

**UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET, PODGORICA**

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore

Predmet: Izvještaj komisije o pregledu i ocjeni magistarskog rada Matije Šukovića

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta na sjednici održanoj 09. 07. 2024. godine, donijelo je Odluku o imenovanju komisije za ocjenu magistarskog rada "Digitalni asistent u proizvodnji maslinovog ulja baziran na tehnikama kompjuterske vizije, kandidata Matije Šukovića, u sastavu:

dr Savo Tomović, redovni profesor PMF – član i predsjednik komisije;

dr Uglješa Urošević, docent PMF – član;

dr Igor Jovančević, docent PMF – mentor.

Kandidat Matija Šuković je dana 05. 11. 2024. godine predao tekst magistarskog rada na uvid javnosti i ocjenu. Nakon uvida u podneseni materijal, a u vezi sa članom 22 Pravila studiranja na master studijama, podnosimo sljedeći

IZVJEŠTAJ

Master rad kandidata Matije Šukovića, bečelora računarstva i informacionih tehnologija, pod nazivom „Digitalni asistent u proizvodnji maslinovog ulja baziran na tehnikama kompjuterske vizije” ukupno ima 63 strane i ispunjava sve zahtjeve propisane Pravilima studiranja na master studijama.

Rad je iz oblasti računarskih nauka, a uža oblast rada je kompjuterska vizija (*engl. computer vision*) - a još preciznije primjena tehnika kompjuterske vizije za rješavanje čestog i realnog problema u proizvodnji maslinovog ulja. Glavni tekst rada je podijeljen u šest osnovnih poglavlja: Uvod, Definicija problema i koncept rješenja, Pregled literature, Detaljan pregled predložene procedure, Pregled postignutih rezultata, Budući rad i zaključak.

Rad je prijatan za čitanje, a poglavlja su podijeljena u sekcije tako da svaka od njih čini jednu logičku cjelinu.

Problem koji kandidat rješava je iz industrije proizvodnje maslinovog ulja a definisan je od strane samih proizvođača. Određeni modeli mašina za ekstrakciju maslinovog ulja iz ploda, koji su danas u širokoj upotrebi, namijenjeni manjim proizvođačima ulja, veoma su osjetljivi na tvrde strane objekte. Ove mašine ekstrahuju ulje iz ploda mljevenjem maslina, a strani objekti mogu nanijeti značajnu i skupocjenu štetu mašineriji. Mjesto u koje se svježe masline dosipaju napravljeno je tako da olakša vizuelnu inspekciju prije nego što plod uđe u mlin. Predviđeno je da operateri mašine vrše ovu inspekciju i uklone potencijalno opasne objekte iz hrpe maslina dok je mašina u pogonu.

Rješenje koje kandidat predlaže je uređaj koji se instalira na mlin, a igra ulogu digitalnog asistenta za vizuelnu inspekciju maslina. Uređaj ima kameru pomoću koje analizira scenu, svjetla koja čine vizuelnu inspekciju lakšom, kao i ugrađenu kompjutersku jedinicu velike energetske efikasnosti koja pokreće optimizovani model kompjuterske vizije. Model u realnom vremenu detektuje kamenje među maslinama, a na strane objekte uređaj ukazuje operateru koristeći lasersku svjetlost kontrolisanu posebno dizajniranom pan-tilt glavom.

Rad detaljno obrađuje tri glavne faze izrade prototipa koji u potpunosti implementira predloženo rješenje. Prva faza izrade obuhvata kreiranje dataset-a za svrhu treniranja modela kompjuterske vizije, čiji zadatak je detekcija kamenja među maslinama. Druga faza obuhvata kreiranje modela kompjuterske vizije, što uključuje primjene tehnika optimizacije i tehnika za poboljšanje detekcije sitnih objekata, da bi se postigle performanse neophodne za rad u realnom vremenu na uređaju sa malo komputacionih resursa. U treću fazu razvoja spada dizajn i izrada samog prototipa. Ova faza uključuje dizajn i izradu kućišta za uređaj, dizajn hardvera i prpratnog softvera za lasersko praćenje tačke vidljive na kameri, kao i izradu konstrukcije za instalaciju uređaja na mašinu.

U prvom poglavlju rada dat je uvod u problem koji kandidat rješava. Kratko i jasno je objašnjeno zašto je važno rješavanje navedenog problema. Dat je jednostavan opis sistema čiji se razvoj obrađuje u radu, a njegovi benefiti su jasno iznešeni. Na kraju, date su hipoteze i istraživačka pitanja koja se obrađuju.

Drugo poglavlje detaljno opisuje problem sa kojim se maslinarska industrija danas suočava. Opisan je proces proizvodnje maslinovog ulja kod privatnih i malih farmi kroz prvu ruku, jer je kandidat, tokom pisanja rada, značajno vrijeme proveo u lokalnom postrojenju za proizvodnju ulja. Zatim je detaljno opisan koncept predloženog rješenja i ciljni hardver za izvršavanje modela vještačke inteligencije.

Treće poglavlje nudi sadržajan pregled radova na teme detekcije stranih objekata u digitalnim slikama, u poljoprivredi i proizvodnji hrane, kao i drugim industrijskim oblastima.

Navedeni radovi služili su kao smjernice za izbor arhitekture modela kompjuterske vizije, kao i tehnika optimizacije koje će se koristiti za simplifikaciju modela.

Centralno poglavlje koje sadrži i originalne ideje ovog master rada je poglavlje 4. U njemu je detaljno opisana procedura razvoja prototipa koji implementira rješenje, kroz tri faze koje su ranije navedene. U ovom poglavlju predstavljeni su glavni doprinosi:

1. Novi skup podataka za treniranje modela kompjuterske vizije. Veliki broj slika prikupljen je iz realnog okruženja, formirajući skup podataka za generalnu detekciju stranih objekata, kao i u potpunosti obrađen i anotiran skup podataka za detekciju kamenja među maslinama;
2. Poboljšanje performansi arhitektura baziranih na konvolucionim neuronskim mrežama za zadatak detekcije sitnih objekata, primjenom tehnika kao što je popločavanje (eng. "Tiling") i modifikacijom piramide karakteristika (eng. "Feature Pyramid");
3. Predloženi sistem koji koordinate sa 2D slike sa kamere prevodi u uglove koje laserska glava treba uzeti da bi svjetlost obasjala tačku u 3D prostoru predstavljenu koordinatama na slici. Ovaj sistem uključuje i inovativno softversko rješenje za ispravljanje greške uzrokovane nedostatkom informacije o udaljenosti tačke na 2D slici od senzora kamere.

Poglavlje 5 prezentuje kvantitativne rezultate, i to onim redom kojim se metod razvijao tokom dvanaestomjesečnog rada na ovoj master tezi. Data su poređenja performansi i vremena izvršavanja više modela koji koriste različite arhitekture i pristupe, sa ciljem da se dođe do modela koji nudi najbolji balans vremena izvršavanja na uređaju sa malo komputacionih resursa, preciznosti i osjetljivosti.

Posljednje, šesto poglavlje efektno sumira urađeno, i predlaže dalje pravce istraživanja.

Zaključak i predlog

Na osnovu prethodno napisanog, Komisija smatra da je master rad kandidata Matije Šukovića napisan jasno i u skladu je sa pravilima izrade naučnog rada i kriterijumima propisanim Pravilima studiranja na master studijama. Kandidat je kroz ovaj rad realizovao sve postavljene ciljeve master teze.

Cilj rada bio je unaprijediti proces proizvodnje maslinovog ulja u manjim maslinjacima, gdje vizuelna inspekcija maslina uzima značajnu količinu vremena i energije operateru mašine. To je postignuto izradom prototipa koji koristi model kompjuterske vizije da u realnom vremenu detektuje kamenje među maslinama i informaciju o njihovoj poziciji operateru prenosi naprednim sistemom laserskog praćenja. Prototip je testiran u industriji i pokazuje obećavajuće rezultate.

Kandidat je pokazao da odlično poznaje naučnu problematiku, kao i da posjeduje značajan

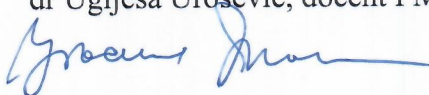
nivo istraživačkih sposobnosti. Stoga, komisija pozitivno ocjenjuje magistrarski rad "Digitalni asistent u proizvodnji maslinovog ulja baziran na tehnikama kompjuterske vizije", kandidata Matije Šukovića.

Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad pod naslovom "Digitalni asistent u proizvodnji maslinovog ulja baziran na tehnikama kompjuterske vizije", kandidata Matije Šukovića prihvati kao master rad i odobri njegovu javnu usmenu odbranu.

U Podgorici, 22.11.2024. godine

KOMISIJA

dr Uglješa Urošević, docent PMF – član;



dr Savo Tomović, redovni profesor PMF – predsjednik komisije;



dr Igor Jovančević, docent PMF – mentor

