

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 959

**Aplikacija za interaktivnu pomoć  
penjačima po stijenama uporabom  
proširene stvarnosti**

Adrian Cvijanović

Zagreb, lipanj 2025.



# SADRŽAJ

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. Uvod</b>  | <b>1</b> |
| 1.1. Kontekst i rast popularnosti sportskog penjanja . . . . .                              | 1        |
| 1.2. Problem identifikacije penjačkih smjerova i ograničenja tradicionalnih alata . . . . . | 2        |
| 1.3. Ograničenja postojećih digitalnih alata . . . . .                                      | 3        |
| 1.4. Cilj i doprinos rada . . . . .   | 4        |
| <b>2. Analiza postojećih rješenja i tehnologija</b>   | <b>5</b> |
| 2.1. Postojeće aplikacije za penjače . . . . .  | 5        |
| 2.2. Računalni vid u prepoznavanju objekata . . . . .                                       | 5        |
| 2.2.1. Detekcija i opis značajki (engl. feature detection and description)                  | 5        |
| 2.2.2. Uparivanje značajki (engl. feature matching) . . . . .                               | 5        |
| 2.2.3. Transformacija perspektive i homografija . . . . .                                   | 5        |
| 2.3. Tehnologije za razvoj sustava . . . . .  | 5        |
| 2.3.1. Razvoj za iOS platformu . . . . .  | 5        |
| 2.3.2. Tehnologije pozadinskog sustava . . . . .  | 5        |
| 2.3.3. Tehnologije web aplikacije . . . . .   | 5        |
| <b>3. Arhitektura i dizajn sustava "Alpinity"</b>   | <b>6</b> |
| 3.1. Arhitektura sustava . . . . .  | 6        |
| 3.2. Dizajn baze podataka . . . . .   | 6        |
| 3.3. Dizajn pozadinskog sustava . . . . .   | 6        |
| 3.4. Dizajn procesa prepoznavanja smjera . . . . .  | 6        |
| <b>4. Implementacija rješenja</b>   | <b>7</b> |
| 4.1. Implementacija pozadinskog sustava . . . . .   | 7        |
| 4.2. Implementacija iOS aplikacije . . . . .  | 7        |
| 4.2.1. Korisničko sučelje u SwiftUI . . . . .   | 7        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.2. Integracija s bibliotekom OpenCV . . . . .    | 7         |
| 4.3. Implementacija web aplikacije . . . . .         | 7         |
| <b>5. Testiranje i vrednovanje rješenja</b>          | <b>8</b>  |
| 5.1. Funkcionalno testiranje . . . . .               | 8         |
| 5.2. Vrednovanje performansi prepoznavanja . . . . . | 8         |
| 5.3. Analiza ograničenja . . . . .                   | 8         |
| <b>6. Zaključak</b>                                  | <b>9</b>  |
| 6.1. Sažetak ostvarenih rezultata . . . . .          | 9         |
| 6.2. Smjernice za budući razvoj . . . . .            | 9         |
| <b>Literatura</b>                                    | <b>10</b> |

# 1. Uvod

Digitalna tehnologija obuhvaća gotovo sve aspekte ljudskog života, od komunikacije, poslovanja do zabave i znanja. Rekreativne aktivnosti i sportovi koji su se oslanjali na fizičku opremu i materijale sve više usvajaju digitalne alate koji proširuju mogućnosti i količinu informacija koje korisnici mogu dobiti. Sportsko penjanje, kao aktivnost koja spaja fizičku spremnost i boravak u prirodi, predstavlja primjer aktivnosti koja se može proširiti digitalnim alatima.

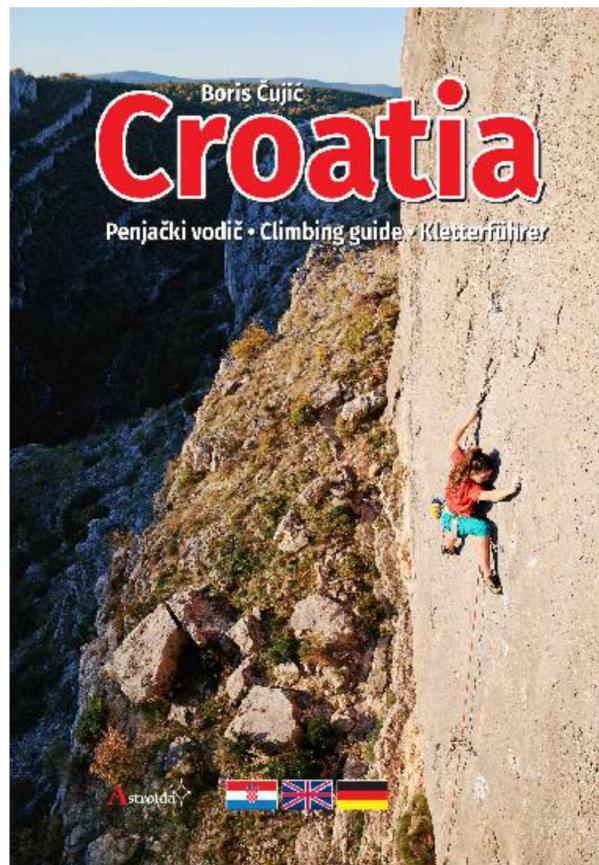
Dok su postojeće digitalne platforme omogućile lak pristup informacijama penjačkih lokacija, ključni izazov ostaje upotreba tih informacija u stvarnom okruženju - isprijeđ same stijene. Taj ključni izazov otvara prostor za inovacije, posebice u domeni mobilnih tehnologija, računalnog vida i proširene stvarnosti.

## 1.1. Kontekst i rast popularnosti sportskog penjanja

Sportsko penjanje i srodnna disciplina *bouldering* posljednjih su desetljeća doživjeli eksponencijalni rast u popularnosti, Privlačeći sve veći broj entuzijasta kako u specijalizirane dvorane, tako i na prirodne stijene. Na Olimpijskim igrama 2020. godine u Tokiju sportsko penjanje je po prvi put uvršten u program čime je sport dobio globalnu pozornost i dodatno potaknuo interes javnosti. Olimpijskim igrama 2024. godine u Parizu popularnost sporta je još više porasla. Prema članku iz *The Oxford Blue*, dok se vrijednost globalnog tržišta penjačkih dvorana procjenjuje na 117.61 milijardi dolara do 2031. godine [1]. S rastom zajednice, raste i potreba za kvalitetnim, dostupnim i preciznim informacijama o penjalištima i smjerovima.

## 1.2. Problem identifikacije penjačkih smjerova i ograničenja tradictionalnih alata

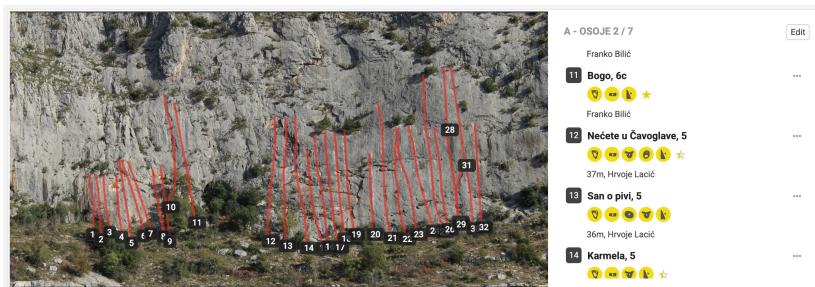
Tradicionalno, glavni izvor informacija za penjače su tiskani penjački vodiči. Ovi vodiči sadrže detaljne opise penjališta, karte pristupa, kao i skicirane prikaze stijene ili često nazivane *topo* s ocrtnim linijama penjačkih smjerova, njihovim nazivima i težinama. Iako su desetljećima bili nezamjenjiv alat, tiskani vodiči imaju ograničenja. Podložni su zastarijevanju jer ne mogu pratiti dinamiku promjena na penjalištima poput dodavanja novih smjerova, promjena težina ili upozorenja o opasnostima na pojedinim smjerovima. Bilo kakve promjene zahtjevaju novo tiskanje i kupovanje novog izdanja. Tiskani vodiči su nepraktični za nošenje, a najveći izazov predstavlja interpretacija dvodimenzionalnih skica, koje su često slikane iz daljine, na trodimenzionalnu strukturu stijene. Proces lociranja točnog početka smjera na temelju crteža često je subjektivan, dugotrajan i može dovesti do frustracija ili pokušaj penjanja smjera koji je težinski izvan dohvata za penjača.



Slika 1.1: Prikaz tiskanog penjačkog vodiča

### 1.3. Ograničenja postojećih digitalnih alata

S pojavom interneta i pametnih telefona, razvile su se digitalne platforme i mobilne aplikacije koje su djelomično riješile problem dostupnosti i ažurnosti podataka. One omogućuju centralizirano prikupljanje informacija, korisničke komentare i lakšu pretragu. Osim toga, nude i napredne funkcionalnosti poput vođenja osobnog dnevnika uspona, analize statistike, praćenja napretka i povezivanja s drugim penjačima. Unatoč tim prednostima, digitalna rješenja nisu bez nedostataka. Većina postojećih aplikacija i dalje se oslanja na prikazivanje statičnih, dvodimenzionalnih *topo* skica, čime se ne rješava temeljni problem identifikacije smjera u stvarnom okruženju. Nadalje, oslanjanje na elektronički uređaj u često udaljenim prirodnim okruženjima uvodi i praktične izazove. Ograničeno trajanje baterije i čest nedostatak mobilnog signala ili internetske veze mogu učiniti digitalne alate nedostupnima u trenutku kada su potrebni. Korisnik se tako suočava s dva ključna problema: interpretacija 2D prikaza i ovisnost o bateriji i signalu.



**Slika 1.2:** Prikaz dvodimenzionalne *topo* skice sa 27Crags za penjalište Čikola sektor Osoje



**Slika 1.3:** Stvarna stijena na penjalištu Čikola sektora Osoje

## **1.4. Cilj i doprinos rada**

Navedeni nedostaci postojećih alata stvaraju potrebu za rješenjem koje pokriva njihove nedostatke. Cilj je iskoristiti mobilnu tehnologiju kako bi se stvorilo rješenje koje bi minimiziralo navedene nedostatke. Ideja je omogućiti penjačima da jednostavnim usmjerenjem kamere mobilnog uređaja prema stijeni dobije vizualnu informaciju o položaju i nazivima smjerova izravno u stvarnom okruženju korištenjem tehnologije proširene stvarnosti. Takav pristup ne samo da štedi vrijeme i smanjuje frustracije, već i omogućuje sigurnije iskustvo penjanja.

## **2. Analiza postojećih rješenja i tehnologija**

### **2.1. Postojeće aplikacije za penjače**

### **2.2. Računalni vid u prepoznavanju objekata**

**2.2.1. Detekcija i opis značajki (engl. feature detection and description)**

**2.2.2. Uparivanje značajki (engl. feature matching)**

**2.2.3. Transformacija perspektive i homografija**

### **2.3. Tehnologije za razvoj sustava**

**2.3.1. Razvoj za iOS platformu**

**2.3.2. Tehnologije pozadinskog sustava**

**2.3.3. Tehnologije web aplikacije**

## **3. Arhitektura i dizajn sustava "Alpinity"**

**3.1. Arhitektura sustava**

**3.2. Dizajn baze podataka**

**3.3. Dizajn pozadinskog sustava**

**3.4. Dizajn procesa prepoznavanja smjera**

## **4. Implementacija rješenja**

### **4.1. Implementacija pozadinskog sustava**

### **4.2. Implementacija iOS aplikacije**

#### **4.2.1. Korisničko sučelje u SwiftUI**

#### **4.2.2. Integracija s bibliotekom OpenCV**

### **4.3. Implementacija web aplikacije**

## **5. Testiranje i vrednovanje rješenja**

**5.1. Funkcionalno testiranje**

**5.2. Vrednovanje performansi prepoznavanja**

**5.3. Analiza ograničenja**

## **6. Zaključak**

**6.1. Sažetak ostvarenih rezultata**

**6.2. Smjernice za budući razvoj**

# LITERATURA

- [1] The Oxford Blue. Why does everyone suddenly want to rock climb? <https://theoxfordblue.co.uk/why-does-everyone-suddenly-want-to-rock-climb/>, siječanj 2025. Pristupljeno 7. lipnja 2025.