

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1936

**ANALIZA TRENINGA KOŠARKE PUTEM
MOBILNE APLIKACIJE**

Vedran Kumanović

Zagreb, lipanj, 2025.

Zagreb, 3. ožujka 2025.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1936

Pristupnik: **Vedran Kumanović (1191247427)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul: Računarstvo
Mentor: izv. prof. dr. sc. Matko Orsag

Zadatak: **Analiza treninga košarke putem mobilne aplikacije**

Opis zadatka:

Cilj ovog rada je razviti mobilnu aplikaciju za analizu i poboljšanje košarkaškog treninga te istražiti mogućnosti primjene postojećih i razvoj novih perifernih uređaja povezanih putem Bluetooth tehnologije. Aplikacija će omogućiti prikupljanje i analizu podataka o igračevim performansama, poput preciznosti šuta i kretanja na terenu. Istražit će se mogućnosti integracije s pametnim senzorima, nosivim uređajima i drugim Bluetooth dodacima kako bi se poboljšala interaktivnost i preciznost mjerenja.

Rok za predaju rada: 23. lipnja 2025.

Hvala svima koji su mi pomogli u radu na ovom završnom radu.

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Teorijska podloga i dosadašnja istraživanja	5
2.1. Umjetne neuronske mreže	5
2.1.1. Višeslojni perceptron	6
2.1.2. Konvolucijska neuronska mreža	6
2.1.3. YOLO model	6
2.2. Dosadašnja istraživanja	6
3. Korištene tehnologije i alati	7
4. Razvoj sustava za detekciju i analizu košarkaškog šuta	8
4.1. Prikupljanje i obrada podataka	8
4.2. Detekcija objekata korištenjem YOLO modela	8
4.3. Prepoznavanje pokušaja šuta i pogodenih koševa	8
4.4. Rekonstrukcija 2D i 3D putanje lopte	8
4.5. Određivanje kuta izbačaja i brzine šuta	8
4.6. Mogućnosti prijenosa sustava na mobilne uređaje	8
5. Rezultati i rasprava	9
5.1. Primjeri detekcije i analize šuteva	9
5.2. Evaluacija točnosti detekcije i analize	9
5.2.1. Eksperimenti u kojima se razvijeni postupak dobro ponaša	9
5.2.2. Eksperimenti u kojima postupak nalazi objekte koje nismo tražili (false positive error)	9

5.2.3. Eksperimenti u kojima postupak ne pronalazi tražene objekte (false negative error)	9
6. Zaključak	10
Literatura	11
Sažetak	12
Abstract	13
A: The Code	15

1. Uvod

Osnovni cilj košarkaške igre je stvaranje prilika za poentiranje, pri čemu svi elementi individualne tehnike, timske suradnje i kolektivne taktike nastoje omogućiti igraču da dođe u što povoljniju poziciju za šut. Brojna istraživanja pokazala su da učinkovitost šuta, posebice u ključnim trenucima utakmice i s različitih pozicija na terenu, u značajnoj mjeri određuje ishod susreta. Primjerice, u analizama utakmica hrvatske lige pokazano je da slobodna bacanja u posljednjih pet minuta čine u prosjeku 42% poena pobjedničkih ekipa u tijesnim završnicama, u usporedbi s tek 22% kod poraženih [1]. Osim toga, dokazano je da je konačni rezultat utakmice snažno povezan s preciznošću šutiranja s distance, ali i s realizacijom šuteva iz reketa, poput polaganja i zakucavanja [2]. Bez efikasnog poentiranja, svi ostali tehničko-taktički aspekti igre gube smisao.

S obzirom na ova saznanja, jasno je da preciznost šuta, kako iz igre tako i s linije slobodnog bacanja, igra presudnu ulogu u konačnom ishodu košarkaških utakmica. Intenzivan i ponavljajući samostalni trening neophodan je za napredak u šutu, no mnogim igračima nedostaje mogućnost objektivne analize vlastite tehnike. Analize šuterske učinkovitosti te biomehanike izvedbe u većini trenažnih procesa još uvijek se uvelike oslanjaju na subjektivne dojmove trenera i ručne statistike. Takav pristup često je spor, sklon pogreškama i ne omogućuje dublju, kvantitativnu analizu specifičnih šuterskih situacija, kao što su kut i brzina izbačaja lopte.

Cilj ovog rada je razvoj sustava za automatsku analizu šuterske izvedbe u košarci korištenjem računalnog vida i dubinskih kamera. Sustav omogućuje precizno praćenje 3D putanje lopte, detekciju koša te izračun ključnih metrika poput kuta izbačaja, brzine lopte i uspješnosti šuta. Takva analiza pruža trenerima i igračima objektivne informacije potrebne za optimizaciju trenažnog procesa i povećanje učinkovitosti.

Za detekciju lopte i obruča koristi se unaprijed istreniran YOLO model, dok se 3D pozicije objekata dobivaju kombiniranjem 2D koordinata s dubinskim informacijama. Razvijeni sustav predstavlja korak prema modernizaciji trenažnog procesa u košarci, omogućujući preciznu, automatiziranu i pristupačnu analizu šuta, s ciljem poboljšanja individualne izvedbe i ukupne uspješnosti momčadi.

2. Teorijska podloga i dosadašnja istraživanja

2.1. Umjetne neuronske mreže

Duboko učenje temelji se na sposobnosti neuronskih mreža da aproksimiraju složene nelinearne funkcije, što omogućuje njihovu primjenu u širokom spektru problema [3]. Ključni model koji se koristi za tu svrhu je višeslojni perceptron (eng. multilayer perceptron (MLP)), koji kroz višeslojne arhitekture modelira odnose između ulaza i željenih izlaza.

Za uspješno treniranje takvih mreža nužno je koristiti tehnike poput regularizacije (za sprječavanje prenaučivosti) i optimizacijskih algoritama (poput varijanti gradijentnog spusta). Kada se modeli primjenjuju na velike ulaze, primjerice slike visoke rezolucije ili vremenske nizove, koriste se specijalizirane arhitekture:

- **Konvolucijske neuronske mreže (CNN)** – dizajnirane za obradu vizualnih podataka, koriste konvolucijske slojeve za automatsko prepoznavanje značajki u slikama.
- **Rekurentne neuronske mreže (RNN)** – koriste se za sekvencijalne podatke, poput teksta ili vremenskih nizova, jer mogu modelirati vremensku ovisnost između podataka.

Ove arhitekture čine temelj za mnoge praktične primjene dubokog učenja, uključujući analizu videozapisa, detekciju objekata i biomehaničku analizu pokreta, što je izravno povezano s temom ovog rada.

2.1.1. Višeslojni perceptron

Višeslojni perceptron (MLP) je osnovna arhitektura umjetnih neuronskih mreža koja se sastoji od ulaznog sloja, jednog ili više skrivenih slojeva i izlaznog sloja. MLP mreže koriste se za rješavanje širokog spektra problema gdje se učenje pod nadzorom odvija pomoću algoritma s povratnom propagacijom pogreške (engl. error back-propagation algorithm).

2.1.2. Konvolucijska neuronska mreža

2.1.3. YOLO model

2.2. Dosadašnja istraživanja

3. Korištene tehnologije i alati

4. Razvoj sustava za detekciju i analizu košarkaškog šuta

4.1. Prikupljanje i obrada podataka

4.2. Detekcija objekata korištenjem YOLO modela

4.3. Prepoznavanje pokušaja šuta i pogođenih koševa

4.4. Rekonstrukcija 2D i 3D putanje lopte

4.5. Određivanje kuta izbačaja i brzine šuta

4.6. Mogućnosti prijenosa sustava na mobilne uređaje

5. Rezultati i rasprava

5.1. Primjeri detekcije i analize šuteva

5.2. Evaluacija točnosti detekcije i analize

- 5.2.1. Eksperimenti u kojima se razvijeni postupak dobro ponaša**
- 5.2.2. Eksperimenti u kojima postupak nalazi objekte koje nismo tražili (false positive error)**
- 5.2.3. Eksperimenti u kojima postupak ne pronalazi tražene objekte (false negative error)**

6. Zaključak

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Literatura

- [1] Šime Kumanović, “Značajnost slobodnih bacanja na strategiju igre i konačan rezultat utakmice”, Magistarski rad, Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [2] D. Milanović, “Utjecaj varijabli ubacivanja lopte u koš na konačni rezultat košarkaške utakmice.” *Kineziologija*, sv. 8, br. 1-2, str. 136–148, 1978.
- [3] I. Goodfellow, Y. Bengio, i A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016., <http://www.deeplearningbook.org>.

Sažetak

Analiza treninga košarke putem mobilne aplikacije

Vedran Kumanović

Unesite sažetak na hrvatskom.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Ključne riječi: prva ključna riječ; druga ključna riječ; treća ključna riječ

Abstract

Analysis of basketball training through a mobile application

Vedran Kumanović

Enter the abstract in English.

Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

Keywords: the first keyword; the second keyword; the third keyword



Slika 6.1. Moja prva slika

Referenciramo se na sliku 6.1. u sredini rečenice, zatim prije zareza 6.1., te zatim na kraju rečenice 6.1. Upravo smo testirali radi li naredba \ref ispravno u slučaju kada nakon nje slijedi točka.

Sada slijedi jedna jednađžba:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = F(\omega) \quad (6.1)$$

Jednađžba (6.1) je moja prva jednađžba koja defnira par $f(t) \circ \bullet F(\omega)$ ili $F(\omega) \bullet \circ f(t)$.

Privitak A: The Code

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam

rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.