**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I**

**INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Diplomski studij računarstva**

**Sustav za raspoznavanje pasa i mačaka pomoću konvolucijske neuronske mreže (CNN)**

**Obrada slike i računalni vid**

**Seminarski rad**

**Matej Džijan**

**Osijek, 2019.**

**Sadržaj**

[1. Uvod 3](#_Toc1766222254)

[2. Pregled područja i problematike 3](#_Toc1492136284)

[3. Konvolucija 5](#_Toc952221953)

[3.1. ReLU funkcija 8](#_Toc644749506)

[3.2. Pooling 9](#_Toc798381640)

[3.3. Potpuno spojeni sloj 11](#_Toc500351955)

[4. Rezultati zadatka 12](#_Toc170766287)

[5. Zaključak 16](#_Toc978361115)

1. **Uvod**

Konvolucijska neuronska mreža (Convolutional Neural Network - CNN) je klasa neuronskih mreža za duboko učenje. CNN predstavlja ogroman proboj u prepoznavanju slika. Najčešće se koriste za analizu slika i videa i često se koriste za klasifikaciju slika.

Ovaj seminarski rad opisuje korištenje CNN-a za klasifikaciju fotografija mačaka i pasa.

1. **Pregled područja i problematike**

Zadatak ovog seminara je napraviti binarnu klasifikaciju fotografija mačaka i pasa. Problem klasifikacije je jedan od osnovnih problema strojnog učenja, ali dodatan problem ovog zadatka je što se klasifikacija treba vršiti na nestrukturiranim podacima, slikama. Neuronske mreže inače uzimaju za ulaz određen broj značajki (*features*), a fotografija u boji veličine 200x200, što je vrlo mala veličina, ima ukupno 120 000 podataka pa uzimanje svakog od tih podataka za značajku nema previše smisla. Taj problem se rješava korištenjem konvolucijskih slojeva.

CNN se sastoji od nekoliko dijelova:

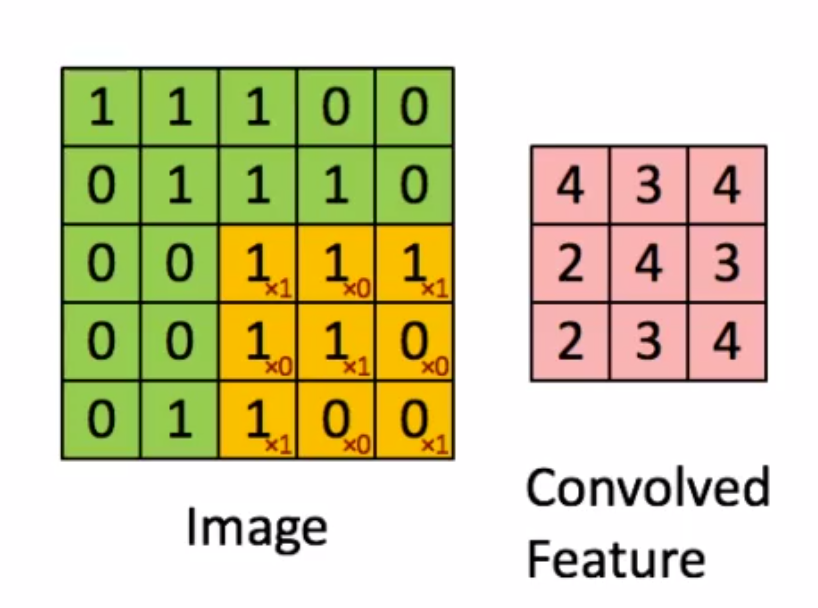
* Konvolucijski slojevi
* ReLU slojevi
* *Pooling* slojevi
* Potpuno spojeni sloj

Tako tipična CNN može izgledati ovako:

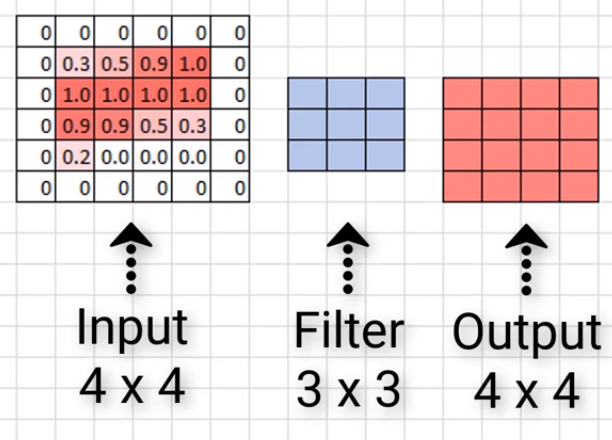
**Ulaz -> Konvolucija -> ReLU -> Pooling -> Konvolucija -> ReLU -> Pooling -> Konvolucija -> ReLU -> Pooling -> Potpuno spojeni**

1. **Konvolucija**

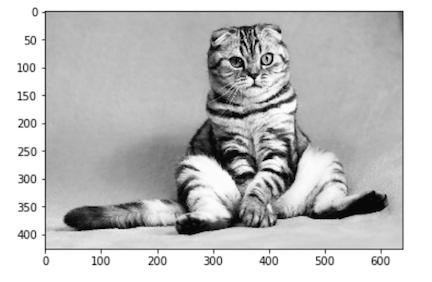
Glavni cilj konvolucije je izvući značajke iz ulazne slike. Konvolucija je uvijek prvi korak u CNN-u. Imamo ulaznu sliku, detektor značajki i kartu značajki ili aktivacijsku kartu. Uzima se filter (detektor značajki) koji je obična matrica, često veličine 3x3, 5x5 i slično, te se taj filter primjenjuje blok piksela po blok piksela. Filter se primjenjuje na način da se uzme blok piksela i skalarno se pomnoži s filterom. Na ovaj način se dobije jedna ćelija izlazne matrice, karte značajki, te se filter pomiče za zadani broj ćelija (*stride*), promatra se novi blok piksela i proces se ponavlja dok se ne dobije gotova karta značajki kao izlaz.

  
Slika 1. Prikaz konvolucije

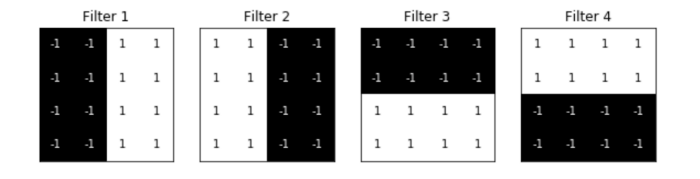
Ovim postupkom se izgubi dio informacija, ali se, ovisno o filteru, prepoznaju različite značajke što je upravo i cilj detektora značajki. Vidimo da se za izlaz dobije slika manje veličine što možda ne želimo u ovom koraku učiniti, stoga se može proširiti ulaznu matricu nulama sa svih strana (*zero padding*) da se dobije izlaz jednake veličine ulazu.

  
Slika 2. Prikaz *zero paddinga*

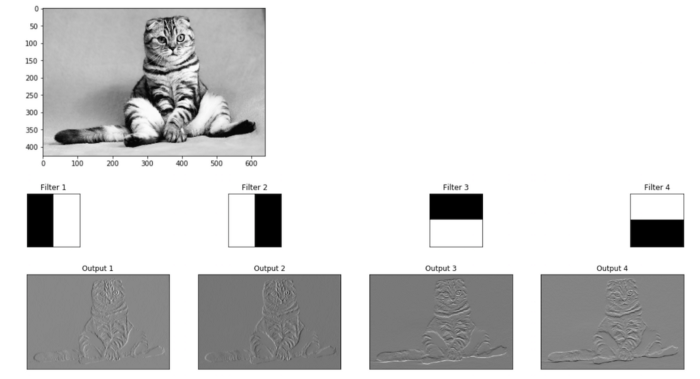
Možemo vizualizirati ovaj proces na primjeru fotografije mačke:

  
Slika 3. Fotografija mačke

Možemo definirati nekoliko različitih filtara koje ćemo primijeniti na ovu sliku:

  
Slika 4. Različiti filtri

Gore opisani proces se primjenjuje na svaki od blokova u originalnoj slici s pomicanjem za jedan piksel. Te se za izlaz dobije:

  
Slika 5. Rezultati konvolucije

Za rezultate dobijemo slike na kojima se mogu primijetiti iscrtani rubovi mačke. Sljedeći korak je primjena ReLU funkcije na obrađenu sliku.

* 1. **ReLU funkcija**

ReLU (*rectified linear unit*) funkcija je aktivacijska funkcija definirana kao pozitivan dio argumenta, odnosno, vraća pozitivne ulaze kakvim jesu, a negativne postavlja na nula:



  
Slika 6. Prikaz ReLU funkcije

ReLU sloj omogućava dodatno isticanje značajki kao što su rubovi. To možemo vidjeti na primjeru mačke gdje rubovi dodatno istaknu u odnosu na rezultat konvolucije:

  
Slika 7. Rezultat ReLU funkcije

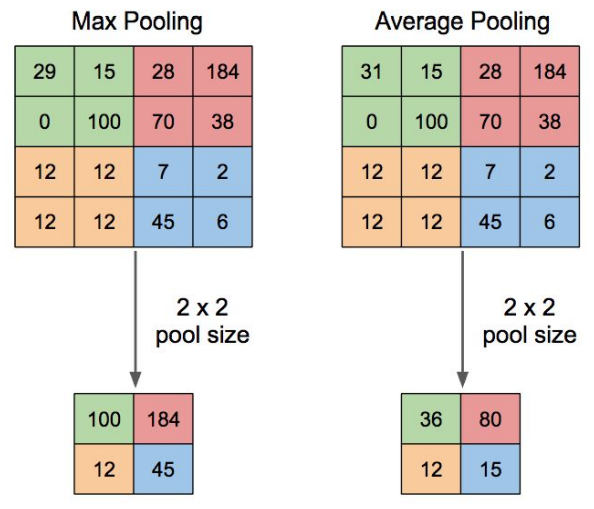
Na ovaj način se dobiju slike jednake veličine pa i dalje imamo problem velike količine podataka, ali sad ti podaci prikazuju nekakve značajke. Sljedeći korak može biti dodatno smanjivanje ovih podataka upotrebom *poolinga*.

* 1. **Pooling**

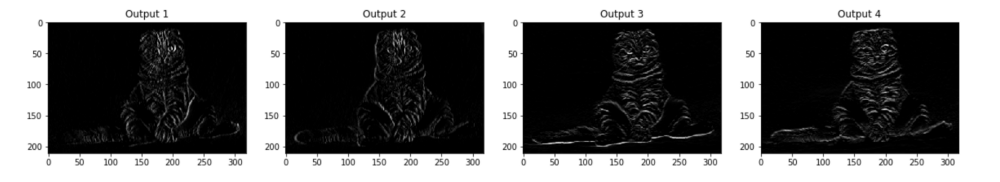
Nešto što nije dobro da neuronska mreža radi je da traži specifičnu značajku točne nijanse na točnom mjestu. Za dobar CNN je potrebno da radi na raznim fotografijama, rotiranim, zrcaljenim, odrezanim, spljoštenim i slično. Da bi se to izbjeglo, koristi se *pooling*. *Pooling* je proces u kojem se ulazna matrica progresivno smanjuje. Na ovaj se način postiže smanjivanje veličine ulaznih podataka i omogućuje detektiranje značajki bez obzira gdje se nalaze na slici. Također, *pooling* pomaže pri smanjivanju *overfittinga*. Za ovo je, također, potreban skup podataka za treniranje s raznim slikama, nije dobro imati slike samo jedne pasmine za pse i slično.

Najpopularniji oblik *poolinga* je *max pooling*. Ulazna slika se podijeli na manje dijelove koji se ne preklapaju. Izlaz svakog od tih manjih dijelova je maksimalna vrijednost tog dijela. Kao izlaz se dobije manja matrica. Ako se *pooling* vrši s podjelom na 2x2 dijelove, dobije se slika dva puta uža i dva put niža, odnosno četiri puta manja. Na ovaj način se izgubi 75% informacije koji nisu značajke. Na ovaj način se neutraliziraju iskrivljenja.

Drugi oblici *poolinga* su *average pooling* i *sum pooling*, odnosno *pooling* po prosjeku i *pooling* po zbroju. Oni nisu česti izbori jer *max pooling* ima bolje rezultate u praksi.

  
Slika 8. *Max pooling* i *Average pooling*

Tako će *max pooling* na slici mačke nakon ReLU funkcije izgledati ovako:

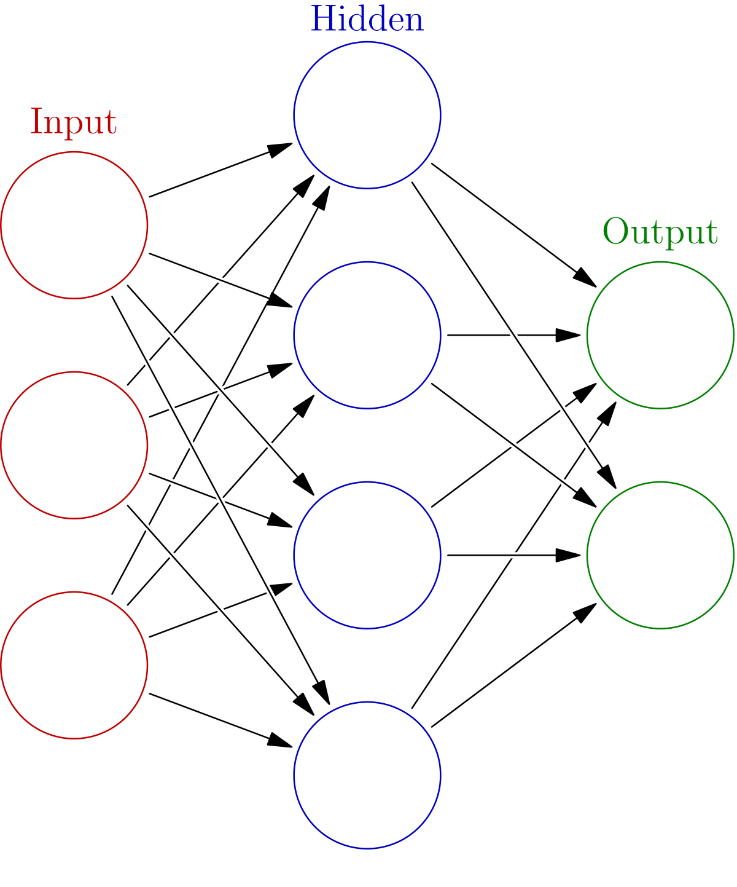
  
Slika 9. Slika mačke nakon *poolinga*

Rezultantna slika je duplo uža i duplo niža, odnosno četiri puta manja.

Sljedeći korak nakon *poolinga* može biti ravnanje (*flattening*). Ovo je vrlo jednostavan korak u kojem se mapa značajki nakon *poolinga* ravna u jedan sekvencijalni stupac brojeva (vektor). Ovo omogućava toj informaciji da postane ulazni sloj u umjetnu neuronsku mrežu za daljnju obradu.

* 1. **Potpuno spojeni sloj**

Nakon svih slojeva konvolucije, ReLU-a i *poolinga*, dodaje se umjetna neuronska mreža. Cilj ovog sloja je da uzme dane ulaze i preko skrivenog sloja neurona predvidi klasu za dani ulaz. Sastoji se od niza neurona i poveznica između njih, sinapsi. U ovom slučaju je riječ o potpuno spojenoj neuronskoj mreži, odnosno, svaki od izlaza iz prethodnog sloja je spojen na svaki neuron u sljedećem sloju.

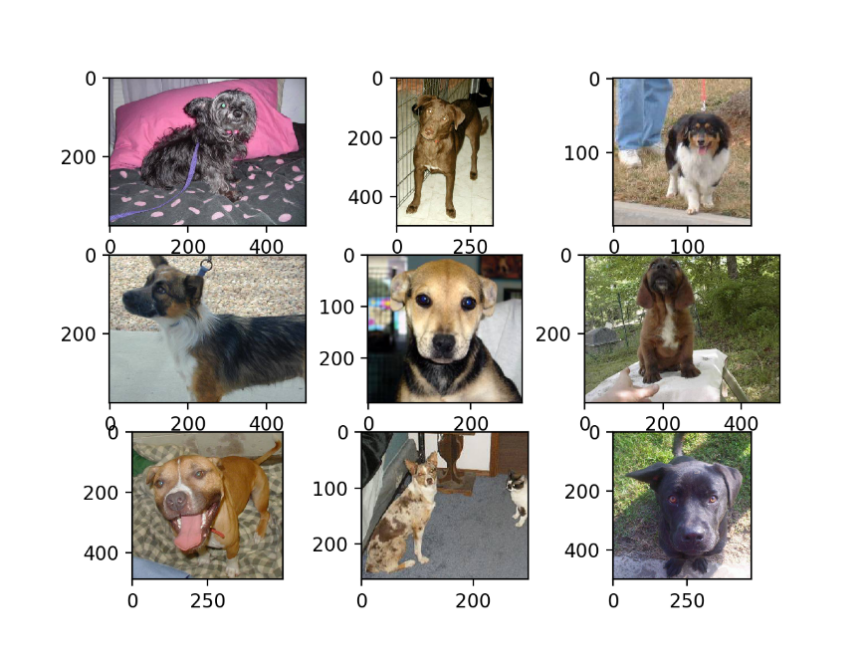
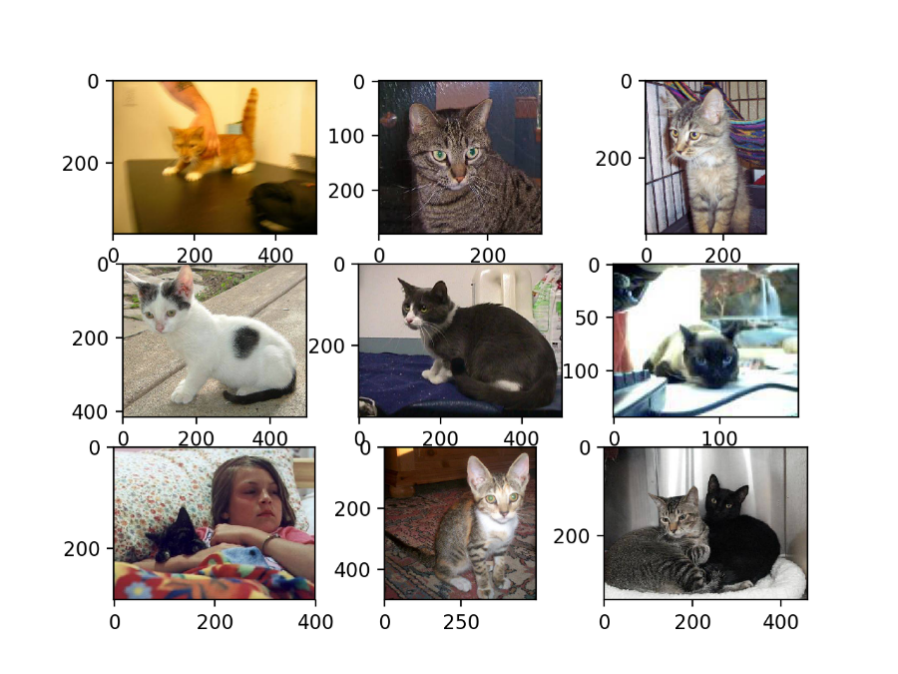
  
Slika 10. Prikaz potpuno spojene umjetne neuronske mreže

Svaka od sinapsi ima određenu težinu, između 0 i 1. Veće težine predstavljaju veću važnost prethodnog neurona za izlaz. Ulazni podatak prolazi kroz neuronsku mrežu, računaju se izlazi, te se iz izlaza računa pogreška. Na temelju te pogreške se zatim težine sinapsi mijenjaju i proces se ponavlja. Na ovaj način se dobije mreža koja daje veću vrijednost određenim značajkama za jednu klasu, a drugim značajkama za neku drugu klasu. Na kraju se primjenjuje *softmax* funkcija na izlazu te se dobivaju vjerojatnosti za svaku od zadanih klasa.

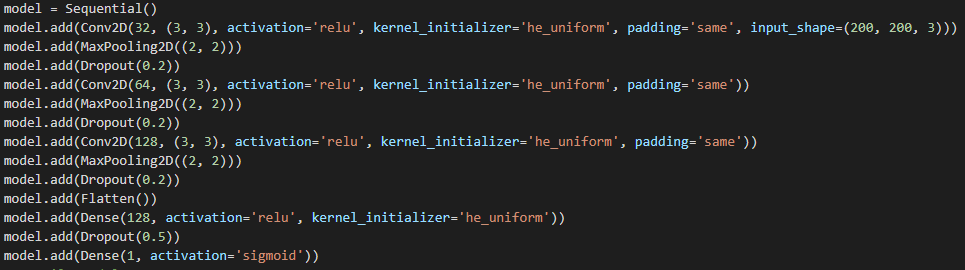
1. **Rezultati zadatka**

Zadatak ovog projekta je izgradnja konvolucijske neuronske mreže koja će razlikovati fotografije mačaka i pasa.

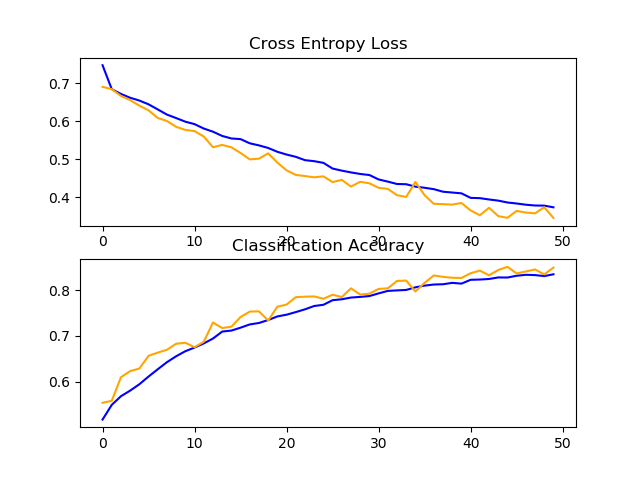
Prvi korak ovog projektnog zadatka je bilo prikupljanje podataka. To je učinjeno uzimanjem gotovog skupa podataka koji se sastoji od 12 500 fotografija mačaka i 12 500 fotografija pasa ([link](https://www.kaggle.com/c/dogs-vs-cats/data)). Fotografije su raznih oblika i s raznim psima i mačkama. Mnoge fotografije imaju razne druge objekte na njima kao što su ljudi, namještaj i slično. Ovo je dobro za treniranje neuronske mreže jer smanjuje mogućnost *overfittinga* i generalno poboljšava rad.

  
Slika 11. Nekoliko fotografija pasa iz ulaznog skupa podataka  
  
Slika 12. Nekoliko fotografija mačaka iz ulaznog skupa podataka

Za realizaciju CNN-a korištena je Python biblioteka Keras. Ova biblioteka omogućava izgradnju konvolucijskih neuronskih mreža sloj po sloj.

  
Slika 13. Izgradnja CNN-a pomoću Kerasa

Na slici 13. se vidi izgradnja jedne konvolucijske neuronske mreže pomoću Kerasa. Ova mreža se sastoji od tri konvolucijska sloja, svaki sa svojim *poolingom*. Nakon svakog od tih slojeva, također se vrši i *dropout*, odnosno ispuštanje dijela podataka. Ovo se vrši kako bi se smanjio *overfitting*. Ovim modelom je postignuta točnost od 84.975%.

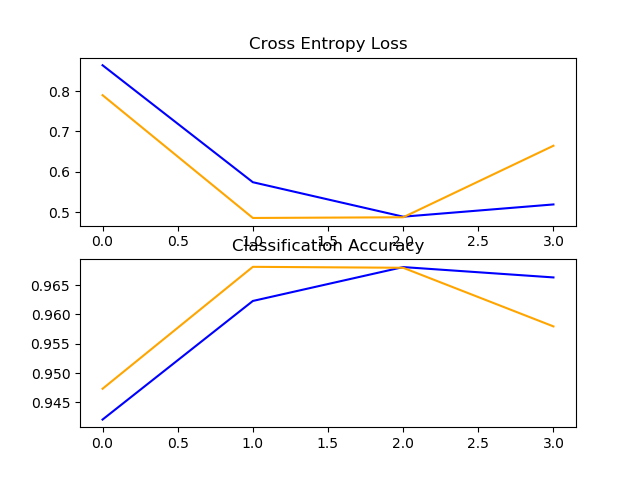
  
Slika 14. Rezultati evaluacije modela s tri konvolucijska sloja po epohama

Iz rezultata se vidi da nije bilo *overfittinga*, ali rezultati se nisu znatno poboljšavali pa daljnje treniranje ne bi rezultiralo točnijim modelom.

Nakon toga je isproban VGG16 model koji je implementiran u Keras biblioteci. Sastoji se od niza konvolucijskih slojeva s *max pooling* slojevima između, na kraju su dva potpuno spojena sloja i *softmax* klasifikator kao što je prikazano na slici 15. Ogromni problemi ovog modela su to što je vrlo spor za treniranje i velika količina memorije koju zauzimaju arhitekture tog modela.

  
Slika 15. VGG16 model

Ovim modelom je postignuta točnost od 95.796% sa samo 4 epohe (nije izvođeno s više epoha zbog ograničenja korištenog sklopovlja).

  
Slika 16. Rezultati VGG16 modela

Ovaj model je zatim spremljen i može se koristiti za predviđanje klasa fotografija mačaka i pasa. Tako je za ovu fotografiju psa, ispravno predvidio klasu '1', odnosno da je pas.

  
Slika 17. Fotografija psa

1. **Zaključak**

Problem klasifikacije i prepoznavanja slika postaje sve prisutniji u današnjem svijetu interneta gdje je jako velika količina podataka upravo u obliku slike i videa. Konvolucijske neuronske mreže su donijele ogroman proboj u tom području. U ovom seminarskom radu je prikazana jednostavnost korištenja istih pomoću gotovih alata biblioteke Keras. Uz vrlo slabo sklopovlje su postignuti izvrsni rezultati s 95% točnosti.

**Literatura**

<https://www.pyimagesearch.com/2017/03/20/imagenet-vggnet-resnet-inception-xception-keras/>

<https://machinelearningmastery.com/how-to-develop-a-convolutional-neural-network-to-classify-photos-of-dogs-and-cats/>

<https://towardsdatascience.com/wtf-is-image-classification-8e78a8235acb>

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLZbbT5o_s2xq7LwI2y8_QtvuXZedL6tQU>

Dataset: <https://www.kaggle.com/c/dogs-vs-cats/data>

**Prilozi**

Izvorni kod(dostupan i na github link-u: https://gitlab.com/dzijo/dog-vs-cat-classification)

**Izvorni kod**

**Prvi model**

import sys

from matplotlib import pyplot

from keras.utils import to\_categorical

from keras.models import Sequential

from keras.layers import Conv2D

from keras.layers import MaxPooling2D

from keras.layers import Dense

from keras.layers import Flatten

from keras.layers import Dropout

from keras.optimizers import SGD

from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

import tensorflow as tf

device\_name = tf.test.gpu\_device\_name()

if device\_name != '/device:GPU:0':

raise SystemError('GPU device not found')

print('Found GPU at: {}'.format(device\_name))

# define cnn model

def define\_model():

model = Sequential()

model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', kernel\_initializer='he\_uniform', padding='same', input\_shape=(200, 200, 3)))

model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Dropout(0.2))

model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu', kernel\_initializer='he\_uniform', padding='same'))

model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Dropout(0.2))

model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu', kernel\_initializer='he\_uniform', padding='same'))

model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Dropout(0.2))

model.add(Flatten())

model.add(Dense(128, activation='relu', kernel\_initializer='he\_uniform'))

model.add(Dropout(0.5))

model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))

# compile model

opt = SGD(lr=0.001, momentum=0.9)

model.compile(optimizer=opt, loss='binary\_crossentropy', metrics=['accuracy'])

return model

# plot diagnostic learning curves

def summarize\_diagnostics(history):

# plot loss

pyplot.subplot(211)

pyplot.title('Cross Entropy Loss')

pyplot.plot(history.history['loss'], color='blue', label='train')

pyplot.plot(history.history['val\_loss'], color='orange', label='test')

# plot accuracy

pyplot.subplot(212)

pyplot.title('Classification Accuracy')

pyplot.plot(history.history['acc'], color='blue', label='train')

pyplot.plot(history.history['val\_acc'], color='orange', label='test')

# save plot to file

filename = sys.argv[0].split('/')[-1]

pyplot.savefig(filename + '\_plot.png')

pyplot.close()

# run the test harness for evaluating a model

def run\_test\_harness():

# define model

model = define\_model()

# create data generators

train\_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1.0/255.0,

width\_shift\_range=0.1, height\_shift\_range=0.1, horizontal\_flip=True)

test\_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1.0/255.0)

# prepare iterators

train\_it = train\_datagen.flow\_from\_directory('dataset\_dogs\_vs\_cats/train/',

class\_mode='binary', batch\_size=32, target\_size=(200, 200))

test\_it = test\_datagen.flow\_from\_directory('dataset\_dogs\_vs\_cats/test/',

class\_mode='binary', batch\_size=32, target\_size=(200, 200))

# fit model

history = model.fit\_generator(train\_it, steps\_per\_epoch=len(train\_it),

validation\_data=test\_it, validation\_steps=len(test\_it), epochs=50, verbose=0)

# evaluate model

\_, acc = model.evaluate\_generator(test\_it, steps=len(test\_it), verbose=0)

print('> %.3f' % (acc \* 100.0))

# learning curves

summarize\_diagnostics(history)

model.save('final\_model.h5')

# entry point, run the test harness

with tf.device('/device:GPU:0'):

run\_test\_harness()

**VGG16 model:**

import sys

from matplotlib import pyplot

from keras.utils import to\_categorical

from keras.applications.vgg16 import VGG16

from keras.models import Model

from keras.layers import Dense

from keras.layers import Flatten

from keras.optimizers import SGD

from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

import tensorflow as tf

device\_name = tf.test.gpu\_device\_name()

if device\_name != '/device:GPU:0':

raise SystemError('GPU device not found')

print('Found GPU at: {}'.format(device\_name))

# define cnn model

def define\_model():

# load model

model = VGG16(include\_top=False, input\_shape=(224, 224, 3))

# mark loaded layers as not trainable

for layer in model.layers:

layer.trainable = False

# add new classifier layers

flat1 = Flatten()(model.layers[-1].output)

class1 = Dense(128, activation='relu', kernel\_initializer='he\_uniform')(flat1)

output = Dense(1, activation='sigmoid')(class1)

# define new model

model = Model(inputs=model.inputs, outputs=output)

# compile model

opt = SGD(lr=0.001, momentum=0.9)

model.compile(optimizer=opt, loss='binary\_crossentropy', metrics=['accuracy'])

return model

# plot diagnostic learning curves

def summarize\_diagnostics(history):

# plot loss

pyplot.subplot(211)

pyplot.title('Cross Entropy Loss')

pyplot.plot(history.history['loss'], color='blue', label='train')

pyplot.plot(history.history['val\_loss'], color='orange', label='test')

# plot accuracy

pyplot.subplot(212)

pyplot.title('Classification Accuracy')

pyplot.plot(history.history['acc'], color='blue', label='train')

pyplot.plot(history.history['val\_acc'], color='orange', label='test')

# save plot to file

filename = sys.argv[0].split('/')[-1]

pyplot.savefig(filename + '\_plot.png')

pyplot.close()

# run the test harness for evaluating a model

def run\_test\_harness():

# define model

model = define\_model()

# create data generator

datagen = ImageDataGenerator(featurewise\_center=True)

# specify imagenet mean values for centering

datagen.mean = [123.68, 116.779, 103.939]

# prepare iterator

train\_it = datagen.flow\_from\_directory('dataset\_dogs\_vs\_cats/train/',

class\_mode='binary', batch\_size=32, target\_size=(224, 224))

test\_it = datagen.flow\_from\_directory('dataset\_dogs\_vs\_cats/test/',

class\_mode='binary', batch\_size=32, target\_size=(224, 224))

# fit model

history = model.fit\_generator(train\_it, steps\_per\_epoch=len(train\_it),

validation\_data=test\_it, validation\_steps=len(test\_it), epochs=4, verbose=1)

# evaluate model

\_, acc = model.evaluate\_generator(test\_it, steps=len(test\_it), verbose=0)

print('> %.3f' % (acc \* 100.0))

# learning curves

summarize\_diagnostics(history)

model.save('final\_model\_TL.h5')

# entry point, run the test harness

with tf.device('/device:GPU:0'):

run\_test\_harness()

**Predikcija klase:**

from keras.preprocessing.image import load\_img

from keras.preprocessing.image import img\_to\_array

from keras.models import load\_model

from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

import numpy as np

import os

import tensorflow as tf

os.environ['TF\_CPP\_MIN\_LOG\_LEVEL'] = '3'

tf.compat.v1.logging.set\_verbosity(tf.compat.v1.logging.ERROR)

def load\_image(filename):

# load the image

img = load\_img(filename, target\_size=(224, 224))

# convert to array

img = img\_to\_array(img)

# reshape into a single sample with 3 channels

img = img.reshape(1, 224, 224, 3)

# center pixel data

img = img.astype('float32')

img = img - [123.68, 116.779, 103.939]

return img

def predict(image):

# load the image

img = load\_image(image)

# load model

model = load\_model('final\_model\_TL.h5')

# predict the class

result = model.predict(img)

return result[0][0].astype(int)

print(predict('66832444\_2275116232582234\_7067699075927244800\_n.jpg'))