

Razvoj in uporabniška študija mobilne aplikacije za vadbo poliritmov

Jaka Kužner¹, Matevž Pesek^{1,*} and Matija Marolt¹

¹University of Ljubljana, Faculty of computer and information science, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia

Abstract

V članku predstavimo zasnovano, razvoj in evalvacijo mobilne aplikacije za učenje in vadbo poliritmov, pri čemer je bil poseben poudarek namenjen uporabi polizvezde kot vizualnega pripomočka in integraciji elementov poigritve. Evalvacija, izvedena z uporabniškimi testi in vprašalniki UEQ-S in TAM, je pokazala pozitiven potencial aplikacije ter nakazala priložnosti za izboljšave, zlasti pri algoritmu za ocenjevanje, optimizaciji za različne naprave in razširitvi funkcionalnosti. Izdelana aplikacija predstavlja osnovo za nadaljnji razvoj, ki bo usmerjen v možnosti dinamičnega spreminjanja poliritmov in taktovskega načina, v dodatne načine točkovanja ter integracijo v platformo Trubadur, namenjeno vaji glasbenih konceptov.

Keywords

učenje glasbe, ritmična igra, poliritem, pedagoška orodja, uporabniška izkušnja, vizualizacija ritma

1. Uvod

Ritmične in glasbene igre predstavljajo pomembno stičišče med zabavo, učenjem in digitalno interakcijo. V zadnjih desetletjih so se uveljavile kot priljubljena oblika rekreativne dejavnosti, ki s pomočjo poigritve – vključevanjem mehanizmov, kot so točkovanje, napredovanje po nivojih in vizualne povratne informacije, uporabnike spodbujajo k razvijanju motoričnih spretnosti, koordinacije, pozornosti in različnih glasbenih znanj [1, 2]. Hkrati kažejo tudi velik potencial kot alternativna pedagoška orodja, saj glasbeno izobraževanje prek iger, tako učencem kot učiteljem, odpira nove možnosti za bolj dostopno, motivirano in učinkovito učenje [3, 4].

Kljub širokemu naboru ritmičnih iger na trgu pogosto primanjkuje vsebin, ki bi uporabnika vodile onkraj osnovnega sledenja utripu in ga postopno uvedle v bolj kompleksne glasbene pojave. Eden izmed takih pojavov so **poliritmi** – sočasno izvajanje dveh ali več različnih metričnih vzorcev (npr. v razmerju 3:2 ali 4:3), ki zahteva prefinjen občutek za čas, notranjo koordinacijo in sposobnost poslušanja več ritmičnih slojev hkrati [5, 6]. Sodobne digitalne tehnologije odpirajo nove priložnosti za njihovo predstavitev: interaktivne vizualizacije, natančna povratna informacija in elementi poigritve uporabniku omogočajo, da se s tem zahtevnim konceptom sreča na igriv, raziskovalen način, kjer se prepletata zabavna dinamika ritmičnih iger in pedagoška vrednost poglobljenega glasbenega učenja.

Pomembnost tovrstnega pristopa izhaja iz dejstva, da tradicionalno učenje poliritmov poteka bodisi z vodenim igranjem pod mentorstvom bodisi s pomočjo notnih primerov ali ustnega prenosa. Takšne metode zahtevajo neposreden stik z mentorjem, daljši časovni vložek in pogosto tudi finančna sredstva, kar lahko za marsikoga predstavlja oviro. Digitalno orodje, ki združuje vizualne, slušne in interaktivne elemente, lahko ta proces naredi dostopnejši, hitrejši in bolj prilagodljiv. S tem se zmanjšajo začetne frustracije, poveča angažiranost uporabnika ter omogoči, da se s kompleksnimi ritmi spoprime širši krog ljudi.

V članku predstavljamo aplikacijo, ki je namenjena raznolikemu spektru uporabnikov: glasbenim pedagogom kot dopolnitev učnih metod, učencem in dijakom za samostojno vadbo, samoukim glasbenikom, ki želijo razširiti svoje sposobnosti, ter ljubiteljem ritmičnih iger, ki iščejo nove izzive. Nadaljnje želimo

Human-Computer Interaction Slovenia 2025, October 13, 2025, Koper, Slovenia

*Corresponding author.

✉ jk1087@student.uni-lj.si (J. Kužner); matevz.pesek@fri.uni-lj.si (M. Pesek); matija.marolt@fri.uni-lj.si (M. Marolt)

🌐 <https://matevzpesek.si/> (M. Pesek); <https://musiclab.si/> (M. Marolt)

🆔 0000-0001-9101-0471 (M. Pesek); 0000-0001-9101-0471 (M. Marolt)



© 2025 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

<https://doi.org/10.26493/978-961-293-559-7.7>

z aplikacijo nasloviti manjko aplikacij, ki na alternativne načine predstavljajo koncept interaktivne vizualizacije ritma in lahko v prihodnje služijo za različne ustvarjalce glasbe pri ustvarjanju novih del ali kot eksperimentalna platforma za raziskovanje sveta ritmičnih struktur. Prototip razvite aplikacije evalviramo na skupini uporabnikov z raznolikim glasbenim predznanjem v obliki vprašalnikov TAM in UEQ-S in vprašalnika odprtega tipa, ki služijo kot podlaga za nadaljnji razvoj in integracijo aplikacije v obstoječo platformo Trubadur.

2. Pregled področja

Ritmične igre so v zadnjih desetletjih postale stalnica v svetu videoiger. Njihova privlačnost temelji na povezovanju glasbe, gibanja, koordinacije in hitrega odzivanja. Ena prvih komercialno uspešnih ritmičnih iger je bila **PaRappa the Rapper** (1996), kjer igralec v vlogi raperskega psa ponavlja ritmične vzorce v pravem tempu in zaporedju. Igra je izšla za konzolo Sony PlayStation in hitro postala kulturna uspešnica zaradi svojega edinstvenega vizualnega sloga, humorja in nalezljive glasbe.

Naslednji pomemben mejnik je bila igra **Dance Dance Revolution** (1998), ki je z uporabo plesne plošče kot vhodne naprave igralcem omogočila telesno aktivnost, spodbujala gibanje ter kreativno oblikovanje lastnih koreografij. Igralci so sledili vizualnim puščicam in v pravem trenutku stopali na ustrezna mesta plošče. Zaradi svoje fizične komponente je DDR hitro postal kulturni fenomen, še posebej v Aziji in v arkadni skupnosti.

V sredini 2000-ih sta priljubljenost ritmičnih iger okrepili seriji **Guitar Hero** in **Rock Band**, ki sta predstavili koncept uporabe poenostavljenih inštrumentov kot kontrolerjev. Igralec ni le gledal zaslona, temveč je dejansko igral na plastično kitaro, kar je ustvarilo močan občutek identifikacije z glasbenikom in populariziralo igranje na odru med širšo publiko.

S prihodom pametnih telefonov so se ritmične igre prilagodile na nove platforme. Medtem ko mobilne igre navadno niso toliko fizično vključujoče kot npr. Guitar Hero ali Dance Dance Revolution, so zelo dostopne in raznolike, kar omogoča igranje praktično kjerkoli in kadarkoli. Takšne igre pogosto ponujajo različne težavnostne ravni, vizualne in zvočne učinke ter interaktivne elemente, ki lahko spodbujajo kognitivne in motorične spretnosti. **Tap Tap Revenge** (2008) je izkoristil zaslone na dotik in postal ena prvih množično igranih glasbenih iger na mobilnih napravah, pri čemer je igralcem omogočil enostaven vstop v ritmične igre brez posebne opreme.

Z razvojem tehnologij, kot so **navidezna resničnost (VR)**, **obogatena resničnost (AR)** in **napredna senzorska tehnologija**, se pojavijo tudi novi načini interakcije v ritmičnih igrah. Ena takšnih je VR-igra **Steady the drums!** [7], ki igralca postavi v vlogo bobnarja v domišljajskem svetu, kjer z udarci po bobnih vodi svojo vojsko.

Ena najbolj popularnih VR ritmičnih iger je igra **Beat Saber**. Igralec se v igri znajde v nadrealističnem neonskem svetu, kjer z laserskimi meči po ritmu pesmi, seka prihajajoče bloke v pravi smeri in tempu. Igra združuje gibanje telesa, natančnost in hitrost, kar ustvarja intenzivno in zabavno izkušnjo. Poleg tega omogoča igralcem, da se potopijo v glasbo na povsem nov način, hkrati pa spodbuja telesno aktivnost in koordinacijo. Zaradi svoje enostavne, a hkrati zahtevne mehanike, je Beat Saber postal priljubljena izbira med ljubitelji VR in ritmičnih iger po vsem svetu. Tak pristop ne vključuje le ritmične natančnosti, temveč tudi prostorsko orientacijo, gibalno odzivnost in občutek telesne prisotnosti.

Poleg digitalnih pristopov pa obstajajo tudi **analogne in nekonvencionalne ritmične igre**. Sem sodijo razne didaktične igre, kot so:

- hoja ali udarjanje po ritmu z roko/stopalom (uporablja se v Orffovem pristopu [8]),
- igranje ritmičnih vzorcev po telesu (angl. body percussion - telo kot inštrument),
- kartice z ritmičnimi zapisi, ki jih učenec prepozna ali reproducira,
- skupinsko bobnanje in "call-and-response" igre v razredu.

Te metode so pogosto priljubljene pri uvajanju otrok v glasbeni svet, saj spodbujajo telesno učenje, skupinsko dinamiko in intuitivno razumevanje ritma.

Kombinacijo mobilnih naprav in učenja glasbe najbolj predstavljajo izobraževalne aplikacije, kot so Yousician (za učenje kitare, klavirja, bas kitare in petja), Rocksmith (z električno kitaro kot vhodno napravo), Piano Maestro (za začetno učenje klavirja). Te aplikacije združujejo strukturirane lekcije, realnočasovno ocenjevanje izvedbe ter poigritvene elemente (točke, dosežki, lestvice), kar omogoča motivirano in samostojno učenje.

Digitalna pedagogika, zlasti na področju glasbe, pogosto naleti na omejitve obstoječih orodij. Platforme, kot je Moodle, se večinoma uporabljajo zgolj za shranjevanje, akumulacijo in distribucijo gradiv, redko pa ponujajo okolje za aktivno interaktivno učenje ali razvoj zahtevnejših orodij [9]. Platforma **Trubadur** si prizadeva to vrzel zapolniti z igrificiranim pristopom in razvijanjem digitalnih učnih pripomočkov za glasbene pedagoge in učence. V slovenskem prostoru je ena redkih odprtokodnih izobraževalnih platform na področju glasbe. Učiteljem nudi orodja za pripravo vaj, avtomatizirano generiranje ritmičnih in melodičnih nalog ter analitiko uspešnosti. Z razvojem prototipne aplikacije poliritmične igre, ki jo nameravamo vključiti v platformo, se platforma razširja z novim tipom nalog, ki presega običajno klikovno interakcijo in uporabniku omogoča igranje zahtevnejših ritmičnih struktur na interaktiven način.

2.1. Teoretična in pedagoška osnova poliritmov

Poliritmija je glasbeni pojav, pri katerem sočasno izvajamo dva ali več različnih ritmov znotraj istega osnovnega pulza [10, 11]. Primer je 3:2 poliritem (imenovan tudi "trojka nad dvojko" ali "tri proti dve"), kjer ima en ritem tri enake enote v času, ko ima drugi dve enoti [11]. Splošno gledano tvorita poliritem frazi z $m : n$ razdelitvami (npr. 3:2, 4:3, 5:4), kar pomeni sočasno igranje m enakomernih delčkov prvega ritma in n delčkov drugega. V glasbenem zapisu poliritme pogosto prikažemo kot različne delitve istega tempa (npr. v istem taktu), vendar jih lahko tudi razumemo kot simetrično usklajevanje dveh med seboj povezanih tempov [12].

Poliritmi so pogosti v številnih glasbenih tradicijah. Zasledimo jih v afriških in indonezijskih tradicijah (gamelan idr.), pa tudi v sodobni zahodni umetni glasbi – tako pri skladateljih kot sta Charles Ives in Elliott Carter, kot tudi v jazzu in rocku [10]. Uporaba poliritma skladbi doda notranjo kompleksnost: različno delitev ritma hkrati ustvarja bogato ritmično teksturo in kontrast. Pri analizi poliritmov glasbena teorija pogosto uporablja najmanjši skupni večkratnik (angl. Least Common Multiple, krajše LCM) razdelitvenih enot, da določi skupni cikel (npr. za 3:2 je LCM 6, kar pomeni šest enakih pod-pulzov v ciklu).

Učenje poliritmov prinaša posebne izzive. Tradicionalni koncept neodvisnosti rok se izkaže za manj učinkovit, saj v resnici poliritem zahteva zaznavanje celotnega koordinacijskega vzorca [12]. Swafford (2023) zato predlaga, da se učenci osredotočijo na internalizacijo celotnega vzorca, ne pa izolirane vadbe rok. Poleg tega Pinkl in Cohen (2023) predlagata uporabo ritmičnih jezikovnih fraz kot učnega orodja: na primer angleške fraze, kot sta "hot cup of tea" za poliritem 3:2 ali "what atrocious weather" za 3:4, ki odražajo ustrezno razmerje ritmov in pomagajo študentom lažje zapomniti si strukturo [11].

Učitelji lahko začnejo z osnovnim poliritmom (npr. 3:2), ga učencu pomagajo premostiti v občutenje osnovnega utripanja, nato pa postopoma uvajajo zahtevnejša razmerja (3:4, 5:4 itd.). Yokuş in Yokuş (2015) predlagata metodo organizacije ritmičnih struktur s sintezo, kjer se kompleksne vzorce deli na manjše enote v skupnem ciklu – to znatno izboljša razumevanje in izvedbo [13]. Podobno lahko vaje v gibalni orientaciji (po vzoru euritmike) pomagajo, saj gibanje okrepi povezavo med slušnim zaznavanjem in motorično izvedbo. Ključno je torej razviti sposobnost hkratnega zaznavanja osnovnega in sekundarnega ritma kot celoto, da ju znamo tudi pravilno motorično izvesti. Pri razvoju aplikacije bomo, z vizualno in sonično podporo, igralce spodbudili, da poliritme tudi motorično izvedejo ter da lahko z orodjem razvijajo in urijo sposobnost ločevanja osnovnega in sekundarnega ritma.

3. Razvoj aplikacije

3.1. Predstavitev vizualnega oblikovanja aplikacije

Aplikacija “Poliritmična igra” (angl. **Polyrhythm Game**) je izobraževalna mobilna in namizna aplikacija, namenjena učenju in vadbi poliritmov preko interaktivnih vizualizacij in zvočnih povratnih informacij. Uporabnik izbere nivo, ki določa število točk (udarcev) na posamezni polizvezdi, nato pa z dotiki zaslona ali pritiskanjem tipk sledi ritmu, ki ga aplikacija generira in vizualizira.

3.2. Funkcionalnosti aplikacije

Glavne funkcionalnosti vključujejo:

- Izbor različnih poliritmičnih nivojev, kjer vsak nivo določa število točk na posamezni polizvezdi (npr. 3:2, 4:3, 5:4).
- Vizualizacija ritma s pomočjo animiranih polizvezd, kjer vsaka točka predstavlja udarec v ciklu.
- Zvočna informacija ob vsakem udarcu, ki jo generira zvočni pogon SoLoud.
- Merjenje natančnosti dotikov uporabnika glede na generirani ritem in prikaz povratne informacije o uspešnosti.
- Prilagajanje hitrosti ritma (BPM) z drsnikom.
- Podpora za mobilne naprave (dotik zaslona) in namizne računalnike (tipki A in F).

3.3. Arhitektura aplikacije

Aplikacija je zasnovana v okolju Flutter. Aplikacija je zasnovana na šestih osnovnih pogledih. Vstopna točka aplikacije inicializira globalne ponudnike (zvok), lokalizacijo, tematski videz in navigacijo med zaslone (angl. routing). Tukaj so definirani nivoji (`PolyrhythmLevel`) in prikazani v obliki seznama. Nadaljnje osrednja komponenta uporabniškega vmesnika za izvajanje in vizualizacijo poliritmičnih vaj. Vsebuje razred `PolyrhythmGame`, ki prikazuje animirane polizvezde, omogoča interakcijo uporabnika, izračunava končno natančnost in prikazuje rezultate. Podpira tudi prikaz LCM (najmanjšega skupnega večkratnika) zvezde za lažjo predstavo kompleksnih poliritmov in BPM drsnik za prilagajanje tempa. Vsebuje tudi uvodni nivo (angl. Onboarding Level). Pogled izrisa vaje skrbi za animacijo polizvezde, izračun pozicije animacije, zaznavanje dotikov, izračun njihovih natančnosti in izris zvezde. Uporablja tudi komponente metronoma za časovno sinhronizacijo animacije in zvoka. Upravljanje zvočnega pogona SoLoud prednaloži zvočne datoteke in omogoča predvajanje različnih zvokov ob udarcih. Komponenta `Mmtronom` generira časovne intervale za udarce in omogoča sinhronizacijo animacije ter zvoka. V ozadju komponenta strukturnega pogleda vključuje tematske nastavitve (`theme.dart`), definicije nivojev (`polyrhythm_level.dart`), ter pomožne komponente za prikaz in interakcijo.

Nivoje smo glede na težavnost uredili v logično zaporedje:

- **Uvodni nivo**, ki uporabniku razloži koncept poliritmov, predstavi glavni element igre - polizvezdo in kako z njo interagirati ter nekaj splošnih napotkov za učenje poliritmov in uporabo vmesnika.
- **2-, 3-, 4- in 5-krako polizvezdo**, ki uporabniku predstavi različne osnovne načine deljenja ritma.
- Zaporedje poliritmičnih nivojev, ki sledijo glasbenemu priročniku Petra Magadinija za osvajanje poliritmov [14], in sicer **3:2, 4:3, 5:4, 7:4, 11:4 in 13:4**.
- Sledi še 6 dodatnih nivojev, ki ustrezno razširijo nabor nivojev. Vključujejo poliritme **7:3, 7:5, 11:3, 13:3, 11:5 in 13:5**.

Za vsak dotik, katerega natančnost presega 90%, se od `_ratingMetric` odšteje $1/\text{numberOfPoints}$. V nasprotnem primeru, če uporabnik ne zadosti vsaj 75% natančnosti, se `_ratingMetric` prišteje 1. Igra se konča, ko `_ratingMetric` doseže število ciklov, določeno s spremenljivko `cycles`. Tako igralca kaznujemo za slabo izvedbo in nagradimo, ko ritmu natančno sledi.

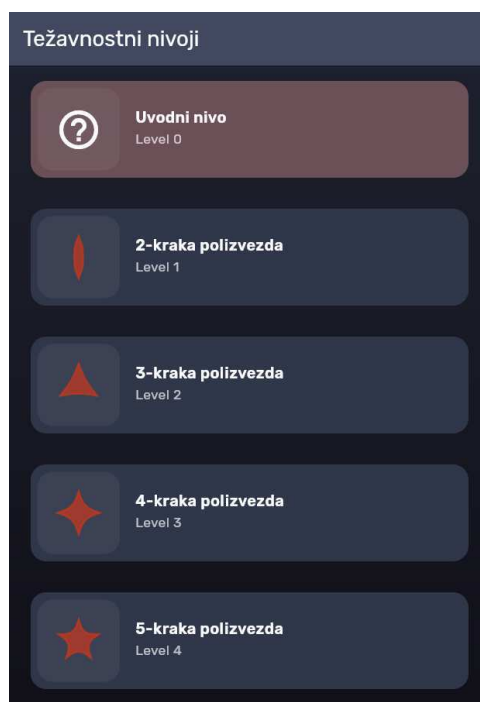


Figure 1: Seznam težavnostnih nivojev.

Ob aktivaciji igre s pritiskom na gumb “Start” se sproži animacija polizvezde. Prvi cikel animacije je namenjen kalibraciji uporabnika na izbrani poliritem in se zato ne vključuje v proces ocenjevanja. Šele po zaključenem uvodnem ciklu se polizvezda obarva, s čimer naznani vrednotenje izvajanja. Prikaz aplikacijo z izrisanimi polizvezdami je prikazan na Sliki 2.



Figure 2: Primer igre 7:4 poliritma. Na levi strani zaslona je drsnik za BPM, v sredini animirani polizvezdi s kazalcem in vizualno povratno informacijo o točnosti, na desni gumb za začetek/pavzo.

Polizvezda služi več funkcijam:

- je **vizualna ponazoritev ritma** z enakomerno razporejenimi konicami,
- je **navodilo za izvajanje ritma**, saj konice predstavljajo točke udarca, število konic pa število delitev,
- je **interaktivni element**, ki reagira na uporabniške dotike,

- omogoča **sprotno evalvacijo** prek vizualne in numerične povratne informacije.

Polizvezda ima organsko obliko, ki ritmično pulzira in za vsak udarec belo bliskne, po robu zvezde pa kroži animirana pika, podobno kot gibanje dirigentske palice. Polizvezda tako deluje kot glasbeno navodilo (število krakov predstavlja število udarcev v enem ciklu) in predmet interakcije, kar poenostavi grafični vmesnik.



Figure 3: Pojavno okence z rezultati ritmične natančnosti, predstavljene kot krožni indikator (CircularPercentIndicator) in numerično izražene v odstotnih točkah.

Razvita aplikacija omogoča izvajanje poliritmov in spremljanje natančnosti izvedbe v realnem času. Testna različica je delovala brez povezave (angl. offline) in ne vključuje naprednih igrifikacijskih funkcionalnosti, kot so shranjevanje napredka ali lestvica igralcev, z namenom evalvacije uporabniškega vmesnika brez morebitnega vpliva poigritvenih elementov na uporabnikovo izkušnjo.

4. Evalvacija

Osnovni namen evalvacije je bil preverjanje delovanja posameznih funkcionalnosti; nadaljnje smo tudi želeli oceniti, ali se aplikacija razvija v pravo smer. Želeli smo razumeti, kako jo dojemajo uporabniki, kako ocenjujejo njeno uporabnost, intuitivnost in pedagoško vrednost ter katere izboljšave bi lahko povečale njeno učinkovitost in prijaznost do uporabnika.

Testirali smo naslednje funkcionalnosti in scenarije uporabe:

- **Navigacija** – preprosto gibanje med glavnimi zasloni aplikacije (izbira nivoja, vadba).
- **Polizvezda** – osnovna vizualizacija poliritmov (npr. 3:4 poliritem, predstavljen s trikrako in štirikrako zvezdo).
- **Zvočna podpora** – sinhronizirani ritmični vzorci, ki jih uporabnik poskuša reproducirati s tapkanjem.
- **Povratna informacija** – prikaz natančnosti izvedbe v realnem času z barvno kodiranimi indikatorji in odstotnimi vrednostmi nad vsako polizvezdo.
- **Nastavitve vadbe** – izbira težavnostne stopnje (poliritma) in prilagoditev tempa z BPM drsnikom.
- **Rezultati** – prikaz končne ocene in odstotka ujemanja za igran nivo.

Na ta način smo lahko neposredno povezali posamezne funkcionalnosti aplikacije s povratnimi informacijami in metrikami uspešnosti, kar je omogočilo celovito oceno prototipa. Pri evalvaciji smo se osredotočili na naslednje raziskovalno vprašanje: *Ali razviti prototip aplikacije, ki temelji na interaktivni vizualizaciji poliritmov s pomočjo polizvezde, omogoča uporabnikom enostavno učenje, razumevanje in učinkovito vadbo poliritmov, hkrati pa zagotavlja pozitivno uporabniško izkušnjo?*

Dodatni cilji evalvacije so bili:

- Preveriti razumljivost uporabniškega vmesnika brez dodatnih navodil.
- Ovrednotiti natančnost povratne informacije o ritmu.
- Ugotoviti tehnične omejitve na različnih Android napravah, s posebnim poudarkom na odzivnosti uporabniškega vmesnika in interaktivnih gradnikov igre

4.1. Potek evalvacije

Testiranje je bilo prostovoljno, samostojno in brez aktivne internetne povezave. Gradivo za testiranje je bilo posredovano preko socialnih omrežij in elektronske pošte širšemu krogu sodelavcev Radia Študent, glasbenim pedagogom, študentom glasbe, učencem glasbenih šol in ljubiteljem ritmičnih iger. Poštne naslove glasbenih pedagogov smo pridobili iz javno dostopnih spletnih strani posameznih glasbenih šol. Udeležba je bila prostovoljna.

Za zbiranje podatkov smo uporabili vprašalnik **UEQ-S** – Kratka različica standardnega vprašalnika glede uporabniške izkušnje (angl. User Experience Questionnaire – Short). Sestavljen je iz 8 vprašanj, pri katerih uporabniki na sedemstopenjski Likertovi lestvici ocenijo položaj izdelka med paroma nasprotnojučih si pridevnikov (npr. star – nov). Glede na kakovosti, ki jih vprašanja merijo, lahko vprašanja delimo v dve dimenziji: pragmatična kakovost (enostavnost uporabe, učinkovitost, zanesljivost) in hedonična kakovost (stimulativnost, novost). Vprašalnik je preveden v številne jezike, tudi v slovenščino, zato je primeren za hitro oceno uporabniške izkušnje naše aplikacije [15].

Drugi uporabljen vprašalnik je **TAM** – Model sprejetosti tehnologije (angl. Technology Acceptance Model), ki ocenjuje, kako uporabniki sprejemajo novo tehnologijo. V našem primeru smo uporabili prilagojeno različico, ki je vsebovala 11 vprašanj in je zajemala tri ključne dimenzije: zaznana uporabnost – vprašanja, ki ocenjujejo, ali aplikacija pripomore k izboljšanju veščin in učinkovitosti pri glasbeni vadbi; zaznana enostavnost uporabe – vprašanja, ki ocenjujejo enostavnost uporabe in intuitivnost aplikacije; in namerna uporaba – vprašanja, ki ocenjujejo pripravljenost uporabnika za nadaljnjo uporabo in priporočanje aplikacije. Vsako vprašanje je bilo ocenjeno na petstopenjski Likertovi lestvici (*se ne strinjam* - *strinjam se*), kar je omogočilo kvantitativno merjenje sprejemanja aplikacije in napovedovanje, kako bodo uporabniki aplikacijo dejansko uporabljali [16]. Nazadnje smo uporabili vprašanja odprtega tipa - zbrali smo kvalitativne povratne informacije o pričakovanjih, težavah in predlogih.

Potek uporabe aplikacije za udeležence je bil sledeč:

1. Udeleženci so prejeli **Android različico aplikacije in navodila za namestitev in uporabo**.
2. Naloga udeležencev je bila, da aplikacijo **preizkusijo samostojno**, brez dodatne pomoči, in izvedejo nekaj vadbenih sej.
3. Po uporabi so izpolnili spletni vprašalnik (Google Forms), ki je vseboval UEQ-S, TAM in vprašanje odprtega tipa.

5. Rezultati

Zbrane kvantitativne podatke smo analizirali statistično, da ocenimo povprečja in razpršenost ocen, medtem ko so bili kvalitativni odgovori vsebinsko kodirani, da izpostavimo ključne izkušnje in predloge uporabnikov. Za analizo UEQ-S smo uporabili uradni analizni obrazec [17], ki omogoča tudi vizualizacijo rezultatov z ustreznimi grafi. Za analizo TAM vprašalnika pa smo razvili lastno Python skripto, s katero smo izračunali povprečne vrednosti, standardne odklone ter izrisali ustrezne grafe.

5.1. Analiza testnih uporabnikov

Evalvacije se je udeležilo devet uporabnikov različnih starostnih skupin in z različnim glasbenim predznanjem, kar je omogočilo raznolike poglede na aplikacijo:

Table 1

Starostna struktura testnih uporabnikov.

Starostna skupina	Število uporabnikov
18–30 let	5
31–50 let	2
50+ let	2

Table 2

Glasbeno predznanje testnih uporabnikov.

Stopnja glasbenega predznanja	Število uporabnikov
Brez	1
Začetnik	5
Srednji nivo	3

Table 3

Vloga testnih uporabnikov.

Vloga	Število uporabnikov
Glasbenik	4
Učenec	2
Občan	1
Tonski tehnik	1
Bivši učenec	1

Table 4

Izkušnje z ritmičnimi aplikacijami in igrami.

Vprašanje	Da	Ne
Si že uporabljal/-a aplikacije za vadbo ritma?	3	6
Si že igral/-a kakšne ritmične igre?	3	6

5.2. Rezultati UEQ

Za ocenjevanje uporabniške izkušnje je bil uporabljen *Short User Experience Questionnaire* (UEQ-S), ki meri dve glavni dimenziji uporabniške izkušnje: **pragmatično kakovost** (uporabnost, preglednost, enostavnost uporabe) in **hedonično kakovost** (privlačnost, zanimivost, inovativnost). Lestvica ocen sega od -3 (zelo slabo) do $+3$ (zelo dobro), pri čemer vrednosti med -0.8 in 0.8 predstavljajo nevtralno oceno, vrednosti nad 0.8 pozitivno oceno, vrednosti pod -0.8 pa negativno oceno.

Analiza po dimenzijah, kot jo omogoča uradno orodje UEQ, kaže naslednje rezultate:

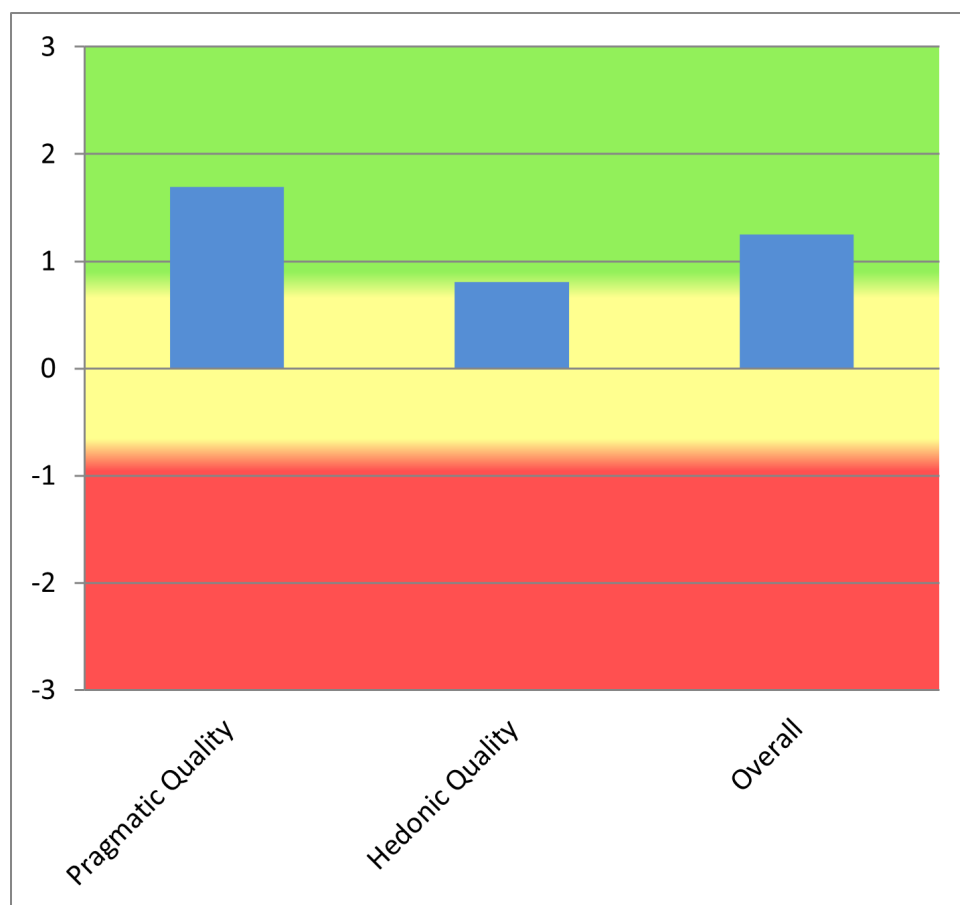
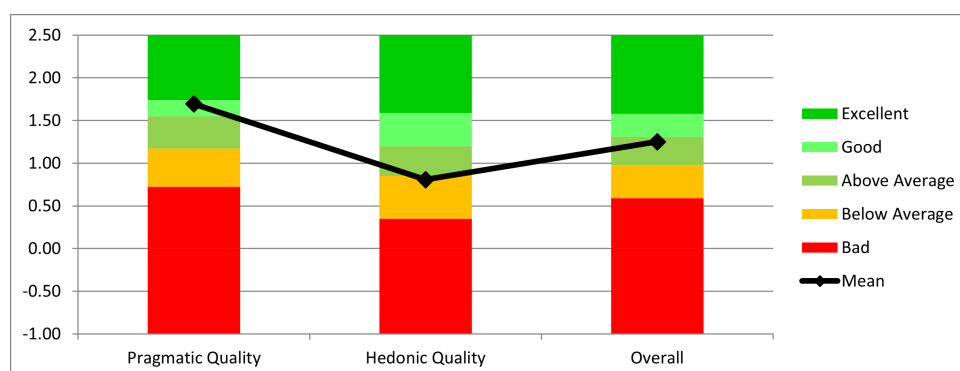
- **Pragmatična kakovost:** $M = 1.69$ — kaže na visoko pozitivno oceno uporabnosti in preglednosti aplikacije. Vsi pripadajoči elementi so nad pragom 0.8 , kar pomeni, da so uporabniki izrazito zadovoljni z osnovnimi funkcionalnimi vidiki.
- **Hedonična kakovost:** $M = 0.81$ — ocenjena tik nad pragom pozitivne izkušnje, kar pomeni, da aplikacija uporabnikom deluje zanimiva in estetsko privlačna, a z večjo variabilnostjo odgovorov (višje standardne deviacije).
- **Skupna ocena:** $M = 1.25$ — splošna ocena uporabniške izkušnje je pozitivna, predvsem zaradi visoke pragmatične kakovosti.

Rezultati nakazujejo, da je aplikacija učinkovita in prijazna za uporabo, pri čemer uporabniki prepoznavajo njeno funkcionalno vrednost in preglednost kot največji prednosti. Hedonični vidiki (npr. inovativnost, zabavnost) so sicer pozitivni, a z nekoliko večjo razpršenostjo ocen, kar kaže na možnost nadaljnjih izboljšav vizualne privlačnosti in zabavnosti uporabe.

Table 5

Rezultati vprašalnika UEQ.

Trditev	Povprečje	Std. dev.
Se ne da upravljati – Se z lahkoto upravlja	1.78	1.09
Kompliciran – Enostaven	2.00	1.50
Ni učinkovit – Učinkovit	1.11	1.05
Ustvarja zmedo – Pregleden	1.89	1.27
Dolgočasen – Napet	0.67	1.58
Nezanimiv – Zanimiv	1.22	1.72
Star – Nov	0.78	1.48
Zastarel – Modern	0.56	1.33

**Figure 4:** Povprečne vrednosti dimenzij uporabniške izkušnje glede na vprašalnik UEQ-S.**Figure 5:** Primerjava rezultatov aplikacije s primerjalno (angl. benchmark) UEQ bazo podatkov.

5.3. Rezultati TAM

Za oceno sprejemanja aplikacije med uporabniki smo uporabili vprašalnik na podlagi modela Technology Acceptance Model (TAM), ki vključuje 11 trditev o zaznani uporabnosti, enostavnosti uporabe in nameravani uporabi aplikacije. Uporabniki so odgovarjali na lestvici od 1 do 5, kjer je 1 pomenilo močno nestrinjanje, 5 pa močno strinjanje.

Table 6

Rezultati vprašalnika TAM: povprečja in standardni odkloni.

Št.	Trditev	Povprečje	Std. odklon
1	Aplikacija mi pomaga izboljšati razumevanje ritma.	4.1	0.96
2	Z uporabo aplikacije lahko hitreje napredujem v glasbeni vadbi.	3.9	1.07
3	Aplikacija pripomore k bolj učinkoviti vadbi ritma.	4.2	0.92
4	Aplikacija mi lahko pomaga tudi pri drugih glasbenih dejavnostih.	3.4	1.22
5	Aplikacijo je enostavno uporabljati.	4.1	1.05
6	Navodila in cilji posameznih nalog so bili jasni.	3.9	1.11
7	Uporaba aplikacije mi ni povzročala težav.	3.9	1.26
8	Vmesnik je intuitiven in pregleden.	4.0	0.95
9	V prihodnosti bi želel/-a še naprej uporabljati to aplikacijo.	3.8	1.24
10	Aplikacijo bi priporočil/-a drugim.	4.0	1.15
11	Aplikacijo bi vključil/-a v svoj proces učenja ali poučevanja.	3.8	1.21

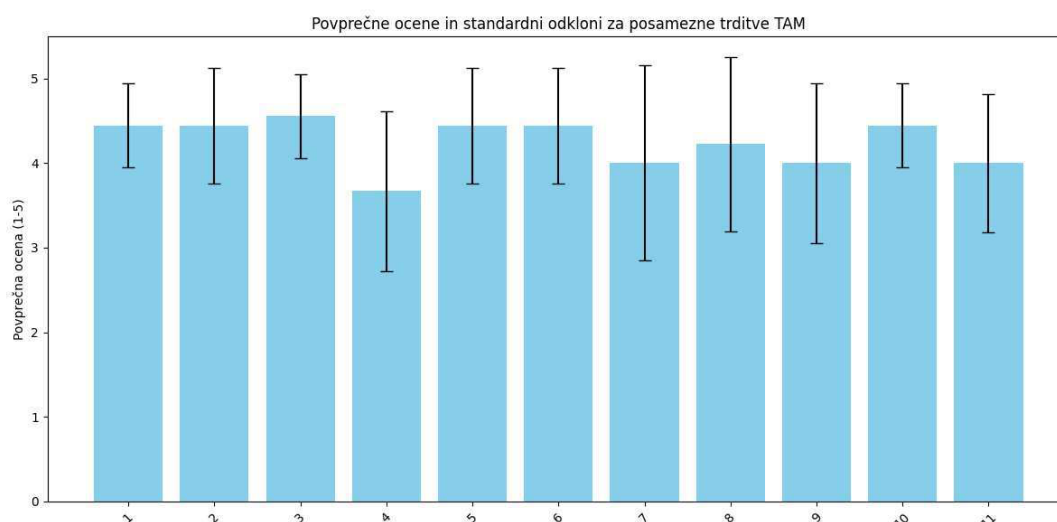


Figure 6: Povprečne ocene in standardni odkloni za posamezne trditve vprašalnika TAM.

Rezultati kažejo, da uporabniki aplikacijo na splošno ocenjujejo pozitivno. Najvišje ocene so dobile trditve, ki se nanašajo na izboljšanje razumevanja ritma ($M=4.1$), učinkovito vadbo ($M=4.2$) ter intuitiven in pregleden vmesnik ($M=4.0$). Uporabniki tudi izražajo pripravljenost za nadaljnjo uporabo in priporočilo aplikacije drugim.

Nekoliko nižje povprečje ($M=3.4$) je bilo zabeleženo pri vprašanju o uporabi aplikacije pri drugih glasbenih dejavnostih, kar kaže na prostor za širitev funkcionalnosti ali jasnejšo komunikacijo o možnostih uporabe.

Standardni odkloni so v večini primerov zmerni, kar kaže na relativno enotno mnenje med uporabniki.

V okviru evalvacije smo zbirali tudi odprte komentarje uporabnikov, ki so omogočili bolj poglobljen vpogled v uporabniške izkušnje in možne izboljšave aplikacije. Povzemamo najpogostejše in najbolj relevantne odzive:

Uporabniške povratne informacije so se osredotočile na več vidikov nadgradnje uporabniške izkušnje,

ki jih lahko strnemo v štiri glavne sklope. Prvič, predlagane so bile izboljšave interakcije in natančnosti: povečanje območja zaznave dotika zvezd (tudi do polovice zaslona), dodajanje začetnega odštevanja in možnosti, da se vaja začne šele ob naslednjem ciklu po pritisku gumba, ter vključitev kalibracije ob prvem zagonu zaradi opaženih zamikov med vizualnim, zvočnim in registriranim klikom, zlasti pri višjih BPM in poliritmih. Drugič, uporabniki so izpostavili potrebo po večji zanesljivosti zvočne povratne informacije, vključno z izbiro različnih zvokov (npr. različni bobni), razlikovanjem leve in desne strani (»tik« in »tak«) ter možnostjo predvajanja zgolj osnovnega metronoma. Tretji sklop zadeva estetske in uporabniške prilagoditve, kot so umestitev LCM zvezde v sredino vmesnika, sodobnejši grafični dizajn ter jasna vizualna oznaka začetka vaje, dopolnjena s podrobnimi navodili za začetnike. Četrty sklop zajema razširitev funkcionalnosti in spremljanja napredka, denimo beleženje najboljših rezultatov na posamezni ravni, možnost neprekinjenega ponavljanja vaj ter shranjevanje nastavitve tempa med nivoji. Skupaj ti predlogi ponujajo celovit načrt za tehnično in oblikovno nadgradnjo aplikacije, ki bi izboljšala natančnost, uporabnost in motivacijo uporabnikov.

Ti odprti komentarji kažejo, da kljub pozitivnim ocenam aplikacija ponuja prostor za izboljšave predvsem na področju uporabniške prijaznosti, odzivnosti sistema ter prilagoditev vmesnika za različne profile uporabnikov.

6. Diskusija

Zaradi poletnega časa je bil odziv uporabnikov na anketi precej skromen – prejeli smo le devet veljavnih odzivov. Zaradi tega je treba rezultate interpretirati previdno, saj majhno število vzorcev omejuje statistično moč in posplošljivost ugotovitev.

Kljub temu rezultati UEQ-S kažejo, da uporabniki visoko cenijo pragmatične vidike aplikacije, predvsem njeno uporabnost, preglednost in enostavnost uporabe. Hedonična kakovost je ocenjena kot pozitivna, vendar z večjo razpršenostjo, kar nakazuje možnosti za izboljšave v smislu inovativnosti in vizualne privlačnosti. Rezultati TAM podpirajo ugotovitve UEQ, saj uporabniki aplikacijo ocenjujejo kot učinkovito orodje za izboljšanje razumevanja ritma in glasbene vadbe ter kot intuitivno in lahko za uporabo. Pripravljenost za nadaljnjo uporabo in priporočilo aplikacije kaže na dober sprejem med uporabniki. Poleg kvantitativnih odgovorov so odprta vprašanja prinesla dragocene vpogled v konkretne izzive in želje uporabnikov. Ti odgovori so razkrili potrebo po dodatnih pedagoških pojasnilih, večji fleksibilnosti pri vizualizaciji ritmov ter željo po vključitvi avdio povratnih informacij in različnih načinov vadbe. Te ugotovitve so bile ključne pri oblikovanju predlogov za nadaljnje izboljšave, ki so podrobneje predstavljene v naslednjem poglavju.

Med potekom testiranja smo naleteli tudi na tehnične omejitve, ki so vplivale na možnost vključitve širšega nabora uporabnikov. Ena izmed bolj izrazitih je bila povezana z določenimi modeli pametnih telefonov znamke Xiaomi, pri katerih poslovni model močno favorizira lastno distribucijsko platformo in vključuje prikaz oglasov, zaradi česar je namestitev aplikacij iz zunanjih virov otežena. Ta omejitev je v posameznih primerih upočasnila testni proces ter onemogočila sodelovanje nekaterih uporabnikov, kar je dodatno zmanjšalo velikost vzorca.

Ker je vzorec zelo omejen, so te ugotovitve predvsem smernice, ki jih je priporočljivo potrditi z večjim številom uporabnikov v prihodnjih raziskavah. Prav tako bi bilo koristno razširiti analizo s statističnimi metodami, kot so preverjanje zanesljivosti vprašalnikov (npr. Cronbachovo alfa) in povezav med dimenzijami uporabniške izkušnje in sprejemanja.

Pri nadaljnjem razvoju aplikacije je smiselno razmisliti o vključevanju dodatnih funkcionalnosti, kot so razširjeni nabor vaj, naprednejše nastavitve tempa in zvočnih shem ter, z integracijo v platformo Trubadur, predvsem podpora za shranjevanje rezultatov, lestvice igralcev in spremljanje napredka. Kljub temu pa je treba pri tem ohraniti preprostost in minimalistično zasnovo aplikacije, saj preobremenjen uporabniški vmesnik lahko zmanjša preglednost, poveča kognitivno obremenitev uporabnika ter zasenči osnovni namen orodja – intuitivno in učinkovito učenje poliritmov.

6.1. Nadaljnji izzivi razvoja

Rezultati evalvacije so pokazali, da ima aplikacija trdne temelje, hkrati pa ponuja več priložnosti za nadaljnji razvoj. Ena izmed pomembnejših ugotovitev je, da pri višjih vrednostih BPM obstoječa metoda ocenjevanja točnosti ne daje enako zanesljivih rezultatov. To kaže na potrebo po podrobni tehnični analizi algoritma za merjenje časovne natančnosti ter njegovi prilagoditvi, da bo ustrezno deloval v celotnem razponu možnih tempov. Pri tem je treba upoštevati tudi naravno manjšo natančnost igralcev pri hitrejših tempih, kar zahteva uravnotežen pristop, ki bo hkrati tehnično natančen in prilagojen realnim zmogljivostim uporabnikov.

V prihodnosti je smiselno oblikovati tudi celovitejši igralni tok, ki uporabnika na intuitiven način vodi skozi posamezen nivo. Ena izmed možnosti je zasnova zaporedja, kjer uporabnik po izbiri nivoja najprej sliši demonstracijo poliritma in si lahko ogleda različne vizualne predstavitve (npr. animiran notni zapis ali interaktivni grafični prikaz). Šele ko se počuti pripravljenega, začne z dejanskim igranjem oziroma ocenjevanjem. Ena izmed potencialnih nadgradenj bi bila tudi možnost, da igralec med izvajanjem (angl. "on the fly") menja poliritme ob ohranjanju osnovnega pulza. Prav tako bi lahko mentorji oblikovali nivoje, pri katerih se poliritmi dinamično spreminjajo med potekom igre, kar bi dodatno razširilo pedagoške in ustvarjalne možnosti uporabe aplikacije. Na tem področju so možnosti skoraj neomejene, saj bi tak pristop omogočal prilagoditev igre različnim učnim slogom in ciljem.

Tak pristop bi omogočal postopno stopnjevanje zahtevnosti: pri uvodnih nivojih bi bil zvok poliritma ves čas prisoten kot referenca, pri zahtevnejših nivojih pa bi bila zvočna podpora poliritma izključena. Igralec bi v teh primerih slišal le osnovni pulz, vizualno pa bi mu bila še vedno na voljo polizvezda kot tiha referenca. Pri tem je mišljeno, da bi moral igralec za popolno osvojitve posameznega nivoja ta nivo premagati dvakrat – najprej z zvočno podporo poliritma kot referenco in nato še zgolj z osnovnim pulzom, pri čemer je poliritmična struktura prisotna le vizualno (npr. z animacijo polizvezde), brez zvočne podpore. Na ta način bi se sistematično krepila sposobnost notranjega zaznavanja ritma in samostojnega izvajanja kompleksnejših ritmičnih struktur.

7. Zaključek in nadaljnje delo

V pričujočem članku je bila predstavljena zasnova, razvoj in evalvacija mobilne aplikacije za učenje in vadbo poliritmov, pri čemer je bil poseben poudarek namenjen uporabi polizvezde kot vizualnega pripomočka ter integraciji principov poigritve. Izhodišče za delo je bila prepoznana potreba po orodju, ki bi uporabnikom na intuitiven in dostopen način približalo kompleksne ritmične strukture ter omogočilo njihovo postopno obvladovanje.

Evalvacija aplikacije, izvedena z uporabniškimi testi in standardiziranimi vprašalniki UEQ-S in TAM, je kljub omejenemu številu udeležencev (devet) pokazala pozitiven potencial rešitve. Uporabniki so visoko ocenili enostavnost uporabe, preglednost in uporabnost aplikacije, ob tem pa v odprtih odgovorih nakazali na številne možnosti za izboljšave, ki so skladne z rezultati standardiziranih vprašalnikov. Povratne informacije potrjujejo, da aplikacija že v trenutni obliki podpira glasbeno vadbo, še posebej pri razumevanju in izvajanju poliritmov, a hkrati jasno nakazuje, da gre za prototip z velikim potencialom za nadgradnjo.

Na osnovi ugotovitev so bile oblikovane smernice za nadaljnji razvoj, med katerimi izstopajo: izboljšava algoritma za ocenjevanje natančnosti, uvedba točkovanja glede na kompleksnost poliritma in tempo, oblikovanje dvostopenjskega sistema osvajanja nivojev (z in brez zvočne podpore), možnost menjave poliritmov med igranjem ob ohranitvi osnovnega pulza ter oblikovanje dinamičnih nivojev, ki jih lahko pripravi npr. glasbeni pedagog ali igralec sam. S tem bi bilo mogoče predstaviti še povsem nov koncept – menjave ritmičnega metra oziroma metrske strukture med samim izvajanjem. Tak pristop bi uporabniku omogočil prehajanje med različnimi metri (na primer iz 4/4 v 7/8), kar predstavlja še zahtevnejši izziv od izvajanja poliritmov samih, saj zahteva visoko raven notranje stabilnosti tempa ter sposobnost hitrega prilagajanja novi ritmični logiki.

Treba je poudariti, da je spekter potencialnih izboljšav aplikacije izjemno širok in v praksi skoraj neomejen. Kljub temu razvoj v okviru te raziskave ni stremel k vključevanju celotne magnitude možnih

vsebinskih nadgradenj, temveč k postavitvi trdnih temeljev za stabilno in delujočo igro ter k osebnemu izzivu preizkusiti se v razvoju ritmične igre. Poleg vsebinskih usmeritev so pomembne tudi tehnične izboljšave, kot so optimizacija za različne naprave in dimenzije zaslonov, testiranje na iOS in namiznih računalnikih ter sodelovanje z izkušenimi glasbeniki pri preverjanju uporabnosti in pedagoške vrednosti aplikacije. V tem kontekstu velja izraziti posebno spoštovanje do vseh razvijalcev iger, zlasti glasbenih, saj gre za izjemno zahtevno področje, kjer je tudi z večjimi ekipami in daljšimi roki težko ustvariti izdelek, ki je hkrati tehnično brezhiben, uporabniško prijazen in pedagoško učinkovit.

Čeprav aplikacija še ni popolna, predstavlja trdno osnovo za nadaljnje raziskave in razvoj interaktivnih glasbeno-izobraževalnih orodij. Njena prihodnja integracija v platformo Trubadur bi lahko omogočila širšo dostopnost in dodaten pedagoški doseg, s čimer bi prispevala k sodobnejšemu, interaktivnemu in motivacijskemu poučevanju ritmike. Rezultati tega dela tako niso dokončni zaključki, temveč izhodišče za nadaljnje delo, nadgradnje in preizkušanje novih pristopov, ki bi lahko še bolj približali poliritme širšemu krogu glasbenikov in učiteljev.

References

- [1] J. Gee, What video games have to teach us about learning and literacy, *Computers in Entertainment* 1 (2003) 20. doi:10.1145/950566.950595.
- [2] N. Whitton, *Digital games and learning: Research and theory*, Taylor & Francis, 2014. doi:10.4324/9780203095935.
- [3] J. Savage, Working towards a theory for music technologies in the classroom: How pupils engage with and organise sounds with new technologies, *British Journal of Music Education* 22 (2005) 167–180. doi:10.1017/S0265051705006133.
- [4] S. Tobias, J. D. Fletcher, Reflections on "a review of trends in serious gaming", *Review of Educational Research* 82 (2012) 233–237. doi:10.3102/0034654312450190.
- [5] J. London, *Hearing in Time: Psychological Aspects of Musical Meter*, Oxford University Press, 2012. URL: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199744374.001.0001>. doi:10.1093/acprof:oso/9780199744374.001.0001.
- [6] G. Toussaint, *The Geometry of Musical Rhythm: What Makes a "Good" Rhythm Good?*, CRC Press, 2013. URL: <https://books.google.si/books?id=ZlKfh83AJEEC>. doi:10.1080/17513472.2014.906116.
- [7] M. Pesek, N. Hirci, K. Žnideršič, et al., Enhancing music rhythmic perception and performance with a vr game, *Virtual Reality* 28 (2024) 118. URL: <https://doi.org/10.1007/s10055-024-01014-y>. doi:10.1007/s10055-024-01014-y.
- [8] E. Orford, K. Bissell, D. Hall, Orff approach, in: *The Canadian Encyclopedia*, Historica Canada, 2022. URL: <https://thecanadianencyclopedia.ca/en/article/orff-approach-emc>, (pridobljeno 20.8.2025).
- [9] M. Pesek, Z. Vučko, P. Šavli, A. Kavčič, M. Marolt, *Troubadour: A gamified e-learning platform for ear training*, *IEEE Access* 8 (2020) 97090–97102. doi:10.1109/ACCESS.2020.2994389.
- [10] *Encyclopædia Britannica*, Polyrhythm, 2023. URL: <https://www.britannica.com/art/polyrhythm>, dostopano: julij 2025.
- [11] J. Pinkl, M. Cohen, Vr drumming pedagogy: Action observation, virtual co-embodiment, and development of drumming "halvatar", *Electronics* 12 (2023). URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/17/3708>. doi:<https://doi.org/10.3390/electronics12173708>.
- [12] C. Swafford, *Polyrhythmic Pathways: Using Bimanual Coordination Research to Develop a New Framework for Practice, Performance, and Pedagogy*, Ph.d. dissertation, University of Kentucky, 2023. URL: https://uknowledge.uky.edu/music_etds/220. doi:<https://doi.org/10.13023/etd.2023.176>, theses and Dissertations–Music.
- [13] H. Yokuş, T. Yokuş, Polyrhythmic tapping: Examining the effectiveness of the strategy of organizing rhythmic structures through synthesis, *Educational Sciences: Theory and Practice* 15 (2015) 239–252. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057480.pdf>. doi:10.12738/estp.2015.1.1917.

- [14] P. Magadini, *Polyrhythms for the drumset*, Belwin, 1995. URL: <https://books.google.si/books?id=iB05h6z144UC>.
- [15] M. Schrepp, A. Hinderks, J. Thomaschewski, Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (ueq-s), *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 4 (2017) 103. doi:10.9781/ijimai.2017.09.001.
- [16] Q. Ma, L. Liu, *The Technology Acceptance Model*, volume 16, IGI Global Scientific Publishing, 2004, pp. 59–72. doi:10.4018/joeuc.2004010104.
- [17] User experience questionnaire, 2025. URL: <https://www.ueq-online.org/>.