

**Povzetek projekta Po kreativni poti do znanja 2017 – 2020, 2. odpiranje,  
za namen objave in predstavitve na spletni strani sklada**

**1. Polni naslov projekta: Inteligentni sistem za radiološko diagnostiko in prognoztiko na podlagi analize medicinskih slik s strojnim učenjem**

- **V katero področje na prvi klasifikacijski ravni KLASIUS-P-16 se uvršča projekt glede na vsebinsko zasnovu (neustrezno področje izbrišite):**

07 - Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo

**2. V sodelovanju z:** (navede se univerza oz. samostojni visokošolski zavod, ki je prijavil projekt in članica, ki je nosilka projekta ter partner/ja – podjetje/ji oz. organizacija, ki je/sta bilo/i vključeno/i v projekt)

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, INTELITEH inteligentne tehnologije d.o.o. in Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana

**3. Besedilo:**

- **Opreделите problem, ki se je razreševal tekom izvajanja projekta**

Veliko bolezni lahko preprečimo z zgodnjim odkrivanjem in čimprejšnjim zdravljenjem ter spremljanjem s tem povezanih učinkov, k čemur pripomorejo predvsem bolj temeljite in večmodalne preiskave bolnikov. Ena od gonilnih parakliničnih preiskav je medicinsko slikanje s tridimenzionalnimi (3D) tehnikami kot so računalniška tomografija, magnetna resonanca (MR), ultrazvok, ipd. Slabost pa je, da je radiološko vrednotenje teh slik večinoma očno in kvalitativno. Ročno vrednotenje v zadnjem času pospešeno in zelo uspešno nadomeščajo avtomatski postopki analize slik, ki nudijo podporo pri vrednotenju in odločanju na podlagi medicinskih slik. Algoritmi strojnega učenja kot so konvolucijske nevronske mreže omogočajo modeliranje delovanja vizualnega zaznavanja in odločanja pri človeku, kar potencialno lahko simulira in nadomesti očno radiološko vrednotenje slik, brez vmesnega nivoja izločanja velikega števila parametrov, kot pri klasični avtomatski analizi medicinskih slik.

V projektu smo se osredotočili na razvoj in vrednotenje orodij analize medicinskih slik na osnovi konvolucijskih nevronskih mrež, in sicer za možganske bolezni z visokim socio-ekonomskim vplivom kot so možganska anevrizma, multipla skleroza in Alzheimerjeva demenca. Z računalniško podprto analizo 3D odštevni (DSA) slik želimo omogočiti (1) zgodnje odkrivanje anevrizem, kar omogoča zdravljenje pred običajno usodno rupturo anevrizme, (2) s fenotipiranjem multiple skleroze iz T1 MR slik glave omogočiti izbiro najbolj učinkovite terapije in (3) z zaznavanjem blage kognitivne motnje kot predstopnje demence iz T1 MR omogočiti njihovo čimprejšnje zdravljenje z novimi terapijami.

- **Opišite potek reševanja problema oz. kratek povzetek projekta**

Projekt smo izvedli v štirih delovnih paketih. Prvi trije delovni paketi so vključevali razvoj modelov globokega učenja kot orodij za analizo slik in so se izvedli v prvih štirih mesecih. Ta orodja so študenti razvijali, preizkušali in vrednotili na zbirkah MR slik glave zdravih oseb. Izvedba četrtega delovnega paketa je potekala večinoma v zadnjem petem mesecu, kjer smo prej razvita orodja in

sisteme uporabili na slikah bolnikov.

Razvili smo inovativno detekcijo možganskih anevrizem iz 3D DSA slik možganskega žilja s projekcijo iz 3D v 2D, detekcijo z nevronske mreže U-net in povratno projekcijo v originalno 3D sliko. Dosegli smo občutljivost 80% in 1 lažno zaznavo na sliko. Razvili smo konvolucijske in avtokodirne nevronske mreže za normalizacijo intenzitet T1 MR slik, kot predobdelava za nadaljnjo analizo, in za kompresijo 3D slike v kompakten 1D vektor. Vektor dolžine 150 je bil zadosten za opis originalne slike. Rojenje teh vektorjev za nabor T1 MR slik glave bolnikov z multiplo sklerozo je dalo štiri smiselne fenotipe te bolezni. Z uporabo konvolucijske nevronske mreže smo razvili postopke parcelacijo T1-utežene MR slike glave v več kot 140 različnih struktur. Ugotovili smo, da je parcelacija uporabna za lokalizacijo in kvantifikacijo možganskih struktur (bazalnih jeder, girusov in sulkusov, hipokampus, lezij, itd.), iz katerih neposredno ocenimo kvalitativne lestvice MTA in Fazekas, ki jih pri diagnostiki blage kognitivne motnje, demenc in drugih stanj uporabljajo radiologi. Uporabili smo prednaučene in prilagojene nevronske mreže za razvrščanje in regresijo iz slik, in sicer za napovedne spremenljivke kot so tip MR sekvence in naprave, spol, starost ter diagnoza bolezni (demence, blaga kognitivna motnja). Srednja absolutna napaka regresije starosti je bila 5 let, pri ostalih spremenljivkah pa je bila točnost razvrščanja v območju od 90 do 99%.

- Navedite in opišite rezultate projekta ter njihov doprinos k družbeni koristnosti

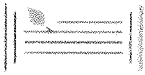
Diagnostika in prognoziranje iz medicinskih slik s prostim očesom je bodisi omejena bodisi nemogoča pri nekaterih stanjih in boleznih. Spodbudni rezultati projekta kažejo, da tehnologija globokega strojnega učenja na posameznih obravnavanih boleznih z analizo slik dosega točnost več kot 90%. To daje izjemne možnosti za izboljšanje obravnave bolnikov na podlagi medicinskih slik, ki je neinvazivna, v primeru magnetne resonance pa tudi zdravju neškodljiva in razmeroma poceni preiskava v medicini.

Globoko strojno učenje je zanimivo za industrijske aplikacije robotskega in strojnega vida. S to tehnologijo se je tekom projekta spoznalo partnersko podjetje in jo bo preizkusilo na obstoječih izdelkih, da bi izboljšali karakteristike teh izdelkov. To jim bo dalo pomembno tržno prednost pred konkurenti. S takimi visokotehnološkimi podjetji, ki zaposlujejo visoko izobražene kadre in proizvajajo izdelke z visoko dodano vrednostjo bomo lahko postali inovativna in visokotehnološka družba.

#### 4. Priloge:

- rezultati1.png: slikovni fenotipi bolezni multiple skleroze
- rezultati2.png: diagnostika demence
- skupina.png: projektna skupina dne 9.9.2019 na obisku podjetja Inteliteh d.o.o.

Ljubičana, 22.7.2019



Javni štipendijski, razvojni,  
invalidski in preživetniški  
sklad Republike Slovenije

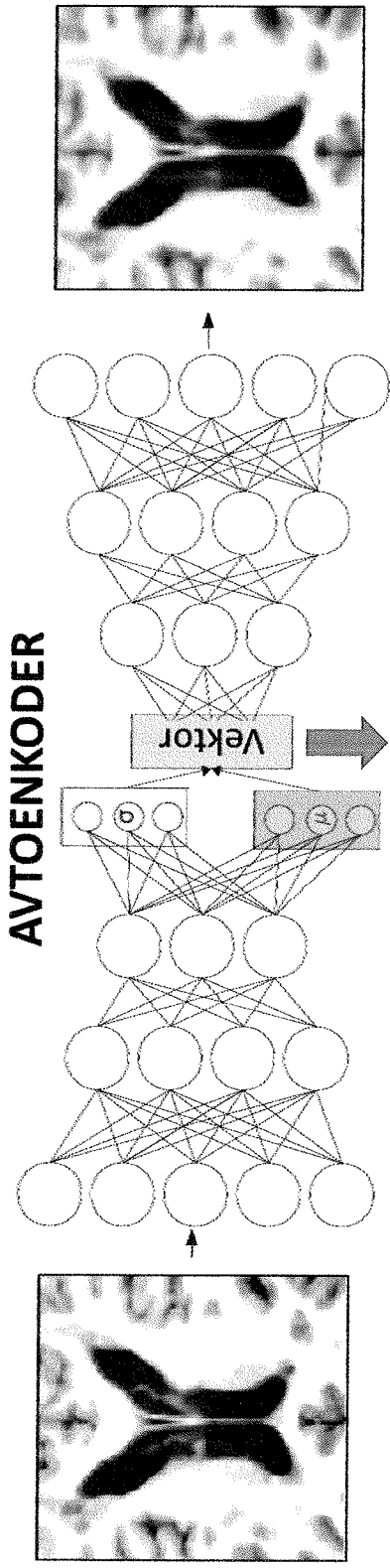


REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT



EVROPSKA UNIJA  
EVROPSKI  
SOCIALNI SKLAD

# SLIKOVNI FENOTIPI BOLEZNI MULTIPLE SKLEROZE

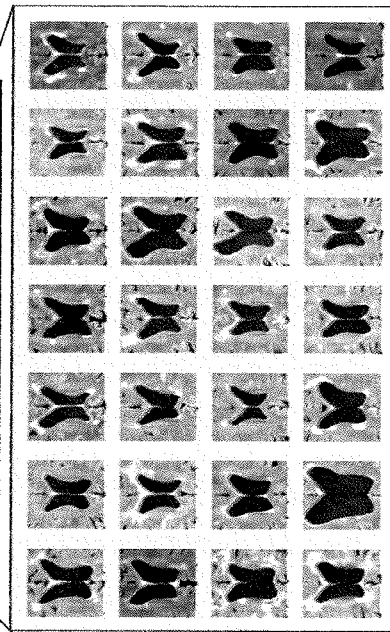
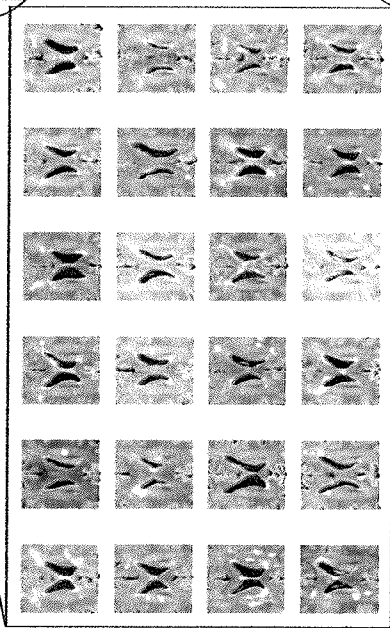


## ROJENJE VEKTORJEV

KLINIČNA STOPNJA  
INVALIDNOSTI EDSS

1,58  
[0 - 10]

2,65  
[0 - 10]

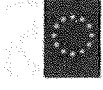




Javni štipendijski, razvojni,  
invalidski in preživninski  
sklad Republike Slovenije

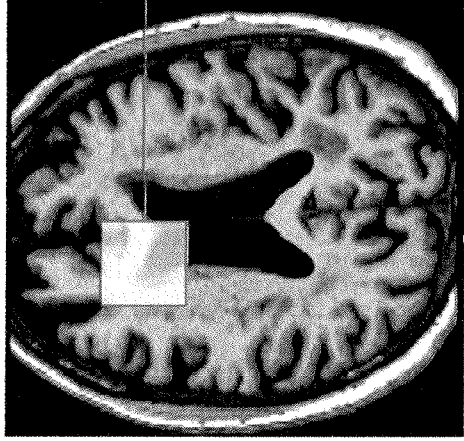


REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT

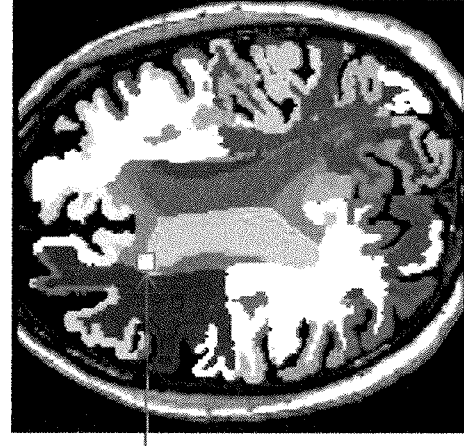


EVROPSKA UNIJA  
EVROPSKI SKLAD  
ZA REGIONALNI RAZVOJ

# DIAGNOSTIKA DEMENCE IZ MR SLIKE

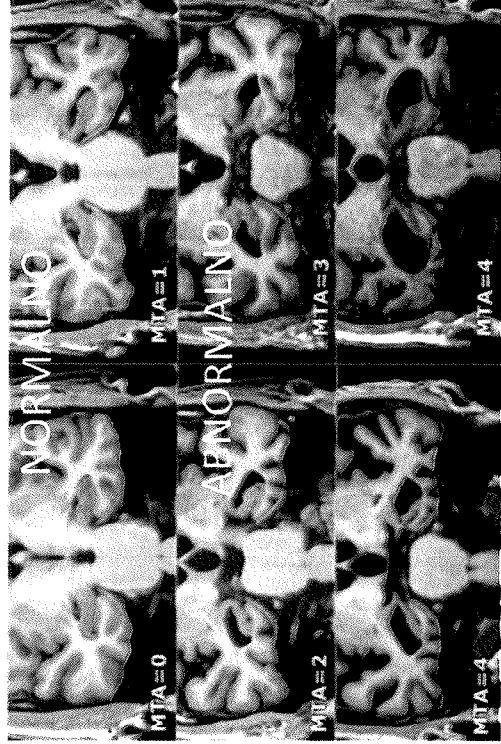
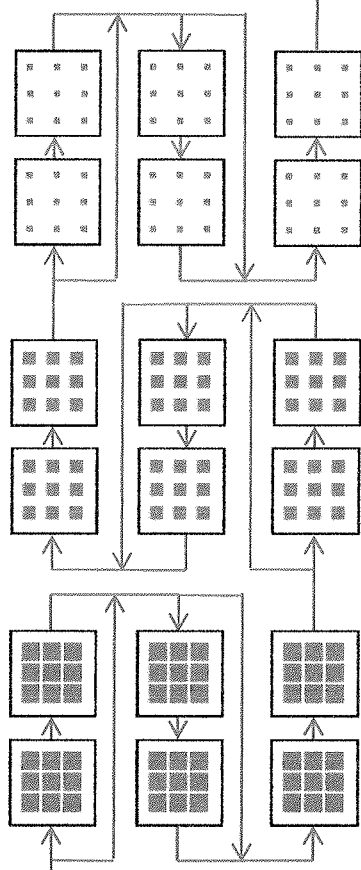


T1 MR SLIKA



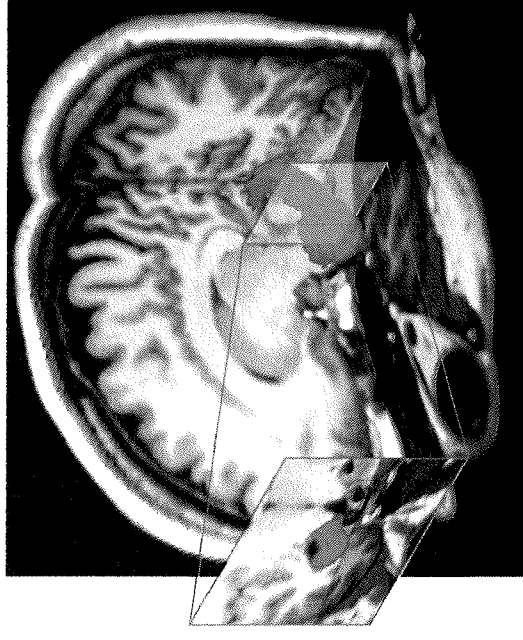
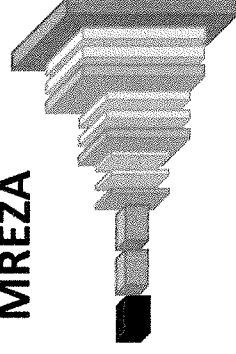
PARCELACIJA

## HIGHRES3D NEVRONSKA MREŽA



Atrofija medialnih delov  
temporalnih režnjev (MTA)

## VGG16 NEVRONSKA MREŽA



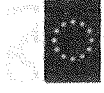
Lokalizacija hipokampusa  
na osnovi parcelacije



Javni štipendijski, razvojni,  
invalidski in preživninski  
sklad Republike Slovenije



REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT**



EVROPSKA UNIJA  
EVROPSKI SKLAD  
SOCIALNI SKLAD  
REPUBLIKE SLOVENIJE

## PROJEKTNA SKUPINA



Dne 9.9.2019 na obisku  
podjetja Inteliteh d.o.o.