

Aleksander Kovač
Lendavske gorice 409A, 9220 Lendava, Slovenija
Študijski program: Multimedija, MAG
Vpisna številka: 63220478

Komisija za študijske zadeve

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
Večna pot 113, 1000 Ljubljana

Vloga za prijavo teme magistrskega dela

Kandidat: Aleksander Kovač

Aleksander Kovač, študent magistrskega programa na Fakulteti za računalništvo in informatiko, zaprošam Komisijo za študijske zadeve, da odobri predloženo temo magistrskega dela z naslovom:

Slovenski: **Sistem za vadbo biljard igre osmica v obogateni resničnosti**

Angleški: **Augmented Reality Training System for Eight-Ball Pool**

Tema je bila že potrjena lani in je ponovno vložena: ***NE***

Izjavljam, da je spodaj navedeni mentor predlog teme pregledal in odobril, ter da se z oddajo predloga strinja.

Magistrsko delo nameravam pisati v slovenščini. Za mentorja predlagam:

Ime in priimek: doc. dr. Matevž Pesek

Ustanova: Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani

Elektronski naslov: matevz.pesek@fri.uni-lj.si

V Ljubljani, 8. januar 2025.

1 PREDLOG TEME MAGISTRSKEGA DELA

2 Področje magistrskega dela

slovensko: računalniška grafika, obogatena resničnost

angleško: Computer Graphics, Augmented Reality

3 Ključne besede

slovensko: obogatena resničnost, zaznava predmetov, sledenje predmetom, namizna igra

angleško: augmented reality, object detection, object tracking, tabletop game

4 Opis teme magistrskega dela

Pretekle potrditve predložene teme:

Predložena tema ni bila oddana in potrjena v preteklih letih.

4.1 Uvod in opis problema

Nekateri uporabniki si želijo ustvariti umetne, računalniško ustvarjene svetove v navidezni resničnosti (angl. “virtual reality”), predvsem za izkušnje pri videoigrah, simulacijah in izobraževalnih vsebinah [1]. Za slednje se pogosto uporablja zlasti obogatena resničnost (angl. “augmented reality”), ki vključuje navidezne objekte v realni svet, in jih omogoča videti ter upravljati s pomočjo posebne strojne opreme, kot so očala z integriranimi kamerami. Motivacija za uporabo teh tehnologij izhaja iz njihove uporabnosti in prilagodljivosti, kjer uporabnik lahko izvaja popolno simulacijo sveta, ter brez tveganja preizkuša različne scenarije. Ti scenariji vključujejo na primer različna usposabljanja ali načrtovanja izdelkov.

Obogatena resničnost uporabnikom omogoča vizualizacijo in manipulacijo z digitalnimi vsebinami, kot so arhitekturne rešitve, navidezne dirkalne steze ali analiza igre šaha, kjer sistem ponudi predloge za naslednje poteze in jih tudi vizualizira. Prav tako zagotavlja izpis metapodatkov, kot sta hitrost avtomobilčkov ali število figur na igralni površini, ali pa na zahtevo poišče in izpiše podatke o želenem avtomobilčku, brez da bi morali zato odpreti spletni brskalnik.

Če pa se osredotočimo na področje izobraževanja, pa nam obogatena resničnost lahko

pomaga pri učenju kompleksnih spretnosti, kot so recimo igranje klavirja s pomočjo aplikacije PianoVision [2], uvajanje zaposlenega pri sestavljanju avtodoma ali pa z s pomočjo videoiger pomaga pri rehabilitaciji po poškodbah (angl. “exergaming”) [3], ki uporabljajo obstoječe okolje. Te tehnologije nam tako ne olajšajo le dostop do znanja, temveč tudi spodbujajo kreativnost, fizično aktivnost in uporabniku prilagojeno učenje.

Tako izobraževanje se lahko aplicira tudi na druga področja, mora pa se v splošnem poskrbeti za zaznavo objektov, kar med drugim vključuje prilagajanje na različne svetlobne razmere ter izbiro algoritmov oziroma (pred-definiranih) semantičnih označb scene (angl. “semantic scene classification”) za razumevanje okolice [4]. Te modele se mora izbrati glede na to, kako hitro in natančno želimo želene objekte zaznati ter pridobiti informacije o poziciji teh objektov. Rešitve se s trenutnim nivojem tehnologije uporabljajo tudi za prikaz načrtovanih poti realnih objektov. Naprava lahko sledi premikajočim se objektom, kot so na primer različne žoge ali krogle za različne igre biljarda. Prav na te krogle se bomo tudi v tem magistrskem delu osredotočili.

Sistemi za pomoč pri vadbi biljard igre osmica že obstajajo, a so vezani na starejše naprave, ki poleg tega, da so redke, tudi nikoli niso bile zares priljubljene [5] in zahtevajo veliko odprtega fizičnega prostora, da lahko svoje delo opravijo učinkovito. Glede na razvoj tehnologije in priljubljenost očal za navidezno in obogateno resničnost Meta Quest 3 (v nadaljevanju Quest 3) lahko predpostavimo, da je možno razviti identičen sistem, ki je bolj priročen glede razpoložljivega prostora, hkrati pa je sposoben napovedovati igro biljarda z minimalno enako točnostjo, kot to počno rešitve razvite za druge komercialno dostopne senzorje. Prav tako bi nam lahko sistem služil kot pomočnik za prikazovanje različnih tehnik, hkrati pa se prikaz še lahko razširi na tretjo dimenzijo. Upoštevati je mogoče tudi kot, pod katerim udarimo igralno kroglo (angl. “cue ball”), da lahko še določimo zasuk krogle, na podlagi katerega lahko dodatno napovemo naslednji igralni položaj. Natančnost napovedi sistema bomo preverili s statističnimi metodami, glede na realne scenarije. Za to bomo izvedli simulacije in analizirali odstopanja med napovedanimi in dejanskimi položaji krogel. Ključni kazalniki bodo povprečna napaka napovedi, standardni odklon in robustnost sistema pri različnih pogojih (svetlobne razmere, vrtenje krogel). Aplikacijo bomo primerjali z drugimi rešitvami, ki delujejo s pomočjo zaznave položaja krogel in palice, ki ga navajajo Sousa idr. [5], ter rešitvami, ki obljublajo realistične fizikalne simulacije objektov, ki so v celoti virtualni. Primer take komercialno dostopne aplikacije je na voljo v spletni trgovini videoiger za Quest 3 “Meta Store”, aplikacija pa se imenuje “MiRacle Pool” [6].

4.2 Pregled sorodnih del

Področje obogatene resničnosti se ukvarja s številnimi izzivi, ki jih je potrebno rešiti, da lahko okoli nas sploh začnemo postavljati navidezne objekte, prav tako pa je potrebno te

objekte potem ustrezno prikazati. Macedo in Apolinário [7] sta naredila pregled različnih člankov med Januarjem 1992 in Avgustom 2020, kjer ocenjujeta širok spekter pristopov različnih avtorjev, ter prihodnje usmeritve pri reševanju problema zastiranja (angl. “occlusion”) v obogateni resničnosti. V članku omenjeni avtorji [8] obravnavajo reševanje treh glavnih problemov. To so problem določanja vrstnega reda, problem rentgenskega pogleda (angl. “X-ray vision”) in izzive, ki temeljijo na modelih z uporabo virtualnih fantomov. Problemi se naslavljaajo v obliki izboljšanih zrcal znotraj strojne opreme za prikazovanje slike [8], veliko pa je poudarka tudi na različnih tehnologijah zaslona [9].

Pri problemu napovedovanja smeri krogel, je prav tako potrebno upoštevati, da so krogle na mizi za biljard in palica za udarjanje pravi objekti. To pomeni, da sistem mora biti sposoben prepoznave pravih objektov pod različnimi svetlobnimi pogoji. WenKai idr. [10] opisujejo tehnologije za obdelavo barvnih fotografij mize za osmico in algoritme za zaznavo krogel s pomočjo globokega učenja. Določiti je namreč potrebno, kako bo potekala zaznava krogel in posledično kako se bo ugotovila njihova pozicija. V pristopu avtorji uporabijo globoko učenje, kar za Meta Quest 3 ni najbolj najbolj primerno, saj bi bila obdelava podatkov v realnem času preveč zahtevna in energijsko neučinkovita, če ne neizvedljiva zaradi omejitev same naprave. Med drugim, je to globinsko zaznavanje in sposobnost tro-razsežnostnega zajemanja okolice.

Sousa idr. [5] so s pomočjo projektorja in kamere Kinect V2 razvili sistem, ki zazna položaj palice okoli krogle (v obliki dvo-razsežnostnega kroga) in predvidi smer potovanja krogle ob udarcu. Ta smer se s pomočjo projektorja izriše na mizo. Sistem deluje v realnem času, ne glede na uporabljene znamke igralne palice, krogle in material mize, hkrati pa so pogoji osvetlitve okolice zahtevni, saj niso kontrolirani, tako kot je to pri profesionalnih turnirjih v biljardu. Uspešnost napovedi je po ocenah avtorjev 96-odstotna, ni pa še bila preizkušena na višjih tekmovalnih nivojih igre, s čimer bi lahko dodatno evalvirali in izboljšali sistem fizike same igre. Kljub temu pa so pri omenjeni rešitvi pomanjkljivosti, saj sistem ne zna izračunati sile s katero palica udari ob belo kroglo, kot tudi pod katero pozicijo jo udari, s čimer dodatno lahko izboljšamo natančnost napovedi, prav tako pa s pomočjo tega izvedemo tehniko skakanja krogle, ki nam pride prav pri zapiranju nasprotnikov.

Rešitve za obravnavan problem, ki temeljijo na sistemih naglavnih zaslonov (angl. “head mounted display”), sicer že obstajajo, a so v primerjavi z modernejšimi rešitvami tehnološko zaostale [11], prav tako pa je uspešnost napovedi smeri krogle le 12-odstotna, sodobnejše rešitve pa so trenutno še v stopnji pregleda pred končno oddajo [12].

Glede komercialne dostopnosti je po pregledanih najbolj priljubljenih spletnih trgovin z aplikacijami, najbolj priljubljena aplikacija, prej omenjena aplikacija MiRacle Pool, ki ima skupno oceno 4.8 od 5 na podlagi 778 ocen [6]. Uporabniški komentarji kažejo, da so uporabniki z aplikacijo v splošnem zadovoljni s fizikalnimi simulacija udarjanja krogel, ne nudi pa konkretnih vadb različnih tehnik za igranje na višjih tekmovalnih nivojih. Prikaz takih tehnik je trenutno le na voljo v obliki prosto dostopnih video vsebin [13].

4.3 Predvideni prispevki magistrske naloge

Predviden prispevek magistrske naloge s področja multimedije so sledeči:

- Implementacija in evalvacija različnih semantičnih označb objektov, ki jih razvijalcem, za očala Quest 3, nudi podjetje Meta. Zaradi sprotnih posodabljanj nabora označb, se bo upoštevalo označbe, ki bodo razvijalcem na voljo v prvi polovici leta 2025. Evalvirala se bosta predvsem točnost in natančnost lokacije, na kateri se nahaja igralna krogla, ter točno in natančnost prikaza kota pod katerim bo uporabnik s palico udaril pod igralno kroglo.
- Na podlagi evalvacije označb bo izdelan postopek s katerim se bo lahko zaznavalo okrogle objekte različnih velikosti, v kolikor semantičnih označb za okrogle objekte podjetje Meta ne bo dalo na voljo razvijalcem. (ali drugače): Poskrbljeno bo za hitro in precizno zaznavo okroglih objektov s pomočjo semantičnih označb scene, ki v splošnem niso namenjene za zaznavo okroglih objektov.
- S pomočjo sistema za transparenten pogled (angl. “passtrough”) zasnovati aplikacijo, ki bo kvalitetno reševala problem zastiranja navideznih objektov (na primer navidezni izris poti biljard krogel, ki bo ob določenih pogledih zastiran z vsaj eno kroglo ali igralno palico) ob tem pa upošteval naravo naprave (manj zmogljivi sistemski viri) in zakasnitve pri obdelavi globinske informacije [14].
- Evalvirati sistem s pomočjo že implementiranih rešitev [5] [6] in posledično določiti stopnjo učinkovitost aplikacije in uporabljenih semantičnih označb objektov.

4.4 Metodologija

Razvoj sistema za zaznavanje in sledenje predmetov bo potekal z uporabo semantičnih označb scene, ki jih bo ponujalo podjetje Meta v prvi polovici leta 2025, implementiranih v igralnem pogonu Unity. Prvi korak bo implementacija prej omenjenih označb za razpoznavo in določanje objektov na igralni mizi ter optimizacija za delovanje v realnem času. Natančnost zaznavanja krogel in palice bo evalvirana z meritvami, kot so povprečna napaka zaznave in odzivnost v različnih svetlobnih pogojih.

V nadaljevanju bo razvit model za simulacijo interakcij med biljardno palico in krogli, pri čemer bomo uporabili Unity-jev fizikalni pogon za natančno napovedovanje gibanja krogel po udarcu. Model bo prilagojen za simulacijo v realnem času, pri čemer bomo analizirali natančnost napovedi glede na različne kote in sile udarca. Robustnost sistema bomo preizkusili z analizo vpliva variabilnosti pogojev, kot so spremembe svetlobnih razmer in nepredvideni premiki kamere. Dodatno bosta implementirana prikaz in vadba enostavnejših tehnik, kjer lahko pride do zastiranja pogleda, med navideznimi elementi in

realnimi objekti.

Evalvacija sistema bo izvedena s pomočjo testnih uporabnikov, pri čemer bodo uporabljene metode, kot so opazovalne študije, kjer bomo beležili uspešnost uporabnikov pri reševanju specifičnih nalog, in usmerjeni intervjuji za pridobivanje kvalitativnih povratnih informacij. Poleg tega bodo uporabniki vključeni v simulacije realnih scenarijev, kjer bomo analizirali učinkovitost sistema pri praktični uporabi. Izvedli bomo tudi primerjalno analizo z alternativnimi rešitvami kot jih predlagajo Sousa idr. [5] ter jih implementira aplikacija MiRacle Pool, da ovrednotimo prednosti in slabosti našega sistema. Omenjeni rešitvi bosta služili kot osnova za različne scenarije, ki se bodo naknadno poustvarili v naši aplikaciji. Zbrane podatke bomo podprli s statistično analizo ter jih uporabili za nadaljnjo izboljšavo sistema.

Takšna metodologija združuje tehnično in uporabniško evalvacijo ter zagotavlja strukturiran in celovit pristop k razvoju sistema, ki združuje inovativne algoritme z robustno uporabniško izkušnjo.

4.5 Literatura in viri

- [1] Q. Li, From virtual to reality: How vr, ar, xr, mr are reshaping our lives and work, *International Journal of Education and Humanities* 15 (3) (November 2024).
- [2] T. McKenzie, Pianovision: A new vr-powered piano-learning experience, 80.lv (August 2022).
URL <https://80.lv/articles/pianovision-a-new-vr-powered-piano-learning-experience>
- [3] D. H. K. Chow, S. K. F. Mann, Exergaming and education: A relational model for games selection and evaluation, *Frontiers in Psychology* 14 (2023).
doi:10.3389/fpsyg.2023.1197403.
URL <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1197403>
- [4] Meta Developers, Unity scene build for mixed reality (December 2024).
URL <https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-scene-build-mixed-reality/>
- [5] L. Sousa, R. Alves, J. M. F. Rodrigues, Augmented reality system to assist inexperienced pool players, *Research Article 2* (2016) 183–193, open access, Published: 26 April 2016.
- [6] P. Works, Miracle pool (May 2024).
URL <https://www.meta.com/experiences/miracle-pool-early-access/5796340207136099/>
- [7] C. F. M. Macedo, A. L. Apolinário, Occlusion handling in augmented reality: Past, present and future, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 29 (2) (2023) 1590–1609.
- [8] B. Krajancich, N. Padmanaban, G. Wetzstein, Factored occlusion: Single spatial light modulator occlusion-capable optical see-through augmented reality display, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 26 (5) (2020) 1871–1880.
- [9] Y. Zhang, X. Hu, K. Kiyokawa, X. Yang, Add-on occlusion: Turning off-the-shelf optical see-through head-mounted displays occlusion-capable, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 29 (5) (2023) 2700–2710.
- [10] P. WenKai, Z. Dong, W. Jutao, Z. Haiyan, Effective recognition design in 8-ball billiards vision systems for training purposes based on xception network modified by improved chaos african vulture optimizer, *Scientific Reports* 14 (17) (June 2024).
- [11] U. Sargaana, H. S. Farahani, J. W. Lee, J. Ryu, W. Woo, Collaborative billiards: Towards the ultimate gaming experience, in: *Entertainment Computing – ICEC 2005*, Springer, 2005, pp. 357–367.

- [12] J. Yan, Y. Zhan, Enhancing billiards learning with head-mounted ar: A holo-graphic guidance system with ai-powered shot analysis, Authorea (November 2024). doi:10.22541/au.173086768.80367033/v1.
URL <https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.173086768.80367033>
- [13] D. Alciatore, How to play pool - billiards and pool principles, techniques, resources (November 2024).
URL <https://billiards.colostate.edu/>
- [14] Meta Developers, Unity scene build for mixed reality (September 2024).
URL <https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-customize-passthrough-passthrough-occlusions/>