaudojamumo srityje. Sistemoje galima atlikti tyrimus panaudojant grafines sąsajos šablonus, kuriais respondentas turi pasinaudoti ir atlikti sukurtas užduotis. Pagal gautus rezultatus galima nustatyti naudojamos sąsajos panaudojamumo rekomendacijų veikimą ir patikrinti jų efektyvumą. Taip pat pagal gautus rezultatus galima patvirtinti arba paneigti keliamas tyrimo hipotezės. Kuriamo sprendimo atsitiktinis grafinių sąsajų pateikimas kartu su „Google Analytics 4“ pritaikymu yra vienas iš pagrindinių išskirtinumų nuo egzistuojančių tyrimo įrankių. GA4 (angl. Google Analytics 4) yra duomenų analizės paslauga, kuri leidžia įvertinti sistemos naudotojų srautą ir įsitraukimą svetainėje. Šio įrankio panaudojimas yra labai aktualus, nes senesnės šios įrankio versijos nebefiksuos jokių duomenų nuo 2023 m. Liepos 1d. Galutinis sprendimas yra „E-Bros“ įmonės naudojamo el. parduotuvių kūrimo įrankio praplėtimas. Sudaromas atskiras konfigūruojamas modulis, kuris leidžia atlikti panaudojamumo tyrimus ir stebėti gautus rezultatus.

3.4. Reikalavimų panaudojamumo eksperimentinio tyrimo įrankiui apibendrinimas

Nefunkciniai reikalavimai:

- sistemoje tyrimai turi būti atlikti anonimiškai;

- respondentas apklausą gali vykdyti tik vieną kartą;
- privaloma saugoti praeitų tyrimų apklausų rezultatus;
- sistema turi palaikyti bent 100 naudotojų vienu metu.

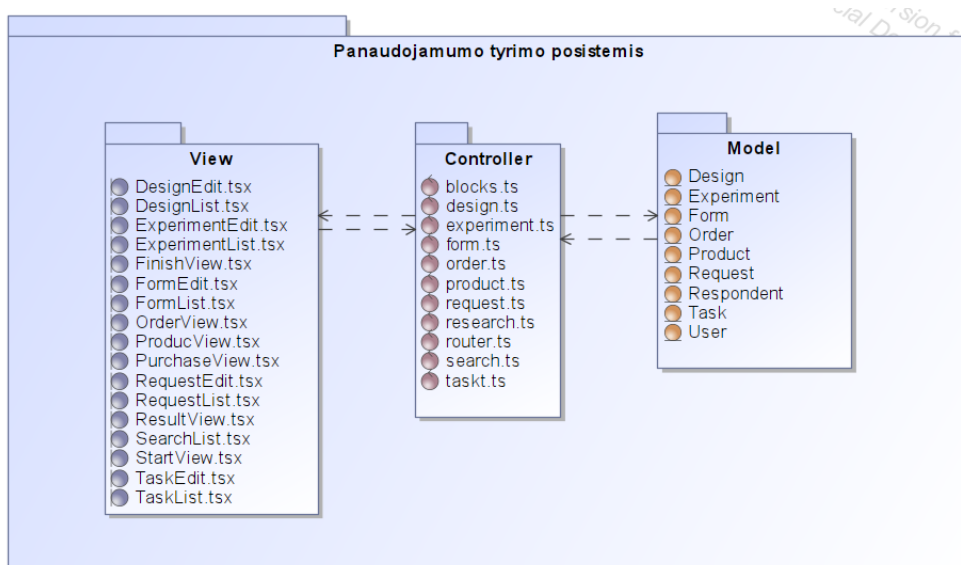
Suprojektavus sistemos reikalavimų specifikaciją yra numatyta, kokios funkcijos turi būti realizuotos, ir kokius duomenimis sistema turi apdoroti bei saugoti.

Pagrindiniai reikalavimai, kuriuos turi tenkinti kuriamas sistemos praplėtimas:

- sistema turi pateikti skirtingus grafinius dizainus skirtingiems naudotojams;
- sistema turi fiksuoti ir saugoti pradžios vykdymo laiką, tarpinius įvykių laikus, pačios užduoties atlikimo laiką, paspaudimų kiekį;
- sistema turi galimybę pateikti apklausos formas naudotojams;
- sistema naudotojui turi atvaizduoti eksperimentui priskirtą užduotį.

3.5. Sistemos loginė architektūra

Panaudojamumo tyrimo posistemio realizacijoje yra taikomas MVC (angl. model-view-controller) architektūrinis šablonas, kuris susideda iš trijų lygmenų. Tai yra vaizdas – šis lygmuo atsakingas už tai, kaip yra atvaizduojami duomenys naudotojui, valdikis – kontroliuoja priimamus ir siunčiamus duomenis, o modelis yra atsakingas už veiksmus su duomenimis. Paveikslėlyje (10 pav.) pateiktą paketų diagramą su klasių pavadinimais, kurie priklauso atitinkamiems architektūros lygiams.



10 pav. Panaudojamumo eksperimentinių tyrimų įrankio paketų diagrama

3.6. Duomenų bazės modelis

Realizacijoje naudojama nereleacinė duomenų bazė „MongoDB“. Įrankio praplėtimo dalies duomenų bazės modelis susideda iš duomenų kolekcijų pateiktų 3-9 lentelėse:

3 lentelė. Grafinio šablono („design“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
_id	mongoose.Types.ObjectId,
title	string

description	string
number	number
count	number
task	String, i18n: true

4 lentelė. Eksperimento („experiment“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
_id	mongoose.Types.ObjectId,
title	string
description	string
number	number
designVariants	number[]
count	number

5 lentelė. Formos („form“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
_id	mongoose.Types.ObjectId,
title	string, i18n: true
description	tring, i18n: true
elements	FormElementObject
index	string
lastmod	date

6 lentelė. Pateikto atsakymo („request“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
_id	mongoose.Types.ObjectId,
status	string,
createdAt	date
formId	mongoose.Types.ObjectId
formTitle	string
data	requestData[]
language	string
ip	string
designVariant	string
experiment	string
respondentId	string
timeStamp1	Date
timeStamp2	Date

7 lentelė. Užduoties („task“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
----------------------	----------------

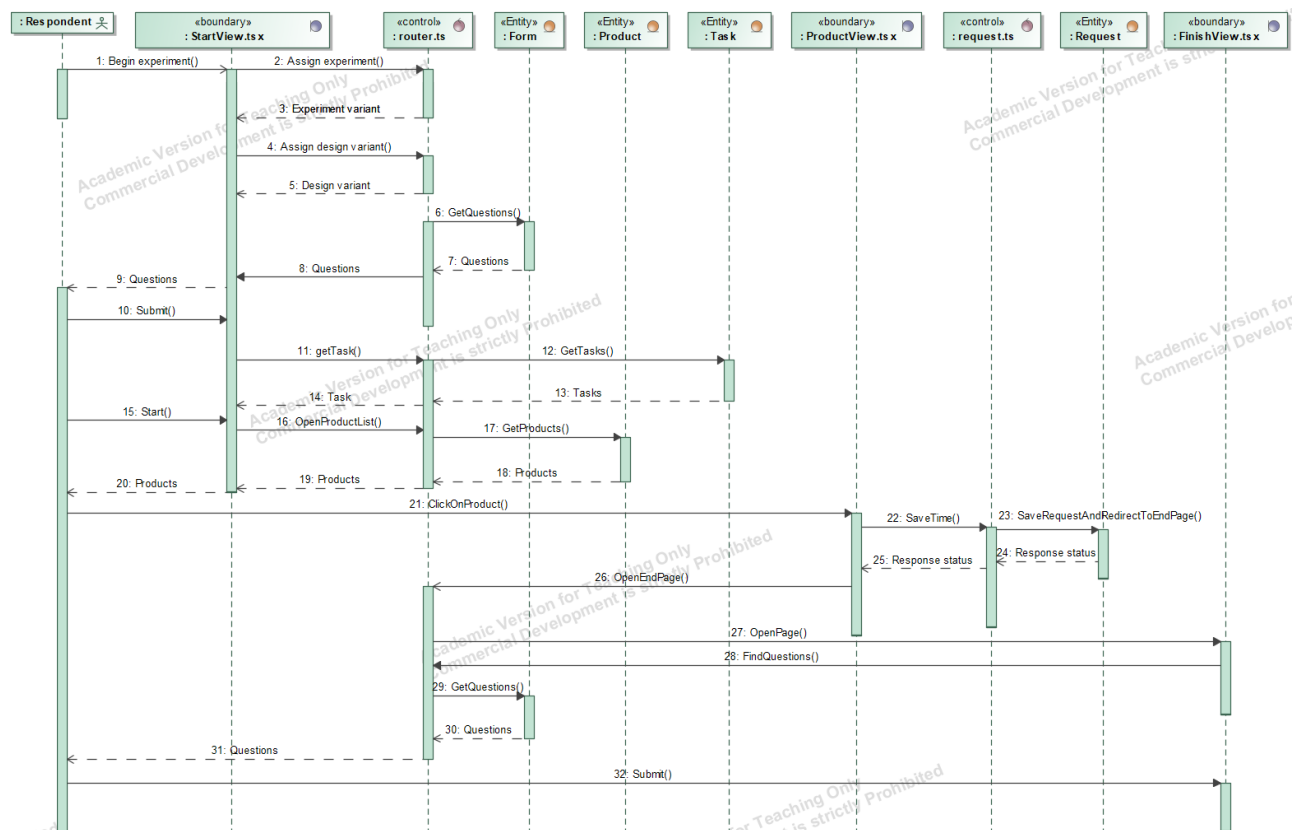
_id	mongoose.Types.ObjectId,
title	string,
description	string, i18n: true
number	number

8 lentelė. Respondento („respondent“) kolekcijos objektas

Atributo pavadinimas	Atributo tipas
_id	mongoose.Types.ObjectId,
design	string,
task	string, i18n: true
timeStamp3	date
timeStamp4	date
device	string

3.7. Sistemos elgsenos modelis

Sistemos elgsenos modelis susideda iš panaudojimo atvejų sekų diagramų, kuriose pateikiami aktoriai ir esybės (modelių, valdiklių, sąsajų klasės) bei pavaizduojama seka kaip atitinkamu scenarijumi yra naudojamos sistemos funkcijos ir sąryšiai tarp minėtų komponentų. Panaudojimo atvejo „Atlikti eksperimentą“ sekų diagrama tarp respondento ir sistemos atliekant tyrimą pavaizduota paveikslėlyje (11 pav.).

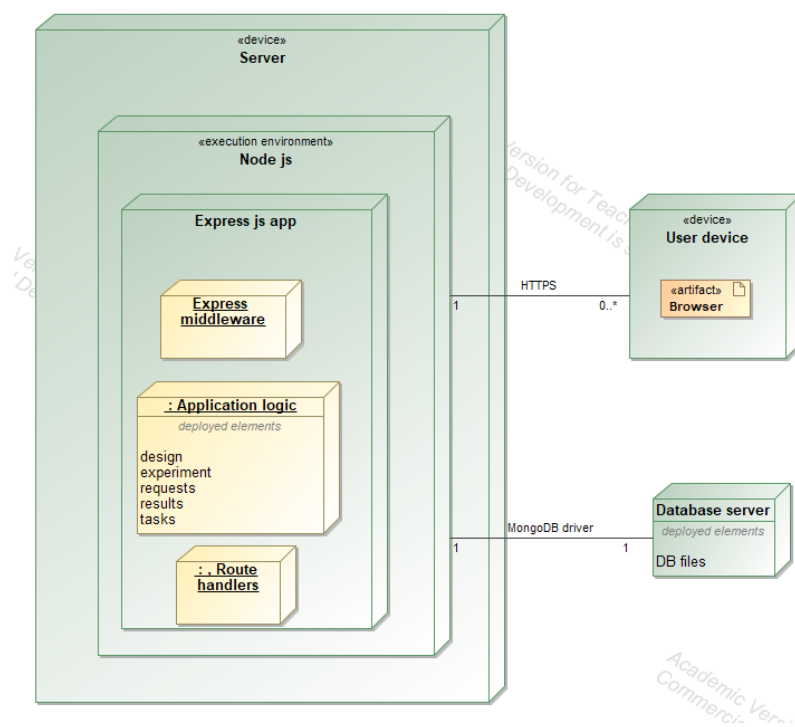


11 pav. Panaudojimo atvejo „Atlikti eksperimentą“ vykdymo seka

Respondentui pradėjus eksperimentą atidaromas pradžios langas, sistema siunčia signalą, kad reikia priskirti vykdomą tyrimą ir suteikti eksperimento ir grafinio šablono variantą. Gaunami tyrimo pradžios klausimai ir pateikiami respondentui. Atsakius į pradžinius klausimus, gaunama užduotis, kuri atvaizduojama apklausos dalyviui. Respondentas inicijuoja užduoties vykdymo pradžią, atlieka reikiamus veiksmus ir paspaudžia produkto nuorodą, sistema fiksuoja užduoties atlikimo laiką, išsaugo duomenis ir atidaro pabaigos langą. Sėkmingai atlikus užduotį pateikiami pabaigos klausimai į kuriuos respondentas turi atsakyti. Pateikus atsakymą, duomenų užfiksavimo eiga yra baigta ir galutinis rezultatas užfiksuotas sistemoje.

3.8. Diegimo modelis

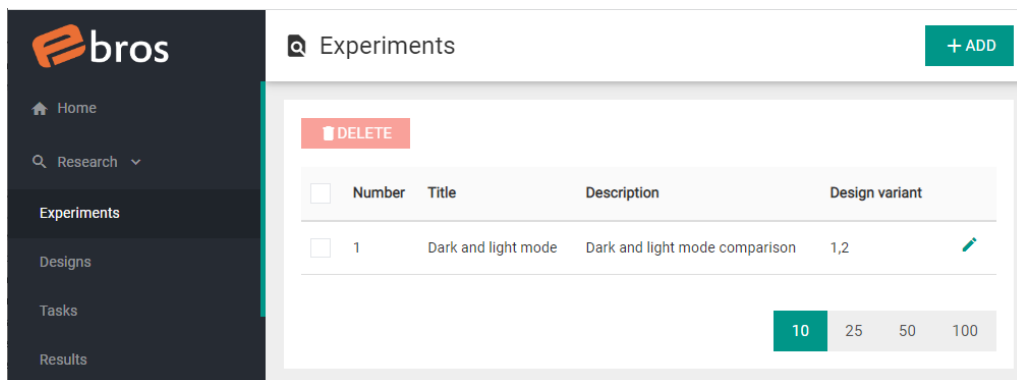
Diegimo diagrama (12 pav.) susideda iš pagrindinio serverio, kuriame naudojama duomenų bazių valdymo sistema ir tinklapio serveris. Prie „E-Bros“ platformos serverio gali jungtis daug naudotojų su įrenginiais turinčiais naršyklę ir pasiekti panaudojamumo testavimo platformą per HTTPS protokolą. Serverio aplinka yra naudojama atvirojo kodo „Node.js“ technologiją su „Express Js“ karkasu. Tai yra „JavaScript“ paleidimo aplinka, veikianti naudojant „V8 JavaScript Engine“ ir vykdanči „JavaScript“ kodą, tiek išorinio (angl. front-end) programavimo dalyje, kuris apima viską, ką vartotojas mato, ir tiek vidinio programavimo (angl. back-end) dalyje, kuris atsakingas už svetainės funkcionalumą. „Express“ karkasas suteikia patikimus funkcijų rinkinius ir yra skirtas saityno ir mobiliosioms programoms kurti.



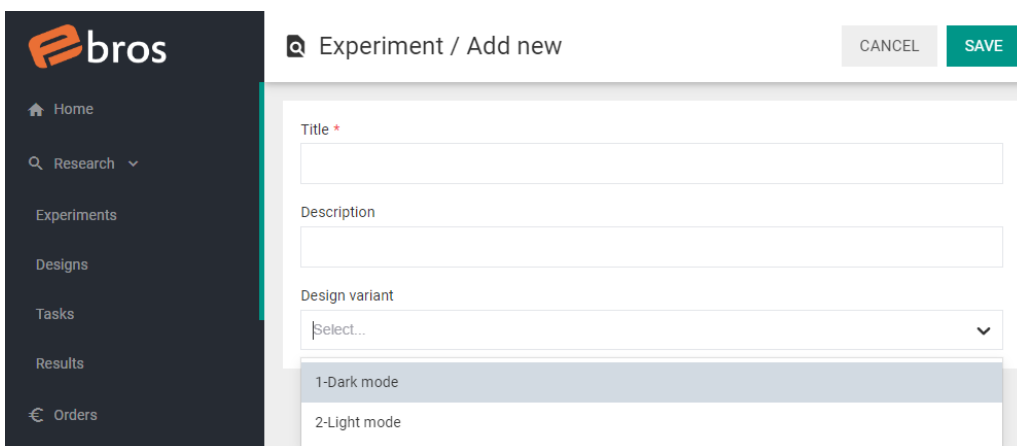
12 pav. Panaudojamumo tyrimo įrankio diegimo diagrama.

3.9. Sistemos administratoriaus naudotojo grafinė sąsaja

Šiame skyriuje pateikiami grafinės sąsajos vaizdai tyrimo elementams sukurti. Administratoriaus grafinės sąsajos, kurios skirtos eksperimentams peržiūrėti, sukurti ir redaguoti pateiktos paveikslėliuose (13 pav., 14 pav.),

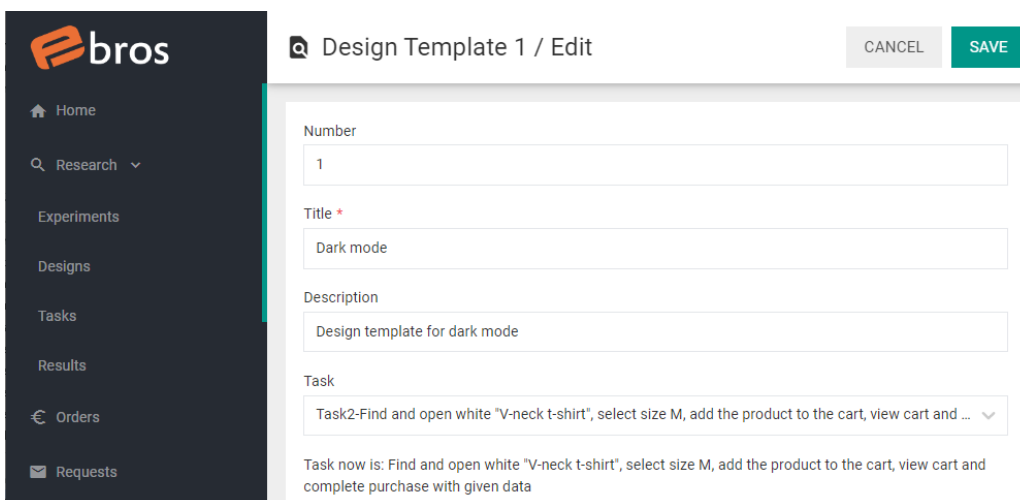


13 pav. Grafinės sąsajos vaizdas eksperimentų sąrašo peržiūrai



14 pav. Grafinės sąsajos vaizdas eksperimentui sukurti

Grafinės sąsajos šablono ir tyrimo užduoties sukūrimo vaizdai pateikti paveikslėliuose (15 pav., 16 pav.)



15 pav. Grafinės sąsajos vaizdas GNS šablonui sukurti

16 pav. Grafinės sąsajos vaizdas tyrimo užduočiai sukurti

Paveikslėlyje (17 pav.) pateikta eksperimento vykdymo instrukcijų sukūrimo ir pradžios/pabaigos formų parinkimo grafinė naudotojo sąsaja.

17 pav. Eksperimento instrukcijų ir formų parinkimo GNS

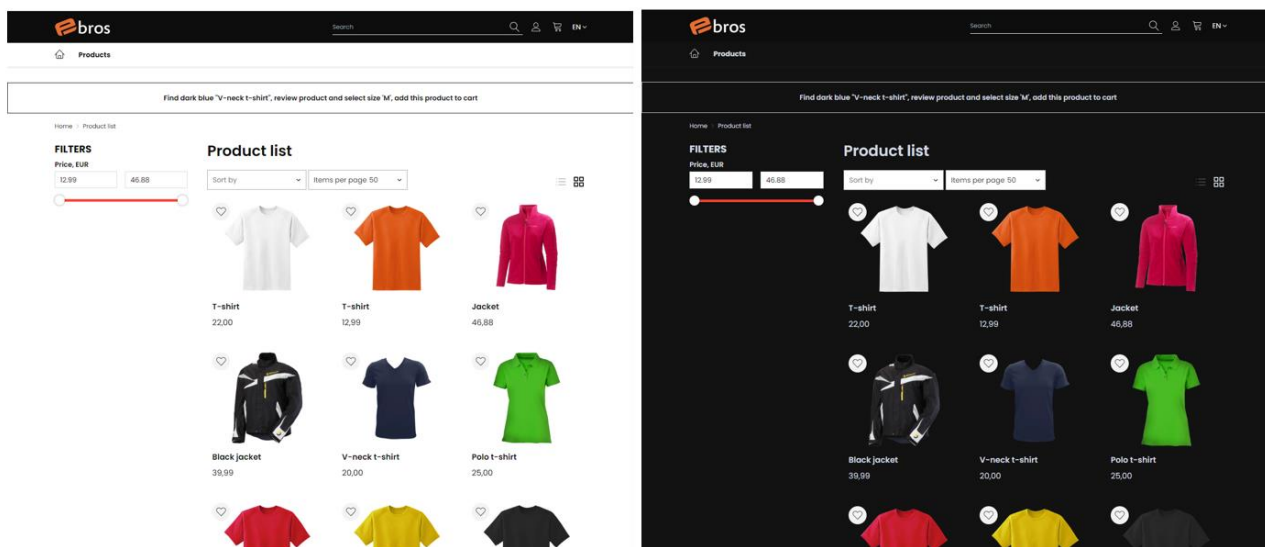
4. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumui eksperimentinis tyrimas

4.1. Eksperimentinio tyrimo vykdymo aplinka

Panaudojamumo tyrimo sistema pasiekama adresu <https://testing.ebros.lt/>.

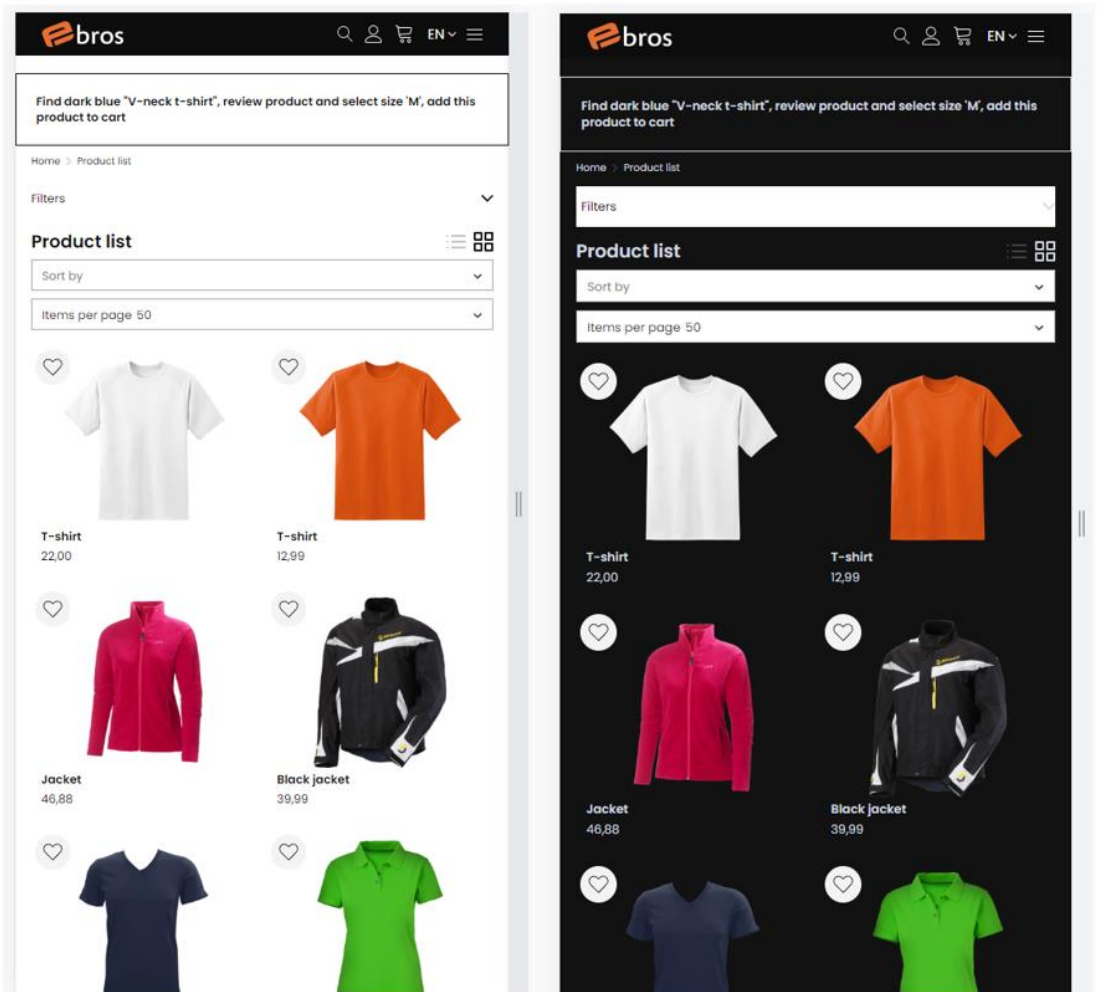
Sistemos veikimas imituojamas kaip reali e. parduotuvė, kurioje naudotojai gali pasinaudoti teikiamomis galimybėmis ir išbandyti sistemos veikimą. Eksperimentinėje sistemoje įrašomi įvairūs duomenys, įskaitant respondento amžių, vidutinį internete naršymo laiką, apklausos kalbą, užduoties atlikimo laiką, respondento pageidaujamą grafinį režimą, eksperimento metu naudotą įrenginį, gautą dizaino režimą. Respondentų užduotį sudaro 5 pagrindiniai e. prekybos žingsniai: peržiūrėti krepšelio suvestinę, užpildyti rekvizitus, pasirinkti pristatymo būdą, peržiūrėti užsakymą, atlikti mokėjimą. Eksperimentinė priemonė kiekvienam respondentui išsaugo laiką, kada buvo atliktas kiekvienas apsipirkimo proceso žingsnis. Išsaugomi šie laikai: produkto atidarymo, produkto įtraukimo į krepšelį, perėjimo prie apmokėjimo proceso pradžios, krepšelio peržiūros, rekvizitų formos užpildymo, pristatymo būdo pasirinkimo, mokėjimo būdo pasirinkimo ir bendras įvykdymo laikas. Sistema pasyviai stebi naudotojo veiksmus ir fiksuoja gautus rezultatus, kurie saugomi toje pačioje sistemoje bei yra siunčiami GA4 (angl. Google Analytics 4) duomenų analizei.

Kuriamas sprendimas yra realizuotas egzistuojančioje „E-Bros“ įmonės platformoje, o grafines naudotojo sąsaja gali būti modifikuojama ir sudaroma individualiai. Tamsaus ir šviesaus grafinės sąsajos režimų įtakos sistemų panaudojamumo tyrimui sudarytos naudotojo sąsajos vaizdas pateiktas paveikslėlyje (18 pav.).



18 pav. Šviesaus ir tamsaus grafinio šablono dizainai plataus ekrano įrenginiams (kompiuteriams)

Produktų sąrašo grafines naudotojo sąsaja mobiliesiems telefonams pateikta paveikslėlyje (19 pav.).



19 pav. Šviesaus ir tamsaus grafinio šablono dizainai mažo ekrano įrenginiams (mobiliesiems)

Paveikslėlyje (20 pav.) pateiktas el. parduotuvės užsakymo pateikimo grafinis vaizdas, kuriame pateikta duomenų užpildymo forma – 1 pirkimo proceso žingsnis.

Cart 1 Summary 2 Requisites 3 Delivery 4 Review 5 Payment

Requisites

Input data (can not be copied):

Name: Test
 Last name: Testing
 Number: +37062536140
 Email: testing123@gmail.com

City: Kaunas
 Address: Testing street 48
 Post code: 457812
 Please check buy as company

Name *
 Type in Test

Last name *
 Type in Testing

Email address *
 Type in testing123@gmail.com

Phone *
 Type in +37062536140

Billing address

Address *
 Type in Testing street 48

City *
 Type in Kaunas

Country *
 Select Lithuania

Post code *
 Type in 457812

Buying as company *

NEXT: DELIVERY → or **BACK**

Cart 1 Summary 2 Requisites 3 Delivery 4 Review 5 Payment

Requisites

Input data (can not be copied):

Name: Test
 Last name: Testing
 Number: +37062536140
 Email: testing123@gmail.com

City: Kaunas
 Address: Testing street 48
 Post code: 457812
 Please check buy as company

Name *
 Type in Test

Last name *
 Type in Testing

Email address *
 Type in testing123@gmail.com

Phone *
 Type in +37062536140

Billing address

Address *
 Type in Testing street 48

City *
 Type in Kaunas

Country *
 Select Lithuania

Post code *
 Type in 457812

Buying as company *

NEXT: DELIVERY → or **BACK**

20 pav. Duomenų užpildymo forma skirtingais režimais

Eksperimentas vykdomas pagal antrajame skyriuje sudarytas hipotezes. Sukurto sprendimo internetinė nuoroda ir kvietimas dalyvauti tyrime buvo patalpintas „Reddit“ platformoje kitiems grafinių sąsajų kūrėjams ir tyrėjams, taip pat pasidalinta ir asmeniniuose socialiniuose tinkluose „Facebook“, „LinkedIn“. Apklauskos tikslas buvo rinkti duomenis apie dalyvių veiklą ir elgseną atliekant tam tikrą užduotį, įrašant kiekvieno užduoties etapo laiko žymes. Vėliau šie duomenys buvo naudojami siekiant palyginti skirtingų grafinių dizainų veikimą ir patvirtinti arba atmesti bet kokias hipotezes, pagrįstas dalyvių atsakymais. Tyrimas buvo atliekamas lietuvių ir anglų kalbomis.

4.2. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

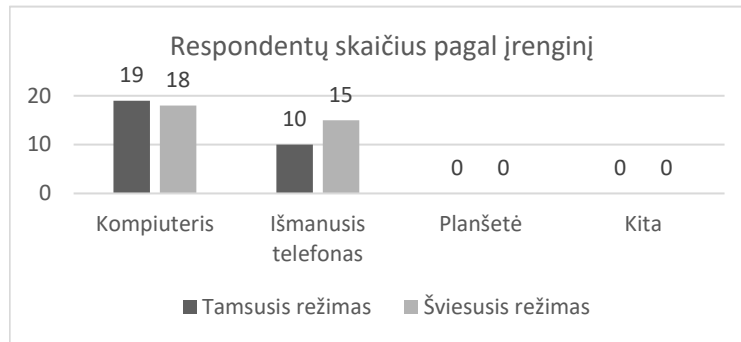
Bendrai gauti rezultatai yra pateikti priede (1). Rezultatai taip pat atvaizduojami sukurtos sistemos administratoriaus lange „Research → Results“ (21 pav.).

Results

Number	Respondent id	Created at	Age	Find product time	Form filling time	Total task time
1	1c13e*	2023-04-08 15:19	44	40 s	82 s	172 s
2	a9f38*	2023-04-07 17:54	21	26 s	88 s	154 s
3	3f383*	2023-04-07 17:45	21	49 s	50 s	152 s
4	cd2b2*	2023-04-07 15:41	20	17 s	101 s	153 s
5	9f169*	2023-04-07 15:32	23	12 s	90 s	175 s
6	8f7d1*	2023-04-07 15:21	40	16 s	75 s	128 s
7	b8f06*	2023-04-02 23:36	41	33 s	129 s	226 s
8	9ae14*	2023-04-02 19:21	53	44 s	92 s	208 s
9	585c8*	2023-03-28 10:37	44	48 s	96 s	238 s
10	8c5f6*	2023-03-27 15:06	27	18 s	89 s	144 s
11	6881c*	2023-03-27 10:52	24	5 s	116 s	177 s
12	49087*	2023-03-26 18:01	27	41 s	94 s	173 s
13	dd9b4*	2023-03-26 11:03	23	99 s	145 s	280 s
14	95526*	2023-03-26 07:38	25	91 s	124 s	253 s
15	42a4e*	2023-03-25 23:07	26	20 s	90 s	142 s
16	806cf*	2023-03-25 21:46	24	34 s	124 s	211 s
17	15536*	2023-03-25 21:14	23	15 s	128 s	195 s

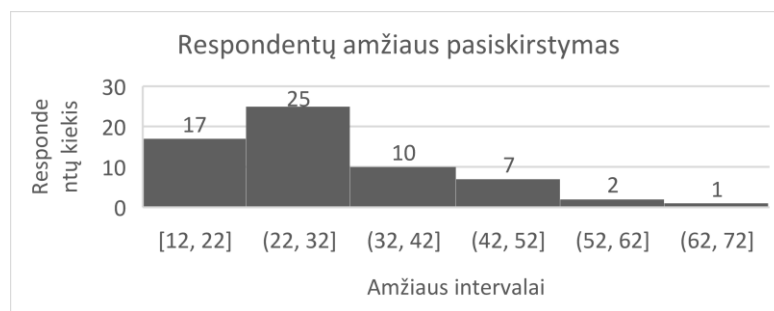
21 pav. Rezultatų vaizdas

Iš viso buvo užfiksuota daugiau nei 70 dalyvių duomenys, tačiau neišsamūs ir nepatikimi rezultatai nebuvo įtraukti į analizę. Todėl atliekant toliau pateiktus skaičiavimus buvo įtraukti 62 dalyvių duomenys. 53 % tyrimo dalyvių dirbo su tamsaus režimo eksperimentinės e. parduotuvės variantu, o 47 % – su šviesaus režimo variantu (22 pav.).



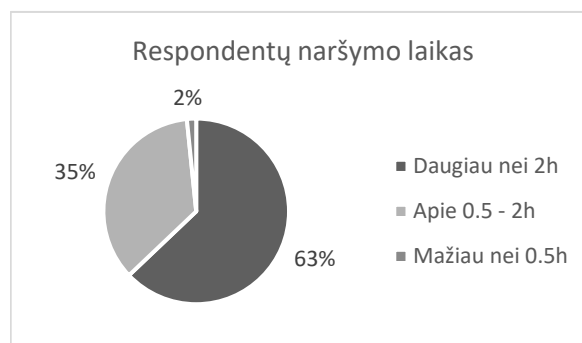
22 pav. Dalyvių pasiskirstymas pagal naudojamą įrenginį ir eksperimento grafinės sąsajos režimą

Respondentų amžius buvo suskirstytas į skirtingus intervalus. Dauguma šio tyrimo respondentų priklauso jaunajai kartai, daugiausia respondentų buvo nuo 22 iki 32 metų amžiaus (23 pav.).



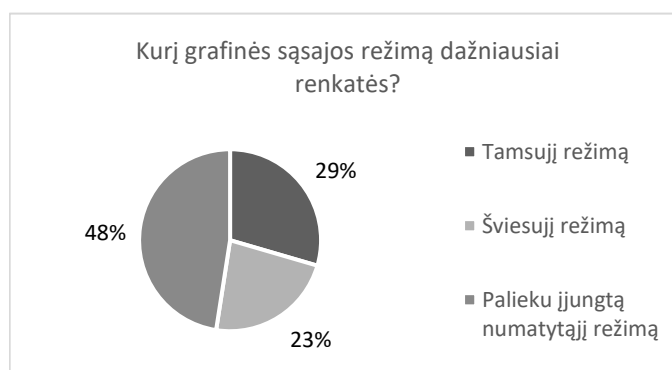
23 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal amžių

Apklauso rezultatai rodo, kad 63 % respondentai naršydami internete vidutiniškai praleidžia daugiau nei 2 valandas, o 35 % apklaustųjų nurodė, kad naršo apie 0.5-2 valandas. Tik 2 % respondentų nurodė, kad internete naršė mažiau nei pusę valandos (24 pav.).



24 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal naršymo internete laiką (patirtį)

Respondentų buvo paprašyta nurodyti, kuriam grafinės sąsajos režimui jie teikia pirmenybę, ir rezultatai parodė, kad daugiausia respondentų (47 %) pirmenybę teikė numatytajam sąsajos režimui (25 pav.).



25 pav. Išreikštos nuomonės apie GNS režimą procentinis pasiskirstymas

Hipotezės patikrinimui buvo suskaidyti bendri užduoties atlikimo laikai į tris intervalus: greitai atlikusius užduotį, vidutiniškai ir lėtai atlikusius užduotį. Tačiau pastebėta, kad dažnių lentelės tikėtini rezultatai yra daugiau nei 25% mažesni už 5. Todėl duomenys buvo apjunti ir padalinti į du intervalus: greitai ir lėtai atlikusius užduotį. Žemiau pateikiami visų skyriuje 2.2 pateiktų hipotezių įvertinimo rezultatai.

Hipotezė H1₀. Spalvos režimas neturi įtakos darbui su sistema greičiui. Darbo greitis su sistema suprantamas kaip bendras užduoties įvykdymo laikas. Sudaryta dažnių lentelė (9 lentelė) su tikėtinomis reikšmėmis.

9 lentelė. Tamsaus ir šviesaus režimo ir užduoties atlikimo laiko dažnių lentelė.

Režimas/Tikėtinas kiekis	Greitai (75-181s)	Lėtai (182-437s)	Suma
Šviesus režimas	19	14	33
<i>Tikimasi</i>	17.032	15.968	33
Tamsus režimas	13	16	29
<i>Tikimasi</i>	14.968	14.032	29
Bendras kiekis	32	30	62

Lentelėje (10 lentelė) pateiki gauti rezultatai naudojant reikšmes iš sudarytos dažnių lentelės

10 lentelė. Pirmos hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.

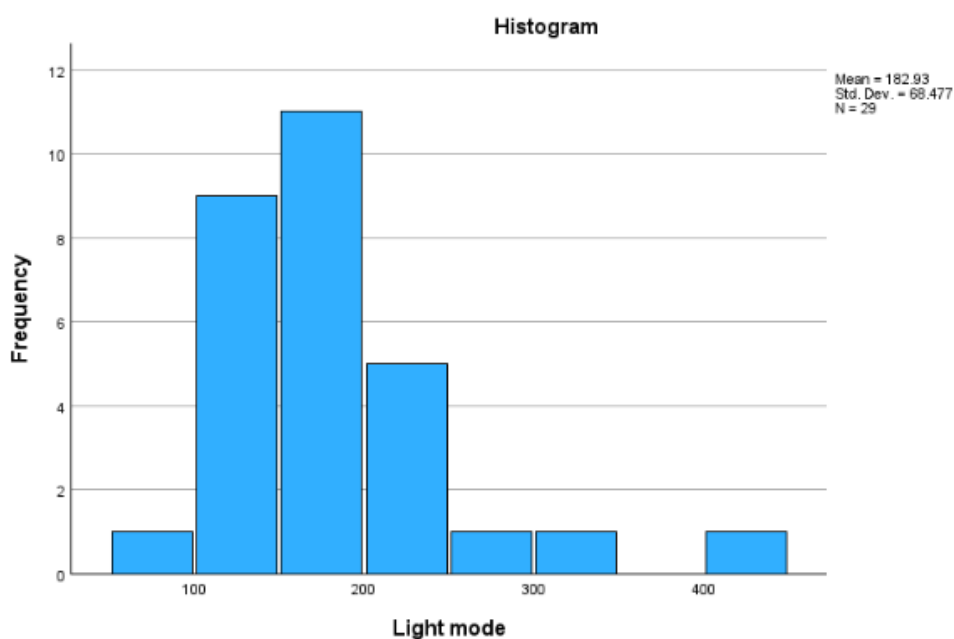
(O-E) ² /E	
0.227334	0.242489
0.25869	0.275936
chi	1.0045
df	1
p-value	0.3162

Gavus p reikšmę didesnę už 0.05, galime daryti prielaidą, kad nulinė hipotezė pasitvirtino ir priklausomybės tarp spalvos režimo ir užduoties atlikimo greičio nenustatyta. Taikant kitą statistikos skaičiavimo metodą (t-test), taip pat galime patikrinti šią hipotezę palyginant dvi grupes, tačiau reikia įsitikinti, kad kiekvienos grupės duomenys yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Normalumo prielaidai tikrinti naudojamas Shapiro-Wilk metodas. Iškeliami nulinė hipotezė, kad šviesaus režimo

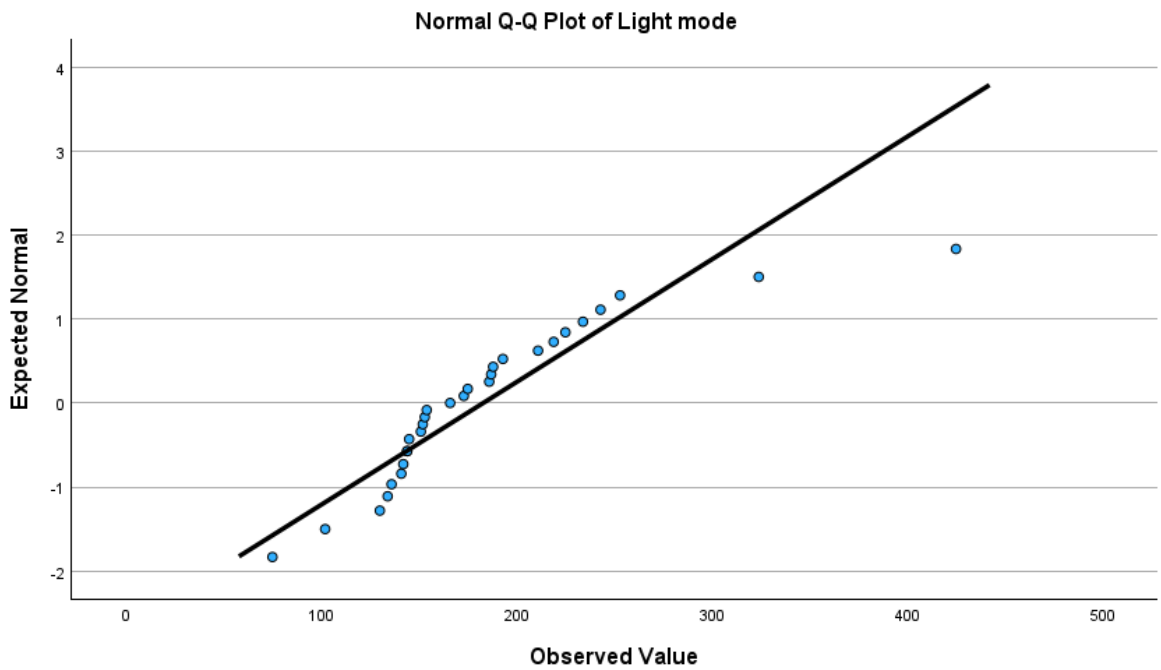
bendras užduoties atlikimo laikas nėra statistiškai skirtingas nuo tamsaus režimo užduoties atlikimo laiko. Gauta (11 lentelė), kad p mažesnė už 0.05, todėl nulinė hipotezė atmetama ir duomenys nėra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Taip pat galime įvertinti grafiškai (26 pav., 28 pav.), kad duomenys nepasiskirstę pagal normalųjį skirstinį.

11 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai

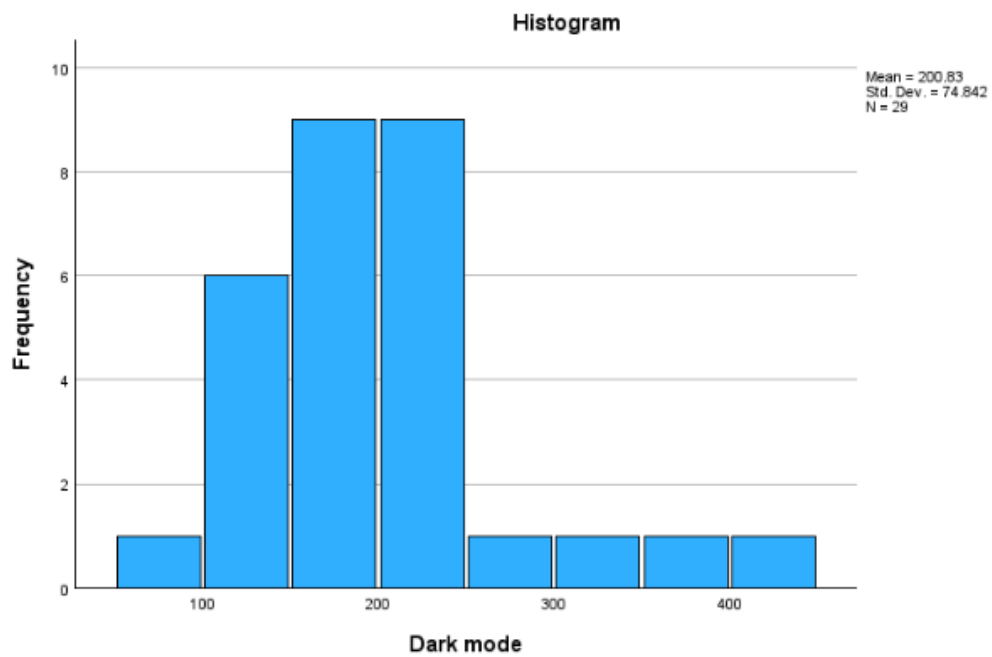
	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Šviesusis režimas	.848	29	<.001
Tamsusis režimas	.886	29	.005



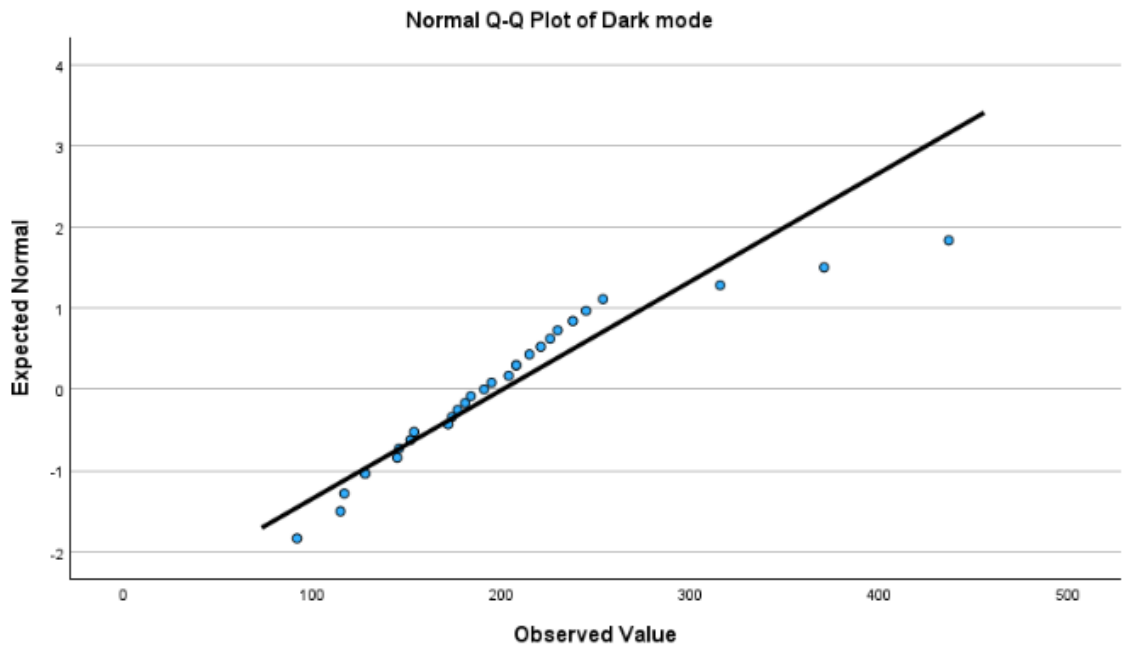
26 pav. Šviesaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko histograma



27 pav. Šviesaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko „Q-Q“ grafikas



28 pav. Tamsaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko histograma



29 pav. Tamsaus režimo bendro užduoties vykdymo laiko „Q-Q“ grafikas

Gautas rezultatas rodo, kad duomenys nėra normalieji ir t-testas negali būti atliekamas. Todėl naudojama kitą statistikos metodą „Wilcoxon Rank-Sum Test (Mann-Whitney U Test)“ (30 pav.).

➔ **NPar Tests**

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Total task time	62	193.73	71.985	75	437
Design variant	62	1.53	.503	1	2

Mann-Whitney Test

Ranks

	Design variant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Total task time	1	29	33.78	979.50
	2	33	29.50	973.50
	Total	62		

Test Statistics^a

Total task time	
Mann-Whitney U	412.500
Wilcoxon W	973.500
Z	-.931
Asymp. Sig. (2-tailed)	.352

a. Grouping Variable: Design variant

30 pav. Bendro užduoties vykdymo laiko ir grafinio režimo statistinis palyginimas

Kadangi, p reikšmė $0.352 > \alpha$ (0.05), tai H_{10} negalima atmesti. Daroma prielaida, kad atsitiktinai parinkta šviesaus režimo populiacijos reikšmė yra lygi atsitiktinai parinktai tamsaus režimo populiacijos reikšmei. Kitaip tariant, skirtumas tarp dviejų grupių nėra pakankamai didelis, kad būtų statistiškai reikšmingas.

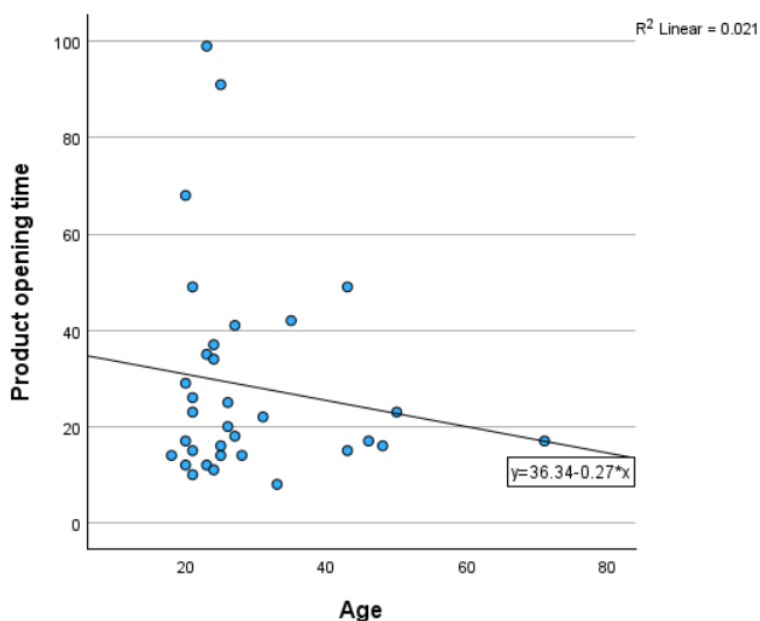
Hipotezė H₂. Tikrinant produkto ir amžiaus priklausomybės hipotezę pirmiausia buvo įvertinama ar gauti duomenys yra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį. Pagal tai buvo sprendžiama, kurį koreliacijos skaičiavimo metodą taikyti. Kaip galima matyti lentelėje (12 lentelė), Shapiro-Wilk testo meto gautas rezultatas rodo, kad p reikšmė $< \alpha$, ir daroma prielaida, kad duomenys nėra normaliai pasiskirstę. Amžiaus įtaka produkto atidarymo laikui tamsiuoju režimu nebuvo reikšminga, kaip rodo Spirmano koreliacijos koeficientas -0.088 tamsiuoju režimu (31 pav.) ir -0.014 šviesiuoju režimu (32 pav.). Šiuo atveju koreliacijos koeficientai rodo silpną neigiamą koreliaciją tarp amžiaus ir produkto atidarymo laiko tamsiuoju ir šviesiuoju režimais, o tai reiškia, kad tarp šių kintamųjų egzistuoja labai silpnas ryšys. Remiantis šiais rezultatais, hipotezę reikėtų priimti ir daryti prielaidą, kad amžius neturi įtakos produkto atidarymo laiko užduotims.

12 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Produkto atidarymo laikas	.879	29	.003

Correlations

		Age	Product opening time
Spearman's rho	Age	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	33
Product opening time		Correlation Coefficient	-.014
		Sig. (2-tailed)	.938
		N	33

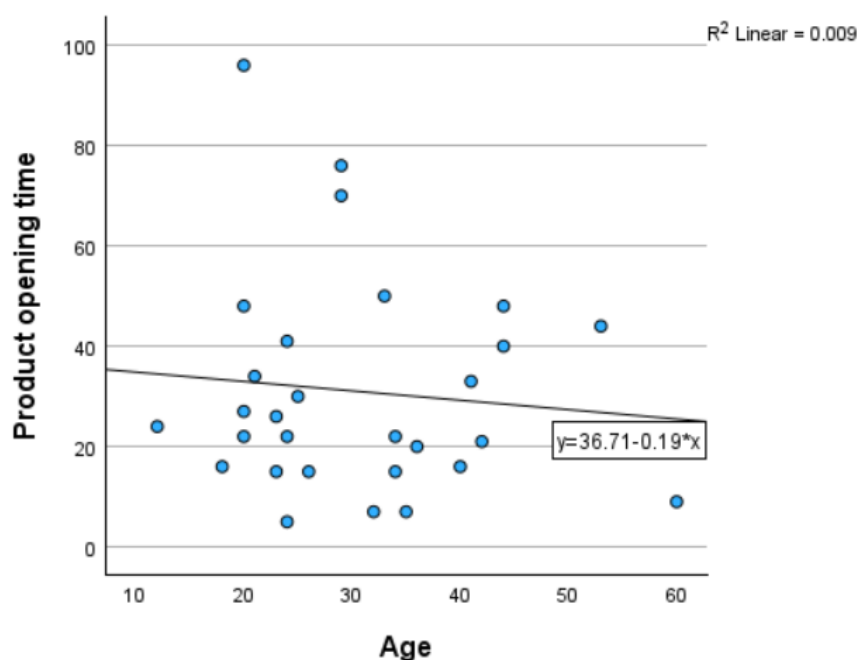


31 pav. Amžiaus ir produkto atidarymo laiko koreliacijos skaičiavimai šviesiuoju režimu

Correlations

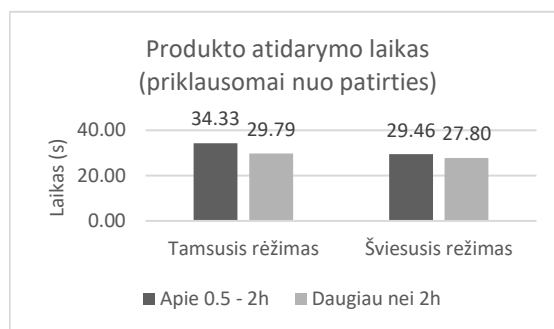
		Age	Product opening time
Spearman's rho	Age	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	29
	Product opening time	Correlation Coefficient	-.088
		Sig. (2-tailed)	.650
		N	29

Graph



32 pav. Amžiaus ir produkto atidarymo laiko koreliacijos skaičiavimai tamsiuoju režimu

Hipotezė H30. Produkto atidarymo laiko vidurkis pagal paskirtį pateiktas paveikslėlyje (33 pav.). Iš gautų rezultatų, galima matyti, kad tiek tamsiame ir tiek šviesiame režime produktą greičiau rado ir atidarė labiau patyrę dalyviai. Tamsiuoju režimu produkto atidarymo laiko skirtumas tarp patyrusių ir nepatyrusių dalyvių buvo 4.54 s, o tai rodo, kad tie, kurie praleido daugiau laiko naršydami, produktą aptiko ir atidarė 13.2 % greičiau. Šviesiuoju režimu skirtumas buvo 1.66 s (5,63 %).



33 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir patirtį

Naudotojo patirtis buvo vertinama pagal pateiktą vidutinį naršymo laiką. Respondentai, kurie atsakė, jog vidutiniškai praleidžia daugiau nei 2 valandas yra priskirti prie patyrusių grupės, o tie kurie atsakė, kad naršo apie 0.5-2 valandas ar mažiau priskiriami nepatyrusių grupei. Gauti produkto atidarymo užduoties laikai taip pat buvo suskaidyti į du intervalus: greitai ir lėtai atlikta užduotis. Buvo sudaryti dažnių lentelė (13 lentelė), kuri tinkama tolimesnei analizei.

13 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir patirties, produktų atidarymo užduočių dažnių lentelė.

Režimas ir patirtis / Tikėtinas kiekis	Greitai (5-22s)	Lėtai (23-99s)	Suma
Šviesus režimas ir patyrę	12	8	20
<i>Tikimasi</i>	10.323	9.677	
Šviesus režimas ir nepatyrę	6	7	13
<i>Tikimasi</i>	6.710	6.290	
Tamsus režimas ir patyrę	11	8	19
<i>Tikimasi</i>	9.806	9.194	
Tamsus režimas ir nepatyrę	3	7	10
<i>Tikimasi</i>	5.161	4.839	
Bendras kiekis	32	30	62

14 lentelėje pateiki gauti rezultatai naudojant reikšmes iš sudarytos dažnių lentelės.

14 lentelė. Trečiosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.

$(O-E)^2/E$	
0.272581	0.290753
0.075062	0.080066
0.145267	0.154952
0.90504	0.965376
chi	2.889098
df	4
p-value	0.5766

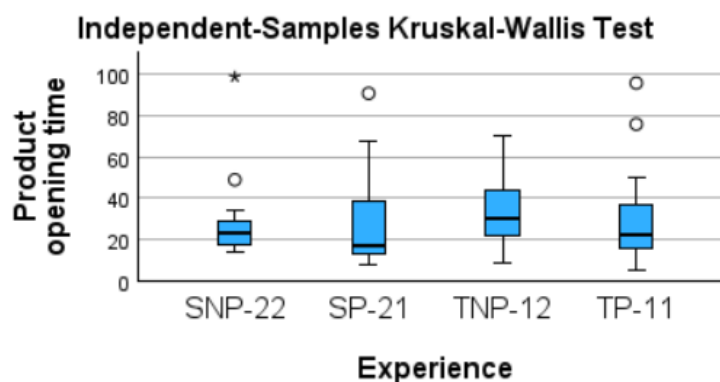
Kadangi, p reikšmė gauta didesnė nei 0.05, galima priimti nulinę hipotezę (H3) ir daryti prielaidą, kad nėra priklausomybės tarp patyrusių ir nepatyrusių naudotojų naudojant skirtingus sąsajos režimus. Įsitikinant, kad skaičiavimai teisingi, buvo taikomas ir kitas statistikos metodas. Sudarytos keturios grupės: tie, kurie naudojo tamsųjį režimą ir yra patyrę (TP-11), naudojo tamsųjį režimą ir yra nepatyrę (TNP-12), naudojo šviesųjį režimą ir yra patyrę (SP-21), naudojo šviesųjį režimą ir yra nepatyrę (SNP-22). Iš anksčiau gautų rezultatų žinome, kad produkto atidarymo laikai nėra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, todėl Anova metodas palyginti šių grupių vidurkius netinkamas ir taikomas Kruskal-Wallis metodas (34 pav.).

Product opening time across Experience

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary

Total N	62
Test Statistic	1.789 ^a
Degree Of Freedom	3
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.617

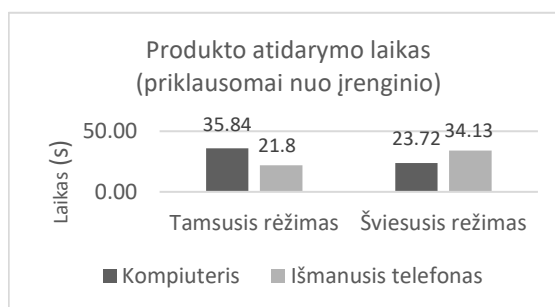
a. The test statistic is adjusted for ties.



34 pav. Hipotezės H3 Kruskal-Wallis testo rezultatai

Ankščiau minėta išvada gauta „chi“ kvadrato skaičiavimo metu, dar karta pasitvirtina, nes gauta p reikšmė (0.617) didesnė už 0.05, todėl daroma prielaida priimti nulinę (H3) hipotezę.

Hipotezė H4₀. Produkto atidarymo laiko vidurkis pagal įrenginį pateiktas paveikslėlyje (35 pav.). Iš gautų vidurkių, galima matyti, kad išmaniuosiuose telefonuose tamsiuoju režimu produkto atidarymo laikas buvo 1.56 karto trumpesnis nei šviesiuoju režimu: vidutiniškai 21.8 s, palyginti su 34.13 s šviesiuoju režimu. Tačiau kompiuterių naudotojams produkto radimo ir atidarymo užduočiai atlikti reikėjo vidutiniškai gerokai mažiau laiko nei šviesiuoju režimu.



35 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir įrenginį

Statistiškai nustatyti ar nuo naudojamo įrenginio ir režimo priklauso produkto atidarymo greitis buvo sudaryta dažnių lentelė (15 lentelė).

15 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir įrenginio, produktų atidarymo užduočių dažnių lentelė.

Režimas ir įrenginys / Tikėtinas kiekis	Greitai (5-22s)	Lėtai (23-99s)	Suma
Šviesus režimas, telefonas (SPH)	8	7	15
<i>Tikimasi</i>	7.742	7.258	
Šviesus režimas, kompiuteris (SPC)	10	8	18
<i>Tikimasi</i>	9.290	8.710	
Tamsus režimas ir telefonas (TPH)	6	4	10
<i>Tikimasi</i>	5.161	4.839	
Tamsus režimas ir kompiuteris (TPC)	8	11	19
<i>Tikimasi</i>	9.806	9.194	
Bendras kiekis	32	30	62

Lentelėje (16 lentelė) pateiki gauti rezultatai naudojant reikšmes iš sudarytos dažnių lentelės.

16 lentelė. Ketvirtosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.

$(O-E)^2/E$	
0.008602	0.009176
0.054211	0.057826
0.13629	0.145376
0.332767	0.354952
chi	1.099201
df	3
p-value	0.7773

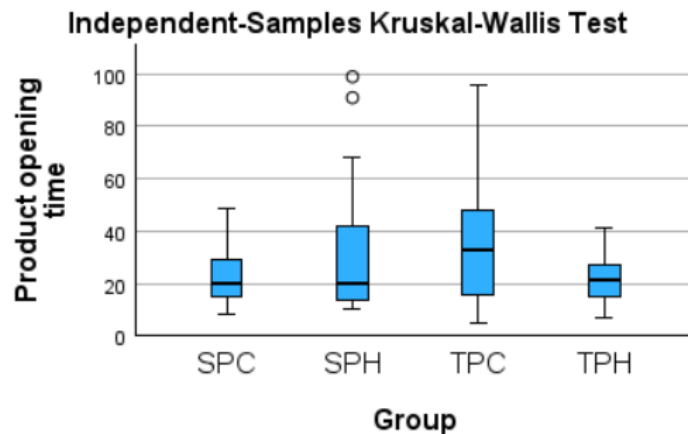
Gauta p reikšmė yra didesnė nei 0.05, todėl galime daryti prielaidą, kad tarp produkto atidarymo greičio ir naudojamo įrenginio skirtingais režimais priklausomybės nėra. Naudojant Kruskal-Wallis metodą (36 pav.), gautas toks pats rezultatas (p) $p > 0.05$.

Product opening time across Group

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary

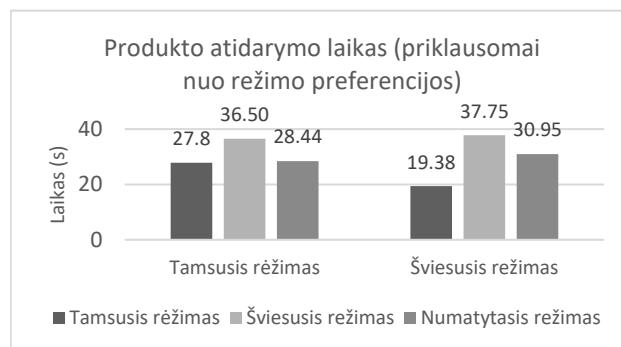
Total N	62
Test Statistic	2.245 ^a
Degree Of Freedom	3
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.523

a. The test statistic is adjusted for ties.



36 pav. Hipotezės H4 Kruskal-Wallis testo rezultatai

Hipotezė H5o. Paveiksle (37 pav.) pateikti rezultatai rodo, kad dalyviai, kurie pirmenybę teikia tamsiam režimui, pastebėjo ir atidarė produktą greičiau, nei respondentai, kurie renkasi dažniausiai šviesių arba numatytą režimą.



37 pav. Produkto atidarymo laikas pagal režimą ir preferenciją

Įvertinti, kad naudotojo režimo preferencija neturi įtakos produkto atidarymo greičiui skirtinguose režimuose buvo atitinkamai sugrupuoti duomenis ir sudaryta dažnių lentelė (17 lentelė).

17 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir preferencijos, produkto atidarymo greičio dažnių lentelė.

Režimas ir preferencija / Tikėtinas kiekis	Greitai (5-22s)	Lėtai (23-99s)	Suma
Šviesus režimas, preferencija-tamsus	6	2	8
<i>Tikimasi</i>	4	4	
Šviesus režimas, preferencija-šviesus	2	6	8
<i>Tikimasi</i>	4	4	
Šviesus režimas, preferencija-numatytasis	9	8	17
<i>Tikimasi</i>	9	9	
Tamsus režimas, preferencija-tamsus	6	4	10
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Tamsus režimas, preferencija-šviesus	3	7	10
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Tamsus režimas, preferencija-numatytasis	5	4	9
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Bendras kiekis	31	31	62

Tačiau tolimesnei statiniai analizei pagal gautus tikėtinius kiekius, matome, kad daugiau nei 25% yra mažesni arba lygus 5. Dėl skirtingų grupių ir mažos imties negalime įvertinti šios priklausomybės.

Hipotezė H60. Formos užpildymo laikui amžius turi įtakos tamsiuoju režimu ir rezultatai patvirtina hipotezę (38 pav.). Kadangi, duomenys nebuvo pasiskirstę pagal normalųjį skirtinį (18 lentelė), buvo skaičiuojama Spirmano koreliacija: 0.335. Tai rodo vidutiniškai stiprią teigiamą koreliaciją tarp amžiaus ir formos užpildymo laiko. Kitaip tariant, didėjant amžiui, formos užpildymo laikas taip pat turi tendenciją didėti.

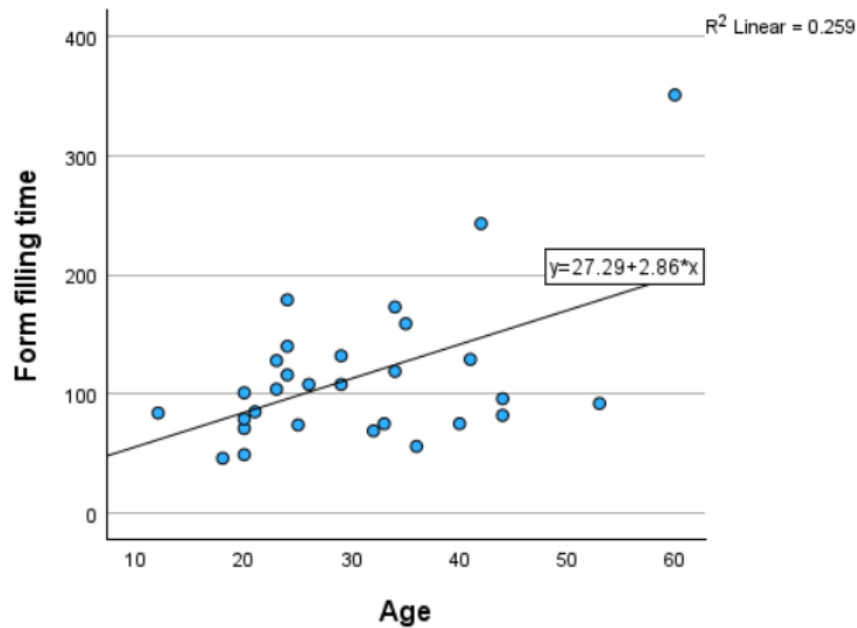
18 lentelė. Shapiro-Wilk gauti rezultatai

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Formos užpildymo laikas	.788	29	<.001

Correlations

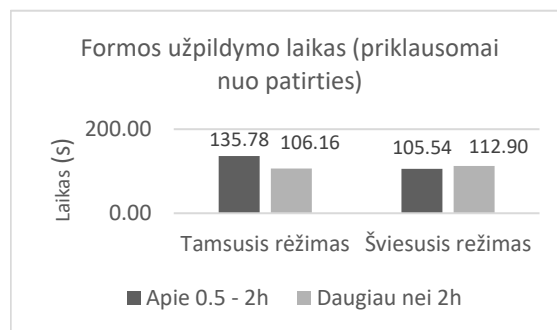
		Age	Form filling time
Spearman's rho	Age	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	29
	Form filling time	Correlation Coefficient	.335
		Sig. (2-tailed)	.075
		N	29

Graph



38 pav. Amžius ir formos užpildymo laikas tamsiuoju režimu

Hipotezė H7₀. Formos užpildymo laiko vidurkis pagal patirtį pateiktas paveikslėlyje (39 pav.). Iš gautų rezultatų, galima matyti, kad mažiau patyrę dalyviai vidutiniškai 21.81 % ilgiau užpildė formą tamsiuoju režimu. Tačiau šviesaus režimo grupėje mažiau patyrę naudotojai iš tikrųjų užtruko šiek tiek trumpiau nei labiau patyrę. Iš šių rezultatų galima matyti tendenciją, rodančią, kad naudotojo naršymo patirtis turi įtakos darbo su sistema greičiui tirtais spalviniais režimais.



39 pav. Formos užpildymo laiko vidurkis pagal patirtį skirtingais režimais

Naudotojo patirtį ir formos užpildymo greitį įvertinti buvo sudaryta dažnių lentelė (19 lentelė).

19 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir patirties, formos pildymo greičio dažnių lentelė.

Režimas ir patirtis / Tikėtinas kiekis	Greitai (35-100s)	Lėtai (100-351s)	Suma
Šviesus režimas ir patyrę	10	10	20
<i>Tikimasi</i>	10.323	9.677	
Šviesus režimas ir nepatyrę	8	5	13
<i>Tikimasi</i>	6.710	6.290	
Tamsus režimas ir patyrę	9	10	19
<i>Tikimasi</i>	9.806	9.194	
Tamsus režimas ir nepatyrę	5	5	10
<i>Tikimasi</i>	5.161	4.839	
Bendras kiekis	32	30	62

20 lentelėje pateiki rezultatai, gauti naudojant reikšmes iš sudarytos dažnių lentelės.

20 lentelė. Septintoji hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.

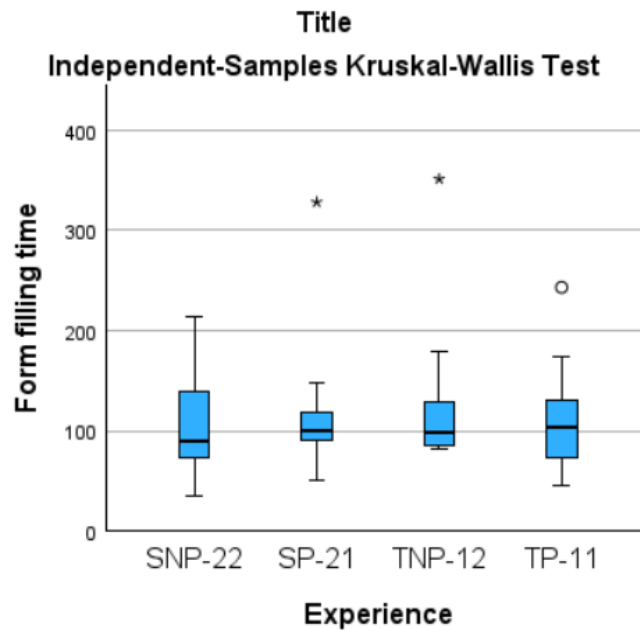
$(O-E)^2/E$	
0.010081	0.010753
0.248139	0.264682
0.06632	0.070741
0.00504	0.005376
chi	0.681132
df	4
p-value	0.9536

Kadangi, p reikšmė gauta didesnė nei 0.05, galima priimti nulinę hipotezę (H_0) ir daryti prielaidą, kad nėra priklausomybės pildant formą skirtinguose režimuose tarp patyrusių ir nepatyrusių naudotojų. Toks pats rezultatas gautas ir naudojant Kruskal-Wallis testą (40 pav.), $0.770 > 0.05$.

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary

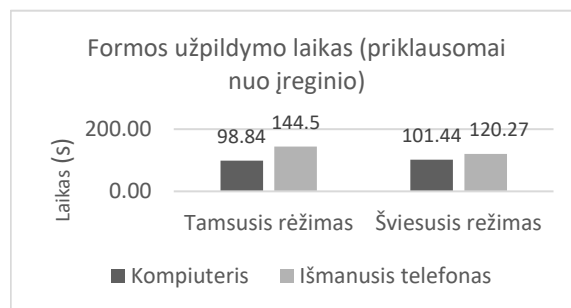
Total N	62
Test Statistic	1.131 ^a
Degree Of Freedom	3
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.770

a. The test statistic is adjusted for ties.



40 pav. Hipotezės H7 Kruskal-Wallis testo rezultatai

Hipotezė H8₀. Formos užpildymo laiko vidurkis pagal įrenginį pateiktas paveikslėlyje (41 pav.) Formos pildymas tamsiuoju režimu kompiuteriuose buvo šiek tiek greitesnis nei šviesiuoju režimu, o išmaniuosiuose telefonuose formos pildymas tamsiuoju režimu vidutiniškai truko 20.1 % ilgiau. Pagal gautus rezultatus taip pat galima matyti tendenciją, kad spalvų režimo poveikis darbo efektyvumui priklauso nuo naudojamo įrenginio tipo.



41 pav. Formos užpildymo laiko vidurkiai pagal įrenginį skirtinguose režimuose

Formos užpildymo greičio priklausomybė tarp režimo ir naudotojo įrenginio statistiškai įvertinti buvo sudaryta dažnių lentelė (21 lentelė).

21 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo, įrenginio ir formos užpildymo greičio dažnių lentelė.

Režimas ir įrenginys / Tikėtinas kiekis	Greitai (35-100s)	Lėtai (100-351s)	Suma
Šviesus režimas ir mobilus	6	9	15
<i>Tikimasi</i>	7.5	7.5	
Šviesus režimas ir kompiuteris	11	7	18
<i>Tikimasi</i>	9	9	
Tamsus režimas ir mobilus	3	7	10
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Tamsus režimas ir kompiuteris	11	8	19
<i>Tikimasi</i>	9.5	9.5	
Bendras kiekis	31	31	62

Lentelėje (22 lentelė) pateiki gauti rezultatai naudojant reikšmes iš sudarytos dažnių lentelės.

22 lentelė. Aštuntosios hipotezės gauti statistiniai skaičiavimai.

$(O-E)^2/E$	
0.3	0.3
0.444	0.444
0.8	0.8
0.236	0.236
chi	3.562573
df	3
p-value	0.3127

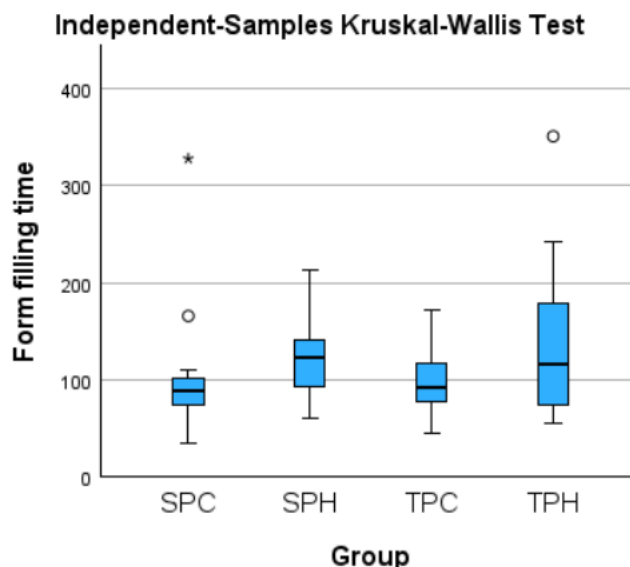
P reikšmė gauta didesnė nei 0.05, galima priimti nulinę hipotezę (H_0) ir daryti prielaidą, kad nėra priklausomybės pildant formą skirtinguose režimuose tarp skirtinų įrenginių. Gautas rezultatas pasitvirtina ir taikant Kruskal-Wallis statistikos metodą, p reikšmė lygi 0.104 (42 pav.).

Form filling time across Group

Independent-Samples Kruskal-Wallis Test Summary

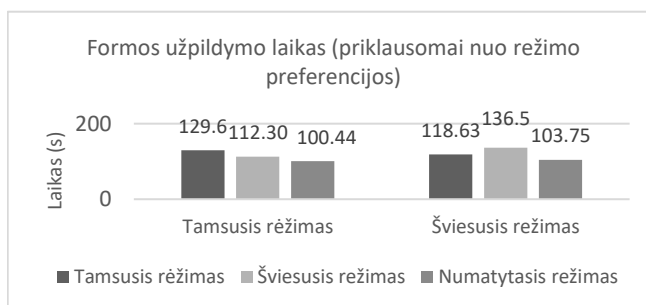
Total N	62
Test Statistic	6.165 ^a
Degree Of Freedom	3
Asymptotic Sig.(2-sided test)	.104

a. The test statistic is adjusted for ties.



42 pav. Hipotezės H8 Kruskal-Wallis testo rezultatai

Hipotezė H9. Formos užpildymo laiko vidurkis pagal preferenciją pateiktas paveikslėlyje (43 pav.). Formos užpildymo užduotį abejomis sąlygomis greičiau atliko dalyviai, kurie renkasi numatytąjį režimą. Įdomu tai, kad dalyviai, teikiantys pirmenybę tamsiam režimui, vidutiniškai ilgiausiai užtruko atlikdami formos pildymo užduotį šiuo režimu ir ilgiau nei dirbdami šviesiu režimu. Toks pat efektas pastebėtas ir su šviesųjį režimą mėgstančiais dalyviais: šiuo režimu ilgiausiai užtruko atlikdami formos užpildymo užduotį ir efektyviau dirbo tamsiuoju režimu.



43 pav. Formos užpildymo laiko vidurkiaai skirtinguose režimuose pagal preferenciją

Įvertinti, kad naudotojo režimo preferencija neturi įtakos formos užpildymo greičiui skirtinguose režimuose buvo atitinkamai sugrupuoti duomenis ir sudaryta dažnių lentelė (23 lentelė).

23 lentelė. Tamsaus, šviesaus režimo ir preferencijos, formos užpildymo greičio dažnių lentelė.

Režimas ir preferencija / Tikėtinas kiekis	Greitai (5-22s)	Lėtai (23-99s)	Suma
Šviesus režimas, preferencija-tamsus	6	2	8
<i>Tikimasi</i>	4	4	
Šviesus režimas, preferencija-šviesus	2	6	8
<i>Tikimasi</i>	4	4	
Šviesus režimas, preferencija-numatytasis	9	8	17
<i>Tikimasi</i>	9	9	
Tamsus režimas, preferencija-tamsus	6	4	10
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Tamsus režimas, preferencija-šviesus	3	7	10
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Tamsus režimas, preferencija-numatytasis	5	4	9
<i>Tikimasi</i>	5	5	
Bendras kiekis	31	31	62

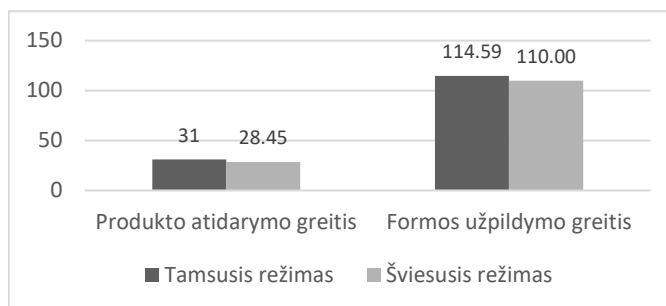
Gauta, kad daugiau nei 25% tikėtinų reikšmių yra mažesni arba lygus 5. Dėl skirtingų grupių ir mažos imties negalime tinkamai įvertinti priklausomybės.

Rezultatų santrauka pagal darbo laiką pateikta lentelėje (24 lentelė). Vidutinis darbo laikas – t(avg) ir vidutinis standartinis nuokrypis – SD.

24 lentelė. G1 ir G2 užduočių atlikimo laikų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai

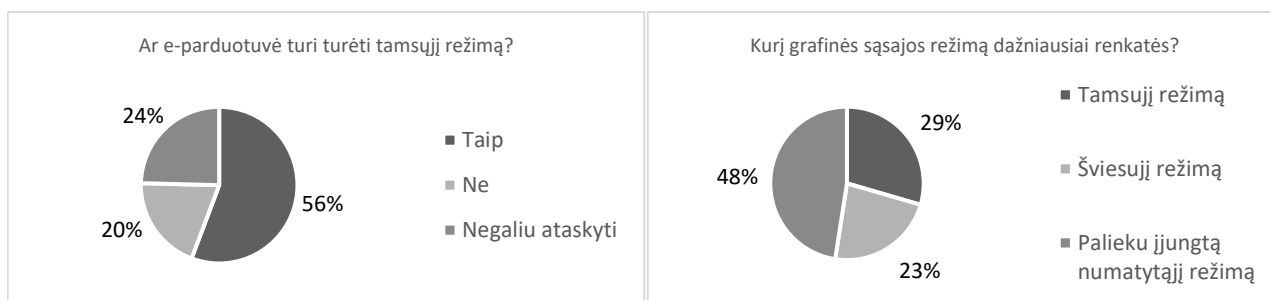
	Produkto atidarymo laikas (G1)				Formos užpildymo laikas (G2)			
	Tamsusis režimas (R1)		Šviesusis (R2)		Tamsusis režimas (R1)		Šviesusis (R2)	
	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD
Bendrai	31	21.68	28.45	21.68	114.59	62.64	110	52
Patirtis								
Mažiau nei 0.5h	24	-	-	-	84	-	-	-
Apie 0.5 – 2h	34.33	19.66	29.46	23.03	135.78	90.09	105.54	51.38
Daugiau nei 2h	29.79	24.96	27.80	21.76	106.16	51.74	112.90	58.22
Įrenginys								
Kompiuteris	35.84	27.33	23.72	11.60	98.84	34.80	101.44	70.30
Išmanusis telefonas	21.80	10.47	34.13	29.53	144.50	91.81	120.27	36.55
Planšetė	-	-	-	-	-	-	-	-
Kita	-	-	-	-	-	-	-	-
Preferencija								
Tamsusis režimas	27.80	21.51	19.38	4.93	129.60	88.67	118.63	96.21
Šviesus režimas	36.50	18.00	37.75	41.13	112.30	50.26	136.50	57.20
Numatytasis	28.44	46.53	30.95	21.14	100.44	42.83	103.75	33.48
Negaliu atsakyti	-	-	-	-	-	-	-	-

Bendras abiejų užduočių atlikimo rezultatas (44 pav.) buvo gana panašus tarp skirtingų režimų. Vidutinis produkto atidarymo laikas šviesiuoju režimu buvo 2,25 s (8,2 %) greitesnis nei tamsiuoju režimu, o vidutinis formos užpildymo laikas greitesnis 4,59 s (4 %). Pagal šiuos rezultatus galime manyti, kad režimas gali turėti įtakos užduočių atlikimo greičiui, bet pagal gautą statistinę priklausomybę tarp bendro vykdymo laiko ir režimo ryšis nebuvo nustatytas.



44 pav. Užduočių (G1/G2) atlikimo laiko vidurkis priklausomai nuo GNS režimo

Atsižvelgiant į respondentų papildomas išvalgas (Priedas 1), galima matyti, kad nuomonė apie tamsųjį režimą yra priimtina. 56 % respondentų atsakė, kad el. parduotuvės turėtų turėti tamsųjį režimą (45 pav.). Tačiau lyginant su naudotojų preferencija, 29 % respondentų renkasi tamsųjį režimą, o 48 % palieka numatytąjį. Palyginus šiuos gautus rezultatus (preferenciją ir elgesį), pastebima tam tikra neatitikimo tendencija. Tai rodo, kad, nors daugelis žmonių mano, kad tamsusis režimas yra svarbus ir reikalingas elektroninėse parduotuvėse, tik nedaugelis iš tikrųjų naudoja jį kaip numatytąjį režimą. Galima daryti prielaidą, kad naudotojai gali pageidauti tamsaus režimo iš estetinių ar mados sumetimų, bet realybėje jiems nesvarbu, kuri režimą pasirinkti, nes didžioji dalis vis tiek renkasi numatytąjį.



45 pav. Nuomonės apie tamsųjį režimą procentinis pasiskirstymas

Naudotojų nuomonė ir papildomos išvalgos pateiktos žemiau:

- „Jei svetainė ar programėlė naudojama ilgesnį laiką, visada renkuosi tamsųjį režimą. Jei naudojama vienam kartui, tuomet paliekama numatytasis režimas“;
- „Man patiko tamsusis režimas ir jis labai sveikintinas, jei naudojamas saikingai“;
- „Manau, kad tamsusis režimas mažiau dirgina akis.“;
- „Asmeniškai aš niekada nenaudoju tamsiojo režimo, bet manau, kad gerai turėti tokią galimybę. Be to, pažįstu žmonių, kurie tamsųjį režimą naudoja visur, kur tik gali. Taigi yra žmonių, kuriems ši funkcija yra naudinga.“;
- „Paprastai nekeičia numatytojo šviesos režimo. Beveik niekada nenaudoju tamsaus režimo.“

- „Kadangi daugumos svetainių produktų fonas yra baltas, tamsus režimas gali atrodyti nesuderintas, jei fonas nesikeičia kartu su juo. Tačiau įvertinti produktus tamsiai pilkame / juodame fone ir tiksliai matyti jų spalvą yra sunkiau ir naudotojui reikia daugiau mąstyti.“;
- „Manau, kad jis labiau reikalingas programėlėse nei svetainėse (nebent skaitymo tikslais), nes aš asmeniškai stengiuosi kuo greičiau atlikti užduotį, neieškodamas būdų įjungti tamsųjį režimą.“;
- „Paprastai man tai nerūpi, tiesiog naudoju numatytą parinktį.“;
- „Paprastai tamsiąja sąsaja nesinaudoju, tačiau šiuo konkrečiu atveju būtų buvę lengviau rasti reikiamus marškinėlius, jei būtų buvusi tamsioji sąsaja.“;
- „Režimą turėtų pasirinkti pats naudotojas“;
- „Tamsųjį režimą naudoju naktį, kai nenoriu, kad spinduliuojanti šviesa trukdytų mano partneriui miegoti, kai išjungiamo šviesą ir einame miegoti. Tai nėra kažkas, ką įjungiu tam tikroje svetainėje, tai sistemos jungiklis, kurį mėgstu naudoti rankiniu būdu labai konkrečioje situacijoje.“;
- „Manau, kad esu pripratęs prie baltos spalvos režimo, ypač kai naudojuosi e. parduotuvių svetainėmis. Man būtų neįprasta naršyti tamsiuoju režimu ir galbūt prireiktų daugiau laiko suprasti pagrindines funkcijas.“.

Pagal pateiktas nuomonės, galima daryti išvadą, kad tamsusis režimas yra gana populiarus ir naudojamas. Kai kurie naudotojai jį renkasi reguliariai, ypač jei naudoja svetaines ar programėles ilgai, o kiti – retai arba tiesiog naudoja numatytą parinktį. Tamsusis režimas yra naudingas, kai reikia mažinti akies įtampą, taip pat kai naudojama tam tikroje aplinkoje, pvz., naktį. Tačiau kai kurie naudotojai nurodė, kad tam tikrose situacijose tamsusis režimas gali trukdyti arba būti nepriimtinas dėl stiliaus ar funkcionalumo priežasčių. Galima daryti prielaidą, kad naujai kuriamose sistemose reikėtų sukurti galimybę patiems naudotojams pasirinkti režimą, kuris geriausiai atitinka jų individualius poreikius ir pageidavimus.

4.3. Grėsmės tyrimo rezultatų patikimumui

Tyrimo rezultatų patikimumas galėjo nukentėti dėl eilės rizikų arba grėsmių, išryškėjusių eksperimento vykdymo ir jo rezultatų apdorojimo metu. Grėsmių pobūdis lemia, jog tyrimo rezultatus reikėtų interpretuoti atsargiai ir esant galimybei tyrimą pakartoti. Pagrindinės grėsmės aukščiau pateiktų rezultatų tikslumui ir patikimumui pateiktos žemiau.

- *Santykinais nedidelė dalyvių imtis.* Analizei atrinkti 62-jų eksperimento dalyvių duomenys, dėl ko skirtingose amžiaus, naudojamo įrenginio ir preferencijos grupėse buvo santykinai nedaug dalyvių, o tai galėjo turėti neigiamą įtaką kriterijų priklausomybės skaičiavimo rezultatų reprezentatyvumui ir reikšmingumui.
- *Anoniminis, santykinai laisvas tyrimo pobūdis.* Nebuvo kontroliuojamos respondentų darbo aplinkos. Dalyviams buvo leista jiems patogiu paros metu ir pačių pasirinktomis aplinkybėmis dalyvauti tyrime, todėl galėjo atsirasti šalutinių, nežinomų kintamųjų, įtakojusių eksperimento užduočių vykdymo eigą.
- *Nevienodas eksperimentinės užduoties interpretavimas.* Dalyviai galėjo netiksliai suprasti jiems paskirtą užduotį arba susidurti su nenumatytais sunkumais atliekant ją. Pavyzdžiui, neatidžiai perskaite pateikiamas instrukcijas, pildant formą bandė kopijuoti pateiktus duomenis, nors tai nebuvo leidžiama. Ši aplinkybė galėjo pakenkti surinktų duomenų tikslumui ir patikimumui.

- *Netolygus respondentų pasiskirstymas pagal amžių ir patirtį.* Tyrime vyresnio amžiaus dalyvių buvo santykinai mažai, todėl gauti amžiaus įtakos matuotiems rodikliams rezultatai galimai neatspindi realios situacijos. Be to, reikėtų atsižvelgti į netolygų patyrusių ir nepatyrusių dalyvių pasiskirstymą: tik 2% respondentų priklauso nepatyrusių grupei ir ši aplinkybė taip pat galėjo turėti neigiamą įtaką galutiniams rezultatams.

4.4. Tyrimo rezultatų pagrindu suformuluotos panaudojamumo rekomendacijos ir identifikuotos tendencijos

Pagal 4.2 skyriuje pateiktus tyrimo rezultatus buvo suformuluotos tamsaus ir šviesaus režimų taikymo rekomendacijos, kurios pateikiamos žemiau.

- R1. Kuriant vyresniems (nuo 40 m. amžiaus) naudotojams skirtas saityno informacines sistemas, kuriose daug dirbama su duomenų įvedimo ar redagavimo formomis, reikėtų naudoti šviesų režimą arba, jeigu prieinamas ir tamsusis režimas, šviesų nustatyti kaip numatytąjį.
- R2. Kuriant saityno informacines sistemas, kuriose naudojamos objektų suradimo užduotys, galima neatsižvelgti į naudotojų amžiaus grupės ir naudoti tamsų režimą.
- R3. Kuriant saityno informacines sistemas galima neatsižvelgti į naudotojų patirtį (vidutiniškai praleidžiamą naršymo laiką) ir naudoti tamsų režimą.
- R4. Kuriant saityno informacines sistemas galima neatsižvelgti į naudotojo įrenginį (kompiuterį arba telefoną) ir naudoti tamsų režimą.
- R5. Tamsus režimas suteikia didesnę estetinį poveikį, nei daro įtaką darbui su sistema greičiui, todėl jei sistema neskirta darbui ir reikalauja didesnio estetiškumui, rekomenduojama taikyti tamsų režimą arba sukurti funkcionalumą, kad patys naudotojai galėtų jį pasirinkti.

Vis tik įvertinant 4.3 skyriuje aprašytas grėsmes tyrimo rezultatų reprezentatyvumui, ypač faktą, jog tyrime dalyvavo santykinai nedidelis kiekis respondentų, buvo įvertintos ir pastebėtos tendencijos, kurios gali būti naudojamos kaip pagrindas formuluojant galimas rekomendacijas. Šiame tyrime statistiškai nepasitvirtinusios rekomendacijos galėtų būti tiriamos tolimesniuose, siauresnio pobūdžio tyrimuose. Suformuluotos šios tendencijos:

- T1. Mobiliosiose įrenginiuose objekto suradimo sąraše laikas yra ženkliai trumpesnis dirbant tamsiuoju režimu. Remiantis šiuo pastebėjimu formuluojama galima rekomendacija, kad kuriant saityno sistemas mobiliesiems įrenginiams, kuriose gausu informacijos paieškos objektų sąrašuose užduočių, reikėtų naudoti tamsų režimą.
- T2. Naudotojų preferencija ar didesnė naršymo patirtis, skirtinguose režimuose ne visada gali padidinti darbo našumą. Todėl kuriant sistemas, kuriose svarbesnis darbas su sistema greitis, nei estetinis poveikis, reikėtų neatsižvelgti į šiuos kriterijus ir pagal ankščiau minėtas rekomendacijas ir pasirinkti šviesų režimą.
- T3. Pagal naudotojų nuomonę tamsusis režimas suteikia didesnę estetinį poveikį, nei daro įtaką darbui su sistema greičiui. Todėl jei sistema neskirta darbui ir reikalauja didesnio estetiškumo, rekomenduojama taikyti tamsų režimą arba sukurti funkcionalumą, kad patys naudotojai galėtų pasirinkti sistemos režimą.

Verta paminėti, jog įvykdytame tyrime nebuvo vertinama eilės sąsajos charakteristikų įtaką vieno ar kito spalvinio režimo našumui. Dėl to tolimesniuose tyrimuose būtų galima ištirti tokių faktorių kaip spalvų kontrastas, šrifto dydis ir ekrano skiriamoji geba poveikį skirtingoms naudotojų grupėms. Taip pat tyrimai galėtų būti kartojami taikant kitokius darbo su sistema scenarijus, pvz., navigacija.

Išvados

1. Atlikus panaudojamumo rekomendacijų rinkinių, standartų ir principų analizę, nustatyta, kad panaudojamumo sąvoka yra daugialypė, o sistemų panaudojamumą lemia eilė kriterijų, tokių kaip išmokstamumas, grįžtamasis ryšys, darbo našumas, estetika.
2. Panaudojamumo rekomendacijų analizė parodė, kad tamsaus ir šviesaus sąsajos režimo įtaka darbo našumui yra nėra pakankamai ištirta, todėl ši sritis ir buvo pasirinkta eksperimentiniam tyrimui. Analizės pagrindu sudarytos 9 tyrimo hipotezės, kurioms tirti remtasi A/B testavimo principais, kuomet dalyviams pateikiami skirtingi sistemos sąsajos variantai ir matuojami konkrečiu atveju aktualūs darbo parametrai. Šiuo atveju pasirinkta matuoti tipinių darbo saityno sistemose užduočių atlikimo greičiai, fiksuojant jų priklausomybę nuo naudotojų ar naudojamo įrenginio charakteristikų, bei subjektyvią naudotojų nuomonę sąsajos režimų taikymo klausimu.
3. Tyrimui atlikti sukurtas specializuoto sistemų testavimo įrankio plėtinys, leidžiantis vykdyti su apklausa apjungtą A/B tipo testavimą bei analizuoti rezultatus. Sukurtas sprendimas yra universalus pobūdžio ir gali būti taikomas vykdant panašius tyrimus ateityje.
4. Atlikus tyrimą nustatyta, kad patirtis, naudotojo preferencija ar įrenginys naudojant tamsaus ar šviesaus režimo aplinkas statistiškai ženklios įtakos darbui su sistema neturi. Su amžiumi ir tamsiuoju režimu susijusi antroji nulinė hipotezė (H_{20}) nepasitvirtino, ir galima daryti prielaidą, kad amžius turi įtaką darbo su sistema greičiui taikant tamsųjį režimą (kuo didesnis amžius tuo darbo našumas yra mažesnis tamsiame sistemos režime). Hipotezių (H_5 , H_9), susijusių su naudotojo režimo preferencija, priklausomybių nustatyti nepavyko dėl mažo respondentų kiekio. Kitos nulinės hipotezės pasitvirtino ir priklausomybių nebuvo nustatyta, kas verčia priimti, jog tamsusis režimas gali būti naudojamas neatsižvelgiant į anksčiau minėtus kriterijus išskyrus amžių.
5. Pagal gautus rezultatus buvo suformuluotos 5 sąsajos režimų taikymo rekomendacijos, tačiau dėl statistinės analizės metu atliktų kriterijų apjungimų bei kitų identifikuotų grėsmių tyrimo patikimumui, rezultatai galėjo netiksliai atspindėti realią situaciją. Dėl to suformuluotos 3 pastebėtos tendencijos, kurios gali būti naudojamos kaip įeiga tolimesniems tyrimams ieškant konkretesnių rekomendacijų. Vykiant kitus spalvinio režimo įtakos panaudojamumui tyrimus ateityje, reikėtų tirti papildomus veiksnius, kurie gali turėti įtakos darbo su sistema greičiui, tokius kaip kontrasto lygis ir spalvų šviesumas, teksto ir kitų elementų išdėstymas, dydis ir šriftas, užduoties sudėtingumas.

Literatūros sąrašas

1. ISO 9241-11:2018 *Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
2. GALITZ, O.W *The Essential Guide to User Interface Design An Introduction to GUI Design Principles and Techniques*, Wiley Publishing, 2007. ISBN: 978-0-470-05342-3.
3. QUESENBERRY W. Dimensions of Usability: Defining the Conversation, Driving the Process. [interaktyvus]. 2003 [žiūrėta 2023-05-04]. Prieiga per: <https://www.wqusability.com/articles/5es-upa2003.pdf>
4. NIELSEN J. *Usability 101: Introduction to Usability* [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
5. NIELSEN J. *10 Usability Heuristics for User Interface Design* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
6. *Human factors international: Heuristic Evaluations* [interaktyvus]. 1999 [žiūrėta 2021-11-11]. https://www.humanfactors.com/newsletters/heuristic_evaluations.asp
7. SOHL M. *Comparing two heuristic evaluation methods and validating with usability test methods* [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2021-11-11]. ISRN: LIU-IDA/LITH-EX-A—18/038—SE. Prieiga per: <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1241260/FULLTEXT01.pdf>
8. BABICH N. *The 15 Rules Every UX Designer Should Know* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://xd.adobe.com/ideas/career-tips/15-rules-every-ux-designer-know/>
9. WONG E. *Shneiderman's Eight Golden Rules Will Help You Design Better Interfaces* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.interaction-design.org/literature/article/shneiderman-s-eight-golden-rules-will-help-you-design-better-interfaces>
10. ILIEVSKA, I. *Gestalt principles* [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.north-47.com/knowledge-base/gestalt-principles>
11. NIELSEN, J. *113 Design Guidelines for Homepage Usability* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-11-26]. Prieiga per: <https://www.nngroup.com/articles/113-design-guidelines-homepage-usability/>
12. BUDIU, R. and J. NIELSEN. *Tablet Website and Application UX* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-11-26]. Prieiga per: <https://media.nngroup.com/media/reports/free/Tablet Website and Application UX.pdf>
13. TRAVIS D. *247 web usability guidelines*. [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.userfocus.co.uk/resources/guidelines.html>
14. ISO 9241-210 *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* [interaktyvus]. 2010 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://richardcornish.s3.amazonaws.com/static/pdfs/iso-9241-210.pdf>
15. ISO 20282-1:2006 *Ease of operation of everyday products — Part 1: Design requirements for context of use and user characteristics* [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:20282:-1:ed-1:v1:en>
16. ISO 14915-2:2003 *Software ergonomics for multimedia user interfaces — Part 2: Multimedia navigation and control* [interaktyvus]. 2003 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14915:-2:ed-1:v1:en>

17. ISO/IEC 25010:2011 *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation — System and software quality models* [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en>
18. *Material Design: Dark theme* [interaktyvus]. 2021 [žiūrėta 2021-12-04]. Prieiga per: <https://m2.material.io/design/color/dark-theme.html>
19. *Material Design: Tools for picking colors* [interaktyvus]. 2023 [žiūrėta 2023-04-09]. Prieiga per: <https://m2.material.io/design/color/the-color-system.html#tools-for-picking-colors>
20. BABICH, N. *8 Tips for Dark Theme Design* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2022-01-02]. Prieiga per: <https://uxplanet.org/8-tips-for-dark-theme-design-8dfc2f8f7ab6>
21. KONING, L. and M. JUNGER. Dark user interface, dark behavior? The effect of ‘dark mode’ on honesty. *Computers in Human Behavior Reports*, vol. 4, 2021, 100107
22. NAZERIHA, S. and A. JONSSON. Does “Dark Mode” affect users’ trust towards E-commerce websites?. TRITA-EECS-EX-2020:222
23. LOFFLER, D. GIRON, L. and J HURTIENNE. Night Mode, Dark Thoughts: Background Color Influences the Perceived Sentiment of Chat Messages. IFIP International Federation for Information Processing R. Bernhaupt et al. (Eds.): *Interact 2017, Part II, LNCS 10514*, pp. 184–201, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-67684-5_12
24. NYGVIST, A. and J. RUTQVIST. The Impact of Colour Themes on Code Readability. 2019 TRITAECS-EX-2019:321
25. HALL, R. and P. HANNA. The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioral intention. *Behaviour & Information technology* 2004, vol. 23, no. 3, pp. 183–195
26. PEDERSEN, L., EINARSSON, S., ARNE, F., and F.E. SANDNES. User Interfaces in Dark Mode During Daytime – Improved Productivity or Just Cool-Looking?. 2020. LNISA, vol. 12188
27. BUDIU, R. *Dark Mode vs. Light Mode: Which Is Better?*. 2020 [žiūrėta 2021-11-11]. Prieiga per: <https://www.nngroup.com/articles/dark-mode/>
28. GĖGŽNA V. *Biostatistinės analizės pagrindai* [interaktyvus]. 2023 [žiūrėta 2022-11-20]. Prieiga per: <https://mokymai.github.io/biostatistika/koreliacija.html>

Priedai

1 priedas. Respondentų rezultatų lentelė

Age	Experience	Preferred UI mode	Should have dark UI	Device type	Design variant	Product opening time	Add to cart time		Get to checkout time	Requisites entered time	Form filling time	Delivery method time	Review order time	Payment time	Total task time	Thoughts
24	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	5	7		9	13	116	15	6	6	177	-
20	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	22	4		3	4	71	37	9	2	152	-
29	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	76	9		17	8	132	24	36	14	316	-
20	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	48	12		5	3	49	8	2	1	128	-
12	Less than 0.5 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	24	8		2	4	84	12	7	4	145	-
18	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	1	16	3		3	4	46	16	2	2	92	-
23	About 0.5 - 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	1	15	4		-	9	128	20	12	7	195	Jei svetainė ar programėlė naudojama ilgesnį laiką, visada renkuosi tamsųjį režimą. Jei naudojama vienam kartui, tuomet paliekama numatytasis režimas
60	About 0.5 - 2 hours	Dark mode	Can't answer	Smart phone	1	9	3		-	29	351	33	7	5	437	-
24	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	1	41	3		-	14	140	34	16	6	254	I liked dark mode and its very welcome but executed not too often. Keep up the good work
24	About 0.5 - 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	1	22	3		-	6	179	27	4	4	245	I think it makes it easier on the eyes.
20	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	1	96	2		3	1	79	19	4	4	208	-
26	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Computer	1	15	23		4	7	108	18	5	4	184	-
35	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	1	7	22		4	4	159	11	4	4	215	-
34	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	1	15	5		7	4	173	13	2	2	221	-
36	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	1	20	9		-	7	56	13	6	4	115	-
25	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	1	30	4		-	21	74	9	4	4	146	-
32	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	1	7	7		-	7	69	13	10	4	117	-

23	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	1	26	5		-	18	104	17	2	2	174	-
44	About 0.5 - 2 hours	Light mode	Can't answer	Computer	1	48	5		12	18	96	30	22	7	238	-
21	About 0.5 - 2 hours	Light mode	No	Computer	1	34	4		7	4	85	10	7	3	154	-
29	About 0.5 - 2 hours	Light mode	No	Computer	1	70	4		5	5	108	14	19	5	230	-
34	More than 2 hours	Light mode	Yes	Computer	1	22	7		7	7	119	26	9	7	204	-
33	More than 2 hours	Light mode	Can't answer	Computer	1	50	1		13	12	75	19	6	5	181	Personally, I never use dark mode, but I guess it's good to have it as an option. Also, I know some people who use dark mode everywhere they can. So there are people who find this feature useful.
42	More than 2 hours	Light mode	Yes	Smart phone	1	21	8		-	16	243	48	28	7	371	-
20	About 0.5 - 2 hours	Light mode	Yes	Smart phone	1	27	3		-	10	101	28	14	8	191	-
18	More than 2 hours	Dark mode	Can't answer	Computer	2	14	4		15	5	328	40	11	8	425	-
21	About 0.5 - 2 hours	Dark mode	Can't answer	Computer	2	23	2		8	4	74	12	5	2	130	-
21	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	2	15	4		4	5	102	8	1	2	141	-
26	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	2	20	5		-	8	90	12	3	4	142	-
20	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	2	12	2		-	5	126	16	2	3	166	-
21	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Smart phone	2	10	2		-	7	89	20	4	2	134	-
27	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	41	2		12	5	94	12	6	1	173	-
46	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	17	3		2	3	35	9	3	3	75	-
71	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	17	12		9	5	111	22	5	5	186	don't usually change from light mode default. Hardly ever use dark mode.
24	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	37	3		11	6	109	11	5	5	187	Since most sites have a white background for their Products, a true dark mode could look non cohesive if the background doesn't change with it. But judging products on a dark grey/black background and accurately seeing the color is more difficult and requires more thinking from the user. Only doing search bars, buttons and accents in a dark color and calling that dark mode does not feel accurate, it only feels more like a design choice

20	About 0.5 - 2 hours	Default mode	No	Computer	2	29	3		7	2	71	19	7	6	144	I think it is more needed on apps than websites (unless it is for reading purposes) because I personally try to complete my task as quickly as possible without looking for ways to turn on dark mode
31	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	22	4		2	9	166	12	6	4	225	-
33	More than 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	8	8		3	3	61	8	8	3	102	-
35	More than 2 hours	Default mode	No	Computer	2	42	7		12	9	100	17	2	4	193	-
43	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Can't answer	Computer	2	15	7		3	6	75	16	7	7	136	Good luck for your master's project :)
26	More than 2 hours	Default mode	No	Computer	2	25	3		6	7	82	14	4	10	151	I usually don't care, I just use the default option.
25	More than 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	2	91	6		-	9	124	15	5	3	253	-
24	About 0.5 - 2 hours	Default mode	No	Smart phone	2	34	18		-	8	124	19	5	3	211	-
43	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Yes	Smart phone	2	49	65		-	22	139	28	13	8	324	Generally I don't use dark interface, but in this particular case it would have been easier to find the required t-shirt if the dark interface was available.
48	More than 2 hours	Default mode	Yes	Smart phone	2	16	3		-	32	147	23	6	7	234	-
20	More than 2 hours	Default mode	Yes	Smart phone	2	68	11		-	12	96	15	35	6	243	-
28	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Can't answer	Smart phone	2	14	6		-	9	92	18	14	5	158	-
23	More than 2 hours	Default mode	Yes	Smart phone	2	35	8		-	7	147	17	3	2	219	-
25	More than 2 hours	Default mode	Yes	Smart phone	2	16	8		-	17	113	17	10	7	188	-
27	About 0.5 - 2 hours	Light mode	No	Computer	2	18	8		4	5	89	14	3	3	144	-
23	About 0.5 - 2 hours	Light mode	Can't answer	Smart phone	2	99	3		-	5	145	14	10	4	280	-
50	About 0.5 - 2 hours	Light mode	No	Smart phone	2	23	6		-	15	214	27	8	9	302	-
24	More than 2 hours	Light mode	Yes	Smart phone	2	11	4		-	11	98	16	2	3	145	Režimą turėtų pasirinkti pats naudotojas
25	About 0.5 - 2 hours	-	-	Smart phone	2	14	16		-	25	60	18	5	4	142	
41	More than 2 hours	Light mode	No	Computer	1	33	4		4	13	129	32	7	4	226	-
53	About 0.5 - 2 hours	Light mode	No	Computer	1	44	12		12	21	92	17	5	5	208	Dark mode i use for night time in the mobile phone or tablet when I don't want de radiating light to disturb

																my bed partner when we turn off the lights to go to sleep. It's not something i turn on in a given website, its a system switch, that i like to use manually in a very specific situation.
44	About 0.5 - 2 hours	Default mode	No	Computer	1	40	2		5	8	82	21	4	10	172	-
21	About 0.5 - 2 hours	Default mode	Yes	Computer	2	26	4		4	5	88	15	9	3	154	-
21	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	2	49	5		6	11	50	16	9	6	152	-
20	More than 2 hours	Default mode	No	Computer	2	17	5		4	4	101	11	5	6	153	I think I am used to the white mode, especially while using e-commerce sites. It would be unusual for me to surf in dark mode and maybe it would take more time to understand the main functions.
23	More than 2 hours	Dark mode	Yes	Computer	2	12	3		7	2	90	16	7	38	175	-
40	More than 2 hours	Light mode	Can't answer	Computer	1	16	3		6	3	75	11	7	7	128	Best luck!

Impact of Dark and Light Graphical User Interface Modes on System Usability: Preliminary Findings of an Experimental Study

Mindaugas Vinciūnas¹, Kęstutis Kapočius¹

¹ *Kaunas University of Technology, Faculty of Informatics, Studentų St. 50, Kaunas, Lithuania*

Abstract

In recent years, an increasing number of software systems offer users the ability to switch from the more conventional light color background graphical user interface (GUI) to the dark mode. In this mode, black, dark grey, or other similar colors are used for background, while text and other interface objects are typically displayed in white or other light colors. However, the impact of the mode on user experience and usability of systems is still under-researched, meaning that the dark mode is often implemented without knowing if it won't cause unwanted effects. This is especially important on the web, where GUI design trends are particularly dynamic, while interface changes can be implemented relatively quickly and completely one-sidedly by system owners. In this paper, preliminary results of the study aimed at determining the connections between GUI mode and web system usage efficiency or productivity are presented. The study was conducted in the form of an experimental survey and provided valuable insights that could be valuable to GUI developers and web system owners when making informed decisions on usage of dark and/or light color modes.

Keywords

Usability, graphical user interface, dark mode, light mode, web information systems.

Introduction

The characteristics of the graphical user interface (GUI) of a system play a critical role in determining its overall usability [1]. The quality of GUI is especially relevant on the web, where there are no standard interface conventions and developers are free to experiment. Despite that, for years majority of web systems used interfaces with dark text on light background known as light mode, which was also a de-facto standard for printing on paper. Recently, however, an increasing number of systems started offering both dark and light GUI modes or dark mode only. In this mode, the black or dark grey background is used while the text and other interface objects are white or other light color. This trend has brought about the debate on the impact of these modes on the user experience and usability of systems. For example, a study by the Nielsen Norman Group has shown that dark mode can reduce eye strain and improve battery life on devices with OLED screens, which has made it popular among users who work for long hours on their devices [2]. On the other hand, light mode is taking advantage of higher readability and retention of black text displayed on a white background compared to light text on dark background [3]. Yet overall, it is not entirely clear whether one mode is objectively better than the other in terms of user experience and usability in different work scenarios. In the study, preliminary results of which are presented in this paper, we attempted to address this question by measuring the influence of the GUI mode on the speed with which the users complete typical tasks on non-leisure-oriented websites, e.g., e-shops. Subjective opinions were also collected to see what users think about these modes and if these attitudes influence speed of work. This way, two characteristics of systems usability – usage efficiency (or productivity) and aesthetics – were addressed. Most importantly, the study attempted identifying potential links between color mode, work efficiency, and such parameters as system user age, devices used, and web browsing experience. The findings serve as the basis for GUI development guidelines that could be relevant to system developers and owners looking to better

understand and/or optimize efficiency and aesthetic appeal of their systems by making informed decisions regarding the GUI mode.

The remainder of this paper is structured as follows. Section 2 presents an overview of main known studies in relationships between GUI modes and usability of systems. Plan of the study, main hypotheses, structure of the experimental survey and tool used are discussed in Section 3. The results of the survey as well as key preliminary findings with regards to the outlined hypotheses are given in Section 4, followed by conclusions and directions for future work.

2.Related work

Research on the impact of dark and light graphical user interface modes on system usability has been ongoing for several years. Many of the studies focus on psychological impact of different color modes, but as usability is a multifaceted concept encompassing learnability, efficiency, aesthetics, and other characteristics, such findings are also relevant to systems requirements analysts and GUI designers.

In a study by Koning and Junger it was hypothesized that a dark user interface could lead to more dishonest behavior due to the perceived anonymity of the user [4]. However, authors found no significant difference in honesty between the dark and light user interfaces. Interestingly, the study did reveal that dark mode promoted honesty in users who had been awake for a longer period of time. The authors also examined whether perceived anonymity and financial well-being affected the relationship between user interface and honesty but found no significant effects. Overall, the study suggests that implementing dark mode is safe and may even be encouraged.

Nazeriha and Jonsson [5] explored the impact of the dark GUI mode on the trust of customers towards e-commerce websites. Participants of the study were asked to rate the graphic design of and their initial trust towards websites, half of which were presented in the original light mode version, and the other half – after dark mode was applied using browser plugin. Most participants rated the graphic design of the light mode version higher than that of the dark mode version, resulting in a lower trusting belief and trusting intention towards the dark-themed websites. The authors concluded that developers should implement dark mode from the beginning of the website's development or, when introducing it, redesign other elements on the website, instead of relying on automatic transformation. However, the study included only 18 participants, and the fact that the dark mode versions were generated automatically from the original light mode websites could have affected the evaluations.

Emotional and semantic effects of color on digital content was also investigated by Löffler et al. who attempted understanding the influence of black, white, and gray user interface backgrounds on the perception of sentiment in chat messages on Twitch.tv [6]. The results showed that participants who rated messages against a black background perceived them more negatively than those who worked against a white background. This suggests that user sentiment perception can be influenced by interface color, especially for ambiguous textual content laced with irony and sarcasm. The authors argue that this knowledge can be applied in persuasive interaction and user experience design across the digital landscape.

Much of the work done on modern systems involves text. Therefore, researchers have been trying to understand how color mode influences the ease with which the user can understand it or its readability. Nyqvist and Rutqvist [7][5] investigated the impact of different color themes on code readability asking participants to solve code comprehension tasks while also recording their visual patterns using eye tracking technology. The results of the experiment showed no significant differences in accuracy or speed between the two-color themes. Additionally, the eye tracker recordings showed no significant difference in eye movement patterns. The findings indicate that a programmer's preference for a particular color theme does not significantly affect their performance. However, the study found a slight tendency for participants using light themes to solve the first two problems quicker, which could suggest an effect of the bright light on performance when "just getting started" [7]. These findings contradicted

a 2004 study on readability of study texts conducted by Hall and Hanna [3]. There, authors did find both readability and information retention scores to be significantly higher when using black text on white background compared to black/white or cyan/black combinations.

We think it is especially important to understand whether the color mode influences productivity of users. Pedersen et al. addressed this question in a study involving a controlled experiment with a visually intensive text entry task using a virtual keyboard with an unfamiliar layout [8]. The results showed no significant differences in productivity or quantity of errors between dark and light modes. However, participants who preferred dark mode were more conscious of aesthetics and comfort, while those who preferred light mode exhibited a larger spread in the dark mode condition. The study suggests that the preference for dark mode may be more about subjective comfort and aesthetics rather than productivity and error reduction. However, the small sample size (16 participants) compromises reliability of these findings.

Results of several studies have been summarized in a report by Nielsen Norman Group [2][1], who investigated the impact of dark and light modes on user experience. The researchers found that users generally preferred light mode over dark mode, but this preference varied depending on the context and the task. Dark mode was found to be more suitable for tasks that required less visual acuity, such as reading text or browsing social media, whereas light mode was more suitable for tasks that required high visual acuity, such as editing text or graphic design.

Overall, these studies highlight the complex relationship between the color theme and user behavior, trust, readability, efficiency, and productivity. While there is no clear consensus on whether dark or light mode is better, there is enough ground to conclude that the choice of mode does influence user experience. It is, however, not entirely clear how exactly it impacts various aspects of usability, including speed of work (efficiency), and how that impact, if there is any, depends on the characteristics of users and nature of tasks.

3. Methodology

3.1 Plan of the study

The intended plan for conducting research consisted of the following stages:

1. Formulation of hypotheses and definition of variables to be measured.
2. Defining the structure of the study. It can immediately be noted that, based on the hypothesis defined, mixed survey was chosen as the experiment method. The remaining steps were as follows:
 - 1.1. Defining a list of experimental tasks required to measure usability characteristics outlined in the hypotheses.
 - 1.2. Defining the questions that would be posed to study participants.
 - 1.3. Choosing a survey system.
 - 1.4. Creating and implementing GUI elements (i.e., fully functional pages) required to perform the defined experimental tasks.
 - 1.5. Implementing the experimental survey on a chosen system.
3. Publishing the survey, sending out participation requests, and data collection.
4. Analysis and summarization of results.

3.2 Research hypotheses and measured variables

In this study, the main goal was to measure usability in terms of efficiency of work in both dark and light mode on non-leisure related websites. The key variable determining efficiency was speed of performing typical tasks (correctly!). In addition to that, we were interested in whether the efficiency of dark and light GUI modes would be dependent on user characteristics. User age, web browsing experience, color mode preference, and device type used were chosen as variables that could influence efficiency. Based on these decisions, five core hypotheses were formulated and their generalized

expressions are given below. Note that in all cases the goal is to look for dependencies. However, in this paper we focus on the preliminary findings. Therefore, presented hypotheses are simplified versions of statistical dependency hypotheses. Consequently, statistical findings given below were limited to basic data necessary to make preliminary observations.

H1. Color mode (M1, M2) affects the speed of working with the system (W^*).

H2. Color mode's (M1, M2) influence on the speed of working with the system (W^*) depends on the age of the user (A).

H3. Color mode's (M1, M2) influence on the speed of working with the system (W^*) depends on the user's browsing experience (E).

H4. Color mode's (M1, M2) influence on the speed of working with the system (W^*) depends on the type of device used (D).

H5. Color mode's (M1, M2) influence on the speed of working with the system (W^*) depends on the user's color mode preference (P).

Here, task performance speed (W^*) refers to the time it takes for a user to complete a task within a system or interface. Two typical tasks were chosen for this study: finding an object in a list given on screen W1 (e.g., finding a product in an e-store catalogue), and filling in a complex form W2 (e.g., registering on the system or submitting order data).

In addition to the above, we wanted to compare user preferences to their opinion on whether they thought websites should have dark mode available or not. Finally, any thoughts participants had on this topic were also to be collected.

4. Structure of the study

The study was defined as a mixed anonymous survey, following the steps outlined in Section 3.1. The survey questions and possible answers are presented in Figure 1. To simulate realistic work with web information systems, clothes e-shopping scenario was chosen as an experimental domain. A full product purchase process was to be simulated. However, key measured efficiency criteria concerned measuring the speed of performing two tasks as defined in Section 3.2:

- W1 – discoverability of information; finding the white V-neck t-shirt in the catalogue of products (see Figure 2 for pages created for this task);
- W2 – form filling efficiency; filling in the order requisites with the given data (see Figure 3).

In order not to give away the objectives of the study, questions 4, 5, and 6 were to be presented after the tasks have been carried out by the participant. Control questions on participant's age and web browsing experience were posed before the tasks. Each participant was to carry out the experimental tasks only once, on either all-dark, or all-light version of the experimental site.

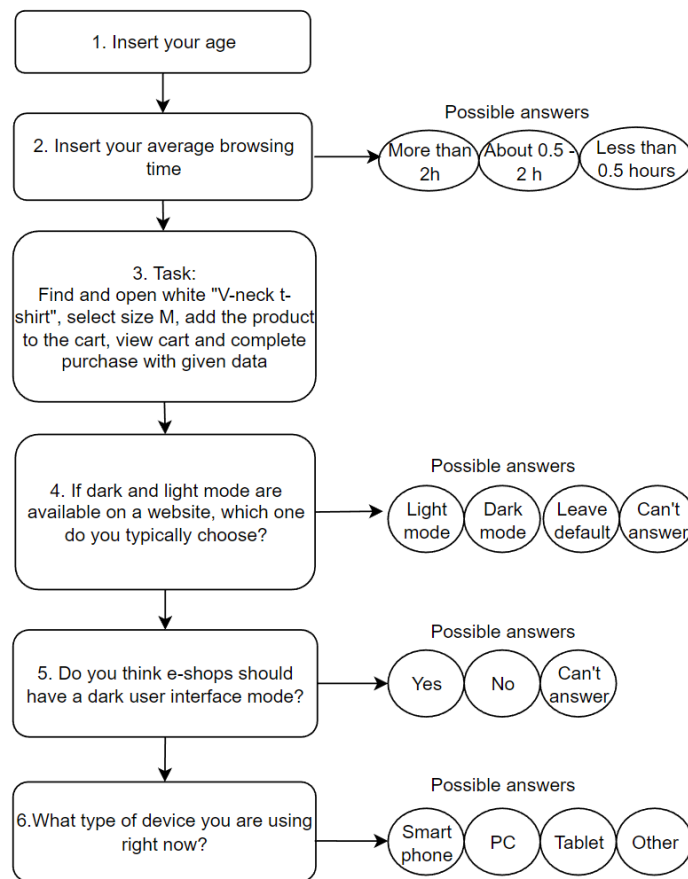


Figure 1. Structure of the experimental survey

As a platform for the experiment, a website testing tool provided by E-bros company was chosen. To accommodate the needs of this study, the tool was extended with a new configurable usability study module. The module's primary objective was to gather data on participant performance and behavior during a given task by recording timestamps for each stage of the task.

The entire survey, including experimental pages, was implemented in both Lithuanian and in English with participants free to switch to the language of their choice. To ensure unbiased results, the system presented both GUI designs (dark and light mode) to a similar number of participants. Black-white and white-black background and foreground colors were used for dark and light versions of the experimental site. Multiple participations from the same IP address were not allowed.

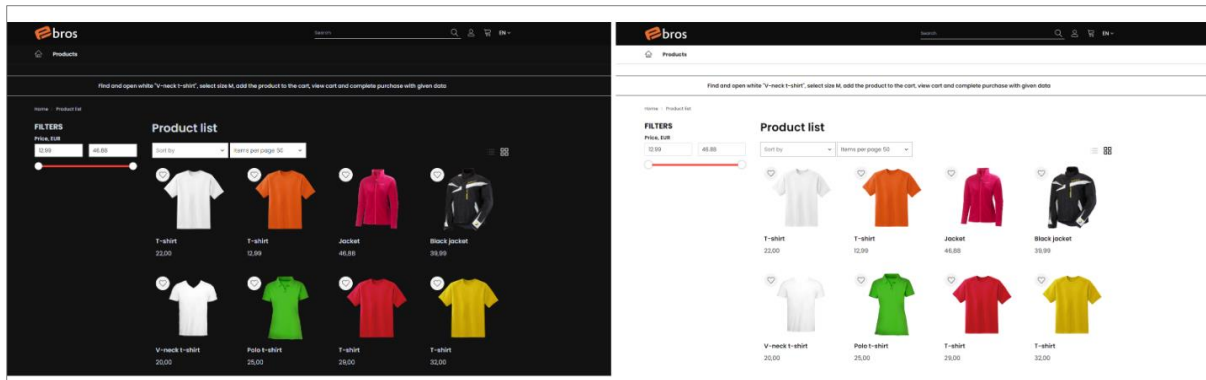


Figure 2. Dark and light mode versions of the page used for task W1

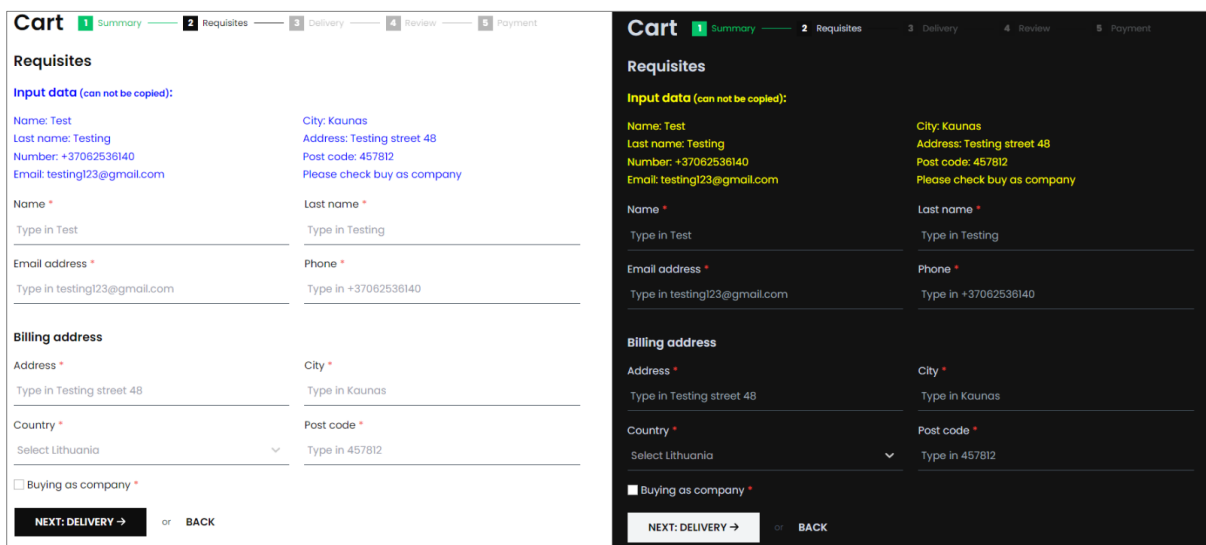


Figure 3. Light and dark mode versions of forms used for task W2

Note that the system recorded all time stamps of each participant, but for the purpose of this paper we only consider times it took users to carry out tasks W1 and W2.

5. Preliminary results and discussion

Study invitation was disseminated on Reddit (several UI/UX related groups), Facebook (several survey related groups), also on the personal ResearchGate account of one of the authors as well as among a second- and third-year students at Kaunas University of Technology enrolled in a GUI related course. Invitation did not include any hints on what exactly the object of the study was.

At the time of writing this paper, the data from more than 70 participants has been recorded, but incomplete and unreliable results were excluded from the analysis. As a result, a total of 62 responses were included in the calculations presented below. 53% of the participants received the dark mode variant while 47% received the light mode.

As depicted in Figure 4, out of the 63 participants, 55% used smartphones while the remaining 45% used computers during the experiment. Overall, there were 15 participants who were presented with a light mode version of experimental site on smartphones, 18 who got light mode on computers, 10 – dark mode on smartphones, and 19 – dark mode on computers. In terms of age, almost 68% of the participants were under 32 years old (see Figure 5).

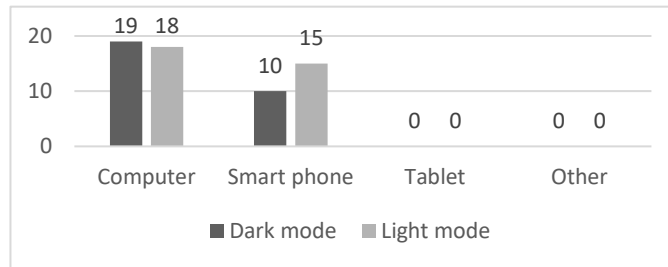


Figure 4. Distribution of participants by device used and experiment's GUI mode

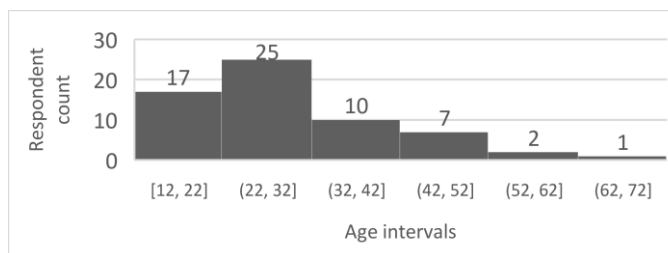


Figure 5. Distribution of participants (absolute numbers) by age

Similarly, majority of participants reported high web browsing experience (63% browsed for more than 2 h/day), and only one participant had relatively little experience (less than 0.5 h/day) (see Figure 6). Finally, participants were also asked to indicate which graphical interface mode they preferred the most. Most indicated they were fine with whatever was the default mode of the system they were using, and 29% expressed preference towards the dark mode.

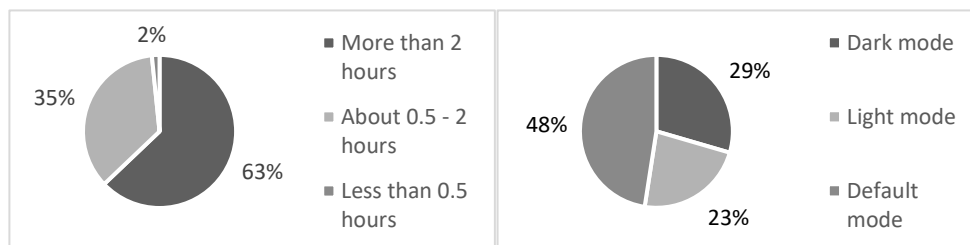


Figure 6. Distribution of participants by web browsing time (experience, left) and color mode preference (right)

Summary of preliminary results in terms of tasks W1 and W2 performance speeds is given in **Table 1** (average time taken in seconds and average standard deviation (SD)). The table does not include results based on participant age as they were analyzed in more detail. Below, all of these results are overviewed from the perspective of hypotheses H1-5.

Hypothesis H1. The average product opening time when using the light mode was 2.25 s (8.2 %) faster than in the dark mode, and the average form filling time was 4.59 s (4 %) faster (Figure 7). These results provide weak support to the hypothesis H1 as tasks were completed faster in light mode.

Table 1 Summarized preliminary results (average times taken, standard deviations)

	Product opening time (W1)				Form filling time (W2)			
	Dark mode		Light mode		Dark mode		Light mode	
	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD	avg. t (s)	SD
Overall	31	21.68	28.45	21.68	114.59	62.64	110	52
Experience								
Less than 0.5 hours	24	-	-	-	84	-	-	-
About 0.5 - 2 hours	34.33	19.66	29.46	23.03	135.78	90.09	105.54	51.38
More than 2 hours	29.79	24.96	27.80	21.76	106.16	51.74	112.90	58.22
Device								
Computer	35.84	27.33	23.72	11.60	98.84	34.80	101.44	70.30
Smart phone	21.80	10.47	34.13	29.53	144.50	91.81	120.27	36.55
Tablet	-	-	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-	-	-
Preference								
Dark mode	27.80	21.51	19.38	4.93	129.60	88.67	118.63	96.21
Light mode	36.50	18.00	37.75	41.13	112.30	50.26	136.50	57.20
Default mode	28.44	46.53	30.95	21.14	100.44	42.83	103.75	33.48
Can't answer	-	-	-	-	-	-	-	-

Hypothesis H2. There was no significant impact of age on product opening time in either of the two modes, as indicated by a Pearson correlation coefficient of -0.096 in dark mode (Figure 8) and -0.17 in light mode (Figure 9). The Pearson correlation coefficient is a measure of the linear relationship between two variables, ranging from -1 (perfect negative correlation) to 1 (perfect positive correlation), with 0 indicating no correlation. In this case, the coefficients indicate a weak negative correlation between age and product opening time in dark and light modes, suggesting that there is no meaningful dependency between these variables. Speaking of form filling task W2, no correlation between time taken and age was observed in the light mode condition (correlation 0.0306, Figure 11). However, in the dark mode condition correlation was 0.508 (Figure 10), indicating moderately strong positive correlation between age and form filling time in the given context. In other words, as age increased, the time taken to fill out the form also tended to increase. These findings support rejecting hypothesis H2 in all but form filling in the dark mode scenario. More research is required to test this seemingly negative effect dark mode had on older users further.

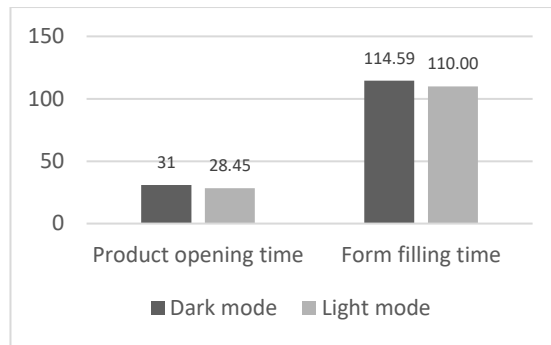


Figure 7. Average tasks (W1 and W2) completion time depending on the GUI mode

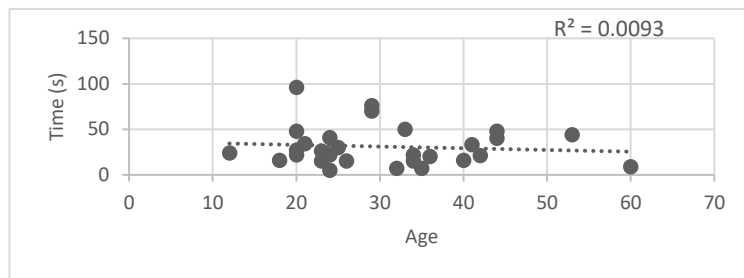


Figure 8. Age and product opening time in dark mode scatter graph

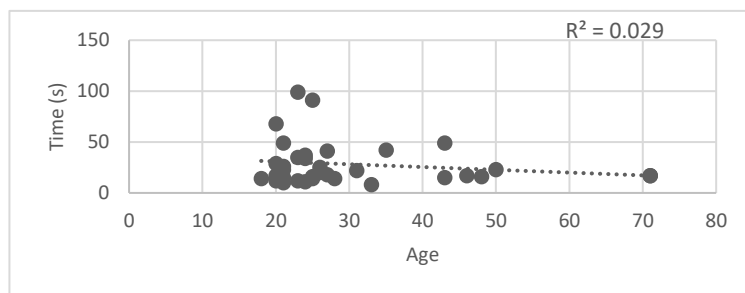


Figure 9. Age and product opening time in light mode scatter graph

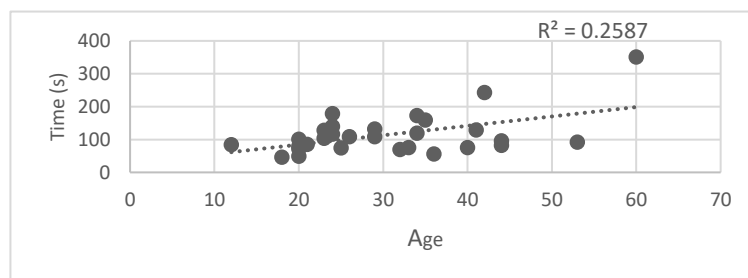


Figure 10. Age and form filling time in dark mode

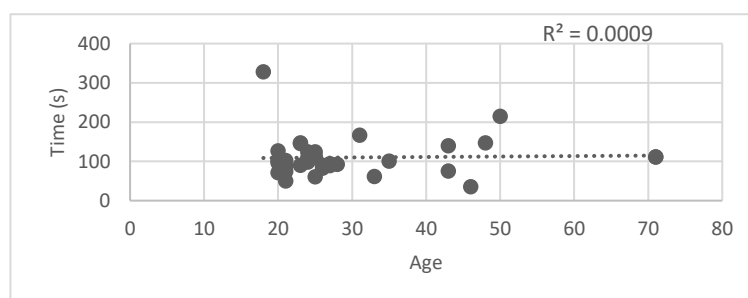


Figure 11. Age and form filling time in light mode

Hypothesis H3. Preliminary results expressed in average time taken indicate that product was found and opened faster by more experienced participants (Figure 12), the product detection and opening time was faster among more experienced participants in both GUI conditions. In dark mode, the difference in product opening times between experienced and non-experienced participants was 4.54 s indicating that those who spent more time browsing could spot and open the product 13.2% faster. In light mode, the difference was 1.66 s (5.63%). Less experienced participants also took 21.81% longer on average to fill out the form in the dark mode condition. However, in the light mode group, less experienced users actually took slightly less time than more experienced ones. These results confirm the hypothesis H3 indicating that user browsing experience (E) affects the speed of working with the system in both tested color modes, but further research to understand the specific influence the experience has in different scenarios is needed.

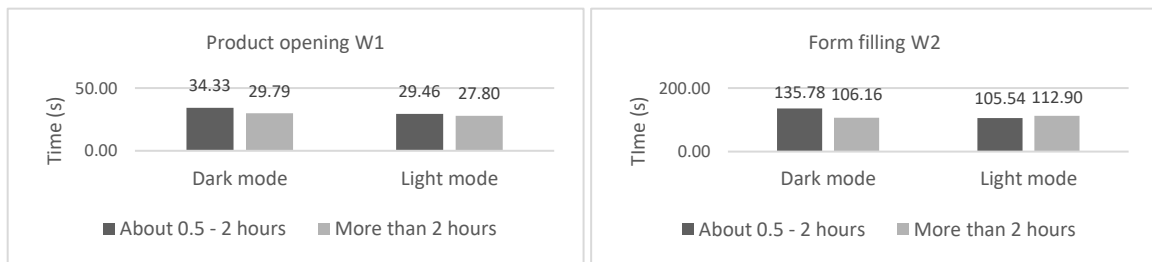


Figure 12. Average time taken depending on experience in dark and light modes

Hypothesis H4. The average product opening time clearly differed between different devices, as shown in Figure 13. On smartphones, in dark mode, the product's opening time was 1.56 times faster than in light mode, with an average time of 21.8 s compared to 34.13 s in light mode. However, for computer users, product spotting and opening task took significantly less time on average to complete than in light mode. Form filling in dark mode was slightly faster on average than in light mode on computers, while on smartphones the form filling average time in dark mode was 20.1% longer. These findings support hypothesis H4 and it can be preliminarily confirmed that the effect color mode has on work efficiency depends on the type of device used.

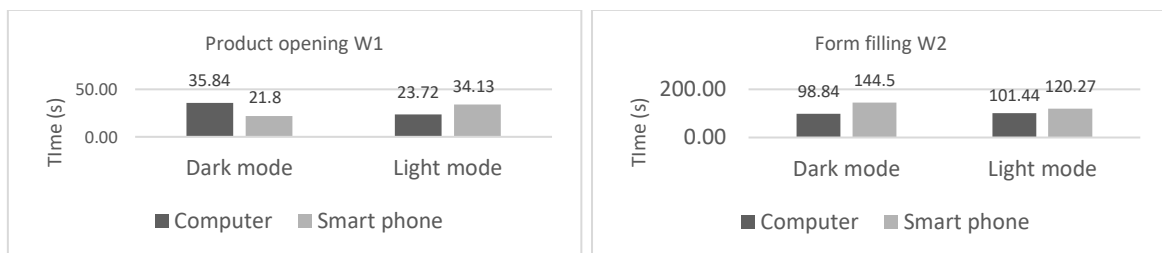


Figure 13. Average time taken depending on device in dark and light modes

Hypothesis H5. Preliminary results given in Figure 14 confirm this hypothesis and show that the preferred mode has an impact on which color mode will be most efficient. Participants who prefer dark mode spotted and opened the product faster in this mode than respondents who prefer light or default mode. However, the form filling task was completed faster by participants who preferred the default mode in both conditions. Interestingly, participants who prefer dark mode took the longest on average to complete the form filling task in this mode and longer than when working in light mode. Same effect was observed with those favoring light mode: they took the longest to complete task W2 in this mode and were more efficient in the dark mode condition.

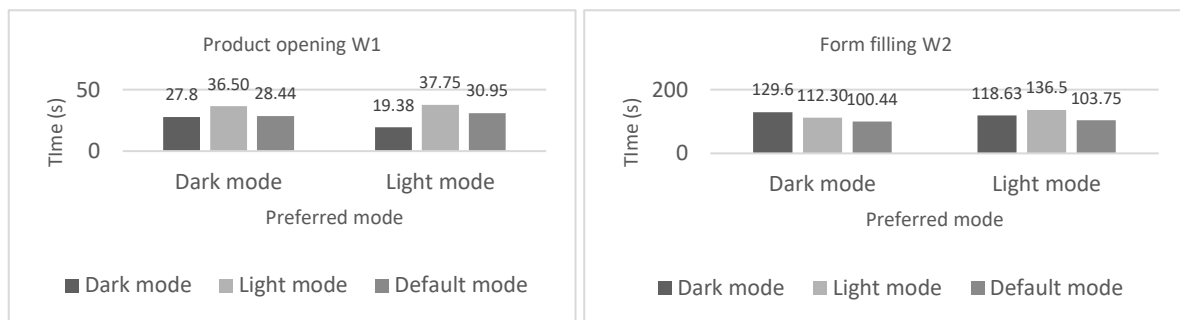


Figure 14. Average time taken depending on preferred mode in dark and light modes

Speaking of the limitations that could have compromised the results, it is important to point out the uneven distribution by age among the participants. The study was also performed in a non-laboratory environment, so there could have been unknown factors influencing efficiency. Also, the study focused on testing website usage, so there is no certainty these findings would apply to desktop applications.

Conclusions

Although preliminary results of the study indicated no significant or meaningful difference in overall task completion time between dark and light mode, when other variables were considered, certain trends and dependencies emerged. All five formulated hypotheses were confirmed (to a varying degree), indicating that the software GUI color mode(s) should be selected based on the typical user age, browsing experience, device type, and color mode preference.

Further, studies should be conducted to verify these preliminary results and investigate other factors that may affect the speed of working with the system. For example, studies could explore the impact of color contrast, font size, and screen resolution on different user groups. Task-specific investigations should also be carried out to explore other scenarios, such as data entry, navigation, and content consumption. Sample size should also be extended. This could help to identify more specific patterns and dependencies between user characteristics and preferable GUI color modes. In addition, future research could explore additional factors that could affect the speed of working with the system, such as cognitive load, motivation, and emotional state.

Overall, the study highlights the importance of considering the user's individual characteristics and preferences when designing UI modes to optimize their work speed and efficiency with the system. The findings of this research have practical implications for designers and developers of digital software systems. By considering the user's characteristics and device usage when choosing most suitable GUI color mode(s), they can improve user experience and work efficiency.

Acknowledgements

We would like to acknowledge E-bros company for allowing us to implement additional functionality in their in-house testing system. Their support and cooperation have been crucial in making this study possible.

References

- [1] Jakob Nielsen. “Usability 101: Introduction to Usability”. January 3, 2012. Link: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- [2] Raluca Budiu. “Dark Mode vs. Light Mode: Which Is Better?”. February 2, 2020. Link: <https://www.nngroup.com/articles/dark-mode/>
- [3] Richard H. Hall, Patrick Hanna. “The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioral intention”. *Behaviour & Information technology* May–June 2004, Vol. 23, No. 3, 183–195
- [4] Luka Koning, Marianne Junger. “Dark user interface, dark behavior? The effect of ‘dark mode’ on honesty.” *Computers in Human Behavior Reports* Vol 4, August–December 2021, 100107
- [5] Sara Nazeriha, Adam Jonsson. “Does “Dark Mode” affect users’ trust towards E-commerce websites?”. TRITA-EECS-EX-2020:222
- [6] Diana Löffler, Lennart Giron, and Jörn Hurtienne. “Night Mode, Dark Thoughts: Background Color Influences the Perceived Sentiment of Chat Messages”. *IFIP International Federation for Information Processing R. Bernhaupt et al. (Eds.): Interact 2017, Part II, LNCS 10514*, pp. 184–201, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-67684-5_12
- [7] Anna Nyqvist, Joar Rutqvist. “The Impact of Colour Themes on Code Readability”. 2019 TRITA-EECS-EX-2019:321
- [8] Lasse Apalnes Pedersen, Svavar Skuli Einarsson, Fredrik Arne Rikheim & Frode Eika Sandnes. “User Interfaces in Dark Mode During Daytime – Improved Productivity or Just Cool-Looking?”. July 10, 2020. LNISA, Vol. 12188
- [9] Antona, M., Stephanidis, C. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design Approaches and Supporting Technologies. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12188.