



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 29.08.2017. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Ратка Пражића под насловом „Софтвер за предикцију банкротства компанија заснован на анализи финансијских извештаја“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Ратко Пражић је рођен 18.08.1993. године у Котору. Завршио је основну школу "Борислав Пекић" у Београду као вуковац. Уписао је Девету гимназију „Михаило Петровић Алас“ у Београду и коју је завршио са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2012. године. Дипломирао на одсеку за Сигнале и системе 2016. године са просечном оценом 9,02. Дипломски рад одбранио је у септембру 2016. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Сигнале и системе уписао је у октобру 2016. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,8.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 107 страна, са укупно 87 слика, 14 табела и 33 референце. Рад садржи 10 поглавља (укључујући закључак) и списак коришћене литературе. Писан је ћирилицом.

Прво поглавље представља увод у ком је дефинисан проблем предикције банкротства компанија. Указано је на значај овакве процене за одређивање услова под којима компаније долазе до новчаних средстава неопходних за функционисање, као и због утицаја који банкротства имају на локалну заједницу, остале учеснике на тржишту, инвеститоре, креаторе друштвених политика итд. Указано је на проблеме избора одговарајућег статистичког модела и релевантних економетријских индикатора који могу послужити за предикцију банкротства, као и на проблем драстичне неуравнотежености историјских података који се користе за обучавање модела, с обзиром да је број података који се односи на активне фирме значајно већи него за оне које су банкротирале.

У другом поглављу су описаны приступи утврђивању пословног успеха компаније на основу рачуноводствених информација. Основни извор информација на основу којих се у одређују економетријски параметри коришћени у овом раду јесу финансијски извештаји. У овом поглављу детаљно је описана форма и значење свих елемената ових извештаја. Такође су приказани приступи анализи ових извештаја, и дефинисани су квантитативни показатељи задужености, активности, економичности и профитабилности.

У трећем поглављу је прецизно дефинисан појам банкротства у погледу показатеља издвојених у претходном поглављу, још једном је детаљније указано на значај предикције банкротства и дат је кратак историјат метода за предикцију банкротства.

У четвртом поглављу је описана база података која је коришћена у раду. Детаљно су оброзложени критеријуми којима се кандидат руководио приликом избора ове базе за своје истраживање. Наведени су предиктори који су коришћене као улазни подаци за алгоритме

машинског учења, а које се рачунају из показатеља претходно дефинисаних у другом поглављу. Извршена је прелиминарна експлоративна анализа и визуализација података, и описане су примењене методе претпроцесирања којима су подаци сведени на форму погодну за примену алгоритама машинског учења. Извршена је анализа међусобне корелисаности предиктора и коефицијанта међусобне информативности поједињих предиктора са бинарном излазном променљивом која се односи на предикцију да ли компанија хоће или неће банкротирати.

У наредна два поглавља је најпре описана метода логистичке регресије а затим су дати резултати примене ове методе на предикцију банкротства за одабрани скуп података. Слично, у седмом поглављу су детаљно описане теоријске основе методе носећих вектора (енгл. support vector machines), а у осмом поглављу су дати резултати примене ове методе.

У деветом поглављу су систематизовани, анализирани и дискутовани сви резултати добијени применом метода логистичке регресије и методе носећих вектора. Десето поглавље садржи закључак.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Ратка Пражића бави се пројектовањем класификатора чији је задатак да предвиди могућност банкротства компаније на основу релевантних економетријских показатеља који се могу добити из финансијских извештаја. Имплементирана су и поређена два популарна типа класификатора – логистичка регресија и метода носећих вектора (енгл. support vector machine).

Кандидат је темељно прегледао литературу везану за анализу пословања предузећа у циљу одређивања квантитативних параметара који би могли послужити за постављени проблем предикције банкротства. На основу овог прегледа, издвојио је скуп од 64 релевантна економетријска показатеља, који се могу одредити из финансијских извештаја које компаније подносе. Затим је обучио класификаторе на подацима из отворене, јавно досупне базе података која садржи информације о пословању већег броја пољских компанија у периоду између 2000. и 2012. године, као и информацију о томе да ли је одређена компанија у посматраном периоду банкротирала или не. Хиперпараметри за сваку од метода су пажљиво одређени, поређењем великог броја могућих подешавања на издвојеном, валидационом скупу података. Класична метрика тачности у овом конкретном проблему није адекватна, јер је у доступном скупу података број активних фирм значајно већи од оних које су банкротирале, па се велика тачност може постићи просто тако што ће се увек предвидети да компанија неће банкротирати. Због тога је успешност предикције мерена површином испод ROC криве (енгл. Area Under Receiver Operating Characteristic, AUROC). Перформансе донекле варирају у зависности од дужине временског интервала за који се врши предикција (једна до пет година од године на коју се односи анализирани извештај). Међутим, општи закључак је да метода носећих вектора даје боље резултате, осим за интервал предикције од 5 година. При томе, Гаусов кернел се показао као бољи избор од линеарног и полиномијалног. Просечна остварена AUROC је око 0.8, што се може сматрати задовољавајућим с обзиром на комплексност проблема као и на чињеницу да финансијски извештај не садржи све информације које утичу на могућност банкротства, јер не обухвата макроекономске показатеље, промене у фискалној политици, стање на финансијском тржишту итд.

Основни доприноси рада су: 1) детаљна анализа финансијског извештаја као основног показатеља успешности пословања компаније и избор већег броја квантитативних економетријских параметара који су информативни за процену могућности банкротства компаније; 2) пројектовање, имплементација, верификација и поређење две популарне методе за класификацију – логистичке регресије и методе носећих вектора са више различитих типова кернела.

#### 4. Закључак и предлог

Кандидат Ратко Пражић је у свом мастер раду са задовољавајућом успешношћу решио проблем предвиђања банкротства компаније на основу анализе финансијског извештаја. Алгоритми су практично имплементирни у језику Python, коришћењем реалних података, и темељно анализирани и верификовани.

Кандидат је исказао самосталност, систематичност и иновативност у своме раду, као и способност коришћења релевантне литературе.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Ратка Пражића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Чланови комисије:

Београд, 29.08.2018. године

П. Тадић  
др Предраг Тадић, доцент

Ж. Ђуровић  
др Жељко Ђуровић, редовни професор