

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET, PODGORICA

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore

Predmet: Izvještaj komisije o pregledu i ocjeni magistarskog rada Marije Džaković

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta na sjednici održanoj 9.7.2024. godine, donijelo je Odluku o imenovanju komisije za ocjenu master rada "Detekcija i karakterizacija oštećenja na mehaničkim sklopovima pomoću obrade 3D oblaka tačaka" (eng. „Detection and characterization of damages on mechanical assemblies by 3D point cloud processing“), kandidatkinje Marije Džaković, u sastavu:

dr Milenko Mosurović, redovni profesor PMF – predsjednik komisije;

dr Aleksandar Popović, vanredni profesor PMF – član;

dr Igor Jovančević, docent PMF – mentor.

Kandidatkinja Marija Džaković je dana 11. 10. 2024. godine predala tekst master 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 kandidatkinje Marije Džaković, bečelora Matematike i računarских nauka, pod nazivom „Detekcija i karakterizacija oštećenja na mehaničkim sklopovima pomoću obrade 3D oblaka tačaka“ ukupno ima 73 strane i ispunjava sve zahtjeve propisane Pravilima studiranja na master studijama.

Rad je iz oblasti matematike i računarских nauka, a uža oblast rada je kompjuterska vizija (*engl. computer vision*) - a još preciznije primjena tradicionalnih tehnika kao i tehnika dubokog učenja (*engl. deep learning*) na problem detekcije i karakterizacije (određivanja dimenzija oštećenja) na mehaničkim sklopovima, sa fokusom na sklopove letjelica. Glavni tekst rada je podijeljen u osam poglavlja: Uvod, Srodni radovi, Dostupni podaci, Pristupi dubokog učenja, Detekcija oštećenja u

3D oblacima tačaka korišćenjem dubokih neuronskih mreža, Karakterizacija oštećenja, Zaključci i Dalja istraživanja. Rad je prijatan za čitanje, a poglavlja su podijeljena u potpoglavlja koja doprinose jasnoći i pružaju sveobuhvatan uvid u kontekst problema.

Problem koji kandidatkinja rješava je softverska automatizacija procesa inspekcije i provjere kvaliteta površina mehaničkih sklopova. Predstavljena metodologija je testirana na skupu podataka koga čine skenovi realnih oštećenja na mehaničkim sklopovima. Oštećenja koja predstavljena metodologija uspijeva da detektuje i karakterizuje (odredi dimenzije širine, dužine i dubine) su u vidu ogrebotina ili udubljenja, dok su površine mehaničkih sklopova uglavnom blago/srednje zakrivljene ili ravne. Imajući ovo u vidu razvijeni sistem se ne ograničava na mehaničke sklopove letjelica.

Rad detaljno obrađuje faze predloženog metoda: generisanje sintetičkog skupa podataka koji se koristi za treniranje neuronske mreže za segmentaciju, izbor modela za segmentaciju, eksperimente treniranja različitih modela, evaluacija modela za detekciju, tradicionalne tehnike kompjuterskog vida korištene u karakterizaciji, tačnije u određivanju dubine oštećenja.

Glavno postignuće rada koje je omogućilo detekciju oštećenja u skeniranom oblaku tačaka jeste sintetički skup oblaka tačaka. Treniranjem na kreiranom sintetičkom skupu podataka sa "ground-truth" klasifikacijama tačaka, segmentacioni model uči optimalan skup parametara koji se kasnije primjenjuje na testni skup podataka. Drugo postignuće je odabir modela koji je u stanju da prevaziđe domensku razliku i generalizuje znanje na realnim podacima.

U uvodnom poglavlju rada detaljno je definisan problem koji će biti tretiran, kao i motivacija za njegovo rješavanje. Predstavljene su mane tradicionalnog procesa inspekcije letjelica kao što je ručna inspekcija, podložnost greškama, dugotrajnost, itd. Opisan je i porast interesa za razvojem robota sa ugrađenim softverom za detekciju i karakterizaciju oštećenja, kao i značaj 3D skeniranja u ovom domenu. Potom su dati motiv i ciljevi istraživanja, a navedene su i naučne hipoteze.

Drugo poglavlje nudi sadržajan pregled radova na temu detekcije i karakterizacije oštećenja u oblacima tačaka. Poglavlje je podijeljeno na dva potpoglavlja, u prvom su opisani pristupi koji koriste tradicionalne tehnike kompjuterske vizije, dok su u drugom predstavljeni radovi čije se implementacije zasnivaju na metodama dubokog učenja. U drugom potpoglavlju su predstavljeni i modeli koji su korišteni za treniranje.

Treće poglavlje opisuje realan skup podataka korišten u evaluaciji predstavljene metodologije, koji sadrži 3D skenove površina vazduhoplovnih, mehaničkih sklopova sa ukupno 29 oštećenja. Pored podataka prikupljenih pomoću 3D skenera u evaluaciji metoda karakterizacije se koriste i mjere dubine koje su prisutne za svako oštećenje.

Četvrto poglavlje opisuje motivaciju za primjenu metoda dubokog učenja, nakon čega se opisuje proces generisanja sintetičkog skupa podataka koji teži da simulira oblike prisutne u realnom

skupu podataka. Pri tome se koriste matematičke funkcije, kao što su jednačine ravni, kvadratne jednačine, jednačine cilindra, i slično. Kreiranje defekata postignuto je korištenjem eksponencijalnih funkcija koje imitiraju oblik udubljenja, kao i funkcija koje predstavljaju jednačinu sfere, elipse, itd.

Peto poglavlje počinje pregledom različitih tehnika za semantičku segmentaciju u 3D podacima i objašnjava složenost segmentacije defekata na površinama. Nakon toga, predstavljeni su specifični modeli i arhitekture koji su se pokazali efikasnim za ovaj zadatak a koji su korišteni u eksperimentima. Zatim su predstavljeni sprovedeni eksperimenti segmentacije i dobijeni rezultati u vidu evaluacionih metrika i vizualizacije maski koje su dobijene primjenom segmentacionog modela.

Šesto poglavlje opisuje metode primjenjene za karakterizaciju oštećenja, oslanjajući se na rezultate detekcije. Modul za određivanje dubine, kao najvažnije dimenzije oštećenja, primjenjuje tradicionalnu tehniku kompjuterske vizije, rekonstrukciju površi iz oblaka tačaka.

Sedmo i osmo poglavlje efektно sumiraju urađeno, i predlažu dalje pravce istraživanja.

Zaključak i predlog

Na osnovu prethodno napisanog, Komisija smatra da je master rad kandidatkinje Marije Džaković napisan jasno i u skladu je sa pravilima izrade naučnog rada i kriterijumima propisanim Pravilima studiranja na master studijama. Kandidatkinja je kroz ovaj rad realizovala sve postavljene ciljeve master teze.

Cilj rada bio je riješiti problem automatizacije sistema za detekciju i karakterizaciju oštećenja na mehaničkim sklopovima letjelica, odnosno na ravnim, blago zakrivljenim i kompleksnim površima. To je postignuto kroz implementaciju tehnika 3D kompjuterske vizije. Za detekciju su korištene metode dubokog učenja dok su za karakterizaciju, odnosno određivanje dubine korištene tradicionalne metode. Dodatno, predstavljen je proces generisanja sintetičkog skupa podataka korištenog za treniranje neuronske mreže za detekciju. Ovaj skup podataka je odigrao ključnu ulogu i omogućio modelu da nauči razlikovati oštećenja od originalne površi, što je kasnije testirano na realnim podacima. Estimacija dubine oštećenja je postignuta rekonstrukcijom idealne površi, a zatim računanjem rastojanja između originalnog oblaka tačaka i dobijene idealne površi. Postignuti su zadovoljavajući rezultati, međutim, kako je zavisna od raznih parametara, ova metoda nudi prilike za dalje usavršavanje i potragu za alternativnim rješenjima.

Kandidatkinja je pokazala da odlično poznaje naučnu problematiku, kao i da posjeduje značajan nivo istraživačkih sposobnosti. Stoga, komisija pozitivno ocjenjuje master rad "Detekcija i

karakterizacija oštećenja na mehaničkim sklopovima pomoću obrade 3D oblaka tačaka” (eng. „Detection and characterization of damages on mechanical assemblies by 3D point cloud processing“), kandidatkinje Marije Džaković.

Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad pod naslovom “Detekcija i karakterizacija oštećenja na mehaničkim sklopovima pomoću obrade 3D oblaka tačaka” (eng. „Detection and characterization of damages on mechanical assemblies by 3D point cloud processing“), kandidatkinje Marije Džaković prihvati kao master rad i odobri njegovu javnu usmenu odbranu.

U Podgorici, 22.11.2024. godine

KOMISIJA

dr Milenko Mosurović, redovni profesor PMF – predsjednik komisije;

Mosurovic

dr Aleksandar Popović, vanredni profesor PMF – član;

Popovic

dr Igor Jovančević, docent PMF – mentor

Jovančević