

# PREPOZNAVANJE OSOBA NA TEMELJU POKRETA TIJELA

---

**Pocrnja, Josip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:397813>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni studij**

**PREPOZNAVANJE OSOBA NA TEMELJU POKRETA  
TIJELA**

**Završni rad**

**Josip Pocrnja**

**Osijek, 2021.**

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak završnog rada .....	2
2. PREPOZNAVANJE OSOBA NA TEMELJU POKRETA TIJELA.....	3
2.1. Hod i prepoznavanje hoda .....	3
2.2. Jedinствена svojstva prepoznavanja hoda .....	4
2.3. Metodologija .....	4
2.3.1. Algoritam za prepoznavanje ljudskog hoda.....	6
3. OKVIR BIOMETRIJE HODA .....	8
3.1. Prikupljanje podataka .....	8
3.1.1 Kamera .....	9
3.1.2. Brzinomjer .....	9
3.1.3. Podni senzor .....	9
3.1.4. Radar .....	10
3.2. Prikaz svojstava.....	10
3.2.1. Predstavljanje svojstava video podataka modelom.....	11
3.2.2. Predstavljanje svojstava video podataka bez modela.....	11
3.3. Smanjenje dimenzionalnosti .....	11
3.4. Klasifikacija .....	12
4. METODE PREPOZNAVANJA HODA.....	13
4.1. Oduzimanje pozadine .....	14
4.2. CMU Motion of Body (MoBo) baza podataka .....	15
4.3. 3D metoda prepoznavanja hoda .....	16
4.3.1. Skup podataka .....	18
5. ZAKLJUČAK .....	24
LITERATURA .....	25
SAŽETAK.....	27
ABSTRACT .....	28
ŽIVOTOPIS.....	29

# 1. UVOD

Svaka osoba jedinstvena je i razlikuje se jedna od druge. Često su obilježja osobe vrlo slična pa se ne mogu razlikovati bez primjene određenih metoda za identifikaciju. Za prepoznavanje osobe mogu se koristiti tjelesna obilježja (biometrija) i pravna obilježja (ime, prezime, državljanstvo, prebivalište i drugi).

Biometrija je znanost o automatiziranim postupcima za jedinstveno prepoznavanje ljudi na temelju jednog ili više urođenih tjelesnih obilježja ili obilježja čovjekovog ponašanja. Biometrija se također može definirati i kao matematičko statistička metoda za istraživanje živih bića s obzirom na njihove odnose mjere i broja koji se utvrđuju korištenjem automatiziranih tehničkih sustava mjerenja i registracije. [1]

Biometrijski način identifikacije pojedinca podrazumijeva korištenje čovjekovih individualnih tjelesnih obilježja koji omogućuje usporedbu sa spornim uzorkom u postupku identifikacije. Usporedbom nespornog i spornog uzorka potvrđuje se ili negira istovjetnost osobe. Da bi neka biometrijska karakteristika bila pogodno sredstvo za identifikaciju, mora ispunjavati određene uvjete: univerzalnost, jedinstvenost, trajnost, jednostavnost. [1]

Biometrija za prepoznavanje hoda slabije je razvijena, ali je jako moćna metoda za identifikaciju osoba. Teorija ove metode zasniva se na tome da svaka osoba ima jedinstven hod, ali ne znamo razmjer do kojeg je jedinstven za razliku od otiska prsta. Imamo i različite vanjske faktore koji utječu na hod, uključujući obuću, podlogu na kojoj hodaju, ozljede, umor.

U završnom radu su navedene i opisane metode identifikacije ljudi preko pokreta tijela i opisani razni faktori koji utječu na prepoznavanje ljudi.

## **1.1. Zadatak završnog rada**

Zadatak završnog rada je opisati metode kojima je moguća identifikacija osobe na temelju pokreta tijela u hodu. Video kamerom snimati i pratiti osobe te na temelju zapisa analizirati i obaviti prepoznavanje osoba.

## 2. PREPOZNAVANJE OSOBA NA TEMELJU POKRETA TIJELA

### 2.1. Hod i prepoznavanje hoda

Koordinirana ciklična kombinacija kretanja može se definirati kao ljudski hod. Svaka kretnja će se ponoviti ciklički istim načinom ako ostanu isti fizički i vanjski uvjeti. Takve se kretnje ponavljaju u uzorcima i smatraju se posebnim za svaku osobu. Te kretnje ne moraju biti samo hod, mogu biti trčanje i penjanje. Kretnje kao sjedanje, uzimanje ili bacanje nekog objekta koordinirane su kretnje, ali nisu ciklične. Metode za prepoznavanje osoba još su u začetku i radi se na različitim pristupima.

Svaki pristup ima svoje prednosti i mane. Sustav za prepoznavanje hoda koristi podatke koje najbolje možemo dobiti putem video kamere za snimanje ljudskog hoda. Mogu se koristiti senzori koje smjestimo na tijelu, senzori na mobilnim telefonima ili pametnim satovima. Radi se i na sustavima koji koriste radare kao način prepoznavanja. [2]

Prepoznavanje osoba preko pokreta tijela manje je poznata, ali moćna biometrijska metoda identifikacije. Ljudi mogu svojim opažanjem prepoznati njima poznate ljude preko njihovog hoda. U manje od jedne sekunde možemo prepoznati osobu, to nije slučaj kod video prikaza.

Kompleksnost sustava za prepoznavanje hoda ovisi o metodi kojom se koristimo. Jedan od jednostavnijih je korištenje video kamere gdje se snimljeni video analizira koristeći *software* za prepoznavanje hoda. [2]

Metode prepoznavanja osoba se mogu podijeliti u tri grupe:

- senzori bazirani na dodir
- nosivi senzori
- video kamere

## 2.2. Jedinstvena svojstva prepoznavanja hoda

Prepoznavanje hoda ima nekoliko jedinstvenih svojstava gdje druge biometrije zaostaju.

- 1) Ljudski hod može se uhvatiti iz velike udaljenosti od pojedinca. U kontrastu s drugim biometrijskim sustavima koji zahtjevaju da pojedinac bude u blizini ili dodiruje određeni biometrijski senzor.
- 2) Može se odrađivati na niskoj rezoluciji. Kod prepoznavanja osoba preko lica nekad neće biti moguće ako snimljeni videozapis ima nisku rezoluciju.
- 3) Prepoznavanje hoda može se obavljati s jednostavnim instrumentima: kamerom, akcelerometrom u mobitelima, podnim senzorom, ili radarom.
- 4) Može se obavljati bez suradnje osobe. Kod uzimanja otiska prsta osoba mora prisloniti prst da bi se uzeli podaci.
- 5) Teško je imitirati ljudski hod. Razlog tome je što za prepoznavanje hoda se uglavnom koriste siluete i aktivnosti. Ovo svojstvo je jako bitno za kriminalistiku.
- 6) Određene karakteristike ljudskog hoda se ne mogu prikriti, dok npr. lice nije teško prikriti nošenjem maske. Tako će prepoznavanje hoda dobro raditi dok će slike lica biti skrivene. [3]

## 2.3. Metodologija

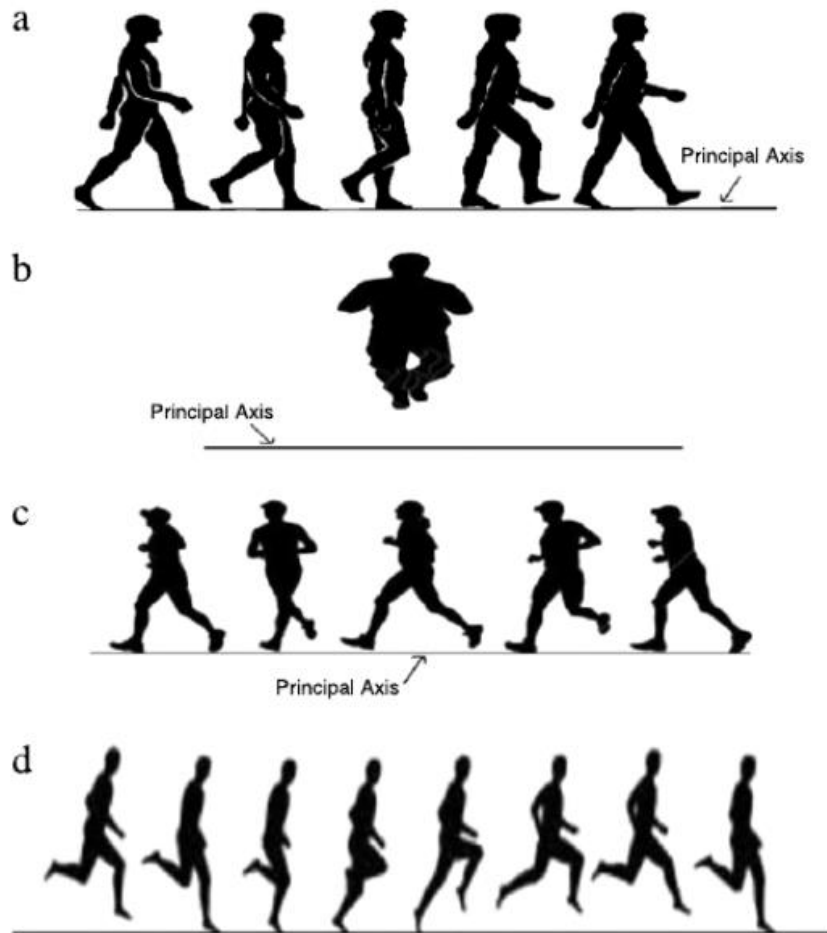
Za prepoznavanje ljudskih aktivnosti, moramo postaviti svojstva svake aktivnosti temeljenim na parametrima ljudskog modela kako slijedi.

Svojstva hoda: tijekom hoda svaki dio tijela uglavnom se kreće jednakom brzinom u istom smjeru. Prema tome hodanje se može identificirati kad sve brzine svake komponente prijeđu nulu, a manje su od unaprijed određenog praga.

Jedina razlika između hodanja i trčanja je da će uvijek tijekom hodanja jedna noga dodirivati tlo kao što je prikazano na slici 2.1.(a).

Svojstva skakanja: tijekom skakanja svaki dio tijela kreće se vertikalno u istom smjeru samo gore ili dole. Prema tome skakanje se može identificirati kada su brzine svih komponenti blizu nule u horizontalnom smjeru, a veće od nule u vertikalnom smjeru kao što je prikazano na slici 2.1.(b).

Svojstva trčanja: tijekom trčanja, brzina je mnogo veća nego kod hodanja i veći je omjer udaljenosti između nogu ovisno o podu kao što je prikazano na slici 2.1.(a). [4]

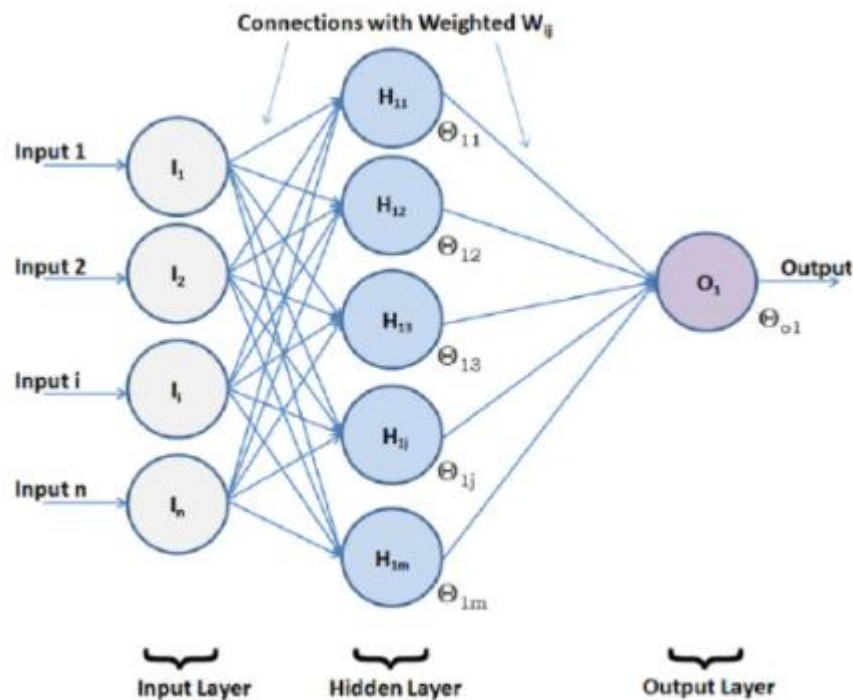


Slika 2.1. Uzorci silueta za: (a) hodanje, (b) skakanje, (c) džogiranje, (d) trčanje. [4]

Višeslojna neuronska mreža obuhvaća tri sloja ulaz, izlaz i skriveni sloj. Neuronska mreža može imati više izlaza, gdje izlazi skrivenog sloja služe kao ulazi za sljedeći sloj. Više slojeva linearnih ulaza rezultira linearnim funkcijama, koristeći step funkciju u perceptronu je moguća opcija, ali neće činiti veliku razliku. Time nije dobar za pretraživanje gradijentnim spustom.



Rješenje ćemo postići nelinearnom sigmoidnom funkcijom koja je funkcija diferencijalnog praga. Slika 2.2. prikazuje model višeslojnog širenja umjetne neuronske mreže ANN (engl. artificial neural network) za prepoznavanje hoda. [4]



Slika 2.2. višeslojno propagiranje unazad ANN. [4]

### 2.3.1. Algoritam za prepoznavanje ljudskog hoda

- 1) Svojstva različitih tipova hoda pohranjuju se u sustav kao ulaz.
- 2) Odaberu se glavni dijelovi važni za daljnje procesiranje.
- 3) Smanjenje dimenzionalnosti
- 4) Primijeniti razne tehnike klasifikacije na primjer ANN, KNN (engl. k-nearest neighbor) i k-means algoritmi.
- 5) KNN i k-means koriste se za klasifikaciju na osnovu sličnih svojstava.
- 6) Svojstva ovise o sljedećim kriterijima: hodanje, skaknje, džogiranje i trčanje.
- 7) Usporedba svih tipova hoda.
- 8) ANN nadmašuje KNN, k-means i ostale postojeće metode klasifikacije. [4]

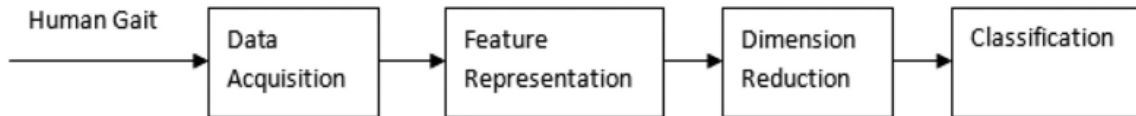
ANN algoritam za klasifikaciju hoda započinje sa inicijaliziranjem težina na čvorovima, prije izračunavanja izlaznog podatka za pojedinu točku. Onda izračunava greške i propagira ih nazad. Na kraju težine se ažuriraju i ovaj krug se ponavlja dok greška nije ispod praga.

Algoritam učenja s povratnom propagacijom pogreške:

1. Korak, propagirati ulazne vrijednosti kroz mrežu.
2. Korak, propagirati greške unazad kroz mrežu slično načinu prema delta pravilu i gradijentnom spustu.
3. Korak, uzeti sumu grešaka svih izlaznih podataka. [4]

### 3. OKVIR BIOMETRIJE HODA

Neovisno o metodama koje koristimo, tipični sustav za prepoznavanje hoda sastoji se od 4 faze: prikupljanje podataka, reprezentacija svojstava, smanjenje dimenzija i klasifikacija. Slika 3.1. [3]



Slika 3.1. pregled sustava za prepoznavanje hoda. [3]

#### 3.1. Prikupljanje podataka

Model prikupljanja podataka dizajniran je za prikupljanje podataka ljudskog hoda. Može se prikupljati na četiri različita načina: kamerom, brzinomjerom, podnim senzorom i radarom. Ova varijacija rezultira u različitim primjenama u stvarnom svijetu. Na primjer, ako se pojedinac kreće po cijelom svijetu brzinomjer kao način identifikacije je poželjan, ako pojedinac želi proći kroz vrata sva četiri načina prepoznavanja dobro će raditi.

Razni senzori generiraju različite tipove podataka. Na primjer kamera generira video, brzinomjer brzinu, a radar frekvenciju. Ovo će rezultirati različitim procesima za naknadne faze prepoznavanja.

Stupanj pogreške za ove sustave uglavnom je ispod 25%, a stupanj da je sustav dobro identificirao osobu veći je od 60%. Ovi brojevi izračunati su u pojedinačnim istraživačkim grupama i ovisni su o njihovim korištenim podacima. Broj uzoraka je mal što pokazuje da je poželjno izgraditi veće baze podataka za prepoznavanje hoda. [3]

### **3.1.1 Kamera**

Svaka osoba ima drugačiji način hodanja prema tome se mogu prepoznati. Najčešće, kamera se postavlja par metara od objekta za snimanje videa. Snimljeni podaci o hodu će se nadalje procesirati za prepoznavanje pojedinca. Postoje dva pristupa za prepoznavanje putem kamere, a to su pristup na temelju modela i pristup bez modela. Cilj pristupa na temelju modela je da modelira pojedince ili aktivnosti i računa svojstva hoda prema modelu. Obično se ljudske kretnje mogu modelirati na osnovu prostorno vremenskih podataka.

Na primjer model elipse tipični je prostorni model. U ovom modelu siluete hoda podijeljene su u sedam regija, a jedna elipsa se koristi za prilagođavanje svakoj regiji. Svojstva hoda su eliptični parametri. Općenito većina modela za hod koristile su putanje zglobova kao na njihalu za prepoznavanje. U kontrastu, pristup bez modela tretiraju siluetu kao cjelinu i izdvajaju svojstva za prepoznavanje osoba. [3]

### **3.1.2. Brzinomjer**

Kad ljudi hodaju njihova ubrzanja u 3D (tri dimenzionalni) prostoru su različita, što se može iskoristiti u identifikaciji pojedinaca. Uobičajeno brzinomjeri se stavljaju na ljudska tijela. U ovakvom sustavu za prepoznavanje podaci ubrzanja pojedinaca snimaju se brzinomjerom i kasnije se koriste za identifikaciju u tri dimenzionalnom prostoru (X, Y, Z). [3]

### **3.1.3. Podni senzor**

Hodanjem ljudi prave različit pritisak na pod, što je korisno za identifikaciju. U ovom sustavu senzori se postavljaju na pod za prikupljanje podataka dok ljudi hodaju po njima.

Najjednostavniji način za predstavljanje podataka podnog senzora je tjelesna masa. Na primjer, tjelesna masa kriminalca se obično bilježi u bazi podataka. U tom se slučaju mogu koristiti informacije o tjelesnoj masi za identifikaciju tog kriminalca. Međutim, budući da mnogi pojedinci

moгу imati istu tjelesnu masu, stopa prepoznavanja ove značajke može biti niska. Stoga je tjelesna masa slaba biometrija. [3]

### 3.1.4. Radar

Kad se prijemnik i odašiljač kreću, primljena frekvencija ( $F_d$ ) razlikuje se od prenešene jedan ( $F_t$ ). To se naziva Dopplerov pomak frekvencije. Odnose između kuta elevacije radarskog snopa subjekta ( $\phi$ ), kuta snopa radara u pokretu ( $\theta$ ), brzine svjetlosti ( $c$ ) i brzina kretanja objekta ( $v$ ), s  $F_d$  i  $F_t$  prikazan je u jednadžbi (8):

$$F_d = F_t \frac{2v}{c} \cos(\theta) \cos(\phi). \quad (1)$$

Budući da različiti dijelovi ljudskog tijela imaju različitu brzinu ( $v$ ) tijekom hodanja, radarski podaci pretvoreni kratkotrajnom Fourierovom transformacijom izgradit će spektrogram. Iz spektrograma izdvoji se brzina koraka iz radarskih signala za prepoznavanje hoda u pet koraka. Osim brzine koraka, za prepoznavanje hoda se koristi i radarski presjek (RCS). [3]

### 3.2. Prikaz svojstava

Da bi prepoznali pojedinca, sustav za prepoznavanje mora izvući svojstva hoda iz prikupljenih podataka tijekom faze prikupljanja podataka. Prikaz svojstava prvi je korak nakon prikupljanja podataka. Različite metode prikupljanja podataka rezultiraju drugačijim prikazim svojstava. [3]

### **3.2.1. Predstavljanje svojstava video podataka modelom**

Cilj ovog pristupa je modelirati ljudsko tijelo i izvući svojstva. Neovisan je o skali i gledištu, ali ovisi o kvaliteti videa.

Jedan pristup predstavljanja svojstava modelom je modeliranje tijela koristeći strukturne parametre koraka pojedinca. Dva su parametra korištena za prepoznavanje hoda iz video snimke to su dužina koraka i ritam (koraci u minuti).

Drugi način je modeliranje cijelog tijela, na primjer modeliranje tijela sa dvodimenzionalnim štapnim figurama koje se načine tako da se poveže devet točaka na tijelu važnih za hod. Još jedan način je da se tijelo podijeli u više dijelova onda se svaki zasebno analizira. [3]

### **3.2.2. Predstavljanje svojstava video podataka bez modela**

Cilj predstavljanja svojstava bez modela je procesirati cijelu ljudsku kretnju ili oblik siluete. Ovaj pristup ima dvije glavne prednosti. Prvo, neovisan je o kvaliteti videa zbog toga se kamera može postaviti daleko od objekta. Drugo, trošak izračuna manji je od predstavljanja svojstava modelom. Time je ovaj pristup mnogo popularniji. No, on ima jednu manu koja ovisi o gledištu i skali. Što znači ako se kut gledišta promjeni stopa prepoznavanja će opasti. [3]

### **3.3. Smanjenje dimenzionalnosti**

Više dimenzionalne prostorne značajke u analizi hoda rezultiraju visokim računskim troškovima, što znači da bi se broj dimenzija trebao umanjiti. Metode smanjenja dimenzija uglavnom se koriste za uklanjanje nevažnih ili loših svojstava. Ovim metodama želimo postići smanjenje računskih troškova i povećati točnost u klasifikaciji. Prednost je što je potrebno manje vremena za treniranje i klasifikaciju. Možemo kategorizirati u dvije vrste: smanjenje svojstava i suvišnih vrijednosti.

- 1) Smanjenje svojstva: Ovo je jedna od metoda smanjivanja dimenzija koja može ukloniti nevažna svojstva za povećanje učinkovitosti sustava za prepoznavanje hoda i smanjenje troškova. Postoje mnoge metode.
- 2) Uklanjanje suvišnih vrijednosti: Uklanjanje suvišnih vrijednosti sastavni je dio skoro svakog algoritma za strojno učenje. Suprotno smanjenju svojstava koji briše nevažna svojstva, uklanjanje suvišnih vrijednosti uklanja signale lošije kvalitete. [3]

### **3.4. Klasifikacija**

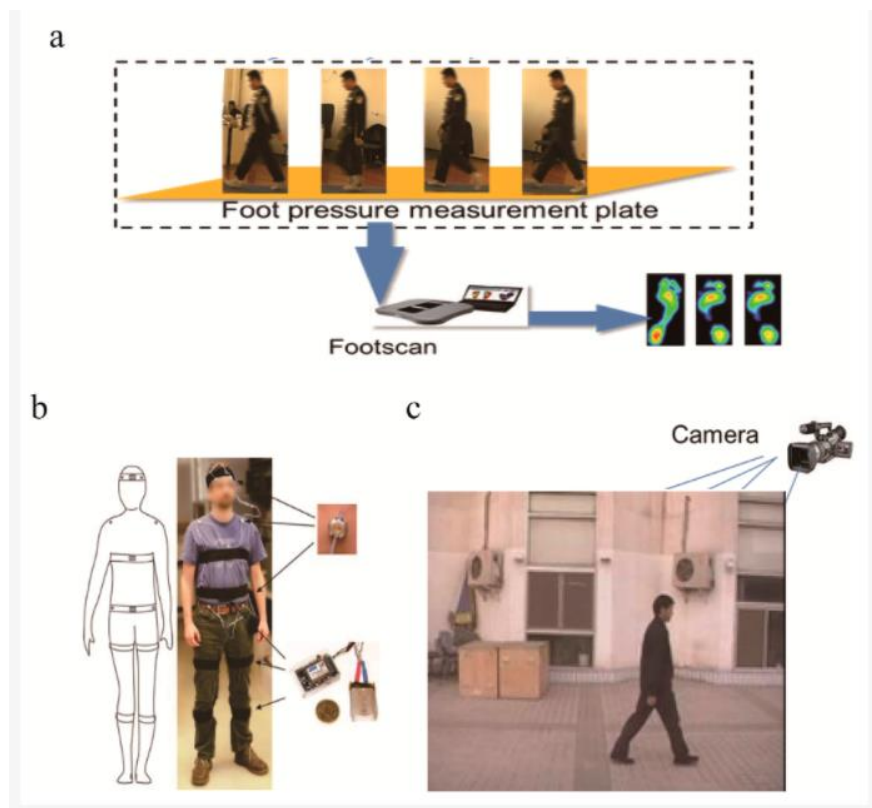
Izravne metode klasifikacije hoda najjednostavnije su metode prepoznavanja hoda, koje ne izvlače privremena svojstva iz podataka hoda. Ovaj tip metode koristi nekoliko ključnih slika u slijedu hoda. Klasifikacija je konačna faza u sustavima za prepoznavanje hoda. Temeljne metode klasifikacije su: daljina, korelacija, strojno učenje i bayesova klasifikacija. [3]

## 4. METODE PREPOZNAVANJA HODA

Senzori bazirani na dodir uglavnom se odnose na senzore za pritisak. Ovi senzori se postavljaju na pod i skupljaju signale koje nastaju kad ljudi hodaju po njima. Slika 4.1.a prikazuje primjer senzora za pritisak.

Nosivi senzori zakačeni su ili nošeni na ključnim dijelovima tijela, na primjer oko struka, noge, glava i drugi. Na taj način prikupljaju podatke o ljudskom hodu za brzinu, poziciju i ostale informacije. Na slici 4.1.b je primjer nosivog senzora.

Iako ovi senzori mogu izravno prikupiti podatke, zahtijevaju kompleksnu opremu koja je ograničena i u medicini. Za razliku od navedenih senzora postoje video kamere za prepoznavanje hoda koji su više korišteni. Najčešće se sastoji od više digitalnih i analognih kamera s odgovarajućim okularima kako bi prikupili podatke s udaljenosti. Slika 4.1.c primjer je video kamera kao senzora. [5]



Slika 4.1. Primjeri senzora za sustave prepoznavanja hoda. (a) senzori bazirani na dodir; (b) nosivi senzori: shema (lijevo) i slika (desno); (c) video-senzor. [5]

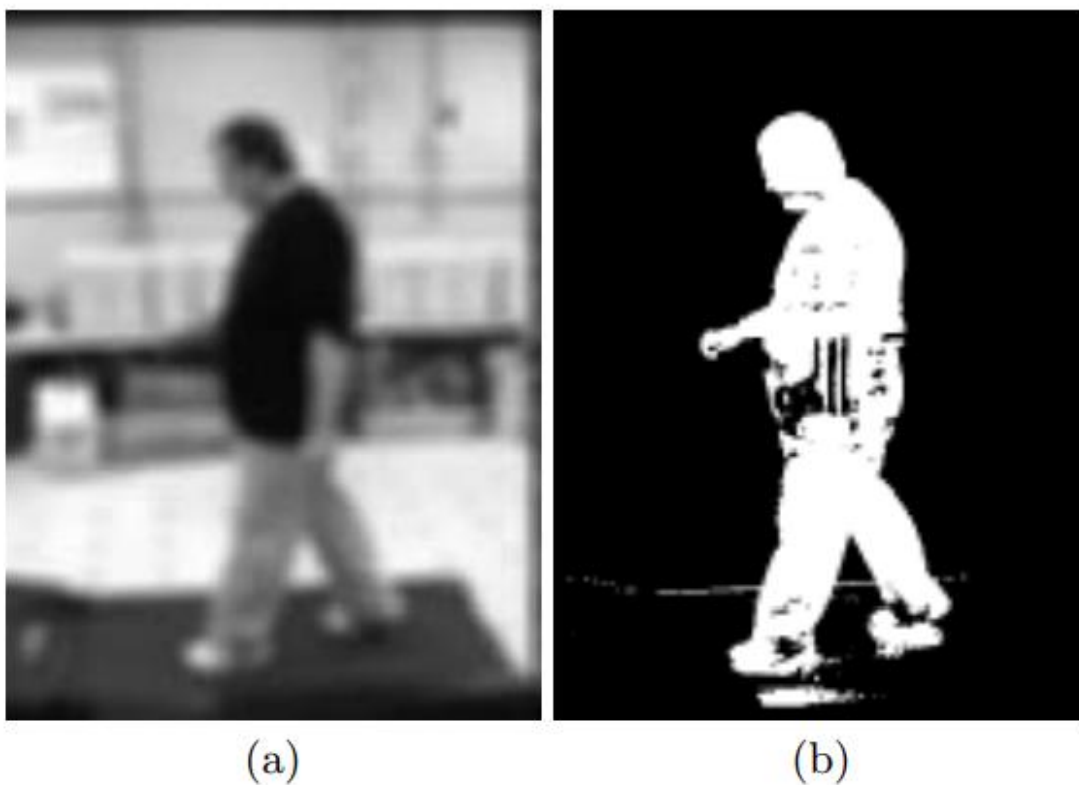


## 4.1. Oduzimanje pozadine

Metoda oduzimanja pozadine identificira objekte u pokretu u odnosu na statičnu pozadinu. Glavna ideja ove metode je:

- 1) Procjeniti svojstva *piksela* statične pozadine
- 2) Oduzeti prave vrijednosti *piksela* od procjenjene pozadine
- 3) Pretpostaviti ako razlika premašuje danu granicu da *pixel* mora bit objekt u kretnji

Nakon zadnjeg koraka formiraju se povezane komponente *piksela* koji odgovaraju objektu u pokretu. Faktori koji mogu ometati u oduzimanju pozadine su druge pozadinske kretnje, varijacije pozadine tokom dužeg vremenskog razdoblja ili objekti koji se u blizini spajaju. [6]



Slika 4.2. Primjer metoda pozadinskog oduzimanja iz MoBo baze podataka [7]: (a) originalna slika, (b) segmentirana slika. [6]

## 4.2. CMU Motion of Body (MoBo) baza podataka

Za ovu metodu prepoznavanja osoba prema pokretu tijela sudjelovalo je 25 osoba koje su hodale na pokretnoj traci na četiri različita načina. Korišteno je šest kamera raspoređene jednako oko osobe koje snimaju preko 8000 slika po osobi. Slika 4.3. prikazuje svih šest pogleda s izvađenim siluetama.



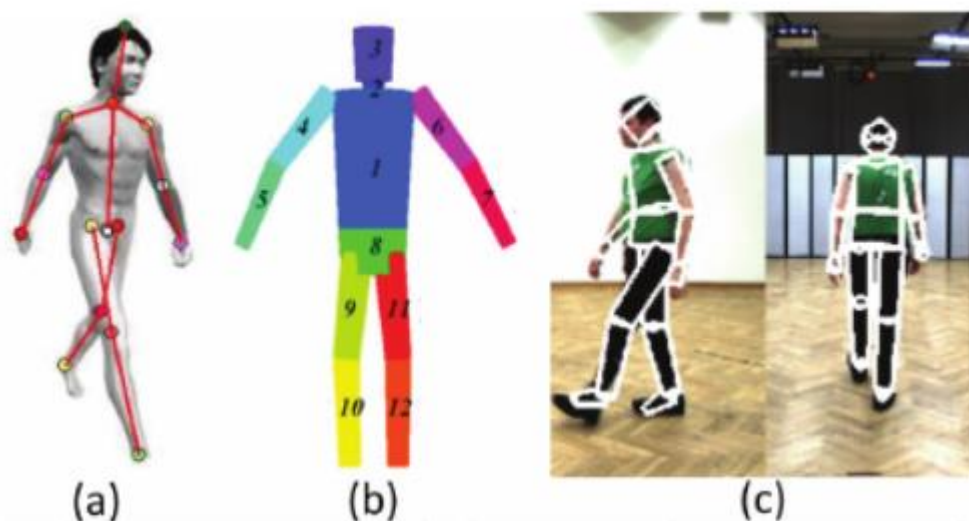
Slika 4.3. svih 6 pogleda kamere MoBo bazep odataka s odgovarajućim siluetama. [7]

Kako bi pribavili što veći spektar raličitih načina hodanja, svaka je osoba obavljala četiri različite kretnje na pokretnoj traci: sporo hodanje, brzo hodanje, pognuto hodanje i hodanje s loptom. Prije snimanja osobe su se prvo navikle na hodanje po pokretnoj traci. Nakon toga uslijedilo je snimanje osoba. [7]

### 4.3. 3D metoda prepoznavanja hoda

Metode 3D prepoznavanja instinktivno imaju najveću robusnost protiv varijacije kuta gledanja. U ovoj metodi se koristi više kalibriranih kamera ili kamera sa sensorima dubine, koje su nužne za dobiti svojstva hoda s 3D informacijama. Imamo tri načina za modeliranje 3D metodama:

- 1) Napraviti 3D kostur na osnovu deset zglobova i 24 stupnja slobode (engl. DOF – degrees of freedom) koje snime kamere, 3D informacija pruža robusnost promjenama pogleda prikazano na slici 4.4. (a)
- 2) Uхватiti gusti 3D raspon hoda sustavom od više projector-kamera, što se može koristiti za prepoznavanje pojedinca u različitim pozama prikazano na slici 4.4. (b).
- 3) Napraviti sustav sa četiri kalibrirane i sinkronizirane kamere, procijeniti 3D kretanju koristeći video snimku i prepoznati hod ovisno o kutu gledanja na osnovi 3D kretanja bez markera prikazano na slici 4.4. (c). [8]



Slika 4.4. primjeri 3D metoda. [8]

3D metode prepoznavanja su uglavnom bolje od 2D metoda zbog dobre točnosti prepoznavanja i robusnosti na mijenjanje kuta kamere. Međutim, ove metode imaju velike izračunske troškove zbog kalibracije kamere i kombiniranja više video snimaka.

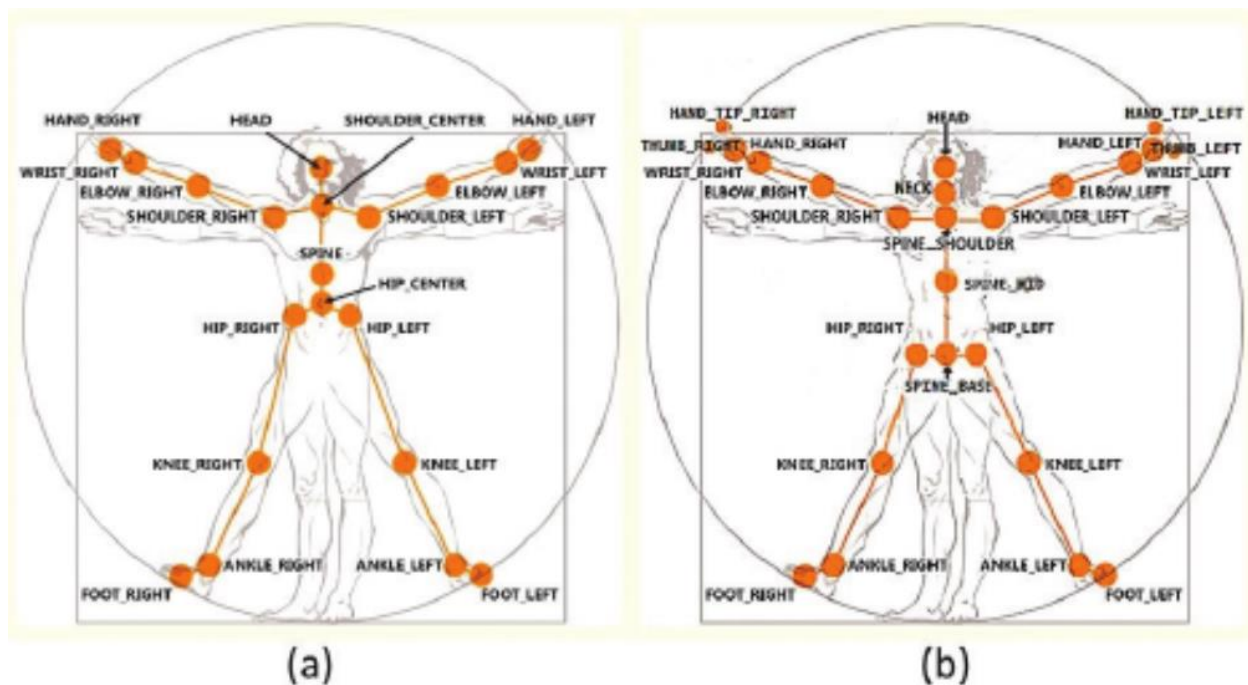
Microsoft Kinect donosi nove načine prepoznavanja hoda 3D metodama zbog svog potrošnog RGB-D (engl. D-depth) senzor za dubinu. Postoje dvije generacije Kinecta prikazane na slici 4.5. [8]



Slika 4.5. Prva i druga generacija kinetika. [8]

Još jedna karakteristika Kinecta je da može precizno procijeniti i pratiti 3D pozicije zglobova svake slike u snimci preko strojnog učenja. Slike 4.6. a i b prikazuju razlike između praćenja prve i druge generacije Kinetika.

Za prepoznavanje hoda ovom metodom izračuna se duljina dijelova tijela izvedenih iz spojnih točaka kao statička antropometrijska informacija. Uzmu se koordinate svih spojnih točaka koje smo dobili od Kinetika za generiranje RGB slike, kombinacijom tih slika u video snimku dobijemo snimku hoda, prema tim podacima identificiramo hod pomoću tehnologije za dohvaćanje slike temeljeno na sadržaju (engl. CBIR – content-based image retrieval). [8]



Slika 4.6. (a) 20 zglobova zabilježenim prvom generacijom Kinetika i (b) 25 zglobova zabilježeni drugom generacijom Kinetika. [8]

### 4.3.1. Skup podataka

Skup podataka o hodu važan je za poboljšanje i vrednovanje performansi prepoznavanja hoda. U sadašnjoj akademskoj zajednici postoji mnogo skupova podataka o hodu, a njihove svrhe i karakteristike međusobno se razlikuju. Razlike među tim skupovima podataka uglavnom se odnose na broj ispitanika, broj video sekvenci, neovisne značajke, gledišta i okoliš (unutarnji ili vanjski). Iako je broj subjekata u skupovima podataka o hodu mnogo manji od onog u skupovima podataka druge biometrije (npr. lica, otisak prsta itd.), Trenutni skup podataka i dalje može zadovoljiti zahtjev za oblikovanjem i vrednovanjem metode prepoznavanja hoda. Ovdje dajemo kratki uvod o nekoliko popularnih skupova podataka o hodu. Tablica 1 sažima informacije o tim skupovima podataka. [8]

SOTON Large Database klasična je baza podataka o hodu koja sadrži 115 subjekata koji se promatraju sa strane i ukoso, te hodaju u nekoliko različitih okruženja, uključujući zatvorene prostore, trake za trčanje i vanjske prostore.

USF HumanID jedan je od najčešće korištenih skupova podataka o hodu. Sadrži 122 subjekta koji hodaju elipsoidnom stazom na otvorenom, kao i razne neovisne značajke, uključujući pogled, površinu, cipele, torbu i proteklo vrijeme. Ova je baza podataka prikladna za ispitivanje utjecaja svake neovisne značajke na performanse prepoznavanja hoda.

Baza podataka hoda CASIA sadrži tri skupa, tj. A, B i C. Skup A, sastoji se od 20 subjekata, a svaki subjekt sadrži 12 sekvenci, što uključuje tri smjera hodanja, tj. 0, 45 i 90°. Skup B sadrži velike varijacije pogleda od prednje strane do stražnje strane s intervalom od 18°. Za svaki subjekt postoji 10 sekvenci, a to su šest normalnih sekvenci, dvije s dugim kaputom i dvije s ruksakom. Skup B prikladan je za procjenu prepoznavanja hoda s unakrsnim pogledom. Skup C sadrži infracrvene podatke o hodu 153 subjekta snimljena infracrvenom kamerom noću u 4 uvjeta hodanja, a to su hodanje normalnom brzinom, brzo hodanje, sporo hodanje i hodanje s ruksakom.

OU-ISIR LP sadrži najveći broj ispitanika, odnosno preko 4000, sa širokim dobnim rasponom od 1 godine do 94 godine i s gotovo uravnoteženim omjerom spolova, iako ne sadrži neovisne varijable. Pogodan je za procjenu svojevrstne gornje granice točnosti prepoznavanja hoda s visokom statističkom pouzdanošću. Također je prikladan za ocjenjivanje procjene dobi temeljene na hodu.

TUM-GAID je prva baza podataka o hodu s više modela koja sadrži audio signale hoda, slike RGB hoda i dubinske slike tijela dobivene od strane Kinecta.

KinectREID skup je podataka temeljen na Kinect-u koji uključuje 483 video sekvence od 71 osobe pod različitim svjetlosnim uvjetima i 3 smjera gledanja (frontalni, stražnji i bočni). Iako je izvorna motivacija ponovna identifikacija osobe, sve video sekvence uzimaju se za svaki subjekt pomoću Kinecta, koji sadrži sve informacije koje je Kinect pružio i pogodan je za druge aplikacije temeljene na Kinect-u. [8]

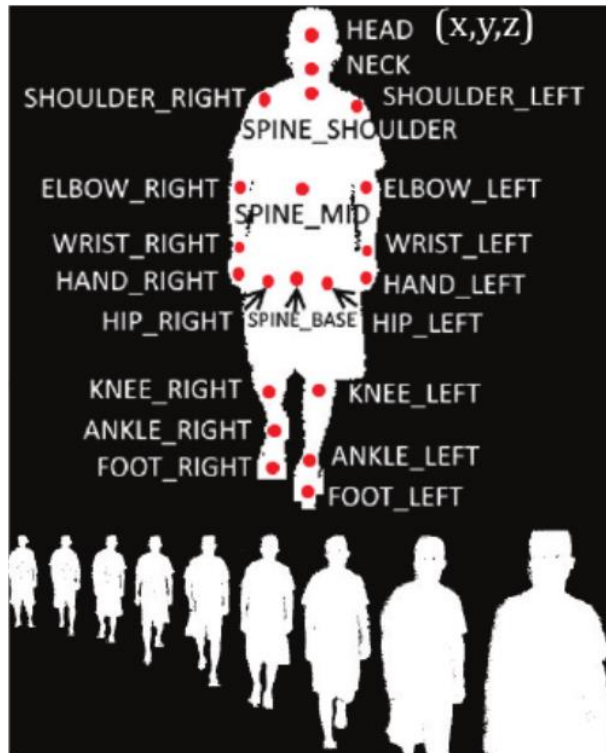
Ime	Subjekt	Sekvenca	Neovisne značajke	Gledišta	Unutar/izvan prostorije	Uređaj
SOTON	115	2128	Da	2	Unutra/van	Kamera(2D)
USF HumanID	122	1870	Da	2	Izvan	Kamera(2D)
CASIA B	124	1240	Da	11	Unutra	Kamera(2D)
OU-ISIR,LP	4007	7842	Ne	2	Unutra	Kamera(2D)
TUM-GAID	305	3370	Da	1	Izvan	Multimedia
KineticREID	71	483	Da	3	Unutra	Kinect

Tablica 1. Popis popularnih skupova podataka o hodu. [8]

Izgrađena je nova baza podataka temeljena na Kinectu, čije su karakteristike sljedeće:

- 1) Dva Kinecta koriste se za istovremeno dobivanje 3D položaja 21 zgloba (isključujući 4 zgloba prstiju) i odgovarajuće binarne slike siluete tijela svakog okvira, kao što je prikazano na slici 8.
- 2) U skupu podataka nalazi se 52 subjekta, gdje svaki subjekt ima 20 sljedova hoda i ukupno 1040 sljedova hoda.
- 3) Svaki subjekt ima šest fiksnih i dva proizvoljna smjera hoda, koji se mogu koristiti za istraživanje utjecaja varijacije pogleda na izvedbu prepoznavanja hoda.
- 4) U skupu podataka nalazi se 28 muškaraca i 24 žene prosječne starosti 22 godine. Nema ograničenja za nošenje, iako većina ispitanika nosi kratke hlače i majice, a malo žena nosi haljinu i cipele na visoku petu, što je zabilježeno u osnovnoj informacijskoj tablici. [8]

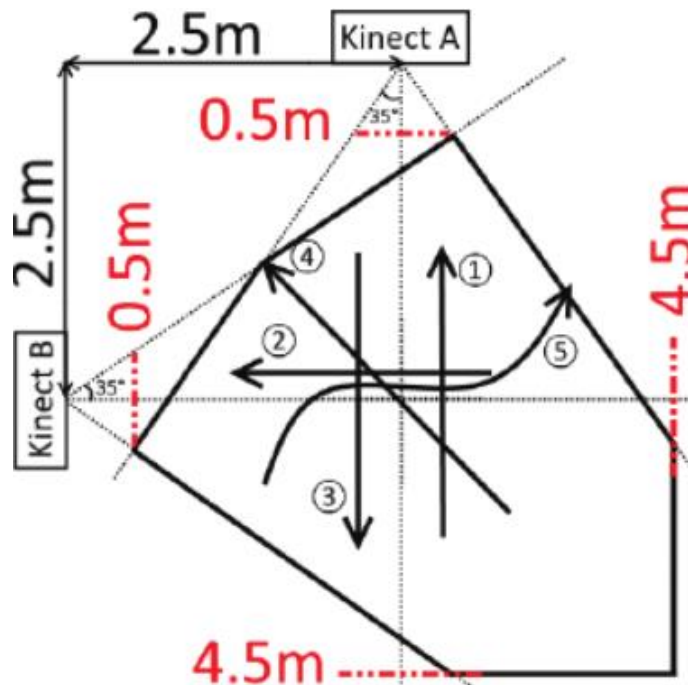
Razlog zašto smo odabrali Kinect V2 je taj što Kinect V2 ima sveobuhvatna poboljšanja u odnosu na svoju prvu generaciju, poput šireg vidnog polja, veće razlučivosti slike u boji i dubini te veće sposobnosti prepoznavanja zglobova. Snimaju se 3D podaci i 2D RGB slike, kao što je prikazano na slici 4.7. Gornje područje na slici 4.7. prikazuje 3D položaj 21 zgloba, što znači da će svaki spoj imati koordinatu poput (x, y, z) u svakom okviru. Sve ove izvorne 3D podatke o položaju snimamo u svaki kadar tijekom cijelog ciklusa hodanja. Donji dio prikazuje odgovarajući slijed binarne siluete nakon oduzimanja subjekta od pozadine. [8]



Slika 4.7. Dvije vrste podataka u našoj bazi podataka: 3D položaj 21 zgloba u gornjem području i odgovarajuće slike binarne siluete u donjem području. [8]

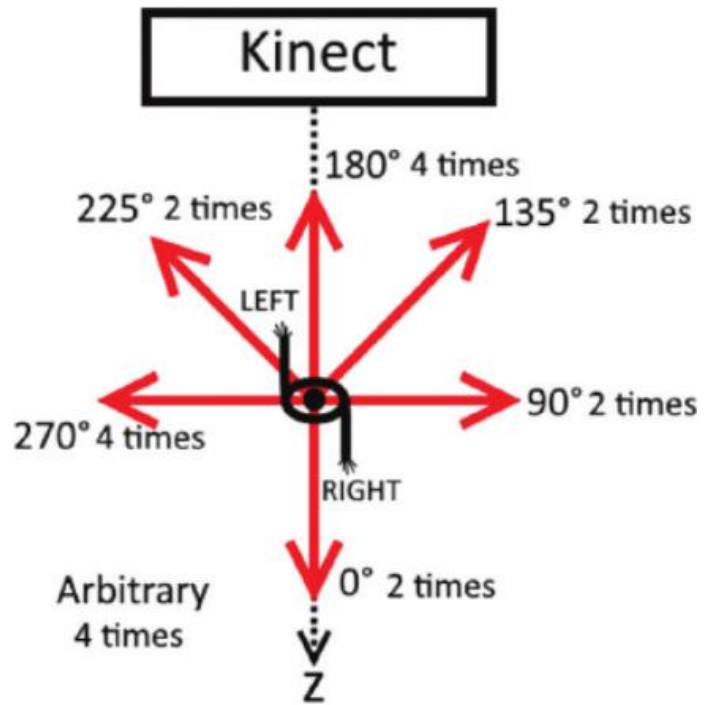
Eksperimentalno okruženje prikazano je na slici 4.8. Dva kinecta smještena su međusobno okomito na udaljenosti od 2,5 m da tvore najveće vizualno polje, tj. Područje za hodanje. S obzirom na kut gledanja, na stativ smo stavili dva Kinecta na visini od 1 m. Crvene crtice su najveća i minimalna dubina koju Kinect može ispitati. Područje ograđeno crnim punim linijama dostupno je područje za hodanje. [8]





Slika 4.8. Pogled odozgo na eksperimentalno okruženje. [8]

Prije nego što zabilježimo podatke svakog ispitanika, prikupljamo osnovne podatke, kao što su ime, spol, dob, visina, nošenje (npr. Cipele na visoku petu, haljina za volonterke) i tako dalje, radi moguće analize i prikupljanja podataka. Od svakog se subjekta traži da dvaput hoda unaprijed zadanim smjerovima prikazanim kao strelice ① – ⑤ na slici 4.8., osobito ⑤ znači da subjekti hodaju ravno u proizvoljnom smjeru. Mogu se tretirati svi podaci koje je zabilježio jedan Kinect budući da su dva Kinecta ista, tako da svaki subjekt ima 20 sekvenci hodanja, a trajanje hodanja u svakom unaprijed definiranom smjeru prikazano je na slici 4.9. Skupu podataka možete pristupiti na adresi web mjesto, <https://sites.google.com/site/sdugait/>, a može se preuzeti s aplikacijom. [8]



Slika 4.9. Upute za hodanje i odgovarajuće trajanje hodanja. [8]

## 5. ZAKLJUČAK

Performanse sustava za prepoznavanje hoda su ispod onoga što je potrebno za uporabu u biometriji, ali mogu pomoći u poboljšanju točnosti kada se koriste s drugim biometrijskim sustavima. Kada se uzme u obzir hod najprikladniji za scenarije prepoznavanja ili nadzora u kojima će baze podataka vjerojatno biti vrlo velike, mogu se očekivati visoke stope lažnih alarma koje će sustav učiniti beskorisnim.

Ljudski hod može se snimiti video kamerom, sensorima, pa čak i radarskim valovima, a iz ovih podataka hoda može se izvući jedinstveni uzorak. Nakon toga je obrađena tema u kojoj okvirno pokazuje kako bi sustav za prepoznavanje hoda funkcionirao. Uglavnom se sastoji od četiri modula, a to su prikupljanje podataka, prikaz značajki, smanjenje dimenzija i klasifikacija.

Područja koja zahtijevaju daljnje istraživanje uključuju studije o promjenjivosti terena, obuču, dugim rasponima i drugim zbunjujućim čimbenicima, u nastojanju da se pronađu značajke hoda koje se razlikuju samo od pojedinca.

Za daljnji napredak ove tehnologije potrebni su daljnji radovi na izgradnji skupova podataka. Prvo, kako bi se poboljšala stopa prepoznavanja sustava prepoznavanja hoda, potrebno je izgraditi velike skupove podataka. Drugo, potrebni su skupovi podataka pod različitim uvjetima, poput složene pozadine. Potreban je daljnji rad na kombiniranju hoda i druge biometrije, poput lica. Stopa prepoznavanja mogla bi se poboljšati kombiniranjem biometrije hoda i lica zajedno. Stoga je potrebno više radova za kombiniranje više biometrijskih podataka zajedno kako bi se postigla visoka stopa prepoznavanja.

## LITERATURA

[1] Ž., Radmilović, Biometrijska identifikacija, stručni članak, 2008.

Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/117825>

(rujan 2021.)

[2] D. Thakkar, Gait Recognition Systems Can Identify You with Your Manner of Walking

Dostupno na: <https://www.bayometric.com/gait-recognition-identify-with-manner/>

(rujan 2021.)

[3] C. Wan, Li Wang, Vir V. Phoha, A Survey on Gait Recognition, ACM Computing Surveys 51, 5, Article 89 (August 2018), 35 pages.

Dostupno na: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3230633>

(rujan 2021.)

[4] V. Bhaskar Semwal, M. Raj, G.C. Nandi, Biometric gait identification based on a multilayer perceptron, Robotics and Autonomous Systems, Indian Institute of Information Technology Allahabad, 2014.

Dostupno na:

[https://www.researchgate.net/publication/268578649\\_Biometric\\_gait\\_identification\\_based\\_on\\_a\\_multilayer\\_perceptron#pf6](https://www.researchgate.net/publication/268578649_Biometric_gait_identification_based_on_a_multilayer_perceptron#pf6)

(rujan 2021.)

[5] Z. Lv, X. Xing, K. Wang, D. Guan, Class Energy Image Analysis for Video Sensor-Based Gait Recognition: A Review, Sensors, 2015., 15, 932-964.

Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/s150100932>

(rujan 2021.)

[6] J. E. Boyd, J. J. Little, Biometric Gait Recognition, In: Tistarelli M., Bigun J., Grosso E. (eds) Advanced Studies in Biometrics. (<http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~boyd/papers/biometric-summer-school.pdf>)

[7] R. Gross, J. Shi: The CMU Motion of Body (MoBo) Database, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 2001.

Dostupno na: [https://www.ri.cmu.edu/pub\\_files/pub3/gross\\_ralph\\_2001\\_3/gross\\_ralph\\_2001\\_3.pdf](https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub3/gross_ralph_2001_3/gross_ralph_2001_3.pdf)

(rujan 2021.)

[8] J. Sun, Y. Wang, J. Li, Gait Recognition, Motion Tracking and Gesture Recognition, 2017. (<https://www.intechopen.com/chapters/55073>)

## SAŽETAK

Prepoznavanje hoda dobiva sve veću pozornost kao tehnologija udaljene biometrijske identifikacije. Prepoznavanje hoda može se izvršiti iz niske razlučivosti videa i s jednostavnim instrumentima. U Završnom radu istražujemo znanstvene radove prepoznavanja hoda. Osim prepoznavanja temeljenog na videu, spomenuti su i novi modaliteti kao što je prepoznavanje na temelju podnih senzora, radara i mjerača ubrzanja te različite metode prepoznavanja. Opisana je i 3D metoda prepoznavanja hoda koja je jedna od najsuvremenijih metoda.

**Ključne riječi:** biometrija, hod, prepoznavanje hoda, video

## **ABSTRACT**

### **Recognizing persons based on body movements**

Gait recognition is gaining increasing attention as a remote biometric identification technology. Gait recognition can be performed from low video resolution and with simple instruments. In the Final Thesis we investigate the scientific papers of gait recognition. In addition to based video recognition, new modalities such as recognition based on floor sensors, operation, and acceleration measures of various recognition methods were also mentioned. The 3D method of gait recognition, which is one of the most modern methods, is also described.

## **ŽIVOTOPIS**

Josip Pocrnja rođen je 22.2.1999. godine u Tomislavgradu, Bosna i Hercegovina. Osnovnu školu pohađao je u "Prva osnovna škola" Bugojno, Bosna i Hercegovina. Opću gimnaziju je završio u Srednja škola "Uskoplje" u Bugojnu, Bosna i Hercegovina. Maturu je pisao 2017. godine, te upisao Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijske tehnologije u Osijeku, preddiplomski studij smjer računarstvo.