

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

| |
|---|
| <p>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</p> <p>1. Датум и орган који је именовao комисију Декан Факултета техничких наука у Новом Саду на основу предлога матичне катедре и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука; Решење број 012-199/66-2017 од 11. 01. 2018.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>ПРЕДСЕДНИК: Др Драган Иветић, редовни професор Примењене рачунарске науке и информатика; 13.01.2010; Факултет техничких наука у Новом Саду</p> <p>ЧЛАН: Др Душан Малбашки, редовни професор Информатика; 07.08.1997; Универзитет Едуконс у Сремској Каменици</p> <p>ЧЛАН: Др Едита Стокић, редовни професор Интерна медицина - Ендокринологија; 01.03.2009; Медицински факултет у Новом Саду</p> <p>ЧЛАН: Др Дубравко Ђулибрк, ванредни професор Информационо-комуникациони системи; 17.01.2013; Факултет техничких наука у Новом Саду</p> <p>МЕНТОР: Др Александар Купусинац, ванредни професор Примењене рачунарске науке и информатика; 16.05.2016; Факултет техничких наука у Новом Саду</p> <p>МЕНТОР: Др Раде Дорословачки, редовни професор Теоријска и примењена математика; 01.04.2000; Факултет техничких наука у Новом Саду</p> |
| <p>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</p> <p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Дарко (Тривун) Ивановић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 25.01.1978. Нови Сад, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука у Новом Саду; Рачунарство и информатика; Мастер инжењер електротехнике и рачунарства</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2015; Рачунарство и аутоматика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: /</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: /</p> |
| <p>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Интелигентни софтверски систем за дијагностику метаболичког синдрома</p> |

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација кандидата Дарка Ивановића, под насловом **Интелигентни софтверски систем за дијагностику метаболичког синдрома**, је изложена на 108 страница. Докторска дисертација садржи 8 поглавља и 4 прилога, у којима се налази 12 табела и 35 слика. Попис коришћене литературе садржи 85 наслова.

Садржај докторске дисертације је следећи:

1. Уводна разматрања
2. Метаболички синдром
3. Машинско учење
4. Методологија - имплементација алгоритама
5. Експерименти и анализа резултата
6. Функционални опис и архитектура софтверског система
7. Закључак
8. Литература

ПРИЛОГ

- А. Резултати експеримента бр. 1
- Б. Резултати експеримента бр. 2
- Ц. Резултати експеримента бр. 3
- Д. Резултати експеримента бр. 4

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Поглавље 1: Уводна разматрања

У уводном поглављу кандидат истиче повезаност метаболичког синдрома са развојем бројних хроничних болести, где су на првом месту атеросклеротске кардиоваскуларне болести и дијабетес типа 2. Кардиоваскуларне болести су уједно и међу водећим узрочницима смртности у свету и водећи узрок смртности у Републици Србији. Рана дијагностика овог стања омогућава да се на време утиче на факторе ризика и да се на тај начин спречи развој озбиљнијих обољења. Тренутна пракса подразумева дијагностички процес који поред узимања анамнезе и основног прегледа (пол, старосна доб, висина, тежина, обим струка, крвни притисак), укључује и лабораторијске анализе.

У складу са тим, кандидат наводи циљеве дисертације као и мотивацију за њену израду. Као основни циљ се наводи проналажење математичке релације између лако мерљивих параметара (пол, старосна доб, индекс телесне масе, однос обима струка и висине, систолни и дијастолни крвни притисак) и присутности метаболичког синдрома код пацијента. Налажењем ове релације могуће је тренутну дијагностичку процедуру упростити, убрзати и смањити трошкове њеног извођења. Као други циљ наведена је дефиниција и имплементација прототипа интелигентног софтверског система за дијагностику метаболичког синдрома, који треба да омогући широку примену претходно добијеног резултата. Поред погодности које овакав систем доноси медицинској струци, истиче се могућност самодијагнозе од стране пацијента.

Поглавље 2: Метаболички синдром

У овом поглављу кандидат је направио преглед релевантне литературе и приказао тренутно стање у области истраживања метаболичког синдрома. Приказани су различити критеријуми и ставови по питању дијагностике метаболичког синдрома, а као компромисно решење истакнута је дефиниција IDF (*International Diabetes Federation*). Наведена је репрезентација IDF дефиниције у виду алгорита у оквиру којег се одређује вредност *MetS* коефицијента у форми *true/false* чиме се означава присуство/одсуство метаболичког синдрома код разматране особе. Размотрени су фактори ризика који утичу на развој кардиоваскуларних болести - гојазност (нарочито централног типа), хипертензија, липидни и липопротеински поремећаји, поремећаји гликорегулације и инсулинска резистенција, али и пол, старост, генетска предиспозиција на које је немогуће утицати. Затим су описани поступци мерења и скуп података који се користи у докторској дисертацији и који је настао у оквиру истраживања у којем је учествовало 2928 волонтера (1494 жена и 1434 мушкараца)

на Клиници за ендокринологију, дијабетес и метаболичке поремећаје Клиничког центра Војводине. Истакнуто је да су подаци прикупљени у складу са Хелсиншком декларацијом из 1964. године.

Поглавље 3: Машинско учење

У трећем поглављу је направљен преглед релевантне литературе из области машинског учења. Описан је проблем и модел машинског учења, затим врсте машинског учења (надгледано, подржано и ненадгледано). Затим је размотрена изводљивост машинског учења, грешке и шум. Описан је поступак генерализације на обучавајућем скупу и проблем комплексности узорка, а затим поступак тестирања дате методе машинског учења. Описане су методе машинског учења са акцентом на линеарни модел учења, стабла одлучивања и вештачке неуронске мреже. Линеарни модел учења представља најједноставнији облик машинског учења у оквиру којег се разликује линеарна класификација и линеарна регресија. Стабла одлучивања су позната и често коришћена техника машинског учења са циљем налажења унутрашњих релација у подацима. Стабло се формира у току обуке, а његове компоненте су корен, чворови, гране и листови. Разликују се класификациона и регресиона стабла одлучивања. Процес обуке се рекурзивно понавља и стабло се грана. Детаљније је описан алгоритам *C4.5* који се користи у овом истраживању. Вештачке неуронске мреже представљају моћан алат за анализу података. Имају слојевиту структуру и састоје се од повезаних чворова. Описана је грађа и врсте неуронских мрежа. Објашњена је разлика између надгледаног и ненадгледаног учења неуронске мреже. Детаљније је описан *Levenberg-Marquardt backpropagation* алгоритам за обуку неуронске мреже који се користи у овом истраживању.

Поглавље 4: Методологија - имплементација алгоритама

У трећем поглављу је приказана методологија која је коришћена приликом истраживања у оквиру ове дисертације. Алгоритми описани у претходном поглављу су имплементирани програмским језиком *C#* коришћењем библиотеке за машинско учење *Accord.NET*. Приказане су имплементације за стабло одлуке, линеарну регресију и вештачке неуронске мреже. Формирање стабла одлуке изведено је помоћу класе *C45Learning*. Решење линеарне регресије добијено је помоћу класе *OrdinaryLeastSquares* која имплементира методу најмањих квадрата. Вештачка неуронска мрежа обучена је коришћењем класе *LevenbergMarquardtLearning* са укљученом бајесовском регуларизацијом. Претходно, подаци су нормализовани методом *Z-Scores*, приказаном у овом поглављу. Дефинисан је критеријум за оцену перформанси алгоритама у виду позитивне и негативне предиктивне вредности (*PPV* и *NPV*). Приказана је имплементација дефиниције метаболичког синдрома утврђена од стране *IDF (International Diabetes Federation)*.

Поглавље 5: Експерименти и анализа резултата

У овом поглављу, кандидат је описао четири експеримента, а затим приказао и дискутовао добијене резултате. На основу резултата из првог експеримента је одређена оптимална архитектура вештачке неуронске мреже за проблем дијагнозе метаболичког синдрома. Максимум позитивне предиктивне тачности је постигнут са 94 скривена неурона, а максимум негативне предиктивне тачности са 97 неурона. У другом експерименту су упоређене методе машинског учења на 100 различитих *random* примера и показано је да вештачке неуронске мреже тачније дијагностикују метаболички синдром у односу на стабла одлучивања и линеарну регресију. Трећи експеримент разматра један пример обуке вештачке неуронске мреже и приказује раст позитивне и негативне предиктивне вредности (*PPV* и *NPV*) кроз епохе. Четврти експеримент резултате предикције метаболичког синдрома на 100 примера применом вештачке неуронске мреже, стабла одлучивања и линеарне регресије.

Поглавље 6: Функционални опис и архитектура софтверског система

Након што је у претходном поглављу утврђено да су постигнути резултати задовољавајући за практичну примену, у шестом поглављу дефинисан је интелигентни софтверски систем за дијагностику метаболичког синдрома. Систем се састоји од веб портала за лекаре и мобилне апликације за пацијенте, које се ослањају на заједнички *backend* у чијој основи је обучена неуронска

мрежа представљена у претходним поглављима. Описани систем је представљен као глобално решење са посебно обученим вештачким неуронским мрежама за различите државе.

Мобилна апликација је дефинисана са циљем да омогући само-дијагностику пацијентима кроз веома једноставан поступак. Детаљно су описани сви погледи апликације и транзиције између њих. Посебна пажња је посвећена комуникацији са пацијентом, како би се истакла функционалност апликације и како се код пацијента не би створила непотребна забринутост. Наведено је да је имплементација урађена на *Xamarin* платформи у језику *C#*.

Веб портал, поред тога што омогућава лекарима да ураде дијагнозу метаболичког синдрома, предвиђен је да се користи за прикупљање података релевантних за даље истраживање метаболичког синдрома. Лекари, након урађене предикције, могу да за урађени тест унесу додатна податке релевантне за метаболички синдром (резултати лабораторијских тестова, занимање, ниво физичке активности, врста дијете). Такође, функционалност портала укључује пробно и продукционо тренирање вештачке неуронске мреже са приказом остварених перформанси. За имплементацију је коришћена библиотека *Angular* и језик *TypeScript*, на клијентској страни, док је *backend* имплементиран на *ASP.NET Core* платформи у језику *C#*.

На крају овог поглаља дат је преглед софтверске архитектуре система. Приказана је стандардна вишеслојна организација система са четири слоја: GUI слој, слој апликационих сервиса, слој логике и слој података.

Поглавље 7: Закључак

У седмом поглављу су изнета закључна разматрања ове дисертације, на основу којих је дефинисан и имплементиран интелигентни софтверски систем који у пракси омогућава једноставну и економски оправдану дијагностику метаболичког синдрома. Могућност да се дијагноза метаболичког синдрома може предвидети у свакодневној клиничкој пракси има велики значај за здравље целе популације. Отворена су разна питања која су проистекла из резултата овог истраживања и наведени су могући даљи правци истраживања, као и могућност практичне примене интелигентног софтверског система за дијагностику метаболичког синдрома.

Поглавље 8: Литература

У овом поглављу је дат попис коришћене литературе који садржи 85 наслова.

Прилог

Као прилог су приказане табеле са резултатима који су добијени у оквиру експеримената описаних у поглављу 5.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Ivanović D., Kupusinac A., Stokić E., Doroslovački R., Ivetić D.: ANN prediction of metabolic syndrome: A complex puzzle that will be completed, *Journal of Medical Systems*, 2016, Vol. 40, No 264, pp. 1-7, ISSN 0148-5598, DOI: 10.1007/s10916-016-0601-7 [**M21, IF(2016)=2.456**]

Kupusinac A., Stokić E., Doroslovački R., Ivetić D., Vrbaški D., Vrbaški M., **Ivanović D.**: The Detection of Low HDL Cholesterol Level by Using Artificial Neural Networks, 8. PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology - ICET, Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 8-10 Jun, 2017, Paper No. T1-1.1, pp. 1-3, ISBN 978-86-7892-934-2 [**M33**]

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање приказано у дисертацији је довело до следећих конкретних закључака:

- Између дијагнозе метаболичког синдрома и лако доступних параметара (пол, старост, индекс телесне масе (*BMI*), количник обима струка и телесне висине (*WHtR*), систолни и дијастолни крвни притисак) постоји веома сложена математичка релација и најбоље средство за њено откривање јесу методе вештачке интелигенције (неуралне мреже, стабла одлучивања и сл.).
- Поређењем резултата утврђено је да вештачке неуронске мреже тачније дијагностикују метаболички синдром у односу на стабла одлучивања и линеарну регресију.
- Испитане су једнослојне *feed-forward* вештачке неуронске мреже са 1-100 скривених неурона. Максимум позитивне предиктивне тачности је постигнут са 94 скривена неурона, а максимум негативне предиктивне тачности са 97 неурона.
- На бази претходних закључака, у докторској дисертацији је дефинисан и имплементиран интелигентни софтверски систем који у пракси омогућава једноставну и економски оправдану дијагностику метаболичког синдрома. Могућност да се дијагноза метаболичког синдрома може предвидети у свакодневној клиничкој пракси има велики значај за здравље популације.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији је јасно дефинисан циљ истраживања, а резултати су приказани на једноставан и јасан начин. Кандидат је у оквиру истраживања користио адекватне и потврђене научне методе. У објашњењима резултата је користио статистичке показатеље уз помоћ којих је проблем прецизно сагледан и протумачен.

Кандидат је потврдио основну хипотезу истраживања, а то је да постоји веома сложена математичка релација између дијагнозе метаболичког синдрома и лако доступних параметара (пол, старост, индекс телесне масе (*BMI*), количник обима струка и телесне висине (*WHtR*), систолни и дијастолни крвни притисак) и најбоље средство за њено откривање јесу методе вештачке интелигенције (неуралне мреже, стабла одлучивања и сл.), што представља основу за имплементацију интелигентног софтверског система за дијагностику метаболичког синдрома.

На основу ових показатеља комисија даје **позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.**

Провера плагијаризма: софтвер *iThenticate* у библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Докторска дисертација је **написана у складу са образложењем** које је наведено у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација својим насловом, садржајем, избором тема, оригиналним резултатима истраживања, начином тумачења и применом тих резултата **садржи све битне елементе** који се захтевају за радове овакве врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Разматрајући целокупну материју поднете докторске дисертације кандидата Дарка Ивановића, **Комисија је закључила да она својим прилазом и тематским одређењем, представља новину у истраживањима у овој области.** Главни допринос докторске дисертације је у томе што детаљно приказује методологију израде интелигентног софтверског система који омогућава да се дијагноза метаболичког синдрома може предвидети у свакодневној клиничкој пракси.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација **нема недостатака** који би утицали на коначан резултат истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације кандидата **Дарка Ивановића**, под називом **Интелигентни софтверски систем за дијагностику метаболичког синдрома**, комисија предлаже:

- **да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана**

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Драган Иветић, ред. проф.

Др Душан Малбашки, ред. проф.

Др Едита Стокић, ред. проф.

Др Дубравко Ђулибрк, ванр. проф.

Др Александар Купусинац, ванр. проф.

Др Раде Дорословачки, ред. проф.