

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 000

# **Prepoznavanje emocija iz izraza lica pomoću strojnog učenja**

Matej Ciglencečki

Zagreb, lipanj 2020.

*Umjesto ove stranice umetnite izvornik Vašeg rada.  
Da bi ste uklonili ovu stranicu obrišite naredbu \izvornik.*



# SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Podatkovni skup</b>	<b>2</b>
2.1. Uvod . . . . .	2
2.2. Extended Cohn-Kanade podatkovni skup . . . . .	2
2.3. Ručno generirani podatkovni skup . . . . .	2
2.4. Priprema podatkovnih skupova . . . . .	4
2.4.1. Priprema Cohn-Kanade podatkovnog skupa . . . . .	4
2.4.2. Priprema Google podatkovnog skupa . . . . .	7
2.4.3. Objedinjavanje podatkovnih skupova . . . . .	10
<b>3. Treniranje</b>	<b>12</b>
3.1. Duboko učenje . . . . .	12
3.2. Rezidualna neuronska mreža . . . . .	12
3.2.1. ResNet 50 . . . . .	12
3.3. Prijenosno učenje . . . . .	12
3.4. Implementacija treniranja u PyTorch-u . . . . .	13
3.4.1. Priprema podataka . . . . .	13
3.4.2. ResNet 50 . . . . .	13
3.4.3. Adam optimizator . . . . .	13
3.4.4. Funkcija gubitka . . . . .	13
3.4.5. Treniranje . . . . .	13
<b>4. Testiranje/evaluacija</b>	<b>14</b>
<b>5. Zaključak</b>	<b>15</b>
<b>Literatura</b>	<b>16</b>

# 1. Uvod

**\*\*Poreba za prepoznavanjem emocija\*\*** **\*\*što emocije govore\*\*** **\*\*gdje se koristi prepoznavanje emocija\*\*** **\*\*korištena metoda za klasifikaciju emocija\*\***

## **2. Podatkovni skup**

### **2.1. Uvod**

Podatkovni skup sastavni je dio u izvedbi treniranja modela. Treniranje se svodi na ulazne i izlazne podatke gdje su ulazni podaci podskup podatkovnog skupa. Korišten podatkovni skupovi su Cohn-Kanade (CK) i skup slika preuzetih sa Google-a na temelju ključne riječi. Podatkovni skup dijelimo na dva djela. Skup za treniranje i skup za testiranje. Svi podaci koji su u skupu za treniranje iskorištavaju se za treniranje i optimiziranje odabranog modela dok se skup za testiranje koristi samo za evaluaciju točnosti treniranog modela. 80% nasumičnih slika odabrane su za treniranje a ostalih 20% koristi se za evaluaciju.

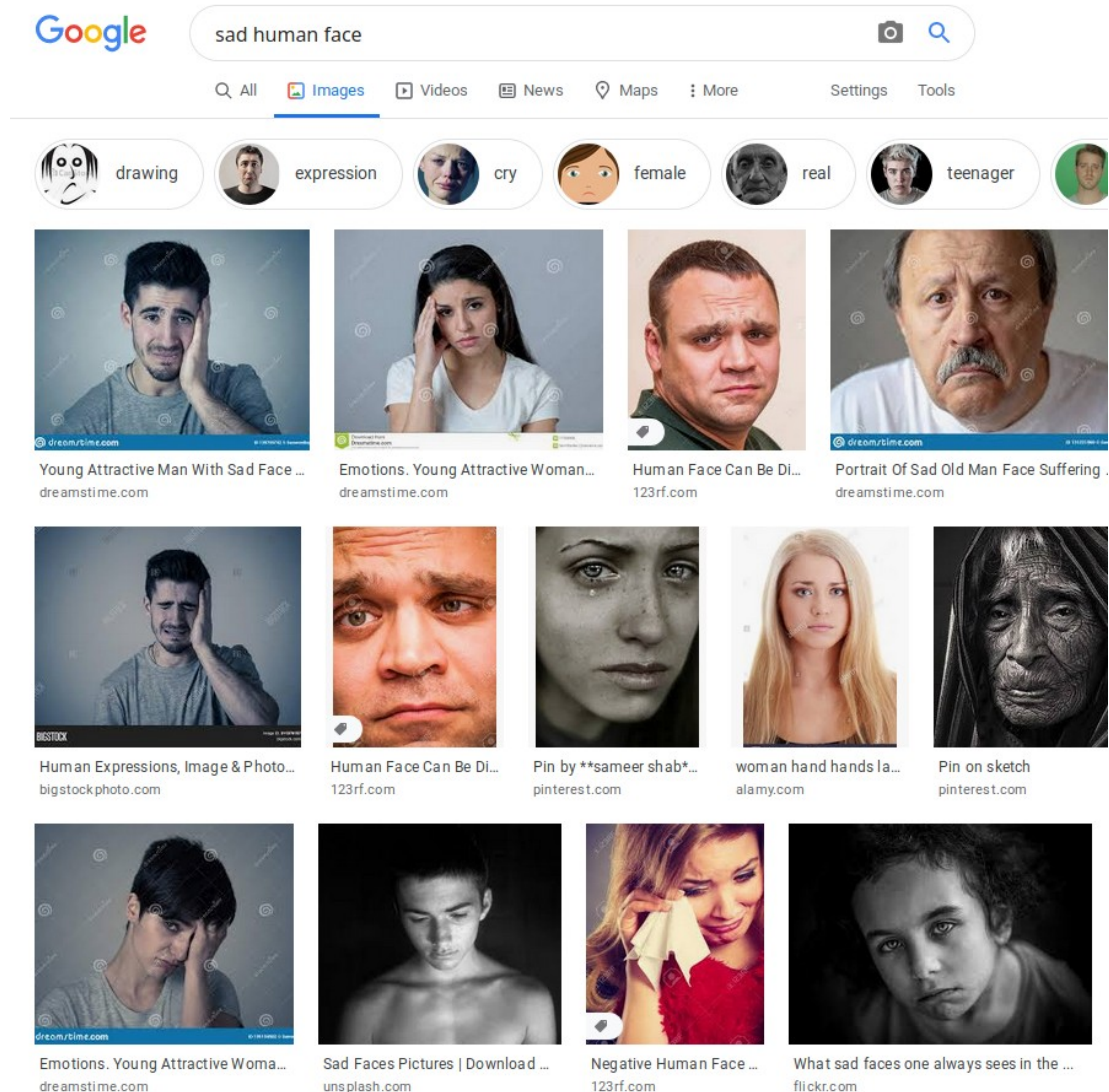
### **2.2. Extended Cohn-Kanade podatkovni skup**

Cohn-Kanade podatkovni skup sastoji se od 593 sekvenci slika od 123 subjekta (osoba). Pojedina sekvenca sastoji se od 10 do 60 slika. Početna slika u sekvenci je neutralna emocija dok je zadnja slika vrhunac izraza emocije. Subjekti na slikama imaju od 18 do 50 godina, 69% su žene, 81% euro-Amerikanci i 6% su subjekti ostalih rase. Rezolucija pojedine slike iznosi 640x480 ili 640x490 piksela u 8-bitnom crno-bijelom ili 24 bitnom puno-bojnom formatu[2]. TODO: primjer slike CK+ dataseta

### **2.3. Ručno generirani podatkovni skup**

Slike CK+ podatkovnog skupa slikane su u istom okruženju (ista prostorija u kojoj se slikaju subjekti, ista kamera, slična svjetlina slike...). Nedostatak raznolikosti među slikama stvara potrebu za uvođenjem apstraktnijih slika ljudskih lica ne bi li model klasificirao emocije ljudskih lica koja nisu slična samo CK+ podatkovnom skupu. Zbog toga se uvodi podatkovni skup Google slika. Google omogućuje pretraživanje slika

po zadanom upitu te dodatnim parametrima koji olakšavaju pronalaženje ljudskog lica koji predstavlja određenu emociju. Npr. pronalazak ljudskih lica koji iskazuju tužnu emociju mogao bi biti "sad human face" sa tipom Google slike "lice". Rezultati tog upita prikazani su na slici 2.1.



**Slika 2.1:** Rezultati Google upita "sad human face"

Rezultati ovog upita su slike veće raznolikosti (različiti scenariji i drugačiji kut gledanja) što pridonosi apstrakciji emocije u ukupnom podatkovnom skupu. Dobivene slike ne odgovaraju uvijek nužno zadanom upitu zbog čega je potrebno dodatno provjeriti valjanost pojedine slike. Proces filtriranja objašnjen je u poglavlju 2.4.2

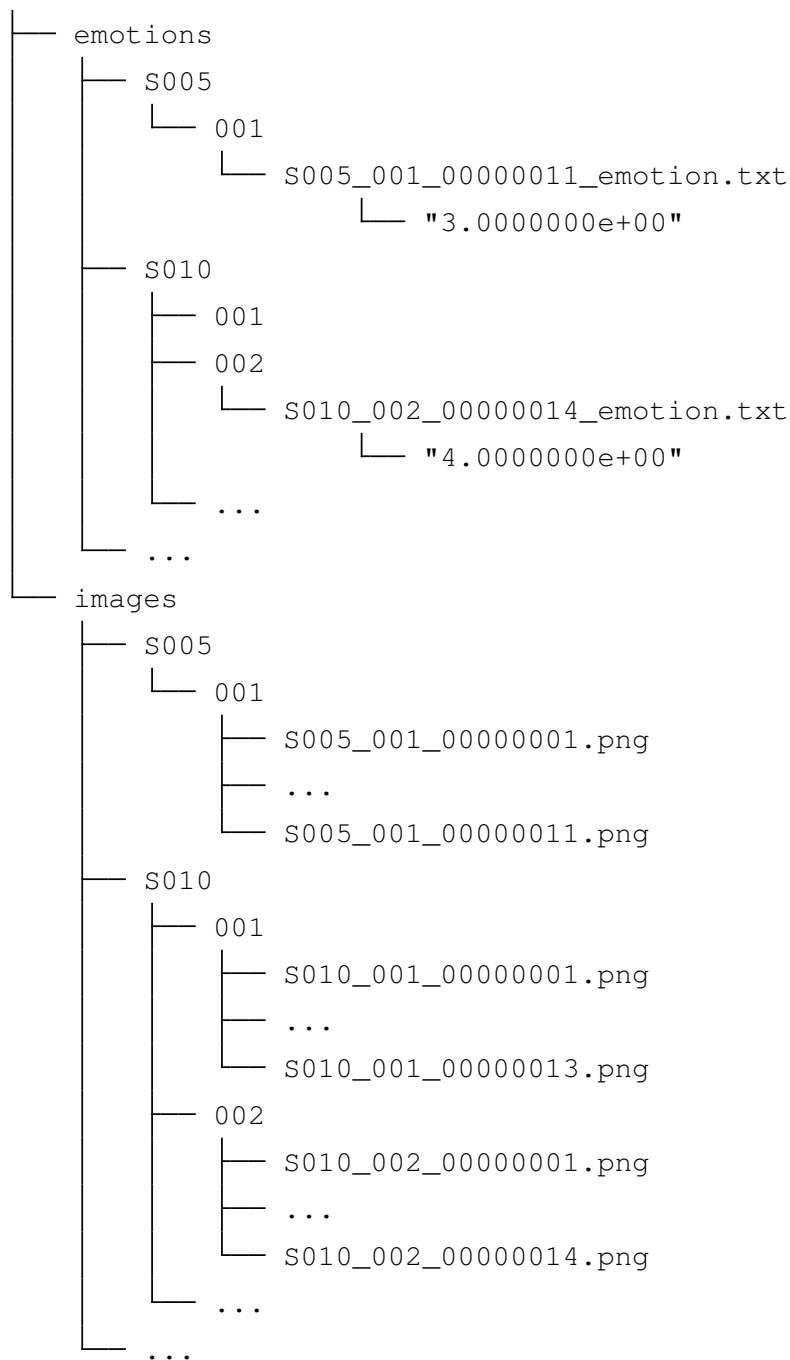
## **2.4. Priprema podatkovnih skupova**

### **2.4.1. Priprema Cohn-Kanade podatkovnog skupa**

#### **Struktura podataka**

Dijelovi podatkovnog skupa značajni za treniranje dijele se na direktorij sekvence i emocije. Svaki subjekt (npr. S005) ima svoj direktorij u kojem se nalaze pod direktoriji za emociju koju je subjekt odglumio (npr. 001, 002...) a u njemu se nalaze sekvence. Za 327 sekvenca postoji odgovarajuća emocija koja je definirana samo za krajnju sliku sekvence i njezina putanja je definirana jednako kao i za sekvencu.





**Slika 2.2:** Struktura podataka CK+ podatkovnog skupa

### Obrada podataka

Jedina slika u sekvenci za koju je definirana emocija je zadnja slika, što znači da je potrebno je potrebno odrediti vektor emocije ostalih slika u sekvenci na temelju krajnje vrijednosti emocije. Emocija za pojedinu sliku definirana je kao red emocija. Svaki in-

deks reda predstavlja emociju kojih ima kojih ima 8. Indeks pojedine emocije definiran je na slici 2.3 a vrijednost na indeksu predstavlja intenzitet emocije

```
emocije = {
    1: "neutral",
    2: "anger",
    3: "contempt",
    4: "disgust",
    5: "fear",
    6: "happy",
    7: "sadness",
    8: "surprise",
}
```

**Slika 2.3:** Deklaracija emocija

Znajući da je emocija za početnu sliku neutralna a za krajnju maksimalna sekvencijska emocija, emocije za ostale slike dodijeljene su linearno na način da se odredi intenzitet neutralne emocije 2.1 i sekvencijske emocije 2.2 gdje je  $n$  ukupan broj slika u sekvenci a  $i$  slika kojoj se određuje vektor emocije.

$$p_n = \frac{i - 1}{n - 1} \quad (2.1)$$

$$p_s = 1 - p_n \quad (2.2)$$

$$p_s + p_n = 1$$

**Primjer vektora emocije za sekvencu "disgust" koja sadrži 10 slika:**

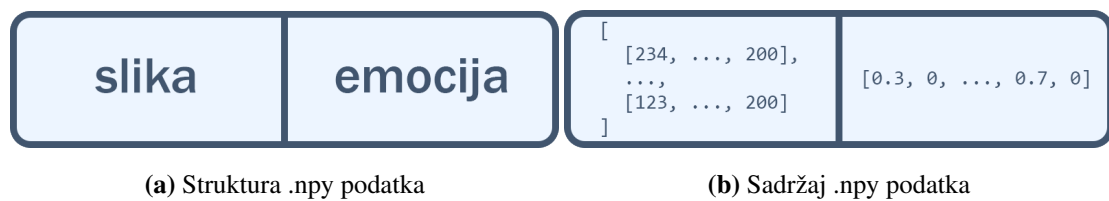
broj slike	vektor emocije
$i = 1$	[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
...	...
$i = 6$	[0.4, 0.0, 0.0, 0.6, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
...	...
$i = n = 10$	[0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
$i$	$[p_n, 0.0, 0.0, p_s, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]$

**Slika 2.4:** Vektor emocije za pojedinu pojedinu sliku u sekvenci u CK podatkovnom skupu

## Spemanje slike i vektora emocije u .npy podatak

Za daljnje korištenje svaka slika i njezin vektor emocije će pretvorena u numpy red [1] i spremljen kao .npy podatak. Prvi element numpy reda je slika a drugi je odgovarajući vektor emocije. Ovime je osigurano da izračun emocija za pojedinu sliku je izračunat samo jedanput što će smanjiti vrijeme potrebno za treniranje. Nakon provođenja transformacije podataka u .npy podatak ukupan broj slika i pripadajućih vektora emocija iznosi 5703.

**.npy**



**Slika 2.5:** .npy podatak

## 2.4.2. Priprema Google podatkovnog skupa

### Prikupljeni podaci

Umjesto preuzimanja jedne po jedne slike korištena je google-images-download skripta [4] koja preuzima sve moguće slike na temelju zadanog upita. Upiti korišteni za pronalaženje odgovarajućih emocija nalaze se na slici 2.6 a svi su popraćeni dodatnim "Google search" parametrom koji pretražuje slike samo ljudskih lica. Svaka slika spremljena je u direktoriji čije je ime upit koji je bio korišten prilikom preuzimanje te slike.

"sad human face"  
"neutral human face"  
"neutral expression"  
"angry human face"  
"angry expression"  
"contempt"  
"fear human face"  
"fear expression"  
"surprise human face"  
"surprise expression"  
"disgusted human face"  
"disgust expression"

**Slika 2.6:** Upiti za preuzimanje ljudskih lica sa Google-a

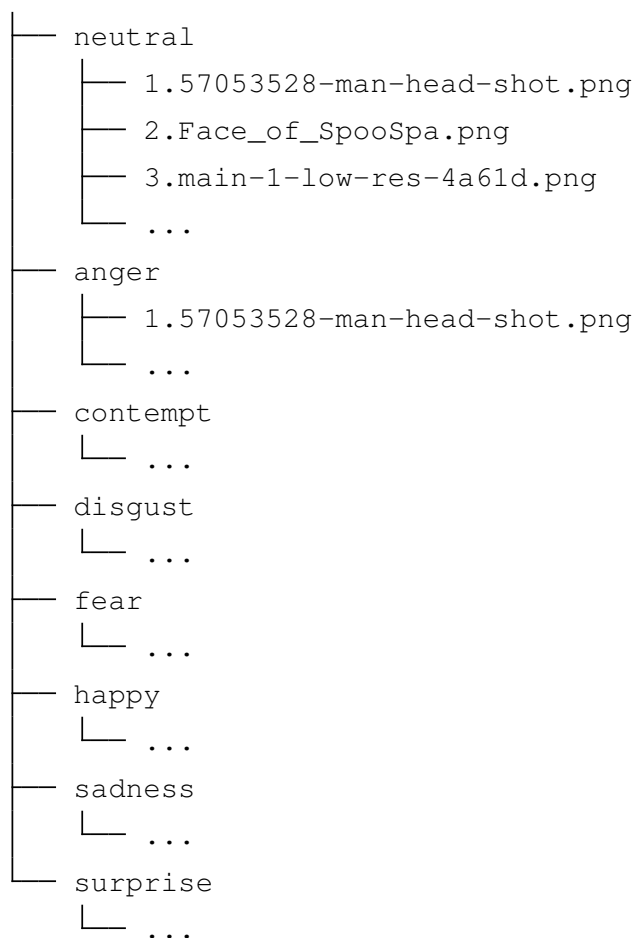
Nakon preuzimanja svih mogućih slika potrebno je ručno proći kroz svaki direktorij svakog upita i izbaciti slike koje ne zadovoljavaju sljedeće uvjete

- Na slici se nalazi samo jedno ljudsko lice
- Na slici se nalazi ljudsko lice čija emocija odgovara upitu pomoću kojeg je slika preuzeta
- Veličina slike je manja od 20MB
- Rezolucija slike je veća od 20px po duljini i visini
- Slika nije duplikat prethodno viđene slike
- Slika nije dio CK+ podatkovnog skupa

Uklanjanjem slika koje ne zadovoljavaju bilo koje od navedenih uvjeta dobiven ukupan broj slika povoljnih za treniranje iznosi 3160 a njihova ukupna veličina je 2,3GB.

### **Struktura podataka**

Nakon filtriranja slika nepogodnih za treniranje potrebno je objediniti upite čiji su rezultati ljudska lica efektivno istih emocija. Primjer takva dva upita su "neutral human face" i "neutral expression". Nakon objedinjavanja rezultata upita i preimenovanja direktorija stvorena je struktura podataka dana na slici 2.7



**Slika 2.7:** Struktura podataka Google podatkovnog skupa

## Obrada podataka

Obrada Google podatkovnog skupa bit će manje zahtjevna od CK+ podatkovnog skupa zbog toga što će se vektor emocije za pojedinu sliku odrediti samo na temelju upita korištenog za preuzimanje slike. Rezultat svakog vektora emocije bit će vektor dobiven metodom "One hot encoding". "One hot encoding" je metoda dodjele binarne vrijednosti za kategoriju u koju neki uzorak pripada ili ne pripada[3]. Ovom metodom uzorak (slika) može pripadati samo jednoj kategoriji (emocija). Slika koja pripada određenoj emociji za tu će emociju imati vrijednost 1 a za sve ostale 0. Na slici 2.8 prva kolumna označava ime direktorija u kojem se slike nalaze, druga kolumna predstavlja vektor emocije koje će slike u direktoriju poprimiti.

emocija (ime direktorija)	vektor emocije
neutral	[1,0,0,0,0,0,0,0]
anger	[0,1,0,0,0,0,0,0]
contempt	[0,0,1,0,0,0,0,0]
disgust	[0,0,0,1,0,0,0,0]
fear	[0,0,0,0,1,0,0,0]
happy	[0,0,0,0,0,1,0,0]
sadness	[0,0,0,0,0,0,1,0]
surprise	[0,0,0,0,0,0,0,1]

**Slika 2.8:** Vektor emocije za pojedinu emociju u Google podatkovnom skupu

### **Spremanje slike i vektora emocije u .npy podatak**

Nakon dodjele vektora emocije za pojedinu sliku potrebno je pretvoriti sliku i vektor emocije u .npy podatak. Kako se radi o slici i vektoru emocije, postupak pretvorbe slike i vektora emocije u pojedinačni .npy podatak jednak je kao i kod CK+ podatkovnog skupa definiranom u poglavlju 2.4.1.

### **2.4.3. Objedinjavanje podatkovnih skupova**

Nakon obrade CK+ i Google podatkovnog skupa svi .npy podaci bit će spremljeni u direktoriji "ck" ili "Google" ovisno o tome iz kojeg je podatkovnog skupa slika dobita. Struktura svih .npy podataka prikazana je na slici 2.9. Ovom strukturom moguće je definirati udio svakog podatkovnog skupa koji će biti korišten za treniranje modela.

```
numpy
├── ck
│   ├── slika_i_emocija_0001.npy
│   ├── ...
│   └── slika_i_emocija_5703.npy
└── google
    ├── slika_i_emocija_0001.npy
    ├── ...
    └── slika_i_emocija_3160.npy
```

**Slika 2.9:** Struktura .npy podataka

## 3. Treniranje

Treniranje je proces u kojem model postupno mijenja svoje parametre ne bi li došao do idealnih parametara, čime bi model optimalno služio onome čemu je namijenjen. U slučaju klasifikacije za treniranje je potrebno imati skup podataka nad kojim će se provoditi treniranje i labelle tih podataka koje govore klasu podataka. U slučaju klasifikacije emocija, skup podataka nad kojim se trenira su slike ljudskih lica dok je klasa emocija koja je prikazana na pojedinoj slici. Kad treniranje započne, u model se pošalju podaci za koje model pokušava predvidjeti koje su klase ubačeni podaci. Nakon toga potrebno je usporediti predviđanja klase koje je stvorio model sa pravim klasom. Pogrešku koju je model napravio prilikom predviđanja potrebno je javiti modelu ne bi li ispravio parametre. **\*\*načini treniranja\*\***

### 3.1. Duboko učenje

**\*\*općenito\*\*** **\*\*problem treniranja dubokih mreža\*\*** **\*\*gradient degradation problem\*\***

### 3.2. Rezidualna neuronska mreža

#### 3.2.1. ResNet 50

**\*\*probleme koje riješava\*\***

**\*\*kako funkcionira\*\***

### 3.3. Prijenosno učenje

**\*\*transferred learning\*\***

**\*\*zasto ga koristimo umjesto cijelokupnog treniranja\*\***

**\*\*nedostatak labeliranih slika\*\***



## **3.4. Implementacija treniranja u PyTorch-u**

### **3.4.1. Priprema podataka**

Augmentacija slika

Transformacija podataka

### **3.4.2. ResNet 50**

### **3.4.3. Adam optimizator**

### **3.4.4. Funkcija gubitka**

križni entropijski gubitak

### **3.4.5. Treniranje**

## **4. Testiranje/evaluacija**

## **5. Zaključak**

Zaključak.

# LITERATURA

- [1] Numpy array. URL <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.array.html>.
- [2] Patrick Lucey, Jeffrey Cohn, Takeo Kanade, Jason Saragih, Zara Ambadar, i Iain Matthews. The extended cohn-kanade dataset (ck+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression. stranice 94 – 101, 07 2010. doi: 10.1109/CVPRW.2010.5543262.
- [3] rakshithvasudev. One hot encoding. URL <https://hackernoon.com/what-is-one-hot-encoding-why-and-when-do-you-have-to-use-it-e3c618>
- [4] Hardik Vasa. google-images-download. URL <https://github.com/hardikvasa/google-images-download>.

## **Prepoznavanje emocija iz izraza lica pomoću strojnog učenja**

### **Sažetak**

Sažetak na hrvatskom jeziku.

**Ključne riječi:** Ključne riječi, odvojene zarezima.

### **Title**

### **Abstract**

Abstract.

**Keywords:** Keywords.