

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Bros 62101-2797
08. 12 2023 god.

UNIVERZITET CRNE GORE

PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

PREDMET: Izvještaj komisije o master radu pod nazivom "Interpretacija modela mašinskog učenja u medicinskom domenu primjenom modifikovanih savremenih (Model Explanation) algoritama", kandidata Jovana Perunovića, bačelora Računarskih nauka.

Na sjednici Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore od 8. jula 2022., imenovani smo u Komisiju za pregled i ocjenu master rada pod nazivom "**Interpretacija modela mašinskog učenja u medicinskom domenu primjenom modifikovanih savremenih (Model Explanation) algoritama**" kandidata Jovana Perunovića.

Na osnovu pregledanog rada i prema uslovima utvrđenim Zakonom o visokom školstvu i Statutom Univerziteta Crne Gore, podnosimo sljedeći

IZVJEŠTAJ

Analiza master rada

Rad je napisan na 84 strane, i sadrži sljedeća poglavlja: Sadržaj, Uvod, Skupovi podataka, Modeli, Metodi interpretacije, Metodi pre-procesiranja podataka, Metodi upoređivanja, Rezultati, Uporedna analiza, Zaključak i Literatura. U radu se nalazi 31 slika, 4 tabele kao i 31 skripta napisana u programskom jeziku Python. Poglavlje Literatura sadrži 10 referenci.

Postavljeni ciljevi rada

Visok stepen medicinske njege rezultat je dugogodišnjih napora istraživača, ljekara i drugog medicinskog osoblja da simbiozom različitih domena nauke unaprijede i produže životni vijek čovjeka. Simbioza medicinske discipline i domena računarskih nauka omogućava analizu apstraktnih fenomena. Uprkos podignutom nivou apstrakcije, modeli nastali primjenom mašinskog učenja i dalje sa sobom nose rezultate čiji uzrok nije lako analizirati. Primjenom algoritama i tehnika interpretacije modela dobija se jasnija slika procesa nastanka konačnog rezultata. Posljedica boljeg razumijevanja modela je preciznije detektovanje grešaka i njegovo prihvatanje od strane naučne zajednice. Tehnikama interpretacije modela tok njegovog nastanka i rezultat se detaljnije prilažu ne samo naučnoj zajednici već i pacijentima čije je zdravlje glavni motiv istraživanja.

Cilj ovog istraživanja je bio da doprinese razvoju oblasti interpretacije modela uvodeći nove hibridne algoritme. Odgovarajući na pitanje da li takav algoritam daje bolje rezultate nad dostupnim medicinskim podacima u poređenju sa aktuelnim algoritmima, ovo istraživanje je vrijedan doprinos u oblasti interpretacije modela mašinskog učenja u medicinskom domenu.

Svrha novonastalih tehnika pre-procesiranja je da izjednači interpretaciju modela u slučaju kada su dostupna sva mjerenja vitalnih parametara pacijenta, sa interpretacijom modela kada je usljed slabije razvijenog medicinskog sistema dostupan redukovan broj mjerenja vitalnih parametara pacijenta.

Primjenjene metode

U cilju ostvarivanja prethodno navedenih zadataka, korišćena su tri javno dostupna skupa podataka. Trenirana su tri modela mašinskog učenja: algoritam k-najbližih susjeda, algoritam slučajnih šuma i XGBoost algoritam. Za interpretaciju treniranih modela upotrijebljene su dvije metode interpretacije modela LIME i SHAP.

Fokus istraživanja je bio razvoj 3 hibridne metode pre-procesiranja podataka sa ciljem aproksimacije redukovanog skupa parametara:

1. U prvoj metodi podaci koji nedostaju aproksimiraju se na osnovu čitavog dostupnog skupa podataka. Uzimanje srednje vrijednosti razlikuje se za podatke kontinualnog i kategoričkog tipa.
2. U drugoj metodi podaci koji nedostaju aproksimiraju se procedurom zasnovanom na metodi klizajućeg prozora.
3. U trećoj metodi podaci koji nedostaju aproksimiraju se upotrebom Minkowski rastojanja.

Radi adekvatne komparacije novonastalih tehnika predložene su posebne metode upoređivanja interpretacija. Svaka interpretacija ponaosob (LIME i SHAP) ima grafički prikaz razlika usklađen sa već postojećim prikazima definisanim za tu interpretaciju.

Dobijeni rezultati

U poglavlju Diskusija, upotrebom tri skupa podataka, primjenom tri algoritma mašinskog učenja, korišćenjem tri tehnike pre-procesiranja podataka, uz upotrebu dvije tehnike interpretacije i devet različitih kombinacija atributa sprovedena je analiza uspjehnosti novonastalih tehnika pre-procesiranja podataka nad 486 različitih mjerenja. U ovom poglavlju je predstavljeno 48 mjerenja uz grafički prikaz rezultata.

Rezultati ovog istraživanja za LIME interpretaciju potvrđuju hipotezu da je moguće kreirati objektivnu ocjenu interpretabilnosti modela prilikom primjene tehnika pre-procesiranja podataka. Sa metodom upoređivanja LIME interpretacije koja daje objektivnu ocjenu moguće je dalje analizirati i uporediti rezultate mjerenja za sve skupove podataka i sve modele mašinskog učenja nad kojima se implementira tehnika pre-procesiranja.

Rezultati istraživanja za SHAP interpretaciju pokazuju da nije uspješno kreirana tehnika upoređivanja koja bi dala jasnu, preciznu i objektivnu ocjenu tehnika pre-procesiranja.

Analiza rezultata svih mjerenja ukazuje da broj dostupnih atributa u uzorku od interesa ima visok uticaj na preciznost rezultata mjerenja prilikom upotrebe metoda pre-procesiranja. Nezavisno od modela mašinskog učenja metode pre-procesiranja imaju visoki stepen preciznosti,

međutim pokazalo se da je od testirana tri modela najuspješnije rezultate imao XGBoost model mašinskog učenja. Rezultati mjerenja su pokazali da prva i druga metoda pre-procesiranja imaju ujednačene rezultate, dok treća metoda ima najveću uspješnost. Istraživanje potvrđuje hipotezu da je razvijenu metodu pre-procesiranja moguće implementirati u sklopu bilo kojeg modela mašinskog učenja nezavisno od algoritma kojim je napravljen, dok kombinacije dostupnosti atributa od 60%, upotreba XGBoost modela i treće metode pre-procesiranja daju najpreciznije rezultate u poređenju sa referentnim mjerenjem.

Rezultati istraživanja negiraju hipotezu da je kreiranu metodu pre-procesiranja moguće implementirati nad svim skupovima podataka, nezavisno od dimenzionalnosti skupa. Prilikom velikog broja atributa koji su prisutni u skupu, povećava se odstupanje kriterijuma koji su dodijeljeni atributima u odnosu na mjerenja za referentni vektor.

U konačnom, hipoteza da je unapređivanjem tehnike pre-procesiranja podataka moguće postići podjednako dobre rezultate je potvrđena. Samostalno tehnika pre-procesiranja ne može imati visoku preciznost za sve situacije. Potrebno je odabrati odgovarajuću tehniku u skladu sa dostupnim skupom podataka i imati odgovarajuću dostupnost atributa u uporednom uzorku, upotrijebiti ispravan algoritam mašinskog učenja. Uspješnom analizom problema moguće je posredno implementirati algoritam redukcije dimenzionalnosti skupa i postići podjednako dobru interpretaciju modela za uzorak koji sadrži sve attribute skupa i za uzorak koji ima ograničenu dimenzionalnost.

Zaključak i predlog komisije:

Nakon pregledanog master rada, analize rezultata i značaja istraživanja, Komisija konstatuje da rad zadovoljava sve uslove naučno-istraživačkog rada.

Zadata tema ovog rada je naučno aktuelna, s obzirom na veliku popularnost i primjenu mašinskog učenja u medicinskom domenu. Tema je na adekvatan način obrazložena, a istraživanje je dalo rezultate koji sveobuhvatno prikazuju zadate ciljeve. Prikazano istraživanje je dalo rezultate u domenu interpretacije modela mašinskog učenja.

Na osnovu izloženog, Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad kandidata Jovana Perunovića, pod naslovom: **"Interpretacija modela mašinskog učenja u medicinskom domenu primjenom modifikovanih savremenih (Model Explanation) algoritama"** prihvati kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Podgorica, _____

Komisija:

1. Doc. dr Srdan Kadić, docent, PMF, član

2. Doc. dr Igor Jovančević, docent, PMF, član

3. Prof. dr Savo Tomović, redni profesor, PMF, mentor