

Interakcija korisnika u 3D virtualnom svijetu za natjecanje Dabar

Rogulj, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:359188>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**Interakcija korisnika u 3D virtualnom svijetu
za natjecanje Dabar**

Ivana Rogulj

Split, studeni 2022.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**Interakcija korisnika u 3D virtualnom svijetu
za natjecanje Dabar**

Ivana Rogulj

Mentor: Doc dr. sc. Jelena Nakić

Split, studeni 2022.

Temeljna dokumentacijska kartica

Diplomski rad

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Odjel za informatiku
Ul. Ruđera Boškovića 33, 21000, Split, Hrvatska

INTERAKCIJA KORISNIKA U 3D VIRTUALNOM SVIJETU ZA NATJECANJE DABAR

Ivana Rogulj

SAŽETAK

Zbog brzog razvoja tehnologije, sve više pažnje u obrazovanju je posvećeno informatičkom obrazovanju koji najveći naglasak ima na vještinama i znanjima u programiranju. Učenike se sve više poučava računalnom razmišljanju koje je preduvjet za uspješno savladavanje osnovnih koncepata programiranja i rješavanja problema. Nove tehnologije, kao što je 3D virtualni svijet, omogućavaju nove načine poučavanja programiranja i računalnog razmišljanja. U ovom radu, izrađen je virtualni svijet na CoSpaces Edu edukacijskoj platformi unutar koje su implementirani zadaci s informatičkog natjecanja Dabar, koji potiču razvoj računalnog razmišljanja. Zadaci su implementirani iz 2D oblika u 3D. Kao glavni dio rada, provodi se istraživanje o dva različita načina interakcije unutar izrađenog virtualnog svijeta, dodirnom i mišem te se interpretiraju dobiveni rezultati.

Ključne riječi: virtualni svijet, računalno razmišljanje, CoSpaces Edu, Dabar, interakcija

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovnog-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

Rad sadrži: 53 stranice, 58 grafičkih prikaza, 3 tablice, 12 literaturnih navoda i 6 stranica priloga. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Mentor: **Dr.sc. Jelena Nakić**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Ocjenjivači: **Dr.sc. Jelena Nakić**, docent Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Dr.sc. Andrina Granić, redoviti profesor Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Dr. sc. Ani Grubišić, izvanredni profesor Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad prihvaćen: Studeni, 2022

Basic documentation card

Thesis

University of Split
Faculty of Science
Odjel za informatiku
Ul. Ruđera Boškovića 33, 21000, Split, Hrvatska

USER INTERACTION IN A 3D VIRTUAL WORLD FOR BEBRAS CHALLENGE

Ivana Rogulj

ABSTRACT

Due to the rapid development of technology, more and more attention in education is devoted to education in informatics, which has the greatest emphasis on skills and knowledge in programming. Students are increasingly taught computational thinking, which is a precondition for successfully mastering the basic concepts of programming and problem solving. New technologies, such as the 3D virtual world, enable new ways of teaching programming and computational thinking. In this thesis, a virtual world was created on the CoSpaces Edu educational platform, within which problems from the Bebras, informatics competition was implemented, which encourage the development of computational thinking. Problems are implemented from 2D form to 3D. As the main part of the thesis, research is conducted on two different ways of interacting within the created virtual world, touch and mouse and the obtained results are interpreted.

Key words: virtual world, computational thinking, CoSpaces Edu, Bebras, interaction

Thesis deposited in library of Faculty of Science, University of Split.

Thesis consists of: 53 pages, 58 figures, 3 tables, 12 references and 6 pages of appendices.
Original language: Croatian.

Supervisor: Jelena Nakić, Ph.D. Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split
Reviewers: Jelena Nakić, Ph.D. Assistant Professor of Faculty of Science, University of Split
Andrina Granić, Ph.D. Full Professor of Faculty of Science, University of Split
Ani Grubišić, Ph.D. Associate Professor of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: November, 2022

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Područje istraživanja.....	2
2.1. Računalno razmišljanje.....	2
2.2. Virtualni svjetovi	4
3. Računalno razmišljanje u virtualnom svijetu	5
3.1. CoSpaces Edu	5
3.2. Dabar @ucitelji.hr	7
3.3. Implementacija zadataka	8
3.3.1. Rakunov skok	8
3.3.2. Igra s kockama.....	10
3.3.3. Sudoku stabla.....	12
3.3.4. Na izletu.....	14
4. Usporedba interakcije na računalu i mobitelu	16
4.1. Predmet i cilj istraživanja	16
4.2. Instrumenti.....	16
4.3. Sudionici.....	22
4.4. Postupak	22
4.5. Odabir metode	23
4.6. Obrada podataka.....	24
4.6.1. Opis metode.....	24
4.6.2. Rezultati istraživanja	26
4.6.3. Rezultati testiranja upotrebljivosti.....	51
4.6.4. Kvalitativna analiza	52
5. Zaključak	53
Literatura	54

Prilozi	55
---------------	----

1. Uvod

U današnjem svijetu se sve više koriste nove tehnologije koje pomažu u učenju programiranja. Jedna od novih tehnologija je i virtualni svijet. Virtualni svijet pomaže pri poučavanju programiranja jer se učenici mogu na zanimljiv način upoznati s osnovama programiranja.

Ujedno, jedan od važnih koncepata u programiranju je i znati kako razmišljati, odnosno posjedovati računalno razmišljanje da bi uopće bili spremni rješavati probleme.

U ovom radu se povezuje virtualni svijet i računalno razmišljanje u praktičnom dijelu gdje se unutar CoSpaces Edu, edukacijske 3D platforme koja omogućuje kreaciju virtualnih svjetova, izrađeni zadaci sa Dabra, informatičkog natjecanja koji je zapravo dio međunarodne inicijative Bebras koje potiče računalno razmišljanje. Odnosno, provodi se implementacija 2D zadataka u 3D.

Nakon izrade virtualnog svijeta, provodi se istraživanje kojem je glavni cilj usporediti dva različita načina interakcije, dodirrom i mišem, unutar izrađene aplikacije te su izneseni rezultati istraživanja.

2. Područje istraživanja

2.1. Računalno razmišljanje

Zbog raširene primjene računala, ljudi sve više pažnje posvećuju informatičkom obrazovanju, a vještine i znanja vezana uz programiranje privukla su pažnju i postala neizostavan dio obrazovanja. Većina učitelja podučava jednostrano, pa čak i kad podučava programiranje. Sat programiranja obično se izvodi predavanjima i demonstracijama fiksnih i statičnih programskih kodova (Ma, Ferguson, Roper, & Wood, 2011 i Rubin, 2013 prema Lin & Chen, 2020).

Programiranje se smatra vještinom koja pobuđuje i inspirira potencijal učenika. Učenje programiranja složen je proces koji od učenika zahtijeva učenje sintakse i određenih pravila. Struktura programskog jezika ne stvara probleme učenicima, prava prepreka je kako primijeniti naučeno i predstaviti ih u potpunom i ispravnom programskom kodu za rješavanje problema (Cauley, 1986 i Soloway, 1986 prema Lin & Chen, 2020).

Kako bi učenici bili sposobni rješavati probleme prvo trebaju svladati sposobnost računalnog razmišljanja. U prošlosti su mnogi znanstvenici i stručnjaci u srodnim područjima primjenjivali širok raspon računalnog razmišljanja.

Prema Lin & Chen (2020) postoji nekoliko definicija računalnog razmišljanja: Naprimjer, Cuny et al. (2010) predložili su da je računalno razmišljanje proces razmišljanja koji uključuje računanje i rješavanje problema, te može predstaviti učinkovita rješenja putem informacija; Aho (2012) je pojednostavio definiciju računalnog razmišljanja u metodu za rješavanje problema putem računalnih koraka i algoritama; Sys^o & Kwiatkowska (2013) naglasili su da je računalno razmišljanje niz vještina razmišljanja, a ne samo rezultat računalne kompilacije; García-Peñalvo (2018) je predložio da je računalno razmišljanje apstraktni i računalni pristup visoke razine rješavanju problema.

Jednostavno rečeno, računalno razmišljanje je način razmišljanja i prakticiranja računarstva, kao i način da se pozitivno rješavaju problemi; međutim, nije obvezno koristiti tehnologiju za rješavanje problema, umjesto toga, ona vodi učenike da rješavaju probleme s konceptom tehnologije (García-Peñalvo & Mendes, 2018 prema Lin & Chen, 2020).

Tema računalnog razmišljanja razmatra se u području istraživanja i u primjeni obrazovanja (Mannila et al., 2014 prema Lin & Chen, 2020). Mnogi stručnjaci u području obrazovanja ističu da je računalno razmišljanje važna vještina u području obrazovanja i tehnologije u 21. stoljeću (Voogt et al, 2015 prema Lin & Chen, 2020).

Iako može rješavati probleme radom računala ili programiranjem, računalno razmišljanje osnovna je vještina za svakoga, a ne samo za informacijske ili informatičke znanstvenike ili studente računalnih znanosti. Računalno razmišljanje znači integraciju računalnih tehnika i metoda u discipline za rješavanje problema (Qualls & Sherrell, 2010 i Yeh, Xie i Ke, 2011 prema Lai et al., 2019).

Prema Lai et al. (2019) Barr & Stephenson (2011) dalje klasificiraju dimenzije sposobnosti računalnog razmišljanja, uvodeći ih u druge kolegije poput matematike, znanosti, društvenih studija i jezičnih umjetnosti za razvijanje sposobnosti računalnog razmišljanja i za ispitivanje odgovarajućih ponašanja i ciljeva učenja.

Román-González, Pérez-González & Jiménez-Fernández (2017) primijenili su nekoliko aktivnosti temeljenih na programiranju kako bi podržali sposobnost učenika da čitaju, koriste programske jezike i izvode računalno razmišljanje. Tsai, Shen, Tsai & Chen (2017) kombinirali su sveprisutno učenje s računalnim razmišljanjem kako bi poboljšali sposobnost učenika da koriste računala za rad, a ne samo za obuku (prema Lai et al. 2019). Nakon razvijanja vještina računalnog razmišljanja, utvrđeno je da studenti identificiraju ključne točke problema, rješavaju probleme pomoću procedura i podižu svoj interes za učenje programiranja (Hambruch, Hoffmann, Korb, Haugan & Hosking, 2009 prema Lai et al., 2019).

Kada se problemi raščlane, interes i učinkovitost u učenju istraživačkih tema od strane učenika mogu se održati, jer kroz mala detaljna pitanja učenici mogu identificirati ključne probleme, riješiti probleme i steći osjećaj postignuća (Qualls & Sherrell, 2010 prema Lai et al., 2019). Prema Lai et al. (2019) Aoki, Kim i Lee (2013) otkrili su da računalno razmišljanje može učinkovito natjerati studente koji ne studiraju programiranje da bolje razumiju kako program radi i da se zatim zainteresiraju za programiranje.

Međutim, ne uče svi učenici na isti način. Meier (2000) smatra da se učenici razlikuju prema načinu učenja. Postoje vizualni, audio, linearni i iskustveni učenici. Načini učenja koje učenici slijede bi trebale uključivati mješavine različitih načina učenja tako da učenici mogu imati koristi od svojeg željenog načina učenja (Meier, 2000 prema Moscato & Altschuller,

2012). Programiranje te računalno razmišljanje se mogu na razne načine uključiti u obrazovanje, kao što je naprimjer virtualni svijet koji spaja više različitih karakteristika.

2.2. Virtualni svjetovi

Virtualni svijet se nastoji definirati duž mnogih njegovih različitih karakteristika kao što su: prisutnost, postojanost i reprezentacija (Warburtonu, 2009 prema Moscato & Altschuller, 2012), a zapravo je virtualni svijet simulacija stvarnog svijeta. Stoga nije iznenađenje da su sudionici visokog obrazovanja pronašli brojne načine kako uključiti virtualne svjetove u svoje programe učenja (Educational Uses of Second Life, 2007 i Middleton & Mather, 2008 prema Moscato & Altschuller, 2012).

Virtualno okruženje u kojem korisnici virtualnog svijeta komuniciraju je impresivno. Kada se korisnici nalaze u virtualnoj okolini, oni se priključuju sa svojim avatarima čime interakcija uključuje i vizualne i iskustvene aspekte, privlačne različitim stilovima učenja (Middleton & Mather, 2008 prema Moscato & Altschuller, 2012).

Svaki avatar u virtualnom svijetu jest „utjelovljen” ugrađenim skriptama koje kontroliraju sve pokrete avatara od najjednostavnijeg do najkompleksnijeg (Moscato & Altschuller, 2012).

Ovi pokreti se izvode putem skriptnih jezika jedinstvene za virtualni svijet određene aplikacije. Korištenjem platforme virtualnog svijeta umjesto tradicionalne vježbe na kraju poglavlja, učenik se upoznaje s bogatijim aplikacijskim okruženjem.

Ne postoji ograničenje u tome što učenik može učiniti putem animacije u virtualnom svijetu simulacija. To je savršeno okruženje za primjenu te učenje jer se animacija može raditi na bilo kojem objektu - ljudi, životinje, automobili i zrakoplovi - doslovno sve što je „objekt“ može biti animirano (Moscato & Altschuller, 2012).

3. Računalno razmišljanje u virtualnom svijetu

Ovo poglavlje sadrži sve informacije o izradi projekta i implementaciji zadataka iz 2D u 3D.

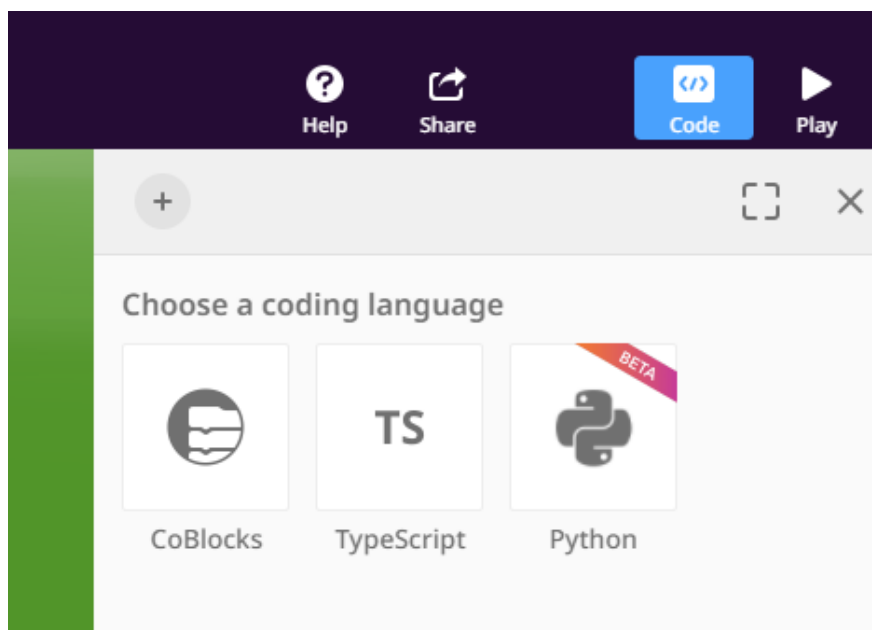
3.1. CoSpaces Edu

CoSpaces Edu je edukacijska 3D platforma namijenjena prvenstveno djeci kako bi mogli demonstrirati svoja znanja na nove načine gradeći jednostavne ili kompleksne virtualne svjetove (CoSpaces Edu, 2012). Kreiran je od tvrtke Delightex koja radi na pružanju inovativnih tehnologija koje doprinose transformiranju edukacije. Platformi se može pristupiti preko web aplikacije ili instaliranjem aplikacije na mobilni uređaj što je čini praktičnom za korištenje u školama jer dopušta besplatno eksperimentiranje sa 3D modeliranjem, interaktivnim pričama, programskim blok kodiranjem i VR kreiranjima.

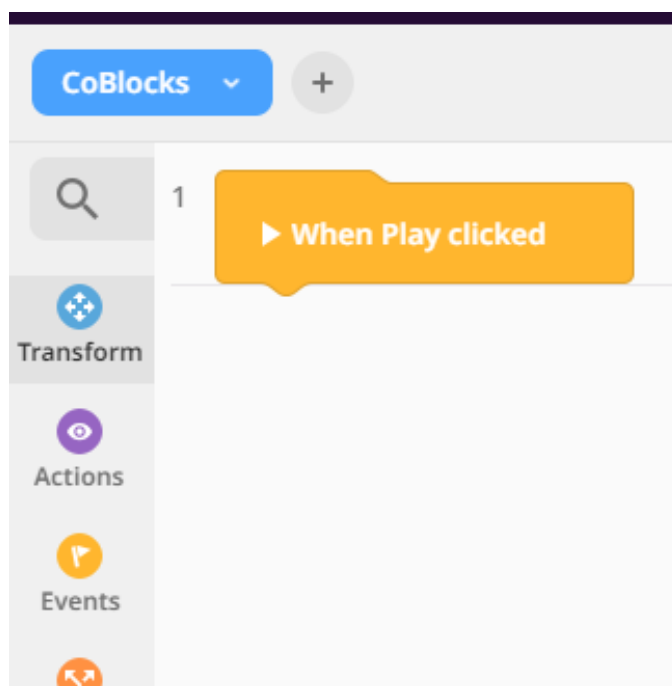
Unutar platforme korisnici mogu kreirati:

1. Virtualnu stvarnost. Moguće je kreirati virtualnu stvarnost na način da korisnik koristi slušalice i ponekad ima kontrolore za interakciju s virtualnim okruženjem. Unutar virtualne stvarnosti se mogu kreirati 3D objekti te 360° fotografija/video odnosno sadržaj koji daje sferni pogled na okoliš.
2. Proširenu stvarnost. Digitalno kreirani sadržaj koji prekriva stvarni svijet. Korisnik obično koristi uređaj s kamerom ili uređaj koji proizvodi holografske slike za gledanje odnosno interakciju s digitalnim sadržajem.
3. Mješovitu stvarnost. Kombinacija virtualne i proširene stvarnosti.
4. Interaktivne 3D sadržaje koristeći vizualno programirani jezik. Takav jezik dopušta korisnicima da kreiraju programe grafički radije nego tekstualno. Ovakva vrsta jezika ublažava probleme povezane sa sintaksom i semantikom programiranja.
5. Simulacije.

Programi u CoSpaces-u se kreiraju programskim jezikom TypeScript ili Python te vizualno programskim jezikom CoBlocks. Odabir tih triju jezika se nalazi na Slici 3.1. CoBlocks funkcioniра na način da se jednostavno dovuče i pusti CoBlocks (programski blok) u praznu radnu plohu koju vidimo na Slici 3.2.



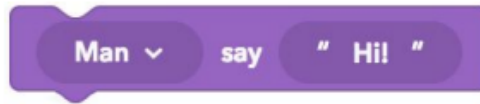
Slika 3.1. Odabir programskog jezika u CoSpaces Edu



Slika 3.2 CoBlocks radna ploha

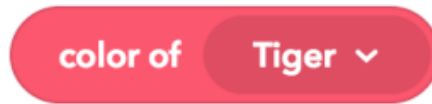
CoBlock predstavlja isječak koda ili izjavu koja kaže CoSpace Edu da napravi određenu radnju u sceni. Postoje dvije glavne vrste CoBlocks: Izraz i iskaz.

Izraz CoBlock predstavlja specifičnu radnju. Npr. korisnik može učiniti da objekt priča. (Slika 3.3)



Slika 3.3 Primjer izraza CoBlock

Iskaz sadrži vrijednost. Npr. Slika 3.4 predstavlja iskaz koji sadrži vrijednost boje.



Slika 3.4 Primjer iskaza CoBlok

3.2. Dabar @ucitelji.hr

Republika Hrvatska je od 2016. godine uključena u međunarodnu inicijativu Bebras, u Hrvatskoj pod nazivom Dabar, koja promiče informatiku i računalno razmišljanje među učiteljima i učenicima (ucitelji.hr, 2008).

Bebras je osmišljen kako bi se svojoj djeci omogućilo jednostavno sudjelovanje kroz online natjecanje, koje se sastoji od niza izazovnih zadataka osmišljenih od strane stručnjaka iz pedesetak zemalja (ucitelji.hr, 2008). Osnovan u Litvi 2004. U početku se proširio diljem Europe, ali sada ima članove diljem svijeta (Nakić, Teskera, Boban, & Čavar, 2022).

U studenom 2021. Bebras natjecanja organizirana su u 37 zemalja i imao je više od 3 milijuna sudionika. Osim organizacije natjecanja, članovi Bebras-a pružaju školama obrazovne materijale vezane uz natjecanje, uključeni su u obuku nastavnika i promoviraju informatičko obrazovanje općenito. Osim toga, Bebrasova natjecanja su predmet edukacijskih istraživanja te njihove aktivnosti podupiru vlade, sveučilišta, istraživački instituti ili računalna društava (Nakić et al., 2022).

Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu, od dolaska Dabra u Hrvatsku, podržava ovu inicijativu i sudjeluje u realizaciji natjecanja za učenike s područja grada Splita i šire okolice, kroz školu programiranja Code Club PMF (Nakić et al., 2022).

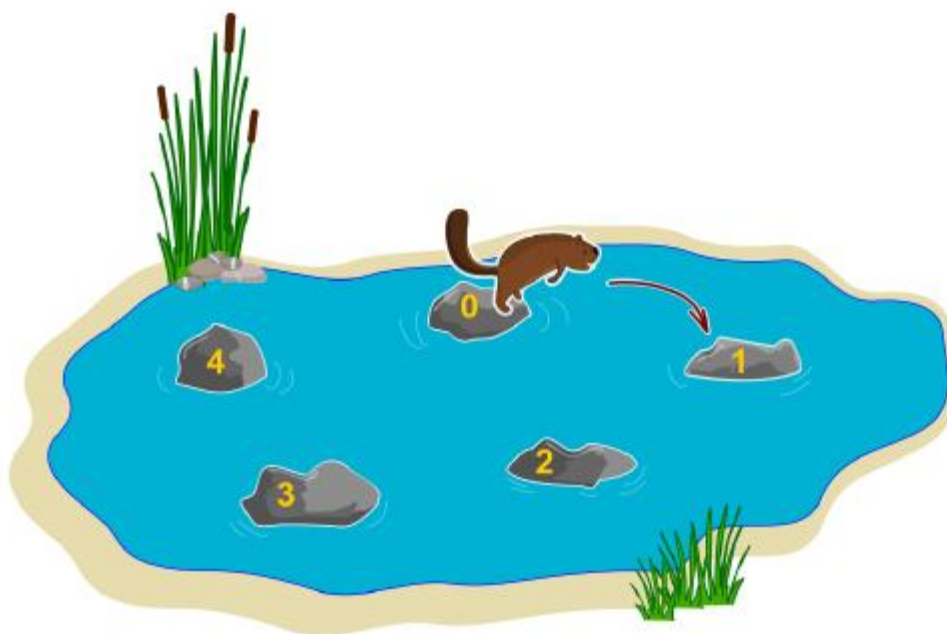
Izazov Dabar @ucitelji.hr se izvrsno nadovezuje na kurikularnu reformu kojom se potiče razvoj računalnog razmišljanja od prvog razreda osnovne škole kroz rješavanje primjerenih problemskih i logičkih zadataka, stvaranje strategija za analiziranje i rješavanje problema te programiranje čime se postupno uvodi učenike u svijet digitalne tehnologije (ucitelji.hr, 2008).

3.3. Implementacija zadatka

Praktični dio rada je implementacija četiri zadatka sa natjecanja Dabar iz 2D u 3D unutar 3D platforme CoSpaces Edu koristeći vizualno programski jezik CoBlocks.

3.3.1. Rakunov skok

Rakunov skok je implementacija zadatka Dabrov skok sa natjecanja Dabar (Slika 3.5).



Slika 3.5 Zadatak Dabrov skok (Dabar, 2018)

U implementaciji zadatka u 3D dolazi do promjene glavnog lika dabra jer Cospaces Edu aplikacija ne sadrži dabra u 3D obliku pa je u zamjenu za njega uzet rakun pa je time i tekst zadatka u nastavku prilagođen rakunu, a ne dabru.

Nekoliko je rakuna sudjelovalo u tradicionalnom godišnjem izazovu za rakune. Njihov prvi zadatak bio je skakati s kamena na kamen u smjeru kazaljke na satu, kako pokazuje strelica na slici lijevo, počevši od kamena označenog brojkom 0.

Dakle, ako bi rakun skočio 8 puta, završio bi na kamenu broj 3:

$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$.

Pitanje za koje korisnik treba pronaći rješenje glasi: Jedan se od rakuna se iskazao i skočio iznimnih 129 puta. Na kojem je kamenu završio?

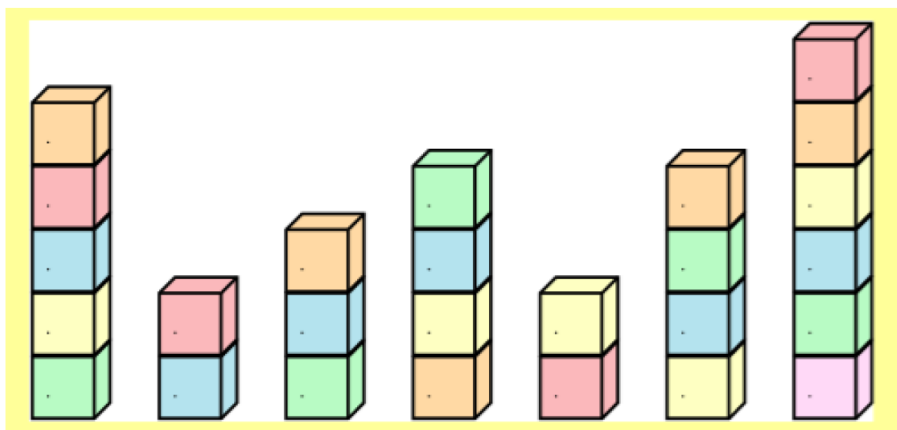
Na Slici 3.6 se nalazi implementiran zadatak u 3D verziji. Korisnik pri rješavanju može pomicati rakuna s kamena na kamen tako što će kliknuti na rakuna i time će rakun skočiti na sljedeći kamen po redu. Kada je korisnik spreman za konačni odgovor, klikom na djevojčicu izabire između brojeva 0, 1, 2, 3 ili 4 koji predstavljaju broj kamena na kojem će rakun završiti nakon što je skočio 129 puta.



Slika 3.6 Rakunov skok

3.3.2. Igra s kockama

Igra s kockama je implementacija istoimenog zadatka sa natjecanja Dabar (Slika 3.7).



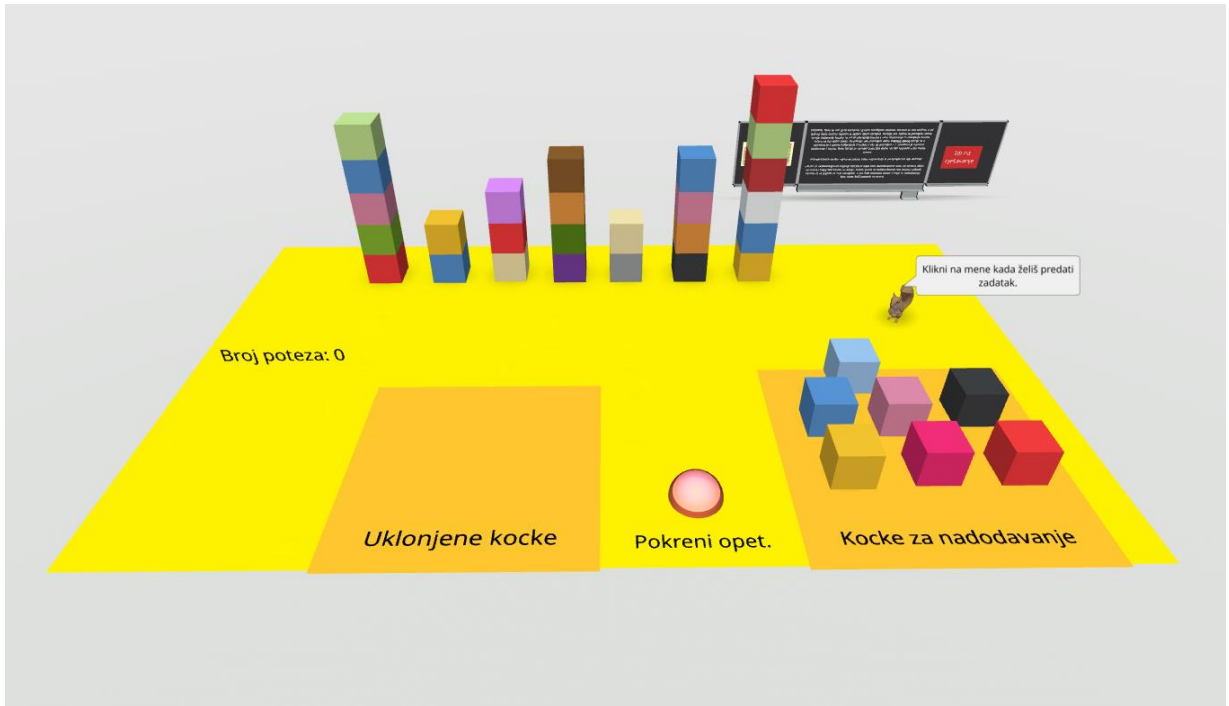
Slika 3.7 Zadatak Igra s kockama (Dabar, 2020)

Zadatak je postavljen na sljedeći način:

Roko se voli igrati kockama i graditi zamišljene svjetove. Kocke su iste veličine, a od jednog dijela kocki izgradio je sedam lijepih tornjeva. Postoje dva načina za promjenu visine tornja: dodavanje kocaka na vrh ili uklanjanje kocaka s vrha. Dodavanje ili uklanjanje kocaka računa se kao jedan potez. Na primjer, ako promijeni visinu krajnjeg lijevog tornja na 2, potrebno je 3 poteza (uklanjanje 3 kocke), a ako ga promijeni u 7, potrebno je 2 poteza (dodavanje 2 kocke). Roko želi da svi tornjevi budu iste visine i to želi napraviti u što manje poteza.

Pitanje na koje se traži odgovor glasi: Koliko najmanje poteza treba napraviti da bi svi tornjevi bili iste veličine?

Na Slici 3.8 se nalazi implementiran zadatak u 3D verziji. Kada korisnik želi dodati/ukloniti neku od kockica, klikne na toranj s kojeg želi izvršiti tu radnju i izabere gumb za dodati/ukloniti. Ako kocku ukloni, kocka će se pojaviti na hrpi uklonjenih, a ako želi nadodati, izabere s hrpe za nadodavanje koju kocku želi postaviti na toranj. Svaki potez koji korisnik napravi se odmah zbraja u broj poteza pa ukoliko smatra da nije napravio najmanji broj poteza može klikom na gumb za pokretanje opet pokušati ispočetka. Konačan odgovor je moguće dati tako da se klikne na vjevericu koja za odgovor uzima broj poteza koji korisnik vidi ispisano na ekranu.



Slika 3.8 Igra s kockama

3.3.3. Sudoku stabla

Sudoku stabla je implementacija istoimenog zadatka sa natjecanja Dabar (Slika 3.9).



Slika 3.9 Zadatak Sudoku stabla (Dabar, 2020)

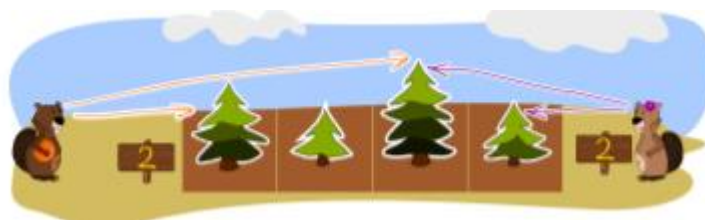
Zadatak je postavljen na sljedeći način:

Dabrovo polje podijeljeno je na 16 parcela raspoređenih u mrežu 4 x 4 gdje mogu posaditi po jedno stablo na svakoj parceli.

U polje sade 16 stabala visine 1, 2, 3 i 4 slijedeći pravilo:

- svaki redak (vodoravna linija) sadrži točno jedno stablo svake visine
- svaki stupac (okomita linija) sadrži točno jedno stablo svake visine.

Ako dabrovi promatraju stabla u jednom redu, ne mogu vidjeti stablo skriveno iza višeg stabla (Slika 3.10).

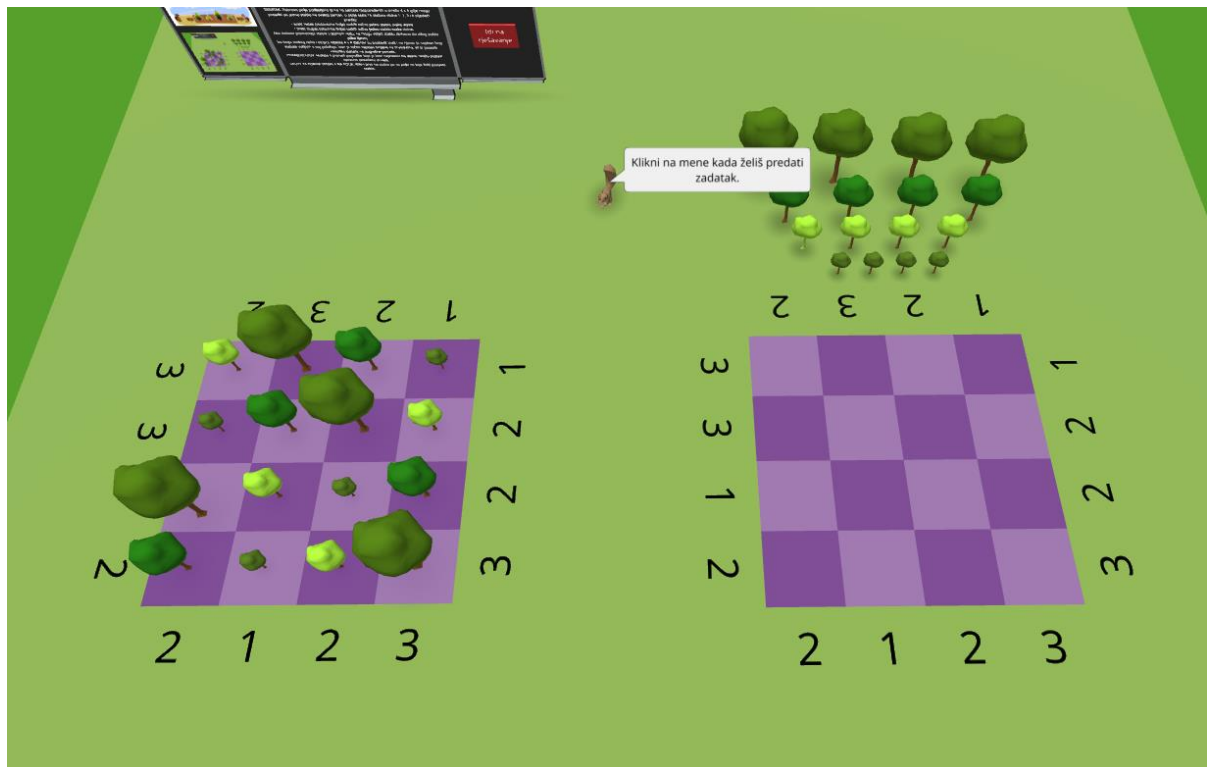


Slika 3.10 Dabrovi i promatranje stabala (Dabar, 2020)

Na kraju svakog retka i stupca rešetke 4 x 4 dabrovi su postavili znak i na njemu je napisan broj stabala vidljivih s tog položaja. Ivan je točno zapisao brojeve na znakovima, ali je posadio nekoliko stabala na pogrešne parcele.

Pitanje koje se postavlja glasi: Možete li pronaći pogreške koje je Ivan napravio? Na desnu mrežu postavite ispravno posađeno drveće.

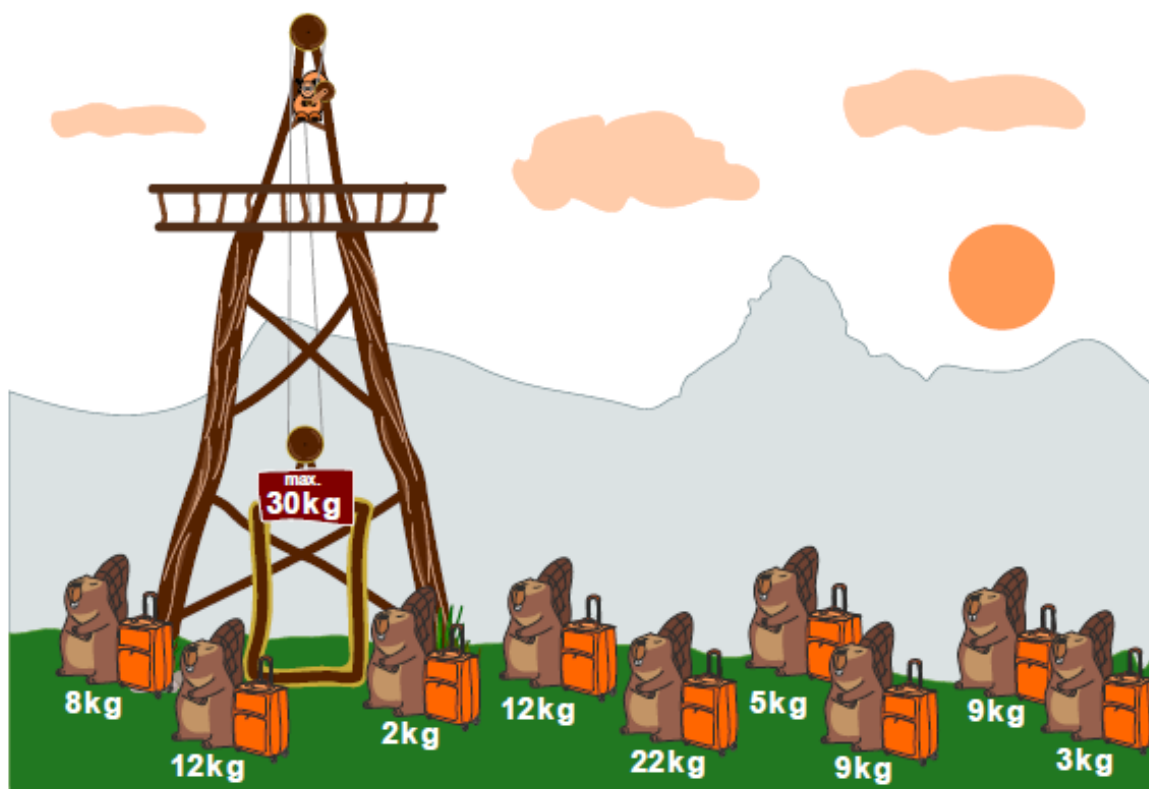
Na Slici 3.11 se nalazi implementiran zadatak u 3D verziji. Mreža lijevo prikazuje kako je Ivan posadio stabla i tu korisnik promatra gdje se dogodila greška, a na desnoj mreži postavlja stabla na polja u ispravljenom poretku. Kada korisnik želi pomaknuti stablo na određeno polje prvo mora kliknuti na stablo pa onda na polje na koje želi postaviti to stablo. Konačan odgovor se predaje klikom na vjevericu.



Slika 3.11 Sudoku stabla

3.3.4. Na izletu

Na izletu je implementacija istoimenog zadatka sa natjecanja Dabar (Slika 3.12).



Slika 3.12 Zadatak Na izletu (Dabar, 2018)

U implementaciji zadatka u 3D dolazi do promjene glavnih likova, dabrova, jer Cospaces Edu aplikacija ne sadrži dabrova u 3D obliku pa umjesto skupine dabrova u 3D se radi o skupini pingvina pa je time i tekst zadatka u nastavku prilagođen pingvinima.

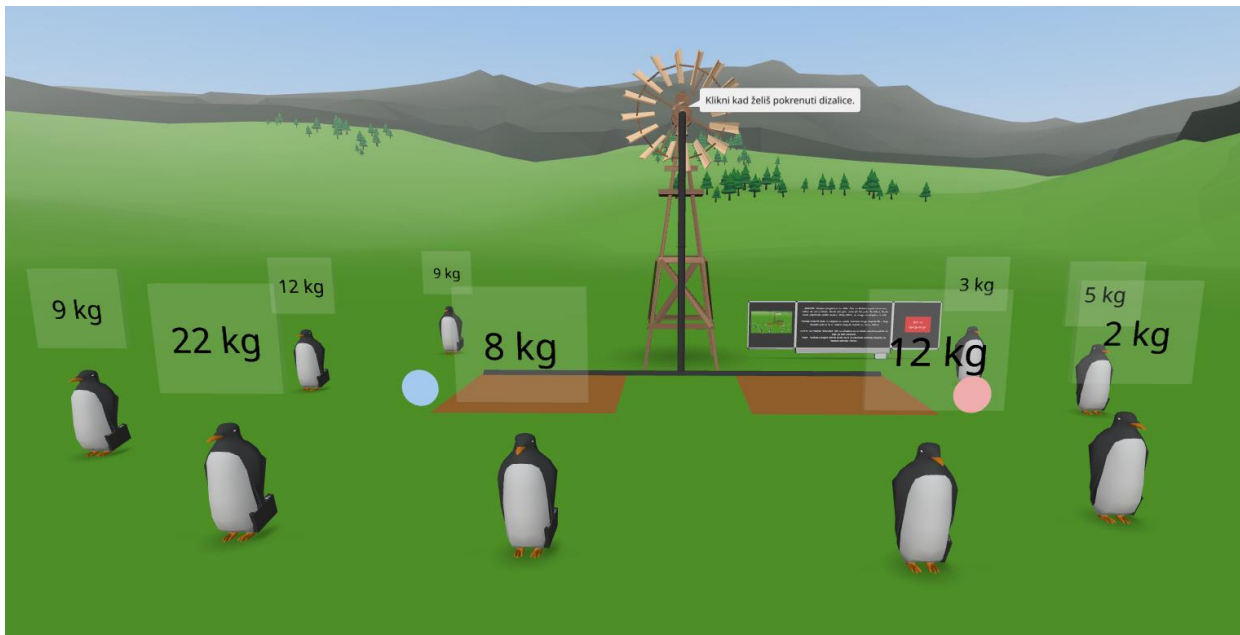
Skupina pingvina je na izletu. Žele se dizalom popeti na terasu mlina. Ali, već je kasno i dizalo vozi gore samo još dva puta. Na žalost, dizalo može odjednom podići ukupno 30 kg težine i ne mogu svi pingvini na mlin.

Pitanje koje se postavlja glasi: Kako se pingvini sa svojim stvarima mogu rasporediti u dvije skupine kako bi ih se najviše moguće popelo na terasu mlina?

Na Slici 3.13 se nalazi implementiran zadatak u 3D verziji. Korisnik pomiče pingvine tako da klikne na pingvina pa na dizalo na koje ga želi postaviti.

Plavo i ružičasto dugme pored dizala služe za povratak posljednjeg pingvina sa određenog dizala na njegovo početno mjesto. Kada je korisnik postavio sve pingvine na oba dizala i

smatra da je to točan odgovor, treba kliknuti na mlin da bi pokrenuo dizalice i dobio povratni odgovor.



Slika 3.13 Na izletu

4. Usporedba interakcije na računalu i mobitelu

U ovom poglavlju su navedeni predmet i cilj istraživanja, istraživačka pitanja i sudionici. Usto, opisani su instrumenti i postupak provedbe istraživanja.

4.1. Predmet i cilj istraživanja

Napravljena je aplikacija u kojoj su prikazana dva različita načina interakcije, a to su dodiranjem i mišem. Cilj je pokazati je li ijedan način interakcije učinkovitiji od drugog, odnosno po čemu je jedan način bolji od drugog i u čemu ovisno o spolu, dobi i vremenu rješavanja.

4.2. Instrumenti

Za prikupljanje odgovora je korištena anketa napravljena pomoću Google obrasca kojom vrednujemo upotrebljivost sučelja napravljenog 3D virtualnog svijeta (Granić, 2022). Prije konačne verzije ankete provedeno je probno testiranje među 20 studenata s ciljem otklanjanja poteškoća pri interpretaciji pitanja te rješavanju zadataka na CoSpaces Edu platformi.

Prvi dio obrasca postavlja pitanja kako bi dobili ocjenu sučelja, a drugi dio je izlazni dio upitnika koji će dati potrebne podatke za provedbu istraživanja.

Diplomski rad - CoSpace

Molimo vas da putem ovog upitnika ocijenite sučelje odnosno virtualni svijet u koje ste rješavali zadatke. Dakle, ne ocjenjujete sam sadržaj zadataka nego okruženje u kojem se nalaze ti zadaci kao i način interakcije s okruženjem.

*Obavezno

1. Volio/voljela bih često koristiti ovo okruženje. *

Označite samo jedan oval.

1 2 3 4 5

U potpunosti se ne slažem. U potpunosti se slažem.

2. Smatram da je ovo okruženje nepotrebno komplicirano. *

Označite samo jedan oval.

	1	2	3	4	5	
U potpunosti se ne slažem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	U potpunosti se slažem.

3. Smatram da je ovo okruženje jednostavno za korištenje. *

Označite samo jedan oval.

	1	2	3	4	5	
U potpunosti se ne slažem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	U potpunosti se slažem.

4. Smatram da bih trebao/la podršku stručne osobe kako bih koristio/la ovo okruženje. *

Označite samo jedan oval.

	1	2	3	4	5	
U potpunosti se ne slažem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	U potpunosti se slažem.

5. Smatram da su različite funkcije unutar okruženja dobro ukomponirane. *

Označite samo jedan oval.

	1	2	3	4	5	
U potpunosti se ne slažem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	U potpunosti se slažem.

6. Smatram da je previše nedosljednosti u ovom okruženju. *

Označite samo jedan oval.

	1	2	3	4	5	
U potpunosti se ne slažem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	U potpunosti se slažem.

7. Smatram da bi većina vrlo brzo naučila koristiti ovo okruženje. *

Označite samo jedan oval.

1 2 3 4 5

U potpunosti se ne slažem. U potpunosti se slažem.

8. Smatram da je okruženje vrlo nespretno za korištenje. *

Označite samo jedan oval.

1 2 3 4 5

U potpunosti se ne slažem. U potpunosti se slažem.

9. Osjećao/la sam se samouvjereno u korištenju ovog okruženja. *

Označite samo jedan oval.

1 2 3 4 5

U potpunosti se ne slažem. U potpunosti se slažem.

10. Trebalo/la sam puno predznanja prije korištenja ovog okruženja. *

Označite samo jedan oval.

1 2 3 4 5

U potpunosti se ne slažem. U potpunosti se slažem.

Izlazni upitnik

11. Koliko imaš godina? *

12. Spol: *

Označite samo jedan oval.

Muško.

Žensko

13. Vrijeme rješavanja (minute): *

14. Broj bodova u 1. zadatku: *

15. Broj bodova u 2. zadatku: *

16. Broj bodova u 3. zadatku: *

17. Broj bodova u 4. zadatku: *

18. Virtualni svijet sam testirao na: *

Označite samo jedan oval.

mobitelu.

računalu.

19. Jesi li ikada prije koristio neko slično virtualno okruženje (3D virtualni svijet ili aplikaciju s proširenom stvarnošću)? *

Označite samo jedan oval.

- Nikada.
 Koristio sam jednom.
 Koristio sam nekoliko puta.
 Koristim svakodnevno.

20. Jesi li ikada prije sudjelovao na natjecanju Dabar? *

Označite samo jedan oval.

- Nikada.
 Jednom.
 Nekoliko puta.
 Sudjelujem svake godine.

21. Jesi li ikada prije sudjelovao na natjecanju Klokan? *

Označite samo jedan oval.

- Nikada.
 Jednom.
 Nekoliko puta.
 Sudjelujem svake godine.

22. Sada ocijeni svoju interakciju s objektima u virtualnom svijetu. Na narednih 10 tvrdnji odgovori koliko se slažeš (N/A se odnosi na situacije koje nisi koristio /isprobao): 1 - u potpunosti se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem. *

Označite samo jedan oval po retku.

	N/A	1	2	3	4	5
Prikaz svijeta je jasan i zanimljiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prepoznavanje objekata unutar svijeta je problematično.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Uvijek mi je jasno koji je objekt označen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Često mi nije bilo lako odabrati (kliknuti) objekt koji želim.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Upute na ekranu su korisne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotacija prostora (kamere) je previše komplicirana.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zumiranje virtualnog svijeta je jednostavno.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tekst zadatka na ploči je uvijek lako dostupan.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Upute na ekranu mi ometaju rješavanje zadatka.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na jednostavan način sam uspijevaao pomicati objekte koje želim.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prijelaz na sljedeći zadatak je kompliciran.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Povratna infomacija o bodovima za vrijeme rješavanja je važna.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. Što ti se sviđa u ovom virtualnom okruženju?

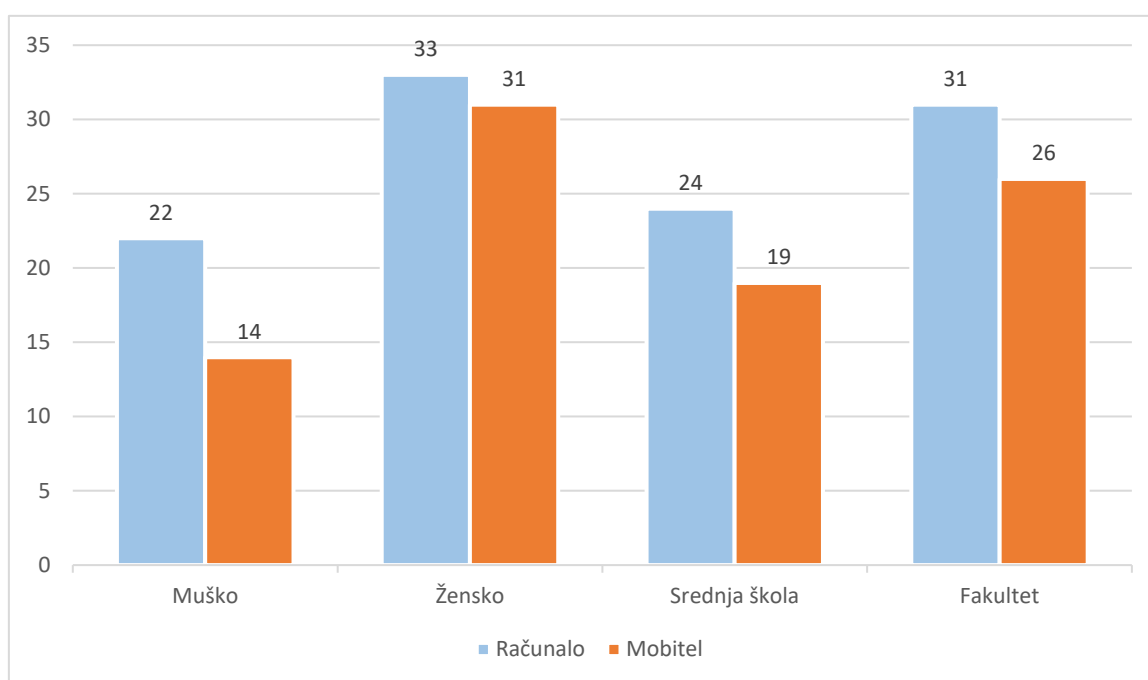
24. Što ti se ne sviđa u ovom virtualnom okruženju?

4.3. Sudionici

Uzorak populacije istraživanja je ciljan i neslučajan. U istraživanju je sudjelovalo 100 ispitanika Splitsko – dalmatinske županije od čega je 43 učenika prvog i drugog razreda srednje škole te 57 studenata prve godine. Među ispitanicima je 64 ženskog spola te 36 ispitanika muškog spola.

4.4. Postupak

Istraživanje je provedeno na području Splitsko – dalmatinske županije od 08. do 30. svibnja 2022. godine. Učenike i studente su u istraživanje uputili njihove profesorice. Razdioba ispitanika po grupama koji su rješavali na mobitelima i na računalima je prikazana na Slici 4.1. te vidimo da ta razdioba nije bila podjednaka po spolu a ni po dobi.



Slika 4.1 Razdioba ispitanika na one koji su rješavali na računalu i na mobitelu

Sudjelovanje u istraživanju je bilo anonimno i dobrovoljno te se nije vrednovalo ni na koji način. Za rješavanje zadataka i ispunjavanje ankete je bilo potrebno između 30-45 minuta, no nije postojalo vremensko ograničenje.

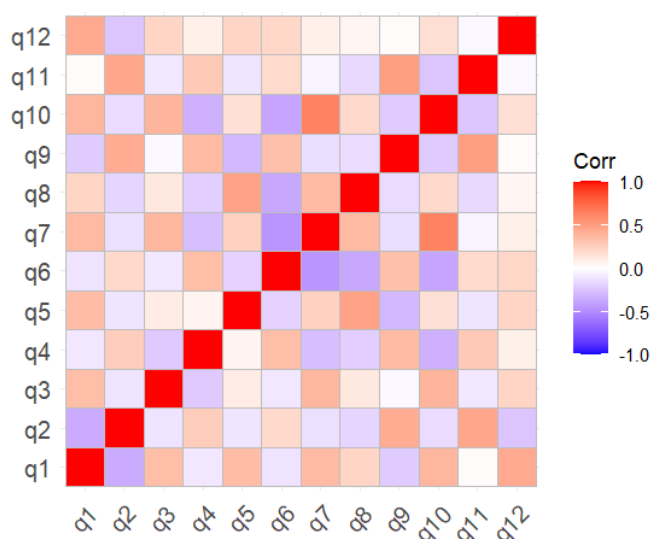
4.5. Odabir metode

Da bi odabrali metodu za statističku obradu podataka, bilo je potrebno razlučiti kakve podatke imamo i koje preduvjete moraju ispuniti da bi se određena metoda mogla koristiti nad tim podacima.

Kako postoji 14 zavisnih varijabli koje su mjerene na metričkoj skali i 3 nezavisne varijable koje su sve nominalne prvo smo razmišljali o nezavisnim t testovima. Preduvjeti za korištenje ove metode su homogenost varijance i normalnost podataka. Normalnost podataka nije zadovoljena i to je provjereno sa Shapiro-Wilk testom.

Zbog velikog broja nezavisnih i zavisnih varijabli kako bi se razumjeli odnosi između svih varijabli zajedno shvatili smo da bi se trebala primijeniti multivarijantna analiza. Jedna od multivarijantnih analiza koja se koristi za testiranje je Hotelling T-kvadrat distribucija. Preduvjet za normalnost, ali nad svim varijablama zajedno nije zadovoljena pa nismo mogli zaključiti da je moguće korištenje Hotelling T-kvadrat distribucije za testiranje (Klopper, 2018).

Sljedeći pokušaj je bila provedba metode glavnih komponenata na varijablama q1 - q12. Metoda je provediva samo ako su izvorne varijable korelirane. Vizualan pristup ovom problemu je promotriti matricu korelacija varijabli. Ukoliko je mali broj korelacija između varijabli veći od 0.7 ili manji od -0.7, tada se odbacuje korištenje metode. Slika 4.2 prikazuje da ne postoji korelacija između varijabli pa odbacujemo korištenje ove metode.



Slika 4.2. Prikaz korelacije varijabli q1 - q12

Kako je Slika 4.2 pokazala da nema koreliranosti između q1-q12 to daje jedinstvenost rezultata.

Nakon metode glavnih komponenata odlučili smo se za multivarijantnu linearnu analizu koja se ispostavila kao najbolji izbor za obradu ovih podataka.

4.6. Obrada podataka

Sve analize provedene su pomoću programskog paketa za statističku obradu podataka R Studio. U analizi je korištena multivarijantna linearna analiza te su rezultati vizualno prikazani korištenjem box plotova.

4.6.1. Opis metode

Linearna analiza se koristi kada imamo dvije ili više varijabli između kojih postoji neka zavisnost odnosno korelacija koju želimo istražiti. U najjednostavnijem slučaju imamo linearnu zavisnost jedne varijable o jednoj nezavisnoj varijabli. U ovom istraživanju se radi o zavisnosti jedne varijable (y) o više nezavisnih varijabli (x_1, x_2, \dots, x_n) pa se zato koristi multivarijantna linearna analiza:

$$y_i = a_1 \cdot x_{i1} + a_2 \cdot x_{i2} + \dots + a_n \cdot x_{in} \quad (1)$$

Uz pomoć primjera za multivarijantnu linearnu analizu koji provode James, Witten, Hastie & Tibshirani (2013) nad skupom marketinških podataka, napravljeno je ovo istraživanje.

Primjer sadrži utjecaj potrošene količine novca na tri oglašivačka medija (YouTube, Facebook i novine) na prodaju. Prvi korak je bio napraviti model za procjenu prodaje na oglašivački proračun uložen u YouTube, Facebook i novine. Nakon toga je bilo potrebno interpretirati dobivene rezultate.

U interpretaciji multivarijantne linearne analize je potrebno ispitati F-statistiku i njoj pridruženu p-vrijednost. P-vrijednost se pokazala manja od 0.05 što je vrlo značajno, a to ujedno znači da je jedna od nezavisnih varijabli značajno povezana sa zavisnom varijablom. Da bi pronašli koje su nezavisne varijable značajne, trebalo je pregledati tablicu koeficijenata koja prikazuje za određenu nezavisnu varijablu procijenjeni koeficijent i p-vrijednost T-statistike, odnosno postoji li ili ne značajna povezanost sa zavisnom varijablom.

Pokazalo se da su promjene proračuna za oglašavanje na YouTube-u i Facebook-u značajno povezane s promjenama u prodaji, dok promjene u proračunu za novine nisu značajno povezane s prodajom.

Primjerice, fiksni iznos proračuna za oglašavanje na YouTube-u i novinama, trošenje dodatnih 1000 dolara na oglašavanje na Facebooku doveo je do povećanja prodaje za otprilike $0,1885 \cdot 1000 = 189$ prodajnih jedinica, u prosjeku. YouTube koeficijent sugerirao je da za svakih 1000 dolara povećanja proračuna za oglašavanje na YouTubeu, uz konstantnost svih ostalih nezavisnih varijabli, možemo očekivati povećanje od $0,045 \cdot 1000 = 45$ prodajnih jedinica, u prosjeku.

Otkriveno je da novine nisu značajne u tom modelu. To znači da, za fiksni iznos proračuna za oglašavanje na YouTubeu i novinama, promjene proračuna za oglašavanje u novinama nisu značajno utjecali na prodajne jedinice. Kako novinska varijabla nije značajna, uklonjena je iz modela.

U primjeru se još i daje procjena ukupne kvalitete modela ispitivanjem R-kvadrata (R^2). U multivarijantnoj linearnoj regresiji, R^2 predstavlja korelacijski koeficijent između opaženih vrijednosti zavisne varijable (y) i prilagođenih (tj. predviđenih) vrijednosti y . Zbog toga će vrijednost R uvijek biti pozitivna i kretati se od nule do jedinice. Problem s R^2 je taj što će se on uvijek povećati kada se modelu doda više varijabli, čak i ako su te varijable samo slabo povezane s odgovorom. Rješenje je prilagoditi R^2 uzimajući u obzir broj nezavisnih varijabli. Prilagodba vrijednosti "Prilagođeni R kvadrat" je korekcija za broj nezavisnih varijabli uključenih u model.

U primjeru s nezavisnim varijablama YouTubea i Facebooka, prilagođeni R^2 iznosi 0.89 što znači da se 89% varijance u mjeri prodaje može predvidjeti proračunima za oglašavanje na YouTube-u i Facebooku. Pokazalo se da je taj je model bolji od jednostavnog linearnog modela sa samo YouTubeom koji je imao prilagođeni R^2 od 0.61.

4.6.2. Rezultati istraživanja

Zavisnih varijabli ima 14, dok nezavisnih ima 3. U zavisne varijable pripadaju tvrdnje vezana za upotrebljivost sučelja te vrijeme rješavanja i uspješnost rješavanja zadataka. Oznake q1-q12 pridružili smo tvrdnjama vezane za upotrebljivost sučelja kako bi lakše proveli statističku obradu podataka. Popis tvrdnji nalazi se u Tablici 4.1.

Odgovori su se davali na ljestvici od 5 stupnjeva (od 1 – uopće se ne slažem do 5 – u potpunosti se slažem).

Nezavisne varijable su tip sučelja (uređaj), dob i spol. Pod tip sučelja promatramo dva uređaja, a to su mobilni uređaj i računalo.

Oznaka	Tvrdnja
q1	Prikaz svijeta je jasan i zanimljiv.
q2	Prepoznavanje objekata unutar svijeta je problematično.
q3	Uvijek mi je jasno koji je objekt označen.
q4	Često mi nije bilo lako odabrati (kliknuti) objekt koji želim.
q5	Upute na ekranu su korisne.
q6	Rotacija prostora (kamere) je previše komplicirana.
q7	Zumiranje virtualnog svijeta je jednostavno.
q8	Tekst zadatka na ploči je uvijek lako dostupan.
q9	Upute na ekranu mi ometaju rješavanje zadatka.
q10	Na jednostavan način sam uspijevaao pomicati objekte koje želim.
q11	Prijelaz na sljedeći zadatak je kompliciran.
q12	Povratna informacija o bodovima za vrijeme rješavanja je važna.

Tablica 4.1. Popis zavisnih varijabli koje pripadaju upotrebljivosti sučelja

Za svaku zavisnu varijablu q1-q12 te vrijeme rješavanja i uspješnost rješavanja zadataka provodimo multivarijantnu linearnu analizu kako bi ustanovili zavisnost o tipu uređaja, dobi i spolu.

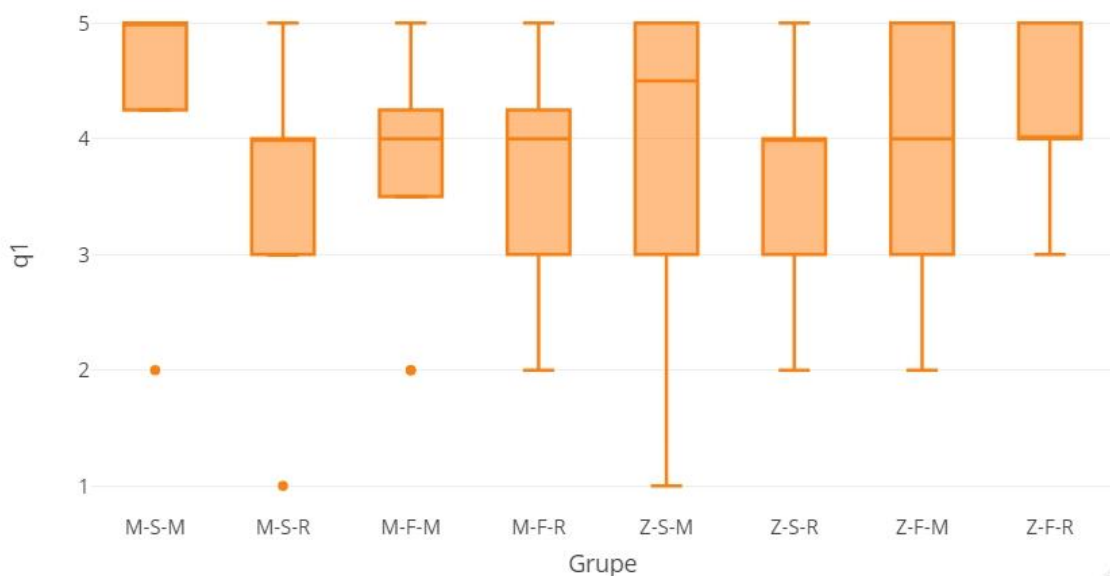
Modeliranje za tvrdnju q1: Prikaz svijeta je jasan i zanimljiv.

U istraživanju se na temelju tipa uređaja, dobi i spolu pojavljuje 8 različitih grupa koje su dale svoje odgovore u obrascu. Tablica 4.2 prikazuje grupe i dodijeljene oznake za svaku grupu.

Oznaka	Grupa
M-S-M	Muško, srednja škola, mobitel
M-S-R	Muško, srednja škola, računalo
M-F-M	Muško, fakultet, mobitel
M-F-R	Muško, fakultet, računalo
Ž-S-M	Žensko, srednja škola, mobitel
Ž-S-R	Žensko, srednja škola, računalo
Ž-F-M	Žensko, fakultet, mobitel
Ž-F-R	Žensko, fakultet, računalo

Tablica 4.2. Popis grupa i oznaka za box plot

Na Slici 4.3 nalazi se prikaz 8 različitih box plotova koje predstavljaju po jednu od grupa. Svaki box plot prikazuje kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q1.



Slika 4.3 Box plot za tvrdnju q1

Prvo moramo napraviti model za procjenu postoji li statistički značajan odnos nezavisnih varijabli sa zavisnom varijablom.

Prvi linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

```
m1 <- lm(q1 ~ spol + tip + dob, data=X) (2)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.4.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.86104    0.22564  17.112  <2e-16 ***
spolZ        0.23138    0.21593   1.072   0.287
tipracunalo -0.16701    0.20667  -0.808   0.421
dobs        -0.04839    0.20818  -0.232   0.817
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.02 on 95 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.0204,    Adjusted R-squared:  -0.01053
F-statistic: 0.6595 on 3 and 95 DF,  p-value: 0.579
```

Slika 4.4 Rezultat linearnog modela za q1

Prvi korak u tumačenju multivarijantne linearne analize je ispitivanje F-statistike i pridružene p-vrijednosti, na dnu sažetka modela. Drugi korak je pogledati u sažetku tablicu koeficijenata da bi vidjeli je li pojedinačna nezavisna varijabla statistički značajna za tu zavisnu varijablu.

Znat ćemo kada je neka od nezavisnih varijabli statistički značajna ako se u posljednjem stupcu pojavi jedan od kodova značajnosti:

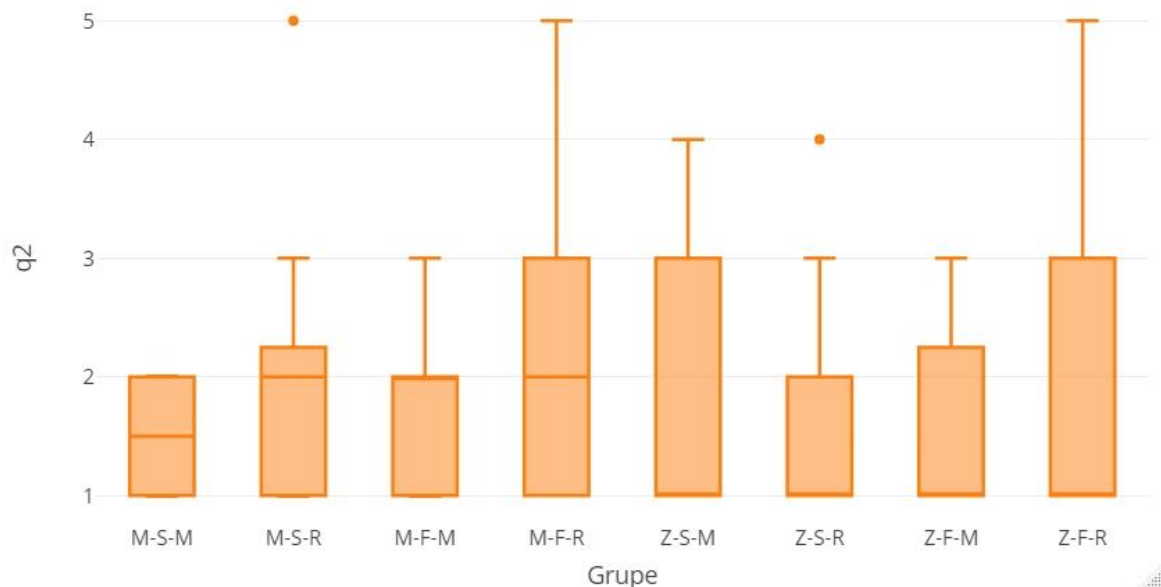
Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 (3)

Kodovi značajnosti namijenjeni su brzom rangiranju značajnosti svake varijable.

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.579 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q1. Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q1.

Modeliranje za tvrdnju q2: Prepoznavanje objekata unutar svijeta je problematično.

Na Slici 4.5 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q2.



Slika 4.5 Box plot za tvrdnju q2

Drugi linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

```
m2 <- lm(q2 ~ spol + tip + dob, data=X) (4)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.6.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.777687	0.232029	7.661	1.72e-11 ***
spolZ	-0.164489	0.220196	-0.747	0.457
tipracunalo	0.173554	0.210722	0.824	0.412
dobS	-0.006615	0.211571	-0.031	0.975

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.027 on 93 degrees of freedom
(3 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.01469, Adjusted R-squared: -0.01709

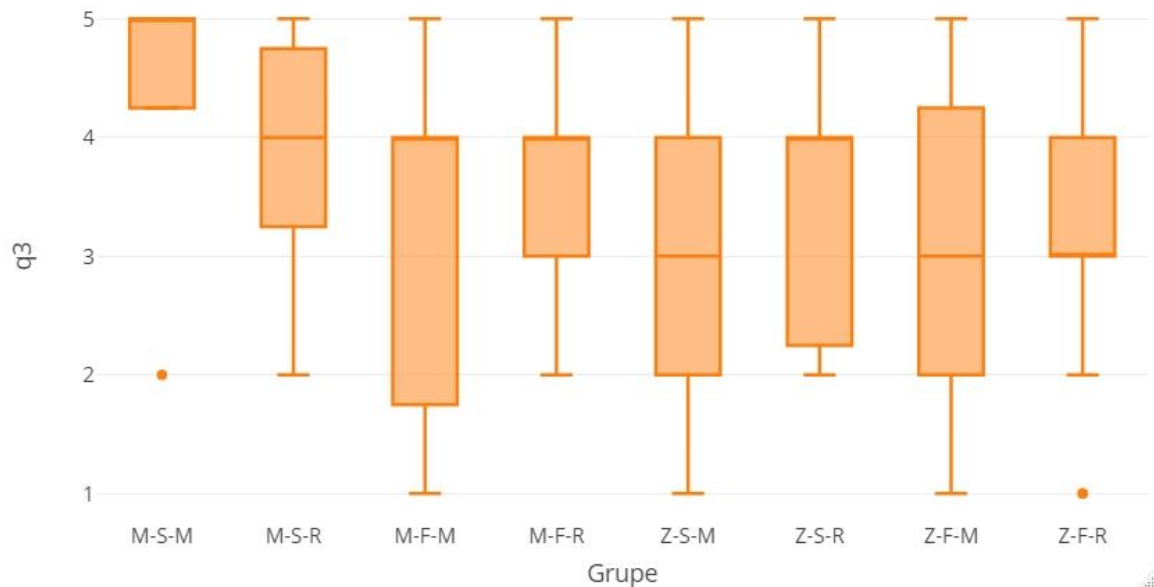
F-statistic: 0.4623 on 3 and 93 DF, p-value: 0.7093

Slika 4.6 Rezultati linearnog modela za q2

P vrijednost F-statistike iznosi 0.7093 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q2. Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q2.

Modeliranje za tvrdnju q3: Uvijek mi je jasno koji je objekt označen.

Na Slici 4.7 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q3.



Slika 4.7 Box plot za tvrdnju q3

Treći linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$m3 \leftarrow \text{lm}(q3 \sim \text{spol} + \text{tip} + \text{dob}, \text{data}=X) \quad (5)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.8.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.4920     0.2652  13.167 <2e-16 ***
spolZ         -0.4924     0.2561  -1.923  0.0576 .
tipracunalo   0.2965     0.2435   1.218  0.2264
dobS          0.1118     0.2466   0.454  0.6511
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.198 on 94 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.05618,    Adjusted R-squared:  0.02606
F-statistic: 1.865 on 3 and 94 DF,  p-value: 0.1408
```

Slika 4.8 Rezultati linearnog modela za q3

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.1408 što je veće od 0.05, a to znači da a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q3.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijabla ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q3, a to je varijabla spol.

Otkrili smo da varijable tip uređaja i dob nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

$$m3 \leftarrow \text{lm}(q3 \sim \text{spol}, \text{data}=X) \quad (6)$$

Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.9.

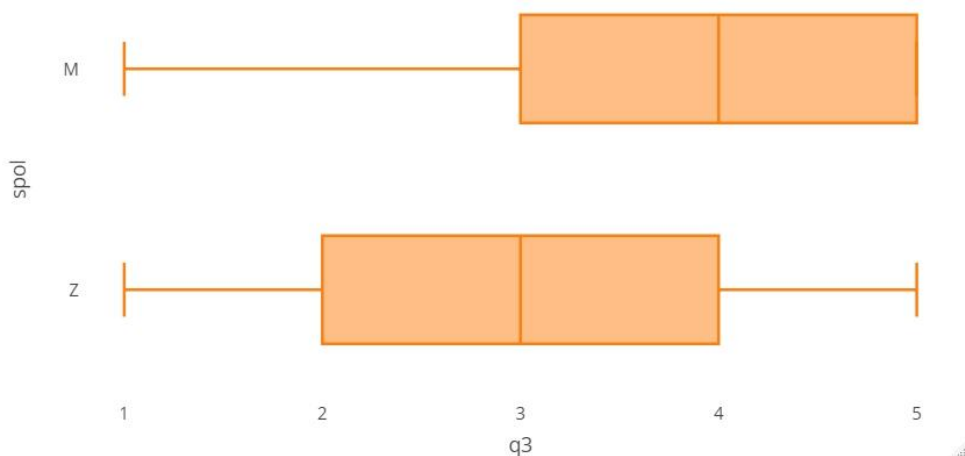
```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.7059     0.2052  18.06 <2e-16 ***
spolZ       -0.5028     0.2539  -1.98  0.0506 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.196 on 96 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.03924, Adjusted R-squared:  0.02923
F-statistic: 3.921 on 1 and 96 DF, p-value: 0.05055
```

Slika 4.9 Rezultati novog linearnog modela za q3

Kako bi došli do izračuna koeficijenta za spol, R je pridružio ženskom spolu 1, a muškom 0. Ona varijabla koja je označena sa 1 je varijabla na koju se odnose rezultati koeficijenta. Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za spol negativan (-0.5028), a to ukazuje da je ženskom spolu bilo uvijek manje jasno koji je objekt označen za razliku od muškog spola.

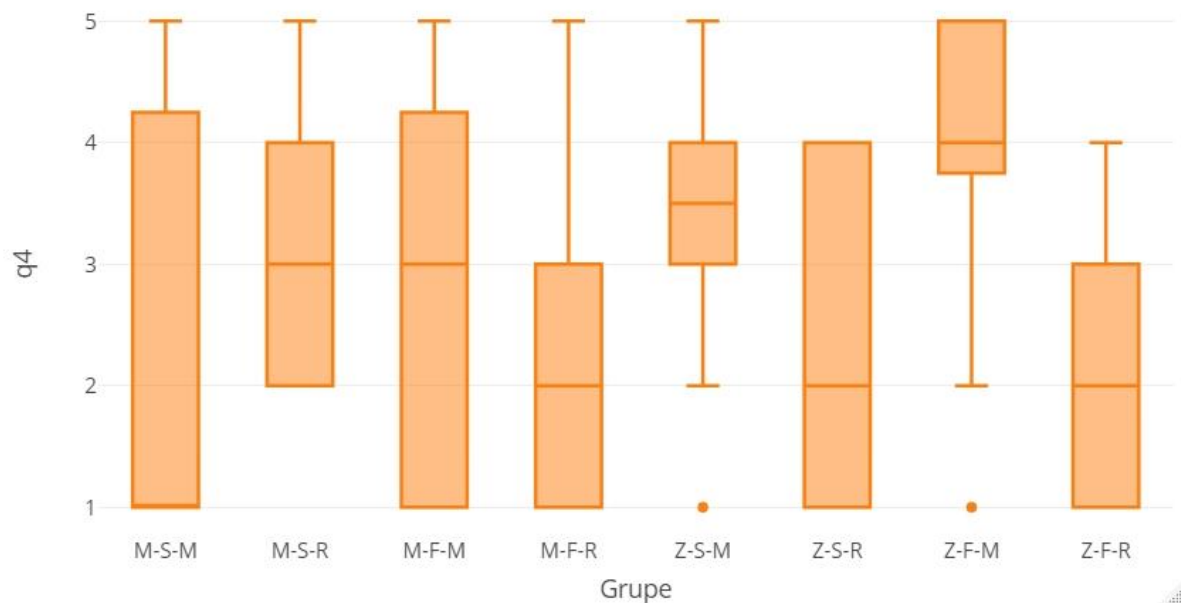
Slika 4.10 vizualno prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu spol.



Slika 4.10 Box plot za tvrdnju q3 u odnosu na spol

Modeliranje za tvrdnju q4: Često mi nije bilo lako odabrati (kliknuti) objekt koji želim.

Na Slici 4.11 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q4.



Slika 4.11 Box plot za tvrdnju q4

Četvrti linearni model u R Studio-u je zadan na sljedeći način:

$$m4 \leftarrow \text{lm}(q4 \sim \text{spol} + \text{tip} + \text{dob}, \text{data}=X) \quad (7)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.12.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.22608    0.29940  10.775 < 2e-16 ***
spolZ        0.17702    0.28447   0.622 0.535254
tipracunalo -0.99521    0.27283  -3.648 0.000432 ***
dobs         0.07046    0.27353   0.258 0.797270
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.347 on 95 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1301,    Adjusted R-squared:  0.1026
F-statistic: 4.735 on 3 and 95 DF,  p-value: 0.004017
```

Slika 4.12 Rezultati linearnog modela za q4

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.004017 što je manje od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q4. Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijabla ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q4, a to je varijabla tip uređaja.

Otkrili smo da varijable spol i dob nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

```
m4 <- lm(q4 ~ tip, data=X) (8)
```

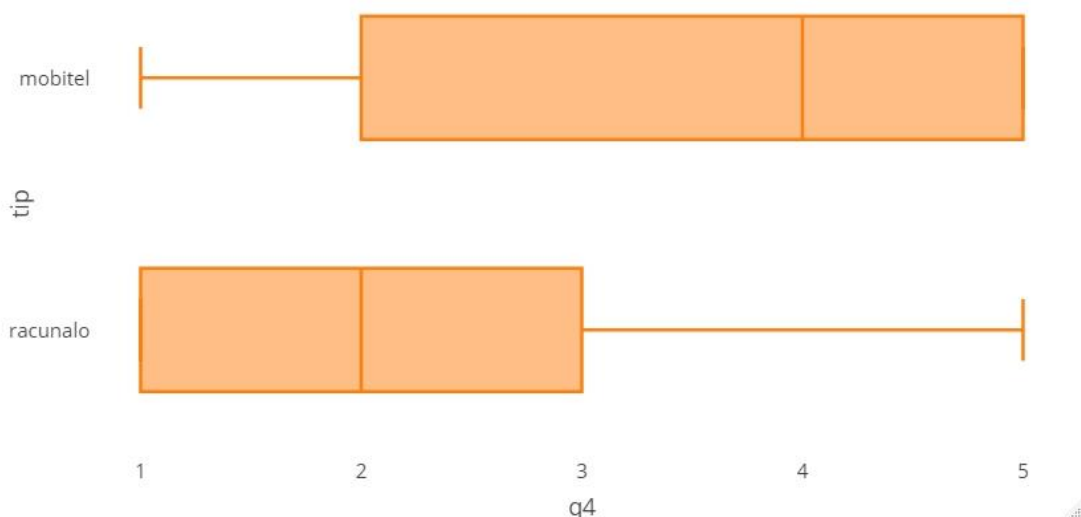
Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.13.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   3.3778      0.1992  16.958 < 2e-16 ***
tipracunalo  -1.0074      0.2697  -3.735 0.000316 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.336 on 97 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1258,    Adjusted R-squared:  0.1167
F-statistic: 13.95 on 1 and 97 DF,  p-value: 0.0003164
```

Slika 4.13 Rezultati novog linearnog modela za q4

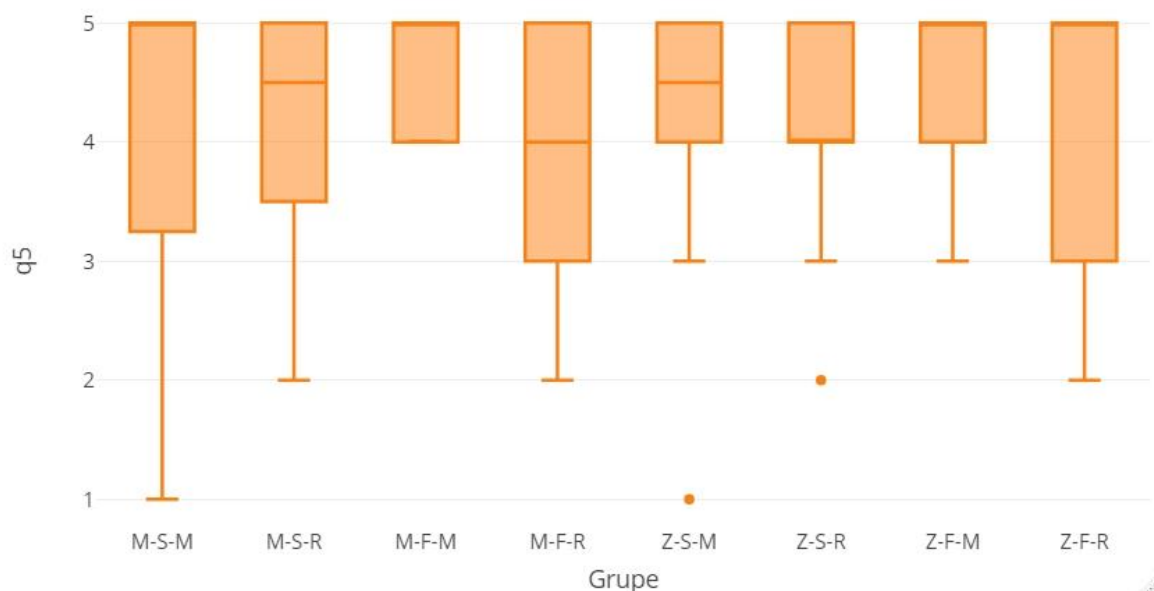
Kako bi došli do izračuna koeficijenta za tip uređaja, R je pridružio računalu 1, a mobitelu 0. Ona varijabla koja je označena sa 1 je varijabla na koju se odnose rezultati koeficijenta. Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za tip uređaja računalo negativan (-1.0074), a to ukazuje na to da je ispitanicima bilo lakše odabrati (kliknuti) objekt koji žele na računalu nego na mobitelu. Slika 4.14 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu tip uređaja.



Slika 4.14 Box plot za tvrdnju q4 u odnosu na tip uređaja

Modeliranje za tvrdnju q5: Upute na ekranu su korisne.

Na Slici 4.15 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q5.



Slika 4.15 Box plot za tvrdnju q5

Peti linearni model u R Studio-u je zadan na sljedeći način:

```
m5 <- lm(q5 ~ spol + tip + dob, data=X) (9)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.16.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.2848     0.2185  19.608 <2e-16 ***
spolZ        0.1547     0.2091   0.740  0.461
tipracunalo -0.2467     0.2001  -1.233  0.221
dobs        -0.1375     0.2016  -0.682  0.497
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9883 on 95 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.02691, Adjusted R-squared:  -0.003821
F-statistic: 0.8757 on 3 and 95 DF, p-value: 0.4566
```

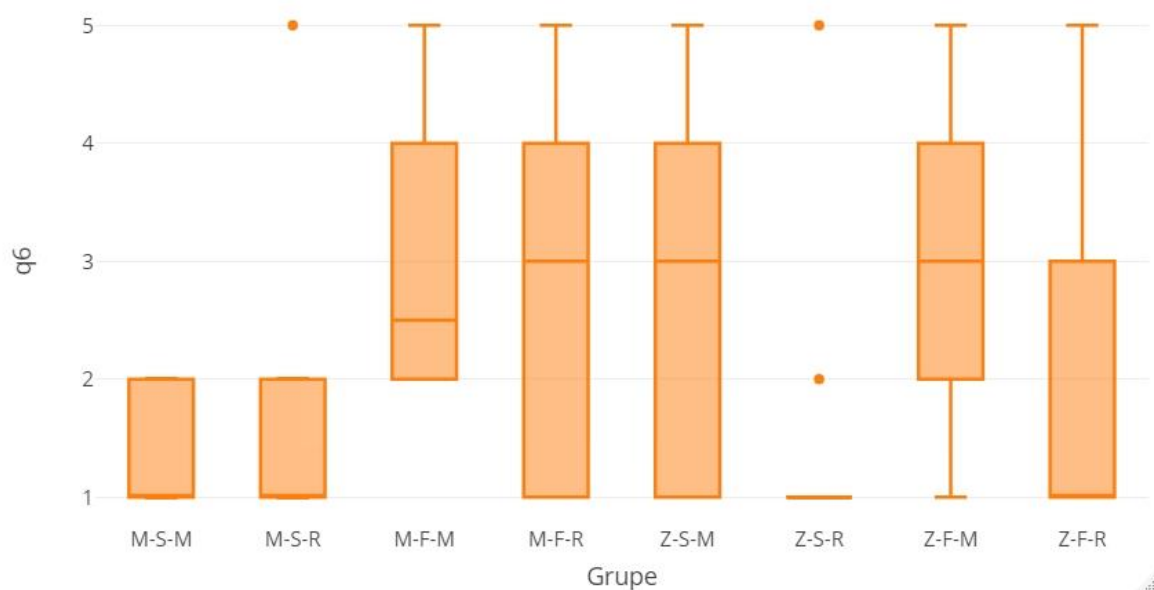
Slika 4.16 Rezultati linearnog modela za q5

P vrijednost F-statistike iznosi 0.4566 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q5.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q5.

Modeliranje za tvrdnju q6: Rotacija prostora (kamere) je previše komplicirana.

Na Slici 4.17 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q6.



Slika 4.17 Box plot za tvrdnju q6

Šesti linearni model u R Studio-u je zadan na sljedeći način:

```
m6 <- lm(q6 ~ spol + tip + dob, data=X) (10)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.18.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	3.0803	0.3006	10.247	< 2e-16	***
spolZ	-0.1082	0.2834	-0.382	0.70351	
tipracunalo	-0.8159	0.2715	-3.005	0.00345	**
dobS	-0.6411	0.2730	-2.349	0.02105	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.298 on 89 degrees of freedom
(7 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1384, Adjusted R-squared: 0.1093

F-statistic: 4.764 on 3 and 89 DF, p-value: 0.00398

Slika 4.18 Rezultati linearnog modela za q6

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.00398 što je manje od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q6. Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da dvije nezavisne varijable imaju statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q6, a to su varijabla tip uređaja i dob.

Otkrili smo da varijabla spol nije značajna u ovom modelu. To znači da ona neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ju je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

```
m6 <- lm(q6 ~ tip + dob, data=X) (11)
```

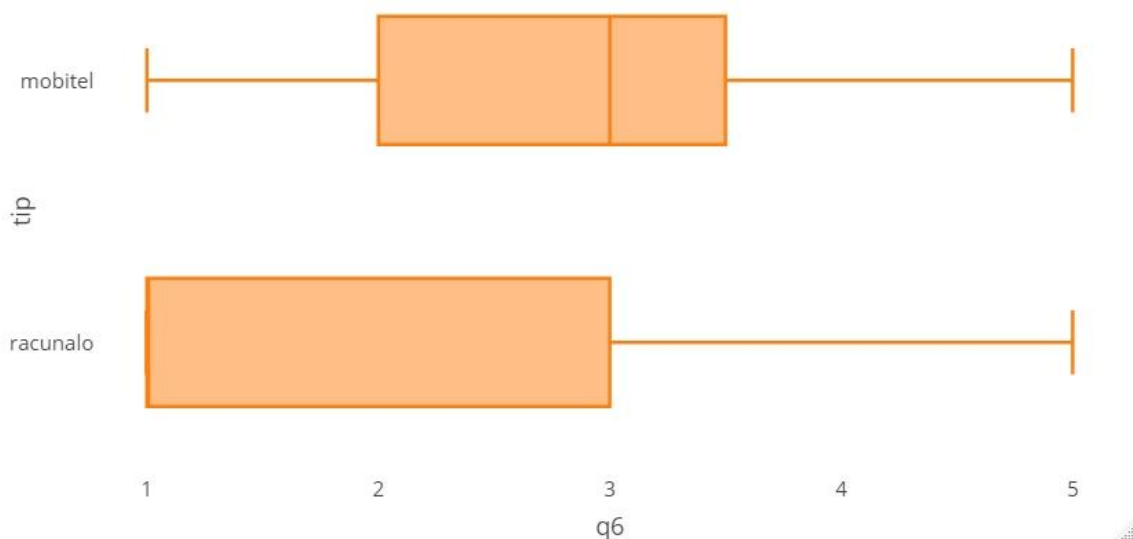
Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.19.

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.0057      0.2273  13.225 < 2e-16 ***
tipracunalo -0.8038      0.2683  -2.995  0.00354 **
dobS         -0.6448      0.2715  -2.375  0.01967 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

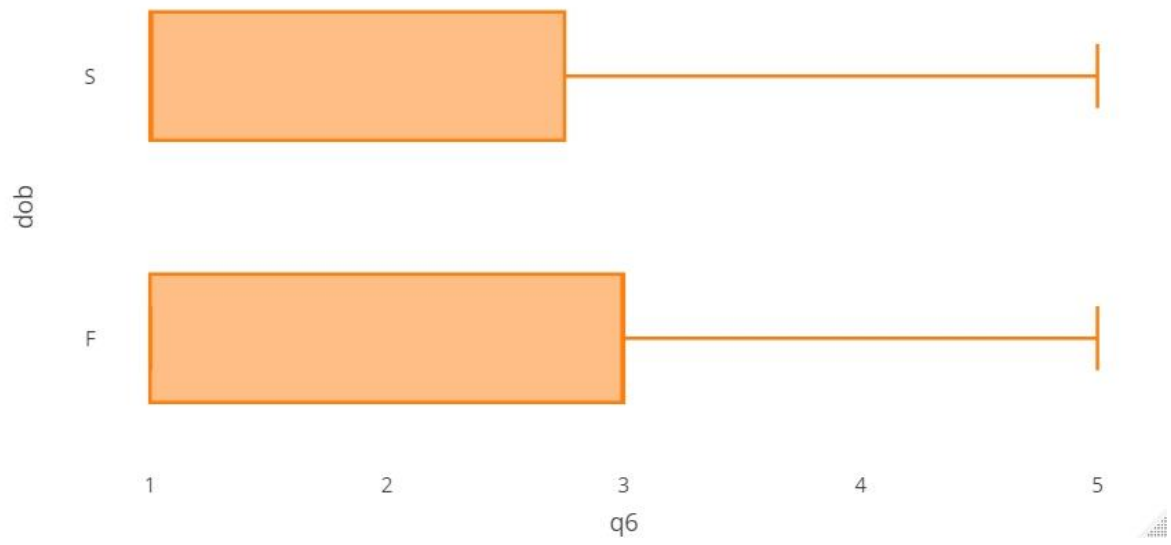
Residual standard error: 1.292 on 90 degrees of freedom
(7 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.137,    Adjusted R-squared:  0.1178
F-statistic: 7.141 on 2 and 90 DF,  p-value: 0.001323
```

Slika 4.19 Rezultati novog linearnog modela za q11

Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za tip uređaja računalo negativan (-0.8038), a to ukazuje na to da je ispitanicima rotacija prostora (kamere) bila kompliciranija na mobitelu nego na računalu te kako je koeficijent za dob učenika srednje škole negativan (-0.6448) to znači da je studentima bila više komplicirana rotacija prostora (kamere) nego učenicima srednje škole. Slika 4.20 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu tip uređaja, a Slika 4.21 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu dob.



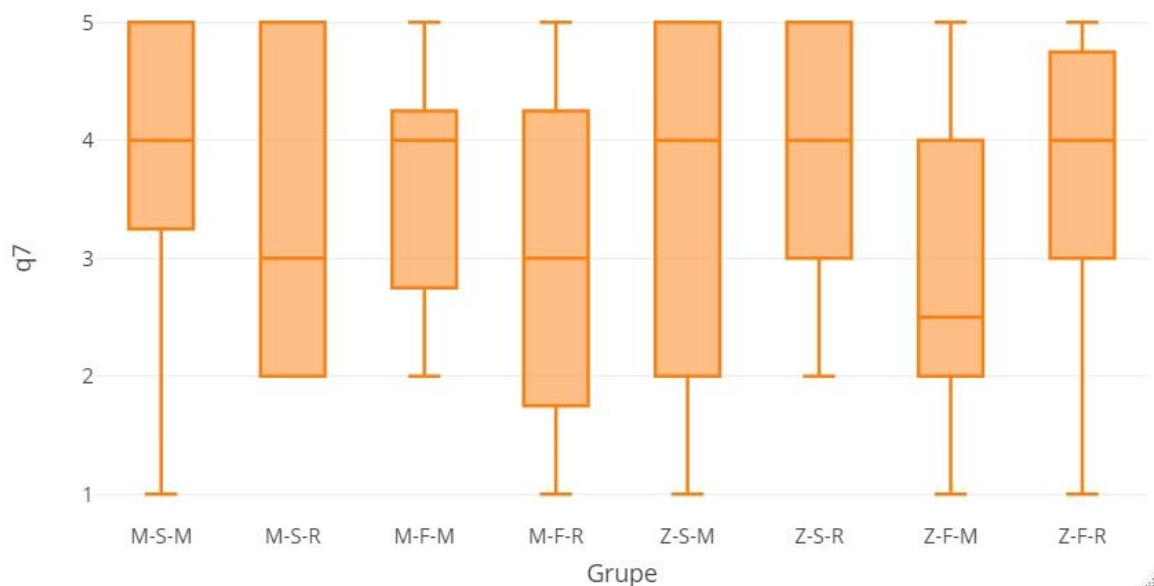
Slika 4.20 Box plot za tvrdnju q6 u odnosu na tip uređaja



Slika 4.21 Box plot za tvrdnju q6 u odnosu na dob

Modeliranje za tvrdnju q7: Zumiranje virtualnog svijeta je jednostavno.

Na Slici 4.22 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q7.



Slika 4.22 Box plot za tvrdnju q7

Sedmi linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$m7 <- lm(q7 \sim spol + tip + dob, data=X) \quad (12)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.23.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.11914	0.29908	10.429	<2e-16 ***
spolZ	0.05844	0.28752	0.203	0.839
tipracunalo	0.26461	0.27500	0.962	0.339
dobS	0.31604	0.27521	1.148	0.254

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.306 on 87 degrees of freedom
(9 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.02705, Adjusted R-squared: -0.006502
F-statistic: 0.8062 on 3 and 87 DF, p-value: 0.4938

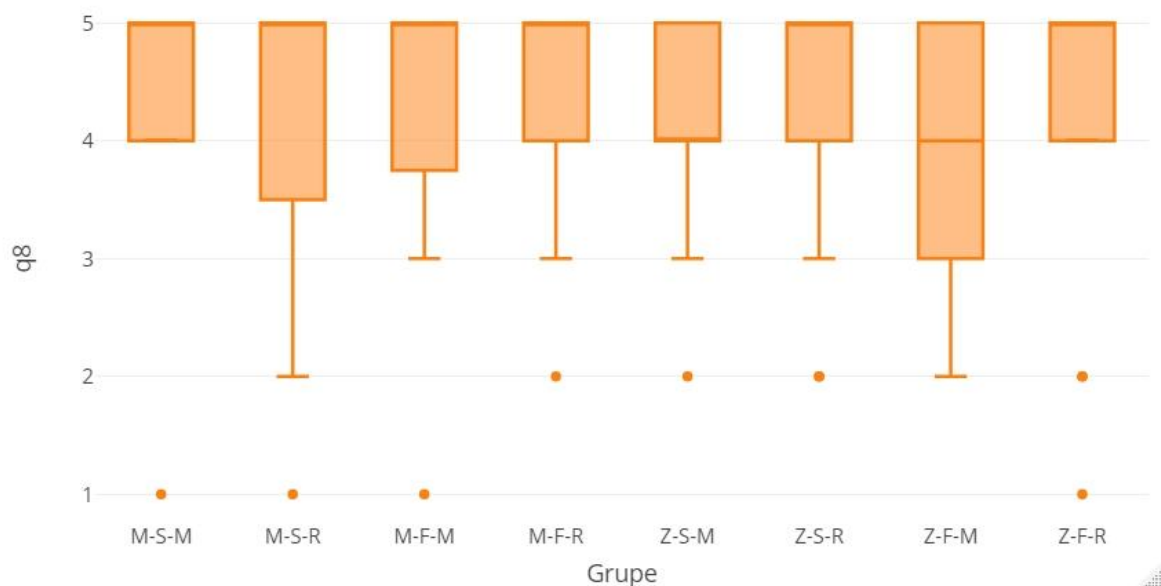
Slika 4.23 Rezultati linearnog modela za q7

P vrijednost F-statistike iznosi 0.4938 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q7.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q7.

Modeliranje za tvrdnju q8: Tekst zadatka na ploči je uvijek lako dostupan.

Na Slici 4.24 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q8.



Slika 4.24 Box plot za tvrdnju q8

Osmi linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

```
m8 <- lm(q8 ~ spol + tip + dob, data=X) (13)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.25.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.11638    0.25748  15.987  <2e-16 ***
spolZ        -0.12532    0.24397  -0.514   0.609
tipracunalo  0.18529    0.23562   0.786   0.434
dobs        -0.01899    0.23593  -0.081   0.936
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.161 on 95 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.01011, Adjusted R-squared:  -0.02115
F-statistic: 0.3236 on 3 and 95 DF, p-value: 0.8083
```

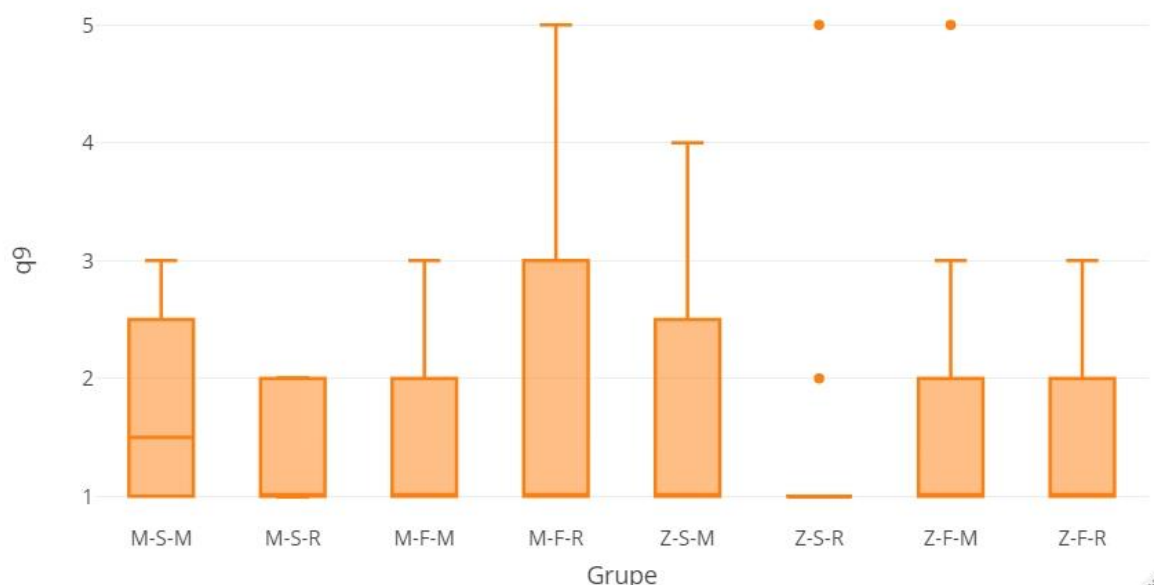
Slika 4.25 Rezultati linearnog modela za q8

P vrijednost F-statistike iznosi 0.8083 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q8.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q8.

Modeliranje za tvrdnju q9: Upute na ekranu mi ometaju rješavanje zadatka.

Na Slici 4.26 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q9.



Slika 4.26 Box plot za tvrdnju q9

Deveti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$m9 \leftarrow \text{lm}(q9 \sim \text{spol} + \text{tip} + \text{dob}, \text{data}=X) \quad (13)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.27.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.82653    0.24895   7.337 1.5e-10 ***
spolZ        -0.21484    0.23575  -0.911  0.365
tipracunalo -0.10705    0.22550  -0.475  0.636
dobs         -0.07619    0.22920  -0.332  0.740
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.026 on 81 degrees of freedom
(15 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.01352,    Adjusted R-squared:  -0.02302
F-statistic: 0.3699 on 3 and 81 DF,  p-value: 0.7749
```

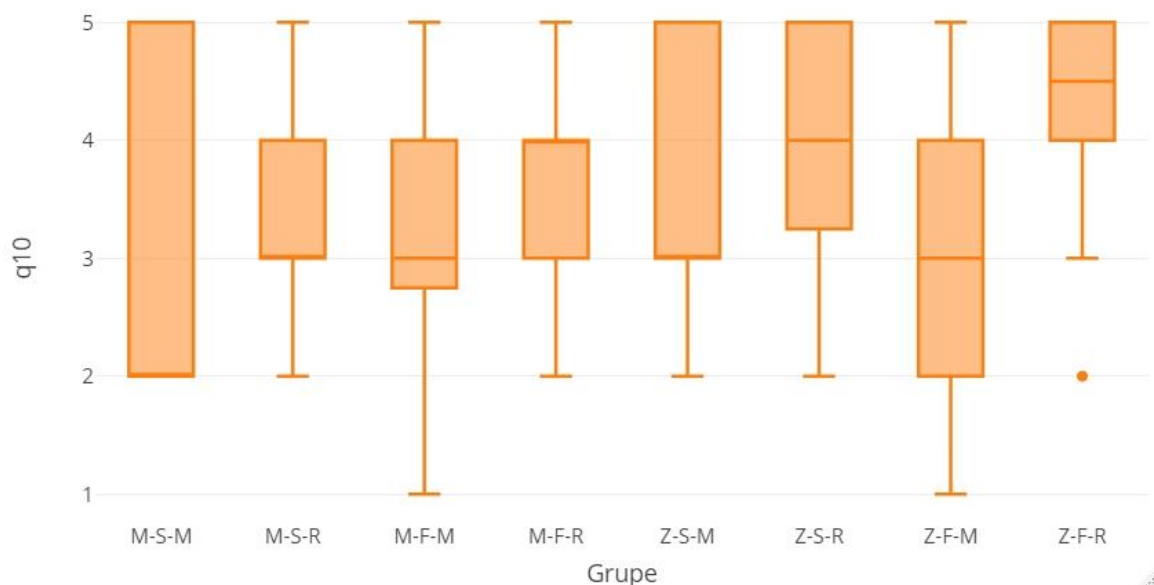
Slika 4.27 Rezultati linearnog modela za q9

P vrijednost F-statistike iznosi 0.7749 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q9.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q9.

Modeliranje za tvrdnju q10: Na jednostavan način sam uspijevao pomicati objekte koje želim.

Na Slici 4.28 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q10.



Slika 4.28 Box plot za tvrdnju q10

Deseti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$m10 \leftarrow \text{lm}(q10 \sim \text{spol} + \text{tip} + \text{dob}, \text{data}=X) \quad (14)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.29.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.8993     0.2504  11.580 < 2e-16 ***
spolZ        0.3390     0.2393   1.417  0.15987
tipracunalo  0.7132     0.2297   3.105  0.00251 **
dobs         0.1189     0.2311   0.514  0.60822
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.128 on 94 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1086,    Adjusted R-squared:  0.08014
F-statistic: 3.817 on 3 and 94 DF,  p-value: 0.01249
    
```

Slika 4.29 Rezultati linearnog modela za q10

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.01249 što je manje od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q10.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijable ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q10, a to je varijabla tip uređaja.

Otkrili smo da varijable spol i dob nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

$$m10 <- lm(q10 \sim tip, data=X) \quad (15)$$

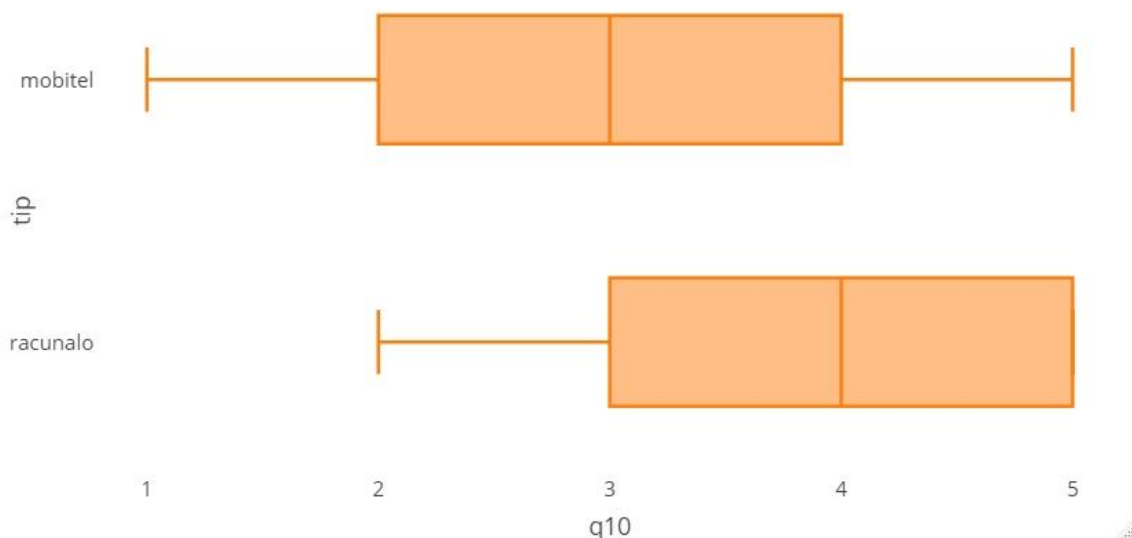
Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.30.

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.1818     0.1704  18.67 < 2e-16 ***
tipracunalo  0.6886     0.2295   3.00 0.00344 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.13 on 96 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.0857,    Adjusted R-squared:  0.07617
F-statistic: 8.998 on 1 and 96 DF,  p-value: 0.003443
```

Slika 4.30 Rezultati novog linearnog modela za q10

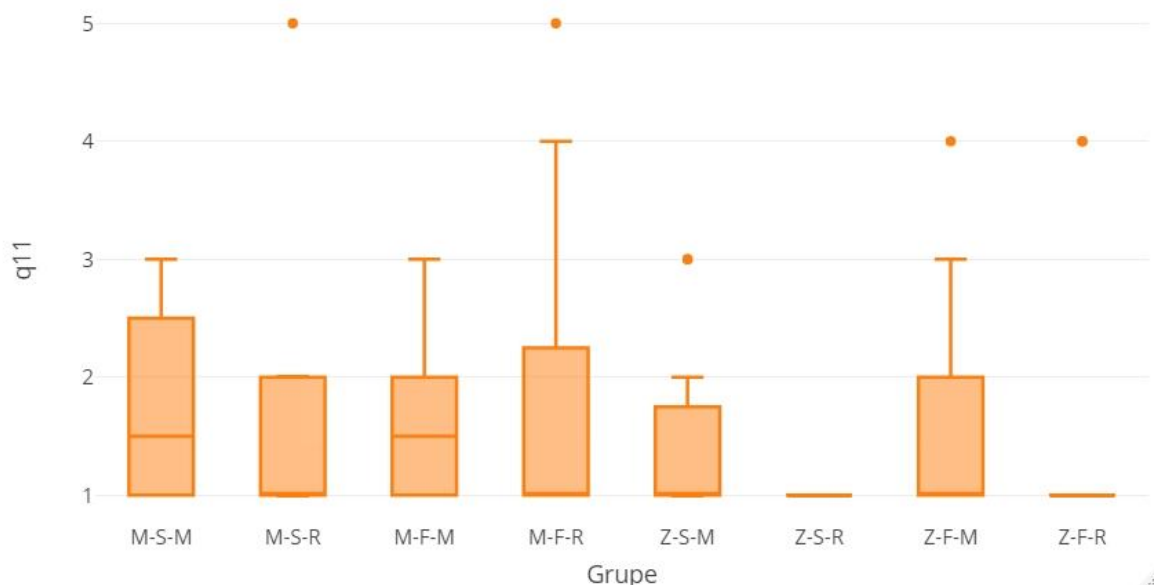
Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za tip uređaja računalo pozitivan (0.6886), a to ukazuje na to da je ispitanicima jednostavnije bilo pomicati objekte koje žele na računalu nego na mobitelu. Slika 4.31 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu tip uređaja.



Slika 4.31 Box plot za tvrdnju q10 u odnosu na tip uređaja

Modeliranje za tvrdnju q11: Prijelaz na sljedeći zadatak je kompliciran.

Na Slici 4.32 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q11.



Slika 4.32 Box plot za tvrdnju q11

Jedanaesti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

```
m11 <- lm(q11 ~ spol + tip + dob, data=X) (16)
```

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.33.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.9335	0.2246	8.607	3.1e-13	***
spolZ	-0.3983	0.2125	-1.875	0.0642	.
tipracunalo	-0.1754	0.2064	-0.850	0.3977	
dobS	-0.1767	0.2079	-0.850	0.3977	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9641 on 86 degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.05391, Adjusted R-squared: 0.02091
F-statistic: 1.634 on 3 and 86 DF, p-value: 0.1875

Slika 4.33 Rezultati linearnog modela za q11

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.1875 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q11.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijable ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q11, a to je varijabla spol.

Otkrili smo da varijable tip uređaja i dob nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

$$m11 \leftarrow \text{lm}(q11 \sim \text{spol}, \text{data}=X) \quad (17)$$

Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.34.

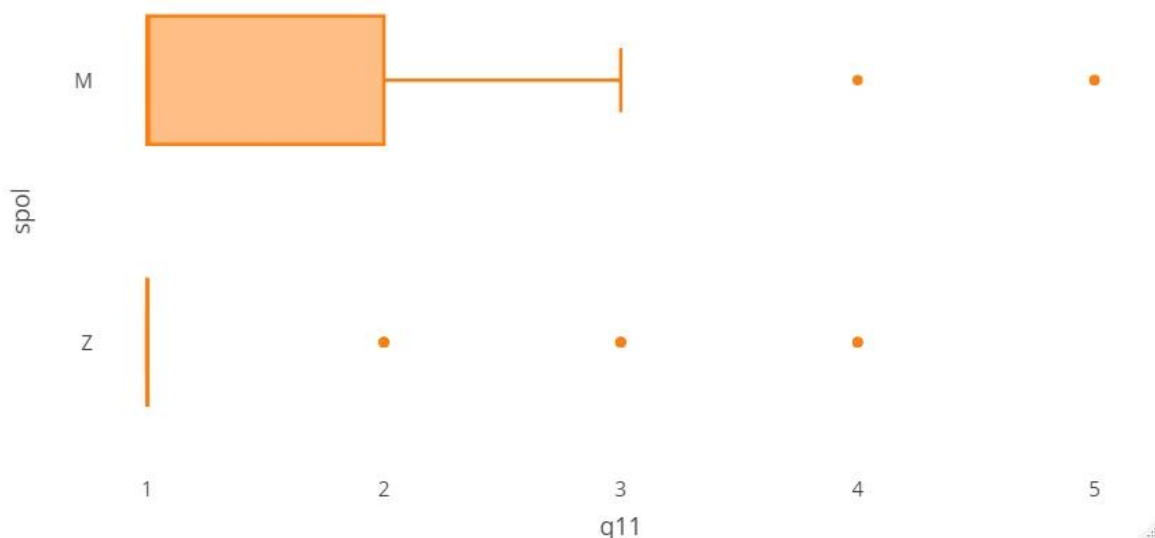
```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.7576     0.1673  10.503  <2e-16 ***
spolZ       -0.3892     0.2103  -1.851  0.0676 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9613 on 88 degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.03746,    Adjusted R-squared:  0.02652
F-statistic: 3.425 on 1 and 88 DF,  p-value: 0.06757
```

Slika 4.34 Rezultati novog linearnog modela za q11

Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za ženski spol negativan (-0.3892), a to ukazuje na to da je muškom spolu bio prijelaz na sljedeći zadatak kompliciraniji.

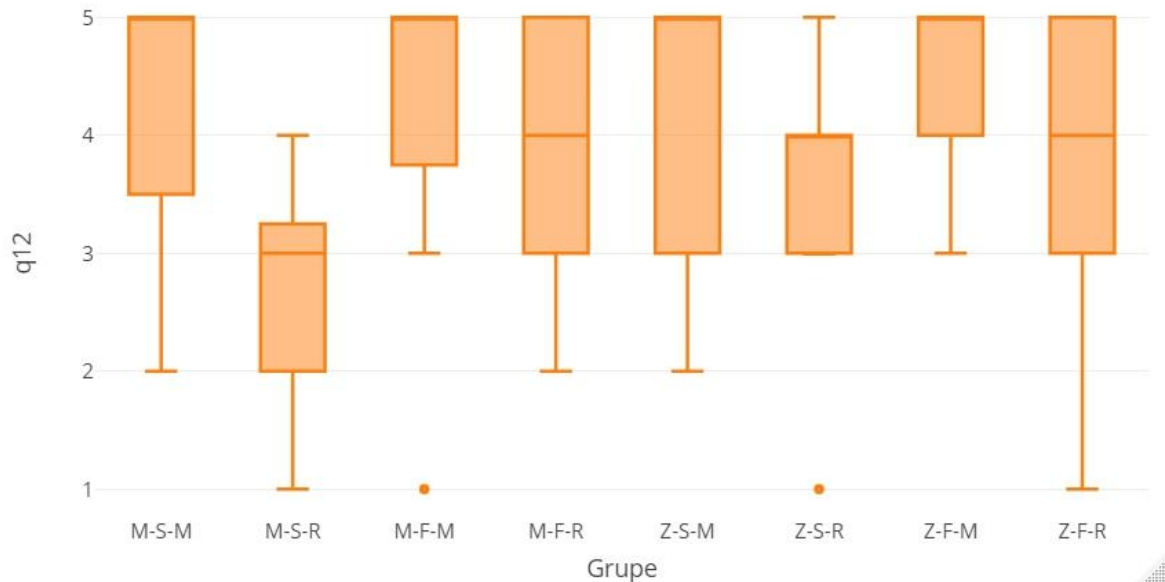
Slika 4.35 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu spol.



Slika 4.35 Box plot za tvrdnju q11 u odnosu na spol

Modeliranje za tvrdnju q12: Povratna informacija o bodovima za vrijeme rješavanja je važna.

Na Slici 4.36 se nalazi prikaz kakvu su ocjenu ispitanici određene grupe dali za tvrdnju q12.



Slika 4.36 Box plot za tvrdnju q12

Dvanaesti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$m12 <- lm(q12 \sim spol + tip + dob, data=X) \quad (18)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.37.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	4.2978	0.2466	17.431	< 2e-16	***
spolz	0.2684	0.2336	1.149	0.25341	
tipracunalo	-0.7357	0.2256	-3.260	0.00154	**
dobS	-0.3241	0.2259	-1.434	0.15471	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.111 on 95 degrees of freedom

(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1329, Adjusted R-squared: 0.1056

F-statistic: 4.855 on 3 and 95 DF, p-value: 0.00347

Slika 4.37 Rezultati linearnog modela za q12

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.00347 što je manje od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q12.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijable ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom q11, a to je varijabla tip uređaja.

Otkrili smo da varijable spol i dob nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

```
m12 <- lm(q12 ~ tip, data=X) (19)
```

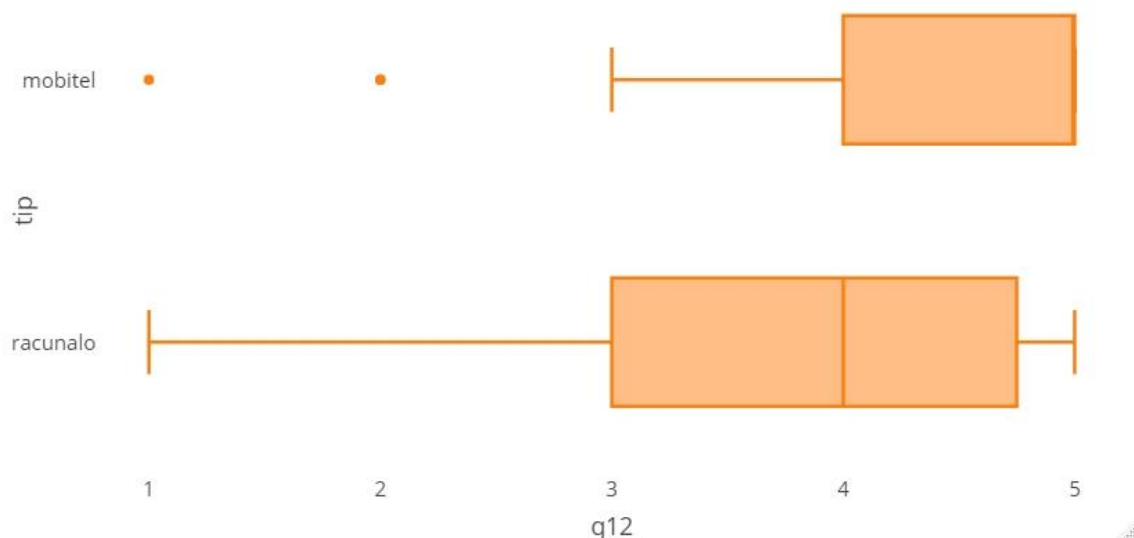
Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.38.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.3409      0.1686  25.753 < 2e-16 ***
tipracunalo -0.7591      0.2262  -3.357  0.00113 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.118 on 97 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.1041,    Adjusted R-squared:  0.09483
F-statistic: 11.27 on 1 and 97 DF,  p-value: 0.001128
```

Slika 4.38 Rezultati novog linearnog modela za q11

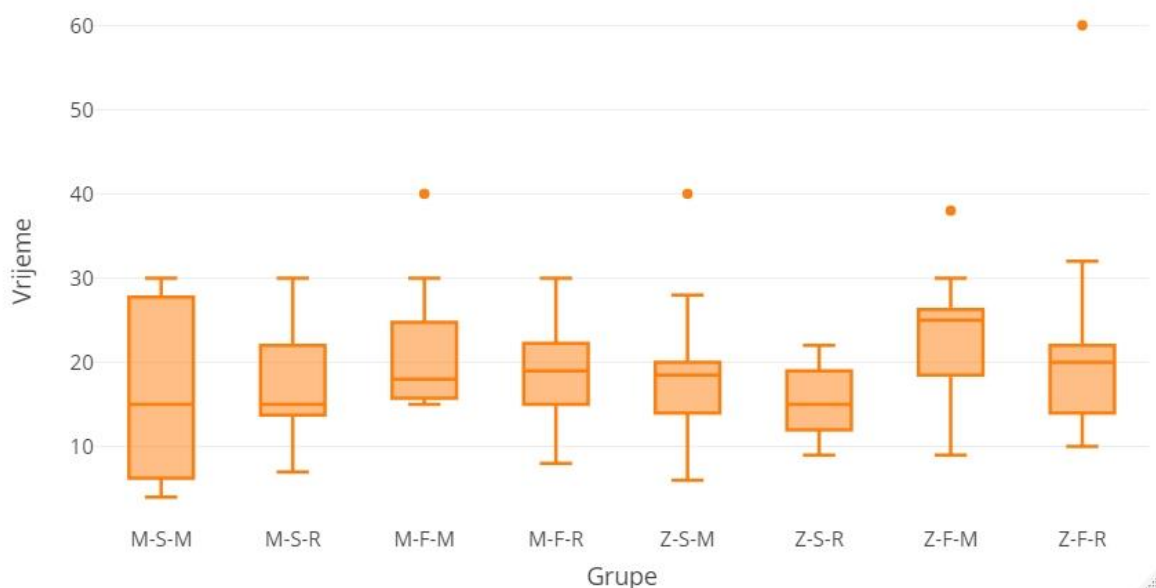
Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za tip uređaja računalo negativan (-0.3892), a to ukazuje na to da je ispitanicima na mobitelu povratna informacija o bodovima bila važnija nego onima na računalu. Slika 4.39 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu tip uređaja.



Slika 4.39 Box plot za tvrdnju q12 u odnosu na tip uređaja

Modeliranje za pitanje o vremenu rješavanja

Na Slici 4.40 se nalazi prikaz odgovora u koliko su vremena ispitanici riješili zadatke.



Slika 4.40 Box plot za pitanje o vremenu rješavanja

Trinaesti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$mVrijeme \leftarrow lm(vrijeme \sim spol + tip + dob, data=X) \quad (20)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.41.

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  21.7241    1.7680  12.287 <2e-16 ***
spolZ         0.8777    1.6777   0.523  0.6021
tipracunalo  -2.4191    1.6158  -1.497  0.1376
dobs         -3.9891    1.6199  -2.463  0.0156 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8.003 on 96 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.08326, Adjusted R-squared:  0.05461
F-statistic: 2.906 on 3 and 96 DF, p-value: 0.03864
```

Slika 4.41 Rezultati linearnog modela za vrijeme rješavanja

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.03864 što je manje od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom vrijeme.

Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da jedna nezavisna varijabla ima statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom vrijeme, a to je varijabla dob.

Otkrili smo da varijable spol i tip uređaja nisu značajne u ovom modelu. To znači da one neće značajno utjecati na tu tvrdnju pa ih je moguće ukloniti iz modela. Model je sada zadan kao:

```
mVrijeme <- lm(vrijeme ~ dob, data=X) (21)
```

Rezultati novog linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.42.

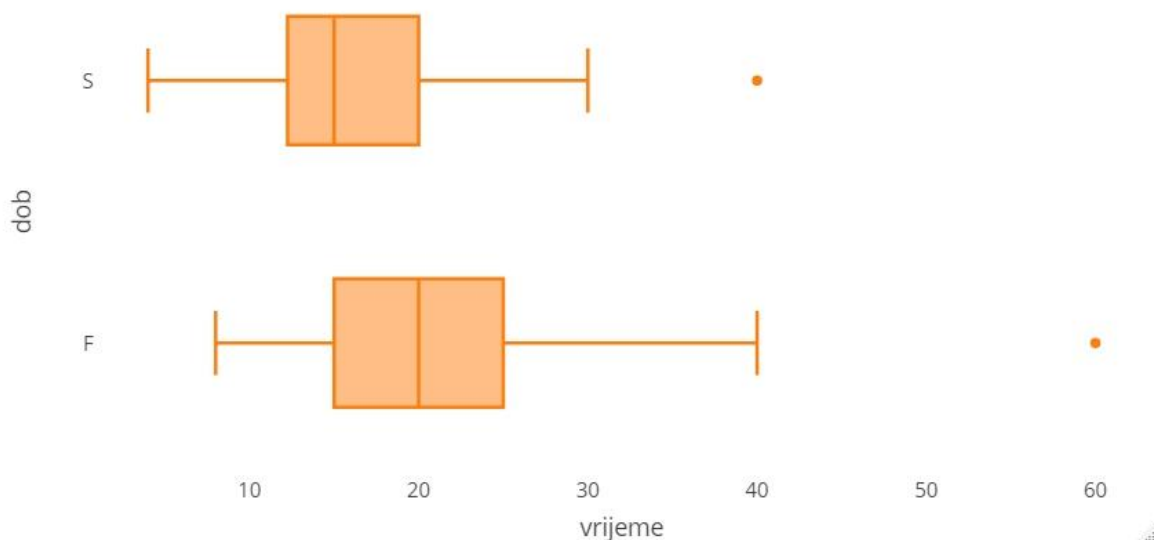
```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  20.947      1.064   19.694  <2e-16 ***
dobS         -3.971      1.622   -2.448   0.0161 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8.03 on 98 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.05762,    Adjusted R-squared:  0.04801
F-statistic: 5.992 on 1 and 98 DF,  p-value: 0.01615
```

Slika 4.42 Rezultati novog linearnog modela za vrijeme rješavanja

Sada možemo zaključiti iz novog linearnog modela i njene tablice koeficijenata je to da je koeficijent za učenike srednje škole negativan (-3.971), a to ukazuje na to da su učenici srednje škole u manje vremena riješili zadatke.

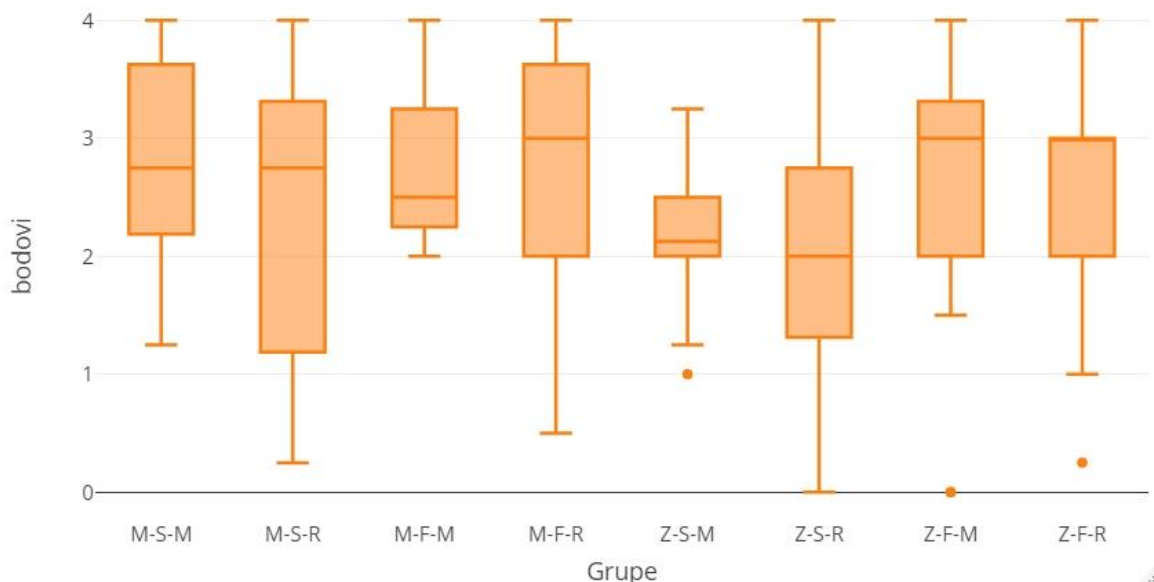
Slika 4.43 prikazuje opisani odnos aritmetičkih sredina za varijablu dob.



Slika 4.43 Box plot za vrijeme rješavanja u odnosu na dob

Modeliranje za riješenost zadataka

Na Slici 4.44 se nalazi prikaz ostvarenih bodova unutar određenih grupa.



Slika 4.44 Box plot za ostvarene bodove

Četrnaesti linearni model u R-u je zadan na sljedeći način:

$$mBodovi \leftarrow \text{lm}(\text{bodovi} \sim \text{spol} + \text{tip} + \text{dob}, \text{data}=X) \quad (22)$$

Rezultati linearnog modela u R-u su dani na Slici 4.45.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.2995	0.5729	4.014	0.000118 ***
spolZ	0.1333	0.5436	0.245	0.806810
tipracunalo	0.4197	0.5236	0.802	0.424755
dobs	0.2310	0.5249	0.440	0.660922

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.593 on 96 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.009193, Adjusted R-squared: -0.02177
F-statistic: 0.2969 on 3 and 96 DF, p-value: 0.8276

Slika 4.45 Rezultati linearnog modela za ostvarene bodove

P-vrijednost F-statistike iznosi 0.8276 što je veće od 0.05, a to znači da skupina nezavisnih varijabli ne pokazuje statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom bodovi. Promatrajući tablicu koeficijenata vidimo da nijedna nezavisna varijabla nema statistički značajan odnos sa zavisnom varijablom bodovi.

4.6.3. Rezultati testiranja upotrebljivosti

Za potrebe testiranja korišten je SUS upitnik koji sadrži 10 pitanja koji se odnose na subjektivno zadovoljstvo korisnika virtualnim svijetom na mobitelu i na računalu (Nakić, 2022). Odgovori su se davali na ljestvici od 5 stupnjeva (od 1 – uopće se ne slažem do 5 – u potpunosti se slažem).

Za potrebe testiranja SUS upitnik je preveden na hrvatski jezik (Tablica 4.3).

1.	Volio/voljela bih često koristiti ovo okruženje.
2.	Smatram da je ovo okruženje nepotrebno komplicirano.
3.	Smatram da je ovo okruženje jednostavno za korištenje.
4.	Smatram da bih trebao/la podršku stručne osobe kako bih koristio/la ovo okruženje.
5.	Smatram da su različite funkcije unutar okruženja dobro ukomponirane.
6.	Smatram da je previše nedosljednosti u ovom okruženju.
7.	Smatram da bi većina vrlo brzo naučila koristiti ovo okruženje.
8.	Smatram da je okruženje vrlo nespretno za korištenje.
9.	Osjećao/la sam se samouvjereno u korištenju ovog okruženja.
10.	Trebalo/la sam puno predznanja prije korištenja ovog okruženja.

Tablica 4.3. SUS upitnik na hrvatskom

Broj ispitanika koji je dao odgovore za CoSpaces Edu okruženje na mobitelu je bilo 45 i oni su dali ocjenu 73,17 od 100 što znači da ispitanici smatraju da je ovo okruženje dobro.

Broj ispitanika koji je dao odgovore za CoSpaces Edu okruženje na računalu je bilo 55 i oni su dali ocjenu 72,73 od 100 što znači da ispitanici smatraju da je ovo okruženje dobro.

S obzirom da su obje ocjene blizu ne možemo reći da postoji velika razlika u okruženjima na mobitelu i na računalu.

4.6.4. Kvalitativna analiza

Ispitanici su ujedno imali mogućnost dati i svoje komentare za virtualno okruženje što nam daje i kvalitativnu povratnu informaciju.

Svi prikazani odgovori su u izvornom obliku uz minimalne korekcije radi lakšeg shvaćanja.

Neki od reprezentativnih komentara za pitanje što im se sviđjelo u ovom virtualnom okruženju na mobitelu:

- „Sviđa mi se jednostavan prikaz likova i prostora i način na koji su napisane upute što ovaj program čini pojednostavljenim iako su zadaci izazovni i tjeraju na razmišljanje.“
- „Zabavniji način rješavanja zadataka i problema.“
- „Povezanost matematičkih zadataka i informatičkog okruženja.“
- „Objekti i upute na svim životinjama što je olakšavalo rješavanje zadataka.“

Neki od reprezentativnih komentara za pitanje što im se sviđjelo u ovom virtualnom okruženju na računalu:

- „Rekla bih da mu njegova jednostavnost daje mnogo prednosti tijekom korištenjem, jer netko tko se nije koristio sa ovakvim sučeljem ili njemu sličnim se vrlo lako može snaći u korištenju.“
- „Sviđa mi se što su upute omogućene za vrijeme rješavanja.“
- „Prikaz svijeta mi je jako zanimljiv.“
- „Mogućnost povratka na tekst zadatka.“

Neki od reprezentativnih komentara za pitanje što im se nije sviđjelo u ovom virtualnom okruženju na mobitelu:

- „Trebalo bi da se riješi na mobitelu jer je teško odabrati objekt koji želiš pomaknuti.“
- „Ne sviđa mi se što se nekad ne vide sve informacije na ekranu kada se neki likovi pomaknu.“
- „Ne sviđa mi se što su neke informacije dolazile dva puta, malo je teže ponekad koristiti program i likovi se često teško označavaju, na mobitelu je nezgodno koristiti.“
- „Nemogućnost lakog pomicanja i kamere i položaja.“

Neki od reprezentativnih komentara za pitanje što im se nije sviđjelo u ovom virtualnom okruženju na računalu:

- „Ponekad je teško prepoznati objekte u prostoru.“
- „Neke funkcije su komplicirane kao zumiranje i nekada upute smetaju u rješavanju.“
„Objašnjenja zadataka su duga.“

5. Zaključak

S obzirom da je u današnje vrijeme tehnologija počela preuzimati svoj udio u edukaciji, počele su se proučavati te proizvoditi razne platforme, prvenstveno kako bi se svim učenicima moglo prilagoditi i na što jednostavniji način pomoći pri učenju novih pojmova.

Programiranje je samo po sebi kompleksno, ali zato uz pomoć novih tehnologija se jednostavno može približiti učenicima i učiniti puno lakše nego što uistinu je. Sve te edukacijske platforme za učenje programiranja često nude i opciju korištenja na mobitelu i na računalu pa je zapravo ovdje bio cilj provjeriti za CoSpaces Edu platformu postoji li kakva veća razlika između ta dva načina interakcije. Ono što smo uočili je da postoje razlike, ali ne pretjerano velike da možemo zaključiti da je jedna interakcija gora od druge, što je zapravo dobro jer to znači da ako se korisnici budu koristili ovom platformom ili na mobitelu ili na računalu da neće imati ništa lošije iskustvo.

Isto tako je i samo subjektivno zadovoljstvo korisnika za interakciju na mobitelu i na računalu donijelo slične rezultate čime možemo potkrijepiti svoje zaključke da ne postoji prevelika razlika te da korištenje ove platforme može pomoći u podučavanju jer neovisno na kojem uređaju je koristili i dalje pokazuje da se korisnicima sviđa ovaj novi pristup poučavanju i da potiče znatiželju za učenjem.

Literatura

- CoSpaces Edu*. (2012). Preuzeto 12. 10. 2022. iz <https://cospaces.io/edu/>
- Dabar*. (2018). Preuzeto 19. 10. 2022. iz <https://ucitelji.hr/wp-content/uploads/2019/01/Dabar2018.pdf>
- Dabar*. (2020). Preuzeto 19. 10. 2022. iz <https://ucitelji.hr/wp-content/uploads/2020/11/Dabar-2020-zbirka-zadataka.pdf>
- Granić, A. (2022). *Upotrebljivost i vrednovanje sučelja. Nastavni materijali za predavanja iz predmeta Interakcija čovjeka i računala, Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu*. Preuzeto 17. 9. 2022.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning with applications in R*. New York: Springer.
- Klopper, J. (2018). *RPubs*. Preuzeto 28. 10. 2022. iz https://rpubs.com/juanhklopper/multivariate_comparison_of_means_of_two_groups
- Lai, Y.-H., Chen, S.-Y., Lai, C.-F., Chang, Y.-C., & Su, Y.-S. (2019). Study on enhancing AIoT computational thinking skills by plot image-based VR. doi:10.1080/10494820.2019.1580750
- Lin, P.-H., & Chen, S.-Y. (2020). Design and Evaluation of a Deep Learning Recommendation Based Augmented Reality System for Teaching Programming and Computational Thinking. doi:10.1109/ACCESS.2020.2977679
- Moscato, D. R., & Altschuller, S. (2012). Tapping the Potential of Virtual-Based Simulations in Higher Education. doi:10.1007/978-3-642-30433-0_20
- Nakić, J. (2022). *Testiranje upotrebljivosti. Nastavni materijali za vježbe iz predmeta Interakcija čovjeka i računala, Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu*. Preuzeto 17. 9. 2022.
- Nakić, J., Teskera, B., Boban, D., & Čavar, M. (2022). Experiences and Lessons Learned from Community Engaged Education for Children at Code Club PMF. *Proceedings of the 1st International Scientific and Professional Conference on Service-Learning "COMMUNITY-ENGAGED UNIVERSITY", May 20, 2022, Split, Croatia, Split, Hrvatska, 2022*. str. 141-164
- ucitelji.hr*. (2008). Preuzeto 12. 10. 2022. iz <https://ucitelji.hr/>

Prilozi

DABROV SKOK

Oznaka zadatka: 2018-CH-11	Tip pitanja: brojčano
Ključne riječi: operacija modulo , ostatak pri dijeljenju	



ZADATAK

Nekoliko je dabrova sudjelovalo u tradicionalnom godišnjem izazovu za dabrove. Njihov prvi zadatak bio je skakati s kamena na kamen u smjeru kazaljke na satu, kako pokazuje strelica na slici, počevši od kamena označenog brojkom 0. Dakle, ako bi dabar skočio 8 puta, završio bi na kamenu broj 3:

$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$.



PITANJE/IZAZOV

Jedan se od dabrova iskazao i skočio iznimnih 129 puta. Na kojem je kamenu završio?

TOČAN ODGOVOR

Kamen broj 4.

OBJAŠNJENJE

Ako dabar skoči 5 puta, završiti će gdje i počinje. Nazovimo to jedan „krug“. Kako bismo saznali gdje će završiti nakon što skoči 129 puta moramo saznati koliko je ukupno „krugova“ tako prošao i koliko puta još mora skočiti nakon toga. U tome slučaju je $129 = 25 \times 5 + 4$. Dakle, skačući 129 puta završiti će tamo gdje bi završio kada bi skočio samo 4 puta. Završava na kamenu broj 4.

RAČUNALNA POVEZANOST

Ovu ste računsku radnju mogli već vidjeti na satu matematike. Ona je dio onoga što vam je poznato kao dijeljenje na duži način ili euklidsko dijeljenje koje računa cjelobrojni rezultat i ostatak dijeljenja. U ovome slučaju potrebno je izračunati ostatak dijeljenja broja 129 sa 5. Pošto je ova računska operacija često korištena na računalima, ona ima svoj naziv: modul (modulo). Kao operator najčešće se koristi „%“ ili „mod“. Tako bismo za naše dijeljenje mogli napisati $129 \% 5 = 4$. Tipična uporaba ovog operatora jest u petljama programa (baš kao što i naš dabar skače u petlji), kada se varijable „prelijevaju“ ili čak i u široko rasprostranjenom kriptosistemu (RSA, Rivest–Shamir–Adleman cryptosystem).

IGRA S KOCKICAMA



Oznaka zadatka: 2020-PT-02b

Tip pitanja: Unesi broj

Ključne riječi: Stog; Median; Sortiranje; Optimizacija

ZADATAK

Roko se voli igrati kockama i graditi zamišljene svjetove. Kockice su iste veličine, a od jednog dijela kockica izgradio je sedam lijepih tornjeva.



Postoje dva načina za promjenu visine tornja: dodavanje kocka na vrh ili uklanjanje kocka s vrha. Dodavanje ili uklanjanje kocka računa se kao jedan potez.

Na primjer, ako promijeni visinu krajnjeg lijevog tornja na 2, potrebno je 3 poteza (uklanjanje 3 kocke), a ako ga promijeni u 7, potrebno je 2 poteza (dodavanje 2 kocke). Premještanje kocke iz jednog tornja u drugi

broji se kao 2 poteza.

Roko želi da svi tornjevi budu iste visine i to želi napraviti u što manje poteza.


PITANJE/IZAZOV


Koliko najmanje poteza treba napraviti da bi svi tornjevi bili iste veličine? (Unesi samo broj!)

TOČAN ODGOVOR

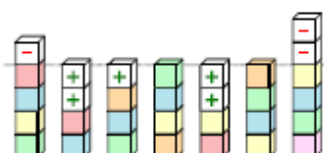
Točan odgovor je 8 poteza.

OBJAŠNJENJE

Dodavanje kocke prikazano je s kockom koji je označen s plus , a

oduzimanje s kockom koja je označena s minus . Naredna slika

daje objašnjenje kako u 8 poteza izjednačiti visinu tornjeva da svi budu jednake visine 4 kocke.



Kao što je prikazano u tablici, sva ostala rješenja imaju više poteza.

	Originalna visina	5	2	3	4	2	4	6	Broj poteza
kreti	Visina 1	4	1	2	3	1	3	5	19
	Visina 2	3	0	1	2	0	2	4	12
	Visina 3	2	1	0	1	1	1	3	9
	Visina 4	1	2	1	0	2	0	2	8
	Visina 5	0	3	2	1	3	1	1	11
	Visina 6	1	4	3	2	4	2	0	16

Drugi način dolaska do rješenja bi bio sortiranje tornjeva i pronalazak medijana od visina 2, 2, 2, 3, 4, 4, 5, 6,

RAČUNALNA POVEZANOST

Obavezno!

Svaki toranj je ono što u informatici nazivamo stog. S dvije moguće operacije: dodavanje (stavljajući novu kocku na vrhu stoga) i oduzimanje (uklanjanje najviše kocke). U ovom problemu moramo uzeti u obzir trenutnu visinu svakog tornja koji je već izgrađen.

Stog se koristi u mnogo složenijim algoritmima od gradnje tornjeva kockicama. Na primjer, mogu se koristiti za procjenu točnosti aritmetičkih izraza.

Potruga za najboljim rješenjem (kao što je minimalni trošak) uključivši sve mogućnosti veoma je česta u informatici. To je poznato kao problem optimizacije. U tom slučaju, jednostavno može se pronaći i koristiti medijan, koji bi uključivao sortiranje elemenata i odabir centralne vrijednosti.

SUDOKU STABLA



Oznaka zadatka: 2020-CH-04

Tip pitanja: postavi na sliku

Ključne riječi: strukture podataka, algoritmi

ZADATAK

Dabrovo polje podijeljeno je na 16 parcela raspoređenih u mrežu 4 x 4 gdje mogu posaditi po jedno stablo na svakoj parceli.

- U polje sade 16 stabala visine 1 (🌲), 2 (🌲), 3 (🌲) i 4 (🌲) slijedeći pravilo:
- svaki redak (vodoravna linija) sadrži točno jedno stablo svake visine
 - svaki stupac (okomita linija) sadrži točno jedno stablo svake visine.



Ako dabrovi promatraju stabla u jednom redu (vidi sliku), ne mogu vidjeti stablo skriveno iza višeg stabla. Na kraju svakog retka i stupca rešetke 4 x 4 dabrovi su postavili znak i na njemu je napisan broj stabala vidljivih s tog položaja.

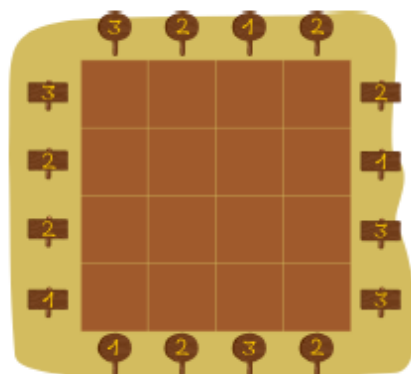
Ivan je točno zapisao brojeve na znakovima, ali je posadio nekoliko stabala na pogrešne parcele.

PITANJE/IZAZOV

Možete li pronaći pogreške koje je Ivan napravio i ispraviti visine drveća?



Na sliku ispod postavi ispravno posađeno drveće.



TOČAN ODGOVOR



OBJAŠNENJE

Kada se pogleda opis Ivanovog polja, postavljanje drveća slijedi pravila (svaki redak i svaki stupac sadrže četiri stabla i sve četiri visine), ali brojevi na znakovima ne odgovaraju broju stabala vidljivih sa određenog položaja. Kako bi to riješili, potrebno je pronaći točne retke ili stupce: brojevi na znakovima odgovaraju broju vidljivih stabla.

Retke 2 i 3; a stupce 2 i 4 ne treba mijenjati jer su točni.

U redcima ili stupcima gdje se ne podudara broj na ploči s brojem vidljivih stabala morat će se izmijeniti veličine nekih stabla.

U redcima 1 i 4 i stupci 1 i 3 se broj na ploči ne podudara s brojem vidljivih stabala, što znači da moraju imati pogrešno postavljena stabla.

Koristeći ovu logiku, možemo uočiti stabla koji se nalaze na sjecištu ovih redaka i stupaca te ih promijeniti (zasjenjeno crvenom bojom na donjoj slici). Promjenom visine stabala koji su na pogrešnom mjestu znači da ispravni redci i stupci ostaju nepromijenjeni. U prvom stupcu zamijenimo stabla označena crvenom bojom i time ćemo dobiti ispravnost brojčane oznake na znakovima. Slično je i za 3. stupac.

Mijenjanjem visine stabla na ove četiri pozicije, sve dok svi redovi i stupci ne zadovoljavaju pravila (svaki redak i svaki stupac sadrže po četiri stabla sa sve četiri visine) i dok nije točna oznaka na znakovima, može se riješiti ovaj problem.



RAČUNALNA POVEZANOST

Ovaj se zadatak približava dvjema temeljnim kompetencijama informatičara. Jedno je pronaći rješenje problema koji udovoljava zadanim uvjetima. Druga je sposobnost rekonstrukcije objekta iz djelomičnih informacija koristeći znanje o svojstvima navedenog objekta. To se može koristiti za komprimirani prikaz objekata. Štoviše, mora biti u stanju slijediti pravila i tražiti pogreške u predstavljanju podataka (izlaznim rezultatima).

Ispravljanje pogrešaka uobičajena je tehnika koja se koristi u računalnoj znanosti kako bi se osigurala pouzdanost u prijenosu podataka koji se mogu izgubiti ili oštetiti. Tehnike ispravljanja pogrešaka uključuju vraćanje netočnih podataka u izvorni i točan oblik.

NA IZLETU

Oznaka zadatka: 2018-CH-07	Tip pitanja: višestruki odgovor
Ključne riječi: optimizacija, problem ruksaka	



ZADATAK

Skupina dabrova je na izletu. Žele se dizalom popeti na terasu vidikovca.

Ali, već je kasno i dizalo vozi gore samo još dva puta. Na žalost, dizalo može odjednom podići ukupno 30 kg težine i ne mogu svi dabrovi na vidikovac.

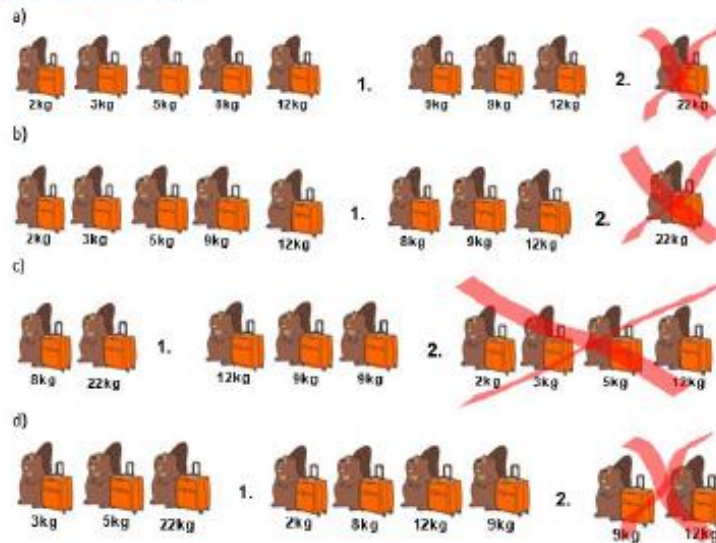


PITANJE/IZAZOV

Kako se dabrovi sa svojim stvarima mogu rasporediti u dvije skupine kako bi ih se najviše moguće popelo na vidikovac?



PONUĐENI ODGOVORI



TOČAN ODGOVOR



OBJAŠNENJE



Odgovor b) ne odgovara jer dizalo može odjednom podići ukupno 30 kg težine a ukupna težina dabrova sa svojim stvarima u prvoj skupini iznosi 31 kg. Niti odgovor c) ne odgovara jer se čak 4 dabrova neće moći popeti na vidikovac. Odgovor d) nije točan jer ukupna težina dabrova sa svojim stvarima u drugoj skupini iznosi 31 kg.

RAČUNALNA POVEZANOST

Problem je u tome što imamo previše mogućnosti te je nemoguće svaku od njih provjeriti u nekom razumnom vremenu. Moramo pronaći 'najbolje moguće' rješenje za problem, iako ono ne mora uvijek biti i optimalno.

U računalnoj znanosti takvi problemi nazivaju se praktički nerješivima. Unatoč tome koristili smo pametan plan, pokušavajući smjestiti što je moguće više dabrova u prvo dizalo. U informatici takav plan koji vodi do dobrog, ali ne nužno najboljeg rješenja naziva se heuristika.