



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ -
СКОПЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИЧКИ НАУКИ
И КОМПЈУТЕРСКО ИНЖЕНЕРСТВО



м-р Елена Влаху-Ѓоргиевска

**КОЛАБОРАТИВЕН МОДЕЛ НА ИНФОРМАЦИСКИ
СИСТЕМ ЗА ЗДРАВСТВЕНА ЗАШТИТА**

- докторска дисертација -

Скопје, 2013 година

Ментор:

д-р Владимир Трајковиќ, вонреден професор,
ФИНКИ – Скопје

Комисија за оцена и одбрана:

1. Академик д-р Љупчо Коцарев, редовен професор, ФИНКИ – Скопје, претседател
2. д-р Владимир Трајковиќ, вонреден професор, ФИНКИ – Скопје, ментор
3. д-р Никола Јанкуловски, вонреден професор, Медицински факултет – Скопје, член
4. д-р Сузана Лошковска, редовен професор, ФИНКИ – Скопје, член
5. д-р Сашо Коцески, доцент, Факултет за информатика УГД – Штип, член

Датум на одбрана: 15.03.2013г.

Дисертацијата е од областа на
техничките науки

м-р Елена Влаху-Ѓоргиевска

Колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита

РЕЗИМЕ: Последните трендови во системите за поддршка на здравствената заштита се насочени кон развојот на кориснички околин и употреба на мобилните уреди и технологии во медицинскиот мониторинг и системите за здравствена заштита. Ова е од посебно значење за пациентите со хронични заболувања кои имаат потреба од 24 часовна медицинска нега.

Колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита, претставен во оваа докторска дисертација, овозможува мониторинг на здравствените параметри и физичките активности на корисникот. Предложениот модел користи социјална мрежа која овозможува комуникација меѓу корисници со иста или слична здравствена состојба и размена на нивните искуства. Овој модел создава можност за зголемување на здравствената заштита на корисниците во нивните домови, 24-часовен медицински мониторинг, од една страна, но и зголемен капацитет на здравствените институции од друга страна, што резултира со намалување на севкупните трошоци за корисниците и здравствените институции. Предложениот модел им помага на своите корисници да земат активно учество во својата здравствена заштита и нега, при тоа обезбедувајќи им активен живот во согласност со нивните секојдневни обврски на работа, со семејството и пријателите.

Алгоритамот за препораки, кој е дел од социјалната мрежа на предложениот модел, генерира препораки за корисниците насочувајќи ги кои физички активности да ги извршуваат со цел да ја подобрат својата здравствена состојба. Овие препораки се базираат на здравствената состојба на корисникот, претходно знаење изведено од здравствената историја на корисникот, како и знаење изведено од здравствените истории на корисниците со слични карактеристики.

Предложениот алгоритам за препораки се базира на зависноста меѓу вредностите на здравствените параметри (на пример: срцевите отчукувања, крвниот притисок, појава на аритмии) и физичките активности на корисникот (на пример: одење, трчање, возење велосипед). Основната идеја е да се открие кои физички активности влијаат на промената (подобрувањето) на вредноста на здравствените параметри. Оваа зависност понатаму се користи од страна на алгоритамот за препознавање на исти или слични здравствени ситуации во кои се наоѓа разгледуваниот или друг корисник со слични карактеристики. Ако има информации, во историјата на корисниците, дека по извршувањето на одредена физичка активност здравствената состојба на корисникот се подобрила, алгоритамот го прифаќа ова знаење и ја предлага оваа активност на други корисници со слични здравствени проблеми. На тој начин препораките на системот влијаат врз подобрувањето на здравствена состојба, а со тоа и подобрувањето на квалитетот на животот на корисникот.

Целта на оваа докторска дисертација, односно она што сакаме да го постигнеме со предложениот модел не е само мониторирање на состојбата на корисникот. Во голем дел придобивките од предложениот модел се градење на комплексни структури на

здравствени податоци кои понатаму би се користеле во дијагностицирањето, лекувањето и превенцијата од разни заболувања. Но, и поттикнување на корисниците да водат активен живот и со тоа да земат директно учество во грижата за сопственото здравје.

КЛУЧНИ

ЗБОРОВИ: информациски системи за здравствена заштита, социјални мрежи, мобилни апликации, колаборативни системи, алгоритми за препораки.

Elena Vlahu-Gjorgievska, M.Sc.

Collaborative Health Care System Model

ABSTRACT: Recent trends in health care support systems are focused on developing patient-centric pervasive environments and the use of mobile devices and technologies in medical monitoring and health care systems. This is of particular importance for patients with chronic diseases who require 24-hour medical care.

Collaborative health care system model, presented in this dissertation, allows monitoring of users' health parameters and his physical activities. The proposed model uses a social network that allows communication between users with same or similar condition and exchange of their experiences. This model creates an opportunity for increasing users health care within their homes, 24-hour medical monitoring, on the one hand, and increased capacity of health institutions on the other hand, resulting with reduction of overall costs for consumers and healthcare institutions. The proposed model helps its users to actively participate in their health care and prevention, thereby providing an active life in accordance with their daily responsibilities at work, family and friends.

Recommendation algorithm, which is part of the social network of the proposed model, gives to the users recommendations for performing a specific activity that will improve their health. These recommendations are based on the users' health condition, prior knowledge derived from users' health history, and the knowledge derived from the medical histories of users with similar characteristics.

The proposed recommendation algorithm is based on the dependence between the values of the health parameters (e.g. heart rate, blood pressure, arrhythmias) and the users' physical activities (e.g. walking, running, biking). The basic idea is to find out which physical activities affect change (improvement) of the value of health parameters. This dependence continues to be used by the algorithm to recognize the same or similar health situations found in another user with similar characteristics. If there is information in the users' history that after performing some physical activity their health condition has improved, the algorithm accepts this knowledge and proposes the activity to other users with similar health problems. Thus, this system recommendation affects on improving the health condition, thereby obtaining better life quality of the user.

The aim of this doctoral thesis, what we want to achieve with the proposed model, is not only monitoring the health condition of the user. To a great extent, the benefits of the proposed model are building complex structures of health data that would be used for diagnosis, treatment and prevention of various diseases. Last but not least, to encourage users to lead an active life and thus to participate directly in their own health care.

.

KEY WORDS: information systems for health care, social networks, mobile applications, collaborative systems, recommendation algorithms.

Докторската дисертација е изработена на Факултетот за информатички науки и компјутерско инженерство во Скопје, Р. Македонија.

Сакам да изразам посебна благодарност до менторот, вон. проф. д-р Владимир Трајковиќ, за неговише насоки, поттик, поддршка и залагање, како и за времето и вниманието кое ми го посвети при изработката на докторската дисертација.

Искрена благодарност до Игор Кулев, доц. д-р Сашо Коцески и Оливера Котевска за нивниот труд и придонес во текот на работата на докторската дисертација.

Содржина

Листа на слики.....	iii
Листа на табели	iv
1. Вовед	1
1.1 Мотивација за изработка на докторската дисертација	1
1.2 Придобивки од докторската дисертација.....	3
1.3 Структура на докторската дисертација	5
1.4 Листа на објавени трудови поврзани со докторската дисертација	6
2. Е-здравство	8
2.1 Дефинирање на поимот е-здравство	8
2.2 Принципи и цели на е-здравството	11
3. Преглед на досегашните истражувања во областа на здравствените информациски системи	17
3.1 Здравствени информациски системи	17
3.2 Поделба на здравствените информациски системи.....	21
3.3 Телесни сензорски мрежи.....	24
3.4 Здравствени инфромациски системи за медицинска дијаностика	25
3.5 Здравствени социјални мрежи	27
3.6 Мобилни здравствени информациски системи	30
3.7 Комплексни здравствени информациски системи	37
3.8 Компаративна анализа на предложениот модел и претходно опишаните здравствени информациски системи.....	42
4. Модел на колаборативен систем за здравствена заштита.....	45
4.1 Основни карактеристики на предложениот модел.....	45
4.2 Системски нивоа во предложениот модел	46
4.3 Архитектура на предложениот модел	49
4.4 Пример сценарија за предложениот модел	56
4.4.1 Сценарио број 1	56
4.4.2 Сценарио број 2	57
4.4.3 Сценарио број 3	58
4.4.4 Сценарио број 4	58
4.4.5 Сценарио број 5	59
4.5 Валидност на информациите во предложениот модел	59

4.6 Осврт кон сигурноста и приватноста на податоците во предложениот модел.....	61
5. Дизајн на алгоритмот за препораки во предложениот модел	65
5.1 Системи за препораки.....	65
5.2 Колаборативни техники за филтрирање.....	68
5.3 Алгоритми за класификација	73
5.4 Фази-дискретизација	79
5.5 Карактеристики и цели на алгоритмот за препораки во предложениот модел.....	82
5.6 Опис на алгоритмот за препораки во предложениот модел	85
6. Начини за оценка на ефективностa на предложениот колаборативен модел на систем за здравствена заштита	95
6.1 Предлог експеримент	95
6.1.1 Опис на фазите на експериментот	98
6.1.2 Очекувани резултати од анализата на податоците од експериментот.....	100
6.2 Симулациски резултати	102
7. Заклучок.....	116
Користена литература	120

Листа на слики

Слика 1 - Системски нивоа на предложениот модел	47
Слика 2 - Архитектура на предложениот модел	50
Слика 3 - Дијаграм на проток на податоци во предложениот модел	54
Слика 4 - Дијаграм на активности за сценарио број 1	57
Слика 5 - Дијаграм на активности за сценарио број 4	58
Слика 6 - Дијаграм за валидност на информациите во предложениот модел	59
Слика 7 - Невронска мрежа која врши класификација на корисници во три класи, врз основа на четири атрибути	76
Слика 8 - H1 ги одделува со мала маргина, H2 ги одделува со максимална маргина и H3 не ги одделува двете класи	77
Слика 9 - Нивоа на филтрирање во алгоритмот за препораки	84
Слика 10 – Фази-функции за дискретизација на вредноста на BMI на корисникот	87
Слика 11 – Фази-функции за дискретизација на возраста на корисникот	88
Слика 12 – Фази-функции за дискретизација на параметарот ниво на шеќер во крвта	88
Слика 13 – Фази-функции за дискретизација на активности	90
Слика 14 - Валидност на извршената активност врз исчитаната вредност на параметарот	92
Слика 15 - График на функција за позитивна активност	103
Слика 16 - График на функција за негативна активност	103
Слика 17 - График на промена на вредноста на параметарот во првата симулација	106
Слика 18 - График на промена на вредноста на параметарот во втората симулација	108
Слика 19 - График на промена на вредноста на параметарот во третата симулација	110

Листа на табели

Табела 1 - Тек на податоци во предложениот модел.....	55
Табела 2 - Предности и недостатоци на 5-те најкористени класификатори..	78
Табела 3 - Вредности за влијанието на активноста врз вредноста на параметарот во дадени временски моменти	104
Табела 4 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од првата симулација.....	107
Табела 5 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од втората симулација	108
Табела 6 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од третата симулација	110
Табела 7 - Процент на генерирани активности по вид (позитивни и негативни).....	113

1. Вовед

1.1 Мотивација за изработка на докторската дисертација

Усовршувањето на мобилната технологија, развојот на голем број мобилни апликации и користењето на веб технологијата придонесе нивната употребата да се прошири кон услужни сервиси за корисниците. Овие технологии овозможуваат сервиси кои покриваат широко подрачје на услуги - од најразлична забава до организирање на активности, управување со ресурси, пристап до банкарски сметки итн. Ваквиот развој на иновативните технологии го привлече вниманието и на здравствениот сектор. Денес многу истражувачи работат на проекти за примена на мобилните уреди и апликации и веб-сервисите во здравството и здравствената заштита.

Примената на иновативните технологии во здравствената заштита е од посебно значење за пациентите кај кои оваа технологија ќе им овозможи континуиран надзор на нивните здравствени параметри надвор од медицинските центри [1]. Низ литературата е доста присутна и можноста за пристап, анализа и дополнување на медицинските записи со помош на мобилните уреди од која било локација [2]. Дизајнот, развојот и евалвацијата на иновативните технологии во системите за превентивна здравствена заштита, од една страна им помагаат на граѓаните да бидат што повеќе инволвирани во својата здравствена нега и заштита [3], а од друга страна обезбедуваат флексибилност во животот на пациентот кој активно го живее своето секојдневие со својата работа, фамилија и пријателите [4]. Последните трендови во системите за поддршка на здравствената заштита се развој на кориснички околии, кои би биле замена за медицинските центри [5]. Ваквите системи им овозможуваат на медицинскиот персонал

навремена реакција при итни случаи, преглед, ажурирање и праќање на информации кон пациентите во било кое време од било кое место.

Но, иако главната карактеристика на мобилните и веб-сервисите е комуникацијата, која ја олеснува колаборацијата, многу од овие системи не ја земаат предвид колаборативната вредност што може да ја обезбедат со собирање на исти податоци од други корисници. Од друга страна пак, за разлика од претходно спроведените испитувања за влијанието на иновативната технологија врз подобрување на здравствената состојба, кои не даваа некои многу позитивни резултати, во денешно време таа состојба е значително изменета. Имено, резултатите кај скоро сите актуелни студии се доста позитивни во однос на подобрувањето на здравствената состојба на пациентите кои користат здравствени информациски системи за мониторинг и менаџирање на својата болест. Овие се дел од причините кои не поттикнаа да креираме колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита.

Моделот претставен во оваа докторска дисертација е комплексен здравствен информациски систем кој во себе интегрира повеќе компоненти: телесна сензорска мрежа (биомрежа), мобилна апликација, социјална мрежа, медицински системи, складишта на медицински податоци и дополнителни сервиси.

Во оваа докторска дисертација ќе се осврнеме на:

- *Истражување на примената на информациско-комуникациските технологии во здравството и здравствената заштита;
- *Компаративна анализа на повеќе здравствени информациски системи и нивна примена;
- *Анализа на некои колаборативни техники и алгоритми за класификација;
- *Развој на колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита;
- *Развој на алгоритам за препораки, како дел од предложениот модел;
- *Дефинирање на експеримент со кој би се оценила ефективноста на предложениот модел;

- *Обезбедување на симулациски резултати со кои би се потврдила ефективноста на предложениот модел.

1.2 Придобивки од докторската дисертација

Колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита, презентираан во оваа докторска дисертација, дава нова димензија во користењето на модерната технологија во здравството и здравствената заштита. Тој ги употребува мобилните уреди и апликации и социјалните мрежи со цел да обезбеди комуникација меѓу самите корисници, корисниците и здравствените работници и меѓу здравствените работници. Оваа комуникација ја овозможува размената на искуства на корисниците во смисол на физички активности, терапија и рехабилитација, преку користење на искуствата од активностите кои ги преземале други корисници. Во предложениот модел, комуникациските патеки меѓу пациенти со иста дијагноза може да се обезбедат директно или како статистички зборови групирани според некој индикатор.

Од целосното истражување и работа може да се заклучи дека основните придобивки на оваа докторска дисертација се:

- *Дефиниран колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита;
- *Дефиниран проток на податоци меѓу различните компоненти на предложениот модел;
- *Дефинирана категоризација на информациите во предложениот модел;
- *Дефинирани безбедносни критериуми значајни за приватноста и сигурноста на податоците во предложениот модел;
- *Селекција и опис на колаборативни техники и алгоритми за класификација кои треба да се користат во предложениот модел;
- *Дефиниран алгоритам за препораки;
- *Дефиниран експеримент за оценка на ефективност на предложениот модел;
- *Квалитативна анализа на симулациските резултати и заклучок за ефективност на предложениот модел.

Целта на предложениот модел не е само мониторирање на состојбата на корисникот. Предложениот модел овозможува градење на комплексни структури на здравствени податоци кои понатаму би се користеле во дијагностицирањето, лекувањето и превенцијата од разни заболувања. Покрај тоа, моделот овозможува директно вклучување на корисникот во грижата за своето здравје преку генерирање на персонализирани препораки базирани врз основа на моменталната и претходната здравствена состојба на корисникот, како и знаење (кое го поседува системот) за корисните физички активности на корисниците со слична здравствена состојба. Добивајќи препораки корисникот има можност да извршува активности кои директно ќе влијаат врз неговото здравје. Но, бидејќи одлуката за извршување на тие активности е негова, значи и одлуката за подобрување на неговото здравје е негова. На овој начин, предложениот модел овозможува корисникот да стане директен учесник во сопствената здравствена заштита.

Покрај ова, (генерално) придобивки од предложениот модел се: зголемена медицинска превенција, побрзо време на реагирање на медицинскиот персонал при итни повици, 24 часовен мониторинг на здравствената состојба на корисникот и извршените физички активности, можност за испраќање на различни известувања за корисниците, автоматска трансмисија на измерените здравствени параметри (крвен притисок, срцеви отчукувања) до медицинскиот персонал и зголемена флексибилност при собирањето на медицински податоци. Со овие придобивки моделот нуди можност за зголемена здравствена заштита на корисниците во нивните домови, а со тоа и зголемен медицински капацитет на здравствените институции. Тоа резултира со намалување на севкупните трошоци и на пациентите и на болниците.

Главната цел на предложениот модел е пред сè неговото користење да обезбеди подобрување на квалитетот на животот на корисниците.

1.3 Структура на докторската дисертација

Во **втората** глава, на оваа докторска дисертација, се зборува за влијанието и примената на информациско-комуникациските технологии (ИКТ) во здравството. Направен е осврт на разните дефиниции на поимот е-здравство и опфатени се главните принципи и цели на е-здравството кои всушност се и основната мотивација за креирање на предложениот модел на колаборативен систем за здравствена заштита.

Во **третата** глава даден е осврт на досегашните истражувања во областа на здравствените информациски системи (ЗИС), потенцирајќи ги нивните карактеристики и примена. Потоа е разгледана класификацијата на информациските системи кои се користат во здравството и здравствената заштита, почнувајќи од сензорски мрежи, до комплексни системи во кои се инкорпорирани различни здравствени услужни сервиси. На крај направена е компаративна анализа меѓу некои примери на здравствени информациски системи и моделот на колаборативен систем за здравствена заштита предложен во оваа докторска дисертација.

Во **четвртата** глава опфатени се основните карактеристики на колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита, предложен во оваа докторска дисертација. Објаснета е неговата организација и архитектура и дадени се и неколку пример сценарија со цел подобро да се претстави функционалноста на предложениот модел. Понатаму се прикажани дијаграмот на проток на податоци во системот, како и дијаграмот за валидност на истите. На крај е направен осврт на сигурноста и приватноста на податоците во предложениот модел.

Во **петтата** глава се разгледани системите за препораки и нивната примена. Анализирани се техниките за филтрирање, нивната поделба и предизвиците со кои се справуваат. Разгледани се алгоритмите за класификација, потенцирајќи ги нивните предности и недостатоци. Разгледани се и придобивките од примената на фази-дискретизацијата во предложениот модел.

На крај е обработен и претставен алгоритмот за препораки, имплементиран како веб-сервис во второто ниво (социјалната мрежа) на предложениот модел. Овој алгоритам генерира препораки за корисниците со

кои им сугерира кои физички активности да ги извршуваат со цел да го подобрат своето здравје.

Во **шестата** глава е опфатена валидацијата на моделот предложен во оваа докторска дисертација. Опишан е предлог експеримент преку кој ќе може да се оцени ефективността на предложениот модел. На крај се разгледани и анализирани резултатите добиени со примена на алгоритмот врз генерички податоци.

Заклучокот од оваа докторска дисертација, како и понатамошните насоки и работа на овој научен труд се дадени во **седмата** глава.

1.4 Листа на објавени трудови поврзани со докторската дисертација

Трудови во меѓународни списанија:

- [A1] Vlahu-Gjorgievska E., Trajkovic V. Personal Healthcare System Model using Collaborative filtering techniques. International Journal of Research and Innovation - Advances in Information Sciences and Service Sciences, vol 3, no 3, pp:64 – 74. 2011.
- [A2] Trajkovic V, Vlahu-Gjorgievska E, Kulev I. Use of collaboration techniques and classification algorithms in personal healthcare. Health and Technology, Springer Berlin/Heidelberg, vol 2, no 1, pp:43-55. 2012.
- [A3] Trajkovic V., Vlahu-Gjorgievska E., Kulev I., Koceski S. Providing collaborative algorithms support for personal health care. American Journal of Bioinformatics, vol 1, no 1, pp: 41-49. 2012.
- [A4] Kotevska O., Vlahu-Gjorgievska E., Trajkovic V., Koceski S. Towards a Patient-Centered Collaborative Health Care System Model. International Journal of Computer Theory and Engineering – IJCTE, vol 4, no 6, pp:1025-1029. 2012.
- [A5] Trajkovic V., Vlahu-Gjorgievska E., Kulev I. Use of fuzzy-discretization in COHESY recommendation algorithm. Journal of ambient intelligence and smart environments – JAISE (In review)
- [A6] Kulev I., Vlahu-Gjorgievska E, Trajkovic V., Koceski S. Development of a novel recommendation algorithm for collaborative health-care system model. Computer Science and Information Systems (In review)

Трудови на меѓународни конференции:

- [A7] Vlahu-Gjorgievska E., Trajkovic V. Towards Collaborative Health Care System Model – COHESY. In Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on a World of

Wireless, Mobile and Multimedia Networks, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp:1-6. 2011.

- [A8] Vlahu-Gjorgievska E., Kotevska O., Trajkovic V. Collaboration Model within Personal Healthcare System. In Proceedings of the 5th International Conference of Information systems and Grid technologies, Dimitrov V., Georgiev V. (eds), pp:133-141. 2011.
- [A9] Kotevska O., Vlahu-Gjorgievska E., Trajkovic V. Cohesy – Collaborative Health Care System Model. In proceedings of the 8th International Conference for Informatics and Information Technology, Bitola, Macedonia. 2011.
- [A10] Kulev I., Vlahu-Gjorgievska E, Koceski S., Trajkovic V. Collaborative system for prevention of increased blood sugar level. In proceedings of the 9th International Conference for Informatics and Information Technology, Bitola, Macedonia. 2012.

2. Е-здравство

Во оваа глава е опишано влијанието на информациско-комуникациските технологии (ИКТ) врз здравството. Ќе биде направен осврт кон разните дефиниции за поимот „е-здравство“, како еден од најкористените термини кога станува збор за поврзување на информатиката со здравството. Понатаму, ќе се зборува за примената на информациско-комуникациските технологии во здравството, како и придобивките од истите. На крај ќе бидат опфатени главните принципи и цели на е-здравството кои всушност се и целите на колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита предложен во оваа докторска дисертација.

2.1 Дефинирање на поимот е-здравство

Потребата од нови и иновативни технологии во здравствениот сектор стана неопходна кога обемот и сложеноста на здравствените информации и податоците од здравствените истражувања ја надминаа способноста за оптимално функционирање на здравствените работници без поддршка на алатки за управување со информации [6]. Се појави итна потреба за информациско-комуникациски алатки кои можат да собираат информации од повеќе извори и да дадат нов аспект на гледање на здравјето на човекот.

Информациско-комуникациските технологии овозможуваат да се премости растојанието и временските бариери во протокот на здравствени информации и знаења, обезбедувајќи сите да имаат пристап до информациите. Ваквиот пристап обезбедува знаењето на поединецот да придонесе кон ефикасно подобрување на здравјето на луѓето. Но, исто така, овој пристап помага колективното знаење ефикасно да ги реши здравствените проблеми како во одделни земји, така и на глобално ниво.

Огромни импликации врз здравството има и самата визија на новите информациско-комуникациски технологии (*engl. ubiquitous computing*). Овие технологии поддржуваат системи кои покрај чувањето на здравствени податоци нудат и услуги за постојано следење на здравствената состојба на пациентите и нивна комуникација со здравствените центри [7]. Ваквите системи овозможуваат идентификација на симптомите, лекарствата и други здравствени параметри кои директно се однесуваат на дадена здравствена ситуација преку пребарување низ големи количества на здравствени податоци и факти.

Во овој период на се поголема застапеност на информациско-комуникациските технологии во здравството се јавува поимот е-здравство (*engl. e-health*).

Пред 1999 година зборот е-здравство користен е како општ поим за опишување на се поврзано со компјутери и медицина. Поимот беше креиран во согласност со останатите термини како е-бизнис, е-маркетинг, е-решенија, со цел да се пренесат ветувањата и принципите од е-трговијата кон областа на здравството, односно да се отворат нови можности на користење на интернетот во областа на здравството. Првично, е-здравство како поим користен е од страна на индустриските лидери и маркетинг заедницата, а не од академската средина [8]. Голем дел од академската фела, сметше дека терминот е-здравство треба да остане во употреба само во бизнис и индустриската средина, а не и во научните полиња на истражување. Но, поимот пополека се прошири и низ научната литература, и денес, постојат многу научни списанија каде терминот е-здравство е дел од нивниот наслов.

Од страна на светската здравствена организација [9], поимот е-здравство е дефиниран како „комбинирана употреба на електронските комуникации и информатичката технологија во здравствениот сектор“. Додека, во австралиската национална стратегијата [10], поимот се базира на истата дефиниција додавајќи: „Во повеќе практична смисла, е-здравството е средство кое обезбедува вистинската здравствена информација да се пласира на вистинската личност, на вистинското место и во вистинско време, во една сигурна електронска форма заради оптимизирање на квалитетот и ефикасноста на здравствената заштита“.

Поимот е-здравство опфаќа повеќе од само технолошки развој. Затоа според Eysenbach [8] е-здравството може да се дефинира како: „Нова област која ги опфаќа медицинската информатика, јавното здравство и бизнисот, осврнувајќи се на здравствени сервиси и услуги доставени или подобрени преку интернет и новите технологии. Во поширока смисла, терминот не карактеризира само технички развој, туку, и начин на размислување, однос и посветеност за мрежно глобално размислување, со цел да се подобри здравствената заштита на локално, регионално и светско ниво преку користење на информациско комуникациски технологии“. Од една страна, оваа дефиниција е доволно широка да ги опфати промените на една динамична средина како што е интернетот. Од друга страна, става до знаење дека е-здравството е многу повеќе од интернет и медицина. Тоа опфаќа збир на различни концепти, вклучувајќи ги здравството, технологијата и трговијата.

Информациско-комуникациските технологии ја воведоа можноста и потенцијалот за напредување во светот на здравството и здравствената заштита. Според *Kwankam* [6], е-здравството денес го претставува третиот главен столб на здравствениот сектор (првиот столб – хемијата, доведе до развој на лекови во 19 век, додека вториот столб - физиката, во 20 век овозможи развој на системи за рендген слики и дијагноза и терапевтска опрема). Тоа претставува начин на држење чекор со брзиот раст на здравствено релевантни информации, како и поголема примена на нашето знаење, поединечно и колективно, за решавање на здравствените проблеми во светот [6].

Во повеќето дефиниции на терминот е-здравство, информациско-комуникациските технологии се претставени како средство за проширување, помагање или подобрување на човековите активности во насока на подобрување на неговото здравје [11]. Е-здравството овозможува подобрување на безбедноста, квалитетот и ефикасноста во грижата за пациентот преку обезбедување на пристап до електронските здравствени досиеја, поддршка на клиничката практика и менаџирање на услугите кои ги нуди, како и истражување и креирање политики врз основа на достапноста на соодветни податоци. Всушност е-здравството може да се земе како

комбиниран термин што ги опфаќа сите електронски информации и комуникација, обезбедена од страна на информациско-комуникациската технологија, кои се користат во здравствениот сектор за клинички, образовни, истражувачки и административни цели на локално ниво и на далечина.

2.2 Принципи и цели на е-здравството

Главниот принцип на е-здравството е дека информатиката и комуникациските технологии не треба да се користат само за да се подобри достапноста, ефикасноста, ефективноста и квалитетот на било кои процеси поврзани со здравствената заштита, медицинските центри и бизнисот. Една од главните примени е да се овозможи граѓаните да бидат директно инволвирани во сопствената здравствена заштита, обезбедувајќи информации кои ќе им помогнат во донесувањето на одлуки за сопственото здравје [12]. За ова да се постигне, потребна е поддршка од сите инволвирани страни во здравствениот менаџмент, олеснување на размената на податоци меѓу нив, поддршка во донесувањето на одлуки, и на крајот, обликување на здравството како одраз на целата заедница.

Е-здравството гради нови капацитети, како во смисла на индивидуална експертиза, така и во институционална способност. Традиционалните образовни методи се неадекватни да ги задоволат потребите на здравствениот сектор во многу земји, особено во земјите во развој. Со користење на информациско-комуникациските технологии се смени начинот на кој медицината се учи од страна на студентите и здравствените работници.

Важноста од превенција од хронични болести е значително голема ако се земе предвид старосната граница на населението, ограничениот капацитет на постојните системи за здравствена заштита, зголемувањето на барањата на постарата популација и континуираниот пораст на здравствените трошоци. Новиот пристап за намалување на хронично болните пациенти и превенцијата од хронични болести предвидува вклучување на пациентите и корисниците во здравствени активности како здрава исхрана и зголемена физичка активност, кои бараат постојана

промена на однесувањето. Истражувањата забележуваат дека превенцијата може да игра значајна улога во намалување на морбидитетот и морталитетот, додека животните навики на корисникот/пациентот може да бидат ефикасен начин да се спречи или да се контролира хронична болест [13]. Сепак, дури и во високо-квалитетни здравствени институции, советувањето и следењето одзема многу време и често е неможно за здравствените работници да ги следат своите пациенти на ригорозен и конзистентен начин. Во ваквите случаи е-здравството се појавува како можен начин кој нуди решенија за ограничениот капацитет на системот за здравствена заштита и менаџирање со интервенциите кај хроничните болести [14]. Е-здравството користи различни информатичко-комуникациски технологии како: интернет, лични дигитални асистенти, интерактивни компјутерски и мобилни системи со цел да се овозможи подобрување на здравјето и здравствената заштита. Тоа нуди начини и решенија кои се на дофат на целокупното население, вклучувајќи релативно ниски цени, приспособливост, временска ефикасност и капацитети кои обезбедуваат здравствена заштита прилагодена кон секоја индивидуа.

Користењето на современите информациско-комуникациски технологии, како интернетот и мобилните уреди, овозможуваат пристап до различни здравствени информации. На тој начин луѓето можат да побараат поддршка и совети од потенцијално милиони онлајн корисници и професионалци од целиот свет во секое време од денот. Користејќи ги овие информации тие може да го оценат ризикот по нивното здравје, да нарачаат лекови, да ја менаџираат својата хронична состојба, да одлучат за третман или режим кој би го користеле и да се консултираат за здравствени услуги без да го напуштат својот дом.

Спроведувањето и проширувањето на ваквите иницијативи се само дел од целите на е-здравството. Фокусот на информатичката технологија во здравството и здравствената заштита динамично се менува почнувајќи од хардвер, системски архитектури и бази на податоци, се до иновативни начини на употреба на технологија за олеснување на комуникацијата и донесувањето одлуки, испреплетено со важноста на човековите и организациските фактори. Паралелно со тоа, се менува јазикот на

информатичката технологија во здравствениот сектор и постојано се прошируваат препораките за концептот на е-здравство во меѓународната здравствена политика, менаџментот и истражувачките области [15].

Генерално, целите кон кои се стреми е-здравството, како и проблемите со кои се соочува и треба да ги реши се следните:

- * *Ефикасност* - Зголемување на ефикасноста во здравствената заштита и намалување на целокупните трошоци се дел од визиите на е-здравството. Еден од начините за намалување на трошоците е избегнување на дупли и непотребни дијагностички или терапевтски интервенции преку подобрени комуникациски можности меѓу здравствените институции и поголема инволвираност и учество на корисниците.
- * *Квалитет* - Слабиот квалитет на здравствените услуги е резултат на несоодветен третман или одложувања во барањето на соодветна здравствена заштита, нарушување на комуникацијата меѓу пациентот и здравствените работници и прекршување на приватноста и доверливоста. Обезбедување на квалитет во е-здравствените ресурси се постигнува со акредитација, сертификација, рејтинг системи, јавно откривање на клучните информации за некој сајт или производ и објавување на логоа за следење на стандарди за квалитет. Еден од начините за подобрување на квалитетот е и дозволување на споредби на услугите и можностите меѓу различни провајдери, вклучувајќи ги корисниците во оценката на квалитетот и насочувајќи ги кон провајдерите кои нудат најдобар квалитет.
- * *Приватност, доверливост и безбедност* - Нарушувањата на безбедноста и глобалните вируси, во последните години, го актуелизираа прашањето за компјутерска безбедност и онлајн податоците. Иако многу од пријавените нарушувања на безбедноста не се директно поврзани со здравствените податоци, сомнежот дека онлајн податоците од било кој вид се небезбедни сепак е присутен. Корисниците мора да се чувствуваат сигурни дека нивните здравствени информации нема да бидат достапни без нивна согласност и дека здравствените бази на податоци се безбедни. За да се постигне тоа од

големо значење е донесувањето и почитувањето на законите за доверливост и безбедност на лични податоци.

- * *Дигитален јаз* - Терминот „дигитален јаз“ најчесто се користи да се потенцира пристапот до компјутер и интернет на различните групи на население класифицирани преку приходот, образовното ниво, расна/етничка припадност, возраст, хендикеп, или други параметри. Сепак, инфраструктурата е само една димензија на дигиталниот јаз, во кој технологијата, компјутерите, компјутерската писменост и соодветната литература се клучни елементи. Едно од ветувањата на е-здравството е да се направи здравствената заштита подеднакво достапна за сите.
- * *Зајакнување на улогата на корисниците* - Со овозможувањето интернет пристап до медицински бази и здравствени електронски записи, е-здравството отвора нови можности за пристап на граѓаните до релевантни и квалификувани здравствени информации, пристап до соодветна здравствена заштита, следење на здравствената состојба во своите домови, како и меѓусебна поддршка преку социјални мрежи. На тој начин се поттикнува една нова врска меѓу корисникот и здравствениот персонал, каде одлуките се донесуваат преку заедничка дискусија и им се овозможува на корисниците (граѓаните) да преземат поголема контрола врз сопственото здравје.
- * *Едукација и работа на медицинските работници* - Е-здравството им овозможува на здравствените работници различни интернет извори, здравствени информативни курсеви и информации за здравствена превентива. Исто така, информациско-комуникациските технологии кои се користат во е-здравството им овозможуваат на здравствените работници подобро и поефикасно да ги организираат своите активности преку добивање на релевантни и навремени информации и новости; да дискутираат и споделуваат искуства едни со други преку (специјализирани) социјални мрежи; да се формираат тимови на здравствени работници кои координирајќи ги своите активности и споделувајќи го своето знаење за пациентите поефикасно ќе обезбедат колективна грижа и најдобра здравствена заштита за корисниците.

- * *Проширување на здравствената заштита* - Е-здравството нуди проширување на здравствената заштита надвор од своите конвенционални граници, како во географска смисла, така и во концептуална смисла. Тоа им овозможува на лицата кои живеат во рурални или изолирани средини да остварат специјалистички прегледи и да ја добијат потребната здравствена заштита без да патуваат во поразвиени средини, со што би го заштедиле своето време и пари. Постарите пациенти имаат можност да добијат соодветна и неопходна нега во своите домови, преку далечинско мониторирање на нивната здравствена состојба. Е-здравството им овозможува на корисниците лесно да добијат различни здравствени услуги од глобалните здравствени провајдери користејќи го интернетот. Овие услуги опфаќаат од едноставни совети до посложени интервенции, производи или лекови.
- * *Развој на податочни стандарди* - Интероперабилноста меѓу клиничките, лабораториските и јавните здравствени информациски системи соодветно поврзани со личните здравствени информации обезбедуваат можности за подобрување на здравјето на населението, обезбедување на дополнителни услуги и знаења. Меѓутоа, повеќето од тековните податочни системи имаат различни оперативни системи и платформи. За да се овозможи универзална размена на податоци и компатибилност на користениот софтвер, мора да се обезбедат и применуваат податочни стандарди, односно, да се овозможи размена на информации и комуникација меѓу здравствените институции на стандардизиран начин.
- * *Интеграција на различните сегменти во е-здравството* - Недостатокот на интеграција и комуникација меѓу областа на здравствената заштита, јавното здравство и персоналните здравствени податоци сеуште е еден од проблемите во е-здравството. Постои потреба за интеграција на различните функции и функционалности на алатките во е-здравството, вклучувајќи ги и здравствените информации и поддршка, електронските здравствени досиеја, клиничките и јавни здравствени информациски системи, програмите за менаџирање со

болести. Иако интернетот нуди можности за интегрирање на различни здравствено поврзани сектори, многу долгогодишни политички, економски, структурни и конкурентни бариери за соработка и интеграција се уште мора да се надминат.

- * *Персонализација* - Енормниот раст на информации достапни на интернет доведува до потреба за дизајнирање и развој на интелигентни системи способни за прилагодување на информациите за здравствена заштита пласирани на корисниците. Затоа треба да се искористи експанзијата на развој на информациските системи во насока на обезбедување на соодветни, навремени и релевантни здравствени информации и образование преку интернет или мобилните технологии.

Во оваа глава беа опфатени дефиницијата, принципите и целите на е-здравството. Придобивките кои ги нуди е-здравството беа претставени преку презентација на голем број иновативни решенија, кои ги користат информациско-комуникациските технологии, за наизглед нерешливите проблеми во здравството и здравствената заштита. Беше даден и краток осврт на бариерите како ограничувања на пристап, информатичка писменост, мерки за квалитет, кои ја спречуваат целосната имплементација на она што го нуди е-здравство. Имајќи ги предвид целите, може да се заклучи дека и покрај бариерите, е-здравството воспоставува мост меѓу клиничкиот и неклиничкиот сектор и вклучува средства за индивидуална и популистичка здравствена заштита.

3. Преглед на досегашните истражувања во областа на здравствените информациски системи

Преглед на досегашните истражувања во областа на здравствените информациски системи (ЗИС) ќе биде направен во оваа глава. Пред се ќе биде направен краток осврт на здравствените информациските системи и нивната примена. Потоа ќе биде направена класификација на информациските системи кои се користат во здравството. Понатаму ќе бидат опфатени информациски системи кои се користат во здравството и здравствената заштита, почнувајќи од сензорски мрежи, се до комплексни системи во кои се инкорпирани различни здравствени услужни сервиси. На крај ќе биде направена компаративна анализа меѓу некои примери на здравствени информациски системи и моделот на колаборативен систем за здравствена заштита предложен во оваа докторска дисертација.

3.1 Здравствени информациски системи

Брзото ширење на информациско-комуникациската технологија (компјутерите и информациските системи) доведе до значителна трансформација на јавното здравство и здравствената заштита, менувајќи го начинот на организација на здравствената заштита, здравствените потреби и услуги [16].

Здравството и здравствената заштита вклучуваат значително делење на информации меѓу болниците, медицинските приватни ординации, клиничките лаборатории и истражувачките центри. Да се обезбеди квалитетно здравство и здравствена заштита покрај потребата од медицински работници (доктори, медицински сестри) и пациенти (и нивни семејства) има потреба и од вистинска информација во право време со цел

да се донесат правилни одлуки [17]. Здравствените информации потребни за да се направат овие одлуки многу често се менуваат - насоките и клиничките докази постојано се развиваат, а се менува и знаењето за здравствената состојба на пациентот. Затоа се јавува потреба од алатки кои ќе овозможат размена, чување, интегрирање и ажурирање на овие битни информации. Новите иновативни технологии обезбедуваат нови начини за лесен пристап во користењето на здравствените информации од страна на здравствените институции и нивните пациенти; им овозможуваат на давателите на здравствени услуги да собираат, чуваат, користат и пренесуваат здравствени информации по електронски пат; може да се користат во дијагностицирањето, мониторирањето, и во лекувањето на пациентите.

Општо земено информатичката технологија нуди потенцијал за подобрување на квалитетот, безбедноста и ефикасноста на здравствената заштита преку обезбедување на побезбеден, подобар, порационален и подобро интегриран здравствен систем, како за граѓаните така и за медицинските работници [17]. Со тоа, здравствените работници би имале полесен пристап до медицинската евиденција и литература, пациентите би имале пристап до нивната медицинска евиденција или други здравствени информации, па и самата комуникација пациент-медицински работник значително би се подобрила.

Примената на информациско-комуникациските технологии во здравствениот сектор најчесто се реализира со имплементација на комплексни информациски системи. За време на планирањето и имплементацијата на информатичките решенија во здравствениот систем, посебно внимание треба да се обрати на интересите на пациентите, здравствените работници и јавноста. Основните принципи [18] на информатичко-комуникациските технологии во здравството и здравствената заштита се:

- * заштита на приватноста на личните и доверливи податоци,
- * ефикасност и корисност на здравствениот информациски систем,
- * промоција на оптимално користење на информации,
- * висок квалитет на здравствени информации.

Инкорпорирајќи ги овие принципи, здравствените информациски системи ја подобруваат ефикасноста, продуктивноста и квалитетот во работата на здравствените институции, ја оценуваат работата, го елиминираат повторувањето на податоци и овозможуваат сеопфатна употреба на здравствените податоци [19].

Медицинските грешки се скапи. Тие не само што го продолжуваат престојот на пациентот во болница, туку понекогаш се и причина за човечки загуби. На популистичко ниво, неуспехот да се контролираат болестите може да предизвика сериозни нарушувања на јавното здравје. Затоа, квалитетот на здравството и здравствената заштита внимателно се следи и извршува. Здравствените информациски системи придонесуваат во подобрувањето на квалитетот на здравството и здравствената заштита преку следење на грешките во различните фази на грижата и негата на пациентите [20]. Од друга страна, со се поголемата примена на информациските системи во здравството и здравствената заштита се јавува јасна потреба за евалвација на влијанието и оправданоста на нивното користење. Иако проценката за важни индикатори за евалвација е тешко да се направи, во [21] се потврдува дека сите информациски системи кои се применуваат во здравството позитивно влијаат врз подобрувањето на здравствената заштита на корисниците.

Во клима на зголемување на националните расходи за здравствена заштита здравствените информациски системи нудат намалување на трошоците за здравствена заштита, односно ветуваат ефикасност при намалени цени на услугите, преку ослободување на болничките ресурси и конкурентност.

Здравствените информациски системи во комбинација со интернетот се очекува: да придонесат во намалувањето на инциденцата на медицински грешки, да ја промовираат транспарентноста на цените и перформансите, да го подобрат квалитетот на здравствената заштита со зајакнување на врската меѓу пациентот и медицинскиот работник, да ги поттикнат пациентите да се фокусираат на сопствената здравствена заштита, како и да им овозможат на корисниците да учествуваат во трансформацијата на здравствениот систем.

Иако здравствените информациски системи може значително да ја подобрат грижата за пациентот, менаџирањето и администрацијата во здравствените институции, истражувањата, здравственото и медицинското образование, многу системи не успеваат да ги постигнат овие цели [22]. Една од причините за тоа е отежнатото прифаќање на информациските системи во здравството и здравствената заштита. Кај здравствените информациски системи технологијата се поврзува со човечките животи, па можеби тоа е една од причините за одбивноста која ја имаат учесниците во прифаќањето на оваа иновативна технологија [20]. Имено, често пати ова неприфаќање се должи на професионалните норми, односно лекарите првенствено се занимаваат со лекување на пациентот на свој најдобар начин и сметаат дека другите активности се административни иритации. Па, ако хиерархиски највисоките учесници имаат аверзија кон технолошките иновации, тоа многу лесно може да се пренесе врз останатите учесници. За да се избегне ова и информациските системи станат дел од здравствениот систем, тие мора да бидат прифатени од страна на сите учесници во здравството и здравствената заштита [17]. Затоа се сугерира сите учесници да земат активно учество во имплементацијата на информациските системи бидејќи нивната улога е од круцијално значење во процесот на прифаќање на здравствените информациски системи [23].

Друг проблем за неуспесите во имплементацијата и користењето на здравствените информациски системи е недостатокот од систематски размислувања за човечките и другите не-технолошки прашања во дизајнот и имплементацијата на системите. Проблемот е што во здравството луѓето се обучуваат да се прилагодат на лошо дизајнирана технологија, наместо да се дизајнира технологијата според потребите на луѓето. Неопходно за успешен развој на здравствените информациски системи е да се развијат специјални човек-ориентирани методи и техники за домените на здравствена заштита [24]. Дизајнот во кој човекот е во центарот на информатичката технологија е процес кој вклучува анализа, дизајн и евалвација. Да се развие ваков информациски систем прво треба да се разбере природата на проблемот, потоа да се анализира и на крај да се изврши оценување користејќи специјални критериуми.

3.2 Поделба на здравствените информациски системи

Здравствените информациски системи најчесто се колекција на програми и процедури кои овозможуваат внесување на податоци, складирање, ажурирање, како и користење на податоците за здравствената заштита и административните податоци за пациенти од страна на здравствените работници, здравствените институции и други институции поврзани со здравството и здравствената заштита. Според [25] информациските системи во здравството може да се користат:

- * во примарната здравствена заштита,
- * за амбулантски менаџмент,
- * за болнички менаџмент,
- * во јавните здравствени институции,
- * во аптеките,
- * за финансиски менаџмент на здравството и здравствена заштита,
- * во различни институции поврзани со здравствената заштита.

Често, сите овие информациски системи се делови на еден поопсежен интегриран информациски систем кој ги интегрира сите сегменти и процеси во здравството и здравствената заштита.

Една од целите на информациските системи за здравствена заштита, според светската здравствена организација, е да се направи здравствената заштита достапна на сите луѓе без оглед на географската локација или социо-економскиот статус [25]. Па, кога зборуваме за здравствени информациски системи всушност мислиме на системи кои ќе и помогнат на заедницата да се постигне таа цел. Затоа и покрај претходно спомената примена на информациските системи во здравството и здравствената заштита, денес, се градат и промовираат различни здравствени информациски системи чија основна цел е промовирање, подобрување и достапност на здравствената заштита.

Постојат различни поделби на информациските системи кои се користат во здравството и здравствената заштита. *Blaya et al.* [21] извршиле поделба на здравствените информациски системи во 8 категории:

- * *Електронски здравствени картони (записи)*: електронски записи на здравствени информации на пациентот кои може да бидат креирани, организирани и дополнувани од страна на здравствените работници.
- * *Лабораториски информациски системи*: системи за лабораториски активности и пријавување на резултатите на администраторите и медицинскиот персонал.
- * *Информациски системи за аптеки*: информациски системи кои се користат за нарачки, продажба и следење на лекови или нарачки на лекови.
- * *Информациски системи за регистрација и закажување на пациенти*: информациски системи кои се користат за следење и организација на движењето на пациентите во здравствените институции.
- * *Информациски системи за мониторирање и евалвација на здравствените параметри на пациентите*: информациски системи за известување и мониторинг на здравствениот статус на пациентите.
- * *Клинички системи за донесување на одлуки*: информациски системи наменети за подобрување на клиничките одлуки, во кои податоците за индивидуалните пациенти се сместени во база на знаење. Врз основа на оваа база на знаење специјализирани компјутерски алгоритми генерираат препораки за пациентите.
- * *Системи за потсетување на пациенти (алармни системи)*: информациски системи кои се користат за потсетување на пациентите да извршат одредена активност како посета на лекар, земање на лекарство итн.
- * *Системи за собирање на истражувачки податоци*: информациски системи кои се користат за собирање на податоци од различни локации, за чување и менаџирање на истите. Овие податоци понатаму се користат во истражувачки цели.

Во оваа поделба на *Blaya et al.* [21] не се категоризирани социјалните здравствени мрежи, кои денес се почесто се користат [34], [35], [36]. Но, тие се од интерес за оваа докторска дисертација бидејќи се инкорпорирани во предложениот модел. Затоа во понатамошниот текст здравствените

социјални мрежи ќе бидат разгледани како посебна категорија на здравствени информациски системи.

Мора да се напомене дека еден здравствен информациски систем не секогаш може да се класифицира во една категорија. Имено, со цел да се обезбеди што поголема функционалност, структурата на здравствените информациски системи станува покомплексна. Поради тоа одредени модули на здравствените информациски системи може да припаѓаат на некоја подкатегија, додека целиот систем може да припаѓа во две или повеќе од горенаведените категории.

Денес, се поактуелна е визијата за електронски здравствени записи (картони) преку кои ќе се обезбеди непречен проток и размена на податоците во здравството и здравствената заштита и ќе се овозможи сите релевантни податоци да бидат достапни за здравствените работници [26]. Овие електронски записи, како и електронската размена на податоци, се смета дека е основен предуслов во зголемувањето на квалитетот на здравствената нега и заштита. Со нивно користење не се јавува потреба за рачна обработка на податоците што го намалува ризикот од грешки и постои мал ризик од ненамерен пропуст или губење на податоците. Достапноста на дигитални податоци подразбира автоматски превод меѓу различни дигитални формати и обезбедува леснотија во преносот на податоците меѓу различни медиуми [27]. Исто така чувањето на податоците во еден сеопфатен електронски запис може да помогне и во намалувањето на трошоците за здравствена заштита. Она на што треба да се посвети внимание, кај овие електронски записи, е заштитата и сигурноста на податоците.

Во понатамошниот текст ќе бидат подетално разгледани примери на здравствени информациски системи кои се на некој начин поврзани или слични со моделот на информациски систем за здравствена заштита предложен во оваа докторска дисертација. На пример: електронските здравствени картони, лабораториските информациски системи, информациските системи за аптеки и информациските системи за регистрација и закажување на пациенти не се поврзани со предложениот модел и затоа понатаму нема да бидат разгледувани. Но, телесните сензорски мрежи, како подкатегија на информациските системи за

мониторирање и евалуација на здравствените параметри на пациентите, се директно поврзани со предложениот модел и во понатамошниот текст ќе бидат дадени неколку примери каде се користат овие мрежи. Покрај телесните сензорски мрежи ќе бидат разгледани примери на здравствени информациски системи за медицинска дијагностика, здравствени социјални мрежи, мобилни и комплексни здравствени информациски системи.

3.3 Телесни сензорски мрежи

Експанзијата и достапноста на високо пропусен опсег во комбинација со постојаното унапредување и минијатуризација на сензорските уреди и компјутери доведува до нови услуги и апликации кои влијаат на промената на секојдневниот живот на граѓаните. Една од областите каде овие нови технолошки предности имаат големо влијание е здравствената заштита. Денес граѓаните, пациенти или не, не само што имаат можност да добијат лекарска помош од далечина, тие исто така може да испратат од која било локација детални и прецизни сензорски мерења на здравствените параметри. Развојот на медицински сензори го поттикнува развојот на една нова комуникација меѓу пациентот и лекарот која е од витално значење во развојот на т.н. „сеприсутна медицинска нега“ (*engl. ubiquitous medical care*).

Според [28] телесните сензорски мрежи (*engl. body sensor network - BSN*) се дефинираат како збир на (интер)комуникациски уреди кои се носат на телото и обезбедуваат интегриран сет на персонализирани услуги за корисникот.

MobiHealth проектот [29] има развиено систем, базиран врз телесни сензорски мрежи, за следење на здравствените параметри на корисникот. Проектот развива и платформа за мобилни здравствени услуги (*engl. m-Health*) што се базира врз искористување на новата генерација безжични мрежи и мобилни уреди. Овој систем овозможува вклучување на различни медицински сензори преку безжични конекции и директен пренос на измерените здравствени параметри, преку јавните безжични мрежи, до центрите за здравствени услуги.

Потребата од квалитетни услуги во безжичното „е-здравство“ и „е-итни повици“ е дискутирана во [30]. Во овој труд се анализираат поголем број

проекти и нивниот квалитет на услуги за кои авторите *Gama et al.* оцениле дека се значајни и треба да се инкорпорираат во здравствените информациски системи. Првично во [30] се разгледува мониторингот на виталните знаци и се предлага подобрување на сензорската јазолна интелигенција, достапната меморија, моќта на процесирање и редуцирање на преоптовареноста на комуникациите во системот и потрошувачката на енергија на сензорската мрежа. Авторите нагласуваат дека мрежата мора да даде приоритет на преносот на критични податоци при ненадејни промени на здравствената состојба на корисникот, и токму заради тоа е многу битно да се разликуваат сите собрани информации. Распоживата енергија во сензорската мрежа е уште еден важен параметар, бидејќи, ако енергијата се троши нерационално мрежата набрзо може да стане сосем бескорисна. За моќта на батеријата да се зачува, авторите препорачуваат намалување на работниот интервал на сензорите при нормална здравствена состојба на корисникот или ако батерискиот полнеж се намали тогаш неговата енергија да биде резервирана за задачи од поголемо витално значење за корисникот. Со цел да се обезбеди превентивна и веродостојна помош на корисници со зголемен здравствен ризик, тие потенцираат дека системот мора да обезбеди квалитетна поддршка на услугите како што се загарантирана брзина на податоци, стабилност, квалитет на дигиталниот сигнал, минимално доцнење и загуби.

3.4 Здравствени информациски системи за медицинска дијагностика

Здравствените информациските системи често се користат и во медицинската дијагностика помагајќи им на здравствените работници во процесот на донесување на одлуки.

AMPLIA [31] е интелигентна повеќе-агентна средина за поддршка на дијагностичкото расудување и моделирање на дијагностички хипотези во комплексни области како што е медицината. *Boff et al.* во [31] го разгледуваат колаборативното учење во медицински домен, фокусирајќи се на евалвација на компонента на *AMPLIA* за промовирање на соработката во учењето.

Системот *AMPLIA* е насочен кон поддршка на клиничкото расудување на студентите по медицина. Тој има вградена баесова мрежа како интелигентна е-колаборативна алатка која обезбедува создавање на виртуелни работни групи за колаборативно решавање на задачи. Во системот се внесуваат профили на студенти кои понатаму се анализирани од страна на *AMPLIA* и со помош на социјални софтверски агенти се предлагаат колаборативни групи од неколку студенти. Потоа, на секоја група и се доделува даден проблем за дијагностицирање. Во одреден временски период членовите меѓусебно контактираат и се надополнуваат се додека не дојдат до конечно решение на проблемот.

Barakat et al. [32] предлагаат нов хибриден модел за медицинска дијагностика во кој се интегрирани три различни техники на податочно рударење и машинско учење. За собирање на примероци и креирање на моделот авторите користат надгледувани и ненадгледувани алгоритми за учење. Додека, валидацијата на моделот ја прават со множества на реални податоци за предвидување на дијабетес од тип2. Конкретно, во моделот предложен во [32] се користат машини со носечки вектори за дијагноза и предвидување на дијабетес и компонента за генерирање на правила.

Значењето на овој пристап е во неговата едноставност, разбирливост и валидност. Правилата генерирани од страна на системот се од голема помош во случаи каде едноставните мерења може да се користат само за скрининг, со што се нуди поголема можност за навремена и соодветна интервенција, а со тоа и намалување на можноста за компликации. Генерираните правила, исто така, може да помогнат и во откривањето на недијагностицирани пациенти.

Добиените експериментални резултати прикажани во [32] покажуваат дека предложената техника го предвидува дијабетесот со висок степен на точност и специфичност во однос на другите техники кои работат на слични проблеми. Покрај овие експериментални резултати, слични резултати од овој модел се прикажани и во други медицински студии со што може да се потврди дека дијагностичките критериуми генерирани (научени) од страна на овој модел се валидни и од медицински аспект.

Проектот *SAPHIRE* претставен во [33] развива повеќе-агентен систем, базиран на семантичка инфраструктура, за мониторинг на хронично болни лица и донесување на клинички одлуки за истите. Системот овозможува имплементирање и спроведување на неа во различни средини вклучувајќи повеќе здравствени институции со хетерогени информациски системи. Со цел да се гарантира успешна клиничка одлука на системот, треба да се обезбедат неколку дополнителни надворешни сервиси: мониторирање на здравствените параметри на корисникот преку бежични телесни сензорски мрежи; пристап до електронските медицински записи на корисникот и пристап до системите на различни здравствени институции.

Системот претставен во [33] има за цел да обезбеди стандардизација во процесот на неа на пациентите. Да овозможи намалување на трошоците на здравствена заштита без притоа да се занемарат пациентите, намалување на процентот на човечки грешки во медицинските институции и да обезбеди податоци за медицинска анализа и обука.

3.5 Здравствени социјални мрежи

Социјалните мрежи може да бидат алатки за информирање за најновите истражувања во медицината, место за размена на искуства и мислења, и начин за промоција на стратегиите на здравството и здравствената заштита. Всушност, тие веќе се користат да ја поддржат промената на начинот на живот кај корисниците поттикнувајќи ги да водат здрав живот, едуцирајќи ги за одредени третмани, овозможувајќи им на своите корисници полесен пристап до потребните информации.

Во трудот на *Chorbev et al.* [34] претставена е виртуелна заедница за поддршка на луѓето со дијабетес, која промовира услуги поддржани со различни комуникациски алатки и начини за лесен пристап до информации. За креирање на предложената виртуелна заедница авторите имаат развиено посебна здравствена социјална мрежа. Здравствената социјална мрежа обезбедува методи за далечинско учење, можности за создавање на виртуелни групи за помош и самостојна заштита, форуми за дискусија, пациент-специјалист комуникација. Можноста што им ја нуди оваа социјална мрежа на корисниците, добивање на информации и воспоставување на

меѓусебна комуникација, ја зголемува независноста на луѓето со дијабетес и нивната самоорганизација, ја поттикнува нивната самостојна грижа и го збогатува нивното медицинско знаење. На овој начин социјалната мрежа учествува во подобрувањето на здравствената состојба на корисниците олеснувајќи ги и правејќи ги попродуктивни нивните секојдневни активности и подобрувајќи ја нивната комуникација со други пациенти со слични дијагнози. Корисниците на предложената здравствена социјална мрежа имаат пристап насекаде и во секое време до виртуелните простории за разговор, групните состаноци и консултации. Користејќи мобилни уреди, овие услуги се достапни и во движење. Медицинскиот персонал е присутен кај оваа здравствена социјална мрежа со цел да ги потврди податоците и да ја зајакне довербата во мрежата преку одржување на квалитетот на обезбедените информации. Основна цел на оваа здравствена социјална мрежа е да го подобри квалитетот на живот на нејзините корисници и да ја олесни размената на информации поврзани со здравјето и здравствената заштита.

MyHealthEducator [35] е нов пристап кој обезбедува услуги за препорачување на персонални здравствени информации прилагодени според потребите на корисниците. *MyHealthEducator* се состои од три компоненти: складиште за кориснички профили (во кое се чуваат информациите за корисниците), здравствено складиште (со метаподатоци за едукативните ресурси) и алатка за генерирање на препораки. Алатката за генерирање на препораки е хибриден систем за препораки базиран на анализата за семантичката структура на корисничките модели и едукативните ресурси и колаборативни техники.

MyHealthEducator прво генерира непречистена листа на едукативни ресурси. Оваа непречистена листа ја генерира со анализа на семантичката сличност меѓу корисникот и моделите на ресурси. Пречистувањето на листата понатаму се прави со користење на колаборативни техники.

Главна карактеристика на овој пристап, претставен во [35], е приспособливоста кон промените во едукативните ресурси и податоците за корисникот, со што на корисникот му се нудат информации и ресурси прилагодени според неговите потреби.

Медицина 2.0 [36] е тренд на споделување на здравствено-поврзани искуства и податоци со голема група на корисници и професионалци. Нејзината основна цел е искористување на заедничките познавања во корист на постигнување на ново знаење. Медицина 2.0 се дефинира како веб-базирани услуги за здравствена заштита на корисниците, пациентите, здравствените работници и биомедицинските истражувачи, со користење на алатките како веб 2.0, семантички веб и виртуелната реалност. Овие услуги овозможуваат да се олесни социјалното вмрежување, учеството, соработката и отвореноста меѓу различни кориснички групи. Посебно значење за медицина 2.0 имаат веб 2.0 апликациите бидејќи токму тие придонесуваат кон заедничка работа на географски дисперзирани групи на луѓе со заеднички интереси. Но, често кај овие повеќејазични виртуелни средини се јавува проблем во разбирањето заради користење на различни јазици.

MORMED (Multilingual Organic Information Management in the Medical Domain) [36] е истражувачки проект кој развива повеќејазични социјални мрежи и платформа за управување со содржини. Овој проект ја поддржува потребата за социјално вмрежување, учество, соработка и отвореност во духот на медицина 2.0.

MORMED овозможува учеството на сите корисници без оглед на нивното образование, професија или познавање на странски јазик. Ова го постигнува користејќи ја интуитивноста и употребливоста на веб 2.0 апликациите, дополнително искористувајќи ги семантичките технологии за „интелигентна“ обработка на информации и инкорпорирајќи ја во својата платформа можноста која ја нудат сервисите за автоматско преведување. *MORMED* користи механизми што ќе им овозможат на корисниците да ја добијат бараната информација. Употребата на техники за препорака, ја дополнува ефикасноста на *MORMED* со препорачување на дополнителни релевантни содржини на своите корисници, избрани врз основа на нивните профили.

Претставената *MORMED* развојна платформа е насочена кон промовирање на онлајн соработка и собирање на знаење во рамките на виртуелните заедници, премостувајќи ги географските и јазични бариери.

Користејќи технологии кои овозможуваат машински превод и пост-уредување од страна на човечки експерти, се овозможува содржините на оваа платформа да бидат преведени и достапни на повеќе јазици. На тој начин овој проект ги поддржува виртуелните заедници заинтересирани за третман на ретки болести, овозможувајќи ефикасна онлајн соработка и користење на содржини во повеќејазична средина.

3.6 Мобилни здравствени информациски системи

Многу пациенти имаат потешкотии во почитувањето и истрајноста на долготрајните третмани. Како причина за тоа најчесто се наведува заборавувањето. Други пациенти имаат потреба од мониторинг на нивната здравствена состојба и добивање на препораки за лековите кои треба да ги земат или посетата која треба да ја обават кај својот лекар. Со иновативната технологија што ја имаме на располагање и се поголемата употреба на мобилните телефони, ваквите проблеми добиваат трајни решенија. Концептот на мобилна здравствена заштита подразбира надминување на ограничувања во здравството и здравствената заштита и обезбедување на нормален секојдневен живот, посебно на хронично болните пациенти, со обезбеден мониторинг на нивните здравствени параметри.

Понатаму во текстот ќе бидат наведени различни примери на здравствени информациски системи кои се користат за автоматско испраќање на пораки до корисниците и мониторинг на здравствени сигнали на пациентите во здравствените институции и надвор од нив.

Jung & Hinze [37] предлагаат концепт на мобилен систем за поддршка на пациентите со хронични заболувања. Овој систем овозможува следење на здравјето на пациентот и известување на медицинскиот персонал ако е потребна итна интервенција. Основната цел на системот предложен во [37] е активно вклучување на пациентот во сопствениот третман и ослободување на медицинските работници од бирократски работи, што доведува до подобрување на севкупните резултати на здравствениот третман.

Системот, предложен од страна на *Jung & Hinze*, користи мобилен алармен систем кој им сигнализира на корисниците кога се наоѓаат во одредени ситуации. Овие ситуации се претходно дефинирани (во системот)

од страна на медицинскиот персонал со помош на т.н. профили. Дополнително, системот ги потсетува пациентите за: земање на соодветни лекови во точно време, закажани лекарски посети или негативни ефекти на одредени лекови. Предноста на овој систем е и во автоматското префрлање на внесените здравствени параметри за корисникот (крвен притисок, ниво на шеќер во крвта) во неговиот електронски здравствен картон.

Информацискиот систем предложен од страна на *Jung & Hinze* може да им помогне на пациентите со хронични заболувања како што се дијабетес, хронична срцева слабост или кардиоваскуларни болести. Системот, генерално, може да го користат лица кои треба често да обавуваат медицински прегледи, лица кои се под стрес и притисок па им е потребен секојдневен надзор на нивната здравствена состојба, како и лица кои се занимаваат со екстремни спортови за следење на нивните здравствени параметри.

Хипертензијата и аритмијата се хронични болести кои може ефективно да се спречат и контролираат само ако здравствените параметри на пациентот постојано се следат. Притоа потребна е здравствена едукација и целосна професионална медицинска поддршка. *Lee et al.* [38] предлагаат систем кој го обезбедува тоа. Во нивниот труд [38] претставен е интелигентен мобилен информациски систем за здравствена заштита со механизам за предупредување. Овој систем ги вклучува пациентите, медицинските работници и медицинските институции, а ја користи предноста на мобилните уреди и „Bluetooth“¹ како платформа за процесирање на физиолошките сигнали. Со цел да се подобри квалитетот на здравствената заштита, а со тоа да се зголеми и бројот на пациенти кои ќе ги користат здравствените услуги на системот, системската платформа е проширена со механизам за предупредување или алармен систем.

Предложениот мобилен систем во [38] главно е насочен кон пациентите со хронични болести. Овие пациенти, кога нивната состојба е стабилна, можат да се грижат за своето здравје, а со помош на мобилниот систем добиваат дополнителна поддршка преку мониторирање на нивните

¹ Bluetooth е бежична технологија за брз и едноставен пренос на податоци и глас на мали растојанија до 10 метри.

здравствени параметри и витални функции. Кога здравствената состојба на пациентите станува нестабилна, односно има големи промени во исчитувањата на нивните здравствени параметри и витални функции, предложениот систем може автоматски да ги информира здравствените работници и на тој начин да им обезбеди медицински и здравствени услуги на своите корисници.

Генерално, системот предложен во [38] се состои од три компоненти: медицински сервер, мобилен уред и уреди за исчитување на здравствени параметри. Ваквата компонентарност (поделеност) на системската архитектура овозможува едноставност во хардверскиот дизајн, висока флексибилност на архитектурата и можност за проширување на функциите на системот. Предупредувачкиот механизам на системот поддржува различни нивоа на итност и различни приоритети во однос на медицинскиот персонал. На тој начин обезбедува автоматска нотификација на вистинската личност во вистинско време што доведува до заштеда на медицинските ресурси без при тоа да е занемарена здравствената нега на пациентот.

Персоналната здравствена заштита дава можност да се постигне проактивен третман со чија помош проблемите можат да се решат и да се спречат во што е можно порана фаза. Со таа цел е развиен системот *MediNet* [39] кој го персонализира процесот на здравствена заштита кај луѓето со дијабетес и кардиоваскуларни болести користејќи ја мобилната технологија за праќање на персонализирани пораки до корисниците. Предложениот систем нуди персонализација на две нивоа. Кај првото ниво персонализацијата се прави врз основа на група пациенти кои имаат иста болест и заеднички карактеристики, додека второто ниво се базира на карактеристиките кои се специфични за одреден пациент.

Архитектурата на *MediNet* е составена од компоненти со кои се постигнуваат четири различни функционалности: собирање и чување на податоци, донесување на одлуки, предупредување (известување и одговор) и известување. Кај *MediNet*, софтверот на мобилниот телефон на пациентот ги презема мерењата од сензорите со помош на „USB“² или *Bluetooth* врска.

² USB (engl. *Universal Serial Bus*) е надворешен приклучок за брзо и едноставно поврзување на разни периферни уреди.

Преземените податоци потоа ги пренесува од телефонот на веб серверот преку „GPRS“³. На веб серверот сензорските читања се комбинираат со претходните исчитувања и здравствената историја на пациентот и истите се испраќаат до модулот за донесување на одлуки. Модулот за донесување на одлуки ги користи внесените информации за генерирање на персонални пораки и активности кои се соодветни за пациентот во дадениот момент. Пораките се форматираат според неколку различни видови на форми и структури во зависност од потребата.

Системот *MediNet* се обидува да ги персонализира информациите презентирани на пациентот врз основа на профилот на пациентот, локацијата, како и содржината и целите на медицинскиот третман. Вклучувањето на персонализацијата како важен аспект во процесот на медицинскиот третман е предноста на *MediNet* во однос на останатите системи.

Следењето и лекувањето на пациентите со хипертензија, зависи од нивната медицинска историја и секојдневното варирање на крвниот притисок. Како резултат на тоа, следењето и бележењето на вредностите на крвниот притисок се основни параметри за стабилната состојба на овие пациенти. Сервисот предложен од страна на *Shim et al.* [40] генерира известувањата врз основа исчитаните мерења на крвниот притисок и претходната медицинска историја на пациентот. Користејќи го овој сервис пациентите можат да ги проверат своите здравствени параметри како систолен крвен притисок, дијастолен крвен притисок и пулс на дневна основа. Врз основа на овие параметри, пациентите дополнително може да добијат соодветен опис на нивната моментална здравствената состојба преку персонализирана порака.

Сервисот за праќање на персонализирани пораки и известувања на пациенти со хипертензија, претставен во [40], има две предности. Прво, сервисот обезбедува преглед на долгорочни мерени промени на крвниот притисок за секој пациент. И второ, нуди персонализирани пораки во зависност од здравствената состојба и карактеристиките на пациентот.

³ GPRS (engl. *General Packet Radio Service*) е пакетски ориентиран сервис за пренесување на податоци од/до мобилни уреди.

Прегледот на литература изработен од страна на *Vervloet et al.* [41] содржи истражувачки резултати за ефективноста на електронските потсетници во придржувањето на пациентите со хронични болести кон својата терапијата. Во различните студии како електронски потсетници се јавуваат кратки пораки (испратени на преку мобилен телефон), аудио/визуелни потсетници и потсетници доставени преку пејџери. Групирани според видот на електронски потсетници, овој преглед потенцира дека кратките пораките можат да бидат ефективни во придржување на пациентите кон терапијата, но во краток рок, додека долгорочните ефекти од ваквите потсетници остануваат нејасни. Но сепак, новите технологии овозможуваат различни прилагодувања на потсетниците како времето кога да се пратат (само кога е потребно), содржината (персонализирани пораки) итн. Овие иновации нудат нови начини и можности кои би ги поттикнале пациентите да се придржуваат кон терапијата на долгорочен рок.

Авторите *Cortellese et al.* во својот труд [42] претставуваат два различни пристапи (статичко и динамичко кластерирање) за генерирање на персонализирани стратегии и сервиси. Презентираното можно сценарио опишува услуга за поддршка на физичката активност на корисникот. Односно, корисникот (со дијагностициран дијабетес) добива мотивациски повратни информации како да ги подобри своите перформанси. Мотивациските пораки се испраќаат со цел да ги мотивираат пациентите да ги подобрат своите физички активности. Вториот пристап (динамичен кластери) е да се примени избор - која порака да биде испратена на корисникот. Препоставката на авторите е дека, ако мотивациската порака е „успешна“, тогаш треба да се очекува подобрување на активноста на пациентот. Функцијата за успешност е утврдена врз основа на резултатите од физичката активност (на пример пешачење), измерено како процент на остварување на целта ден по пратената препорака. Во овој пристап две сервисни услуги за препорака се на располагање: на пациентот ќе му бидат пратени пораки слични на оние кои кај него дале добри резултати во минатото или на пациентот ќе му бидат пратени пораки кои во минатото дале добри резултати кај корисници со слични карактеристики како него.

Постојат и студии кои го испитуваат мислењето на пациентите околу тоа што тие сакаат и очекуваат од информациските системи во здравството. *King et al.* [43] во својот труд го испитуваат мислењето на пациентите со дијабетес. Нивното истражување се однесува на делот на апликации и технологии за менаџирање со болеста. Резултатите од истражувањето покажуваат дека пациентите се заинтересирани за користење на вакви апликации како средство за самостојна нега. Но, испитаниците нагласуваат дека не е доволно да добиваат само извештај за мерените здравствени параметри, туку се јавува потреба и за медицинско толкување на измерените параметри. Тие нагласуваат дека ваквите апликации и технологии треба дополнително да обезбедуваат едукативни материјали, диететски дневници и дополнителни препораки за подобро менаџирање на нивната здравствена состојба.

Cafazzo et al. [44] го разгледуваат влијанието на мобилните апликации за менаџмент на дијабетес врз здравствената состојба на пациентите со дијабетес од тип1. За таа цел тие имаат развиено мобилна апликација наречена „*mHealth diabetes*“. Истражувањето на *Cafazzo et al.* за влијанието на оваа апликација врз менаџирање со болеста е извршено преку интервјуирање на адолесценти со дијабетес од тип 1 кои одреден временски период ја користеле апликацијата.

Според резултатите добиени од истражувањето во [44], примената на предложената апликација за мониторинг на нивото на шеќер во крвта кај луѓе со дијабетес ги поттикнува корисниците почесто да го мерат нивото на шеќер во крвта. Тоа зачестено мерење влијае врз самоконтролата на корисниците и ги поттикнува повеќе да внимаваат на исхраната и начинот на живот. Таа самоконтрола пак, доведува до намалување на нивото на шеќер во крвта, односно до подобрување на нивната здравствена состојба. Иако неможе во целост да се генерализираат резултатите добиени од ова истражување, тие укажуваат дека употребата на мобилни апликации во процесот на менаџирање на дијабетес доведува до подобрување во однесувањето и справувањето со болеста кај адолесцентите со дијабетес од тип1.

Истражувањата на *Seto et al.* во [45] се однесуваат на испитување на ефектите од мобилни системи за телемониторинг врз подобрувањето на

здравствените параметри кај луѓето со срцеви заболувања. За целите на ова истражување авторите имаат креирано мобилен систем за телемониторинг.

Во текот на експериментот, кој го изведуваат *Seto et al.*, испитаниците дневно ја мерат својата тежина и крвен притисок и одговараат на прашања поврзани со симптомите кои ги чувствуваат, а еднаш неделно прават ЕКГ (електрокардиограм). Системот овозможува исчитаните здравствени параметри преку безжична врска да се вчитаат во мобилната апликација и потоа преку мобилниот телефон да се препратат на медицински сервер. Инструкциите за пациентите се испраќаат на мобилните телефони на пациентите, а кога има потреба се испраќа предупредувачка порака на мобилниот телефон на кардиологот.

Резултатите од истражувањето во [45] покажуваат дека користењето на мобилен систем за телемониторинг доведува до подобрување на квалитетот на живот на пациентите преку подобрување на нивните здравствени параметри и нивната грижа за себе. Клучна компонента за успешен телемониторинг, според авторите на овој труд, е испраќање на брз одговор кон пациентите (без разлика дали тоа ќе биде во вид на порака од системот или препорака од докторот) во случаи кога има потенцијално нарушување на нивните здравствени параметри. Во некои истражувања испитаниците често имаат забелешки околу проблемите и бариерите кои ги имаат во користењето на мобилни уреди. Но, според резултатите на ова истражување користењето на ваков мобилен систем не претставува никаква пречка за корисниците вклучувајќи ги и постарите лица кои се без искуство со мобилни телефони.

Истите автори, *Seto et al.*, во [46] пишуваат за ефектите од мобилните системи за телемониторинг врз самостојната грижа на пациентите и клиничкиот менаџмент, како и за карактеристиките кои треба да ги поседува еден ваков систем за да обезбеди подобри перформанси односно поголема ефективност.

Според ова истражување на *Seto et al.* [46], телемониторинг системот ја подобрува самостојната грижа на пациентот преку давање на инструкции во вистинско време и давање на совети за посоодветен начин на живот. На овој начин пациентите се чувствуваат посвесни за својата здравствена состојба,

помалку вознемирени и поохрабрани. Од страна на лекарите, пак, секојдневното мониторирање на здравствените параметри им овозможува поефективно менаџирање со болеста на пациентите, дополнителни податоци кои им помагаат во донесувањето на одлуки и предупредувања уште во раните фази на влошување на состојбата на пациентите.

Според истражувањата во [46] карактеристики кои се од суштинско значење за успехот на мобилните системи за телемониторинг кај лица со срцеви заболувања се: (1) непосредни повратни информации за самостојната грижа на пациентот, (2) непосредни повратни клинички информации, (3) овозможување на едноставност во користењето на системот (обезбедување на лесни за користење и брзи системи), и (4) согледување на предностите на телемониторинг системите во подолг временски период на мониторинг.

3.7 Комплексни здравствени информациски системи

Голем дел на здравствени информациски системи нудат поголем број на сервиси и услуги за своите корисници, односно, претставуваат комплексни системи составени од повеќе модули.

Во трудот на *Shopov et al.* [47] се изнесува детален преглед на градбените блокови и моделите на архитектура кај веб-базираните персонални здравствени системи (*engl. Web-based Personal Health Systems*). Авторите разликуваат неколку главни блокови: телесни сензорски мрежи, персонален сервер (*engl. personal server*), складишта на податоци, медицински сервер и медицински веб-портал. Компонентата персонален сервер е слична на досега опишаните мобилни апликации. Таа може да изврши логично размислување и да ја одреди здравствената состојба на корисникот врз основа на добиените податоци од сензорската мрежа, како и да достави повратни информации преку кориснички интерактивен интерфејс во графички или аудио формат.

MobiCare [48] е далечински безжичен систем за мониторинг на корисници кој овозможува подобри здравствени услуги. Овој систем се состои од три значајни блокови на изградба: сензорска мрежа составена од телесни сензори и актуатори, клиент и сервер. Клиентот ја поврзува мрежата

со широко-појасниот комуникациски интерфејс со користење на мобилна безжична врска, а серверот претставува сервис за спроведување на потребните здравствени функционалности. Системот му овозможува на медицинскиот персонал навремено да пристапи, прегледа, ажурира и испрати информации до корисниците каде и да се, кога и да посакаат. Користењето на овој систем може да доведе до значителни придобивки од економски аспект и заштеда на трошоците како на корисниците, така и на здравствените центри.

Сличен систем кој овозможува далечински мониторинг и следење на корисниците е *Personal Care Connect* [49]. *Personal Care Connect* го опфаќа поврзувањето и комуникацијата меѓу корисникот (со биомедицински уреди), центарот за собирање податоци, медицинскиот сервер и медицинскиот персонал. Основната предност на *Personal Care Connect* е неговата стандардно-базирана (клиент и сервер) отворена платформа која комуницира со широк спектар на биомедицински уреди и сензори, ги чува податоците во складиштето на серверот и ги прави достапни на апликации преку документиран „API“⁴. Тоа им овозможува на програмерите на здравствениот информациски систем да имаат еден унифициран поглед во однос на широкиот спектар на медицинските сензорски податоци, а при тоа да не мора да знаат како да го поврзат нивниот систем на секој нов уред што се појавува на пазарот.

Mileo et al. [50] презентираат систем за мониторирање на здравствени параметри. Овој систем, наречен *SINDI*, е опремен со сензорска мрежа и алатка за носење на одлуки (*engl. non-monotonic reasoning engine*). Предложениот систем, преку безжична сензорска мрежа, собира податоци за корисникот и неговото опкружување. Комбинирајќи ги податоците собрани од различни извори, системот ја интерпретира еволуцијата на здравствената состојба на пациентот и предвидува промени кои може да доведат до ризични здравствени состојби на пациентот. Системот ги предвидува овие промени преку графички-базиран компјутерски модел кој содржи медицински знаења и клинички профил на пациентот. Во овој систем, резултатите од

⁴ API (*engl. Application Programming Interface*) е збир на правила, спецификации и рутини кои ги дефинираат начините на кои апликациите може да комуницираат меѓусебно.

контекстната интерпретација на собраните податоци се користат да се предвиди и објасни можната еволуција на здравствената состојба на пациентот во смисла на функционално нарушување, зависност во извршувањето на секојдневните активности и проценка на ризик, како и да се идентификуваат точни шаблони на однесување.

Предноста на системот *SINDI* е во обезбедување на разни: сугестии (во согласност со медицинската практика и резултатите од предвидувањата на системот), предупредувања (кога системот идентификува однесувања или ситуации кои се потенцијално опасни за пациентот), аларми (кога одредени клинички состојби или состојби во опкружувањето на пациентот се откриени), известувања (кога системот добива нов влез или прекинува некој процес) и потсетници (според дадена агенда).

Ivanovici et al. [51] предлагаат архитектура на здравствен информациски систем што би се користел за следење на здравствената состојба на пациентите со дијабетес и мозочен удар. Во нивниот труд [51] тие пишуваат за дизајнот и имплементацијата на хардверскиот и софтверскиот прототип на предложениот систем.

Предложениот систем во [51] се базира на интелигентна апликација која во реално време врши анализа и процесирање на здравствениот статус на мониторираните корисници. На тој начин апликацијата им помага и ја поддржува објективноста на одлуките на медицинските специјалисти. Ако се јави потреба системот овозможува автоматско испраќање на предупредувања кон најблискиот медицински центар.

Авторите во [51] ја разгледуваат и можноста за истовремено следење на аудио и видео сигнали, со што се обезбедува следење на однесувањето на пациентот. Со снимање на движењата и вокалните сигнали системот врши препознавање на активности, мимики и гестови, кои понатаму може да се користат за анализа на невербалната комуникација на корисникот. Тие веруваат дека препознавањето на активностите на корисникот е новина од големо значење бидејќи тоа не само што обезбедува детектирање на пациентите кои не можат вербално да комуницираат за нивната здравствена состојба и да се јават во службите за итни случаи, туку исто така овозможува и откривање ситуации кај кои има потреба од итна интервенција.

Jog Falls [52] е комплексен информациски систем кој им помага на корисниците во менаџирањето на својата болест (дијабетес) преку следење на секојдневните активности и конзумираната храна. Овој систем нуди и анализа на здравствените податоци која е достапна како за корисниците така и за медицинскиот персонал. Целта на *Jog Falls* е да им овозможи на корисниците континуирани информации за нивните физички активности и диети, и на тој начин да ги поттикне да станат поактивни во самостојната грижа и менаџирањето на својата болест. Системот обезбедува автоматско снимање на физичките активности и потрошувачката на енергија, едноставен интерфејс за внесување на оброци, поставување на цели кои треба да ги постигне корисникот и следење на исполнувањето на зададените цели. Позадинскиот интерфејс на системот му овозможува на медицинскиот персонал сеопфатни информации и податоци за животниот стил на корисникот (извршените активности и конзумираната храна), целите кои си ги задал корисникот, како и напредокот кој го има во остварување на тие цели. Според авторите, една од предностите (новините) на овој систем е методот што ги интегрира во системот срцевите отчукувања и акцелометарските податоци на корисникот и на тој начин ја подобрува точноста во мерењето на потрошената енергија (што е клучна карактеристика во намалувањето на тежината).

Првото ниво кај *Jog Falls* се состои од сензорски уреди кои ги мерат и собираат физиолошките податоци и податоците за извршените активности на корисникот. Второто ниво се состои од мобилен телефон кој обезбедува *Bluetooth* комуникација со сензорските уреди, собирање и зачувување на податоците исчитани од страна на сензорите, ги пресметува конзумираните калории и потрошената енергија, обезбедува кориснички интерфејс, алармен повик и преглед на севкупните податоци за корисникот. Мобилниот телефон преку *GPRS* обезбедува и комуникација со третото ниво на *Jog Falls* системот. Третото ниво на системот се состои од позадински сервер кој служи за собирање и чување на податоци за сите корисници, како и обезбедување на корисничкиот интерфејс за медицинскиот персонал.

Иако се чини дека само академската фела е окупирана со поттикнувањето на физичката активност со цел подобрување на

здравствените параметри, пошироко гледано тоа не е случај. Имено, и индустријата за забава во последните години е загрижена со проблемот на секојдневието - дебелината, а со тоа и со дијабетесот. Во денешно време има многу игри кои побаруваат физички напори од страна на играчите. „*Physical fitness in virtual worlds*” [53] е еден интересен пример како да се влијае врз младата популација да применува физички активности. Иако ова не е пример на информациски систем сепак е добар пример како информатичките технологии влијаат врз зголемувањето на физичките активности.

До неодамна видео-гејмерите го извршуваа своето хоби со притискање на копчиња и со движење на џојстици седејќи во своите удобни столици. Денес, се повеќе ваквите игри и начинот на играње се заменети со нова генерација на игри и контролори кои ги примамуваат играчите да станат повеќе физички активни. Камери со ниска цена и напредни алгоритми за видео обработка овозможуваат видео игрите да се контролираат од страна на телесни движења, додека површини со сензори осетливи на допир им овозможуваат на играчите виртуелни простори. Се појавија и многу интернет сајтови кои ги прикажуваат искуствата на луѓето кои играњето го искористиле за намалување на телесната тежина.

Тргувајќи од верувањето дека видео игрите можат да бидат корисни да се зголеми физичката активност и подобрувањето на личното здравје, во [53] е претставено истражувањето за *GAME* проектот (*Gaming Activities for More Exercise*). Ова истражување е фокусирано на ефектот кој видеоигрите со движење го имаат врз срцевиот пулс на играчите. Конкретно во [53] се врши споредба на влијанието на различни игри врз срцевата активност и се дадени неколку реални примери каде играњето им помогнало на играчите да ја намалат својата телесна тежина.

Авторот на трудот, *Smith* [53], смета дека овој проект и дадените успешни искуства се доволен поттик за дизајнерите на видео игри да креираат мотивирачки виртуелни игри кои ги зголемуваат физичките активности на играчите.

3.8 Компаративна анализа на предложениот модел и претходно опишаните здравствени информациски системи

Во понатамошниот текст ќе биде направена компаративна анализа, односно ќе бидат нагласени некои разлики меѓу претходно опишаните здравствени информациски системи и моделот на колаборативен информациски систем за здравствена заштита, предложен во оваа докторска дисертација.

Некои од градбените блокови кај веб-базираните персонални здравствени системи [47] имаат слични карактеристики со елементи кои се користат во предложениот модел. Ако направиме анализа на градбените блокови од [47] може да заклучиме дека персоналниот сервер од [47] е сличен на мобилната апликација и социјалната мрежа во предложениот модел. Персоналниот сервер од [47] може да изврши логично размислување и да ја одреди здравствената состојба на корисникот врз основа на добиените податоци од многуте сензори како и да достави повратни информации преку кориснички интерактивен интерфејс во графички или аудио формат. Но, во предложениот модел (во овој докторски труд) овие делови се поопфатни бидејќи овозможуваат повик за итни случаи (врз основа на здравствената состојба на корисникот), анализа на претходни здравствени состојби, како и комуникација на корисникот со други корисници заради размена и примена на искуства.

За разлика од системите *MobiCare* [48] и *Personal Care Connect* [49], моделот кој се предлага во оваа докторска дисертација, е понапреден и вклучува комуникација меѓу корисникот, мобилната апликација, социјалната мрежа, здравствените центри и институции и дополнителни услужни сервиси. Ваквата комуникација овозможува една поголема комплексност на податоците, нивна поопширна анализа и задоволителен степен на сигурност.

Предложениот систем *SINDI* во [50] користи паметно опкружување (опкружување со поставени сензорски мрежи), што е предност во однос на предложениот модел во овој докторски труд. Од друга страна пак, предноста на предложениот модел е неговата колаборативна компонента (социјална мрежа) која овозможува собирање на податоци за различни корисници. Иако и двата системи генерираат препораки, постои значителна разлика во податоците кои се користат за генерирање на овие препораки. За разлика од

SINDI каде препораките се генерираат само врз основа на медицински податоци, во предложениот модел препораките се генерираат врз основа на: податоците исчитани од страна на био-мрежата, податоците за физичките активности на корисникот (добиеани од страна на мобилна апликација), медицинската евиденција на корисникот (добиеана од здравствените установи), податоците за карактеристиките на корисникот (добиеани од социјална мрежа) и податоци за други, слични на него/неа, корисници на социјалната мрежа.

Во предложениот модел (во оваа докторска дисертација), покрај следењето на физичките активности се следат и здравствените параметри на корисникот, што не е случај во моделот презентираан во [42]. И покрај разликите во препораките кои се генерираат во двата системи (на пример предложениот колаборативен модел препорачува различни активности со различен интензитет и времетраење) постои суштинска разлика во евалвацијата на препораката. За разлика од моделот во [42] каде валидацијата на препораката се врши само врз основа на тоа дали активност е извршена од страна на корисникот или дали корисникот внел нови податоци, тоа не е случај во нашиот модел. Оценувањето на ефикасноста на препораката, во предложениот модел, е направено врз основа на подобрувањето на здравствените параметри на корисникот по изведувањето на физичката активност. Ова всушност е и основен влезен параметар во процесот на генерирање на препораки од страна на алгоритмот за препораки во предложениот модел.

Најсличен со моделот кој е разработен во оваа докторска дисертација е системот *Jog Falls* [52]. Предноста на *Jog Falls*, во однос на предложениот модел, е можноста за внесување на податоци за храната која ја конзумира корисникот. Но, од друга страна *Jog Falls* нема социјална мрежа и колаборативни алгоритми, кои се главни предности на предложениот модел.

Постојат различни примери на мобилни системи за испраќање на пораки и известувања. Кај овие системи најчесто персонализацијата на пораките е според здравствената состојба на корисникот. Иако, има и примери каде при генерирањето на пораките, покрај здравствената состојба на корисникот, се зема и некое претходно знаење за други корисници. Но,

таа анализа најчесто се врши од страна на медицински сервис. Од друга страна, развиени се и доста здравствени социјални мрежи и веб-страници на кои може да се најдат податоци за различни заболувања и да се воспостави комуникација со корисници и медицински лица кои имаат соодветно искуство во одредена област.

Она што досега го нема како пример во литературата е да се направи спој меѓу овие различни системи или модули: мобилна апликација, социјална мрежа и медицински сервис. Тоа е иновацијата која ја нуди колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита предложен во оваа докторска дисертација. Предложениот модел, ја нуди поддршката на мобилната технологија поврзана со социјална мрежа и медицински информациски систем. Трите компоненти се дополнително проширени со различни медицински бази и дополнителни сервиси.

Оваа сеопфатност на предложениот модел овозможува поврзување и комуникација на различните компоненти на системот. Со тоа се проширува размената на информации што води кон квантитативно зголемување на податоците за различни видови третмани, терапии и активности на корисници со иста или слична дијагноза. Овие податоци пак, овозможуваат понатамошни анализи и истражувања кои резултираат со подобрување на дијагностиката, третманот и терапиите за корисниците.

Во оваа глава беа разгледани здравствените информациски системи, нивната примена и класификација. Понатаму беа дадени примери од литературата за различни здравствени информациски системи како: сензорски мрежи, здравствени социјални мрежи, мобилни здравствени информациски системи, комплексни здравствени информациски системи. На крај беше направена компаративна анализа меѓу предложениот модел во оваа докторска дисертација и некои здравствени информациски системи опфатени во литературата од оваа област. Оваа компаративна анализа овозможи да се нагласат разликите и придобивките кои ги нуди предложениот колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита.

4. Модел на колаборативен систем за здравствена заштита

Во оваа глава ќе бидат опфатени основните карактеристики на колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита, предложен во оваа докторска дисертација. Ќе биде објаснета неговата организација и архитектура, а ќе бидат дадени и неколку пример сценарија со цел подобро да се претстави функционалноста на предложениот модел. Понатаму ќе бидат прикажани дијаграмот на проток на податоци во системот, како и дијаграмот за валидност на истите. На крај ќе биде направен осврт на сигурноста и приватноста на податоците во предложениот модел.

4.1 Основни карактеристики на предложениот модел

Моделот на колаборативен информациски систем за здравствена заштита (*engl. Collaborative health care system model - COHESY*), кој го претставуваме во оваа докторска дисертација, дава нова димензија на користењето на модерната технологија во здравството. Комуникацијата меѓу различните компоненти од предложениот модел овозможува размена на искуствата на корисниците во поглед на физички активности, терапија и рехабилитација, преку користење на искуствата од активностите кои ги преземале други корисници.

Предложениот модел користи мобилни, веб и широкопојасни комуникациски технологии, така што корисниците имаат пристап до различни здравствени кориснички сервиси во секое време каде и да се наоѓаат. Широкопојасната мобилна технологија лесно обезбедува мобилност на електронската здравствена средина меѓу локациите, додека интернет-базираните бази на податоци овозможуваат мобилност на локациите за поддршка. Ова им овозможува на корисниците слобода во нивното движење

без обврска да бидат присутни во нивните домови или здравствените центри [54].

Моделот, предложен во овој докторски труд, користи колаборативни алгоритми имплементирани во социјалната мрежа [55]. Овие алгоритми овозможуваат поврзување на корисници со исти или слични дијагнози, размена на нивните резултати и нивните мислења за извршените активности и примените терапии. Истовремено, користените колаборативни алгоритми генерираат просечни вредности базирани на филтрирање на огромни количества податоци за конкретни атрибути како што се географски регион, возраст, пол, дијагноза итн. Податоците употребени во колаборативните алгоритми имаат различни нивоа на валидност што влијае и врз валидноста на добиените резултати.

Предложениот колаборативен модел има едноставен графички интерфејс кој овозможува лесна употреба и пристап, не само за помладите, туку и за повозрасните корисници. Моделот има повеќе намени и вклучува користење на повеќе категории на корисници (пациенти со различни дијагнози). Неговите предности се и скалабилноста и способноста за зачувување на податоците во случај кога комуникациската врска ќе се прекине. Предложениот модел, всушност, претставува повеќенаменски систем кој овозможува размена на податоци меѓу различни системи и бази на податоци.

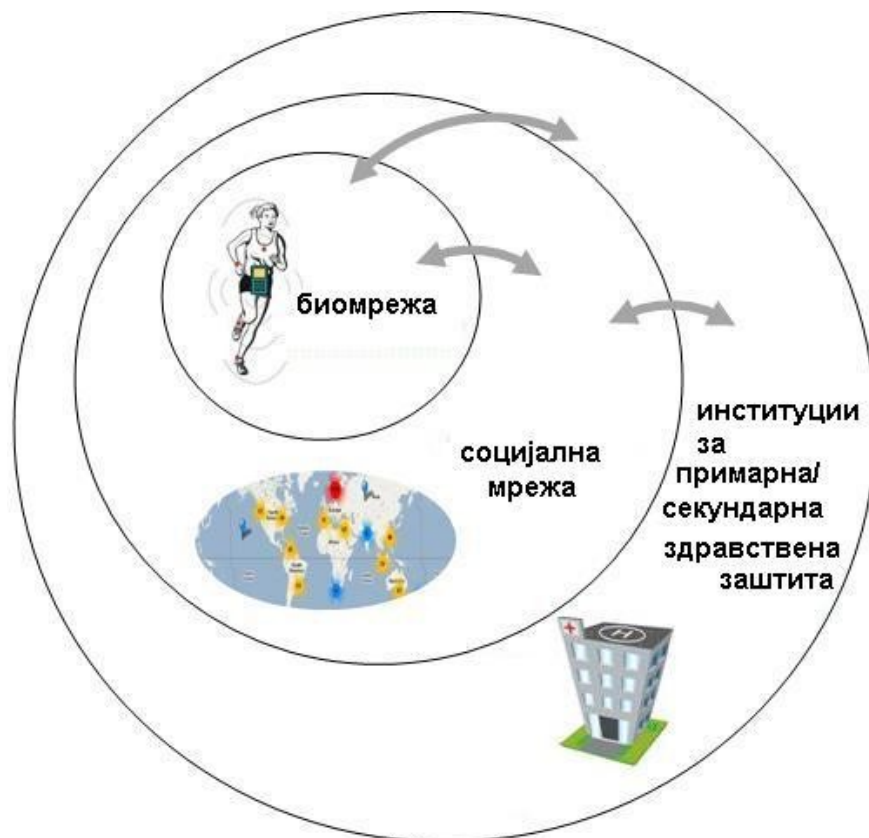
Обезбедување мониторинг на здравствени параметри, следење на физички активности на корисник, зголемена комуникација меѓу корисниците, автоматски пренос на податоци [56], размена на податоци меѓу разни медицински центри и бази на податоци, односно подобрување на квалитетот на животот на корисниците [57] се основните цели кои сакаме да ги постигнеме со предложениот колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита.

4.2 Системски нивоа во предложениот модел

Во процесот на дизајнирање на систем за здравствена заштита треба да се земат предвид следните цели:

- * Податоците да бидат достапни до пациентите и вработените во здравствените центри со цел да им се овозможи донесување на подобри одлуки.
- * „Секојдневните“ активности (спиене, вежбање, дополнителни обврски) и лабораториските тестови да бидат земени предвид бидејќи може да влијаат врз здравствените дијагнози.
- * Фокусот да е кон домовите и други средини во кои пациентот го поминува своето време, а не кон клиничките средини.
- * Пациентите и здравствените работници да го третираат меѓусебниот однос како соработка, со меѓусебна доверба и рамноправност во односот доктор – пациент.
- * Технологијата да биде дел од секојдневниот живот на индивидуата.

Врз основа на овие цели и претходно споменатите карактеристики кои треба да ги поседува еден систем за здравствена заштита, креиран е предложениот модел на колаборативен систем за здравствена заштита. Едноставен приказ на овој модел кој се состои од три нивоа е претставен на *Слика 1*.



Слика 1 - Системски нивоа на предложениот модел

Првото ниво на предложениот модел го сочинуваат биомрежата (телесната сензорска мрежа) и мобилната апликација. Биомрежата е составена од различни сензори кои се наоѓаат на телото на корисникот и ги исчитуваат неговите здравствени параметри како крвен притисок, срцеви отчукувања, ниво на шеќер и тежина. Мобилната апликација ги собира здравствените параметри од биомрежата и ги исчитува параметрите за активностите кои ги извршува корисникот. При тоа, мобилната апликација исчитува повеќе параметри за изведената физичка активност на корисникот како: вид на активност (трчање, пешачење, возење), времетраење на активност, патека на движење и средна брзина на движење.

Социјалната мрежа го претставува второто ниво на предложениот модел. Таа овозможува директно или индиректно складирање на целокупните податоци за корисникот (здравствени податоци и податоци за активности) и комуникација меѓу корисниците. Таа поседува специфични колаборативни алгоритми кои, врз основа на податоците во социјалната мрежа, генерираат различни известувања, сугестии и предлози за активностите кои треба да ги извршуваат корисниците.

Третото ниво на предложениот модел овозможува интероперабилност со информациските системи кои се имплементирани во институциите за примарна и секундарна здравствена нега и заштита и други институции чии услуги се базираат на издавање разни видови здравствени полиси.

Комуникацијата меѓу првото и второто ниво е дефинирана со кориснички пристап кон социјалната мрежа каде корисникот може да ги зачува своите податоци (лични податоци, здравствени податоци, исчитувања од физички активности). Социјалната мрежа овозможува комуникација меѓу корисниците. Оваа комуникација може да биде меѓу сите корисници, но може и да биде базирана врз колаборативни филтрирачки техники. Со помош на колаборативни алгоритми, социјалната мрежа може да ги поврзува корисниците со иста или слична дијагноза, споделувајќи ги нивните резултати и разменувајќи ги нивните мислења за извршените активности и примената терапија. Корисниците може да добијат просечни резултати од други корисници, кои споделуваат исти карактеристики, во форма на препораки или забелешки. Овие препораки и забелешки може да варираат

во зависност од податоците за здравствените параметри и физички активности, групирани за одредени атрибути како: географски регион, возраст, пол итн. Колаборативното филтрирање може да се употреби за да се добијат различни препораки во овој контекст.

Комуникацијата меѓу првото и третото ниво дефинирана е со размената на податоци и информации меѓу корисникот и здравствените институции. Корисникот има 24-часовен пристап до медицинскиот персонал и можност во секој момент да упати итен повик. Медицинскиот персонал далечински ја следи здравствената состојба на корисникот анализирајќи ги неговите здравствени параметри (крвен притисок, ниво на шеќер во крвта, срцеви отчукувања, тежина). Постои можност медицинскиот персонал да му испраќа разни забелешки, препораки и сугестии на корисникот во однос на неговата моментална здравствена состојба. На пример, ако терапијата на корисникот која е внесена во мобилната апликација, врз основа на моментално измерените здравствени параметри не е најсоодветна, медицинскиот персонал може да му испрати порака на корисникот со нова терапија која е подобра за неговата здравствена состојба.

Второто и третото ниво може да разменуваат збирни податоци/информации за поголема група на пациенти добиена на основа на некој значаен индикатор (регион, временски период, пол, вид на активности). Овие збирни податоци може да бидат искористени за понатамошни истражувања, медицински препораки, здравствени полиси и сугестии за медицински кампањи.

4.3 Архитектура на предложениот модел

Мобилната и веб технологија во предложениот модел се користи за поддршка и овозможување на комуникација меѓу различните субјекти во системот. Колаборацијата меѓу различните ентитети е претставена на *Слика 2*.

Инсталираната мобилна апликација, преку биомрежата (првото системско ниво), врши исчитувања на здравствените параметри на корисникот пред, за време на и по неговите физички активности. Врз основа на овие исчитувања дава соодветни инструкции, предлози и сугестии за поефикасно

извршување на физичките активности со цел да се подобри здравјето на корисникот.



Слика 2 - Архитектура на предложениот модел

Во презентираниот модел, мобилната апликација ги категоризира настаните преку процесирање на собраните податоци од моменталната состојба на пациентот, биомрежата и сензорите на опкружувањето. На пример, ако кај читачот за срцеви отчукувања се исчитуваат зголемени вредности на пулсот, акселометарот исчитува движење, а *GPS* системот детектира фреквентни промени на локациите, може да се донесе заклучок дека корисникот извршува некоја физичка активност. Во тој случај, параметрите на мобилната апликација автоматски се прилагодуваат така да интеракцијата со корисникот се сведе на минимум. Во случај на исчитување осцилации и отскокнувања на срцевиот пулс без промени во исчитувањата на акселометарот и *GPS*, се претпоставува дека корисникот не извршува физички активности туку има некакви здравствени проблеми. Во тој случај, веднаш се замолува корисникот да испрати едноставен коментар. Оваа

состојба и коментар се зачувуваат да се употребат во алгоритми и донесување на понатамошни одлуки. На основа на вака добиени резултати, податоците може да се означат за понатамошна анализа од страна на медицинските експерти како придонес во покомплексна анализа на здравствената состојба на корисникот.

Мобилната апликација може и да генерира препораки и забелешки базирани на второто и третото системско ниво. Во второто системско ниво, препораките се генерираат на основа на колаборативно филтрирање на податоците собрани од социјалната мрежа. Препораките базирани на третото системско ниво претставуваат директни забелешки од здравствените институции.

Освен можноста за испраќање итни повици при влошување на здравствената состојба на пациентот, предложениот модел се одликува и со својата мобилност. Поради тоа, корисниците не се ограничени во своето движење или локација. Со употреба на нивниот мобилен телефон (и инсталираната апликација) корисниците имаат пристап до медицинскиот персонал во секое време. Медицинскиот персонал, врши далечински мониторинг на здравствената состојба на корисникот, анализирајќи ги неговите здравствени податоци (крвен притисок, ниво на шеќер во крвта, срцеви отчукувања, тежина) испратени од страна на мобилната апликација. Истовремено, индивидуалните податоци од еден корисник може да се споредат со просечните податоци од повеќе корисници, добиени од социјалната мрежа со користење на различни колаборативни техники на филтрирање. На овој начин, медицинскиот персонал може брзо да реагира и да предложи најсоодветна терапија, препорачувајќи кога е најдобро да се прими. Медицинскиот персонал испраќајќи низа предлози и сугестии, може да се фокусира и на физичките активности кои се неопходни за рехабилитаци и подобрување на здравјето на корисникот. Социјалната мрежа може да учи од препораките дадени од страна на медицинскиот персонал и да генерира предлози и сугестии базирани на најуспешните сценарија.

Инсталираната мобилна апликација има пристап до социјалната мрежа каде може да ги складира податоците од корисникот и да исчитува просечни

податочни вредности за здравствените параметри и физичките активности на сите корисници или одредена група на корисници. Социјалната мрежа овозможува директна комуникација меѓу корисниците и размена на нивните постигнувања и резултати. Таа овозможува и интерфејс за користење на податоци од различни медицински и метеоролошки бази на податоци.

Предложениот модел претставува комплексна инфраструктура која овозможува различни сценарија на персонална здравствена заштита. Комбинирањето на различни податоци дава целосна слика за изведената активност на корисникот вклучувајќи: должина на помината патека, времетраење, брзина на движење, здравствена состојба на корисникот (оптеретеност на работата на срцето, крвен притисок, шеќер во крвта, појава на аритмија), временски услови во кои е изведена активната (атмосферски притисок, влажност на воздухот, температура), дали има и која е медицинската дијагноза на корисникот и терапијата која ја прима. Со овие информации може да се генерираат препораки за интензитет и времетраење на активната која треба да ја направи одреден корисник. Оваа комплексна структура на податоци од социјалната мрежа заедно со податоците кои доаѓаат од различните здравствени институции може да се користат од страна на различни медицински бази на податоци за понатамошни анализи и истражувања.

Заклучоците кои ќе произлезат од истражувањата спроведени врз податоците од медицинските бази на податоци, се препраќаат назад до здравствените институции. Тие податоци се користат за поединечно анализирање на состојбата на корисниците. Од анализите на целокупните податоци за корисникот, медицинските податоци и податоците за физичките активности, со кои располагаат здравствените институции се извлекуваат терапии и препораки кои можат да се препраќаат до мобилните уреди на корисниците. Овие препораки се користат да им се сугерира на корисниците кога, каде и каква терапија и активност да остварат со цел да ја подобрат сопствената здравствена состојба.

Здравствените институции истовремено може да разменуваат податоци и информации со социјалната мрежа. На тој начин имаат пристап до

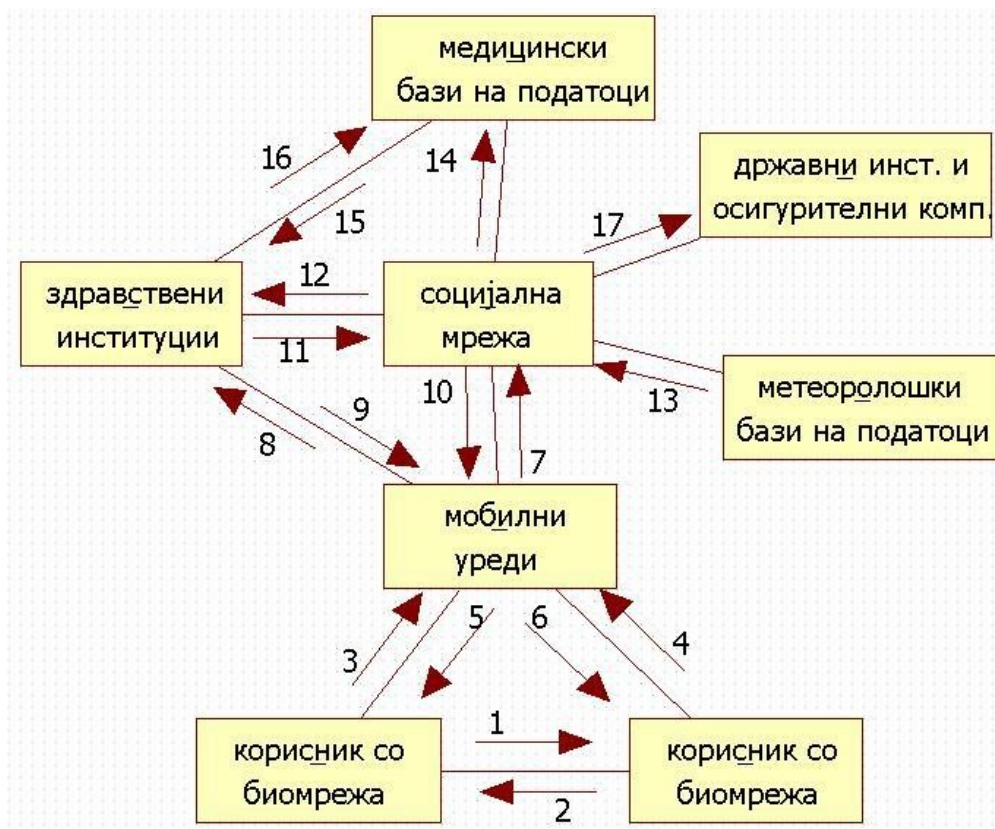
поголема група на корисници со која ќе може да ги споделат истражувањата, препораките и сугестиите на медицинскиот персонал.

Социјалната мрежа, на основа на податоците за здравствените параметри и извршените активности на корисниците и податоците од здравствените институции и медицинските бази на податоци, користејќи ги вградените колаборативни техники и алгоритми за препораки може да генерира известувања, сугестии и препораки. Овие известувања, сугестии и препораки преку мобилната апликација може да се препраќаат до корисниците сугерирајќи им кои терапии да ги користат и кои физички активности да ги извршуваат (со колкав интензитет и времетраење). Препораките од социјалната мрежа се разликуваат од препораките на здравствените институции бидејќи се базираат врз знаење изведено од поголема група на корисници со слични карактеристики во социјалната мрежа.

Колаборативното филтрирање, вградено во социјалната мрежа, овозможува филтрирање на огромни количества податоци на основа на конкретни параметри. На тој начин, државните институции и осигурителните компании имаат пристап до овие податоци, и може да извршат специфични анализи врз основа на кои ќе изработат програми и стратегии за национални кампањи на владини и невладини организации.

Текот и размената на податоците во предложениот модел се прикажани на дијаграмот на *Слика 3* и *Табела 1*. Според овој дијаграм, мобилните уреди и инсталираните мобилни апликации се користат за разговори меѓу корисниците, поврзување на социјалната мрежа и комуникација со здравствените институции. Кога корисникот се најавува на социјалната мрежа тој треба да внесе податоци за својата возраст, висина и дијагноза. Податоците за тежина, крвен притисок, ниво на шеќер во крвта и срцеви отчукувања се исчитуваат од биомрежата и преку мобилната апликација се праќаат кон социјалната мрежа. Информациите за извршените активности, вклучувајќи вид на активноста, должина на патеката, времетраење и просечна брзина, се исчитуваат од страна на мобилната апликација и преку неа се препраќаат до социјалната мрежа. Сите овие податоци, без информациите за возраст, висина и дијагноза, може да се испратат и до

здравствените институции. Ако се јави потреба, односно има моментално нарушување на здравствената состојба на корисникот, постои можност за испраќање на итен повик од страна на мобилната апликација. Но, исто така, ако медицинскиот персонал забележи влошување на здравствената состојба на корисникот може да испрати итна порака до корисникот.



Слика 3 - Дијаграм на проток на податоци во предложениот модел

Социјалната мрежа добива податоци за корисниците, внесени директно од нив преку веб порталот, вчитани од страна на мобилната апликација, како и податоци добиени од страна на здравствените институции. Социјалната мрежа добива и информации за надворешната температура, атмосферскиот притисок, влажноста на воздухот и брзина на ветерот, за одредено место во одредено време, од метеоролошките бази на податоци. Комбинирајќи ги информациите добиени од различните извори и користејќи ги колаборативните техники, социјалните мрежи испраќаат информации како што се: име и презиме на пациентот, дијагноза, тежина, срцеви отчукувања, крвен притисок, ниво на шеќер во крвта, извршена активност со видот на активноста, должина на патеката, времетраење, просечна брзина, надворешни услови во кои е извршена активноста (надворешна

температура, атмосферски притисок, влажност на воздухот и брзина на ветерот) до здравствените институции, медицинските бази на податоци, државните институции и осигурителни компании.

Табела 1 - Тек на податоци во предложениот модел

ЛИНК	ПОДАТОЦИ	ЛИНК	ПОДАТОЦИ
1,2	разговор;	3,4	срцев пулс, крвен притисок, ниво на шеќер во крв, тежина;
5,6, 10, 12, 14, 17	име и презиме на пациентот, тежина, срцеви отчукувања, крвен притисок, ниво на шеќер во крв, извршена активност: · вид на активност, · должина на патека, · временски интервал, · просечна брзина, · надворешна температура, · атмосферски притисок, · влажност во воздухот, · брзина на ветер;	7	возраст, дијагноза, висина, тежина, срцеви отчукувања, крвен притисок, ниво на шеќер во крв, извршена активност: · вид на активност, · должина на патека, · временски интервал, · просечна брзина;
8	итен повик, тежина, срцеви отчукувања, крвен притисок, ниво на шеќер во крв, извршена активност: · вид на активност, · должина на патека, · временски интервал, · просечна брзина;	9	итен повик, дијагноза, препорачана терапија, предлози, препорачани активности: · вид на активност, · должина на патека, · временски интервал, · надворешна температура, · атмосферски притисок, · влажност во воздухот;
11, 15, 16	дијагноза, препорачана терапија, предлози, препорачани активности: · вид на активност, · должина на патека, · временски интервал, · надворешна температура, · атмосферски притисок, · влажност во воздухот;	13	надворешна температура, атмосферски притисок, влажност на воздух, брзина на ветер;

Податоците за дијагнозата, препорачаната терапија, препорачаните активности (вид на активност, должина на патека, времетраење) и услови за реализација на активност (надворешна температура, атмосферски притисок и влажност на воздухот) се разменуваат меѓу здравствените институции и медицинските бази на податоци, а при тоа се доставуваат и до социјалната

мрежа. Здравствените институции овие податоци пропратени со дијагноза ги праќаат до своите корисници. Социјалната мрежа овие податоци ги користи како претходно знаење во алгоритмите за генерирање на препораки и сугестии, кои преку мобилната апликација се праќаат до корисникот.

Треба да се истакне дека до државните институции и осигурителни компании се испраќаат збирни филтрирани податоци користејќи различни параметри за групирање.

4.4 Пример сценарија за предложениот модел

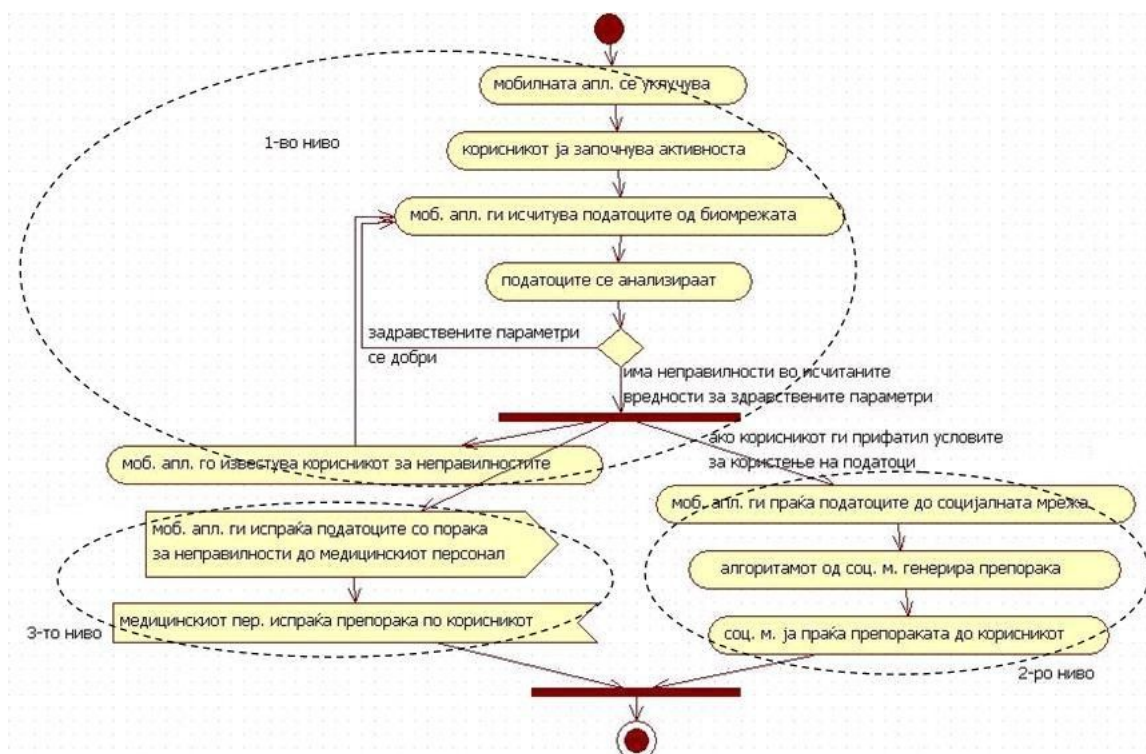
Функционалноста на системот ќе биде опишана преку неколку пример сценарија, презентирани во продолжение.

4.4.1 Сценарио број 1

Корисникот со дијагностициран дијабетес ја вклучува апликацијата на својот мобилен телефон. Апликацијата користејќи *Bluetooth* се поврзува со уредот (уредите) кој ги мери тежината, крвниот притисок, нивото на шеќер во крвта на корисникот и ги исчитува измерените параметри. Корисникот започнува со трчање. Апликацијата го исчитува срцевиот пулс од биомрежата на корисникот и параметрите за физичката активност. За време на трчањето се појавува неправилност. Додека ги исчитува податоците, апликацијата открива дека корисничкиот пулс е доста повисок од неговиот вообичаен пулс при трчање, и апликацијата испраќа порака со овие податоци до здравствената установа и социјалната мрежа и го известува корисникот дека во моментот се случува некоја неправилност.

Медицинскиот персонал може да ги разгледа добиените податоци и да ги спореди со претходните медицински записи на корисникот. На основа на корисничката дијагноза, примената терапија и активноста која моментално ја извршува, заедно со здравствените податоци добиени од апликацијата, медицинскиот персонал одлучува дека корисникот треба да запре со трчање и да направи пауза од 15-тина минути. Оваа препорака се испраќа назад до апликацијата на корисникот. Апликацијата му сигнализира на корисникот дека добил порака од здравствената установа. Корисникот ја применува добиената препорака. Иста таква препорака може да биде генерирана со

помош на колаборативните техники и алгоритмите за препораки во социјалната мрежа кои се базираат на просечни податоци за разгледуваниот и други корисници, претходно успешно генерирани препораки од социјалната мрежа, како и претходни препораки кои потекнуваат од здравствените институции и историјата на пациентот. Овие две препораки се разликуваат во нивната валидност



Слика 4 - Дијаграм на активности за сценарио број 1

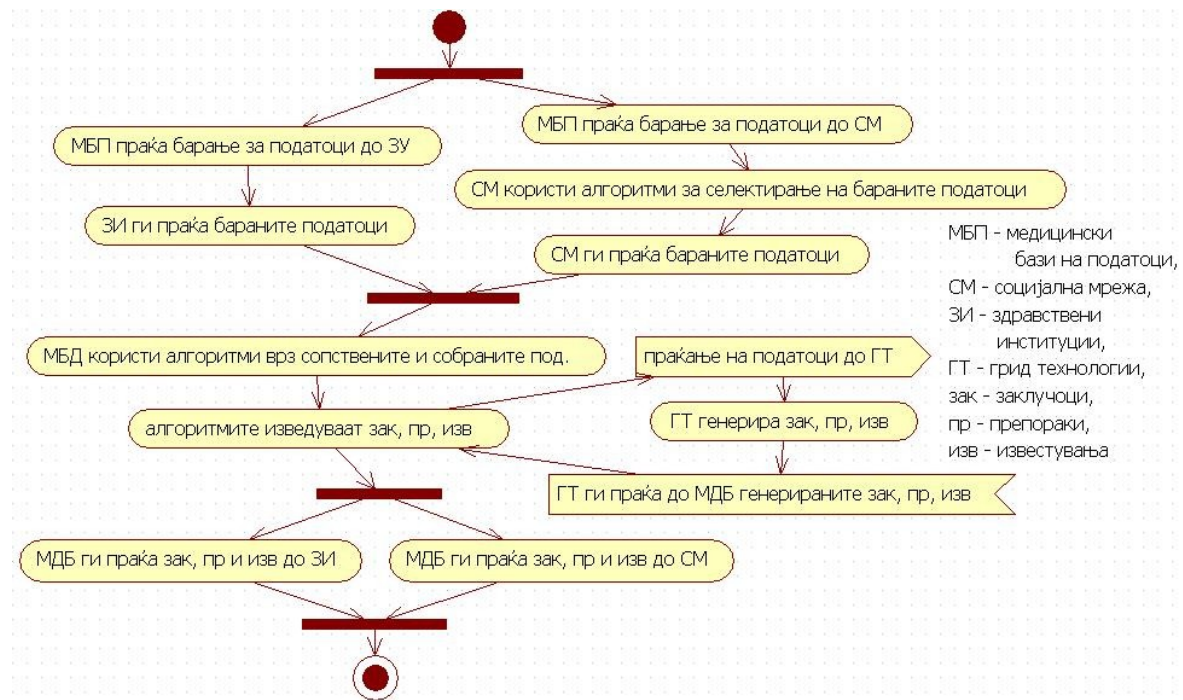
4.4.2 Сценарио број 2

Корисникот ја вклучува апликацијата на неговиот мобилен телефон и се поврзува на социјалната мрежа. Корисникот смета дека неговите здравствени параметри индицираат на дијабетес. Социјалната мрежа го разгледува неговиот профил (личните податоци, здравствените параметри, извршените активности) и ги споредува со просечните резултати од други корисници со дијагностициран дијабетес. Потоа, социјалната мрежа му испраќа забелешка на корисникот дека неговите податоци се совпаѓаат со просечните податоци за оваа дијагноза кои постојат во здравствените институции, како и кај другите корисници со сличен профил. Така е можно да се потврди дијагнозата и го советува корисникот да го посети својот матичен лекар.

4.4.3 Сценарио број 3

Медицинскиот персонал ги разгледува податоците на пациентот (дијагноза, примена терапија, здравствени параметри, извршени активности) и донесува заклучок дека пациентот не добива соодветна терапија и не ги извршува препорачаните активности. Медицинскиот центар испраќа порака до пациентот да изврши итен медицински преглед.

4.4.4 Сценарио број 4



Слика 5 - Дијаграм на активности за сценарио број 4

Медицинската база на податоци испраќа барање до здравствените институции да достават податоци од сите корисници со дијагностициран дијабетес на возраст од 25 до 35 години за последните шест месеци во Европа. Здравствените институции ги испраќаат бараните податоци. Медицинската база на податоци го испраќа истото барање и до социјалната мрежа. Социјалната мрежа ги испраќа своите податоци. Медицинската база на податоци применува алгоритам што ги споредува и анализира пристигнатите податоци и податоците достапни од сопствената база. Различните заклучоци и препораки од анализата опфаќаат дијагностицирања, препорачани терапии и активности за пациенти со одредена дијагноза, како и предлози за соодветно дијагностицирање на пациенти. Тие се испраќаат назад до здравствените институции. Истите

заклучоци може да се користат и од страна на социјалната мрежа ако биде одобрено од надлежните здравствени институции.

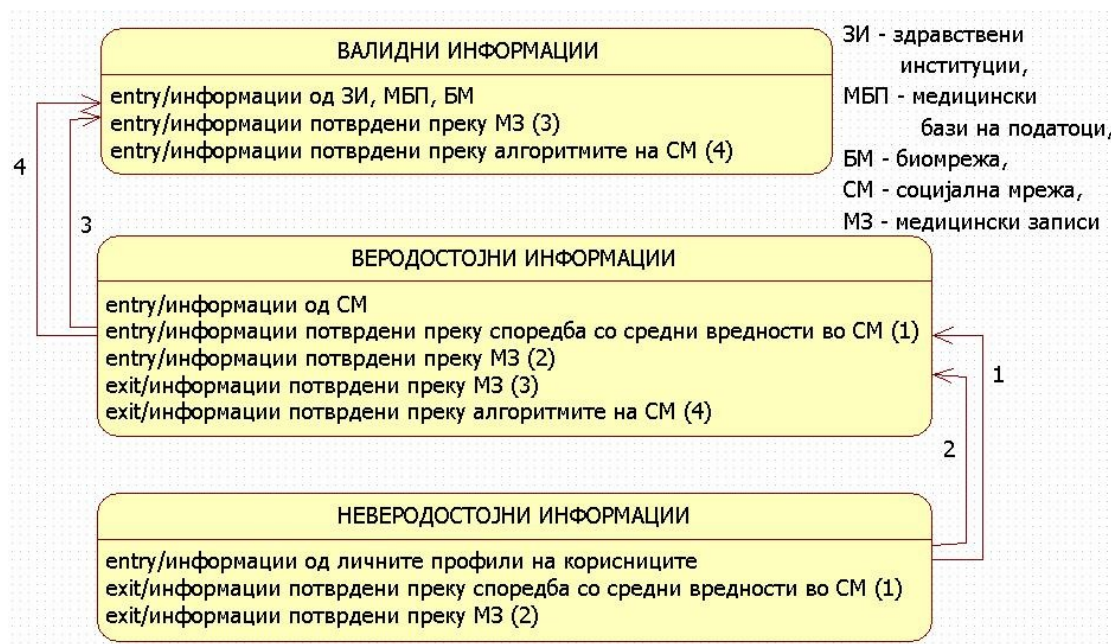
4.4.5 Сценарио број 5

Министерството за здравство испраќа барање кон социјалната мрежа за добивање податоци за корисници на возраст меѓу 25 и 35 години од Европа кои имаат дијагностициран дијабетес од последната година. Социјалната мрежа користејќи колаборативно филтрирање ги групира тие податоци и ги испраќа. Министерството за здравство ги анализира добиените податоци и издава препораки, изготвува програми и стратегија за превенција од дијабетес кај луѓето на возраст меѓу 25 и 35 години.

4.5 Валидност на информациите во предложениот модел

Една од најважните карактеристики на информациските системи е валидноста на информациите и нивното потврдување. Информациите во предложениот модел се делат на три категории.

Најверодостојна информација или валидна информација е информацијата која припаѓа на првата категорија. Тука спаѓаат информациите кои потекнуваат од здравствените институции, медицинските бази на податоци и биомрежата.



Слика 6 - Дијаграм за валидност на информациите во предложениот модел

Во втората категорија припаѓаат веродостојните информации, односно информациите генерирани од социјалните мрежи. Овие информации може да бидат утврдени како точни ако бидат потврдени со медицински податоци од страна на здравствените институции. Вака потврдените веродостојни информации можат да бидат преместени во првата категорија и да се класифицираат како валидни информации. Ова потврдување потоа се вметнува во податоците генерирани преку различните алгоритми имплементирани во социјалните мрежи.

Информациите од личните кориснички профили (возраст, висина, дијагноза) внесени од страна на корисникот, спаѓаат во третата категорија на информации - неверодостојни информации. Нивната валидност може да се зголеми преку нивно споредување со просечните резултати добиени од колаборативните алгоритми имплементирани во социјалната мрежа. Овие информации, исто така, може да бидат потврдени и од страна на медицинските податоци од здравствените институции.

Категоризацијата на информациите се користи за утврдување на валидноста на забелешките и препораките генерирани од страна на предложениот модел. Ова е значајно за корисниците бидејќи влијае врз нивната одлука дали ќе ги практикуваат или не добиените забелешки и препораки од системот.

Правилото на минимална категоризација е вметнато во сите алгоритми. Валидна препорака може да биде генерирана само ако сите информации користени за генерирање на препораката се валидни. Веродостојните препораки, пак, се генерираат од валидни и веродостојни податоци. Сите останати препораки и забелешки не се веродостојни и се третираат како сугестии.

Како што се зголемува бројот на корисници во системот, се зголемува и протокот на информации. Тоа доведува до зголемување на бројот на генерирани препораки, а со тоа и бројот на реализирани препораки. На овој начин се менува категоријата на информациите во системот, односно информациите од пониска одат во повисока категорија. Имајќи го ова предвид, се наметнува заклучокот дека се поголемиот број на корисници

доведува до повалидни информации, а со тоа и поверодостојни препораки генерирани од страна на предложениот модел.

4.6 Осврт кон сигурноста и приватноста на податоците во предложениот модел

Основните цели на безбеден здравствен информациски систем се сигурна размена на информации преку мобилните уреди и заштита од употреба на илегални уреди за: пресретнување на пренесените податоци, прислушкување на комуникациските податоци, повторување на застарени информации или разоткривање на здравствената состојба на пациентот.

Постојат многу истражувања во областа на сигурноста и приватноста на мобилните и интернет здравствените апликации [58, 59, 60]. На пример, развојот на протокол за мобилни здравствени системи [61] кој ја поттикнува довербата на корисникот во системот, преку претходно дефинирани политики за контрола на пристап и објавување на податоци.

Со појавата на е-здравството и веб-базираните здравствени услуги, успехот на е-здравството зависи од тоа колку ефикасно пациентите можат да ги добијат и да ги менаџираат информациите поврзани со нивната здравствена состојба. Во изминатата деценија, неколку компании го воспоставија проектот *Liberty Alliance* [62]. Овој проект го промовира воспоставувањето на отворени стандарди, насоки и упатства за менаџирање со приватните податоци. На овој начин се воспоставува „круг на доверба“ (*engl. Circle of Trust - CoT*) - соработка меѓу институциите кои на корисниците им овозможуваат веб-базирани услуги како што се: болници, лаборатории, аптеки и осигурителни компании. Во овој „круг на доверба“, личните информации се менаџираат од страна на „Провајдер на идентитети“ кој обезбедува псевдоними за корисниците. Псевдонимите се користат при размена на податоци за корисникот од страна на институциите. Дополнително, независна ревизорска агенција ги надгледува сите размени на податоци обезбедувајќи валидација на приватноста и верификација за тоа како се користат приватните податоци на корисниците. Ова придонесува корисниците да се чувствуваат сигурни дека нивните лични податоци нема да се споделуваат со други корисници или неовластени лица.

Сигурноста и заштитата на приватните податоци е од значителна важност за успехот на предложениот модел. Самиот модел се базира на огромно количество на податоци, внесени од страна на корисниците, кои понатаму се користат за генерирање на валидни препораки за подобрување на нивната здравствена состојба.

Базирани врз потенцијалните опасности во е-здравството [4], одредени безбедносни критериуми би имале значајно влијание врз перформансите на моделот:

- * *Складирање на податоци и трансмисија* - Во локалните бази на податоци (во мобилните уреди) се чуваат податоците примени од сензорските исчитувања. Овие податоци се чуваат само одреден временски период. Кога постојат проблеми при испраќање на податоци кон здравствените институции или социјалната мрежа и некои од податоците не се испратени, сите трансакции се повлекуваат. Кога сервисот ќе стане достапен, податоците повторно ќе бидат испратени. На овој начин се обезбедува квалитет на сервисните услуги (*engl. Quality of Service - QoS*) што може да обезбеди голема доверливост преку загарантиран проток на податоци и што пократки задоцнувања.
- * *Доверливост на податоци* - Повеќето пациенти, освен потесното семејство и докторот – специјалист, не сакаат никој друг да дознае за нивната здравствена состојба. Затоа, добро е да се користи криптографски алгоритам кој ја криптира здравствената информација и ги заштитува потребните податоци.
- * *Авторизација* - Само авторизирана личност може да пристапи кон личните податоци на корисникот. На неавторизираните личности пристапот им е забранет. Често употребувана е асиметричната криптографија бидејќи нејзините приватни клучеви се разменети само меѓу учесниците во комуникацијата.
- * *Контрола на пристап* - Во традиционалните безбедносни мрежни системи, контролата на пристап одредува дали субјектот може да пристапи кон објектот на основа на пристапна контролна листа.
- * *Приватност* - Секој корисник може да избере кои лични податоци може да бидат јавни. Корисникот може да избере неговите податоци да бидат

јавни: (а) за медицински цели, (б) за сите посетители на социјалната мрежа, (в) за корисниците од неговата категорија, (г) никому. За корисникот да добие соодветна медицинска поддршка треба да се согласи да ги сподели личните информации со здравствените институции и медицинските бази на податоци, чии податоци исто така се заштитени. Размената на информации во предложениот модел ќе се одвива исклучително во согласност со политиката на корисничка согласност.

Иако многу истражувачи од областа на здравството и здравствената заштита се заинтересирани во прибирање на податоци од биомрежите, овие податоци може да содржат многу лични факти кои корисниците не би сакале да ги објават. Потенцијалниот натрапник би можел да го следи мрежниот сообраќај, особено кај незаштитените бежични мрежи, и со тоа да влијае на релациите и идентитетите на учесниците кои комуницираат.

Еден од можните пристапи за решавање на овој проблем е примената на теоријата на доверба: Прво да се идентификува натрапникот и потоа да се исклучи од постоечката здравствена мрежа. Кај оваа техника, довербата може да се дефинира како „степен на доверливост, безбедност или доследност на учесникот при каква било интеракција со друг учесник“ [63]. Ова значи дека ако еден учесник верува на друг учесник, може да се изврши одредена операција преку релацијата на доверба меѓу овие два учесници, воспоставена од перспектива на иницијаторот на комуникацијата. На овој начин може значајно да се подобри безбедноста и доверливоста на мрежата и притоа да се намали комплексноста на традиционалните шеми на доверба, со што би се подобрила и ефикасноста на самиот систем.

Во оваа глава опфатени беа основните карактеристики, организацијата и архитектурата на предложениот модел. Исто така, прикажани беа функционалноста на моделот (преку неколку пример сценарија), дијаграмот на проток на податоци и категоризацијата на информациите во предложениот модел и нивната валидација. На крај беа образложени и неколку безбедносни критериуми кои се од значење за сигурноста и

безбедноста на предложениот колаборативен информациски систем за здравствена заштита.

Предложената организација и архитектура на колаборативниот модел обезбедуваат:

- * зголемена медицинска превенција,
- * побрзо време на реагирање на медицинскиот персонал при итни повици,
- * 24 часовен мониторинг на здравствената состојба на корисникот и извршените физички активности,
- * можност за испраќање на различни известувања за корисниците,
- * автоматска трансмисија на измерените здравствени параметри до медицинскиот персонал,
- * зголемена флексибилност при собирањето на медицински податоци.

Со овие карактеристики предложениот модел нуди можност за зголемена здравствена заштита на корисниците во нивните домови, а со тоа и зголемен медицински капацитет на здравствените институции. Тоа резултира со намалување на севкупните трошоци и на пациентите и на здравствените институции.

Сите овие придобивки водат кон основната цел на предложениот модел, што всушност е и една од главните цели на оваа докторска дисертација - подобрување на квалитетот на животот на корисниците.

5. Дизајн на алгоритмот за препораки во предложениот модел

Во оваа глава ќе бидат разгледани системите за препораки и нивната примена. Потоа ќе се анализираат техниките за филтрирање, нивната поделба и предизвиците со кои се справуваат. При разгледувањето на алгоритмите за класификација ќе бидат потенцирани предностите и недостатоците на дел од нив и ќе биде разгледана можноста за нивна примена во предложениот модел. Понатаму, ќе биде разгледана фази-дискретизацијата и придобивките од нејзината примена.

На крај ќе биде обработен и претставен алгоритмот за препораки, имплементиран како веб-сервис во второто ниво (социјалната мрежа) на предложениот модел. Овој алгоритам генерира препораки за корисниците со кои им сугерира кои физички активности да ги извршуваат со цел да го подобрат своето здравје.

5.1 Системи за препораки

Системите за препораки најчесто се користат од страна на веб-страниците. Нивната цел е да им понудат на корисниците подобро искуство преку сугестии за објекти кои може да се од интерес за корисникот. За препораката да се генерира потребно е да се согледа вкусот на корисникот. Тоа најчесто се прави преку анкети или претходно избрани или разгледувани објекти од страна на корисникот.

Постојат неколку дефиниции за системите за препораки. Според Ricci et al. [64], системите за препораки се алатки и техники кои обезбедуваат сугестии за објекти кои би биле од значење за корисникот. Генерираните сугестии најчесто им помагаат на корисниците во процесот на донесување

одлуки, како на пример кој артикал да го купат, кој музички албум да го слушаат, кои новости да ги читаат итн.

*Amazon.com*⁵, *Jinni.com*⁶, *Facebook.com*⁷ се само неколку веб-страници што ги користат системите за препораки. *Amazon.com* препорачува дополнителни артикли базирани на претпоставката што другите корисници купиле заедно со избраниот артикал. *Jinni.com* предвидува колку даден филм се поклопува со вкусот на корисникот. Додека *Facebook.com* препорачува корисници кои можеби разгледуваниот корисник ги познава.

Врз основа на препораките кои ги генерираат, системите за препораки се класифицираат во три категории: содржински-базирани (*engl. content-based*), системи за препораки со колаборативно филтрирање и хибридни [65]. Кај содржински-базираните системи за препораки, системот препорачува објекти слични на оние за кои корисникот покажал интерес во минатото. Системите за препораки со колаборативно филтрирање ги идентификуваат корисниците чии интереси се слични со разгледуваниот корисник и препорачуваат објекти кои биле од интерес за тие корисници [66]. Хибридните системи за препораки ги инкорпорираат предностите на двете претходно споменати категории и при тоа не ги наследуваат недостатоците на ниту една.

Пред да се генерира каква било препорака, системот за препораки мора да ги „запознае“ барањата и желбите на корисникот, односно неговите карактеристики. Карактеристиките на корисникот често се нарекуваат кориснички профил. Корисничкиот профил се генерира преку собирање и анализа на податоците од интеракцијата меѓу корисникот и системот. При тоа мора да се прави разлика меѓу експлицитно и имплицитно собирање на податоци [67].

Содржински-базираните системи за препораки ги анализираат карактеристиките на објектите и на тој начин ги идентификуваат објектите од значење за корисникот [68]. Овие системи ги идентификуваат корисничките карактеристики преку карактеристиките на објектите за кои корисникот

⁵ <http://www.amazon.com/>

⁶ <http://www.jinni.com/>

⁷ <http://www.facebook.com/>

покажал интерес во минатото. Објектите се карактеризирани со вредности за различни атрибути. Додека корисничките карактеристики може да бидат презентирани преку вредностите кои корисникот ги претпочита за сите атрибути на одреден објект. Системот препорачува објекти чии карактеристики се најслични со оние кои ги посакува корисникот. Содржински-базираните системи за препораки може да дадат препорака познавајќи ги само карактеристиките на корисникот. Често пати кога се имплементира ваков систем потребно е да се ангажира експерт кој би ги анализира карактеристиките на објектите или експертиза која ќе обезбеди автоматизиран процес на евалвација на објектите (на пример машински алгоритми за учење).

Системите за препораки со колаборативно филтрирање генерираат препораки за објекти базирани врз специјални шеми (*engl. patterns*) за рангирање на објектите, без да се идентификуваат нивните карактеристики. Овие системи ја пресметуваат сличноста меѓу два корисници преку анализирање на множество од објекти кои биле од интерес за двата корисника. Кај системите за препораки со колаборативно филтрирање прво се бараат корисници кои се слични со разгледуваниот корисник, а потоа се препорачуваат објекти кои се од интерес на повеќето слични корисници. За да се генерираат подобри препораки овие системи мора да имаат податоци од повеќе корисници.

Разликата меѓу содржински-базираните системи и системите за препораки со колаборативно филтрирање е во тоа што колаборативните системи објектите ги гледаат како „црни кутии“ не анализирајќи ги нивните карактеристики, додека содржински-базираните системи ги анализираат карактеристиките на објектите, односно ја гледаат нивната содржина.

Евалвацијата на системите за препораки е тешка бидејќи алгоритмите покажуваат различни перформанси врз различни бази на податоци [69]. Последните истражувања покажуваат дека при постигнување на оптимум, дадениот алгоритам покажува сличен квалитет со генерираните препораки од останатите алгоритми. Односно, постои „магична бариера“ која спречува да се добијат попрецизни препораки.

5.2 Колаборативни техники за филтрирање

Колаборативното филтрирање е процес на издвојување или евалвирање на објекти со помош на мислењето од група луѓе. Иако овој израз се употребува нешто повеќе од деценија, ваквото филтрирање на податоци луѓето го употребуваат со векови [70]. Многу често луѓето разговараат и дискутираат за книгите кои ги прочитале, филмовите кои ги гледале, рестораните кои ги користеле. Врз основа на мислењето за идивидуите кои ги дале препораките и врз основа на сопствените интереси луѓето избираат дали дадената препорака е добра или лоша. Со тек на време луѓето „учат“ кои препораки се од значење и треба да ги почитуваат, односно како тие препораки им помагаат во одредувањето на квалитетот на објектот.

Колаборативното филтрирање е алатка која со помош на брзината на компјутерите ни овозможува да ги процесираме дадените мислења во реално време. Тоа ни помага не само да одлучиме што одредена поголема група на луѓе мисли за даден објект, туку и да развиеме сопствено мислење за тој објект користејќи ги мислењата од одреден корисник или група на корисници кои се најсоодветни.

Колаборативното филтрирање, како еден од најуспешните приоди во градењето на систем за препораки, при генерирање на препораки или предвидувања за непознати интереси на други корисници ги користи познатите интереси на група корисници [71].

Изразот колаборативно филтрирање за прв пат се јавува во системот *Tapestry*. Подоцна, овој поим е широко прифатен без разлика дали оние кои ја даваат препораката експлицитно соработуваат со оние кои ја примаат. Затоа може да се случи самите препораки да сугерираат објекти кои можеби треба да бидат отфрлени.

Кај системот *Tapestry* [72], кој е развиен од страна на *XeroxPARC*, активностите и мислењата на корисниците се инкорпорираани во база на пораки и систем за пребарување. Од страна на *Maltz & Ehrlich* [73], промовиран е систем за препораки кој им овозможува на корисниците документот кој го читаат и за кој сметаат дека е добар да го испратат до други корисници. Подоцна, во различни области на пазарот се јавуваат

повеќе системи со колаборативно филтрирање како: *GroupLens* [74, 75], *Ring* [76], *Bellcore's Video Recommender* [77].

Техниките за колаборативно филтрирање користат податочни бази со карактеристики и интереси за објекти и корисници со цел да предвидат нова палета на објекти кои би биле од интерес за корисниците. Групирањето на корисниците се врши според одредени нивни карактеристики (интереси или вкусови). На пример жанр на филмови кои ги преферираат, омилена музичка група или пеач итн. Воопштено, постојат $m \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ корисници и листа од $n \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ објекти. Секој корисник u_i има листа на објекти i_{ui} кои ги има оценето, или за кои има покажано интерес преку некое свое однесување. Ваквите оценувања од корисниците се користат да се пресмета сличноста или тежината меѓу корисниците или објектите, односно за секој корисник се наоѓаат неговите „соседи“ (корисници со слични вкусови). Врз основа на оцените од „соседите“ за одреден објект или објекти, и се формира предвидување или препорака за актуелниот корисник.

Оценувањето кај техниките за колаборативно филтрирање може да биде експлицитно или имплицитно. Експлицитно оценување е она во кое корисникот дава мислење за објектот. Овие оценки може да имаат различни форми:

- * *Скаларно оценување* - се состои од нумерички оценки (пример од 1 до 5) или описни оценки (на пример: многу добро, добро, неодредено, лошо, многу лошо);
- * *Бинарно оценување* - претставува изборот се сложувам/не се сложувам или добро/лошо;
- * *Унарното оценување* - индицира дека корисникот го разгледувал, купил или на некој друг начин позитивно го оценил објектот.
- * Немањето оценка индицира дека немаме никаква информација поврзана со одредениот корисник и објект.

Имплицитно оценување е тоа при кое се генерираат мислења врз основа на активностите кои ги прави корисникот. На пример, ако корисникот посети некоја веб-страница и разгледува некој производ, значи корисникот се интересира за тој производ. Ако корисникот го порача тој производ, добиваме индикација дека кај него има многу голем интерес за производот.

Во последните години, техниките за колаборативно филтрирање еволуираа од алгоритми за следење на кориснички интереси до алгоритми кои имаат перформанси на големи комерцијални апликации. Најчесто техниките за колаборативно филтрирање се делат на:

- * *мемориски-базирани* (*engl. memory-based*) - алгоритми кај кои сите оценки, објекти и корисници се чуваат во меморија;
- * *модел-базирани* (*model-based*) - алгоритми кои периодично генерираат сумарни оценки офлајн и
- * *хибридни алгоритми*.

Во однос на организацијата алгоритмите за колаборативно филтрирање се делат на: *не-веројатносни* (*engl. non-probabilistic*) и *веројатносни* (*engl. probabilistic*) алгоритми.

При генерирање на препорака или предвидување кај мемориски-базираните алгоритми се користи цело множество на корисник-објект оценки. Секој корисник кај овие алгоритми е дел од група на корисници со слични интереси. Препораката или предвидувањето за актуелниот корисник се генерира преку идентификација на т.н. „соседи“ за тој корисник. Овие алгоритми се лесни за имплементација и имаат добри перформанси кога имаме бази на податоци со голем број на записи. Нивниот недостаток е тоа што зависат од корисничките оценувања, имаат лоши перформанси кога станува збор за бази на податоци со мал број на записи и имаат ограничена скалабилност кај многу големи множества на податоци. Најпознат мемориски-базиран алгоритам за колаборативно филтрирање е „к-најблиски соседи“ [70].

Модел-базираните техники ги користат необработените податоци да генерираат знаење за модел со помош на кој ќе генерираат предвидувања. Дизајнот и развојот на модел-базираните техники се заснова на моделите како машинско учење или податочно рударење. Овие модели му овозможуваат на системот да ги препознае комплексните примероци на основа на претходно утврдено тренинг множество, и потоа да направи интелегентно предвидување за тест или реално множество на податоци. Модел-базираните техники се развиваат со цел да ги решат недостатоците на мемориски-базираните алгоритми. Нивни недостатоци се: непрактичност

кога станува збор за бази на податоци со екстремно мал број на записи, користење на димензионирано редуцирање или трансформација на повеќе класни податоци во бинарни (што доведува до намалување на перформансите при генерирање на препораки), високи трошоци за креирање на модел и загуба меѓу предвидените перформанси и скалабилноста кај некои од алгоритмите. Најпознати модел-базирани техники се Баесови мрежи (*engl. Baesyan belief Nets*) [78, 79, 80], кластерирачки модели за колаборативно филтрирање [81] и латентни семантички модели за колаборативно филтрирање [82].

Повеќето хибридни техники за колаборативно филтрирање ги комбинираат модел-базираните со содржински-базираните техники или други системи за препораки. На овој начин тие ги минимизираат недостатоците и ограничувањата на двата системи, а ги подобруваат карактеристиките на предвидувањата и препораките. Покрај подобрените перформанси хибридните техники за колаборативно филтрирање се засноваат на надворешни содржински информации. Овие содржински информации се најчесто недостапни и генерално имаат зголемена комплексност. Како пример за хибридни техники за колаборативно филтрирање би ги навеле содржинско-подобрен колаборативен алгоритам (*engl. contentboosted algorithm*) [83] и лични дијагнози (*engl. Personality Diagnoses - PD*) [84].

Колаборативните системи кои обезбедуваат брзи и прецизни препораки се доста атрактивни и профитабилни за компаниите. За колаборативниот систем да обезбеди висококвалитетни препораки или предвидувања, потребно е да ги исполни сите барања и предизвици на поставената задача. Техниките за колаборативно филтрирање мора да имаат можност да работат со бази на податоци со многу мал број на записи, со зголемување на бројот на корисници и објекти да вршат навремени пресметки, да генерираат добри (прецизни) препораки во краток период и да се справуваат со останатите проблеми како синоними (кога исти или слични објекти имаат различни називи), пикови (*engl. shilling attacks*), безвредни податоци, проблеми на приватност и заштита на податоците.

Во практика се користат многу комерцијални колаборативни системи за евалвација на голем број на продукти. Во таквите случаи, корисник-објект матрицата која се користи во колаборативното филтрирање, содржи многу мал број на записи, па генерирањето на препораки или предвидувања е доста тешко. Овој предизвик, често наречен реткост на податоци (*engl. data sparsity*), може да се јави во неколку ситуации. Проблемот нов почеток (*engl. cold start*) се јавува кога се внесува нов корисник или објект во системот, и тешко е да се најде множество на корисници или објекти кои се слични на истиот бидејќи системот нема доволно информации. Имено, новиот објект неможе да биде препорачан се додека за него не добиеме некаква оцена, односно корисникот нема никаква историја на основа на која може да му се даде некаква препорака. Процентот од бројот на објекти за кој алгоритмот може да генерира препораки во однос на севкупниот број на објекти во системот, се нарекува покриеност на алгоритмот. Проблемот на намалена покриеност се јавува кога бројот на кориснички оценки е многу мал во споредба со големиот број на објекти во системот, па системот не е во можност да генерира препорака за тие објекти. Различни соседи (*engl. neighbor transitivity*) е проблем кој исто така се јавува кога имаме мал број на записи. Односно, во овој случај корисниците со слични интереси може да не бидат идентифицирани како слични, ако немаат оценето исти објекти. Ова може да го отежни генерирањето на препорака или предвидување и на тој начин да ја намали ефективността на системот за препораки.

Кога бројот на корисници и објекти екстремно брзо расте, традиционалните техники за колаборативно филтрирање ќе се соочат со проблемот на скалабилност. Пресметковните брзини на користените компјутерски ресурси не можат да го опслужат обемот на реални податоци. На пример, ако имаме милиони на корисници M и милиони на објекти n , комплексноста на колаборативниот алгоритам $O(n)$ е веќе премногу голема. И, за колаборативните системи да можат да реагираат на онлајн побарувањата на корисниците тие мора да се високо скалабилни и да овозможуваат користење на дополнителни компјутерски ресурси.

Синонимите претставуваат објекти кои се многу слични, но имаат различни имиња. Повеќето колаборативни системи не се во можност да ги

пронајдат синонимите, односно да ја откријат нивната скриена врска, и ги сметаат овие објекти за различни. На овој начин се намалува можноста за препорака на објекти со исти или слични карактеристики, но, со различни називи (на пример, камион и товарно возило). Еден од можните начини на решавање на овој проблем е со помош на генерирање речник на синоними како дел од колаборативниот систем.

Пикови (*engl.shilling attacks*) се јавуваат кога корисниците своите објекти ги оценуваат со многу високи оценки, а објектите на конкуренцијата со многу ниски. Идентификацијата и решавањето на овој проблем е од суштинско значење за системите со колаборативно филтрирање, бидејќи овој проблем значително влијае на ефективността на системот, односно на веродостојноста на неговите препораки и предвидувања.

5.3 Алгоритми за класификација

Класификацијата во машинското учење се дефинира како идентификација на подпопулацијата на која припаѓаат новите набљудувања. Оваа идентификација се врши на основа на тренинг множество од податоци кои содржат набљудувања чии подпопулации се познати, а идентитетот на подпопулацијата е непознат. На ваков начин, според тренинг множеството во кое постојат веќе направени групирања, новите индивидуи се поставуваат во групи според квантитативните информации за една или повеќе карактеристики (атрибути). За да се изврши категоризација во моделот претставен во оваа докторска дисертација, потребно е да се одреди врз основа на кои атрибути (медицинска дијагноза, тежина, регион, крвен притисок, ниво на шеќер) ќе се врши категоризацијата на корисниците.

Најкористени класификатори се наивен Баесов алгоритам, k-најблиски соседи, дрва на одлуки, невронски мрежи и машини со носечки вектори.

Наивниот Баесов класификатор е едноставен веројатносен класификатор кој ја применува Баесовата теорема со претпоставки за независност меѓу карактеристиките [85]. Наивниот Баесов класификатор претпоставува дека присутноста (или отсутноста) на конкретна карактеристика на класа е неповрзана со присутноста (или отсутноста) на

која било друга карактеристика. Веројатносниот модел што се користи може да се претстави со следната формула:

$$p(C|F_1, \dots, F_n) = \frac{p(C)p(F_1, \dots, F_n|C)}{p(F_1, \dots, F_n)} = \frac{p(C) \prod_{i=1}^n p(F_i|C)}{p(F_1, \dots, F_n)} \quad (1)$$

Да се открие на која класа припаѓа новата инстанца се бара максимална постериорна веројатност. Сите параметри на моделот (класните приори и веројатносните дистрибуции на карактеристиките) можат да се апроксимираат со релативните фреквенции од тренинг множеството. За параметрите на дистрибуција на карактеристиките да се пресметаат, треба да се претпостави дистрибуција или да се генерира непараметарски модел за карактеристиките од тренинг множеството. Ако се справуваме со континуални податоци, типична претпоставка е дека континуалните вредности асоцирани кон секоја класа се дистрибуирани со Гаусова дистрибуција. Во овој случај потребно е да се најдат средната вредност μ_c и варијансата σ_c на нормалната распределба. Овие параметри се определуваат од тренинг множеството. Откако ќе се пресметаат параметрите, може да се пресмета веројатност во која било точка v .

$$P(x = v|c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_c^2}} e^{-\frac{(v-\mu_c)^2}{2\sigma_c^2}} \quad (2)$$

Во нашиот случај, наивниот Баесов класификатор може да даде добри резултати при класификација на нови корисници. Може да се претпостави нормална распределба за секој од атрибутите на корисниците и откако со помош на податоците од тренинг популацијата ќе се одредат кои се параметрите на нормалната распределба за секој атрибут, да се пресмета која е постериорната веројатност за секоја од класните лабели. Новиот корисник ќе се смести во онаа класа за која постериорната веројатност е максимална.

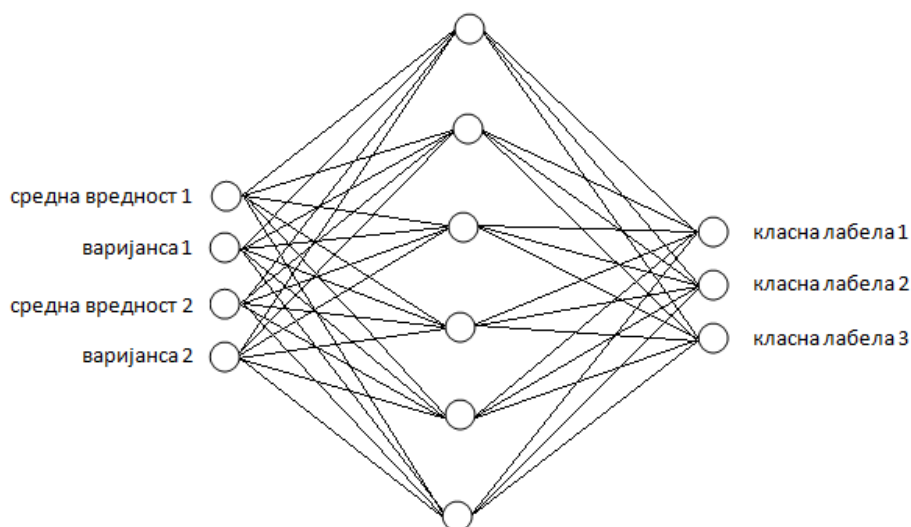
Друг алгоритам за класификација кој може да се искористи е алгоритмот k -најблиски соседи. Овој метод е еден од наједноставните алгоритми од машинското учење [86, 87]. k -најблиски соседи се користи за

класификација на објекти според најблиските тренинг примероци. Имено, објектот (во нашиот систем корисникот) се класифицира според мнозинство на гласови од неговите соседи и се доделува на класата што се јавува најчесто меѓу неговите k најблиски соседи. Тренинг множеството претставува множество од лабелирани примероци. Кај овој алгоритам не постои тренинг фаза, сите лабелирани примероци учествуваат во процесот на класно одлучување за новите примероци. Кога ќе пристигне нов примерок, се пресметува растојание до сите примероци од тренинг множеството. Како метрика при пресметувањето на растојание обично се користи Евклидово растојание. Се избира број на најблиски соседи и се наоѓаат k -те најблиски соседи до новиот примерок. Врз основа на мнозинството гласови се добива класната лабела на новиот примерок. Недостатокот кај овој алгоритам е што за одредување на класната лабела треба да се испита целата тренинг популација.

Дрвата на одлука се предиктивен модел кој ги мапира набљудувањата за некоја инстанца во заклучоци за нејзината класа [88]. Кај овие структури, листовите претставуваат класификации, а гранките ги претставуваат условите за карактеристиките што водат до тие заклучоци. Дрвото може да се научи преку поделба на множеството од инстанци на подмножества според тестот на вредноста на некој атрибут [89]. Овој процес рекурзивно се повторува на секое ново подмножество. Рекурзијата се комплетира кога подмножеството на некој јазол има иста класна лабела.

Ако сакаме да извршиме категоризација на корисниците според неколку нивни карактеристики, најпогодно би било да се примени дрво на одлука. Правилата, одредени од страна на надворешни експерти, би биле во облик: корисниците со карактеристика¹ во интервалот (A, B) и карактеристика² во интервалот (C, D) ќе се определуваат во иста класа. Овие правила најлесно можат да се научат со помош на дрво на одлука. Откако со помош на тренинг множеството ќе се креира дрвото на одлука, многу брзо може да одлучи која е класната лабела на некој корисник. Треба да се напомене дека овие правила може и директно да се применат врз карактеристиките на секој корисник без да се користи тренинг множество т.е. лабелирање на одреден број случајно избрани примероци. Но ако надворешни експерти не можат

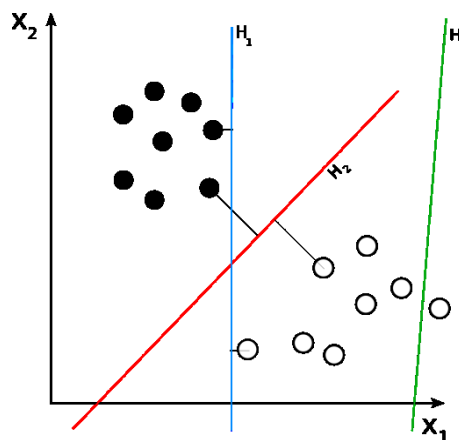
директно да ги определат правилата, корисно е претходно да се извршат лабелирања и алгоритамот сам да ги открие тие правила.



Слика 7 - Невронска мрежа која врши класификација на корисници во три класи, врз основа на четири атрибути

Еден од подобрите класификатори кој може да се користи во предложениот модел е невронската мрежа. Секоја од вредностите на атрибутите на корисниците прво треба да се нормализира во граници од 0 до 1. Потоа се дефинира архитектурата на невронската мрежа. Таа треба да има еднаков број на влезови со бројот на атрибути на корисникот (врз основа на кои се врши класификацијата), а бројот на излези треба да одговара на бројот на класни лабели. Лабелираната популација треба да се раздели на тренинг, тест и валидациско множество. Прво треба да се тренира невронската мрежа со помош на тренинг популацијата да се научат нејзините тежини [90]. Потребно е да се изврши вкрстена валидација (*engl. cross-validation*) да се одреди оптималниот број на итерации за тренирање на невронската мрежа. Излезот од невронската мрежа треба да асоцира на класната лабела за конкретниот влез. Кај примероците што се користат за тренирање само еден излез е 1. Тоа е излезот кој се поврзува со класната лабела што одговара на истите. Останатите излези се 0. За извршување на класификација, на влез на невронската мрежа се става репрезентацијата на корисникот, а на излезите се добиваат реални броеви во интервалот $[0, 1]$. Лабелата што одговара на излезот со максимална вредност се дефинира како класна лабела на новиот примерок. На Слика 7 прикажано е како би

изгледала невронската мрежа за четири атрибути, три класи и шест неврони во скриениот слој.



Слика 8 - H_1 ги одделува со мала маргина, H_2 ги одделува со максимална маргина и H_3 не ги одделува двете класи

Машините со носечки вектори се концепт за множество од методи за надгледувано учење кои ги анализираат податоците и откриваат шеми [91, 92]. Тие припаѓаат на групата на неверојатносни бинарни линеарни класификатори. Машините со носечки вектори конструираат хипер-рамнина или множество од хипер-рамнини во многу димензионален простор што потоа може да се користи за класификација. Добро одделување се постигнува со хипер-рамнина што има најголемо растојание до најблиската инстанца од која било класа, затоа што со зголемување на маргината, се намалува грешката на класификаторот.

Во Табела 2 се прикажани предностите и недостатоците на петте претходно објаснети класификатори. Податоците во оваа табела се преземени од литературата од областа на алгоритми за класификација.

Врз основа на наведените предности и недостатоци, за секоја од петте техники за класификација дадено е објаснување зошто би можела или не би можела да се користи во моделот предложен во оваа докторска дисертација.

Според забелешките дадени во табелата, погодни алгоритми за класификација во предложениот модел се: наивниот Баесов класификатор, дрвата на одлуки и невронските мрежи.

Табела 2 - Предности и недостатоци на 5-те најкористени класификатори

класификатор	предности	недостатоци	употреба во нашиот модел
наивен Баесов класификатор	·веројатносен модел ·брз ·просторно ефикасен (особено кога бројот на примероци е мал) ·робустен во однос на несигурноста (<i>engl.noise</i>) која се наоѓа во реалните податоци	·нема капацитет за решавање комплексни проблеми на класификација ·неможе да се употребува кога меѓу атрибутите за класификација постои зависност	·Може да се употреби во нашиот модел заради неговата едноставност, брзина и просторна ефикасност. Во нашиот модел атрибутите за класификација се независни.
k-најблиски соседи	·едноставен за разбирање ·лесен за имплементација и одржување ·интерпретирачки	·може да има лошо време на одсив (бавен) ако тренинг множеството е големо ·многу осетлив на ирелевантни или редундантни атрибути	·Не може да се користи во нашиот модел заради неговата мала брзина (мала пресметковна моќ) и потреба од испитување на целата популација за одредување на класната лабела на нов корисник.
дрво на одлуки	·брз ·интерпретирачки ·има флексибилност во избирањето на различни подмножества на атрибути на различни јазли на дрвото ·користи помал број на атрибути во секој следен јазол на дрвото	·врши преклопување, особено кога бројот на класните лабели е голем ·два јазли имаат барем една заедничка класна лабела ·може да се јави акумулација на грешка на секое следно ниво ако дрвото е големо ·може да се јави проблем во минимизирањето на очекуваниот број на тестови потребни да се класифицира нов корисник	·Може да се користи во нашиот модел заради неговата брзина, но мора да се внимава бројот на класни лабели да биде помал.

невронски мрежи	·брз тренинг процес ·може да изврши класификација и кога бројот на атрибути е мал ·примероците за тренинг може да се додадат или отстранат без ретренирање ·високи перформанси за многу тешки проблеми на класификација	·бавно извршување на мрежата ·побарува големи мемориски капацитети ·побарува репрезентативно тренинг множество	·Може да се користи во нашиот модел заради високите перформанси во класификацијата со многу атрибути. Но мора да се земе предвид бавното извршување на мрежата.
машини со носечки вектори	·робустен ·може да работи добро со мало тренинг множество ·може да процесира високо-димензионални податоци ·високи перформанси за многу тешки проблеми на класификација ·обезбедува добра генерализација на излезните примероци	·ограничена брзина ·побарува големи мемориски капацитети ·висока комплексност на алгоритмот	·Не може да се користи во нашиот модел заради ограничената брзина и побарувањето на големи мемориски капацитети.

5.4 Фази-дискретизација

Методите за дискретизација ги категоризираат континуалните вредности на атрибутите во број што претставува даден интервал на дискретизација. Но, некогаш е тешко да се одреди соодветниот интервал на дискретизација. Во дискретизацијата (*engl. rough discretization*) вредноста на континуалниот атрибут може да припаѓа само на еден интервал. Ова особено е проблем за вредностите кои се наоѓаат околу границите на интервалите и може да доведе до губење на информации. Затоа често се користи фази-дискретизацијата⁸ (*engl. fuzzy discretization*) кај која

⁸ Македонскиот превод за поимот *fuzzy* е *непрецизен*, но многу често и во македонската литература може да се сретне како *фази*.

интервалите на дискретизација не мора меѓусебно да се исклучуваат. Односно, фази-дискретизацијата овозможува преклопување на интервалите, и вредностите може да припаѓаат во повеќе интервали за дискретизација со одреден степен на припадност. Овој пристап овозможува поедноставување на сложената реалност со која се соочуваме во процесот на дискретизација на атрибутите [93]. Примената на ако-тогаш фази правила исто така ја подобрува интерпретабилноста на резултатите и обезбедува подобар увид во структурата на класификацијата и процесот на донесување одлуки [94].

Фази-дискретизација е од особено значење кај здравствените параметри. Имено, заради континуалната природа на овие параметри, фази системите се многу поблиски до медицинската реалност и овозможуваат добар опис на здравствените параметри користејќи го фази формализмот и симболите [95]. Затоа фази-дискретизацијата, во предложениот модел, се јавува како добра алатка која од една страна ги задоволува потребите на информациските системи, а од друга страна, погодна е за преставување на здравствените параметри.

Во понатамошниот текст ќе бидат опфатени неколку примери од литературата каде се користи фази логика во процесот на дискретизација или во процесот на класификација.

Choi et al. во [96], предлагаат генетски метод за фази-дискретизација. Тие сакаат да ги оптимизираат параметрите кои ја специфицираат фази-поделбата како бројот на интервали, големината на интервалите и степенот на преклопување, кој е одреден од функцијата на припадност (*engl. fuzzy membership function*), со цел да добијат попрецизен метод за дискретизација. Во нивниот експеримент вклучуваат три методи на дискретизација. Според добиените резултати генетскиот метод за фази-дискретизација ја подобрува прецизноста на класификацијата со доверба поголема од 99%.

Amo et al. [97], опишуваат неколку битни карактеристики на системите за фази-дискретизација и го анализираат нивното влијание врз конкретен модел за класификација. Нивните истражувања покажуваат дека покриеноста и релевантноста на системите за фази-дискретизација може да доведат до бришење или додавање на нови класи, но редувантноста може да доведе до нови класи кои би биле некаков спој од претходно издвоените

класи. Авторите сметаат дека во однос на функциите на припадност и фази правилата потребно е да се направат повеќе истражувања на реални примери. Според нив, иако во одредени случаи фази-дискретизацијата не е најдобрата опција, постојат многу проблеми во дискретизацијата каде се јавува потреба од групи класи кои се преклопуваат и можност некои објекти да припаѓаат на повеќе класи. *Amo et al.* потенцираат дека евалвацијата на фази-дискретизацијата е сложен проблем кој има потреба од поголеми истражувања.

Во трудот на *Chiang & Hsu* [98], презентираан е алгоритам кој користи фази-класификациски дрва. Ова е нов модел кој во себе интегрира фази класификатори и дрва на одлуки. Фази-класификациското дрво нуди подобри перформанси во носењето на заклучоци, бидејќи во овој модел се предвидува степенот на припадност на одреден објект во сите класи наместо да се избира по една класа за секој објект. Ова ја зголемува веројатноста за носење на добра одлука. Можноста која ја нуди овој модел, според авторите, го прави добра алатка за генерирање на фази правила или генерирање на знаење од бази на податоци. Авторите на трудот, примената на фази-класификациското дрво ја гледаат во области како бизнисот или медицината, каде се располага со огромни количества на податоци, а прецизноста е од голема важност.

Krupka & Jirava [99], предлагаат хибриден модел за класификација на податоци базиран на теоријата за множества и непрецизни (фази) множества (*engl.fuzzy sets*). Тие презентираат и оригинална алатка *RSTBox* за процесирање на податоци и автоматско генерирање на правила. Целта на овој модел е да се постигне највисока можна прецизност во класификацијата, односно најмала грешка. Прецизноста на класификацијата е претставена како процент од точно класифицираните објекти во однос на сите класифицирани објекти. Верификацијата на предложениот модел е направена со експеримент врз две различни бази. Резултатите покажуваат дека прецизноста на класификацијата на објектите од првата база е 93,33%, а на објектите од втората класа 95%. Врз основа на споредбите на овие резултати со експериментални резултати од други методи авторите тврдат дека овој модел е функционален, релативно успешен (во споредба со

останатите модели) и може да се користи за класификација на различни бази на податоци.

Во трудот на *Banda & Angryk* [94] претставени се експерименталните резултати од користењето на фази кластерирањето како техника за дискретизација во процесот на препознавање на соларни слики (*engl. solar images*). Авторите на овој труд ги применуваат фази-техниките, заради прецизноста која ја нудат, во области каде не може да се одредат јасни граници на кластерите. Добиените експериментални резултати покажуваат дека применетата класификација врз дискретизирани податоци дава резултати слични со резултатите кои би се добиле од класификацијата на оригиналните податоци. Но, според авторите, предноста во користењето на дискретизирани податоци е намалувањето на меморискиот простор кој се користи за чување на податоците. Ова е од огромно значење во решавањето на проблемите за недостаток на мемориски капацитети.

Во погоре споменатите примери фази-логиката најчесто се користи во процесот на дискретизација и класификација на податоци. Во моделот предложен во оваа дисертација, фази-логиката се користи само во процесот на дискретизација. Затоа во иднина за процесот на дискретизација на податоците во предложениот модел ќе се користи терминот фази-дискретизација.

5.5 Карактеристики и цели на алгоритмот за препораки во предложениот модел

Еден од најважните делови на предложениот колаборативен модел за здравствена заштита е алгоритмот за препораки. Тој генерира препораки во кои им сугерира на корисниците физички активности кои би ја подобриле нивната здравствена состојба. Алгоритмот ги генерира препораките на основа на сегашната и претходната здравствена состојба на разгледуваниот корисник, каде здравствената состојба се одредува преку измерените здравствени параметри и извршените физички активности од страна на корисникот.

Последните мерења на здравствените параметри на корисникот ја презентираат моменталната здравствена состојба на корисникот. Ако некои

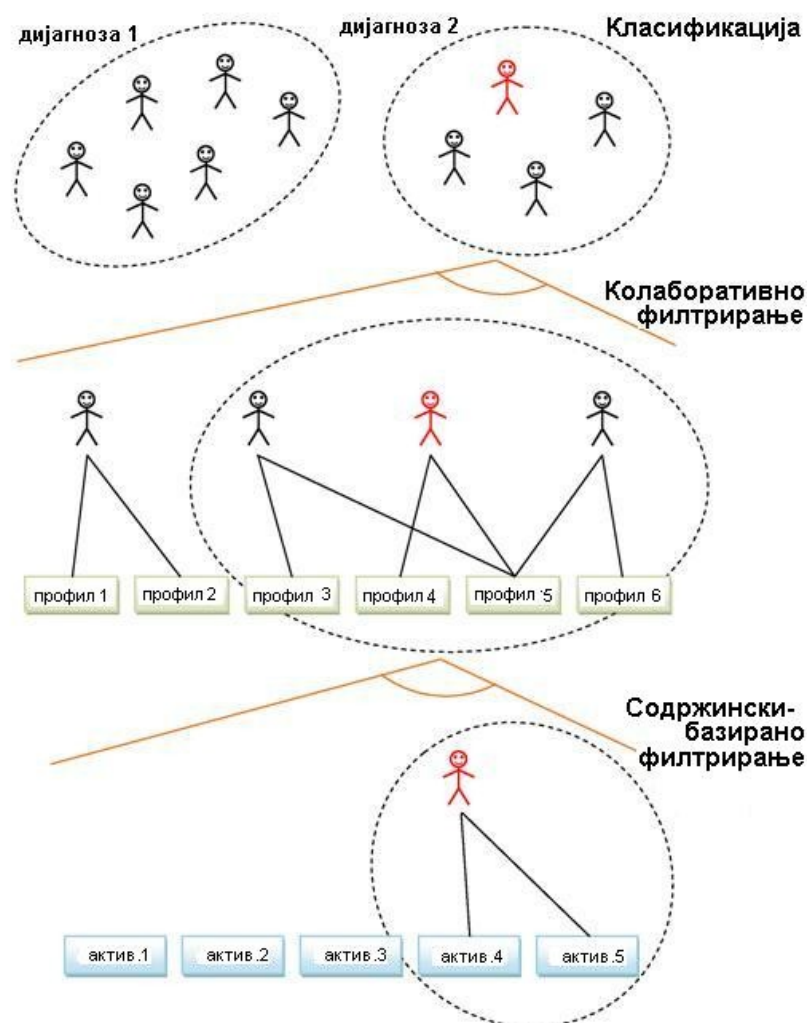
од овие параметри не се во рамките на нормалните вредности, системот претпоставува дека здравствената состојба на корисникот е влошена и предлага активност со која би се подобрила неговата моментална здравствена состојба. Предложениот алгоритам за препораки ја анализира здравствената историја на корисникот и ги одредува карактеристиките на сите активности со цел да ја препорача најсоодветната активност во согласност со неговата моментална здравствена состојба. Секоја активност има различно влијание врз промената на здравствените параметри. Некои активности ја зголемуваат вредноста на даден параметар, а други ја намалуваат. Ова влијание на активноста врз здравствените параметри е од суштинско значење при предлагањето вистинска активност во различни ситуации.

Иако предложениот алгоритам за препораки има доста сличности со системите наведени во претходните глави, главниот концепт на овој алгоритам е влијанието на физичките активности врз промената на здравствените параметри на корисникот, а не која активност корисникот повеќе го интересира или би ја одбрал. Она што сакаме да го постигнеме е подобрување на здравствената состојба на корисникот преку предлагање на соодветни физички активности и нивни параметри (вид, времетраење, должина на патека итн.).

Алгоритамот за препораки има три нивоа на филтрирање, прикажани на *Слика 9*. Првото ниво е класификација каде сите корисници припаѓаат на класа одредена врз основа на нивната медицинска дијагноза (диабетес, срцеви заболувања итн.). Корисниците со различни дијагнози припаѓаат на различна класа. Ова е важно бидејќи некои активности може лошо да влијаат врз одредена група на корисници, односно врз корисници со одредена дијагноза. На пример, брзото трчање неможе да се препорача на корисници со сериозни срцеви заболувања.

Второто ниво во алгоритамот се однесува на колаборативното филтрирање. Секој корисник има историја на здравствени состојби (здравствена историја или здравствен профил). Важно е да се најдат корисниците кои во даден момент во минатото имале слична здравствена состојба со моменталната здравствена состојба на разгледуваниот корисник.

Техниката која се користи може да се разгледува како колаборативно филтрирање на слични здравствени профили.



Слика 9 - Нивоа на филтрирање во алгоритмот за препораки

На третото ниво се разгледува здравствената историја и историјата на извршени физички активности од страна на сличните корисници. При тоа се разгледува како секоја активност влијаела врз промената на здравствените параметри на корисниците. На овој начин се добива доста добра апроксимација на потенцијалниот ефект што би го имала дадена активност врз здравствената состојба на разгледуваниот корисник. Во овој дел се разгледува и влијанието на карактеристиките на активността (вид, времетраење, должина на патека) со цел да се добие подобра препорака. Со други зборови, се разгледуваат карактеристиките на активността и се користат колаборативни техники за филтрирање да се издвојат активностите кои најповолно би влијаеле врз здравствената состојба на разгледуваниот

корисник. Всушност, врз основа на вредностите на здравствените параметри на корисникот се избира физичка активност која ќе ги нормализира тие вредности.

5.6 Опис на алгоритмот за препораки во предложениот модел

Во алгоритмот се користат неколку множества:

- * U – множество на корисници,
- * P – множество на параметри,
- * A – множество на активности.

Ознаката која ја користиме за корисникот за кој се генерира препораката, односно разгледуваниот корисник е u^* .

Репрезентацијата на корисникот (кориснички профил), во предложениот модел, се прави врз основа на пет параметри: индекс на телесна маса (BMI), возраст, географски регион, крвен притисок, ниво на шеќер во крвта, срцев пулс. Со помош на фази-дискретизација се прави дискретизација на вредностите на овие параметри.

За секој параметар постојат неколку интервали на дискретизација. Секој корисник има фактор на припадност за секој од овие интервали во зависност од вредноста на неговите параметри. На пример, ако параметарот P има три интервали на дискретизација A , B и C , факторот на припадност на еден корисник за овој параметар се (a, b, c) каде a , b и c се вредности во опсегот $[0, 1]$. Тие претставуваат колку корисникот припаѓа на соодветните интервали. Односно за секој параметар постои множество од класи и секоја вредност на параметарот припаѓа кон секоја од класите со вредност $[0, 1]$. За секоја од овие класи постои функција на припадност дефинирана на целиот интервал на можни вредности на параметарот. Ознаките кои ќе се користат понатаму се:

- * L_p – множество од класи за параметарот p ,
- * $broj(X)$ – број на елементи во множеството X ,
- * $broj(x)$ – број на можни вредности за променливата x ,
- * $MV_{u,p,l}$ – вредност на функцијата за припадност за корисникот u кон класата l за параметарот p .

Вредностите $MV_{u,p,i}$ се дефинирани за секој корисник. При одредувањето на овие вредности се користат податоците од исчитувањата на корисниците за секој параметар и функциите на припадност кон класите на секој параметар.

Исчитувањето на параметрите, во предложениот модел, се прави во редовни временски интервали (еднаш во текот на 24 часа). При секое читање вредноста на параметрите се запишува во меморија во формат: *параметар (шифра), вредност, датум/време*. Додека, класификацијата на корисниците се прави во редовни временски интервали (на пример еднаш неделно).

Во понатамошниот текст ќе бидат објаснети чекорите на алгоритмот за препораки.

Чекор 1 - Класификација на корисници. Се филтрираат сите корисници со одредена дијагноза (на пример, зголемен шеќер во крвта). Сите корисници со дијагноза различна од дијагнозата на разгледуваниот корисник u_* нема да бидат земени предвид во следните чекори на алгоритмот.

$$U' = \text{filter_po_diagnoza}(U, u_*), \text{ при што } U' \subseteq U \quad (3)$$

Чекор 2 - Формирање на кориснички вектор. Во овој чекор се формира кориснички вектор UFV за секој член од множеството U' . Овој вектор $UFV(C_1, C_2, \dots, C_N)$ содржи N компоненти, каде N е бројот на параметри. Компонентата C_i е исто така вектор кој ги содржи вредностите на факторите на припадност кон секој од интервалите на дискретизација на параметарот i за даден корисник. Во нашиот случај имаме четири параметри во корисничкиот вектор: индекс на телесна маса (BMI), возраст, крвен притисок и ниво на шеќер во крвта.

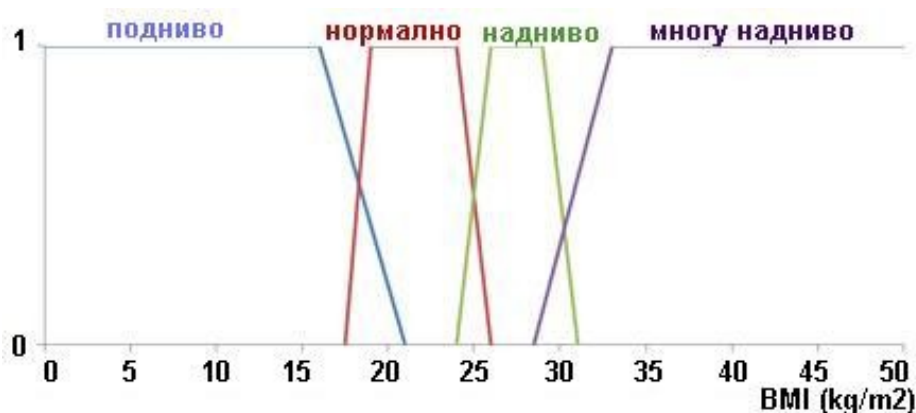
Иако не се дел од корисничкиот вектор, во натамошните пресметки се земаат предвид и вредностите за географската позиција на корисникот (GPS координатите) и срцевите отчукувања. Срцевите отчукувања се идентификатор за интензитетот на активноста, односно дали корисникот може или неможе да го зголеми интензитетот на активноста која ја извршува. GPS координатите се користат во процесот на наоѓање на корисници со

слични карактеристики кои се географски поблиски до разгледуваниот корисник.

BMI. Индексот на телесна маса е тежина-висина индикатор за дебелината на корисникот. Овој индикатор е дефиниран како количник од тежината и квадратот на висината на корисникот.

$$BMI = \frac{tezina[kg]}{(visina[m])^2} \quad (4)$$

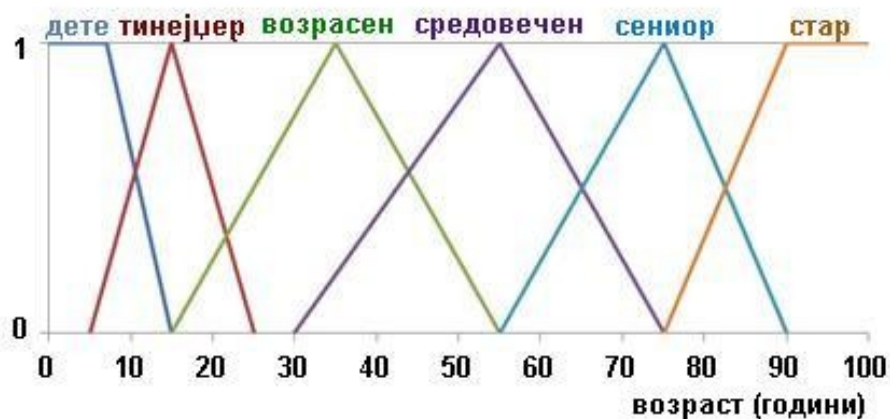
Интервалите на дискретизација за *BMI* се: подниво, нормално, надниво, многу надниво. Овие интервали се земени според класификацијата објавена од страна на Светската здравствена организација [100]. Визуелно, фази-функциите за дискретизација на *BMI* параметарот се преставени на *Слика 10*. Со користење на овие функции се дискретизираат вредностите на овој параметар. На тој начин се добива векторот на индексот на телесна маса кој содржи четири фактори на припадност (за соодветните интервали) за даден корисник.



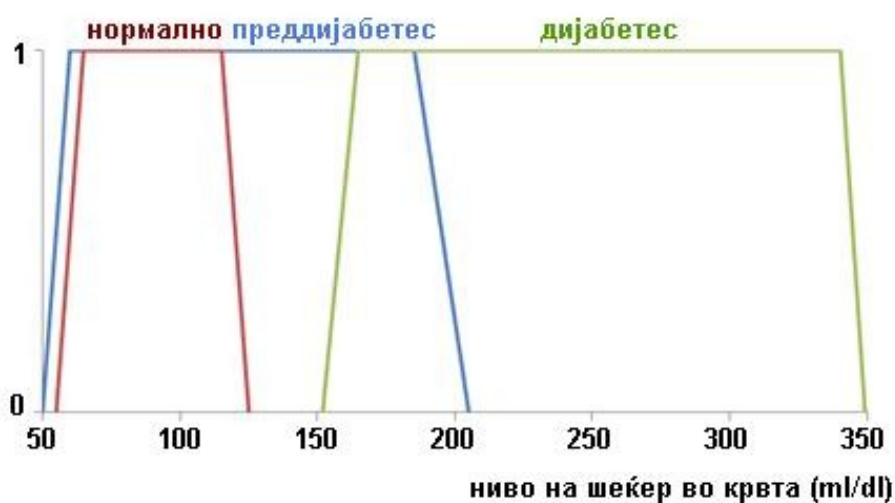
Слика 10 – Фази-функции за дискретизација на вредноста на BMI на корисникот

Возраст. Дискретизацијата на возраста на корисникот се прави во 6 интервали: дете, тинејџер, возрасен, средовечен, сениор, стар. Фази-функциите за дискретизација се претставени на *Слика 11* [101].

Крвен притисок. Интервалите на дискретизација за вредноста на крвниот притисок се: оптимален крвен притисок, нормален крвен притисок, нормална вредност на систолен притисок, блага хипертензија, умерена хипертензија и висок крвен притисок. Во процесот на дискретизација се земаат предвид и двете вредности на систолен и дијастолен крвен притисок.



Слика 11 – Фази-функции за дискретизација на возраста на корисникот



Слика 12 – Фази-функции за дискретизација на параметарот ниво на шеќер во крвта

Ниво на шеќер во крвта. Нивото на шеќер во крвта е претставено со следните интервали на дискретизација: нормално, преддијабетес, дијабетес. Дискретизацијата на овој параметар се прави со помош на фази-функциите прикажани на Слика 12.

Чекор 3 - Одредување на најсличните корисници со разгледуваниот корисник u_i . Во овој чекор се одредуваат m корисници кои имаат најслични карактеристики со разгледуваниот корисник. За таа цел претходно треба да се издвојат параметрите врз основа на кои ќе се одредува сличноста. Односно да се формира множеството P' .

$$P' = \text{parametri_za_odreduvanje_na_slicnost}(P), \text{при што } P' \subseteq P \quad (5)$$

За да се одредат сличните корисници треба да се пресметаат коефициентите на сличност меѓу корисникот u_* и секој друг корисник u_i од множеството U' со користење на Евклидово растојание. Формулата според која се пресметува коефициентот на сличност е:

$$d_{*,i} = \sum_p t_p \cdot \text{normaliziraj}_p \left(\sqrt{\frac{\sum_l^{L_p} (MV_{*,p,l} - MV_{i,p,l})^2}{\text{broj}(L_p)}} \right) \quad (6)$$

Функцијата $\text{normaliziraj}_p(x)$ враќа вредност во интервалот $[0, 1]$ и ја одредува нормализираната блискост на двата корисници $*$ и i за (според) параметарот p . Бидејќи аргументот на функцијата сигурно се наоѓа во интервалот $[0, 1]$ оваа функција е линеарна т.е.

$$\text{normaliziraj}_p(x) = x \quad (7)$$

Ако понатамошните истражувања покажат дека за нормализација на одреден параметар е потребна некоја специфична функција, тогаш дадената линеарна функција може да се замени со друга посоодветна функција за тој параметар.

Со t_p се дефинира тежината на секој параметар во однос на сличноста меѓу корисниците. Поголема тежина значи поголем придонес на параметарот p во глобалната сличност на двата корисници.

Множеството U'' на m најслични корисници со разгледуваниот корисник u_* , се формира од корисниците кои имаат најмала вредност за коефициентот на сличност $d_{*,i}$.

$$U'' = \text{odredi_najslicni_korisnici}(U', d_{*,i}), \text{ при што } U'' \subseteq U' \quad (8)$$

Чекор 4 - Класификација на активности. Еден од начините за класификација на физичките активности е според брзината на движење која ја достигнува корисникот при изведување на таа активност. Во предложениот модел и активната се разгледува како фази-променлива, а нејзините фази-функции за дискретизација се прикажани на *Слика 13*.



Слика 13 – Фазис-функции за дискретизација на активности

Чекор 5 - Филтрирање на активности. Во овој чекор се издвојуваат активностите кои добро влијаат, а се отфрлаат активностите кои може да му наштетат на корисникот (односно може лошо да влијаат врз неговата состојба). Ова се прави со користење на вредностите на одредени параметри за корисниците. Филтрирањето на активности претставува означување на активностите кои добро влијаат врз разгледуваниот корисник u_s .

$$P'' = \text{parametri_za_filtriranje_na_aktivnosti}(P), \text{ при што } P'' \subseteq P \quad (9)$$

$$A' = \text{filtriranje_na_aktivnosti}(u_s, A, P''), \text{ при што } A' \subseteq A \quad (10)$$

На пример, еден од начините за издвојување на овие активности е следење на вредноста на срцевите отчукувања на корисникот. За секоја комбинација на вредноста на срцевиот пулс и извршената активност постои индикација дали активността е добра или лоша за корисникот.

Чекор 6 - Наоѓање на ползностите од извршувањето на активностите. Во овој чекор се пресметува влијанието на активността a врз подобрувањето на вредноста на параметарот p за корисникот u . За таа цел се користи историјата на активностите и историјата на исчитувања на параметрите на секој корисник од множеството на слични корисници U'' .

Се разгледуваат сите активности на корисниците од множеството на слични корисници U'' во одреден временски интервал (на пример во

претходните 3 месеци). Позитивното влијание од активноста a извршена од страна на корисникот u врз параметарот p се пресметува според формулата:

$$V_{u,p} = \frac{vaznost_p \cdot \sum_{a_u} \left(\frac{|pvNova_p(a_u) - pvStara_p(a_u)|}{gGranica_p - dGranica_p} \cdot validnost(a_u) \cdot nasoka(a_u, p) \cdot intenzitet_{a_u} \right)}{broj(a_u)}, \quad (11)$$

$$\forall u, u \in U'', \forall a, a \in A', \forall p, p \in P''$$

Каде, $broj(a_u)$ е бројот на записи за извршена активност по корисник, односно колку пати корисникот u ја извршил активноста a во дадениот временски интервал. $pvStara_p(a_u)$ е вредноста на параметарот исчитана пред извршувањето на активноста. $pvNova_p(a_u)$ е вредноста на параметарот по извршувањето на активноста. $gGranica_p$ и $dGranica_p$ ги претставуваат нормалните граници на вредноста на параметарот. $intenzitet_{a_u}$ е вредноста на интензитетот на извршената активност, пресметана според соодветна формула врз основа на срцевиот пулс за време на извршувањето на активноста. Активноста има позитивно влијание врз здравствената состојба на корисникот ако влијае врз промената параметарот на тој начин што ја оптимизира неговата вредност. Кога активноста ја оптимизира вредноста на параметарот коефициентот $nasoka(a_u, p) = 1$, во спротивно $nasoka(a_u, p) = -1$. $vaznost_p$ е коефициент кој покажува колку е битен параметарот p за здравствената состојба на корисникот. Колку дадениот параметар е позначаен за здравјето на корисникот u толку овој коефициент е поголем.

За одредена активност да влијае врз вредноста на одреден параметар таа треба да е извршена во одреден временски период пред исчитувањето на вредноста на параметарот. Ако активноста била извршена непосредно пред или во голем временски период (на пример, неколку денови) пред исчитувањето на вредноста на параметарот тогаш таа активност нема никакво влијание врз исчитаната вредност на параметарот и не треба да се

зема предвид. $validnost(a_u)$ е логичка функција (0/1) која го претставува ова влијание на активноста врз параметарот. Ако активноста е извршена во соодветен временски интервал пред исчитувањето и има влијание врз вредноста на параметарот оваа функција добива вредност 1, во спротивно нејзината вредност е 0. На овој начин не се земаат предвид мерењата кои би довеле до погрешни препораки. Визуелно, валидноста на активноста врз вредноста на параметарот е дадена на *Слика 14*.



Слика 14 - Валидност на извршената активност врз исчитаната вредност на параметарот

$vremetraenje(x)$ е функција која го претставува времетраењето на активноста. Најчесто оваа функција е линеарна:

$$vremetraenje(x) = x \quad (12)$$

Но, може да се користат и други функции. На пример, ако времетраењето на активноста од 2 часа и времетраењето на активноста од 3 часа не прави голема разлика кај влијанието на активноста, може да се искористи логаритамска функција:

$$vremetraenje(x) = \ln(x) \quad (13)$$

Чекор 7 - Формирање матрица на корисник - полезни активности. Позитивното влијание од извршената активност a за корисникот u се пресметува според формулата:

$$V_{u,a} = \sum_p V_{u,a,p}, \forall u, u \in U'', \forall a, a \in A', \forall p, p \in P' \quad (14)$$

Со користење на вредностите од формулата (13) се формира матрицата на полезни активности по корисник (корисник – полезни активности):

$$M = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_r \\ \begin{matrix} U_1 \\ \vdots \\ U_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} V_{1,1} & \dots & V_{1,r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m,1} & \dots & V_{m,r} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (15)$$

Чекор 8 - Формирање вектор на најполезни активности. Од матрица M (корисник-полезни активности) се формира нова еднодимензионална матрица (вектор) во која за секој корисник се запишува активноста која има најголема вредност (полезност). Или со користење на формулата

$$\forall i = 1, \dots, m \quad UA_i = k, \text{ каде } V_{i,k} = \max_{j=1, \dots, r} V_{i,j} \quad (16)$$

се добива векторот:

$$UA = [UA_1 \dots UA_m] \quad (17)$$

Во (17) UA_i е шифрата на активноста која има најголема полезност за корисникот $i=1, \dots, m$.

Чекор 9 - Избор на најполезна активност за разгледуваниот корисник. Врз основа на векторот (17) се издвојува активноста која кај најголем број на корисници имала најголема полезност. Ова е прикажано со помош на формулите во (18) и (19).

$$\forall k \in A' \quad count(k) = \sum_{i=1}^m \begin{cases} 1, k = UA_i \\ 0, k \neq UA_i \end{cases} \quad (18)$$

$$RA = u, \text{ каде } count(u) = \max_{k \in A} count(k) \quad (19)$$

Активноста RA се препорачува на разгледуваниот корисник u_* .

Во оваа глава опфатени беа системите за препораки, колаборативните техники и нивната примена, предностите и недостатоците на алгоритмите за

класификација, причините за и начинот на користење на фази-дискретизацијата. Главен акцент, во оваа глава, беше ставен на алгоритмот за препораки кој е дел од колаборативниот модел предложен во оваа докторска дисертација. Беа опфатени карактеристиките и целите, а детално беа опишани и чекорите на овој алгоритам.

Главната цел на предложениот алгоритам за препораки е да ја најде зависноста на здравствената состојба на корисниците од извршените физички активности. При генерирањето на препораки алгоритмот користи различни податоци како: податоци исчитани од биомрежата на корисникот, податоци за физички активности на корисникот (зачувани од страна на мобилната апликација или социјалната мрежа), здравствена евиденција на корисникот (добиеана од здравствените институции), податоци од профилот на корисникот на социјалната мрежа и претходно знаење стекнато врз основа на претходни искуства на другите корисници на социјалната мрежа со слични карактеристики со разгледуваниот корисник. Врз овие комплексни податоци се применуваат алгоритми за класификација и филтрирање со цел да се изврши групирање на корисниците на основа на нивната сличност. Ваквото користење на класифицирани податоци обезбедува порелевантни препораки, базирани врз претходно знаење за корисниците со слични здравствени состојби и референтни параметри.

Она што сакаме да го постигнеме со предложениот алгоритам за препораки, а е и една од целите на колаборативниот модел предложен во оваа дисертација, е да се генерираат препораки за извршување на физички активности кои директно ќе влијаат врз здравствените параметри на корисникот. Со дадените препораки се очекува да се охрабрат корисниците да водат активен живот исполнет со физички активности и на тој начин да станат директни учесници во сопствената здравствена заштита.

6. Начини за оценка на ефективността на предложениот колаборативен модел на систем за здравствена заштита

Во оваа глава ќе биде опфатена валидацијата на моделот предложен во оваа докторска дисертација. Ќе биде опишан предлог експеримент преку кој може да се оцени ефективността на предложениот модел преку оценување на ефективността на алгоритмот за препораки, кој е дел од него. Бидејќи во моментот нема услови да се изврши предложениот експеримент, во вториот дел од оваа глава се разгледани и анализирани резултатите добиени преку симулации на алгоритмот врз генерички податоци.

6.1 Предлог експеримент

Според горенаведеното, предложениот модел врши класификација на корисниците според дијагноза или некој друг параметар, и потоа генерира препораки на основа на претходните вредности на здравствените параметри и извршените физички активности на корисниците. Имајќи го ова предвид пред да се постави експериментот извршено е истражување во областа на медицината. Истражувањето беше во насока на наоѓање на најчести заболувања кај кои е потребно секојдневно следење на здравствени параметри и заболувања кај кои за подобрување на состојбата на пациентот голема улога имаат неговите секојдневни физички активности.

Клиничките состојби кај кои се јавува потребата за континуирано следење на здравствените параметри на корисниците најчесто се: астма, дијабетес, хронични белодробни заболувања, хронични срцеви заболувања, болести поврзани со менталното здравје на пациентите [102]. Редовното мерење на здравствените параметри, како ниво на шеќер во крвта, крвен притисок, пик на респирација (*engl. respiratory peak flow rate*) и тежина, им

овозможува на пациентите да се грижат за своето здравје преку прилагодување на режимот на исхрана и извршување на соодветни физички активности [103].

Многу студии го истакнуваат метаболичкиот синдром [52], кој претставува група на симптоми (на пример дебелина, висок крвен притисок, отпорност на инсулинска терапија) како голем здравствен проблем во целиот свет. Според одредени извори [104] дијабетесот е најчестото хронично заболување кое претставува прогресивна долгорочна здравствена состојба и е огромен потенцијален проблем во здравствената заштита. Следењето на дијабетесот бара директно учество на пациентот со редовни контроли и постојано следење на здравствените параметри со цел да се избегнат поголеми компликации [106]. Следењето на вредностите на здравствените параметри: ниво на шеќер во крвта, крвен притисок и тежина, од страна на пациентот, е добар начин за насочување на пациентот и медицинските работници кон промени во исхраната, редовно извршување на физички активности и промена на фармаколошката терапија [106]. Ваквото само-мониторирање на здравствените параметри го охрабрува пациентот и го прави директен учесник во грижата за своето здравје, што од друга страна ја зајакнува врската меѓу медицинските работници и пациентите [107].

Постојат поголем број на студии кои покажале дека зголемената физичка активност и режимот на исхрана, независно од другите фактори на ризик, има заштитен ефект против развојот на дијабетес [52, 108]. Ова ни ја укажува можноста многу луѓе со дијагностициран дијабетес да може да ја контролираат својата здравствена состојба со придржување кон соодветен режим на исхрана, план за вежбање и редовно земање на лекарства [109]. *Orosco et al.* во [108] заклучува дека зголемувањето на физичките активности во комбинација со соодветни диети може да го намали степенот на ризик за развој на дијабетес кај луѓето со преддијабетес, нарушена толеранција на глукоза или метаболички синдром.

Податоците на Светската здравствена организација [110] укажуваат дека денес 346 милиони луѓе во светот имаат дијабетес. Во 2004 година бројката на луѓе кои умреле од дијабетес се искачи на 3.4 милиони. Алармантни се и проекциите на СЗО дека оваа бројка двојно ќе се зголеми

во периодот од 2005 до 2030 година. Бројките во Македонија кажуваат дека во 2010 година на повеќе од 119 илјади луѓе им е дијагностициран дијабетес. Додека, во 2030 година се очекува оваа бројка да се зголеми на 146 илјади луѓе заболени од дијабетес [111].

Според *Nachman et al.* [52] моментално не постои соодветен систем кој објективно ќе го следи здравјето на луѓето заболени од дијабетес и ќе им помага во планирањето на нивните физички активности и конзумирањето на храна.

Овие се главните причини во предложениот експеримент да бидат вклучени луѓето со преддијабетес, нарушена толеранција на глукоза или метаболички синдром, бидејќи сите три дијагнози се почетен стадиум на дијабетес.

Во литературата се опишани повеќе експерименти кои го тестираат ефектот од секојдневната физичка активност кај пациентите со дијагностициран дијабетес и ја оценуваат ефективността на информациските системи кои им помагаат на овие пациенти да ги организираат своите физички активности и диети во функција на подобрување на својата здравствена состојба. Како референци за предложениот експеримент се земени студиите на *Gleeson-Kreig* [112] и *Nachman et al.* [52].

Во експериментот учествуваат 50 учесници, кои изведуваат различни физички активности во времетраење од 8 недели.

Учесниците се избираат врз основа на два критериуми:

- * возраст меѓу 18 и 60 години;
- * зголемено ниво на шеќер во крвта, зголемена тежина или висок притисок како показатели за преддијабетес, нарушена толеранција на глукоза или метаболички синдром.

Лицата со сериозни медицински болести и бремени жени не учествуваат во експериментот. Сите учесници за време на изведувањето на експериментот, во текот на 8-те недели, се придржуваат кон соодветен режим на исхрана одобрен од страна на медицинско лице.

6.1.1 Опис на фазите на експериментот

Експериментот се состои од две фази.

Во првата фаза, која трае 4 недели, се собираат податоци за здравствените параметри на учесниците и нивните физички активности. Во оваа фаза сите учесници имаат корисничко име и лозинка со кое се најавуваат на системот, преку инсталираната апликација на нивниот мобилен телефон (мобилен апликација) или преку персонален компјутер. Учесниците ја вклучуваат мобилната апликација за време на извршувањето на активноста, со цел да се исчитаат потребните параметри за извршената активност. Учесниците, секој ден, ги внесуваат во системот вредностите на своите здравствени параметри и извршени активности. Исчитаните вредности на здравствените параметри може и директно, преку мобилната апликација, да се вчитаат во системот ако корисниците користат опрема за мерење на здравствените параметри која преку био-мрежата е поврзана со мобилниот уред. Исто така, секој од учесниците има план на видови активности кои ги изведува во одреден временски период. На пример, учесникот број 1 во првата недела пешачи во просек од 2 километри дневно, во втората недела вежба аеробик во просек од еден час дневно, во третата недела вози велосипед во просек од 5 километри дневно и во четвртата недела трча во просек од 3 километри дневно.

Во оваа фаза учесниците, секој ден во времетраење од 4 недели, пред изведувањето на физичката активност ги мерат своите здравствени параметри: крвен притисок, шеќер во крвта и тежина и истите ги внесуваат или преку мобилната апликација ги вчитуваат во системот. За време на извршувањето на активноста, преку мобилната апликација се исчитуваат параметрите на активноста како времетраење на активноста, должина на изминатата патека, брзина на движење, пулс и потрошени калории на корисникот. По извршувањето на активноста, податоците за видот на активност, нејзино времетраење и должина на изминатата патека, се вчитуваат во системот преку мобилната апликација.

По завршувањето на првата фаза сите податоци, за вредностите на здравствените параметри и извршените активности внесени во базата на

податоци на системот, се користат како основни податоци на основа на кои се генерираат препораките за втората фаза на експериментот.

Во втората фаза на експериментот, која исто така трае 4 недели, 50-те учесници се поделени во две групи.

Учесниците од првата група пред да започнат со одредена активност ги мерат своите здравствени параметри: крвен притисок, шеќер во крвта и тежина и ги внесуваат во системот или преку био-мрежата ги вчитуваат во системот користејќи ја мобилната апликација. На основа на претходните податоци за сите учесници, како и податоците од претходните вредности на здравствените параметри и активности изведени од страна на учесникот, системот генерира препорака. Во препораката се предлага листа на активности со чие извршување би се подобрила здравствената состојба на корисникот. Системот ја генерира оваа препорака користејќи го претходно опишаниот алгоритам за препораки. Листата на активности е подредена на основа на ефектот кој одредена активност го има врз здравствените параметри т.е. активност која има најголема веројатност да ја подобри здравствената состојба на учесникот е на прво место. Корисникот избира која активност ќе ја изврши. По извршувањето на активност податоците за видот на активност, нејзино времетраење и должина на изминатата патека, преку мобилната апликација, се вчитуваат во системот.

Учесниците од втората група ги мерат своите здравствени параметри: крвен притисок, шеќер во крвта и тежина и измерените вредности ги внесуваат или преку мобилната апликација ги вчитуваат во системот. Потоа, ја вклучуваат мобилната апликација за да се исчитаат параметрите на активност која ја извршуваат. По извршувањето на активност податоците за видот на активност, нејзино времетраење и должина на изминатата патека, се вчитуваат во системот преку мобилната апликација. Учесниците од втората група, за разлика од учесниците од првата група, без препорака од системот ја избираат активност што ја извршуваат.

По завршувањето на втората фаза сите податоци на учесниците за нивните здравствени параметри и извршени активности во времетраење од 8 недели се наоѓаат во системот. Сите понатамошни анализи се прават на

основа на податоците внесени од страна на учесниците во 8 неделниот експеримент.

6.1.2 Очекувани резултати од анализата на податоците од експериментот

Податоците од првиот дел на експериментот се користат да се направи квалитативна анализа која пред се дава веродостојни резултати за влијанието на одредена физичка активност врз здравствените параметри: крвен притисок, шеќер во крвта и тежина. Овие податоци покажуваат какво е влијанието на одредена активност врз секој параметар поединечно. Влијанието се мери на основа на податокот колку вредноста на одреден параметар, по изведената активност, се приближила кон нормалната вредност на тој параметар. На пример, заклучоците кои може да се изведат би биле во форма: секојдневното трчање ја намалува тежината на корисникот и секојдневното трчање го намалува крвниот притисок на корисникот.

Базата на податоци од првата фаза на експериментот заедно со податоците внесени од страна на корисниците во втората фаза, се користат од страна на алгоритмот за препораки. Тој алгоритам е дел од системот за секојдневно генерирање на препораки на учесниците од првата група во втората фаза на експериментот.

Податоците внесени од првата група на учесници во втората фаза на експериментот се користат да се определи ефективността на генерираната препорака од страна на системот. Односно, овие податоци овозможуваат да се направи квалитативна анализа колку предложената активност влијаела врз здравствената состојба на учесникот. Ако предложената активност од страна на системот е извршена од страна на учесникот, се проверува дали по извршената активност вредноста на секој параметар поодделно се подобрила во однос на претходно измерената вредност. Ако има подобрување, може да се заклучи дека генерираната препорака позитивно влијаела врз здравствената состојба на учесникот. На основа на ваквите заклучоци може да се потврди дека користењето на моделот предложен во оваа докторска дисертација и следењето на неговите препораки директно влијаат врз подобрувањето на здравјето на корисниците.

Анализата на податоците од втората фаза, за различните групи на учесници, се користи да се направи компаративна анализа меѓу резултатите кои ги постигнале учесниците кои го користеле системот во споредба со учесниците кои не ги користеле препораките од системот. Кај оваа компаративна анализа се врши споредба на апсолутните вредности на промена на здравствените параметри кај учесниците кои го користеле системот, со апсолутните вредности на промена на здравствените параметри на учесниците кои не го користеле системот. Со оваа компаративна анализа може да се покаже дека резултатите кои ги постигнале учесниците кои ги почитувале препораките на системот се подобри од резултатите кои ги постигнале учесниците кои не ги користеле препораките на системот. На тој начин може да се потврди ефикасноста на предложениот модел, односно тврдењето дека корисниците кои ги почитуваат генерираните препораки може да очекуваат побрзо и поефективно подобрување на своите здравствени параметри за разлика од луѓето кои не го користат предложениот модел или не ги применуваат генерираните препораки.

Од горенаведеното може да се заклучи дека експерименталните податоци добиени од овој експеримент ќе овозможат да се одреди ефикасноста на предложениот модел врз подобрувањето на здравствените параметри. Ќе овозможат да се направи квалитативна и компаративна анализа за подобрувањето на здравствените параметри на учесниците кои ги користат препораките од предложениот модел, во споредба со подобрувањето на здравствените параметри на корисниците кои не ги користат препораките. Изведувањето на овој експеримент ќе овозможи да се потврдат претпоставките дека препораките кои ги генерира моделот предложен во оваа докторска теза се од големо значење за корисниците. Потенцирајќи, дека генерираните препораки го насочуваат корисникот да ги прилагодува своите физички активности со цел да го подобри своето здравје. Исто така овие препораки ја нагласуваат и латентната примена која ја има предложениот модел, да ги поттикне корисниците да водат активен живот исполнет со физички активности и со тоа да станат директни учесници во грижата за своето здравје.

6.2 Симулациски резултати

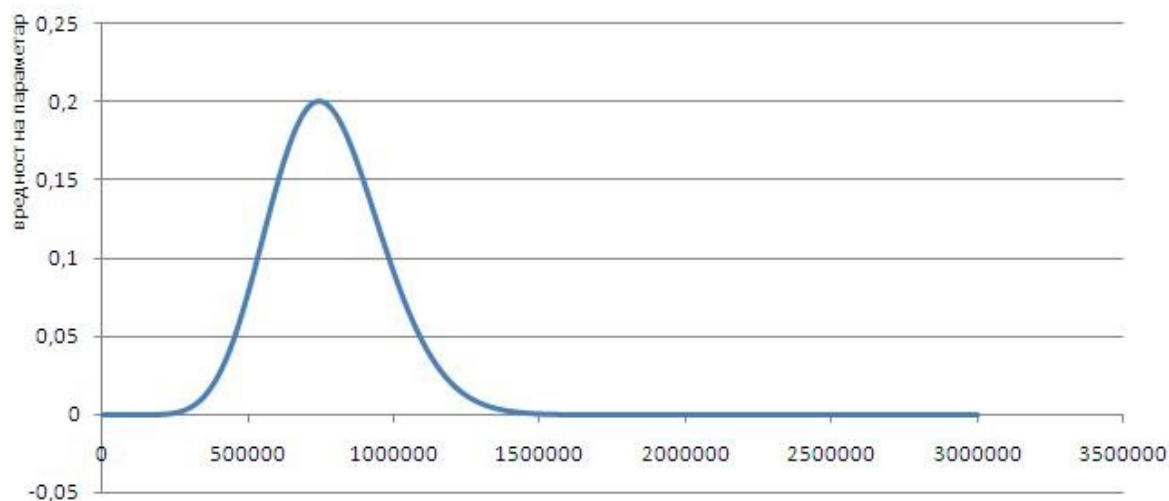
За претходно опишаниот експеримент да се изврши потребни се доста ресурси. Почнувајќи од средства за опрема, средства за имплементација на мобилната апликација и социјалната мрежа, понатаму средства за поврзување со медицинските центри, па поврзување со други бази и.т.н. Но покрај ова, потребни се и доброволци кои би го користеле системот и ги отстапуваат своите податоци за да се направи понатамошна анализа и оценка на ефективноста на системот. И на крај потребна е дозвола од медицинскиот комитет за изведување на експериментот.

Иако голем дел од апликациите (мобилната апликација и социјалната мрежа) ги имаме на располагање, проблем се јави во поврзувањето со здравствените работници и нивната незаинтересираност за учество во експериментот. Исто така и незначително мал дел од контактираните потенцијални учесници во експериментот покажаа интерес за учество, додека останатите не се согласија да учествуваат.

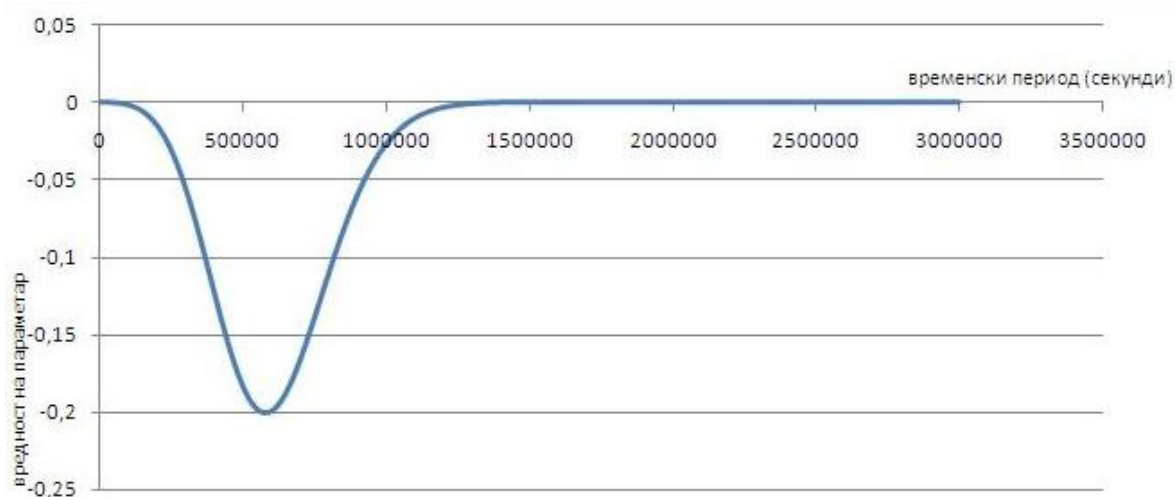
Заради претходно наведените потешкотии, во оваа фаза извршена е оценка на алгоритмот, односно валидација на предложениот модел, со помош на симулации врз генерички податоци. Во понатамошниот текст ќе бидат анализирани добиените резултати и ќе бидат изведени заклучоци.

Во симулациите се генерираат два вида на активности: позитивна активност (активност со чие извршување се зголемува вредноста на даден параметар) и негативна активност (активност со чие извршување се намалува вредноста на даден параметар). Влијанието на активноста врз промената на вредноста на параметарот во одреден временски период ја претставуваме со функција во облик на Поасонова распределба. Графикот на функцијата на позитивна активност во временскиот период [0, 3000000] е прикажан на *Слика 15*. Графикот на функцијата на негативна активност во временскиот период [0, 3000000] е прикажан на *Слика 16*.

Во графиците на *Слика 15* и *Слика 16* временскиот период (во секунди) е претставен на x-оската, а влијанието на активноста врз вредноста на параметарот е претставено на y-оската.



Слика 15 - График на функција за позитивна активност



Слика 16 - График на функција за негативна активност

Во првата симулација беа генерирани 25 активности. Секоја активност започнува во случајно избран временски момент меѓу 0-тата и 3000000-та секунда и е по случаен избор позитивна или негативна активност. Вредностите на влијанието на активноста врз вредноста на параметарот во различни временски моменти, за секоја од 25-те активности, е дадено во Табела 3.

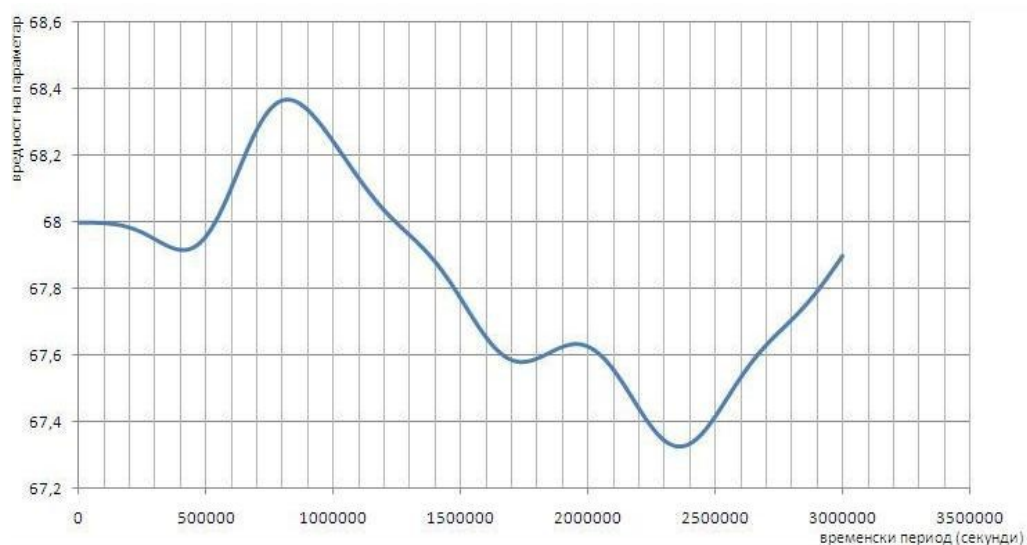
Табела 3 - Вредности за влијанието на активноста врз вредноста на параметарот во дадени временски моменти

временски момент (секунди)		a1 (HA)	a2 (PA)	a3 (PA)	a4 (PA)	a5 (HA)	a6 (PA)	a7 (HA)	a8 (PA)
T1	6853	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T2	178956	-0,0107	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T3	275984	-0,0432	0,0025	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T4	409242	-0,1297	0,0288	0,0165	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T5	492634	-0,1800	0,0722	0,0495	0,0095	-0,0009	0,0000	0,0000	0,0000
T6	505759	-0,1856	0,0808	0,0568	0,0120	-0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
T7	700710	-0,1650	0,1948	0,1816	0,1092	-0,0449	0,0031	0,0000	0,0000
T8	704713	-0,1630	0,1957	0,1833	0,1121	-0,0470	0,0034	0,0000	0,0000
T9	748112	-0,1393	0,2000	0,1967	0,1425	-0,0723	0,0084	-0,0002	0,0000
T10	752248	-0,1370	0,1998	0,1974	0,1453	-0,0750	0,0091	-0,0002	0,0000
T11	788809	-0,1159	0,1948	0,1999	0,1678	-0,1000	0,0170	-0,0007	0,0000
T12	917794	-0,0522	0,1372	0,1585	0,1990	-0,1817	0,0783	-0,0138	0,0000
T13	1093518	-0,0111	0,0486	0,0641	0,1249	-0,1783	0,1878	-0,1016	0,0090
T14	1201133	-0,0034	0,0196	0,0277	0,0677	-0,1211	0,1956	-0,1725	0,0440
T15	1315404	-0,0008	0,0061	0,0093	0,0281	-0,0619	0,1475	-0,1995	0,1173
T16	1323948	-0,0007	0,0056	0,0085	0,0261	-0,0583	0,1427	-0,1987	0,1234
T17	1489374	-0,0001	0,0007	0,0012	0,0049	-0,0143	0,0563	-0,1293	0,1996
T18	1688102	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	-0,0015	0,0097	-0,0364	0,1299
T19	1884386	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0010	-0,0054	0,0375
T20	1895900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0008	-0,0048	0,0341
T21	1902472	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0008	-0,0044	0,0323
T22	1913343	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0007	-0,0039	0,0294
T23	2063505	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	-0,0006	0,0068
T24	2136027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0002	0,0030
T25	2285032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
T26	2409109	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
T27	2480790	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T28	2582466	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T29	2710951	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T30	2810129	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T31	2899097	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T32	2948276	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
временски момент (секунди)		a9 (HA)	a10 (HA)	a11 (HA)	a12 (PA)	a13 (HA)	a14 (HA)	a15 (HA)	a16 (HA)
T1	6853	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

T2	178956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T3	275984	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T4	409242	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T5	492634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T6	505759	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T7	700710	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T8	704713	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T9	748112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T10	752248	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T11	788809	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T12	917794	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T13	1093518	-0,0022	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T14	1201133	-0,0183	-0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T15	1315404	-0,0716	-0,0224	-0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T16	1323948	-0,0771	-0,0252	-0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T17	1489374	-0,1831	-0,1224	-0,0279	0,0004	-0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
T18	1688102	-0,1662	-0,1990	-0,1503	0,0303	-0,0240	-0,0019	0,0000	0,0000
T19	1884386	-0,0617	-0,1130	-0,1914	0,1527	-0,1414	-0,0531	-0,0028	-0,0012
T20	1895900	-0,0568	-0,1065	-0,1878	0,1599	-0,1491	-0,0597	-0,0037	-0,0017
T21	1902472	-0,0542	-0,1028	-0,1855	0,1637	-0,1533	-0,0636	-0,0043	-0,0020
T22	1913343	-0,0500	-0,0968	-0,1814	0,1699	-0,1600	-0,0703	-0,0054	-0,0026
T23	2063505	-0,0135	-0,0339	-0,1012	0,1949	-0,1981	-0,1707	-0,0527	-0,0366
T24	2136027	-0,0064	-0,0178	-0,0648	0,1679	-0,1759	-0,1972	-0,0994	-0,0773
T25	2285032	-0,0011	-0,0037	-0,0194	0,0857	-0,0947	-0,1677	-0,1892	-0,1756
T26	2409109	-0,0002	-0,0008	-0,0054	0,0353	-0,0405	-0,0987	-0,1903	-0,1977
T27	2480790	-0,0001	-0,0003	-0,0024	0,0188	-0,0220	-0,0631	-0,1595	-0,1753
T28	2582466	0,0000	-0,0001	-0,0006	0,0067	-0,0081	-0,0286	-0,1022	-0,1205
T29	2710951	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0015	-0,0018	-0,0083	-0,0436	-0,0556
T30	2810129	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	-0,0005	-0,0027	-0,0186	-0,0250
T31	2899097	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	-0,0001	-0,0009	-0,0076	-0,0107
T32	2948276	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	-0,0001	-0,0005	-0,0044	-0,0063

временски момент (секунди)		a17 (HA)	a18 (ПА)	a19 (HA)	a20 (HA)	a21 (ПА)	a22 (HA)	a23 (ПА)	a24 (HA)	a25 (ПА)
T1	6853	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T2	178956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T3	275984	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T4	409242	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T5	492634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T6	505759	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T7	700710	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

T8	704713	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T9	748112	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T10	752248	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T11	788809	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T12	917794	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T13	1093518	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T14	1201133	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T15	1315404	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T16	1323948	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T17	1489374	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T18	1688102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T19	1884386	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T20	1895900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T21	1902472	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T22	1913343	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T23	2063505	-0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T24	2136027	-0,0131	0,0003	-0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T25	2285032	-0,0808	0,0116	-0,0101	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T26	2409109	-0,1651	0,0607	-0,0561	-0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T27	2480790	-0,1949	0,1087	-0,1031	-0,0113	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
T28	2582466	-0,1910	0,1746	-0,1705	-0,0473	0,0015	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
T29	2710951	-0,1293	0,1973	-0,1985	-0,1320	0,0201	-0,0106	0,0005	0,0000	0,0000
T30	2810129	-0,0753	0,1608	-0,1648	-0,1878	0,0661	-0,0443	0,0064	-0,0001	0,0000
T31	2899097	-0,0396	0,1107	-0,1151	-0,1987	0,1274	-0,0997	0,0280	-0,0020	0,0003
T32	2948276	-0,0262	0,0840	-0,0881	-0,1870	0,1600	-0,1346	0,0506	-0,0062	0,0014



Слика 17 - График на промена на вредноста на параметарот во првата симулација

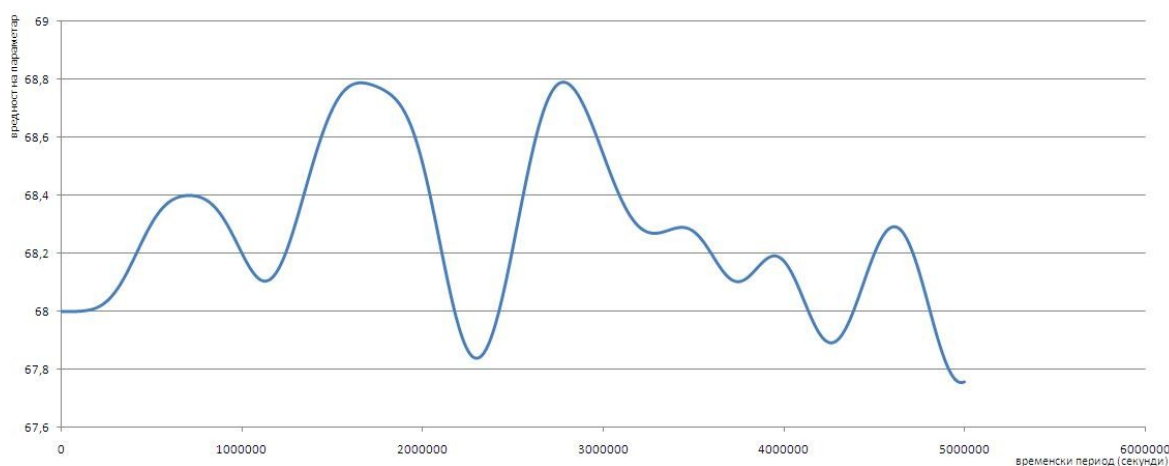
Кога постојат повеќе активности од различен вид, секоја активност извршена пред некој временски момент, влијае врз вредноста на параметарот во тој момент. Нашата претпоставка е дека максималното влијание на активноста се случува во релативно кратко време по нејзиното извршување. Бидејќи генерирани се 25 активности чиј почеток и крај е во различни временски моменти и сите тие влијаат на промената на вредноста на параметарот, графикот на промената на вредноста на параметарот во првата симулација е претставен на *Слика 17*.

Табела 4 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од првата симулација

временски момент		вредност на параметарот	препорачана активност	соодветна препорачана активност
T1	6853	67,99	негативна активност	не
T2	178956	67,98	негативна активност	не
T3	275984	67,96	негативна активност	не
T4	409242	67,91	негативна активност	не
T5	505759	67,96	негативна активност	не
T6	700710	68,27	позитивна активност	да
T7	748112	68,33	позитивна активност	да
T8	752248	68,34	позитивна активност	да
T9	788809	68,36	позитивна активност	да
T10	917794	68,32	позитивна активност	да
T11	1093518	68,14	позитивна активност	да
T12	1201133	68,04	позитивна активност	да
T13	1323948	67,94	позитивна активност	да
T14	1489374	67,78	позитивна активност	да
T15	1688102	67,58	позитивна активност	да
T16	1884386	67,62	позитивна активност	да
T17	1902472	67,62	позитивна активност	да
T18	1913343	67,63	позитивна активност	да
T19	2063505	67,59	позитивна активност	да
T20	2136027	67,52	позитивна активност	да
T21	2285032	67,35	позитивна активност	да
T22	2409109	67,33	позитивна активност	да
T23	2480790	67,39	позитивна активност	да
T24	2582466	67,51	позитивна активност	да
T25	2710951	67,64	позитивна активност	да
T26	2810129	67,71	позитивна активност	да
T27	2899097	67,79	позитивна активност	да
T28	2948276	67,84	позитивна активност	да

За ефективността на предложениот колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита да се оцени, користејќи го алгоритмот за препораки предложен во глава 5 од оваа докторска дисертација, во првата симулација на основа на добиените податоци (за активностите и вредностите на параметарот во различни моменти) беа генерирани 28 препораки во 28 различни (случајно избрани) временски моменти, прикажани во *Табела 4*.

Во втората симулација беа генерирани 56 активности. Секоја активност започнува во случајно избран временски момент меѓу 0-тата и 5000000-та секунда. Графикот на промената на вредноста на параметарот во втората симулација е претставен на *Слика 18*.



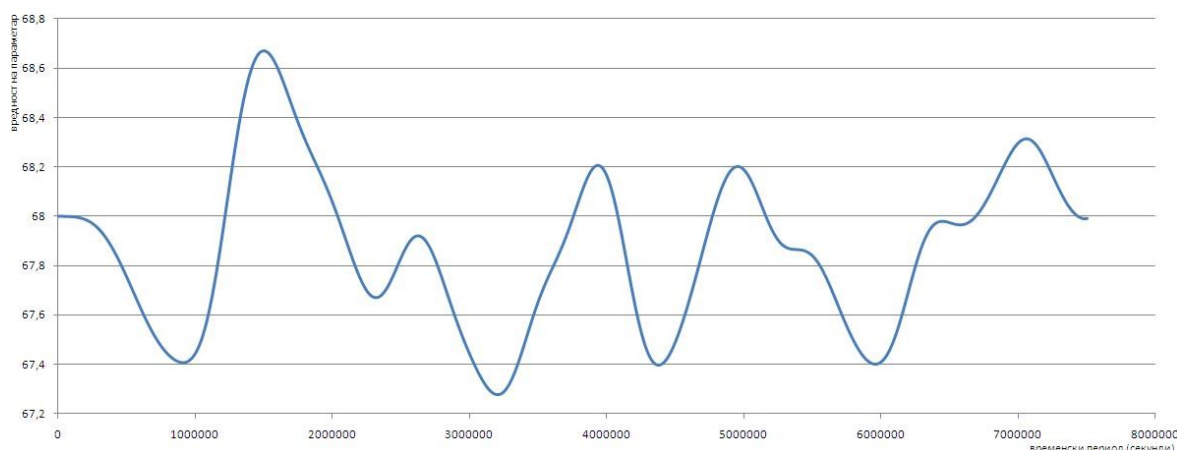
Слика 18 - График на промена на вредноста на параметарот во втората симулација

Во втората симулација на основа на добиените податоци беа генерирани 45 препораки, во 45 различни (случајно избрани) временски моменти, прикажани во *Табела 5*.

Табела 5 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од втората симулација

временски момент	вредност на параметарот	препорачана активност	соодветна препорачана активност
T1	191939	68,01	позитивна активност
T2	324494	68,09	негативна активност
T3	378635	68,15	негативна активност
T4	497069	68,3	негативна активност
T5	594971	68,37	негативна активност
T6	746382	68,39	позитивна активност
T7	776319	68,39	позитивна активност

T8	908194	68,31	негативна активност	не
T9	981422	68,22	негативна активност	не
T10	1085728	68,11	позитивна активност	да
T11	1271953	68,25	негативна активност	не
T12	1367295	68,45	позитивна активност	да
T13	1453617	68,63	позитивна активност	да
T14	1604158	68,78	позитивна активност	да
T15	1722630	68,78	позитивна активност	да
T16	1800344	68,75	позитивна активност	да
T17	2010889	68,48	позитивна активност	да
T18	2134994	68,11	позитивна активност	да
T19	2196684	67,95	позитивна активност	да
T20	2361370	67,88	позитивна активност	да
T21	2518192	68,28	позитивна активност	да
T22	2622165	68,58	позитивна активност	да
T23	2817220	68,77	позитивна активност	да
T24	3005565	68,53	позитивна активност	да
T25	3037638	68,48	позитивна активност	да
T26	3207130	68,28	позитивна активност	да
T27	3212371	68,28	позитивна активност	да
T28	3267339	68,27	позитивна активност	да
T29	3406595	68,28	позитивна активност	да
T30	3599324	68,2	позитивна активност	да
T31	3666683	68,13	позитивна активност	да
T32	3849246	68,14	позитивна активност	да
T33	3991172	68,17	позитивна активност	да
T34	4057882	68,11	позитивна активност	да
T35	4213904	67,91	позитивна активност	да
T36	4288787	67,89	позитивна активност	да
T37	4313488	67,91	позитивна активност	да
T38	4365164	67,97	позитивна активност	да
T39	4488456	68,18	позитивна активност	да
T40	4589934	68,28	позитивна активност	да
T41	4689505	68,24	позитивна активност	да
T42	4840330	67,93	позитивна активност	да
T43	4908489	67,8	позитивна активност	да
T44	4947447	67,76	позитивна активност	да
T45	4989684	67,75	позитивна активност	да



Слика 19 - График на промена на вредноста на параметарот во третата симулација

Седумдесет активности беа генерирани во третата симулација. Во оваа симулација секоја активност започнува во случајно избран временски момент меѓу 0-тата и 7500000-та секунда. Графикот на промената на вредноста на параметарот во третата симулација е претставен на *Слика 19*, а генерираните 58 препораки се прикажани во *Табела 6*.

Табела 6 - Генерирани препораки на основа на генеричките податоци од третата симулација

временски момент	вредност на параметарот	препорачана активност	соодветна препорачана активност
T1	99997	67,99	негативна активност
T2	246110	67,97	негативна активност
T3	421292	67,84	негативна активност
T4	469852	67,79	негативна активност
T5	597128	67,63	негативна активност
T6	794523	67,44	позитивна активност
T7	909931	67,4	позитивна активност
T8	1027451	67,47	позитивна активност
T9	1206461	67,95	позитивна активност
T10	1295871	68,28	позитивна активност
T11	1478449	68,66	позитивна активност
T12	1568888	68,63	позитивна активност
T13	1602240	68,59	позитивна активност
T14	1796102	68,31	позитивна активност
T15	1944128	68,13	позитивна активност
T16	2042905	67,99	позитивна активност
T17	2230728	67,71	позитивна активност
T18	2427512	67,74	позитивна активност

T19	2615268	67,92	позитивна активност	да
T20	2778281	67,78	позитивна активност	да
T21	2813916	67,72	позитивна активност	да
T22	2964009	67,48	позитивна активност	да
T23	3047549	67,38	позитивна активност	да
T24	3209105	67,27	позитивна активност	да
T25	3401616	67,48	позитивна активност	да
T26	3560139	67,73	позитивна активност	да
T27	3623563	67,81	позитивна активност	да
T28	3802383	68,07	позитивна активност	да
T29	3987279	68,17	позитивна активност	да
T30	4182235	67,7	позитивна активност	да
T31	4365297	67,39	позитивна активност	да
T32	4499492	67,49	позитивна активност	да
T33	4600415	67,66	позитивна активност	да
T34	4703949	67,86	позитивна активност	да
T35	4891395	68,17	позитивна активност	да
T36	4985800	68,19	позитивна активност	да
T37	5166573	67,99	позитивна активност	да
T38	5233763	67,91	позитивна активност	да
T39	5304228	67,87	позитивна активност	да
T40	5432116	67,86	позитивна активност	да
T41	5501264	67,83	позитивна активност	да
T42	5688190	67,63	позитивна активност	да
T43	5767222	67,53	позитивна активност	да
T44	5932057	67,4	позитивна активност	да
T45	6088924	67,49	позитивна активност	да
T46	6141364	67,58	позитивна активност	да
T47	6249792	67,8	позитивна активност	да
T48	6391127	67,96	позитивна активност	да
T49	6510423	67,97	позитивна активност	да
T50	6602222	67,96	позитивна активност	да
T51	6694707	68	позитивна активност	да
T52	6795816	68,09	позитивна активност	да
T53	6988430	68,28	позитивна активност	да
T54	7117592	68,29	позитивна активност	да
T55	7168414	68,25	позитивна активност	да
T56	7200098	68,22	позитивна активност	да
T57	7356196	68,04	позитивна активност	да
T58	7404778	68,01	позитивна активност	да

За да се избегнат граничните случаи кога вредноста на параметарот е во нормални граници, во трите симулации нормалните граници на вредноста

на параметарот е од 85 до 95. Од дадените графици на *Слика 17*, *Слика 18* и *Слика 19* може да се забележи дека вредноста на параметарот во трите симулации се движи од 67,2 до 68,8 што е многу под долната граница на нормалната вредност на параметарот. Значи, алгоритмот генерира соодветни препораки само ако препораката се однесува на позитивна активност.

Од резултатите прикажани во *Табела 4* може да се заклучи дека алгоритмот за препораки во првата симулација генерира соодветни препораки со 82,14% точност. За втората симулација, според резултатите од *Табела 5*, се добива дека точноста на генерирани соодветни препораки е 84,44%. А, според резултатите од *Табела 6* процентот на соодветни препораки генерирани во третата симулација е 91,38%.

Овие проценти покажуваат дека како се зголемува бројот на активности и се продолжува временскиот период, така се зголемува и процентот на соодветни препораки генерирани од страна на алгоритмот.

Ако се анализира во кој период се генерираат несоодветни препораки, од добиените резултати за трите симулации јасно се гледа дека алгоритмот генерира несоодветни препораки во почетниот период. Од дополнителната поединечна анализа на трите симулации се добива:

- Во првата симулација несоодветни препораки се генерираат во периодот од 0-тата до приближно 700000-тата секунда. Во овој период се генерирани 6 активности од кои 66,67% позитивни и 33,33% негативни активности.
- Во втората симулација несоодветни препораки се генерираат во периодот од 0-тата до приближно 1300000-тата секунда. Во овој период се генерирани 15 активности од кои 73,33% позитивни и 26,67% негативни активности.
- Во третата симулација несоодветни препораки се генерираат во периодот од 0-тата до приближно 790000-тата секунда. Во овој период се генерирани 8 активности од кои 37,50% позитивни и 62,50% негативни активности.

Бидејќи во трите симулации се користи истиот алгоритам и исти видови на активности се очекува и времето на адаптација, односно временскиот

период на учење на алгоритмот, да е приближно исто и во трите симулации. Но, иако во првата и третата симулација периодот на генерирани несоодветни препораки е со приближно иста должина, тој период е скоро два пати подолг во втората симулација.

За да се согледа причината за различната должина на периодот во кој се генерираат несоодветни препораки, направена е анализа на бројот и видот (позитивни и негативни) на генерирани активности во трите симулации поединечно.

Табела 7 - Процент на генерирани активности по вид (позитивни и негативни)

	I симулација			II симулација			III симулација		
	бр. а.	% п.а.	% н.а.	бр. а.	% п.а.	% н.а.	бр. а.	% п.а.	% н.а.
1/3 од актив. (33%)	8	62,50	37,50	19	73,68	26,32	23	39,13	60,87
1/2 од актив. (50%)	13	46,15	53,85	28	71,43	28,57	35	40,00	60,00
2/3 од актив. (66%)	17	35,29	64,71	37	70,27	29,73	47	40,43	59,57
вкупно активности	25	40,00	60,00	56	62,50	37,50	70	45,71	54,29

Во Табела 7 дадена е процентуалната застапеност на позитивни и негативни активности за трите симулации не само на вкупно ниво, туку и по периоди на генерирање на активностите. Се разгледува бројот и видот на првите 33%, на првите 50% и на првите 66% генерирани активности за секоја симулација.

Во првата симулација од генерирани 25 активности 40% се позитивни, а 60% се негативни активности. Од 56 генерирани активности во втората симулација 62,5% се позитивни, а 37,5% се негативни активности. Во третата симулација има скоро подеднакво позитивни и негативни генерирани активности, односно, од вкупно 70 генерирани активности 45,7% се позитивни, а 54,3% се негативни активности.

Ако се анализира процентуалната застапеност на позитивни и негативни активности парцијално, се добива дека соодносот на позитивни и негативни активности (во првите 33% генерирани активности) во првата и третата симулација е сличен или се добива приближно 40% позитивни наспроти 60% негативни генерирани активности (или обратно). Но тој

сооднос е значително поголем во втората симулација и изнесува приближно 75% позитивни наспроти 25% негативни активности.

Во првите 50% на генерирани активности, во првата симулација соодносот на позитивни/негативни активности е приближно ист, во третата има поголема разлика (соодносот е 40% позитивни наспроти 60% негативни активности), но сеуште останува голема разликата кај втората симулација. Во втората симулација процентот на позитивни активности во првите 50% на генерирани активности е 71,43%, за разлика од само 28,57% негативни активности.

Слична е ситуацијата и кога ги разгледуваме првите 66% на генерирани активности.

Овие анализи покажуваат дека во втората симулација во почетниот период се генерирале претежно позитивни активности, додека бројот на генерирани негативни активности е значително помал. Кај првата и третата симулација бројот на генерирани позитивни и негативни активности не се разликува многу. Па, може да се заклучи дека ако не се генерирани приближно ист број на позитивни и негативни активности во почетокот на симулацијата периодот на генерирање несоодветни препораки се продолжува. Ова е случај во втората симулација каде период на генерирање несоодветни препораки е скоро два пати подолг од тој во првата и третата симулација.

Трите симулации се направени со празни бази на знаење, односно алгоритмот за препораки не поседува никакво претходно знаење. Затоа може да се заклучи дека во ситуација кога алгоритмот за препораки нема претходно знаење, а бројот на позитивни и бројот на негативни генерирани активности значително се разликува, периодот на учење на алгоритмот се зголемува.

Бидејќи и во трите симулации во почетниот период алгоритмот генерира несоодветни препораки, се наметнува заклучокот дека и кај предложениот алгоритам се јавува проблемот на *нов почеток*, кој често се јавува кај колаборативните алгоритми. Можно решение на овој проблем е во следните симулации, пред генерирањето на препораки, во системот да се генерира некакво претходно знаење. На тој начин ќе се избегне и

издолжувањето на периодот на генерирање несоодветни препораки и проблемот на *нов почеток*.

Генерирањето на претходно знаење од генерички или тест множество на податоци може да се искористи и во реалната употреба на предложениот модел. Односно, пред да се стави во употреба, добро е да се генерира претходно знаење во системот со кое ќе се надминат претходно утврдените проблеми.

Во прикажаните симулации беше испитано однесувањето на алгоритмот за препораки во услови кога вредноста на параметарот е многу под долната граница на нормалната вредност. Во наредниот период треба да се направаат симулации и во услови кога вредноста на параметарот е над горната граница и кога вредноста на параметарот е во нормалните граници. Но, треба да се испита и однесувањето на алгоритмот кога станува збор за гранични вредности или комбинирани вредности под, во и над нормалните граници на вредноста на параметарот.

Резултатите добиени од направените симулации покажуваат дека алгоритмот генерира соодветни препораки кога станува збор за два видови на активности. Треба да се направат натамошни симулации со кои ќе се анализира однесувањето на предложениот модел кога на располагање се повеќе видови на активности, како и да се анализира влијанието на времетраењето и темпото на активноста врз промената на вредноста на параметарот.

Со изведувањето на експериментот и следењето на функционалноста на предложениот модел, во понатамошниот период може да се прават и квалитативни анализи за влијанието на препораките врз: употребата на системот, однесувањето на корисниците, и влијанието на предложениот модел врз зголемувањето на комуникацијата и размената на искуства меѓу корисниците.

7. Заклучок

Во овој докторски труд презентирани е колаборативен модел на информациски систем за здравствена заштита имплементиран со помош на мобилните и веб технологии. Предложениот модел претставува алатка за персонална здравствена заштита преку генерирање на различни препораки, забелешки и предлози за корисниците.

Колаборативниот модел на информациски систем за здравствена заштита, претставен во оваа докторска дисертација, е комплексен систем составен од мобилна апликација, социјална мрежа, информациски системи кои се користат од страна на медицинскиот персонал, складишта на медицински податоци и дополнителни сервиси. Предложениот модел обезбедува мониторинг на здравствени параметри и следење на физички активности на корисникот, комуникација меѓу корисниците, автоматски пренос на податоци, размена на податоци меѓу медицинските центри и бази на податоци. Но, она по што се разликува предложениот модел од останатите, односно неговата основна предност е комуникацијата и размената на податоци меѓу различните компоненти. Предложениот модел нуди колаборација која е битна не само во лекувањето и рехабилитацијата на пациентот, туку и за генерирање на просечни вредности (на здравствени параметри) базирани на филтрирање на огромни количества на податоци за конкретни атрибути како географски регион, возраст, пол, дијагноза и.т.н.

Во опишувањето на архитектурата на предложениот модел, комуникацијата меѓу компонентите е претставена преку дефинирање на проток на податоци што дава јасна слика за податоците кои се разменуваат меѓу различните компоненти на информацискиот систем. Презентираните безбедносни критериуми за приватност и сигурност на податоците во

предложениот модел се посебно значајни бидејќи податоците кои се разменуваат се лични податоци за чие споделување е потребна согласност од страна на корисниците и сигурна заштита од нивна несоодветна употреба. Дополнително, дадена е и категоризацијата на информациите во моделот со посебен осврт на тоа како различните нивоа на валидност на информациите влијаат врз валидноста на генерираните препораки од страна на предложениот модел.

Основна компонента на предложениот модел е алгоритмот за препораки. Овој алгоритам се базира на различни алгоритми за класификација и колаборативни техники, додека фази логиката ја користи за дискретизација на податоците.

Главната цел на предложениот алгоритам за препораки е да ја најде зависноста на здравствената состојба на корисниците од извршените физичките активности. За таа цел, при генерирањето на препораки алгоритмот користи различни податоци како: здравствени параметри, податоци за физички активности, здравствена евиденција и лични податоци на корисникот, како и претходно знаење стекнато врз основа на претходни искуства на други корисници кои имаат слични карактеристики со разгледуваниот корисник. Притоа, врз овие комплексни податоци се применуваат алгоритми за класификација и филтрирање. Користењето на овие класифицирани податоци обезбедува порелевантни препораки базирани на претходно знаење за корисниците со слични здравствени состојби и референтни параметри.

За одредување на ефективност на предложениот модел врз подобрувањето на здравствените параметри даден е предлог експеримент. Бидејќи во овој момент нема услови за изведување на експериментот, валидација на предложениот модел е направена со оценување на ефективност на алгоритмот за препораки со помош на генерички податоци.

Во прикажаните симулации беше испитано однесувањето на алгоритмот за препораки во услови кога вредноста на параметарот е многу под долната граница на нормалната вредност и работи само со два вида активности (позитивна и негативна).

Анализата на податоците добиени од симулациите на алгоритмот за препораки врз генерички податоци покажуваат дека алгоритмот генерира соодветни препораки со точност од 82% до 92%. Односно, како што се продолжува временскиот период и зголемува бројот на активности, така се зголемува и процентот на соодветни препораки генерирани од страна на алгоритмот.

Но, анализите покажаа дека предложениот модел има и недостатоци, како *нов почеток* и продолжување на почетниот период на генерирање на несоодветни препораки, на кои во иднина треба да се обрати внимание.

Направените симулации се само воведен чекор во процесот на оценка на ефективност на алгоритмот за препораки, односно на предложениот модел. Во иднина престои напорна работа со која треба да се оцени ефективност на предложениот модел почнувајќи од симулации со кои ќе се валидира однесувањето на алгоритмот во различни услови (различни вредности на параметарот, повеќе видови на активности), се до реализација на предложениот експеримент со цел да се направи квантитативна и квалитативна анализа не само на однесувањето на системот туку и неговото влијание врз однесувањето на корисниците.

Од претходно изнесеното може да се заклучи дека предложениот модел нуди: зголемена медицинска превенција, побрзо време на реагирање на медицинскиот персонал при итни повици, 24 часовен мониторинг на здравствената состојба на корисникот и извршените физички активности, можност за испраќање на различни известувања за корисниците, автоматска трансмисија на измерените здравствени параметри до медицинскиот персонал, како и зголемена флексибилност при собирањето на податоци. Но, покрај овие услуги за корисниците, една од целите на предложениот модел е собирање на различни видови податоци и нивно комбинирање во сложени податочни структури. Испитувањето, анализата и истражувањето на ваквите структури овозможува да се согледа влијанието на физичката активност, применетата терапија, временските параметри и останати фактори врз развојот на здравствената состојба на пациентот. Ваквите анализи може понатаму да се користат од страна на здравствените установи при

дијагностика, лекување и терапија на пациентите. Од друга страна податоците добиени од здравствените установи и социјалната мрежа, испратени како препораки преку мобилната апликација, му овозможуваат на корисникот да ги прилагодува и насочува своите физички активности со цел да ја подобри својата здравствена состојба и рехабилитација, а со тоа и да овозможи самостојна грижа за своето здравје.

Користена литература

- [1] Khan P., Hussain A., Kwak K.S. Medical Applications of Wireless Body Area Networks. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, vol.3, no.3, pp:185-193. 2009.
- [2] Chittaro L. Visualization of patient data at different temporal granularities on mobile devices. In *Proceedings of Working conference on Advanced visual interfaces*, USA: ACM, pp:484-487. 2006.
- [3] Ahamed S.I., Haque M.M., Khan A.J. Wellness assistant: a virtual wellness assistant using pervasive computing. In *Proceedings of Symposium on Applied Computing*, USA: ACM. 2007.
- [4] Ballegaard S.A., Hansen T.R., Kyng M. Healthcare in everyday life: designing healthcare services for daily life. In *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems*, USA: ACM, pp:1807-1816. 2008.
- [5] Koufi V., Malamateniou F., Vassilacopoulos G. A medical diagnostic and treatment advice system for the provision of home care. In *Proceedings of 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, USA: ACM, pp:1-7. 2008.
- [6] Kwankam S. Y. What e-Health can offer. *Bulletin of the World Health Organization*, vol 82, no 10, pp: 800-802. 2004.
- [7] Sillence E., Little L. Briggs P. E-health. In *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 2*, British Computer Society, Swinton, UK, pp:179-180. 2008.
- [8] Eysenbach G. What is e-Health?. *Journal of Medical Internet Research*, vol 3, no 2, pp: e20. 2001.
- [9] World Health Organization, e-Health, <http://www.who.int/topics/ehealth/en/>, (проверено во октомври 2012г.)
- [10] Australian Health Ministers' Conference, Nacional e-Health Strategy, december 2008.
- [11] Oh H., Rizo C., Enkin M., Jadad A. What Is eHealth (3): A Systematic Review of Published Definitions. *Journal of Medical Internet Research*, vol 7, no 1, pp: e1. 2005.
- [12] Grasso F., Paris C. Preface to the special issue on personalization for e-health. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research*, Springer-Verlag, vol 21, pp:333–340. 2011.
- [13] Ahern D.K., Kreslake J.M., Phalen J.M. What Is eHealth (6): Perspectives on the Evolution of eHealth Research. *Journal of Medical Internet Research*, vol 8, no 1, pp: e4. 2006.
- [14] Eng T. The e-Health Landscape – a terrain map of emerging information and communication technologies in health and health care. Princeton NJ: The Robert Wood Johnson Foundation. 2001.
- [15] Pagliari C., Sloan D., Gregor P., Sullivan F., Detmer D., Kahan J.P., Oortwijn W., MacGillivray S. What Is eHealth (4): A Scoping Exercise to Map the Field. *Journal of Medical Internet Research*, vol 7, no 1, pp: e9. 2005.
- [16] Ricketts T.C. Geographic information systems and public health. *Annual Review of Public Health*, vol 24, pp:1-6. 2003.
- [17] Report to the Congress: New Approaches in Medicare. Medicare Payment Advisory Commision. June 2004.
- [18] Milenković M.J., Radojčić Z., Milenković D., Vukmirović D. Applying electronic documents in development of the healthcare information system in the Republic of Serbia. *Computer Science and Information Systems*, vol 6, no 2, pp:111-126. 2009.
- [19] Goldschmidt P.G. HIT and MIS: implications of health information technology and medical information systems. *Communication of the ACM*, vol 48, no10, pp:68-74. 2005.
- [20] Fichman R.G., Kohli R., Krishnan R. Editorial Overview—The Role of Information Systems in Healthcare: Current Research and Future Trends. *Information Systems Research*, vol 22, no 3, pp:419-428. 2011.
- [21] Blaya J.A., Fraser H.S., Holt B. E-health technologies show promise in developing countries. *Health Affairs*, vol 29, pp:244-251. 2010.
- [22] Kaplan B., Maxwell J. Qualitative Research Methods for Evaluating Computer Information Systems. Anderson J., Aydin C. (eds.) *Valuating the Organizational Impact of Healthcare Information Systems*, Health Informatics, Springer New York, pp:30-55. 2005.

- [23] Mantzana V., Themistocleous M., Irani Z., Morabito V. Identifying healthcare actors involved in the adoption of information systems. *European Journal of Information Systems*, vol 16, pp:91–102. 2007.
- [24] Zhang J. Guest editorial: human-centered computing in health information systems, Part 1: Analysis and design. *Journal of Biomedical Informatics*, vol 38, no1, pp:1-3. 2005.
- [25] Pestic O. Building information systems in health care : a reference guide for health care decision-makers. Informatics Department, Zadar General Hospital, Zadar, Croatia, [59 p]. 2004.
- [26] Hennington A.H., Janz B.D. Information Systems and Healthcare XVI: Physician Adoption of Electronic Medical Records: Applying the UTAUT Model in a Healthcare Context. *Communications of the Association for Information Systems*, vol 19, pp:60-80. 2007.
- [27] Schweiger A., Sunyaev A., Leimeister J.M., Krcmar H. Information Systems and Healthcare XX: Toward Seamless Healthcare with Software Agents. *Communications of the Association for Information Systems*, vol 19, pp:692- 709. 2007.
- [28] The Book of Visions 2001: Visions of the Wireless World, Version 1.0. Wireless World Research Forum. 2001. <http://www.wireless-world-research.org/>
- [29] van Halteren A., Bults R., Wac K., Dokovsky N., Koprinkov G., Widya I., Konstantas D., Jones V., Herzog R. Wireless body area networks for healthcare: the MobiHealth project. *Wearable eHealth Systems for Personalised Health Management, Studies in Health Technology and Informatics*, vol 108, pp: 121–126. 2004.
- [30] Gama O., Carvalho P., Alfonso J.A., Mendes P.M. Quality of Service Support in Wireless sensor Networks for Emergency Healthcare Services. In *Proceedings of 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, IEEE, pp:1296-1299. 2008.
- [31] Boff E., Flores C., Respício A., Vicari R. Promoting collaboration in a computer-supported medical learning environment. In *Proceedings of the 2008 conference on Collaborative Decision Making: Perspectives and Challenges*, Zaraté P., Belaud J.P., Camilleri G., Ravat F. (eds.), IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, pp:150-160. 2008.
- [32] Barakat N., Bradley A.P., Barakat M.N.H. Intelligible Support Vector Machines for Diagnosis of Diabetes Mellitus. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, USA, vol 14, no 4, pp:1114-1120. 2010.
- [33] Laleci G.B., Dogac A., Olduz M., Tasyurt I., Yuksel M., Okcan M. SAPHIRE: a multi-agent system for remote healthcare monitoring through computerized clinical guidelines. Annicchiarico R., Cortez U., Urdiales C. (eds.), *Agent technology and e-Health*, Birkhäuser, Basel, pp:25-44. 2008.
- [34] Chorbev I., Sotirovska M., Mihajlov D. Virtual communities for diabetes chronic disease healthcare. *International Journal of Telemedicine and Applications*, vol 2011, art 11, pp:1-7. 2011.
- [35] Fernandez-Luque L. MyHealthEducator: Personalization in the Age of Health 2.0. In *Proceedings of the International Workshop on Adaptation and Personalization for Web 2.0*, pp:139-142. 2009.
- [36] Kargioti E., Kourtesis D., Bibikas D., Paraskakis I., Boes U. MORMED: towards a multilingual social networking platform facilitating medicine 2.0. Bamidis P.D., Pallikarakis N.(eds.), *XII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing*, Chalkidiki, Greece, IFMBE Proceedings, Springer , Berlin / Heidelberg, pp:971-974. 2010.
- [37] Jung D., Hinze A. A mobile alerting system for the support of patients with chronic conditions. In *Proceedings of the 1st Euro Conference on Mobile Government*, Brighton, UK: Mobile Government Consortium International Publications. 2005.
- [38] Lee R.G., Chen K.C., Hsiao C.C., Tseng C.L. A Mobile Care System With Alert Mechanism. *Transaction on Information Technology in Biomedicine*, vol 11, no 5, pp:507-517. 2007.
- [39] Mohan P., Marin D., Sultan S., Deen A. MediNet: Personalizing the Self-Care Process for Patients with Diabetes and Cardiovascular Disease Using Mobile Telephony. In *Proceedings of 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vancouver, Canada, pp:755-758. 2008.
- [40] Shim H., Kim H.M., Song S.H., Lee J.H., Lee J.H., Yoon H.R., Yoon Y.R. Personalized healthcare comment service for hypertension patients using mobile device. In *Proceedings of 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vancouver, Canada, pp:1521-1524. 2008.
- [41] Vervloet M., Linn A.J., van Weert J.C.M., de Bakker D.H., Bouvy M.L., van Dijk L. *Journal of American Medical Informatics Association*, vol 19, no 5, pp:696-704. 2012.

- [42] Cortellese F., Nalin M., Morandi A., Sanna A., Grasso F. Personality Diagnosis for Personalized eHealth Services. In Kostkova P. (ed.), *Electronic Healthcare, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, Springer, Berlin Heidelberg, vol 27, pp:173–180. 2010.
- [43] King D., Toobert D.J., Portz J., Strycker L.A., Doty A., Martin C., Boggs J., Faber A.J., Geno C., Glasgow R. What patients want: relevant health information technology for diabetes self-management. *Health and Technology*, vol 2, no 3, pp:147-157. 2012.
- [44] Cafazzo J.A., Casselman M., Hamming N., Katzman D.K., Palmert M.R. Design of an mHealth App for the Self-management of Adolescent Type 1 Diabetes: A Pilot Study. *Journal of Medical Internet Research*, vol 14, no 3, pp:e70. 2012.
- [45] Seto E., Leonard K.J., Cafazzo J.A., Barnsley J., Masino C., Ross H.J. Mobile Phone-Based Telemonitoring for Heart Failure Management: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, vol 14, no 1, pp:e31. 2012.
- [46] Seto E., Leonard K.J., Cafazzo J.A., Barnsley J., Masino C., Ross H.J. Perceptions and Experiences of Heart Failure Patients and Clinicians on the Use of Mobile Phone-Based Telemonitoring. *Journal of Medical Internet Research*, vol 14, no 1, pp:e25. 2012.
- [47] Shopov M., Spasov G., Petrova G. Architectural models for realization of Web-based Personal Health Systems. In *Proceedings of International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing*, USA: ACM, pp:1-6. 2009.
- [48] Chakravorty R. MobiCare: A Programmable Service Architecture for Mobile Medical Care. In *Proceedings of 4th IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, IEEE Computer Society, pp:532-536. 2006.
- [49] Blount M., Batra V.M., Capella A.N., Ebling M.R., Jerome W.F., Martin S.M., Nidd M., Niemi M.R., Wright S.P. Remote health-care monitoring using Personal Care Connect. *IBM Systems Journal*, vol 46, no 1, pp:95-113. 2007.
- [50] Mileo A., Merico D., Bisiani R. Support for context-aware monitoring in home healthcare, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol 2, no 1, pp:49-66. 2010.
- [51] Ivanovici M., Borza P., Nedelcu L., Decean H., Falup C., Romanca M., Szekely I. Prospects for the design of an e-health system for monitoring patients with diabetes and stroke. In *Proceedings of the 11th WSEAS international conference on Mathematical methods and computational techniques in electrical engineering*, Mastorakis N., Demiralp M., Rudas I., Bulucea C.A., Rogozea L.(eds.), World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Stevens Point, Wisconsin, USA, pp:535-540. 2009.
- [52] Nachman L., Baxi A., Bhattacharya S., Darera V. Jog Falls: A Pervasive Healthcare Platform for Diabetes Management. In *Proceedings of the 8th international conference on Pervasive Computing*, Floréen P., Krüger A., Spasojevic M. (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp:94–111. 2010.
- [53] Smith B.K. Physical fitness in virtual worlds. *IEEE Computer*, vol 38, no10, pp:101-103. 2005.
- [54] Taylor C., Dajani L. The future of homecare systems in the context of the ubiquitous web and its related mobile technologies. In *Proceedings of 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, USA: ACM, pp:1-4. 2008.
- [55] Xin X., King I., Deng H., Lyu M.R. A social recommendation framework based on multi-scale continuous conditional random fields. In *Proceedings of 18th ACM conference on Information and knowledge management*, USA:ACM, pp:1247-1256. 2009.
- [56] Komnacos D., Vouyiokas D., Maglogannis I., Constantinou P. Feasibility study of a joint e-health mobile high-speed and wireless sensor system. In *Proceedings of 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, USA: ACM, pp: 1-7. 2008.
- [57] Zimmerman T., Chang K. Simplifying home health monitoring by incorporating a cell phone in a weight scale. In *Proceedings of 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, USA: ACM, pp:1-4. 2008.
- [58] Hung P.C.K. Towards a privacy access control model for e-healthcare services. In *Proceedings of 3rd Annual Conference on Privacy, Security and Trust*, New Brunswick, Canada. 2005.
- [59] Raman A. Enforcing privacy through security in remote patient monitoring ecosystems. In *Proceedings of 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, Tokyo, Japan, pp:298-301. 2007.

- [60] Zheng Y., Cheng Y., Hung P.C.K. Privacy access control model with location constraints for XML services. In Proceedings of the 23rd International Conference on Data Engineering Workshop, Istanbul, Turkey, pp:371-378. 2007.
- [61] Dong C., Dulay D. Privacy preserving trust negotiation for pervasive healthcare. In Proceedings of Pervasive Conferences and Workshops, Innsbruck, Austria, pp:1-9. 2006.
- [62] Peyton L., Hu J., Doshi C., Seguin P. Addressing privacy on a federated management network for e-health. In Proceedings of the 8th World Congress on the Management of eBusiness, Toronto, Canada, pp:12-12. 2007.
- [63] Boukerche A., Ren Y. A trust-based security system for ubiquitous and pervasive computing environments. Computer Communications, vol 31, pp:4343–4351. 2008.
- [64] Ricci F., Rokach L., Shapira B., Kantor P.B.(eds). Recommender Systems Handbook, 1-st edition. Springer. 2011.
- [65] Melville P., Sindhvani V. Recommender Systems. Sammut C., Webb G.I. (eds), Encyclopedia of Machine Learning, Springer, pp: 829-838. 2010.
- [66] Balabanovic M., Shoham Y. Fab: Content-based, collaborative recommendation. Communications of the ACM, vol 40, no 3, pp:66-72. 1997.
- [67] Krishnakumar A. Recoo: A Recommendation System for Youtube RSS Feeds. Technical Report, University of California, Santa Cruz. 2007.
- [68] Pazzani M., Billsus D. Content-based recommendation systems. The Adaptive Web, Lecture Notes in Computer Science, vol 4321/2007, pp:325-341. 2007.
- [69] Herlocker J.L., Konstan J.A., Terveen L.G., Riedl J.T. Evaluating Collaborative Filtering Recommender Systems. ACM Transactions on Information Systems, vol 22, no 1, pp:5-53. 2004.
- [70] Schafer J.B., Frankowski D., Herlocker J., Sen S. Collaborative Filtering Recommender Systems. Brusilovsky P., Kobsa A., Nejdl W. (eds), LNCS: The adaptive web: methods and strategies of web personalization, Berlin : Springer-Verlag, pp:291 – 324. 2007.
- [71] Su X., Khoshgoftaar T.M. A Survey of Collaborative Filtering Techniques. Advances in Artificial Intelligence, art 421425, pp:1-19. 2009.
- [72] Goldberg D., Nichols D., Oki B.M., Terry D. Using collaborative filtering to weave an information tapestry. Communications of ACM, vol 35, no 12, pp:61–70. 1992.
- [73] Maltz D., Ehrlich E. Pointing the Way: Active Collaborative Filtering. In Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, USA: ACM, pp:202–209. 1995.
- [74] Konstan J.A., Miller B., Maltz D., Herlocker J., Gordon L., Riedl J.. GroupLens: Applying Collaborative Filtering To Usenet News. Communications of the ACM, vol 40, no 3, pp:77–87. 1997.
- [75] Resnick P., Iacovou N., Suchak M., Bergstrom P., Riedl J. Grouplens: An Open Architecture For Collaborative Filtering Of Netnews. In Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work, USA: ACM Press, pp:175-186. 1994.
- [76] Shardanand U., Maes P. Social Information Filtering: Algorithms for Automating "Word of Mouth". In Proceedings of Conference of Human Factors in Computing Systems, New York:ACM Press, pp:210-217. 1995.
- [77] Hill W., Stead L., Rosenstein M., Furnas G. Recommending and Evaluating Choices in a Virtual Community of Use. In Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, USA:ACM Press, pp:194-201. 1995.
- [78] Breese J., Heckerman D., Kadie C. Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. In Proceedings of the 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann Publishers. 1998.
- [79] Miyahara K., Pazzani M.J. Collaborative filtering with the simple Bayesian classifier. In Proceedings of the 6th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Berlin: Springer-Verlag, pp:679–689. 2000.
- [80] Su X., Khoshgoftaar TM. Collaborative filtering for multi-class data using belief nets algorithms. In Proceedings of the International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Washington: IEEE Computer Society, pp:497-504. 2006.
- [81] Ungar L.H., Foster D.P. Clustering methods for collaborative filtering. In Proceedings of Workshop on Recommender Systems at the 15th National Conference on Artificial Intelligence, Menlo Park California: AAAI Press, pp:112-125. 1998.
- [82] Hofmann T. Latent semantic models for collaborative filtering. ACM Transactions on Information Systems, vol 22, no 1, pp:89–115. 2004.

- [83] Melville P., Mooney R.J., Nagarajan R. Contentboosted collaborative filtering for improved recommendations. In Proceedings of the 18th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI, pp:187–192. 2002.
- [84] Pavlov D.Y., Pennock D.M. A maximum entropy approach to collaborative filtering in dynamic, sparse, highdimensional domains. Advances in Neural Information Processing Systems, USA: MIT Press, pp:1441–1448. 2002.
- [85] Rish I. An empirical study of the naive bayes classifier. In Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence workshop on Empirical Methods in AI, AAAI, pp:41-46. 2001.
- [86] Pan J.S., Qiao Y.L., Sun S.H. A fast K nearest neighbors classification algorithm. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol E87-A, no 4, pp:961 -963. 2004.
- [87] Zhang M.L., Zhou Z.H. A k-nearest neighbor based algorithm for multi-label classification. In Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Granular Computing, IEEE Computer Society, pp:718-721. 2005.
- [88] Safavian S.R., Landgrebe D. A survey of decision tree classifier methodology. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol 21, no 3, pp:660–674. 1991.
- [89] Mehta M., Agrawal R., Rissanen J. SLIQ : A fast scalable classifier for datamining. Lecture Notes in Computer Science : Advances in Database Technology, vol 1057/1996, pp:18-32. 1996.
- [90] Ripley B.D. Pattern Recognition and Neural Networks. Cambridge University Press. 1996.
- [91] Burges C.J.C. A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. Data Mining and Knowledge Discovery, vol 2, no 2, pp:121-167. 1998.
- [92] Cristianini N., Shawe-Taylor J. An Introduction to Support Vector Machines. Cambridge University Press. 2000.
- [93] Choi Y.S., Moon B.R. Feature Selection in Genetic Fuzzy Discretization for the Pattern Classification Problems. IEICE-Transactions on Information and Systems, vol E90-D, no 7, pp:1047-1054. 2007.
- [94] Banda J.M., Angryk R. On the effectiveness of fuzzy clustering as a data discretization technique for large-scale classification of solar images. Feng G.G. (ed.), Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, IEEE, New York, pp:2019–2024. 2009.
- [95] Steimann F. On the use and usefulness of fuzzy sets in medical AI. Artificial Intelligence in Medicine, vol 21, pp:131-137. 2001.
- [96] Choi Y.S., Moon B.R., Seo S.Y. Genetic fuzzy discretization with adaptive intervals for classification problems. In Proceedings of the 2005 conference on Genetic and evolutionary computation, Beyer H.G. (ed.), ACM, New York:USA, pp:2037-2043. 2005.
- [97] Amo A., Montero J., Biging S.G., Cutello V. Fuzzy classification systems. European Journal of Operational Research, vol 156, no.2, pp:495-507. 2004.
- [98] Chiang I.J. Hsu J.Y. Fuzzy classification trees for data analysis. Fuzzy Sets and Systems, vol 130, no 1, pp:87-99. 2002.
- [99] Krupka J., Jirava P. Modelling of rough-fuzzy classifier. WSEAS Transactions on Systems, vol 7, no 3, pp:251-263. 2008.
- [100] World Health Organization, Global Database on Body Mass Index, <http://www.assessmentpsychology.com/icbmi.htm> (проверено во октомври 2012г.)
- [101] Cox E. Fuzzy logic and the measures of certainty in eCommerce expert systems. PC AI, vol 15, no 3, pp:16–22. 2001.
- [102] Stachura M., Khasanshina E. Telehomecare and Remote Monitoring : An Outcomes Overview. The Advanced Medical Technology Association. 2007
- [103] Leijdekker P., Gay V., Lawrence E. Smart Homecare System for Health Tele-monitoring. International Conference on Digital Society, IEEE Computer Society, pp:3-3. 2007.
- [104] Type 2 diabetes: national clinical guideline for management in primary and secondary care (update). National Collaborating Centre for Chronic Conditions, London: Royal College of Physicians. 2008.
- [105] McGinnis R.A., McGrady A., Cox S.A., Grower-Dowling K.A. Biofeedback-assisted relaxation in type 2 diabetes. Diabetes Care, vol 28, no 9, pp:2145-2149. 2005.
- [106] Davidson J. Strategies for improving glycemic control: effective use of glucose monitoring. The American Journal of Medicine, vol 118(Suppl 9A), pp:27S–32S. 2005.

- [107] Peel E., Parry O., Douglas M., Lawton J. Blood glucose self-monitoring in non-insulin-treated type 2 diabetes: a qualitative study of patients' perspectives. *British Journal of General Practice*, vol 54, pp:183-188. 2004.
- [108] Orozco L.J., Buchleitner A.M., Gimenez-Perez G., Roqué i Figuls M., Richter B., Mauricio D. Exercise or exercise and diet for preventing type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, issue 3, art no. CD003054. 2008.
- [109] Helal A., Cook D.J., Schmalz M. Smart Home-Based Health Platform for Behavioral Monitoring and Alteration of Diabetes Patients. *Journal of Diabetes Science and Technology*, vol 3, no 1, pp:141-148. 2009.
- [110] World Health Organization, Media Centre – Diabetes, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/index.html> (проверено во октомври 2012г.)
- [111] International Diabetes Federation, IDF Diabetes Atlas, <http://archive.diabetesatlas.org/map> (проверено во октомври 2012г.)
- [112] Gleeson-Kreig J.M. Self-monitoring of physical activity: effects on self-efficacy and behavior in people with type 2 diabetes. *The Diabetes Educator*, vol 32, no 1, pp:69–77. 2006.